

ИНСТИТУТ
ОРГАНИЧЕСКОЙ
И ФИЗИЧЕСКОЙ
ХИМИИ

ИМЕНИ
А. Е. АРБУЗОВА

2016

ЕЖЕГОДНИК

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

ИНСТИТУТ
ОРГАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИЧЕСКОЙ
ХИМИИ

ИМЕНИ А. Е. АРБУЗОВА

2016



ФИЗТЕХПРЕСС
ИЗДАТЕЛЬСТВО
КФИ КАЗНЦ РАН

УДК 061.6(471.41)+54:006.16
ББК 24е(2)л+24я54(2)
И71

И71 Институт органической и физической химии имени А. Е. Арбузова 2016.
Ежегодник. – Казань: КФТИ КазНЦ РАН, 2017. 226 с.

ISBN 978-5-94469-038-8

Под общей редакцией
О. Г. Синяшина

Редакционная коллегия
Т. Д. Кешнер (председатель), С. М. Ахмин, В. Ю. Никонова, И. П. Романова, С. В. Черезова

Печатается по решению
Учёного совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института органической
и физической химии имени А. Е. Арбузова Казанского научного центра Российской академии наук

В ежегоднике представлены материалы, отражающие деятельность Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института органической и физической химии имени А. Е. Арбузова Казанского научного центра
Российской академии наук в 2016 году.

Ежегодник включает также справочный материал по институту.

УДК 061.6(471.41)+54:006.16
ББК 24е(2)л+24я54(2)

ISBN 978-5-94469-038-8

© ИОФХ КазНЦ РАН, 2017
© Обложка Аксенов И.А., 2017
© Макет, оформление Ахмин С.М., 2017

Ответственный редактор С. М. Ахмин
Технический редактор О. Б. Яндуганова

Издательство “ФизтехПресс” КФТИ КазНЦ РАН
420029, Казань, Сибирский тракт, 10/7
Лицензия № 0325 от 7 декабря 2000 года

Подписано в печать 16.03.2017
Формат 60х90/8. Бумага мелованная
Гарнитура Times. Печать офсетная
Тираж 250 экз.

Предисловие редактора

Уважаемые коллеги!

Перед вами – пятнадцатый выпуск Ежегодника Института органической и физической химии имени А. Е. Арбузова Казанского научного центра Российской академии наук. Традиционно издание представляет итоги научной и научно-организационной деятельности Института в очередном, 2016 году. Можно сказать, что красной нитью через этот сборник проходит тема химии фосфора – визитной карточки Института.

В июне 2016 года крупнейший научный форум – XXI Международная конференция по химии фосфора (21 ICPC), впервые за более чем 60-летнюю историю таких конференций, состоялся в России и собрал в Казани химиков из почти 30 стран мира. Институт Арбузова – один из ключевых организаторов форума, при поддержке Президента Республики Татарстан Р. Н. Минниханова и Международного союза по теоретической и прикладной химии, почти четыре года проводивший подготовку научного мероприятия такого высокого уровня, блестяще справился с поставленной задачей.

В рамках церемонии открытия конференции состоялось вручение Международной Арбузовской премии в области химии фосфорорганических соединений, учреждённой Указом Президента РТ в 1997 году. Вручая награду за 2015 год профессору Юфен Жао из Китая, Рустам Нургалиевич подчеркнул, что химия фосфора и его органических соединений – один из важнейших аспектов в развитии органической химии и традиционное направление Казанской химической школы. В торжественных мероприятиях приняли участие шесть (!) Арбузовских лауреатов, что является ещё одним подтверждением признания Казанской химической школы в мире.

Насыщенным по числу гостей, чьи визиты в ИОФХ им. А. Е. Арбузова имели особое значение в жизни Института, оказался этот год. В преддверии празднования Дня российской науки Институт посетили высокие гости – руководитель Федерального агентства научных организаций (ФАНО России) М. М. Котюков и президент Республики Татарстан Р. Н. Минниханов. Цель визита – официальное открытие Международного научно-инновационного центра нейрoхимии и фармакологии, созданного на базе ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН. Организация данного центра стала возможной благодаря мега-гранту Российского научного фонда, выигранному ИОФХ им. А. Е. Арбузова в 2014 году. Тогда Институт вошёл в число шестнадцати лучших научно-образовательных учреждений России, представивших свои программы развития (ТОП-16).

В разделе “Итоги года” читатель найдёт изложение годовой работы коллектива Института в области фундаментальных и прикладных исследований.

Сотрудники Института были удостоены самых различных наград: медали Республики Татарстан “За доблестный труд” и Ордена Академических пальм Франции, званий “Лучший молодой учёный РТ” и “Лауреат Арбузовской премии для молодых учёных”, многих стипендий и дипломов.

Научные исследования, проводимые в ИОФХ, помимо финансирования в рамках государственного задания, поддерживались программами Президиума РАН и ОХНМ РАН, а также грантами Президента РФ, РНФ, Минорбнауки, РФФИ, правительства РТ и зарубежных научных центров. Было защищено две диссертации на соискание учёной степени доктора и 8 – на соискание учёной степени кандидата химических наук.

В разделе “Научные и научно-популярные сообщения” представлены результаты последних исследований, полученные ведущими учёными Института и его молодыми специалистами в области химии фосфора.

В рубрике “Публикации” дана информация о выпуске в печать сотрудниками ИОФХ двух монографий и двух глав в книжных сериях, а также почти 300 статей в журналах, индексируемых в международных и отечественной базах данных.

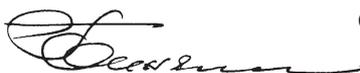
Раздел “История и современность” посвящён 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН А. Н. Пудовика, директора ИОФХ им. А. Е. Арбузова с 1971 по 1989 гг. Существует определённая корреляция содержания этого раздела с рубрикой “Personalia”, которая посвящена юбилейным датам тех сотрудников Института Арбузова, которые сделали Институт таким, каков он есть сегодня.

Рубрика, отражающая наиболее важные события российской науки в целом и нашего Института в частности в средствах массовой информации (СМИ), стала уже традиционной для Ежегодников ИОФХ. Стоит отметить, что такой раздел, начиная с этого года, соответствует новому распоряжению нашего учредителя – ФАНО России, о популяризации научных достижений. В этом выпуске Ежегодника мы разместили несколько статей, вышедших в СМИ в 2016 году и посвящённых наиболее знаковым событиям в жизни Института, поднимающих вопросы общего характера и отдельных научных достижений.

В этом томе Ежегодника, кроме данных справочного характера, читатель найдёт информацию о выборах директора ИОФХ им. А. Е. Арбузова, состоявшихся в 2016 году, а также сведения об изменённом составе Учёного совета Института.

Надеюсь, что Ежегодник-2016 будет интересен и полезен не только сотрудникам ИОФХ, но и учёным, работающим в других институтах Российской академии наук, в Академии наук Республики Татарстан и в вузах, а также руководителям федеральных и региональных министерств и ведомств, занимающихся курированием фундаментальной и прикладной российской науки.

Директор ИОФХ им. А. Е. Арбузова
академик РАН



О. Г. Синяшин

Содержание

История и современность

- | | |
|----|--|
| 9 | 100-летие со дня рождения А. Н. Пудовика – директора ИОФХ им. А. Е. Арбузова |
| 9 | Юбилейная научная конференция
<i>Т. Д. Кешнер, М. А. Пудовик</i> |
| 10 | Жизненный и научный путь члена-корреспондента РАН А. Н. Пудовика
<i>Р. А. Черкасов</i> |
| 18 | 60 лет академику РАН О. Г. Синяшину – директору ИОФХ им. А. Е. Арбузова |
| 19 | Синяшин Олег Герольдович (к 60-летию со дня рождения).
Статья из журнала “Известия Академии наук. Серия химическая” |
| 20 | Избранные поздравления |

ИОФХ в зеркале международных, российских и республиканских СМИ

- | | |
|----|--|
| 21 | ИОФХ в зеркале международных, российских и республиканских СМИ |
|----|--|

Структура института

- | | |
|----|--|
| 31 | Дирекция |
| 32 | Учёный совет |
| 32 | Члены совета |
| 33 | Диссертационные советы |
| 35 | Научные и научно-вспомогательные подразделения |

Хроника визитов

- | | |
|----|---|
| 38 | Визит Президента Республики Татарстан Р. Н. Минниханова и руководителя ФАНО России М. М. Котюкова в ИОФХ им. А. Е. Арбузова
<i>В. В. Зобов, Т. Д. Кешнер</i> |
| 40 | И другие гости Института
<i>Т. Д. Кешнер</i> |

Итоги года

- | | |
|----|---|
| 42 | Важнейшие результаты фундаментальных и прикладных исследований, полученные в 2016 году и рекомендованные Учёным советом Института в отчёт РАН |
| 60 | Награды, почётные звания, премии, стипендии, дипломы
<i>И. П. Романова</i> |
| 62 | Учёные звания, учёные степени, защищённые диссертации
<i>А. В. Торопчина</i> |
| 64 | Проекты, договора и гранты
<i>В. Ю. Никонова</i> |

Международная Арбузовская премия

- 69 Вручение Международной Арбузовской премии 2015 года
Т. Д. Кешнер
- 73 Казанская премия имени Арбузовых за выдающиеся исследования в области фундаментальной и прикладной химии среди молодых учёных за 2016 год
А. А. Загидуллин, Т. Д. Кешнер

Научные и научно-популярные сообщения

- 75 Каталитическое фосфорилирование С-Н связей ароматических соединений
Ю. Г. Будникова
- 93 Биодegradация белого фосфора: как яд стал удобрением
А. З. Мндубаев

Personalia

- 106 Борис Рафаилович Милицын. К 85-летию со дня рождения
В. И. Коваленко
- 108 Юрий Степанович Швецов. К 80-летию со дня рождения
Сотрудники лаборатории химии нуклеотидных оснований
- 109 Виктор Иванович Сёмкин. К 80-летию со дня рождения
Т. Н. Юсупова
- 110 Владислав Васильевич Зверев. К 75-летию со дня рождения
(Автобиографический очерк)
- 111 Галина Азиковна Бакалейник. К 75-летию со дня рождения
В. Е. Катаев
- 113 Нелли Александровна Александрова. К 75-летию со дня рождения
Сотрудники ИОФХ им. А. Е. Арбузова
- 114 Евгения Константиновна Трутнева. К 75-летию со дня рождения
Т. Н. Бесчастнова, С. Ф. Кадырова
- 115 Зоя Сергеевна Титова. К 75-летию со дня рождения
В. В. Зверев, Л. П. Сысоева
- 116 Римма Каримовна Габитова. К 75-летию со дня рождения
Т. Н. Юсупова
- 116 Светлана Валентиновна Мокеева. К 75-летию со дня рождения
Т. А. Вахонина

Памяти...

- 117 Памяти Сайтгарея Галяувича Фаттахова
А. А. Гурылёва, М. М. Шулаева
- 119 Памяти Дмитрия Борисовича Криволапова
Друзья и коллеги по лаборатории дифракционных методов исследования
- 120 Памяти Ольги Николаевны Нуретдиновой
В. П. Губская

Научно-организационная деятельность

- 121 Выборы директора ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН
Р. Ж. Валиуллина, Т. Д. Кешнер
- 127 Деятельность Международного научно-инновационного Центра нейрoхимии и фармакологии на базе Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН
- 127 Направление № 1 гранта РФФ № 14-50-00014 “Синаптическая холинэстераза как мишень для новых лекарственных препаратов, предназначенных для лечения заболеваний центральной и периферической нервной системы”
Е. Е. Никольский
- 130 Направление № 2 гранта РФФ № 14-50-00014 “Создание отечественных нейро- и гепатопротекторов на основе молекулярно-фармакологического анализа “структура-активность” и изучения механизмов действия новых производных пиримидина и лекарственного средства Ксимедон”
В. С. Резник
- 137 Направление № 3 гранта РФФ № 14-50-00014 “Создание новых классов антимикробных агентов”
В. Е. Катаев
- 167 Аспирантура и Диссертационные советы
А. В. Торочина
- 168 Совет молодых учёных ИОФХ им А. Е. Арбузова
А. А. Загидуллин
- 171 Международное научное сотрудничество
А. И. Карасик

Публикации

- 175 Публикации сотрудников ИОФХ в 2016 году
С. В. Черезова
- 202 Монография “Quinoxalines: Synthesis, Reactions, Mechanisms and Structure”
В. А. Мамедов
- 203 Книга “Современный органический электросинтез. Принципы, методы исследования и практические приложения”
Ю. Г. Будникова
- 204 Глава “From natural products to drugs: lipoglycopeptides, a new generation of potent cell wall biosynthesis inhibitors” в монографии “Studies in Natural Products Chemistry”
Е. А. Чугунова
- 205 Глава “Supramolecular strategy of the encapsulation of low-molecular-weight food ingredients” в монографии “Encapsulations. Nanotechnology in the Agri-Food Industry”
Л. Я. Захарова
- 206 Изобретательская деятельность в ИОФХ
И. Г. Васильева

Съезды, конференции, научные встречи

- 207 Международные и российские конференции и симпозиумы, организованные при участии ИОФХ
- 207 XXI International Conference on Phosphorus Chemistry – XXI Международная конференция по химии фосфора
А. А. Карасик, Т. Д. Кешнер
- 215 Юбилейная научная конференция, посвящённая 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН Аркадия Николаевича Пудовика
М. А. Пудовик
- 215 Научно-практическая конференция молодых учёных Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН и Казанского государственного медицинского университета “Химия и медицина”
А. А. Загидуллин
- 217 VIII International Symposium “Design and Synthesis of Supramolecular Architectures”. II Youth School on Supramolecular and Coordination Chemistry
С. Е. Соловьёва
- 219 Семинар “Уникальные аналитические методы исследования в физической химии и биохимии”
И. А. Литвинов
- 220 Международные и российские конференции и семинары, в которых принимали участие сотрудники ИОФХ
И. П. Романова
- 222 Итоговая научная конференция 2016 года
И. П. Романов



ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

100-летие со дня рождения А. Н. Пудовика – директора ИОФХ им. А. Е. Арбузова*

Юбилейная научная конференция

15 марта 2016 года исполнилось 100 лет со дня рождения Аркадия Николаевича Пудовика – выдающегося химика-фосфорорганика, яркого представителя Казанской химической школы XX столетия, члена-корреспондента Академии наук СССР, Лауреата Ленинской и Международной Арбузовской премий, Почётного гражданина г. Казани и Почётного академика Академии наук Республики Татарстан, обладателя многих других наград и званий. Продолжатель дела своих учителей – А. Е. и Б. А. Арбузовых, Аркадий Николаевич Пудовик в течение 18 лет (1971–1989 гг.) возглавлял ИОФХ им. А. Е. Арбузова.

14–15 марта в большом конференц-зале ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН прошла Юбилейная научная конференция, посвящённая 100-летию со дня рождения А. Н. Пудовика, участие в которой приняли ведущие учёные в области фосфорорганической химии Москвы, Санкт-Петербурга, Иркутска.

Торжественные мероприятия открыл директор Института Арбузова, академик РАН О. Г. Синяшин. Поздравив всех с юбилеем мэтра, Олег Герольдович напомнил гостям и сотрудникам Института, что А. Н. Пудовик был как крупным учёным, так и замечательным организатором науки и высшего образования в стране. “А. Н. Пудовик – автор основополагающих работ в области химии фосфорорганических соединений, которые по оригинальности своих идей и по фундаментальности полученных результатов стали классикой органической химии. Открытая им реакция присоединения неполных эфиров фосфористых кислот к ненасыщенным соединениям заслуженно входит в



Аркадий Николаевич Пудовик
(15.03.1916–23.02.2006)

золотой фонд российской и мировой науки под названием “реакция Пудовика”. Возглавив Институт Арбузова в 1971 году, А. Н. Пудовик сделал всё возможное, чтобы ИОФХ стал крупным академическим учреждением в Поволжье. Однако, главное достижение А. Н. Пудовика – это его ученики. Несколько поколений выпускников Химфака Казанского государственного университета называют Аркадия Николаевича Пудовика своим Учителем с большой буквы. Прекрасный педагог, он воспитал многих талантливых учёных, в их числе – почти 100 кандидатов и докторов химических наук, и внёс значительный вклад в развитие Казанской химической школы”. В завершение своего выступления О. Г. Синяшин объявил, что в связи со 100-летием со дня рождения члена-корреспондента РАН, д.х.н., профессора Аркадия Николаевича Пудовика и на основании решения Учёного совета Института, он подписал приказ “О присвоении имени А. Н. Пудовика лаборатории элементоорганического синтеза”. Эта лаборатория была основана А. Н. Пудовиком при организации ИОФХ. Сообщение вызвало бурные аплодисменты аудитории.

Доклад на тему: “Жизненный и научный путь члена-корр. РАН А. Н. Пудовика” сделал профессор Казанского федерального университета Р. А. Черкасов. В яркой форме Рафаэль Асхатович представил как основные научные достижения корифея Казанской химической школы, так и наиболее интересные моменты его жизни.

* Ежегодники 2001–2002, 2004, 2005, 2006.

Научное сообщение на тему “Сtereoхимические аспекты реакции Пудовика” представил доктор химических наук, профессор В. А. Альфонсов – ведущий научный сотрудник лаборатории металлоорганических и координационных соединений ИОФХ им. А. Е. Арбузова.

Обзорный доклад, подводящий итоги многолетних исследований в области использования альфа- и бета-ацетиленовых производных трёхвалентного фосфора в синтезе гетероциклических соединений, сделал Ю. Г. Тришин, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой органической химии Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Юрий Георгиевич хорошо известен химикам Казани – в течение длительного периода он проводил совместные исследования с сотрудниками кафедры высокомолекулярных и элементоорганических соединений Казанского государственного университета.

С интересной лекцией на тему: “Синтез и превращения фосфорилированных алленов” выступил Валерий Кузьмич Брель – доктор химических наук, профессор, до недавнего времени заведующий лабораторией элементоорганических биоизостеров Института физиологически активных веществ Российской академии наук (г. Черноголовка). В настоящее время В. К. Брель руководит лабораторией фосфорорганических соединений в Институте элементоорганических соединений (г. Москва). В разные годы эту, можно сказать,

легендарную лабораторию возглавляли такие выдающиеся химики-фосфорорганики как академик М. И. Кабачник и член-корреспондент РАН Т. А. Мاستрюкова.

С обзорным докладом “Достижения современной химии гиперкоординированного атома фосфора” выступил доктор химических наук, профессор, член-корр. РАН, заведующий лабораторией фосфорсодержащих аналогов природных соединений ИОФХ В. Ф. Миронов. С полным текстом доклада читатель может ознакомиться в разделе “Научные сообщения” данного выпуска Ежегодника.

Иркутскую школу химиков-фосфороргаников на мемориальной конференции представил ученик академика РАН Б. А. Трофимова, доктор химических наук А. В. Артемьев. Молодой талантливый химик в Казани был впервые. В 28 лет он защитил докторскую диссертацию, что для химиков-синтетиков является случаем уникальным. Представленный А. В. Артемьевым в соавторстве с Б. А. Трофимовым доклад был посвящён успехам химии фосфорорганических соединений на основе элементного фосфора. Поскольку исследования в этом направлении развиваются и в нашем Институте, яркое сообщение было выслушано с большим интересом.

Завершились мемориальные мероприятия торжественным возложением цветов на могилу выдающегося учёного и замечательного человека А. Н. Пудовика на Арском кладбище.

Т. Д. Кешнер, М. А. Пудовик

Жизненный и научный путь члена-корреспондента РАН А. Н. Пудовика

Уважаемый читатель, если Вы везучий человек, то на Вашем жизненном пути обязательно должна встретиться выдающаяся личность, которая светом своей большой и благородной души не только осветит Вам дорогу, но определит всю Вашу судьбу, оставив в Вашем сердце глубокий след восхищения и благодарности. Вы непроизвольно будете соизмерять с таким человеком все свои помыслы и поступки, пытаться ощутить его одобрение или, наоборот, почувствовать упрёк. Таким был Аркадий Николаевич Пудовик, и мне, как и многим его ученикам и последователям в нашем городе, да и в других городах тогда Советского Союза, а ныне – России, посчастливилось жить и работать рядом и вместе с ним. Классик при жизни, Аркадий Николаевич относится к блестящей плеяде химиков-органиков XX века, представителей Казанской химической школы, навсегда прославившей своими научными достижениями и свой город, и свою страну. Реакция Пудовика, наряду с другими брендами казанской фосфорорганической химии – реакциями Ар-



Декан Химфака А. Н. Пудовик (50-годы) в рабочем кабинете в химическом корпусе КГУ. Лабораторный стол позволяет проводить экспериментальную работу.

бузова и Абрамова, золотыми буквами вписана в анналы химической науки. Однако нет для учёного большего достижения, чем создание долго, эффективно и плодотворно работающей авторитетной и самодостаточной научной школы. Отмечая столетие со дня рождения корифея

отечественной науки, его ученики, и ученики его учеников, научные “дети, внуки и правнуки”, отдают дань уважения Учителю и испытывают чувство гордости за некоторую сопричастность к его научно-организационной деятельности – основанию кафедры химии полимеров Казанского государственного университета (ныне К(П)ФУ) и созданию лаборатории элементоорганического синтеза Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН. Эти научные коллективы по праву расцениваются во всём мире как признанные центры науки и образования.

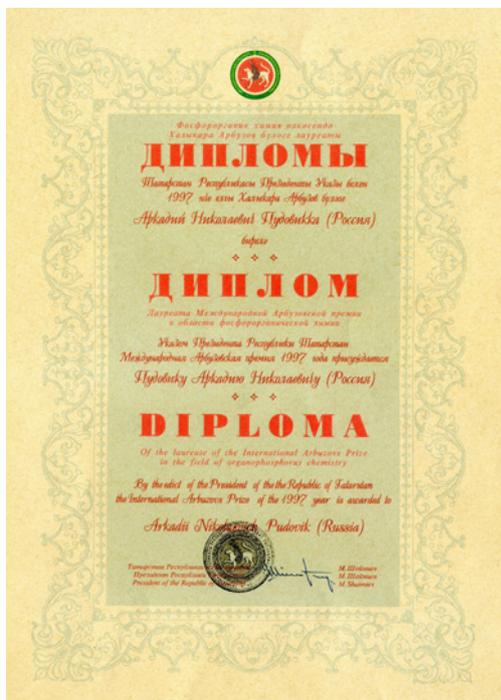
* * *

Изучая взаимодействие галоидаллильных систем с различными нуклеофилами, в своей докторской диссертации А. Н. Пудовик показал, что наряду с ожидаемой реакцией замещения галогена и сопровождающей её аллильной перегруппировкой, наблюдается и другой, параллельный маршрут – присоединение нуклеофильного реагента по двойной углерод-углеродной связи непредельного продукта перегруппировки. Такие процессы с участием фосфит-анионов приводят к возникновению промежуточного электрофильного алкенилфосфоната, способного присоединить ещё одну молекулу фосфита к ненасыщенному фрагменту. Таким образом, уже в ранних своих работах А. Н. Пудовик открыл даже не одну, а сразу две, определившие дальнейшее развитие фосфорорганической химии, реакции. Пытливый ум молодого исследователя позволил резко расширить круг непредельных электрофильных партнеров гидрофосфорильных реагентов в реакции присоединения, которая, собственно, и получила название – реакция Пудовика. Второй процесс – присоединение неполных эфиров кислот фосфора низкой степени окисления и других протонных нуклеофилов к алкенилфосфонатам, позволяет получать разнообразные по структуре функционализированные фосфорильные продукты, и этот процесс был назван его автором “реакцией фосфонэтилирования”. Развивая и расширяя синтетический потенциал этих реакций, А. Н. Пудовик не только сумел основать целое направление в препаративной химии фосфора, но и предопределил пути создания многих важных в практическом отношении новых фосфорорганических продуктов, в частности, разработанных в ИОФХ лекарственных препаратов. В литературе приводится множество примеров применения реакции Пудовика для синтеза широко используемых практически полезных веществ разнообразного назначения. Двум этим важнейшим направлениям не только элементоорганической, но и органической химии вообще – реакциям непредельных соединений и молекулярным перегруппировкам, А. Н. Пудовик оставался верен всю свою творческую жизнь. Им и его учениками были впоследствии разработаны разнообразные методы функционализации ненасыщенных систем, открыты и подробно исследованы многочисленные перегруппировки

соединений трёх- и четырёхкоординированного фосфора. Весьма показательно в этом отношении открытие и подробное изучение ещё одного варианта реакции Пудовика, получившего название “иминный”. Первые результаты исследования процессов присоединения кислых фосфитов по двойной углерод-азотной связи иминов А. Н. Пудовик опубликовал в 1952 г., в том же томе “Докладов АН СССР”, в котором выдающиеся учёные академик М. И. Кабачник и Т. Я. Медведь представили свою основополагающую статью, описывающую оригинальную реакцию, получившую название “реакция Кабачника-Филдса”. Обе эти публикации стали предтечами бурно развивающейся области элементоорганической химии и смежных дисциплин – биологии, фармацевтики, химии координационных соединений, биоорганической химии, базирующихся на методах синтеза и изучении разнообразных свойств фосфорных аналогов природных аминокислот – аминофосфорильных соединений. Поистине, А. Н. Пудовик всегда был в авангарде научного процесса! Основываясь на своём практическом опыте, А. Н. Пудовик призывал своих учеников уделять особое внимание тем аспектам изучаемых химических явлений, которые поначалу кажутся аномальными. Внимательному исследователю, подчеркивал А. Н. Пудовик, важны не только ожидаемые результаты: ведь именно такие научные “сюрпризы”, одним из которых, собственно, и явилась реакция присоединения, обнаруженная при изучении замещения галогена в хлораллилах под действием диалкилфосфита, и сулят новые открытия. Он сокрушался, что не смог “углядеть” необычный минорный маршрут взаимодействия галоидкарбонильных реагентов с фосфитами. Оказалось, что наряду с ожидаемой реакцией Арбузова, возможен и альтернативный путь взаимодействия – атака атомом трёхвалентного фосфора не только на альфа-углерод, но и на другой электрофильный центр – карбонильный атом углерода, приводящий в результате к непредельным фосфатам – реакция Перкова. Описав такое течение реакции в кратком сообщении в американском журнале, Перков вообще-то больше ничем в фосфорорганической химии не отметился, однако именную реакцию он получил!

Научное наследие А. Н. Пудовика огромно: им и его учениками и сотрудниками опубликовано более 1000 оригинальных статей, множество обзоров в отечественных и зарубежных научных изданиях, несколько монографий, получены сотни патентов на изобретения, результаты исследований школы А. Н. Пудовика представлялись на многочисленных научных форумах самого высокого ранга. И это не считая того, что сделали учёные школы Пудовика в последующие годы.

Важным, хотя и промежуточным, итогом его исследований в области фосфорорганической химии стало присуждение в 1978 году совместно с академиком Б. А. Арбузовым высшей награды для творческих деятелей советской эпохи – Ленинской премии. Уже на закате своей научной деятельности в 1997 году А. Н. Пудовик первым из учёных-фосфороргаников мира был награждён



Диплом лауреата Международной Арбузовской премии в области фосфорорганической химии. Казань, 1997 г.

только что учреждённой первым Президентом Татарстана М. Ш. Шаймиевым Международной Арбузовской премией, которую специалисты в этой области признают наиболее престижным знаком признания заслуг в области химии фосфора. В 1969 году в Париже, на конгрессе, посвящённом 300-летию открытия фосфора, А. Н. Пудовик в числе немногих был удостоен медали в честь этого события, что, безусловно, подчеркивало значение работ А. Н. Пудовика в химии фосфора.

Научные интересы А. Н. Пудовика отнюдь не ограничивались лишь областью фосфорорганической химии. Не случайно основанная им в университете кафедра в первые годы своего существования называлась «кафедра СК». Синтетическому каучуку и шире – полимерной химии, А. Н. Пудовик уделял глубокое внимание в течение многих лет. Им впервые были синтезированы разнообразные элементоорганические полиэфиры,



Медаль в честь 300-летия открытия фосфора, вручённая А. Н. Пудовику. Париж, 1969 г.

проводились исследования в области создания новых компонентов кинофотоматериалов – с этой индустрией А. Н. Пудовик сотрудничал долгое время. Вместе со своими учениками А. Н. Пудовик провёл многочисленные исследования алкенов, диенов и ацетиленов, им выполнены пионерские исследования внутрикомплексной изомеризации фосфорных лигандов, исследованы методы синтеза и свойства комплексов металлов с полидентатными фосфорсодержащими лигандами. Многие другие элементоорганические соединения – производные кремния, германия, олова, свинца, мышьяка стали объектами разноплановых и глубоких его исследований. А. Н. Пудовик вместе со своими учениками и сотрудниками-физиками одними из первых использовали при исследовании фосфорорганических соединений и их реакций, говоря современным языком, инновационные инструментальные методы – разнообразные виды спектроскопии, термический анализ, оптические и электрооптические методы, способы описания реакционной способности языком математических формул.

А. Н. Пудовик – выдающийся научный наставник, под его непосредственным руководством было защищено около 30 докторских и 100 кандидатских диссертаций. Уникальный результат демонстрирует его университетская кафедра: из почти 650 её выпускников – 1 академик РАН, 2 члена-корреспондента РАН и АНТ, около 35 докторов и 350 кандидатов наук. Таков уровень подготовки специалистов школы Пудовика!

Государство высоко оценило заслуги своего выдающегося гражданина и патриота: он был награждён орденами Трудового Красного Знамени, Октябрьской Революции, Дружбы Народов, За заслуги перед Отечеством IV степени, многими медалями. В 1987 году он одним из первых среди жителей нашего города удостоился звания «Почётный гражданин Казани».

А. Н. Пудовик родился 15 марта 1916 года в расположенном недалеко от Казани городе Цивильске в семье директора школы – учителя математики Николая Петровича Пудовика и его красавицы жены Ольги Валерьяновны Слешинской. Когда настало время поступления Аркаши в школу, семья переехала в Казань навсегда, с тех пор считая его своим родным городом. В 1933 г. Аркадий окончил среднюю школу, которую характеризовал как «школу с энергетическим уклоном», и поступил в Энергетический институт, недолго существовавший тогда в Казани. Вскоре этот вуз закрывают, а его студентов переводят в недавно открывшийся Химико-технологический институт. Но и здесь А. Н. Пудовик проучился лишь 3 года: в 1936 г. создаётся химический факультет КГУ, и А. Н. Пудовик, всю жизнь испытывающий тягу к фундаментальным научным исследованиям, переводится вместе со своей однокурсницей и близким другом до конца жизни – Верой Федоровной Тороповой. Тесные



Аркадию Пудовику 12 лет. С родителями – Николаем Петровичем Пудовиком и Ольгой Валерьяновной Слешинской.

дружеские отношения связывали В. Ф. Торопову и её мужа Валентина Николаевича Никулина, профессора КХТИ, с семьёй Пудовиков до конца их продолжительной, полной драматизма жизни. Впоследствии Вера Федоровна – “бабушка русской полярной географии”, как её с любовью прозвали коллеги, возглавляла кафедру аналитической химии КГУ и стала одним из крупнейших в мире специалистов в области электроаналитической химии. В 1938 г. А. Н. Пудовик, завершив учёбу в университете, направляется по распределению на завод СК-4 и получает громко звучащую должность – химик, ответственный бригадир научно-исследовательской бригады, заведующий группой полимеризации центральной научно-исследовательской лаборатории завода синтетического каучука (СК-4) им. С. М. Кирова. Путь химика-производственника был недолгим – тяга к научным исследованиям привела молодого выпускника в аспирантуру кафедры органической химии его Alma mater. С увлечением начатая научная работа под руководством Б. А. Арбузова была прервана Отечественной войной – А. Н. Пудовик начинает работать на оборонном предприятии – Казанском моторостроительном заводе № 16 в должности зав. отделом хромирования ЦНИЛ. Завод располагался далеко от центра города, на противоположном берегу Казанки, и ежедневно после заканчивающейся зачастую глубокой ночью смены А. Н. Пудовик пешком направлялся в химическую лабораторию Бутлеровского института, расположенного во дворе университета (химический корпус КГУ был построен значительно позже) и продолжал выполнять свои аспирантские исследования. Аркадий Николаевич вспоминал, как баллон с необходимым для экспериментов дивинилом, добытым на родном СК-4, он доставлял в свою лабораторию на детских санках (наверняка, принадлежавших его первенцу Мише) по льду замерзшего озера Кабан.

Война приближалась к концу, и в 1944 году постановлением правительства все аспиранты были возвращены в свои научные организации. А. Н. Пудовик

продолжил свои научные изыскания и уже через год – в 1945 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему “Реакции дивинила (вот он – на Мишкиных саночках!) с хлорэфирами и свойства получающихся галоидэфиров”. Высокую оценку работе А. Н. Пудовика дал в своём отзыве на диссертацию академик А. Е. Арбузов, предсказав диссертанту блестящее научное будущее. Заведующий кафедрой органической химии Б. А. Арбузов предложил новоиспечённому кандидату наук должность доцента, однако, уже через три года, в 1948 году, А. Н. Пудовик основывает “собственную” кафедру – “кафедру СК”, а ещё через два года, в 1950 г. защищает докторскую диссертацию “Исследование в области реакции присоединения к бутадиену, аллильных и ацетилен-алленовых перегруппировок” и в 34 года становится самым молодым доктором наук в Казанском университете. Сохранился “слепой”, не иначе, как пятый, машинописный экземпляр этого труда с вписанными от руки синими чернилами формулами и уравнениями, с приложенными к солидному фолианту восторженными отзывами академика Б. А. Арбузова и профессора Г. Х. Камая.

Небольшая по численности кафедра в 1962 г. была переименована в кафедру химии полимеров, а с 1988 г. это – кафедра высокомолекулярных и элементоорганических соединений; в 1988–2009 г. её возглавляет автор этих строк, с 2009 г. по настоящее время – член-корр. АНТ профессор В. И. Галкин, директор Химического института им. А. М. Бутлерова Казанского федерального университета. Однако на волне хрущёвской “химизации всей страны” в ведущих вузах СССР создаются новые научные подразделения – проблемные лаборатории. Усилиями А. Н. Пудовика и под его научным руководством в 1958 г. при кафедре открывается проблемная лаборатория химии мономеров и уже через несколько лет эта “команда” приобретает широкую известность своими научными достижениями, превратившись в признанный научно-образовательный центр в области элементоорганической химии. Аркадий Николаевич, со свойственными ему настойчивостью и энергией, обеспечивает своим сотрудникам идеальные условия для творческой деятельности, уделяя особое внимание созданию комфортного морального климата и возможности творческого роста. Начинает работать еженедельный научный семинар, анализируется вся новейшая научная информация, к работе коллектива привлекаются студенты всех курсов Химфака. И результаты не заставили себя ждать – кафедра и лаборатория неизменно становятся победителями социалистического соревнования в университете (была в Советском Союзе такая форма стимулирования интенсивности труда!). На капустнике в честь 25-летия создания кафедры в 1973 г. прозвучали куплеты, ставшие её своеобразным гимном:

*В КГУ давно известны всем наши КХП и ПрЛМ.
Очень дружно мы живём, мономеры создаём,
В полимеры превращаем их.
Хвалят люди мономер, хвалят люди полимер,
Значит, люди любят нас самих!”*

*“Хвалят люди мономер,
хвалят люди полимер,
значит, люди любят нас самих”.*
Выступление сотрудников КХП и ПрЛМ
на праздновании 25-летия кафедры химии
полимеров, ноябрь 1973 г.



А. Н. Пудовик – поистине трудоголик, сам работает за троих и своим сотрудникам спуска не даёт. “Жаворонок”, он просыпается в 5 утра, и пока его домашние отходят ото сна, он в своём кабинете работает с литературой, реферирует статьи и пишет свои, новые, продумывает задания ученикам, которые он поутру им предъявляет в виде небольших записок, прозванных “склеротичками”. Но он-то ничего не забывает и скоро спросит! Бывало, обойдя всех в начале рабочего дня и поговорив с каждым работником – такая у него манера научного руководства, он к вечеру может заскочить в лабораторию и спросить: “Ну, что у вас нового?”. Надо ли удивляться, что КХП и ПрЛМ – чемпион университета по числу публикаций, защищённых в срок диссертаций, авторских свидетельств, докладов на конференциях, грамот и призов на студенческих научных конференциях!

Хотя сердце А. Н. Пудовика всецело принадлежало любимой науке – сетовал, что будь его воля, только бы ей он и посвящал всё своё время, Аркадий Николаевич всю жизнь занимал разнообразные административные посты. С 1951-го по 1958 г. он – декан Химфака, при его руководстве факультетом в 1954 г. введён в строй химический корпус КГУ (в 2015 г. к нему пристроен новый корпус Химического института им. А. М. Бутлерова КФУ). С созданием в 1946 г. Казанского филиала АН СССР по предложению академика Б. А. Арбузова Аркадий Николаевич начинает работать по совместительству старшим научным сотрудником Института химии, и с этого времени он тесно связывает свою научную деятельность с Академией наук. В 1964 г. А. Н. Пудовик избирается членом-корреспондентом АН СССР по отделению общей и технической химии.

В 1965 г. создается Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова, в котором под руководством Аркадия Николаевича организуется лаборатория элементоорганического синтеза, получившая в

честь столетия её основателя его имя. С 1971 по 1989 гг. А. Н. Пудовик находится на посту директора ИОФХ. Под руководством А. Н. Пудовика Институт в эти годы переживает период бурного развития: происходит численный рост персонала, создаются новые лаборатории, развивается инфраструктура, разрабатываются новые фундаментальные и прикладные тематики. Особое внимание Аркадий Николаевич уделяет расширению взаимодействия с ведущими учёными страны – они частые гости в Институте. С их участием решаются вопросы сотрудничества с академическими учреждениями Москвы, Киева, Ленинграда и других городов СССР, зарубежными учёными. Особенно тесно Аркадий Николаевич сотрудничает с фосфорорганиками научных центров нашей страны.

В 1955 г. в Казани проводится I Всесоюзная конференция по химии и применению фосфорорганических



Академик М. И. Кабачник и член-корр. А. Н. Пудовик. Казань, 1983 г.

соединений – свидетельство ведущей роли казанских химиков в этой области науки. В последующие годы такие конференции проводились с промежутками в 3–4 года вплоть до 2008 г., приобретая статус практически международных. Особенно тесные дружеские связи А. Н. Пудовик налаживает с ведущими центрами фосфорорганической химии нашей страны и с яркими представителями химии фосфора – академиком М. И. Кабачником и членом-корр. АН СССР Т. А. Мастрюковой (ИНЭОС, г. Москва), академиком А. В. Кирсановым (ИОХ АН Украины), членом-корр. А. А. Петровым (Ленинградский технологический институт), учёными МГУ и других вузов СССР, научными работниками союзных республик. Эти научные и личные дружественные связи ведущих фосфороргаников страны стали залогом бурного развития этой области науки. С начала 70-х годов советская фосфорорганика выходит на передовые позиции в мире; с падением железного занавеса начинается тесное взаимодействие и с ведущими химиками-фосфорорганиками Европы и США. Оно началось с Советско-Польского симпозиума по фосфорорганической химии в мае 1970 года в г. Лодзь (Польша). Тогда фосфорорганики разных поколений из СССР, стран Европы и США впервые встретились лицом к лицу, тесно общались друг с другом в рамках научной сессии и установили мемориальную доску на здании Сельскохозяйственной академии г. Новая Александрия (ныне Пулавы), где в 1905 г. А. Е. Арбузов открыл свою знаменитую реакцию. Особую роль в становлении уникального сообщества фосфороргаников нашей страны (аббревиатура ФОС шуточно расшифровывалась как “фосфорорганики – одна семья”!) сыграли ни с чем несравнимые Молодёжные школы по фосфорорганической химии 70–80-х годов. Первая из них, проведённая киевскими химиками осенью 1973 г. в Карпатах, положила начало знакомству, переросшему в тесную многолетнюю дружбу молодых, а впоследствии и маститых учёных. В 1974, 1976 и 1978 годах Школы ФОС были организованы на базе Международного молодёжного лагеря “Волга” под Казанью, в 1983 г. – в казанском Молодёжном центре. Последняя из них – в 1990 г. на борту теплохода “Н. Зеров”, следующего по маршруту Казань–Астрахань. Великолепные волжские пейзажи, энергия молодости и задора, тесные научные и дружеские контакты, научные (и не только) страсти, посиделки у костра и песни под гитару, общение на коротке с выдающимися учёными своего времени – всё это, как ни что, способствовало профессиональному, культурному и интеллектуальному росту молодых учёных, которым, главным образом, и были адресованы эти научные собрания. Это были ярчайшие страницы жизни тех молодых химиков, которым выпало счастье в них участвовать. Навсегда остался в памяти рефрен гимна этих Школ:

*Всё пройдет – лекции, доклады,
Звон гитар и дискуссий спор.
Всё пройдет, только помнить надо:
Школа ФОС длится до сих пор!*

Несмотря на сдержанность в выражении чувств и кажущуюся порой суровость, Аркадий Николаевич отнюдь не был чужд обычных человеческих радостей. Вместе со своими учениками он с удовольствием отмечал чуть ли не все мыслимые праздники – дни рождения и юбилеи, Новый год, 8 марта и День Советской Армии. Это были не просто застолья, а настоящие фестивали – с песнями, экспромтами, шутками, розыгрышами, сурпризами и репризами. Аркадий Николаевич сам любил разыграть кого-нибудь и никогда не обижался на шутки в его адрес. За ним закрепилась любовная кличка Шеф, и так его за глаза обычно и называли. Он был прост и весел на досуге и не строил из себя великую персону в повседневном общении. Он терпеть не мог пафоса, напыщенности и себялюбия. В пору его зрелых лет он во главе своей команды сотрудников в зимнее время отправлялся на многочасовую лыжную прогулку в район озера Лебяжье и однажды в свой день рождения, 15 марта, заблудившись в лесу, чуть не опоздал к праздничному столу! Он был страстный грибник и обожал Волгу, в молодости под сооружённым из обычной простыни парусом любил лихо прокатиться мимо дачи на ялике. К каждому юбилею А. Н. Пудовика кафедра готовила обширную программу капустников, и это создавало не только особое праздничное настроение, но и надолго оставалось в памяти участников мероприятия. Такую же атмосферу семейственного отношения к своим ученикам и их друг к другу Аркадий Николаевич привил и в своей институтской лаборатории. Подчас это вызывало своеобразную “ревность” его университетских учеников. В куплетах в честь 60-летнего юбилея А. Н. Пудовика была обозначена мольба любящих его учениц на мотив известной песенки Аллы Пугачевой:

*Хорошо бы, хорошо было бы, конечно,
Шеф на кафедру пришёл в кабинет свой здешний.
Обсудили бы дела, круг проблем широкий.
Ну, приходи скорей сюда!
Посидим, поокаем!*

(он ведь, действительно, говорил с окающим акцентом!).

Абсолютно беспрецедентным был ещё один феномен общения Аркадия Николаевича со своими учениками. В 1964 г. аспирантами А. Н. Пудовика был основан “Клуб 13” – празднование старого Нового года с его участием. С годами круг членов Клуба пополнялся всё новыми его членами, которые ежегодно в этот день собирались поочередно в разных домах. Аркадий Николаевич был избран президентом Клуба, и первый тост был неизменно одним и тем же вот уже более 50 лет: “За нашего президента!”. Конечно, это были не просто застолья: старые и новые песни, рассказы о случившемся за год – у кого что нового, шутки, смех, радость общения близких и любящих соучеников Аркадия Николаевича. Даже, когда в преклонные годы А. Н. Пудовик уже не мог участвовать в “заседаниях” Клуба, его ученики обязательно звонили ему, поздравляли и докладывали о новостях из своей

жизни. И это ему всегда было важно и интересно. К каждому собранию сочинялись шуточные куплеты, и на праздновании 13 января 1982 года на мотив известного шлягера “На Дерибасовской” каждый член клуба был “охарактеризован” в стиле этой песни. Аркадий Николаевич, естественно, тоже получил своё:

*Я расскажу вам всем, ребята не скрывая,
Здесь собиралась компания блатная.
Быть может вам, друзья, всё это будет странно:
У них зав. кафедрой Аркаша за пахана!
Он академик, и не больше и не меньше.
И он безумно обожает полных женщин.
Он пьёт вино за них из полного бокала,
Но очень строгая его супруга Алла!*

Ну как тут не веселиться и не восторгаться нашим президентом! Сейчас, когда Аркадия Николаевича нет уже больше 10 лет, тост в его честь будет звучать, пока жив последний из членов “Клуба 13”!

А. Н. Пудовик был потрясающим семьянином! Вскоре после окончания университета он женился на прекрасной юной химичке – Елене Фёдоровой. Она – из семьи известного детского врача Владимира Михайловича Фёдорова – гуру педиатрии тех времён, который перелечил чуть ли не всех младенцев Казани. Аркадий Николаевич вошёл ещё одним из сыновей в эту многочисленную семью – у Леночки было два брата и две сестры, а над всем семейством царила маленькая ростом, но преисполненная аристократизма и шарма жена, мама, тёща и бабушка – Бульбуль, как её прозвали внуки. Мария Александровна происходила из знаменитой в Москве семьи крупного русского предпринимателя Александра Вениаминовича Бари. Ему принадлежал Мытищенский машиностроительный завод под Москвой, его фирма специализировалась на металлоконструкциях, а мозговым центром фирмы Бари был известный во всём мире гениальный инженер Владимир Григорьевич Шухов. Этот тандем создал знаменитую Шуховскую башню, перекрытие ГУМа, дебаркадер Киевского вокзала в Москве, нефтеналивные суда для Волги, металлоконструкции Бакинских нефтяных промыслов. Владимир Михайлович стал родоначальником известной в Казани врачебной династии: его сын Владимир – доцент мединститута, известный в Казани хирург, внук Игорь Владимирович – профессор Медицинской академии, основоположник эндохирургии в нашем городе, а правнук – недавний выпускник Медицинского университета и начинающий хирург, тоже Владимир. К несчастью, Елена Владимировна рано, не дожив и до 40 лет, покинула этот мир, оставив глубоко скорбящего Аркадия Николаевича с тремя детьми, младшей из которых – Кате, не исполнилось и трёх лет. Через некоторое время в дом Пудовиков вошла выпускница Филфака МГУ Алла Дмитриевна Сафонова, взвалившая на себя огромный груз забот об осиротевшей семье нашего героя и вскоре наградившая Аркадия Николаевича его четвёртым потомком – сыном Димой. Энергичный и инициативный человек, Алла Дмитриевна не могла жить без работы – долгие годы

она возглавляла Приволжский РОНО, а в последние годы до выхода на пенсию преподавала на Филфаке Казанского университета. Её старший брат – Всеволод Дмитриевич – известный советский киноактёр: кто не знает культовые фильмы “Солдаты”, “По ту сторону”, “Белорусский вокзал”, в которых он исполнял главные роли? Алла Дмитриевна приложила массу энергии и сил, чтобы дети достойно завершили своё образование и создали свои семьи, а Аркадий Николаевич мог плодотворно работать в условиях комфорта большой и хлебосольной, истинно русской многодетной семьи. Безмерно преданные друг другу Аркадий Николаевич и Алла Дмитриевна прожили вместе более 45 лет, и ушли, как в сказке Грина, почти одновременно – она в октябре 2005-го, он – 23 февраля 2006 года.

У Аркадия Николаевича четверо детей, 6 внуков и на текущий момент – пока правнучка и 2 правнука. Старший сын Михаил родился перед самой войной, ныне он известный учёный, Заслуженный деятель науки РТ и РФ, старейший сотрудник ИОФХ. Его дочь Елена – выпускница географического факультета КГУ, сейчас – доцент нашего университета. Родившаяся после войны дочь Ольга, выпускница Химфака, кандидат химических наук, более двух десятков лет проработала на кафедре СК (!) Химико-технологического института. После выхода на пенсию она занялась художественным творчеством; её работы в жанре кожаной пластики выставлялись на многочисленных вернисажах и находятся в частных коллекциях во многих странах. Два её сына – тоже выпускники Химфака. Старший Артём – ныне профессор Университета Британской Колумбии (Канада), 27-го университета мира, работает в области хемо- и биоинформатики и разрабатывает новые лекарства от различных болезней. Его семилетняя дочь Алиса родилась в Ванкувере и стала гражданкой двух



Алла Дмитриевна Сафонова, Аркадий Николаевич Пудовик и автор текста на даче в Б. Матюшино.

Аркадий Николаевич, Алла Дмитриевна, дети, внуки и родственники на праздновании 75-летия А. Н. Пудовика. 1991 г.



государств – России и Канады. Младший сын Ольги Аркадьевны Михаил – инженер Института социологии КФУ, кандидат педагогических наук. Младшая дочь Аркадия Николаевича Екатерина, выпускница Физфака КГУ, сама уже бабушка двух внуков. Вместе со своим мужем – профессором ВМК Валерием Рауфовичем Фазыловым, они вырастили двух детей; старшая дочь Арина также пошла по стопам деда, закончив Химфак нашего университета, а её младший брат Александр – выпускник факультета ВМК. Арина вместе со своим мужем и однокурсником Александром Катаевым произвели на свет двух очаровательных мальчишек – Вадима и Вячеслава, представителей в четвёртом поколении двух замечательных химфаковских династий – Пудовиков и Катаевых. Младший из детей Аркадия Николаевича, сын Дмитрий тоже посвятил себя химии. Он кандидат наук, и в настоящее время работает в ИОФХ. Его жена Татьяна происходит из врачебной семьи известного казанского медика В. Г. Чуприна. Их сын Николай, получивший имя своего прадеда, окончил Экономфак нашего университе-

та – успешный менеджер, внимательный и преданный своим предкам сын и внук. Так причудливо в клане Аркадия Николаевича переплетаются судьбы химиков и врачей, учёных и педагогов, предпринимателей и художников! Бог поцеловал А. Н. Пудовика: ему везло и в науке, и в семье. Как говорится: нет изводу его роду – все его потомки вполне благополучны, дружат между собой, часто встречаются по разному поводу и, конечно, хранят благодарную память о своём патриархе, свято чтят заповеданные им традиции трудолюбия, толерантности и любви к ближним!

А. Н. Пудовик прожил долгую и совсем не лёгкую жизнь, чуть-чуть не достигнув 90-летия. На этом пути было много невзгод, потерь и несправедливости, но было и много побед, счастья и радостей. Хотя его судьбу не назовёшь праздником, но все его многочисленные ученики и потомки вспоминая годы, проведённые рядом с ним, говорят по-хемингуэевски: это был “праздник, который всегда с тобой”!

Р. А. Черкасов

60 лет академику РАН О. Г. Синяшину – директору ИОФХ им. А. Е. Арбузова*

25 февраля 2016 года исполнилось 60 лет доктору химических наук, профессору, действительному члену Российской академии наук Олегу Герольдовичу Синяшину. С 2001 года по настоящее время он директор ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН, с 2008 года по настоящее время – председатель Казанского научного центра РАН.

И хотя по желанию юбиляра официальные чествования не проводились, мы не можем не отметить эту дату на страницах Ежегодника Института.

О. Г. Синяшин – крупный учёный в области органической и элементоорганической химии, автор и соавтор почти 950 научных публикаций, в том числе 1 учебника, 1 монографии и глав в 4 монографиях, а также 59 патентов. Основные направления его научной деятельности – органическая химия фосфора, направленный синтез металлоорганических и координационных соединений с фосфор- и серосодержащими лигандами; разработка нетрадиционных (электрохимических) методов функционализации элементного (белого) фосфора; химия фуллеренов и их органических природных.

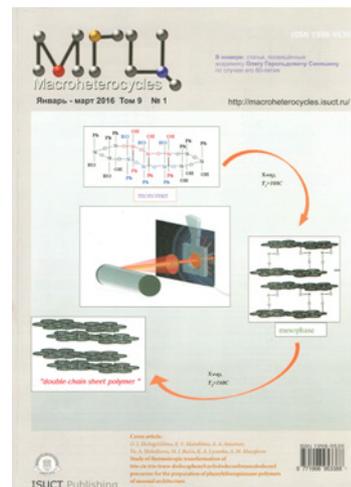
“Великолепный учёный, талантливый руководитель, настоящий лидер, способный грамотно и быстро решать самые сложные задачи, и, наконец, просто харизматичный человек. Основные его качества – обязательность, надёжность, инициативность, любовь к науке. Он полностью реализует и свой научный потенциал, и свои административные таланты. Очень редко встречаются люди, в которых органично сочетается и умение работать с людьми, и прекрасные качества талантливого учёного”, – так отзываются сотрудники Института о своём директоре. Коллектив ИОФХ им. А. Е. Арбузова не просто уважает Олега Герольдовича, а по праву им гордится. Академик О. Г. Синяшин “вырос” в Институте, пройдя путь от студента-первокурсника, занимающегося научно-исследовательской работой, до крупного учёного с мировым именем.

На этом месте мы прервёмся, избегая повторений, поскольку о научной и научно-организационной дея-



Олег Герольдович Синяшин
(род. 25.02.1956)

тельности О. Г. Синяшина было опубликовано много материалов в самых различных изданиях, включая Ежегодники Института за 2006 и 2011 годы, журнал “Элита Татарстана” № 1-2, 2013 г. и др. На страницах этого выпуска Ежегодника в рубрике “Выборы директора” также представлена информация о юбиляре. Кроме того, такие крупные научные журналы как “Известия Академии наук. Серия химическая” и “Макроциклы” опубликовали статьи к юбилею О. Г. Синяшина. Одну из этих публикаций редакционная коллегия Ежегодника сочла возможными разместить на этих страницах как штрихи к портрету хорошо известного в России и за рубежом учёного.



Выпуск журнала “Макроциклы” с юбилейными материалами о О. Г. Синяшине.

* Ежегодники 2001-2002, 2006, 2011.

Синяшин Олег Герольдович (к 60-летию со дня рождения).

Статья из журнала “Известия Академии наук. Серия химическая”

25 февраля 2016 г. исполняется 60 лет действительному члену Российской академии наук Олегу Герольдовичу Синяшину.

О. Г. Синяшин – известный учёный в области органической и элементоорганической химии. Под его руководством ведутся фундаментальные и прикладные исследования в области синтеза, изучения строения и свойств органических, элементоорганических и коор-динационных соединений, создания материалов на их основе. О. Г. Синяшиным разработаны общие методы фосфорилирования и тиолирования органических металлоорганических соединений с участием тиопроизводных кислот трёхвалентного фосфора. Предложена эффективная стратегия конструирования неизвестных ранее классов макроциклических фосфинов на основе процессов ковалентной самосборки. На принципах биомиметики созданы катализаторы электрохимического синтеза водорода и его окисления в топливных элементах.

О. Г. Синяшиным развито новое научное направление – металлокомплексный катализ для селективной электрохимической активации и функционализации органических молекул. Им проведено изучение процессов электрохимической активации и трансформации элементного (белого) фосфора под действием органических и металлоорганических соединений, созданы научные основы высокоэффективной и экологически безопасной технологии электросинтеза таких важнейших классов соединений фосфора, как третичные фосфины и гипофосфористая кислота из элементного (белого) фосфора в условиях металлокомплексного катализа. Впервые экспериментально получен и охарактеризован ранее теоретически предсказанный фосфиноксид H_3PO , являющийся важным интермедиатом процесса трансформации молекулы P_4 .

Под руководством О. Г. Синяшина успешно развивается химия элементного фосфора в части изучения строения и химического поведения полифосфидов щелочных металлов, что позволяет глубже понять механизмы раскрытия молекулы белого фосфора и последующего образования практически значимых веществ. В частности, открыт способ получения 1,2-дифосфациклопентадиенид-аниона, являющегося перспективным неинноцентным лигандом, что позволяет реализовать новый подход к конструированию молекулярных магнетиков – перспективных материалов для спинтроники и молекулярной электроники.

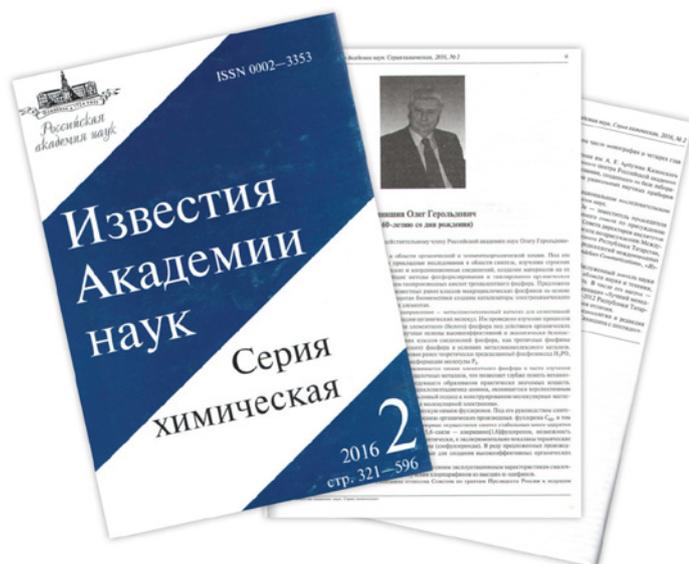
О. Г. Синяшин внёс существенный вклад в органическую химию фуллеренов. Под его руководством синтезировано большое число новых разнообразных по строению органических производных фуллерена C_{60} , в том числе новых классов фуллероимидазопиримидинов. Впервые осуществлён синтез стабильных моно-аддуктов органических азидов с фуллереном C_{60} по закрытой 5,6-связи – азиридино[1,6]фуллеренов, возможность сращения которых ранее была предсказана только теоретически, и экспериментально показаны термические переходы азиридино[1,6]-фуллеренов в азагомофуллерены (азофуллероиды). В ряду предложенных производных фуллеренов обнаружены соединения, перспективные для создания высокоэффективных органических солнечных батарей

При участии О. Г. Синяшина созданы универсальные по своим эксплуатационным характеристикам смазочные материалы, разработана новая технология получения хлорпарафинов из высших α -олефинов.

Научная школа академика О. Г. Синяшина отнесена Советом по грантам Президента России к ведущим научным школам РФ.

О. Г. Синяшин – автор и соавтор более 800 научных публикаций, в том числе монографии и четырёх глав в монографиях, а также 46 патентов.

О. Г. Синяшин – директор Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова Казанского научного центра Российской академии наук, председатель Казанского научного центра Российской академии наук, директор одного из первых в Поволжье Центров коллективного пользования, созданного на базе лабораторий физико-химического профиля в целях эффективного использования уникальных научных приборов и повышения качества научных исследований в Поволжском регионе.



Редколлегия и редакция журнала “Известия Академии наук. Серия химическая” поздравляют Олега Герольдовича Синяшина с шестидесятилетием.

О. Г. Синяшин заведует кафедрой органической химии в Казанском национальном исследовательском технологическом университете, в числе его учеников – 4 доктора и 12 кандидатов наук. О. Г. Синяшин ведёт большую научно-организационную деятельность. Он – заместитель председателя Научного совета по органической химии РАН, член Секции Межведомственного совета по присуждению премий Правительства Российской Федерации в области науки и техники, член Совета директоров институтов при Федеральном агентстве научных организаций, заместитель председателя Комитета по присуждению Международной Арбузовской премии в области фосфорорганической химии при Президенте Республики Татарстан, член Совета при Президенте Республики Татарстан по образованию и науке, член редколлегий международных и отечественных научных журналов “Heteroatom Chemistry”, “Macrocyclic”, “Mendeleev Communications”, “Известия Академии наук. Серия химическая”, “Известия вузов” и др.

О. Г. Синяшин – почётный профессор Санкт-Петербургского университета, “Заслуженный деятель науки Республики Татарстан”, лауреат Государственной премии Республики Татарстан в области науки и техники, награждён медалями Н. Н. Зинина, Л. А. Чугаева, Памяти профессора А. Н. Коста. В числе его наград – Благодарность Президента РАН и грант Фонда содействия отечественной науке в номинации “Лучший менеджер Российской академии наук”. О. Г. Синяшин удостоен звания “Руководитель года-2012 Республики Татарстан” в номинации “За активное развитие кадрового потенциала” и многих других знаков отличия.

Президиум Российской академии наук, Отделение химии и наук о материалах, редколлегия и редакция журнала “Известия Академии наук. Серия химическая” поздравляют Олега Герольдовича Синяшина с шестидесятилетием и желают ему доброго здоровья и дальнейших творческих успехов.

Хотя по желанию юбиляра официальные чествования не проводились, тем не менее, на адрес Института поступили многочисленные поздравления, включая поздравительные телеграммы от Президента Республики Татарстан Р. Н. Минниханова, руководителя ФАНО России М. М. Котюкова, директоров химических институтов Российской академии наук, ректоров ведущих вузов страны и многих хорошо известных в мире учёных.

Редакционная коллегия сочла возможным привести на этих страницах поздравление академика-секретаря Отделения химии и наук о материалах РАН, академика РАН Аслана Юсуповича Цивадзе.

Глубокоуважаемый Олег Герольдович!

В день Вашего 60-летнего юбилея примите самые искренние поздравления от имени Ваших коллег – учёных Отделения химии и наук о материалах РАН.

Ваши фундаментальные и прикладные работы в области синтеза, изучения строения, реакционной способности и свойств органических, элементоорганических и координационных соединений, а также электрохимии и органической химии фуллеренов, получили всеобщее признание и обеспечили Вам высокий авторитет в научном мире.

При Вашем ведущем участии синтезировано большое число новых органических производных фуллерена C₆₀, в том числе новых классов соединений – фуллероимидазопириимидинов. Полученные результаты легли в основу создания высокоэффективных органических солнечных батарей.

Основополагающее значение имеют полученные Вами результаты при изучении процессов электрохимической активации и трансформации элементного фосфора под действием органических металлоорганических соединений,

что привело к развитию нового научного направления – металлокомплексного катализа для селективной электрохимической активации и функционализации органических молекул.

Разработанная Вами принципиально новая стратегия конструирования сложных гетероциклических и каркасных функционально замещённых фосфиновых лигандов и их комплексов с переходными металлами открывает большие перспективы при создании катализаторов для электрохимического синтеза водорода и его окисления в топливных элементах.

Научной общественности Вы известны не только как крупный учёный, но и как видный организатор науки. На протяжении 15 лет интенсивную научную работу Вы успешно сочетаете с выполнением обязанностей директора крупного института – ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН. Хорошо известна Ваша научно-организационная и общественная деятельность в качестве члена Бюро ОХНМ РАН, председателя Казанского научного центра РАН, Научного совета по органической химии РАН, Межведомственного совета по присуждению премий Правительства РФ в области науки и техники, Совета директоров институтов при ФАНО России; ряда редколлегий научных журналов и др.

Успешную и интенсивную научную и научно-организационную работу Вы сочетаете и с педагогической деятельностью, возглавляя свою научную школу. Среди Ваших учеников – доктора и кандидаты наук.

Ваша плодотворная научная деятельность по достоинству отмечена высокими государственными наградами и премиями.

В день юбилея желаем Вам, дорогой Олег Герольдович, доброго здоровья, счастья и дальнейших творческих успехов в Вашей разносторонней и плодотворной деятельности.



ИОФХ В ЗЕРКАЛЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ, РОССИЙСКИХ И РЕСПУБЛИКАНСКИХ СМИ

Рубрика, посвящённая отражению в средствах массовой информации наиболее важных событий российской науки в целом и нашего Института в частности, стала уже традиционной для Ежегодников ИОФХ. Стоит отметить, что такая рубрика, начиная с этого года, соответствует новому распоряжению нашего учредителя – Федерального агентства научных организаций Российской Федерации (ФАНО России), о необходимости популяризации на-

учных достижений, одним из средств которой являются публикации в СМИ. Так, в этом выпуске Ежегодника мы размещаем несколько статей, посвящённых наиболее знаковым событиям в жизни Института в 2016 году, а также поднимающих вопросы общего характера и отдельных научных достижений сотрудников ИОФХ им. А. Е. Арбузова.

Работа молодого казанского учёного поможет понять природу раковых заболеваний*

Премии имени российских академиков Арбузовых за выдающиеся достижения в области фундаментальной и прикладной химии были вручены в конце декабря молодым казанским учёным. Диплома первой степени удостоен старший научный сотрудник лаборатории фосфорсодержащих аналогов природных соединений ИОФХ им. А. Е. Арбузова доцент КФУ Андрей Немтарёв. В своём интервью “КВ” учёный рассказал о том, как его фундаментальные научные исследования помогут в будущем в борьбе против неизлечимых сегодня болезней.

От лаборатории до лекарства

– Если говорить, не вдаваясь в научные детали, то суть работы в том, что она позволяет создавать соединения, структурно напоминающие природные соединения, в которых один или несколько атомов, например, углерода, замещается на другой элемент, – поясняет молодой учёный. – Зачем это нужно? Для многих целей, в том числе и для разработки новых лекарств. Такие соединения



Андрей Немтарёв

проявляют физиологическую активность, зачастую не свойственную их природным аналогам. Таким образом, появляется возможность находить среди них соединения для лечения различных заболеваний, в том числе онкологических. Вводя в организм соединения, содержащие фосфор-углерод, мы можем изучать различные биохимические процессы и то, как они влияют на развитие заболеваний.

– То есть ваши исследования в перспективе помогут лучше понять природу действия рака и борьбы с ним. Сколько времени должно пройти, чтобы фундаментальные исследования воплотились в реальное лекарство?

* Статья размещена на сайте газеты “Казанские ведомости” (<http://www.kazved.ru/article/68491.aspx>) 21 января 2016 г. Автор Максим Шубин.

– В среднем для создания препарата нужно около 20 лет. Сюда входит поиск вещества, клинические испытания, которые проводятся на клеточных культурах, изолированных органах, теплокровных животных, а затем на человеке. Параллельно разрабатываются технологии производства и введения в промышленную практику. Работы по этому направлению в рамках нашей лаборатории находятся пока на начальном этапе. Это разработка подхода к получению данных веществ и проведение предварительных оценок физиологической активности.

Вопрос времени

– Учёные и медики десятилетиями бьются над проблемой онкологии, а результаты пока что не радуют: болезнь “молодеет”, а успешное лечение удаётся проводить разве что на ранних стадиях. Когда, на ваш взгляд, ждать прорыва в этой области?

– Здесь надо понимать, что эта болезнь существует с самого начала истории человечества. Просто информация о ней отсутствовала. Такие заболевания, как чума, натуральная оспа, побеждены относительно недавно. А заболеваемость туберкулёзом, онкологическими, аутоиммунными заболеваниями не только не снижается, а в ряде случаев даже растёт. Почему? Это связано с тем, что природа этих заболеваний гораздо сложнее. Создание препаратов развивается согласно тем методам, которые позволяют диагностировать и изучать заболевания. К примеру, создание МРТ с его применением в виде томографии тела дало огромный скачок в диагностике. Следующий такой шаг произойдет, когда будет создан новый инновационный метод выявления заболеваний.

– Бытует мнение, что традиционные методы лечения (лучевая и химиотерапия) опасны для организма не меньше, чем сама болезнь. “Химия” подавляет иммунитет, в итоге болезнь набрасывается на человека с новой силой. И всё же более эффективных способов пока что не придумали. Так надо ли бояться “химии”?

– Искусство врача – правильно диагностировать, на какой стадии находится заболевание, и правильно подобрать лечение. Если совершить ошибку, будут рецидивы и болезнь приобретет иной вид. Если заболевание запущено, без “химии”, конечно, не обойтись. Синтетические препараты – те же химические соединения, которые содержатся в растительных объектах, животных тканях. Сложные вещества, выделенные из природных объектов, изучаются, а затем проходят модификацию в химических лабораториях. Для чего это нужно? Чтобы снизить побочные эффекты, повысить действенность, селективность в отношении здоровых клеток. Людей не должна пугать “химия”, препараты. В большинстве случаев они могут действовать даже мягче, чем существующие природные экстракты и препараты.

Конкурируют со всем миром

– Вы представитель знаменитой Казанской школы химии. Казанские учёные, безусловно, многое могут предложить миру, однако сегодня конкурировать на международной арене невероятно сложно. Чувствуете ли вы на себе это давление?

– Давления здесь не существует, есть нормальная конкуренция. Если работа, напротив, нигде в мире не поддерживается, это тоже о многом говорит. Значит, либо эти исследования не перспективны, либо на данный момент слишком тяжелы. Если направление востребовано и поддерживается во многих научно-исследовательских учреждениях мира, то конкуренция даёт стимул к работе. На мой взгляд, НИИ России ни в чем не уступают мировым. Оснащение лабораторий ничуть не хуже, а в некоторых случаях даже лучше, чем в ведущих НИИ мира.

– Область фундаментальной науки всегда подвержена давлению со стороны общества. Людям нужен результат здесь и сейчас, а о долгосрочных перспективах науки многие не задумываются. Как обстоит с этим дело в сегодняшней России?

– Фундаментальные и прикладные разработки, безусловно, должны существовать бок о бок. От фундаментальных исследований нельзя требовать создания чего-то сиюминутно, поскольку они создают условия для дальнейших действий прикладной науки. В своё время в связи с распадом СССР финансирование науки сократилось, пришлось пожертвовать прикладными институтами, которые доводили разработки фундаментальных институтов до внедрения, до магазинных полок. К счастью, сейчас это направление начинает возрождаться.

Молодые учёные остаются в России

– По слухам, если “утечка мозгов” из России продолжится, то скоро делиться нам станет просто нечем. С другой стороны, науке и тем, кто её делает, уделяется сегодня гораздо больше внимания со стороны государства, в том числе и в плане оснащения и финансов. Какие перспективы ждут российскую науку, станет ли наша страна привлекательнее для научной молодёжи?

– Безусловно, что и показывает практика последних лет. Это совершенно нормальный процесс для становления учёного – когда человек, выучившись в России, проходит стажировку в ведущих научно-исследовательских центрах мира. Это нужно, чтобы посмотреть, как поставлена наука в ведущих центрах. Потом вернуться и проводить исследования в наших институтах, где созданы все условия для реализации проектов и идей. Для этого есть и приборная база, и соответствующее финансирование: целевые программы, госконтракты, грантовая система.

– *Образ учёного по-прежнему остается для обывателя загадкой. Кто эти люди, которые сутками просиживают в лабораториях, ездят на международные конференции, преподают в вузах? В общем, кто он – современный российский учёный?*

– В науку приходят сейчас совершенно различные люди. Они непохожи и по внутренним качествам, и по эмоциональным. Но при этом, конечно же, человек должен быть амбициозен. Если есть цели, то он их будет осуществлять. При этом учёный должен обладать любовью к своему делу, отлично в нем разбираться. Для этого нужна усидчивость, желание учиться. Наука не ограничивается 5–6 годами обучения. Человек учится на протяжении всей

жизни. Он должен каждый день просматривать литературу, анализируя её, корректировать исследования либо выбирать что-то новое, обладать гибкостью ума, чтобы переварить большое количество информации.

– *Но ведь нужно когда-то и отдыхать! Или же вы всецело поглощены исследованиями на работе и дома?*

– Я стараюсь разграничивать работу и семью. Это нужно для того, чтобы не пришло пресыщение работой. Все люди устают. И постоянное обдумывание одних и тех же проблем может утомить. Поэтому я стараюсь разграничивать время на работу и отдых. На такой разнице, чтобы можно было прийти к новым мыслям.

Президент РТ посетил в Казани научно-инновационный центр на базе ИОФХ им. А. Е. Арбузова*

Создание данного центра стало возможно благодаря гранту, выигранному в 2014 году

Сегодня Президент Республики Татарстан Рустам Минниханов посетил новый международный научно-инновационный центр нейробиологии и фармакологии на базе Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН.

Также в осмотре приняли участие руководитель Федерального агентства научных организаций Михаил Котюков, руководитель Аппарата Президента РТ Асгат Сафаров, заместитель Премьер-министра РТ – министр образования и науки Энгель Фаттахов, председатель Казанского научного центра РАН Олег Сияшин, мэр Казани Ильсур Метшин, президент Академии наук РТ Мякзюм Салахов и другие.

Стоит сказать, что создание данного центра стало возможно благодаря гранту, выигранному ИОФХ им. А. Е. Арбузова в 2014 году. Тогда институт вошёл в число шестнадцати лучших научно-образовательных учреждений России, представивших свои программы развития.

По прибытии в исследовательский центр Рустам Минниханов и Михаил Котюков ознакомились с презентацией нового учреждения. По словам председателя Казанского научного центра РАН Олега Сияшина, главная цель данного проекта – создание “Центра компетенции” по нейробиологии и фармакологии, который должен объединить высококвалифицированных специалистов в области физиологии, фармакологии, медицины, биохимии, органической, физической и супрамолекулярной химии. Учёные будут проводить фундаментальные и прикладные

междисциплинарные исследования с целью создания наукоёмких разработок мирового уровня, включая получение как импортозамещающих, так и отечественных инновационных лекарственных препаратов. В новом центре предусмотрена реализация полного инновационного цикла создания медикаментов – от синтеза биоактивных молекул до коммерческого производства оригинальных лекарств нового поколения, добавил Олег Сияшин.

Он отметил, что общая стоимость проекта составляет 312 млн. рублей, из которых 250 млн. выделяет Российский научный фонд. В 2015 году РНФ уже перечислил на организацию центра 100 млн. рублей. К настоящему времени завершена реконструкция микробиологического корпуса и вивария в соответствии с санитарными правилами и нормами международных стандартов. Лаборатории оснащены современным биохимическим и медицинским оборудованием.



* Статья размещена на сайте Информационного агентства “Татар-информ” (<http://www.tatar-inform.ru/news/2016/02/04/490290/>) 4 февраля 2016 г.

Далее Рустам Минниханов и Михаил Котюков осмотрели сам центр. В лаборатории по разработке препарата от болезни Альцгеймера гостям продемонстрировали один из экспериментов. Подопытную мышь поместили в ванну с молоком, в которой грызун по памяти искал сухую площадку. Руководитель научной группы пояснил, что при заболевании Альцгеймера у человека серьезно страдают память и внимание, поэтому этот тест при исследованиях является одним из основных.

Также Президент Татарстана посетил микробиологическую лабораторию, где понаблюдал за подготовительными мероприятиями, проводимыми непосредственно перед опытами, сообщает пресс-служба Президента РТ.

В завершение осмотра Рустам Минниханов высоко оценил представленные инновации и методы по разработке новых лекарственных препаратов и пожелал сотрудникам центра удачи в реализации поставленных планов. Михаил Котюков, в свою очередь, положительно отметил то, что в работе занято много молодых учёных и призвал продолжать этот курс и далее.

Крысы с плохой памятью выведут Татарстан на мировой рынок лекарственных разработок*

Президенту РТ провели экскурсию по обновлённому за 62 млн. рублей микробиологическому корпусу казанского научного центра РАН

К 2018 году в Казани уже планируют выпуск новых лекарственных препаратов, разработанных на базе Международного научно-инновационного центра нейробиологии и фармакологии при ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН. Основанием так полагать стала победа в конкурсе от Российского научного фонда, которая принесла Татарстану 312 млн. рублей на развитие науки. К 2016 году центр уже освоил 100 млн. рублей, 62 млн. из которых были потрачены на модернизацию и реконструкцию микробиологического корпуса с виварием. Корреспондент “Реального времени” осмотрел обновлённые лаборатории, следуя за Рустамом Миннихановым.

Водный лабиринт Морриса и сыворотка правды для крысы

В 2015 году Российский научный фонд выделил 100 млн. рублей на организацию Международного научно-инновационного центра нейробиологии и фармакологии при Институте органической и физической химии им. А. Е. Арбузова Казанского научного центра РАН. Часть из этих средств была направлена на реконструкцию микробиологического корпуса и его переоснащение. Собственно, по отремонтированным кабинетам, где с недавних пор установлена ультрасовременная техника, и водили президента РТ Рустама Минниханова, министра здравоохранения Аделя Вафина, министра образования Энгеля Фаттахова, ректора КФУ Ильшата Гафурова и

других VIP-гостей. Им показали, как проходит работа над созданием новых лекарственных средств от болезни Альцгеймера, заболеваний печени и других, не менее важных лекарственных препаратов.

В одном из кабинетов делегации продемонстрировали водный лабиринт Морриса. Крысу помещают в специальный бассейн, наполненный подкрашенным сухим молоком, где в одном месте находится небольшая платформа. Из-за мутной воды подопытная не видит эту платформу, но в ходе тренировок должна запомнить её местоположение. При этом животному вводят препарат, который вызывает нарушения памяти, и испытывают на нем различные разработанные вещества.

Крысе, которой посчастливилось поплавать перед президентом Татарстана, для расстройства памяти впрыснули скополамин – вещество, которое есть в составе сыворотки правды. Это знакомое словосочетание, в от-



В одном из кабинетов делегации продемонстрировали водный лабиринт Морриса.

* Статья размещена на сайте газеты “Реальное время” (<http://realnoevremya.ru/articles/23286>) 05 февраля 2016 г. Автор Мария Горожанинова.



На мониторе отображалось всё, что происходит в бассейне.



Одна из глобальных задач центра – разработка новых лекарственных средств.

личие от научных терминов, вызвало бурную реакцию присутствующих. Во время презентации опыта на крысу возлагали большие надежды, но, видимо, испугавшись большого скопления людей и вспышек фотокамеры, животное окончательно дезориентировалось и так и не нашло заветную платформу. Рустам Минниханов эти 90 секунд, пока животное барахталось в воде, поглядывал на экран компьютера, стоящего рядом с установкой, – на мониторе отображалось всё, что происходит в бассейне.

Президенту РТ также показали лабораторию, где он сам заглянул в микроскоп, чтобы рассмотреть большие клетки печени. Всего в ходе осмотра делегация обошла три блока и закончила встречу совещанием, куда для журналистов вход был закрыт.

62 млн. на разработку лекарств

Как узнал корреспондент “Реального времени”, конкретно на модернизацию и реконструкцию микробиологического корпуса с виварием (помещением для разведения подопытных животных) было выделено 62.2 млн. рублей. На реконструкцию здания общей площадью чуть более 1 тыс. кв. м потрачено 25.7 млн. рублей, на уникальное научное оборудование – 36.5 млн. рублей. Из 62.2 млн. средства Российского научного фонда составляют 37.8 млн. рублей, 13.3 млн. – средства учредителя (ФАНО России), 7.7 млн. рублей инвестировало ОАО “Связьинвестнефтехим”, а оставшиеся 3.4 млн. рублей – чистая прибыль ИОФХ.

Всего в рамках программы, в которую в числе 16 победителей вошёл и Международный научно-инновационный Центр нейробиологии и фармакологии, на развитие центра планируется выделить 312 млн. рублей. Модернизация материально-технической базы и реконструкция помещений ИОФХ должна быть завершена к 2018 году. Предполагается, что это позволит начать собственное производство лекарственных препаратов для российского фармацевтического рынка и получать наукоемкую продукцию мирового уровня. Также планируется, что объём средств от продажи лекарств вырастет в два раза.

“Такое многолюдье я наблюдаю первый год”

Подробнее об изменениях, которые произошли в микробиологическом корпусе, “Реальному времени” рассказал с.н.с. ИОФХ Константин Петров. За последний год для центра было закуплено как российское, так и зарубежное оборудование, аналогов которому в России практически нет. Денежные вливания в центр положительно сказались и на зарплатах его сотрудников. Вся молодёжь, которая сейчас работает в центре (а её там немало), привлечена именно в рамках программы Российского научного фонда.

– Такое многолюдье я наблюдаю первый год. Ещё пару лет назад всё было не так: не было ставок, молодые люди заканчивали учёбу и не имели возможности продолжить заниматься своим делом. Сейчас политика изменилась. Есть заинтересованность государства, заинтересованность правительства Татарстана, заинтересованность руководства института, – говорит Константин Петров.

Сейчас работа в институте ведётся по трём основным направлениям: поиск новых лекарственных препаратов для лечения заболеваний центральной и периферической нервной систем, антимикробное направление – изучение бактерий и антигрибковых; третье направление – это восстановительная регенерация. Здесь в первую очередь речь идет об изучении регенерации печени и нервных тканей.

Одна из глобальных задач центра – разработка новых лекарственных средств, от конструирования молекулы до получения готового результата. При этом собеседник издания уверен, что конкурировать с создающимся на базе КФУ центром их институт не будет.

– Наверно, мы будем работать сообща. У нас в институте работают свои люди, которые высказывают свои идеи. В КФУ работают свои учёные. Таких людей настолько мало, что они все друг друга знают, по крайней мере, в рамках региона. Они не могут конкурировать между собой. Создание лекарства – это большая удача, – уверен Петров.

По его словам, на создание лекарства уходят десятки лет, в Татарстане лекарства не создавались с 90-х годов. Петров надеется, что к 2018 году центр создаст новые лекарства, которые помогут миллиардам человек.

Олег Синяшин: “Наука – это элемент культуры”*

Сложно ли руководить наукой в период глобальных реформ? Как совмещать администрирование и исследовательскую деятельность? Можно ли сегодня в науке работать не чувствуя кризиса? Об этом и многом другом мы говорили с председателем Казанского научного центра Российской академии наук, директором казанского Института органической и физической химии имени Арбузова академиком РАН Олегом Синяшиным, который сегодня отмечает 60-летие.



Олег Герольдович Синяшин

– Олег Герольдович, как люди становятся учёными? Когда вы поняли, что хотите заниматься наукой?

– Наверное, стоит задаться вопросом, как вообще идет становление человека. Мое, например, в значительной степени определяли бабушки и дедушки – очень интересные люди. По материнской линии дед был революционным матросом, а бабушка – дворянкой. А со стороны отца – сельские интеллигенты, бабушка сначала работала сельской учительницей, потом директором школы, заведующей роно, награждена орденами Ленина, Трудового Красного Знамени. А дед – журналист, был редактором сельской газеты. Время им выпало сложное, и 1937 год их затронул, и война. Но, может, благодаря такой непростой жизни это были очень мудрые люди, которые сильно на меня повлияли. А мама моя – врач и очень хотела, чтобы и я стал врачом. В то время как отец, инженер-конструктор, один из создателей современных бомбардировщиков Ту-22, Ту-160, мечтал, чтобы я поступил в МВТУ имени Баумана и стал, как и он, инженером.

– Откуда же взялась химия?

– В школе у нас была прекрасная учительница химии Галина Митрофановна Пичугина, она и привила мне любовь к этой науке. Я выигрывал районные, городские, республиканские олимпиады, ходил в клуб юных химиков при КГУ и естественным образом поступил на химфак. Родители мои были знакомы с семьей Эльвиры Салиховны Батыевой, которая работала в арбузовском институте, она меня сюда и пригласила. Так что я с первого курса в институте, здесь начал постигать азы науки, прошёл весь свой путь от аспиранта до директора.

– Какова область ваших научных интересов?

– Мои кандидатская и докторская диссертации основаны на изучении двойственной реакционной способности системы “фосфор-сера”. Основные исследования были связаны с изучением разрыва этой связи под действием различных реагентов. В своё время этой системой начинал заниматься ещё Александр Ерминингельдович Арбузов.

– Для несведущего человека – это чисто фундаментальные исследования?

– Они имеют и фундаментальное значение, но мы показали, что, используя молекулу, которая содержит связь “фосфор-сера”, можно выходить на очень интересные, практически важные соединения – это и различные присадки к смазочным материалам, и комплексообразователи для экстракции тяжёлых металлов... Так что, занимаясь в основном фундаментальными вещами, мы находили и перспективные прикладные аспекты.

– Вы пришли в науку ещё до перестройки. Почему не ушли, когда всё стало резко меняться?

– Во время перестройки получили распространение различные международные образовательные курсы в сфере управления, в частности советско-германские при Высшей коммерческой школе в Москве. Эльвира Салиховна Батыева тогда исполняла обязанности директора института, она отправила меня на один из таких семинаров. Вернулся я обогащённым различными новыми знаниями – и в области экономики, и в правовых аспектах... В это время в Казани как раз создавалась Ассоциация экспортеров Татарстана, и меня туда пригласили возглавить направление, связанное с химической отраслью. Я уже думал согласиться, но Батыева посоветовала сначала защитить докторскую диссертацию, для которой практически всё было готово, и потом уже спокойно уходить из науки. Диссертацию я написал быстро, за четыре месяца. Но тут начались проблемы с защитой. Мне было тридцать три года, и на кафедре химфака университета, где планировалось заслушать

* Статья размещена на сайте газеты “Республика Татарстан” (<http://rt-online.ru/oleg-sinyashin-nauka-eto-element-kultury/>) 24 февраля 2016 г. Автор Чеснокова Евгения.

работу, считали, что я слишком молод. Примерно год не мог пройти предзащиту, в итоге пришёл к академику Борису Александровичу Арбузову – он тогда был председателем диссертационного совета по химическим наукам – и рассказал о своей проблеме. Через десять минут после того, как я от него вышел, мне позвонил заведующий кафедрой: “Когда можно будет вас заслушать?” Так я стал доктором наук, но время для принятия быстрого решения уже ушло, и я остался в институте. Конечно, в те годы было сложно. Но мы тогда делали очень интересные работы, начали сотрудничать с Министерством авиационной промышленности по присадкам, смазочным материалам для авиационной техники, у нас был достаточно большой по тем временам хоздоговор с Казанским авиационным предприятием, так что деньги зарабатывать получалось.

– В какой момент вы почувствовали в себе талант руководителя?

– В своё время заведующий лабораторией М. А. Пудовик пригласил меня стать его заместителем. Это был первый опыт администрирования. Много дали те советско-германские курсы, я тогда по-новому взглянул вообще на систему управления. Потом был учёным секретарем, заместителем директора института... Так копился опыт. Важна ещё и команда. Когда я стал директором института, то поставил для себя задачу – создать такую систему управления, которая бы работала независимо от меня. Кажется, получилось. Сегодня, если уезжаю в командировки или в отпуск, мне звонят только в экстренных случаях.

– В науке поставленная задача не всегда может быть решена в конкретные сроки. Это сильно осложняет работу руководителя?

– Здесь важно вовремя спрогнозировать намечающиеся тенденции в научном мире. На мой взгляд, в институте имени Арбузова это удаётся. В своё время я часто говорил: мы должны быть готовы к работе по конкурсному финансированию, когда нужно доказывать свою конкурентоспособность в сравнении с другими аналогичными институтами. И когда появилась грантовая система поддержки научных исследований, мы к этому были готовы, удалось активно включиться в работу. Или, например, я был убеждён, что печататься только в наших изданиях – это, конечно, легко, но недальновидно. И где-то с начала двухтысячных годов мы ввели систему поддержки тех сотрудников, которые направляют статьи в зарубежные издания. Сумели переломить менталитет тех, кто раньше писал только по-русски. Сегодня это нам даёт определённые преимущества в рейтинге научных организаций. То есть прогнозировать то, что будет через некоторое время, – для руководителя важное качество. Нельзя просто плыть по течению.

– А тяжело “рулить” наукой в эпоху глобальных реформ, что происходят сейчас в академической сфере?

– Любая реформа – это болезненный процесс. Часто он сопровождается сокращением финансирования. Конечно, если рассчитывать только на госбюджет, сегодня в науке не выжить. Но ведь есть различные научные фонды, в том числе международные, есть гранты, целевые программы... Если правильно использовать все эти возможности, можно избежать кризиса. Могу сказать, что в прошлом году, который вроде бы уже был кризисным, мы консолидированный бюджет института увеличили примерно в полтора раза, в ушедшем году он составил почти полмиллиарда рублей.

– Как раз около года назад наша газета писала, что арбузовский институт выиграл грант Российского научного фонда на медицинские разработки...

– Мы долго думали, участвовать в этом конкурсе или нет, потому что там были очень жёсткие критерии отбора. Как ни странно, по химическим направлениям мы до этих критериев не дотягивали. А вот по медицине проходили очень хорошо. Медицинская химия – это для нас стезя историческая, её ещё наши основатели, отец и сын Арбузовы, закладывали. Здесь у нас есть три направления. Во-первых, извините за специфическую терминологию, это исследования влияния ингибиторов ацетилхолинэстеразы на нейродегенеративные изменения в организме, вызывающие болезнь Альцгеймера. Во-вторых, создание гепатопротекторов, то есть средств защиты печени от цирроза. И последнее связано с изучением антимикробных агентов – в первую очередь препаратов для лечения туберкулёза. И вот мы подали заявку на грант, показав, что можем за четыре года выйти здесь на мировой уровень исследований. И в условиях жёсткой конкуренции вошли в число победителей. Теперь стоит задача выстроить инфраструктуру, обеспечивающую полный инновационный цикл создания лекарств – от разработки биоактивной молекулы до производства лекарственной субстанции. За год мы реконструировали и переоборудовали медико-биологический корпус – ключевой блок нового международного научно-инновационного центра нейробиологии и фармакологии, который в начале февраля посетили Президент Татарстана Рустам Минниханов и руководитель ФАНО России Михаил Котюков. В этом году хотим завершить реконструкцию технологического корпуса по производству лекарственных субстанций. Думаю, через год-два выйдем на клинические испытания новых препаратов.

– Есть некий миф, что у нас от учёных требуют непременно прикладного результата, а на Западе они могут спокойно заниматься фундаментальной наукой и не думать ни о чём, потому что там в науку вкладываются совершенно другие деньги...

– К сожалению, Россия отличается от Запада тем, что на рынке у нас в качестве основных активов фигурируют здания, оборудование, то есть какое-то имущество. На Западе – это рынок технологий, так называемых нематериальных активов. И там за новыми технологиями стоит

очередь, потому что кто первый ими воспользуется на своём производстве, тот и будет иметь преимущество. Поэтому за рубежом до шестидесяти процентов средств в науку вкладывает бизнес. У нас бизнес в лучшем случае вкладывает процентов десять. Но надо сказать, что времена меняются. Вот “Татнефть” – одна из тех компаний, которая сегодня готова вкладываться в научную составляющую производства. Движение в этом направлении пошло, но, может, ещё не слишком быстрыми темпами.

– *То есть всё-таки можно сказать, что классический образ учёного, который сидит в своей лаборатории, отрешась от внешнего мира, уходит в прошлое и сегодня учёный должен быть на острие технологических тенденций?*

– Учёный, конечно, должен заниматься наукой и быть в определённой степени отрешённым. А для определения тенденций его разработок есть система управления. ПереклЮчить человека в его творческих поисках в нужное русло – это задача в том числе и руководителя.

– *Не обидно, что сегодня вы находитесь в ранге руководителя, а не учёного?*

– Я и сегодня занимаюсь наукой. Но обычно по выходным, в другое время это просто невозможно. И те научные направления, которые в своё время я формировал, про-

должаются в работах учеников. Участвую в подготовке их публикаций, обсуждаю результаты исследований, читаю научную периодику, отслеживаю мировые тренды в своей области. В общем, не выпадаю из научного процесса.

– *Сегодня, как и в годы перестройки, некоторые молодые учёные не выдерживают трудностей эпохи перемен, уходят из науки. Своих сотрудников пытаетесь как-то отговорить от этого?*

– Каждый человек делает себя сам. Да, есть много примеров, когда талантливые ребята, несмотря на интересную тему, хорошее оборудование, бросали всё и уходили какими-нибудь менеджерами по продажам. Но ведь наука – сфера творческая. Если у человека есть тяга к творчеству, это будет его удерживать. А если он рассматривает науку как ремесло, то, конечно, на каком-то этапе наука становится ему неинтересной. Я считаю, наука – элемент культуры. И если человек не имеет этой культуры, не готов к творческому процессу, его не удержишь ничем.

И ещё один момент. Отрадно, что меняется мировоззрение молодых учёных. Они сегодня хотят видеть не только фундаментальный результат своего труда – статью, диссертацию, но и реальный продукт – в нашем случае это новый материал, лекарство, технология... Мы в арбузовском институте пытаемся в них такое стремление всячески поддерживать.

Публикации, посвящённые 21 Международной конференции по химии фосфора и вручению Международной Арбузовской премии

Рустам Минниханов открыл в Казани XXI Международную конференцию по химии фосфора*

Президент Татарстана Рустам Минниханов открыл торжественную церемонию начала XXI Международной конференции по химии фосфора, которая проходит с 5 по 10 июня в казанском “Корстоне”. На крупный научный форум прибыли более 150 иностранных и 250 российских учёных, а также представители крупных химических компаний и издательских холдингов. Параллельно с конференцией будет работать III Молодёжная школа-конференция “Физико-химические методы в химии координационных соединений”, в которой обучение у ведущих российских и зарубежных специалистов пройдут аспиранты и студенты научных учреждений РТ. Также к открытию конференции



Рустам Нургалевич Минниханов

* Статья размещена на сайте электронной газеты “Бизнес Online” (<https://www.business-gazeta.ru/news/312980>) 6 июня 2016 г. Автор Максим Шубин.

приурочено вручение международной Арбузовской премии за 2015 год Юфен Жао – профессору двух крупнейших университетов Китая – Пекина и Сямыня. География 32 стран-участников охватывает все части света, включая Европу, Азию, Америку, Африку. Все мероприятия конференции проходят на английском языке.

История конференций началась в 1964 году в Гейдельберге (Германия), и с тех пор они организуются

под эгидой международного союза по теоретической и прикладной химии, как правило, один раз в два года в крупнейших научных центрах мира. Тематика конференции охватывает все направления развития химии фосфора: от синтеза и структуры новых фосфорсодержащих соединений до принципов получения промышленных материалов, инновационных лекарственных препаратов и вопросов экологии.

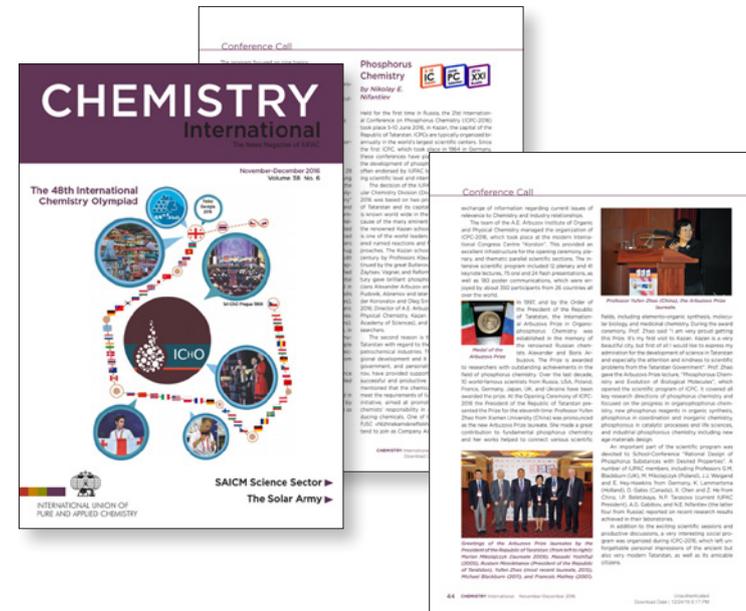
“Foreword to the Special Issue of Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements” by Oleg G. Sinyashin

Вступительную статью О. Г. Синяшина – Председателя Организационного комитета 21 Международной конференции по химии фосфора, посвященную проведению 21 ICPC в Казани, опубликованную в специальном выпуске журнала “Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements”, читатель найдёт по ссылке: (<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10426507.2016.1227159>).



“Phosphorus Chemistry” by Nikolay E. Nifantiev

В журнале “Chemistry International” (November-December, Vol. 38, N. 6, 2016) опубликована статья “Химия фосфора” Н. Э. Нифантьева – председателя Комиссии ИЮПАК по органическому синтезу, также посвященная проведению этого крупнейшего научного форума, организатором которого выступил ИОФХ.



Phosphorus Chemistry

by *Nikolay E. Nifantiev*



Held for the first time in Russia, the 21st International Conference on Phosphorus Chemistry (ICPC-2016) took place 5-10 June 2016, in Kazan, the capital of the Republic of Tatarstan. ICPCs are typically organized bi-annually in the world's largest scientific centers. Since the first ICPC, which took place in 1964 in Germany, these conferences have played an important role in the development of phosphorus chemistry. ICPCs are often endorsed by IUPAC because of their outstanding scientific level and international importance.

The decision of the IUPAC Organic and Biomolecular Chemistry Division (Division III) to support ICPC-2016 was based on two principle arguments in favor of Tatarstan and its capital Kazan. First, this region is known world wide in the chemical community because of the many eminent researchers belonging to the renowned Kazan school of chemists. This school is one of the world leaders in the number of discovered named reactions and fundamental chemical approaches. The Kazan school was initiated in the 19th century by Professors Klaus and Zinin and was continued by the great Butlerov, followed by Markovnikov, Zaytsev, Vagner, and Reformatsky. The twentieth century gave brilliant phosphorous chemists—Academics Alexander Arbuzov and his son Boris, Professors Pudovik, Abramov and later on Academicians Alexander Konovalov and Oleg Sinyashin (the Chair of ICPC-2016; Director of A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry, Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences), and many other renowned researchers.

The second reason is the regional excellence of Tatarstan with regard to the level of its chemical and petrochemical industries. They are of priority for regional development and it is not surprising that the government, and personally The President Minikhanov, have provided support to make this conference successful and productive. Specifically, it should be mentioned that the chemical companies of Tatarstan meet the requirements of IUPAC's "Responsible Care" initiative, aimed at promoting an understanding of chemists' responsibility in using, handling, and producing chemicals. One of the leaders in this field is PJSC «Nizhnekamskneftekhim». Local companies intend to join as Company Associates of IUPAC for the

CHEMISTRY International November 2016 Edition
Download Date | 12/24/16 8:17 PM

21 Международная конференция по химии фосфора прошла в столице Республики Татарстан. С 5 по 10 июня 2016 года Казань принимала гостей форума, который, как правило, проходит под эгидой ИЮПАК в самых крупных научных центрах мира, что подчеркивает его значимость и высокий статус.

Решение Отделения ИЮПАК по органической и биомолекулярной химии поддержать проведение 21 ICPC в Казани в 2016 году основывалось, прежде всего, на двух факторах. Во-первых, столица Татарстана хорошо известна в мире именами многочисленных представителей знаменитой Казанской химической школы, которая входит в мировые лидеры по числу именных реакций и фундаментальных открытий. Начав свою историю в середине XIX века в работах Карла Клауса и Николая Зинина, Казанская химическая школа продолжила своё развитие в выдающихся трудах Бутлерова, Марковникова, Зайцева, Вагнера, Реформатского, а затем в веке XX – в исследованиях таких крупных учёных как Александр и Борис Арбузовы, Аркадий Пудовик, Александр Коновалов и Олег Синяшин – директор ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН.

Вторая причина – высокий уровень химической и нефтехимической промышленности Татарстана. Поэтому не удивительно, что правительство республики и лично Президент Татарстана Рустам Минниханов были мотивированы на внесение своей лепты в организацию научного форума и постарались сделать конференцию успешной и продуктивной. Высокопрофессиональная команда Института Арбузова также превосходно справилась со своими задачами. Конференция проходила в новом конгресс- центре, чья современная инфраструктура позволила сделать блестящей церемонию открытия и продуктивной всю рабочую программу. Ярким событием церемонии открытия стало вручение Президентом РТ Международной Арбузовской премии профессору Юфен Жао из Китая. Шесть лауреатов Премии предыдущих лет, целый ряд членов Управляющего комитета фосфорных конференций и членов ИЮПАК доложили о своих последних научных достижениях в пленарных и ключевых докладах. В результате, великолепные научные дискуссии, интересная культурная программа и замечательная атмосфера оставили незабываемые впечатления в памяти всех участников этого крупнейшего научного форума.

Н. Э. Нифантьев

Полная подборка публикаций, посвящённых важнейшим событиям жизни Института, представлена на сайте ИОФХ им. А. Е. Арбузова (<http://www.iopc.ru/>) в разделе "Пресса и ТВ".

Т. Д. Кешинер



Структура приводится по состоянию на 31 декабря 2016 года.

420088, Казань, Арбузова, 8
тел. +7 (843) 273-93-65;
факс +7 (843) 273-18-72, 273-22-53;
e-mail: arbuzov@iopc.ru

Дирекция

Директор

Синяшин Олег Герольдович,
академик РАН, д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 273-93-65
внутренний тел. 40-00
факс +7 (843) 273-18-72
e-mail: oleg@iopc.ru

Врио заместителя директора по научной работе

Литвинов Игорь Анатольевич, д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-81-85
внутренний тел. 41-08
факс +7 (843) 273-18-72; 273-22-53
e-mail: litvinov@iopc.ru

Врио заместителя директора по научной работе

Карасик Андрей Анатольевич, д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-92
внутренний тел. 41-07
факс +7 (843) 273-22-53
e-mail: karasik@iopc.ru

Заместитель директора по общим вопросам

Михайлов Юрий Борисович, к.х.н.
тел. +7 (843) 272-81-75,
факс: +7 (843) 273-18-72, 273-22-53
внутренний тел. 40-17
факс +7 (843) 273-18-72; 273-22-53
e-mail: mub@iopc.ru

Заместитель директора по реализации инфраструктурных проектов

Милуков Василий Анатольевич, д.х.н., доцент
тел. +7 (843) 273-93-44
e-mail: vasili.miluykov@iopc.ru,
e-mail: vasili.miluykov@mail.ru

Учёный секретарь

Романова Ирина Петровна, д.х.н., доцент
тел. +7 (843) 272-74-83
внутренний тел. 40-12
факс +7 (843) 273-18-72; 273-22-53
e-mail: romanova@iopc.ru

Помощник директора по инновационной деятельности

Синяшин Кирилл Олегович
тел. +7 (843) 273-93-34
факс +7 (843) 273-18-72

Помощник директора по международной деятельности

Кешнер Татьяна Дмитриевна, к.х.н.
тел. +7 (843) 272-74-24
факс +7 (843) 273-18-72; 273-22-53
e-mail: keshner@iopc.ru
e-mail: keshner2013@yandex.ru

Учёный совет

10 октября 2016 года на Общем собрании трудового коллектива Института состоялись выборы Учёного совета ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН. Основанием для выборов нового состава Учёного совета стали выборы директора Института, прошедшие в июле 2016 года, и

окончание срока полномочий действующего Учёного совета в декабре 2016 года. Выборы прошли в соответствии с основными статьями Положения об Учёном совете ИОФХ им. А. Е. Арбузова. Учёный совет действует в составе 31 человека.

Председатель совета

Синяшин Олег Герольдович,
академик РАН, д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 273-93-65
внутренний тел. 40-00
e-mail: oleg@iopc.ru

Учёный секретарь совета

Романова Ирина Петровна
д.х.н., доцент
тел. +7 (843) 272-74-83
внутренний тел. 40-12
e-mail: romanova@iopc.ru

Члены совета

Антипин Игорь Сергеевич
член-корр. РАН, д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-94,
внутренний тел. 41-01
e-mail: igor.antipin@ksu.ru

Газизов Альмир Сабирович
к.х.н.
тел. +7 (843) 272-73-44
внутренний тел. 8-51
e-mail: agazizov@iopc.ru

Зобов Владимир Васильевич
д.б.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-83
e-mail: zobov@iopc.ru

Балакина Марина Юрьевна
д.х.н.
тел. +7 (843) 272-73-43
внутренний тел. 40-99
e-mail: marina@iopc.ru

Ганеева Юлия Муратовна
д.х.н.
тел. +7 (843) 273-18-62
e-mail: ganeeva@iopc.ru

Калинин Алексей Александрович
д.х.н.
e-mail: kalinin@iopc.ru

Бредихин Александр
Александрович
д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-93
внутренний тел. 40-82
e-mail: bba@iopc.knc.ru

Губайдуллин Айдар Тимергалиевич
д.х.н.
тел. +7 (843) 272-75-73
внутренний тел. 40-26
e-mail: aidar@iopc.ru

Карасик Андрей Анатольевич
д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-92
внутренний тел. 41-07
e-mail: karasik@iopc.ru

Будникова Юлия Германовна
д.х.н.
тел. +7 (843) 279-53-35
внутренний тел. 41-15
e-mail: yulia@iopc.ru

Загидуллин Алмаз Анварович
к.х.н.
e-mail: zagidullin@iopc.ru

Катаев Владимир Евгеньевич
д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-75-73
внутренний тел. 40-36
e-mail: kataev@iopc.ru

Бурилов Александр Романович
д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-24
внутренний тел. 41-12
e-mail: burilov@iopc.ru

Заиров Рустэм Равилевич
к.х.н.
тел. +7 (843) 273-45-73
e-mail: rustem@iopc.ru

Катаева Ольга Николаевна
д.х.н.
тел. +7 (843) 272-75-73
e-mail: ok@iopc.ru

Захарова Люция Яруллоевна
д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 273-22-93
внутренний тел. 41-17
e-mail: lucia@iopc.ru

Коновалов Александр Иванович
академик РАН и АН РТ, д.х.н.,
проф.
тел. +7 (843) 272-16-84
e-mail: konovalov@iopc.ru

Латыпов Шамиль Камильевич
д.х.н.
тел. +7 (843) 273-18-92
внутренний тел. 40-38
e-mail: lsk@iopc.ru

Литвинов Игорь Анатольевич
д.х.н., проф.
тел. +7(843) 272-81-85
внутренний тел. 41-08
e-mail: litvinov@iopc.ru

Мамедов Вахид Абдулла-оглы
д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-04
внутренний тел. 40-29
e-mail: mamedov@iopc.ru

Милуков Василий Анатольевич
д.х.н., доцент
тел. +7 (843) 273-93-44
e-mail: vasili.miluykov@iopc.ru
e-mail: vasili.miluykov@mail.ru

Миронов Владимир Федорович
член-корр. РАН, д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-84
внутренний тел. 41-19
e-mail: mironov@iopc.ru

Мустафина Асия Рафаэловна
д.х.н., доцент
тел. +7 (843) 273-45-73
внутренний тел. 41-16
e-mail: asiya@iopc.ru

Петров Константин Александрович
к.х.н.
тел. +7 (843) 273-93-64
e-mail: kpetrov2005@mail.ru

Ризванов Ильдар Хамидович
к.х.н.
тел. +7 (843) 273-22-83
внутренний тел. 41-13
e-mail: rizvanov@iopc.ru

Семенов Вячеслав Энгельсович
д.х.н., доцент
тел. +7 (843) 279-47-09
e-mail: sve@iopc.ru

Хаматгалимов Айрат Раисович
к.х.н.
внутренний тел. 40-72
e-mail: ayrat_kh@iopc.ru

Якубов Махмут Ренатович
к.х.н., доцент
тел. +7 (843) 272-73-44
внутренний тел. 40-20
e-mail: yakubov@iopc.ru

Яхваров Дмитрий Григорьевич
д.х.н., доцент
тел. +7 (843)273-48-93
внутренний тел. 40-56
e-mail: yakhvar@iopc.ru

Диссертационные советы

Перечень специальностей, по которым диссертационному совету Д 022.005.01 разрешено проводить защиту диссертаций на соискание учёной степени доктора наук и кандидата наук:

- 02.00.03 – Органическая химия
- 02.00.13 – Нефтехимия

Состав совета Д 022.005.01

1. Сняшин Олег Герольдович (председатель)
доктор химических наук,
академик РАН, профессор
02.00.03
2. Бредихин Александр Александрович
(заместитель председателя)
доктор химических наук, профессор
02.00.03
3. Барская Екатерина Евгеньевна (учёный секретарь)
кандидат химических наук
02.00.13

Члены совета:

4. Антипин Игорь Сергеевич
доктор химических наук, член-корреспондент РАН,
профессор
02.00.03
5. Бредихина Земфира Азальевна
доктор химических наук, доцент
02.00.03
6. Вильданов Азат Фаридович
доктор технических наук, профессор
02.00.13
7. Ганеева Юлия Муратовна
доктор химических наук
02.00.13
8. Захарова Люция Ярулловна
доктор химических наук, профессор
02.00.13
9. Калинин Алексей Александрович
доктор химических наук
02.00.03
10. Катаев Владимир Евгеньевич
доктор химических наук, профессор
02.00.03

11. Каюкова Галина Петровна
доктор химических наук
02.00.13
12. Коновалов Александр Иванович
доктор химических наук,
академик РАН, профессор
02.00.03
13. Мамедов Вахид Абдулла оглы
доктор химических наук, профессор
02.00.03
14. Николаев Вячеслав Федорович
доктор химических наук
02.00.13
15. Резник Владимир Савич
доктор химических наук, профессор
02.00.03
16. Романов Геннадий Васильевич
доктор химических наук,
член-корреспондент АН РТ, профессор
02.00.13
17. Семенов Вячеслав Энгельсович
доктор химических наук, доцент
02.00.03
18. Соловьева Светлана Евгеньевна
доктор химических наук, доцент
02.00.03
19. Хуснутдинов Исмагил Шакирович
доктор технических наук,
член-корреспондент АН РТ, профессор
02.00.13
20. Юсупова Татьяна Николаевна
доктор химических наук, профессор
02.00.13

Перечень специальностей, по которым диссертационному совету Д 022.005.02 разрешено проводить защиту диссертаций на соискание учёной степени доктора наук и кандидата наук:

02.00.04 – Физическая химия

02.00.08 – Химия элементоорганических соединений.

Состав совета Д 022.005.02

1. Миронов Владимир Федорович, (председатель)
доктор химических наук, член-корреспондент РАН,
профессор
02.00.08
2. Коваленко Валерий Игнатьевич
(заместитель председателя)
доктор химических наук, профессор
02.00.04
3. Торопчина Асия Васильевна
(учёный секретарь)
кандидат химических наук
02.00.04

Члены совета:

4. Альфонсов Владимир Алексеевич
доктор химических наук, профессор
02.00.08
5. Будникова Юлия Германовна
доктор химических наук
02.00.08
6. Бурилов Александр Романович
доктор химических наук, профессор
02.00.08
7. Бухаров Сергей Владимирович
доктор химических наук, профессор
02.00.08
8. Галяметдинов Юрий Генадьевич
доктор химических наук, профессор
02.00.04
9. Горбачук Валерий Виленович
доктор химических наук, профессор
02.00.04
10. Губайдуллин Айдар Тимергалиевич
доктор химических наук
02.00.04
11. Карасик Андрей Анатольевич
доктор химических наук
02.00.08
12. Кацюба Сергей Александрович
доктор химических наук
02.00.04
13. Кузнецов Андрей Михайлович
доктор химических наук, профессор
02.00.04
14. Латыпов Шамиль Камильевич
доктор химических наук
02.00.04
15. Литвинов Игорь Анатольевич
доктор химических наук
02.00.08
16. Мустафина Асия Рафаэлевна
доктор химических наук, доцент
02.00.08
17. Пудовик Михаил Аркадьевич
доктор химических наук, профессор
02.00.08
18. Соломонов Борис Николаевич
доктор химических наук, профессор
02.00.04
19. Янилкин Виталий Васильевич
доктор химических наук
02.00.04
20. Яхваров Дмитрий Григорьевич
доктор химических наук, доцент
02.00.08

Научные и научно-вспомогательные подразделения

Справочная телефонная служба
тел. +7 (843) 272-74-25 (внутренний тел. 40-03)

АДМИНИСТРАТИВНО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Канцелярия
Заведующий канцелярией: Митрофанова Алевтина Ильинична
тел. +7 (843) 273-93-65 (внутренний тел. 40-01)
факс +7 (843) 273-18-72
e-mail: priem@iopc.ru

Бухгалтерия
Главный бухгалтер: Хусаинова Раиля Садриевна
тел. +7 (843) 279-53-19 (внутренний тел. 40-08)
e-mail: buh@iopc.ru

Планово-экономический отдел
Начальник: Никонова Вера Юрьевна
тел. +7 (843) 279-47-94 (внутренний тел. 40-07)
e-mail: plan@iopc.ru

Отдел кадров
Начальник: Вафина Венера Вазировна
тел. +7 (843) 272-74-64 (внутренний тел. 40-63)
e-mail: vafinavenera@mail.ru

Юридический отдел
Начальник: Ахтямова Фарида Фаязовна
тел. +7 (843) 272-73-63 (внутренний тел. 40-48)
e-mail: consultant@iopc.ru

Первый отдел
Начальник: Вафина Венера Вазировна
тел. +7 (843) 272-74-54

Специальный информационный отдел
Начальник: Горынцев Николай Михайлович
тел. +7 (843) 273-93-05 (внутренний тел. 40-60)

Отдел охраны труда и техники безопасности
Начальник: Душутина Наталия Викторовна
тел. +7 (843) 272-75-72 (внутренний тел. 41-06)
e-mail: ohranat@iopc.ru

НАУЧНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Лаборатория электрохимического синтеза (ЭХС)
Заведующий: Будникова Юлия Германовна, д.х.н.
тел. +7 (843) 279-53-35 (внутренний тел. 41-15)
e-mail: yulia@iopc.ru

Лаборатория функциональных материалов (ФМ)
Заведующий: Балакина Марина Юрьевна, д.х.н.
тел. +7 (843) 272-73-43 (внутренний тел. 40-99)
e-mail: marina@iopc.ru

Лаборатория металлоорганических и координационных соединений (МКС)
Заведующий: Синяшин Олег Герольдович, академик РАН, д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 273-93-65 (внутренний тел. 40-00)
факс +7 (843) 273-18-72
e-mail: oleg@iopc.ru

Лаборатория фосфорсодержащих аналогов природных соединений (ФАПС)
Заведующий: Миронов Владимир Федорович, член-корр. РАН, д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-84 (внутренний тел. 41-19)
e-mail: mironov@iopc.ru

Лаборатория стереохимии (СХ)
Заведующий: Бредихин Александр Александрович, д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-93 (внутренний тел. 40-82)
e-mail: bba@iopc.ru

Лаборатория элементоорганического синтеза (ЭОС)
Заведующий: Бурилов Александр Романович, д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-24 (внутренний тел. 41-12)
e-mail: burilov@iopc.ru

Лаборатория химии нуклеотидных оснований (ХНО)
Заведующий: Семенов Вячеслав Энгельсович, д.х.н.
тел. +7 (843) 279-47-09
e-mail: sve@iopc.ru

Лаборатория химии гетероциклических соединений (ХГС)
Заведующий: Мамедов Вахид Абдулла-оглы, д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-04 (внутренний тел. 40-29)
e-mail: mamedov@iopc.ru

Лаборатория химико-биологических исследований
(ХБИ)

Заведующий: Зобов Владимир Васильевич,
д.б.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-83
e-mail: zobov@iopc.ru

Лаборатория химии каликсаренов (ХК)

Заведующий: Антипин Игорь Сергеевич,
член-корреспондент РАН, д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-94 (внутренний тел. 41-01)
e-mail: igor.antipin@ksu.ru

Лаборатория физико-химии супрамолекулярных систем
(ФХСМС)

Заведующий: Мустафина Асия Рафаэлевна,
д.х.н., доцент
тел. +7 (843) 273-45-73 (внутренний тел. 41-16)
e-mail: asiya@iopc.ru

Лаборатория высокоорганизованных сред (ВОС)

Заведующий: Захарова Люция Ярулловна,
д.х.н., профессор
тел. +7 (843) 273-22-93 (внутренний тел. 41-17)
e-mail: lucia@iopc.ru

Лаборатория дифракционных методов исследований
(ДМИ)

Заведующий: Катаева Ольга Николаевна, д.х.н.
тел. +7 (843) 272-75-73
e-mail: ok@iopc.ru

Лаборатория радиоспектроскопии (РС)

Заведующий: Латыпов Шамиль Камильевич, д.х.н.
тел. +7 (843) 272-18-92 (внутренний тел. 40-38)
e-mail: lsk@iopc.ru

Лаборатория физико-химического анализа (ФХА)

Заведующий: Ризванов Ильдар Хамидович, к.х.н.
тел. +7 (843) 273-22-83
внутренний тел. 41-13
e-mail: rizvanov@iopc.ru

Лаборатория технологическая (ТЛ)

Заведующий: Милуков Василий Анатольевич,
д.х.н., доцент
тел. +7 (843) 273-93-44
факс +7 (843) 273-18-72
e-mail: vasili.miluykov@iopc.ru
e-mail: vasili.miluykov@mail.ru

Лаборатория химии и геохимии нефти (ХГХН)

И.о. заведующего: Ганеева Юлия Муратовна,
д.х.н.
тел. +7 (843) 273-18-62
e-mail: ganeeva@iopc.ru

Лаборатория переработки нефти и природных битумов
(ПНПБ)

Заведующий: Якубов Махмут Ренатович, к.х.н., доцент
тел. +7 (843) 272-73-44 (внутренний тел. 40-20)
e-mail: yakubov@iopc.ru

НАУЧНО-ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Отдел аспирантуры

Заведующий: Торопчина Асия Васильевна, к.х.н.
тел./факс +7 (843) 272-73-33
e-mail: toropchina@iopc.ru

Архив

Заведующий: Голубкова Валентина Александровна
тел. +7 (843) 272-25-52

Дом-музей академиков А. Е. и Б. А. Арбузовых
420012, Школьный пер., 8

Директор: Корева Наталья Сергеевна
тел. +7 (843) 236-55-22
e-mail: nkoreeva@yandex.ru

Отдел информационной безопасности,
телекоммуникаций и сетевых технологий
Начальник отдела: Зарипов Александр Наильевич
тел. +7 (843) 272-75-74
e-mail: it@iopc.ru
e-mail: support@iopc.ru

Патентный отдел

Начальник: Лучшева Марина Камильевна
тел. +7 (843) 279-47-84
e-mail: patent@iopc.ru

Научная библиотека

Заведующий: Черезова Светлана Васильевна
тел. +7 (843) 273-23-92 (внутренний тел. 40-53)
e-mail: lib@iopc.ru
e-mail: light@iopc.ru

СЛУЖБА ГЛАВНОГО ИНЖЕНЕРА

Главный инженер:

Новгородов Александр Дмитриевич
тел. +7 (843) 272-74-35

Отдел главного энергетика

Главный энергетик:
Никонов Александр Николаевич
тел. +7 (843) 272-74-25 (внутренний тел. 40-57)

Группа метрологии

Ведущий инженер-метролог:
Ахунзянов Хусаин Вагизович
тел. +7 (843) 272-74-34

ВСПОМОГАТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПЕРСОНАЛ

Специальный отдел (Служба безопасности)
Начальник: Караваев Валерий Михайлович
тел. +7 (843) 279-47-19 (внутренний тел. 40-62)

Отдел капитального и текущего ремонта зданий и сооружений

Начальник: Михайлов Владимир Борисович
тел. +7 (843) 272-73-34

Отдел организации государственных закупок
Начальник: Милюкова Юлия Валентиновна
тел. +7 (843) 272-81-65 (внутренний тел. 41-04)
e-mail: order@iopc.ru

Хозяйственный участок
Заведующий хозяйством: Юдина Ляля Салмановна
тел. +7 (843) 273-22-63 (внутренний тел. 40-35)

База отдыха “Голубой залив”
Командант: Плотникова Людмила Викторовна

Здравпункт
Терапевт: Белова Галина Ильинична
Фельдшер: Гатина Регина Ильдаровна
тел. +7 (843) 273-22-63 (внутренний тел. 41-10)

ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ
УНИКАЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ И
ОБОРУДОВАНИЕМ “СПЕКТРОАНАЛИТИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
СТРОЕНИЯ, СВОЙСТВ И СОСТАВА ВЕЩЕСТВ И
МАТЕРИАЛОВ”

Руководитель: Синяшин Олег Герольдович,
академик РАН, д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 273-93-65 (внутренний тел. 40-00)
e-mail: oleg@iopc.ru

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
“НАНОМАТЕРИАЛЫ В ХИМИИ И БИОЛОГИИ”

Руководитель: Карасик Андрей Анатольевич
д.х.н., проф.
тел. +7 (843) 272-73-92 (внутренний тел. 41-07)
e-mail: karasik@iopc.ru

ХОЗРАСЧЁТНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

- ЦЕНТР ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ И ИНДЕКСИРОВАНИЮ
ИНФОРМАЦИИ ИЗ ХИМИЧЕСКИХ ПАТЕНТОВ
Начальник: Гребнева Татьяна Степановна
- ЦЕНТР ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Начальник: Гоголашвили Эдуард Лаврентьевич, к.х.н.
тел. +7 (843) 272-72-73



Визит Президента Республики Татарстан Р. Н. Минниханова и руководителя ФАНО России М. М. Котюкова в ИОФХ им. А. Е. Арбузова

В преддверии празднования Дня российской науки, 4 февраля 2016 года Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН посетили высокие гости – руководитель Федерального агентства научных организаций (ФАНО России) М. М. Котюков и президент Республики Татарстан Р. Н. Минниханов. В числе гостей также были: заместитель руководителя ФАНО России А. В. Лопатин, заместитель Премьер-министра РТ, министр образования и науки Э. Н. Фаттахов, руководитель Аппарата Президента РТ А. А. Сафаров, министр здравоохранения РТ А. Ю. Вафин, мэр Казани И. Р. Метшин, президент Академии наук Республики Татарстан М. Х. Салахов, ректоры ведущих казанских университетов – И. Ш. Гафуров (К(П)ФУ), Г. С. Дьяконов (КНИТУ-КХТИ) и А. С. Созинов (КГМУ), директора академических институтов Казани – А. Н. Гречкин (КИББ) и В. Н. Шлянников (Академэнерго), М. Ш. Тагиров (ТатНИИСХ).



Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова Казанского научного центра Российской академии наук.

Цель визита – официальное открытие Международного научно-инновационного центра нейрoхимии и фармакологии, созданного на базе Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН. Организация данного центра стала возможной благодаря мега-гранту Российского научного фонда (РНФ), выигранному ИОФХ им. А. Е. Арбузова в 2014 году. Тогда Институт вошёл в число шестнадцати лучших научно-образовательных учреждений России, представивших свои программы развития (ТОП-16)*.

Председатель КазНЦ РАН и директор ИОФХ им. А. Е. Арбузова О. Г. Синяшин рассказал гостям о главной цели данного проекта – создании “Центра компетенции” в области нейрoхимии и фармакологии, который должен объединить высококвалифицированных специалистов – суперпрофессионалов в таких сферах как физиология, фармакология, медицина, биохимия, органическая, физическая и супрамолекулярная химия. Деятельность Центра направлена на проведение фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований с целью создания наукоёмких разработок мирового уровня, включая получение как импортозамещающих, так и отечественных инновационных лекарственных препаратов. “В новом центре предусмотрена реализация полного инновационного цикла создания медикаментов – от синтеза биоактивных молекул до коммерческого производства оригинальных лекарств нового поколения”, – добавил О. Г. Синяшин.

О. Г. Синяшин отметил, что к настоящему времени завершена реконструкция микробиологического блока и вивария в соответствии с санитарными правилами и нормами международных стандартов; лаборатории оснащены современным биомедицинским оборудованием. Далее гости осмотрели сам Центр, уделив особое

* Ежегодник ИОФХ им. А. Е. Арбузова 2015 года.



Презентацию формирования на базе ИОФХ им. А. Е. Арбузова Международного научно-инновационного центра нейрoхимии и фармакологии делает директор Института, академик РАН О. Г. Сияшин.

внимание разработкам препаратов для лечения болезни Альцгеймера.

О. Г. Сияшин рассказал гостям о перспективах развития химико-биологического подразделения Института как в части направленного скрининга и изучения механизма действия перспективных молекул, так в части совершенствования технологии их производства. Кроме того, было продемонстрировано уникальное научное оборудование, приобретенное на средства гранта РФ, а также представлены основные научные задачи, реализуемые в рамках выполнения данного Проекта, а именно:

- получение новых фундаментальных знаний о роли холинэстераз в функционировании нервной системы

в целом и в процессах передачи информации в холинeргических синапсах;

- создание нового поколения лекарств на основе пиримидинов, а также иных азотсодержащих гетероциклов и природных соединений, способных к высокоселективному ингибированию ацетилхолинэстеразы, и обладающих большой широтой терапевтического действия при лечении миастенических синдромов и болезни Альцгеймера;
- создание первых отечественных нейро- и гепатопротекторов на основе лекарственного средства “Ксимедон” (разработка ИОФХ) для эффективного стимулирования регенерации нервных связей и печеночной



Явную симпатию вызывает мышь, которой посчастливится поплавать перед Президентом Татарстана. Она готовится к старту по лабиринту Морриса...



“За последний год для Центра было закуплено как российское, так и зарубежное оборудование, аналогов которому в России практически нет”, – говорит старший научный сотрудник лаборатории химико-биологических исследований К. А. Петров.

ткани – потенциальных средств лечения невропатий и токсических гепатитов различной этиологии.

- создание новых антимикробных и антимикобактериальных агентов необычной трёхмерной архитектуры, обладающих мульти-таргетным действием на патогены.

Особый акцент был сделан на развитии кадрового потенциала Центра в части воспитания нового поколения учёных, готовых реализовывать получаемые достижения фундаментальной науки на стыке химии и биологии в реальном секторе экономики и социальной сфере.

И другие гости Института

7 апреля 2016 года в конференц-зале ИОФХ заведующий кафедрой физической химии Казанского федерального университета, профессор Борис Николаевич Соломонов сделал доклад на тему: “Новые аспекты в термодинамике фазовых переходов органических соединений”. Представленное научное сообщение было особенно интересно для специалистов в области физической химии и завершилось активным обсуждением предложенного вниманию аудитории материала.

20 апреля 2016 года ИОФХ им. А. Е. Арбузова посетил хорошо известный в мире учёный – доктор физики в области кристаллографии Университета Бордо (Франция) Серж Перес (Serge Pérez). Круг научных интересов основателя интернет-ресурса Glycopedia (<http://www.glycopedia.eu>): структурная гликобиология, кристаллография, компьютерная химия, биофизические методы, биотехнологические приложения. Почётный директор по науке Фармакологического



Президент Татарстана знакомится с профессором Патриком Массоном (Франция), одним из иностранных консультантов этого Проекта.

В завершение торжественного открытия Центра Рустам Нургалиевич Минниханов высоко оценил представленные инновации и методы по разработке новых лекарственных препаратов и пожелал всем сотрудникам удачи в реализации поставленных планов. Михаил Михайлович Котюков, в свою очередь, положительно отметил то, что в работе занято много молодых учёных и призвал продолжать этот курс и далее.

В. В. Зобов, Т. Д. Кешнер

факультета Национального центра научных исследований, ассоциированного с Университетом Гренобля (Альпы, Франция), директор Европейского факультета синхротронного излучения (Гренобль, Франция) приехал в ИОФХ с лекцией на тему: “Многоуровневая организация крахмала”.

В конференц-зале ИОФХ профессор Перес рассказал о последних разработках с использованием рентгеновского синхротронного излучения, способствовавших значительному прогрессу в понимании тонкой структуры полисахаридов. Применение методов рентгеноструктурного анализа позволило выявить, что гранулы крахмала состоят из чередующихся аморфных и полукристаллических оболочек, так называемых возрастных колец. В полукристаллической области наноразмерные ламели располагаются параллельно поверхности гранул крахмала. С помощью атомно-силовой микроскопии было показано существование сферических блоков внутри возрастных

колец. По-видимому, архитектура блоков определяется процессами самоорганизации в динамических системах.

Лекция профессора Сержа Переса была особенно интересна для специалистов в области физико-химических методов исследования.

23 июня 2016 года в ИОФХ приезжал заместитель главного врача Медицинского диагностического центра “Барс Мед” Д. И. Гильманов. В конференц-зале Института Дамир Ильязович прочитал для сотрудников Института лекцию на тему: “Увеличение продолжительности и качества жизни. Диагностика здоровья”. Тема научно-популярного сообщения была приурочена к году профилактики онкопатологии в Республике Татарстан.

7 сентября 2016 года в большом конференц-зале ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН доктор химических наук, член-корреспондент РАН Николай Эдуардович Нифантьев прочитал лекцию на тему: “Глико-путь в создании новых лекарств, вакцин и диагностикумов”.

Председатель Комиссии Международного союза по фундаментальной и прикладной химии (ИЮПАК) по органическому синтезу, заведующий лабораторией гликоконъюгатов Института органической химии им. Н. Д. Зелинского РАН Н. Э. Нифантьев в этом году посещал Институт дважды. Первый визит был связан с его участием в 21 Международной конференции по химии фосфора и выступлением на церемонии открытия форума от имени ИЮПАК.

После лекции Н. Э. Нифантьева, доктор физико-математических наук Сергей Николаевич Дмитриев – руководитель лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова Объединённого института ядерных исследований (г. Дубна, Московская обл.), в той же аудитории прочитал лекцию на тему: “Синтез и изучение свойств новых сверхтяжёлых элементов Периодической таблицы Д. И. Менделеева”.

14 октября 2016 года гостем Института стал хорошо известный мировой общественности многочисленными трудами по кинетике физико-химических процессов, протекающих в области от сверхнизких до сверхвысоких температур, учёный – Гордон Евгений Борисович.

В большом конференц-зале ИОФХ доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник группы химической физики низких температур Отдела экстремальных состояний вещества Института проблем химической физики РАН (ИПХФ РАН, г. Черноголовка) прочитал лекцию на тему: “Химическая физика при низких температурах”.

Профессор Гордон, первым в мире применивший квантовый генератор для химических исследований (кандидатская диссертация “Применение водородного лазера для исследования элементарных процессов с участием атома Н в газовой фазе и на твёрдых поверхностях”), впервые в мире сумевший ввести химически активные атомы внутрь сверхтекучего гелия и разработавший новые принципы создания химических лазеров (докторская диссертация

“Исследования трансформации внутренней энергии в быстрых химических реакциях методами микроволновой, инфракрасной и видимой люминесценции”), в настоящее время занимается разработкой уникальных методов получения и исследования объектов нанотехнологии – квазиодномерных металлов (нанопроволок). Предложенный им метод конверсии отработанного гексафторида урана, пригодный для создания промышленных установок, в настоящее время находится на рассмотрении Комиссии по инновациям Государственной корпорации по атомной энергии “Росатом”.

1 ноября 2016 года в Институт приезжали специалисты фирмы MILLAB (МИЛЛАБ), для проведения семинара и демонстрации приборов премиум класса. Семинар в ИОФХ стал частью программы обучающих семинаров по лабораторному оборудованию в Казани.

Открывая семинар в конференц-зале Института, руководитель группы продаж Денис Степашков, сделал представление компании МИЛЛАБ как комплексного поставщика лабораторного оборудования. Далее представители компании МИЛЛАБ – Денис Степашков и Татьяна Губинская, а также Andreas Schneider – представитель завода-изготовителя (VACUUBRAND GMBH, Германия), продемонстрировали оборудование компании VACUUBRAND, Agilent Vacuum, сделав особый акцент на областях применения и новинках лабораторной вакуумной техники: химически стойких вакуумных насосах, вакуумметрах, форвакуумных насосах. Менеджер направления Heidolph Григорий Казаков представил общелaborаторное оборудование Heidolph и сделал обзор новинок 2016 года, в числе которых ротационные испарители, магнитные и верхнеприводные мешалки, а также системы параллельного синтеза. Менеджер направления Agilent Юлия Зотова сделала обзор современного аналитического оборудования компании Agilent Technologies, а также продемонстрировала инновационный подход в области спектрального анализа.

На семинаре сотрудники Института смогли не только наглядно познакомиться с таким оборудованием как:

- Ротационный испаритель Heidolph Hei-VAP Value Digital G3;
- Химический гибридный насос Vacuubrand RC 6;
- ИК-Фурье спектрометр Agilent Cary 630;
- Магнитная мешалка Heidolph Hei-Тec Package;
- Химическая вакуумная станция Vacuubrand PC 3001 VARIOpro;
- Верхнеприводная мешалка Heidolph Hei-TORQUE 400 Precision;
- Охлаждающий термостат Lauda RA 8;
- Вакуумметр VACUU•VIEW extended,

но и получить квалифицированную консультацию.

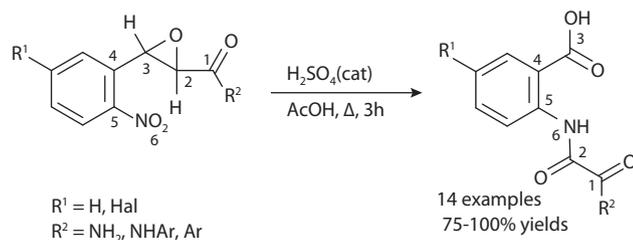
Т. Д. Кешнер



Важнейшие результаты фундаментальных и прикладных исследований, полученные в 2016 году и рекомендованные Учёным советом Института в отчёт РАН

I.

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 антралиловой 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 C-C связи и миграцией образующегося фрагмента к аминогруппе с формированием связи C-N.



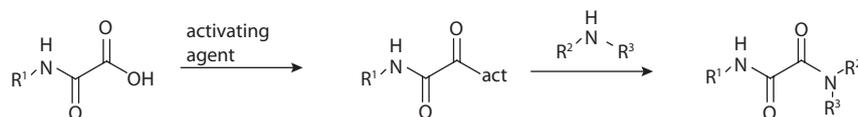
Аннотация. Оксаламиды являются основой многих биологически активных соединений¹. Среди их производных известны ингибиторы ацетилхолинэстеразы², C5a³, синтазы NO⁴, интегразы ВИЧ⁵ и протеазы ВИЧ-1⁶, противоэпилептические препараты⁷, препараты для борьбы с ВИЧ⁸, химиотерапевтические препараты различного действия⁹ и цефалоспориновые антибиотики¹⁰. Производные антралиловой кислоты являются потенциальными противоопухолевыми агентами¹¹ и лигандами для рецепторов ядерной мембраны клеток печени (farnesoid X receptor)¹². Известные лекарственные свойства производных антралиловой и щавелевой кислот обеспечивают новые возможности для соединений,

состоящих из комбинации этих двух систем, и делают многообещающими исследование их биологической активности. ((1) (a) *Curr. Med. Res. Opin.* 2015, **31**, 707; (b) *J. Antimicrob. Chemother.* 2015, **70**, 766; (c) *Liver Int.* 2015, **35**, 953; (d) *Eur. J. Med. Chem.* 2010, **45**, 909; (e) *J. Med. Chem.* 2001, **44**, 4359; (f) *PLoS One* 2014, **9**, e114086; (g) *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2004, **14**, 3953. (2) *Med. Chem. Res.* 2015, **24**, 588. (3) *J. Med. Chem.* 1992, **35**, 252. (4) *PLoS One* 2014, **9**, e92905. (5) (a) *Drugs Future*, 2005, **30**, 277; (b) *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2006, **16**, 2900; (c) *Antimicrob. Agents Chemother.* 2014, **58**, 3927. (6) (a) *Tetrahedron Lett.* 1996, **37**, 1153; (b) *Tetrahedron Lett.*, 1998, **39**, 4021; (c) *Virology*, 2005, **339**, 213; (d) *J. Med. Chem.*, 2012, **55**, 4764. (7) *Arch. Pharmacol.* 2012, **345**, 57. (8) (a) *J. Gen. Virol.* 2013, **94**, 2710; (b) *Bioorg. Med. Chem.*, 2013, **21**, 7884; (c) *Bioorg. Med. Chem.*, 2011, **19**, 6735. (9) *J. Med. Chem.*, 1998, **41**, 4607. (10) *US Pat.* 1978, 113, 943; *Chem. Abstr.* 1979, **90**, 72212. (11) *Eur. J. Med. Chem.* 2012, **54**, 549. (12) *Bioorg. Med. Chem.* 2014, **22**, 2447).

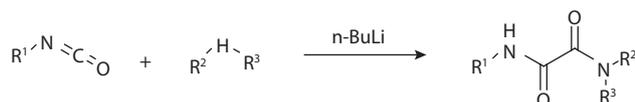
Обзор литературы обнаружил лишь пять примеров синтеза несимметричных оксаламидов. Первый является традиционным и основан на конденсации соответствующих карбоновых кислот с аминами, которая требует либо активирующих агентов, либо преобразования исходных соединений в более реакционноспособные производные. Следующие три метода – это методы прямого амидирования аминами изоцианатов, α -кетобензтриазола и амидов трихлорпировиноградной кислоты. Пятый способ является наиболее новым и основывается на H_2O_2 -инициируемом окислительном амидировании 2-оксальдегидов аминами. Все эти методы, однако, не лишены недостатков, таких как жёсткие условия проведения процессов, дорогостоящие реагенты, плохая атомэффективность и ограниченное разнообразие исходных соединений (схема 1).

Метод синтеза несимметричных оксаламидов, предложенный нами, базируется на перегруппировке 3-(*o*-нитрофенил)оксиран-2-карбоксамидов (схема 2).

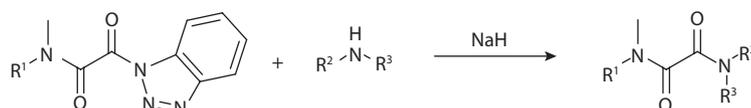
(1) Традиционный метод ((a) *Org. Chem.* 2005, 70, 8503; (b) *Org. Lett.* 2009, 11, 1261; (c) *Tetrahedron* 2007, 63, 9393; (d) *Eur. J. Org. Chem.* 2006, 5, 1323; (e) *Organometallics* 2004, 23, 3105; (f) *RSCAdv.* 2014, 4, 38869)



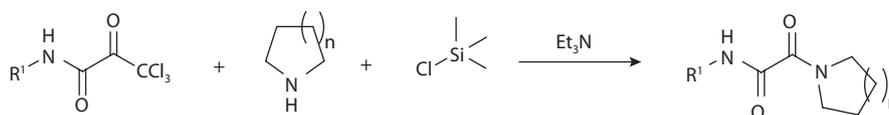
(2) Прямое амидирование изоцианатов ((a) *J. Am. Chem. Soc.* 2006, 128, 12650; (b) *Synth. Commun.* 2006, 23, 2139; (c) *J. Org. Chem.* 1984, 49, 3675)



(3) Прямое амидирование альфа-кетобензотриазола (*Synthesis* 1998, 2, 153)



(4) Прямое амидирование амидов трихлорпирвиноградной кислоты (*Tetrahedron Lett.* 2004, 45, 8047)



(5) H₂O₂-инициируемое окислительное амидирование 2-оксальдегидов (*Tetrahedron* 2015, 71, 6928)

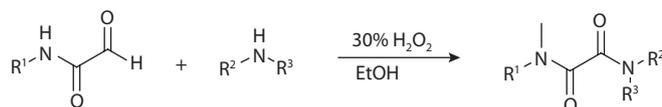


Схема 1. Основные методы синтеза несимметричных оксаламидов.

Бесспорными достоинствами метода являются количественные выходы, доступность исходных соединений, отсутствие металлокатализаторов, стопроцентная атомоэкономичность, лёгкость исполнения.

Как видно из схемы 2, перегруппировка 3-(*o*-нитроарил)оксиран-2-карбоксамидов **3** в оксаламиды **4** включает в себя преобразование только 3-(2-нитроарил)оксиранового фрагмента. На основании этого мы предположили, что использование 3-(*o*-нитроарил)оксиран-2-ил(арил)метанонов **6**, содержащих необходимый для осуществления фрагмент, обеспечит образование *o*-(2-оксо-2-арилацетамидо)бензойных кислот **7**. Действительно,

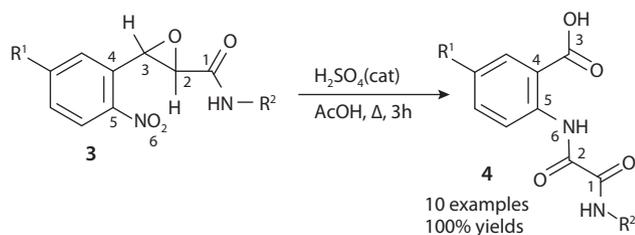


Схема 2. Синтез N¹-(*o*-карбоксиярил)-N²-арил(или H)оксаламидов.

кипячение оксиранов **6** в AcOH в присутствии каталитического количества H₂SO₄ приводит к образованию целевых монооксаламидов **7** с хорошими выходами (схема 3).

Необходимые для перегруппировки оксиранопроизводные **3** и **6** синтезированы конденсацией по Дарзану *o*-нитробензальдегидов с амидами монохлоруксусной кислоты или хлорацетофенонами соответственно (схема 4). Следует отметить, что в случае хлорацетофенонов процесс протекает стереоселективно с образованием только транс-изомеров **6**, за более короткое время (0.5 часа против 7 часов) и с количественными выходами.

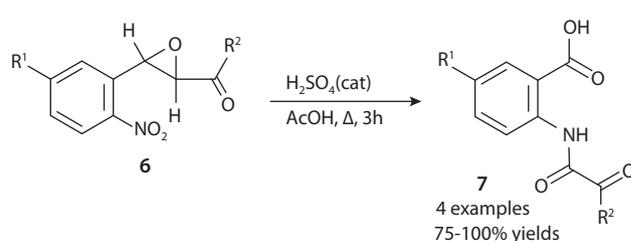


Схема 3. Синтез 2-(2-оксо-2-арилацетамидо)бензойных кислот **7**.

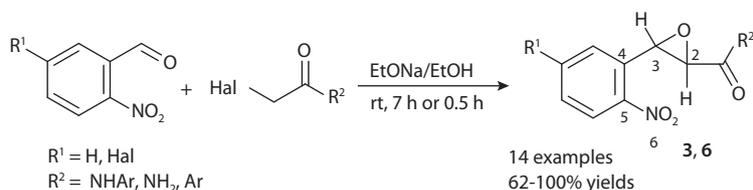


Схема 4. Синтез оксиранопроизводных 3 и 6.

Таким образом, открыта новая перегруппировка в двух классах оксирановых соединений с *o*-нитроарильным фрагментом с одной стороны оксиранового кольца и карбонильной группой – с другой, протекающая с образованием оксаламидов. Перегруппировка, осуществляемая в одну стадию, включает в себя каскад превращений, а именно а) классическую перегруппировку Мейнвальда в начальной стадии с образованием кетона с активной α -метиленовой группой, б) превращение карбонильной группы кетона в карбоксильную функцию, в) восстановление нитрогруппы до аминогруппы, д) миграцию активной α -метиленовой группы к атому азота только что восстановленной нитрогруппы. Простые условия проведения реакции и доступность исходных соединений усиливают потенциал этого метода для использования продуктов перегруппировки в синтезе сложных молекул. Предполагается, что данная методика будет иметь разностороннее применение в препаративном синтезе биологически важных фармацевтических молекул с фрагментами антралиновой и шавелевой кислот.

Авторский коллектив: Мамедов В.А., Мамедова В.Л., Хикматова Г.З., Миронова Е.В., Криволапов Д.Б., Базанова О.Б., Кацюба С.А., Ризванов И.Х., Латыпов Ш.К.

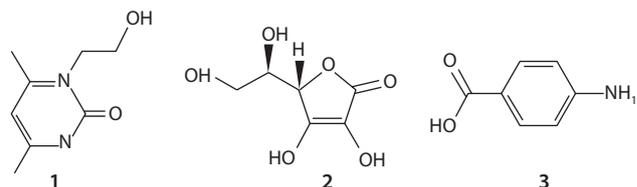
Публикации:

1. Mamedov V.A., Mamedova V.L., Khikmatova G.Z., Mironova E.V., Krivolapov D.B., Bazanova O.B., Chachkov D.V., Katsyuba S.A., Rizvanov I.Kh., Latypov S.K. *A novel acid-catalyzed rearrangement of 2-substituted-3-(2-nitrophenyl)oxiranes for the synthesis of di- and mono-oxalamides* // RSC Advances. – 2016. – N. 6. – P. 27885-27895.

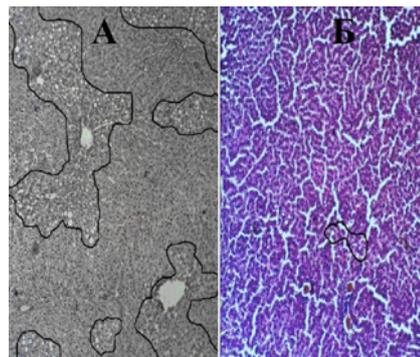
2.

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 – действующего начала отечественного лекарственного средства Ксимедон, с *L*-аскорбиновой или пара-аминобензойной кислотами. Гепатопротекторная и нейропротекторная эффективность препаратов превосходят эффективность лекарственных средств Ксимедон, Тиотриазолин и Рилузол.

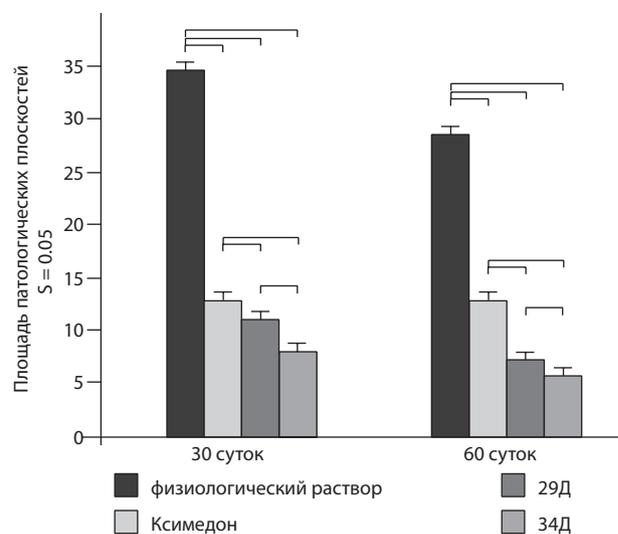
Результат получен при финансовой поддержке РФФ, грант № 14-50-00014.



Структурные формулы действующего начала лекарственного средства Ксимедон (1), аскорбиновой (2) и пара-амино-бензойной (3) кислот.



(А) Токсическое поражение печени; (Б) уменьшение патологических изменений печени под действием препаратов.



Деструктивные изменения серого вещества в вентральных рогах спинного мозга крысы в эпицентре травмы.

Аннотация. Конъюгаты действующего вещества отечественного лекарственного средства Ксимедон 1,2-дигидро-4,6-диметил-1-N-(2-оксиэтил)пиримидона-2 (**1**) с биогенными L-аскорбиновой (**2**) и пара-аминобензойной (**3**) кислотами (лабораторные шифры **29Д**, **34Д**, соответственно) получали нагреванием смеси пиримидина (**1**) и соответствующей кислоты в спирте или воде. По данным рентгеноструктурного анализа в кристаллическом состоянии **29Д** и **34Д** представляют собой сокристаллы пиримидина (**1**) с кислотой (**2**, **3**), а в растворах по данным ЯМР – солеподобные динамические системы.

На модели CCl_4 -индуцированного токсического гепатита исследовалась гепатопротекторная активность полученных препаратов (**29Д**, **34Д**). Было показано, что при профилактической схеме введения новые синтезированные производные пиримидина (доза 1/300 от LD_{50}) уменьшают площадь поражения печени стеатозом и некрозом гепатоцитов: в контроле площадь поражений печени $36.30 \pm 2.71\%$, при введении **34Д** $31.40 \pm 7.11\%$, **29Д** $15.89 \pm 2.16\%$, Ксимедона $19.08 \pm 5.09\%$ и Тиотриазолина $33.19 \pm 3.51\%$. Под влиянием конъюгата **34Д** нормализовался уровень билирубина, повышенный в результате токсического поражения CCl_4 . Как по морфологическим, так и по биохимическим показателям производные пиримидина проявили выраженные преимущества по сравнению с веществом сравнения препаратом Тиотриазолином. У животных, которым вводили конъюгат **29Д**, площадь поражений печени была меньше на 10–17% в сравнении с группой, которой вводили Ксимедон. При введении по терапевтической схеме выявлено, что производные пиримидина и вещество сравнения Тиотриазолин уменьшают площадь поражения печени стеатозом и некрозом и в 2–3 раза уменьшают накопление липидов уже с 3 дня введения. В сравнении с Тиотриазолином, конъюгат **29Д**, проявившее наибольший эффект, привело к снижению площади поражения в 2.85 раз, Тиотриазолин – в 2.2 раза. Эффективные дозы вещества **29Д** были от 0.22 до 0.54 мг/кг (1/25000–1/10000 от LD_{50}), оптимальная терапевтическая доза Тиотриазолина 2–4 мг/кг (1/3000–1/1500 от LD_{50}).

Конъюгат **29Д** стимулирует физическую работоспособность лабораторных животных в тесте “принудительное плавание до отказа” более чем в 10 раз в сравнении с фоновым плаванием. В условиях многократного (курсового) внутрибрюшинного введения (11 суток) конъюгат **29Д** в дозе 20 мг/кг (1/300 от LD_{50}) проявил статистически значимый стимулирующий физическую работоспособность эффект – стимуляции работоспособности на 440% по отношению к контролю на 14-е сутки опыта. Многократное введение (11 суток) конъюгата **29Д** в условиях физических нагрузок не оказывает влияния на лейкопоз, но стимулирует эритропоз, приводя к увеличению числа эритроцитов и уровня гемоглобина. Введение данного вещества в условиях истощающих физических нагрузок предотвращает такие изменения биохимических показателей крови, как снижение уров-

ня глюкозы, повышение уровня мочевины и лактата фтор-оксалатной плазмы. Результаты гематологических и биохимических анализов крови свидетельствуют о более лёгкой переносимости физических нагрузок на фоне введения конъюгата **29Д**.

На модели дозированной контузионной травмы спинного мозга крысы конъюгаты **29Д** и **34Д** оказывает стимулирующее влияние на восстановление двигательной функции. По этому критерию препараты **29Д** и **34Д**, оказываясь более эффективными, чем Ксимедон, не проявляют существенных различий. Конъюгаты **29Д** и **34Д** обеспечивают большую сохранность ткани спинного мозга, т.к. существенно уменьшают суммарную площадь патологических полостей. По этому показателю препараты **29Д** и **34Д**, оказываются более эффективными, чем Ксимедон и Рилузол. При этом установлено, что конъюгат **29Д** обладает более выраженным действием в зоне вхождения дорсальных корешков, а конъюгат **34Д** в большей мере поддерживает сохранность ткани в передних рогах. К 60 суткам эксперимента в большинстве исследованных зон серого вещества количество GFAP⁺-астроцитов при введении препаратов **29Д** и **34Д** уменьшается параллельно с уменьшением экспрессии этого маркерного белка промежуточных филаментов. В белом веществе, количество GFAP⁺-клеток под влиянием конъюгата **29Д** увеличивается, а под влиянием конъюгата **34Д** уменьшается. Различия в действии препаратов **29Д** и **34Д** на фоне сходного по эффективности влияния на восстановление двигательной функции, могут свидетельствовать о различных клеточных и молекулярных точках приложения и в этом смысле согласуются с результатами сравнения эффектов этих соединений по критерию влияния на сохранность ткани.

Авторский коллектив: Резник В.С., Зобов В.В., Семенов В.Э., Челышев Ю.А., Выштакалюк А.Б., Галяметдинова И.В., Назаров Н.Г., Повышева Т.В.

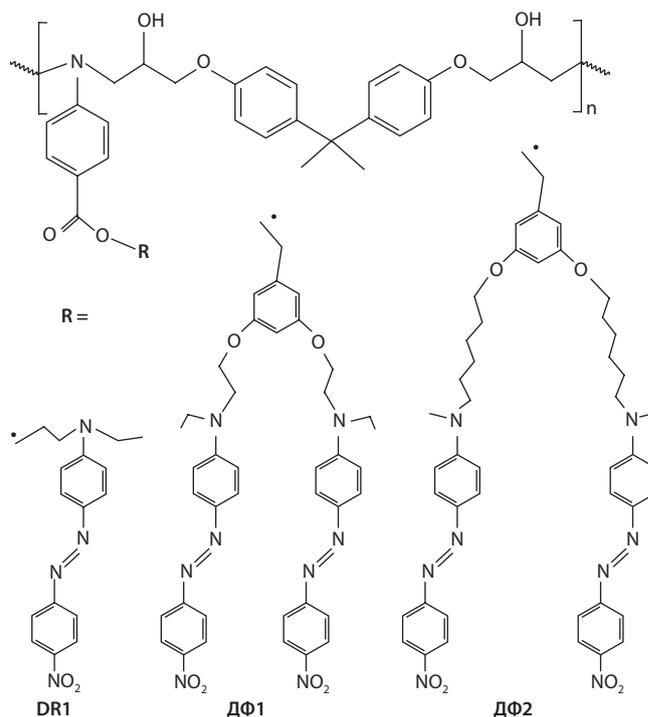
Публикации:

1. Патент РФ на изобретение № 2515247 “Средство, стимулирующее физическую работоспособность”. Авторы: Резник В.С., Семенов В.Э., Зобов В.В., Галяметдинова И.В., Ланцова А.В., Назаров Н.Г. Приоритет от 25.01.2013. Зарегистрирован: 13.03.2014. Опубликовано: 10.05.2014, бюл. №13.
2. Патент РФ на изобретение № 2590952 “Средство гепатопротекторного действия”. Авторы: Выштакалюк А.Б., Зобов В.В., Назаров Н.Г., Абдулхаков С.Р., Миннеханова О.А., Галяметдинова И.В., Семенов В.Э., Черепнев Г.В., Резник В.С. Приоритет от 26.05.2015. Опубликовано: 10.07.2016, бюл. №19.
3. Зобов В.В., Назаров Н.Г., Выштакалюк А.Б., Галяметдинова И.В., Семенов В.Э., Резник В.С. *Эффективность влияния новых производных пиримидина на физическую работоспособность крыс в условиях выполнения теста “плавание до отказа” // Экология человека.* – 2015. – № 1. – С. 28-35.

4. Nazarov N.G., Zobov V.V., Vyshtakalyuk A.B., Reznik V.S. *Research of the act-protective properties of Xymedon and its new analogs* // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2015. – Vol. 6. – N. 6. – P. 1617-1623.
5. Повышева Т.В., Семенов В.Э., Галяметдинова И.В., Резник В.С., Кнни К.С., Колесников П.Е., Челышев Ю.А. *Новые аналоги ксимедона для стимулирования посттравматической регенерации спинного мозга крысы* // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2016. – Т. 162. – № 8. – С. 183-188.
6. Повышева Т.В., Семенов В.Э., Галяметдинова И.В., Резник В.С., Кнни К.С., Колесников П.Е., Кузнецова С.В., Челышев Ю.А. *Нейропротекторное действие новых производных пиримидина при экспериментальной травме спинного мозга крысы* // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2016. – Т. 79. – № 8. – С. 3-9.
7. Выштакалюк А.Б., Назаров Н.Г., Зобов В.В., Абдулхаков С.Р., Миннеханова О.А., Семенов В.Э., Галяметдинова И.В., Черепнев Г.В., Резник В.С. *Оценка гепатопротективного действия L-аскорбат 1-(2-гидроксиэтил)-4,6-диметил-1,2-дигидропири-мидин-2-она при воздействии четырёххлористого углерода* // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2016. – Т. 162. – № 9. – С. 322-325.
8. Выштакалюк А.Б., Зобов В.В., Назаров Н.Г., Гумарова Л.Ф., Парфенов А.А., Кондрашина Д.А., Галяметдинова И.В., Семенов В.Э., Черепнев Г.В., Сидорова И.В., Закиров М.М., Резник В.С. *Оценка эффективности производных пиримидина для коррекции показателей токсического поражения четырёххлористым углеродом* // Материалы XII Международного Междисциплинарного конгресса “Нейронаука для медицины и психологии”, Судак, Крым, 1–11 июня 2016. – С. 121.
9. Выштакалюк А.Б., Парфенов А.А., Гумарова Л.Ф., Зобов В.В., Назаров Н.Г., Ленина О.А., Кондрашина Д.А., Семенов В.Э., Галяметдинова И.В., Черепнев Г.В., Резник В.С. *Оценка гепатопротекторной активности новых производных Ксимедона* // Материалы Международной конференции “Химическая биология”, посвящённой академику Д. Г. Кнорре, Новосибирск, 24–28 июля 2016. – С. 126.

3.

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.



Аннотация. Одной из проблем, возникающих при создании полимерных материалов с квадратичной НЛО активностью, является агрегация хромофорных групп, проявляющаяся при их достаточно высокой концентрации в полимере. Для того, чтобы избежать этого, необходимо реализовать пространственное разделение хромофоров, что достигается при использовании полимерных матриц разветвленного или дендритного строения. Нами были получены новые эпоксиаминные олигомеры с мультихромофорными фрагментами в боковой цепи. Для этого была разработана эффективная методика синтеза линейных реакционноспособных эпоксиаминных олигомеров на основе диглицидилового эфира бисфенола А (ДГЭБА) и п-аминобензойной кислоты. Были синтезированы и охарактеризованы новые мультихромофорные соединения: 3,5-бис[2-(N-этил-4-(4'-нитрофенилазо)-анилино)этокси] бензиловый спирт (**ДФ1**) и 3,5-бис[6-(N-метил-4-(4'-нитрофенилазо)-анилино)-гексаокси] бензиловый спирт (**ДФ2**). Хромофоры и хромофор-содержащие дендроны вводили в олигомер этерификацией в мягких условиях по методу Стеглиха, степень функционализации олигомеров составляет 60–70% мол. На основе синтезированных олигомеров изготовлены тонкие пленки толщиной 200–350 нм, которые были электретируются в поле коронного разряда для создания нецентросимметричной организации хромофорных групп. Значения НЛО коэффициентов, d_{33} , определённые методом генерации второй гармоники ($l = 1064$ нм) для пленок на основе олигомеров **ОАБ-ДФ1** и **ОАБ-ДФ2** составили 29 пм/В и 40 пм/В, соответственно, что выше, чем для олигомеров с отдельными азохромофорами в боковой цепи, **ОАБ-DR1** (21 пм/В).

Авторский коллектив: Вахонина Т.А., Назмиева Г.Н., Шарипова С.М., Иванова Н.В., Балакина М.Ю., Смирнов М.А., Мухтаров А.И., Синяшин О.Г.

Публикации:

1. Nazmieva G.N., Vakhonina T.A., Ivanova N.V., Mukhtarov A.S., Smirnov N.N., Yakimansky A.V., Balakina M.Yu., Sinyashin O.G. *Testing of the ways for synthesis of new nonlinear optical epoxy-based polymers with azochromophores in the side chain* // *Europ. Pol. J.* – 2015. – Vol. 63. – N. 1. – P. 207-216.
2. Nazmieva G.N., Vakhonina T.A., Ivanova N.V., Mukhtarov A.S., Smirnov N.N., Yakimansky A.V., Balakina M.Yu., Sinyashin O.G. *New epoxy-amine oligomers with chromophore-containing dendritic fragments in the side chain and determination of their nonlinear-optical characteristics* // *Mendeleev Comm.* – 2015. – Iss. 25. – P. 101-102.
3. Назмиева Г.Н., Вахонина Т.А., Шарипова С.М., Иванова Н.В., Низамеев И.Р., Валитов М.И., Смирнов Н.Н., Якиманский А.В., Балакина М.Ю. *Синтез и нелинейно-оптические свойства полиэфирполиолов с азохромоморфными группами различного строения* // *Бутлеровские сообщения.* – 2013. – Т. 35. – № 7. – С.59-67.

4. Балакина М.Ю., Вахонина Т.А., Фоминых О.Д. *Полимерные нелинейно-оптические электреты* // *Материалы XIII Международной конференции “Физика диэлектриков” (Диэлектрики-2014), 2–6 июня 2014, Санкт-Петербург.* – Т. 2. – С. 162-165.

4.

Разработан новый эффективный гетерогенный нанокатализатор окислительной функционализации ароматических углеводородов на основе Ni^{III} -комплексов, допированных в силикатные наночастицы ($[(bpy)_xNi^{III}]@SiO_2$). 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 лёгкой регенерации.

Результат получен при финансовой поддержке РФФИ, грант № 14-23-00016

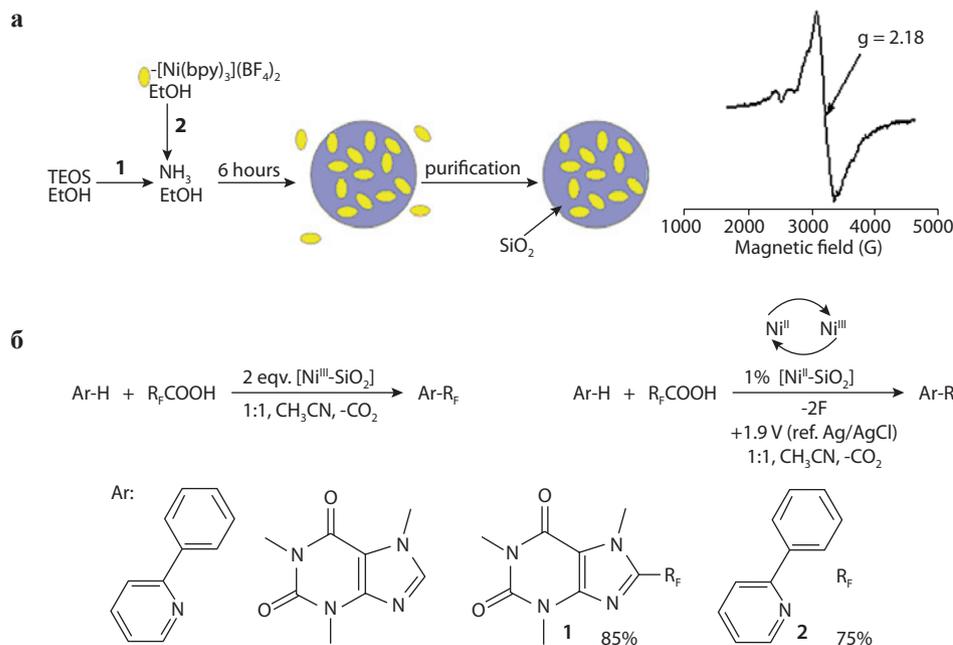


Схема получения и СЭМ изображения наночастиц прекурсора ($[(bpy)_xNi^{III}]@SiO_2$) размером 90 ± 7 нм, ЭПР-спектр порошка ($[(bpy)_xNi^{III}]@SiO_2$) (а) и схема каталитических реакций (химической и электрохимической) с участием ($[(bpy)_xNi^{III}]@SiO_2$) (б).

Аннотация. Катализатор получен допированием комплекса $[(bpy)_3Ni^{III}]$ в силикатные наночастицы и последующим его электроокислением в $[(bpy)_xNi^{III}]$. Впервые обнаружен эффект стабилизации неустойчивой окисленной формы никелевого комплекса за счёт его допирования в нуклеофильную силикатную матрицу наночастиц. Реакции сочетания аренов, на примере 2-фенилпиридина и кофеина и др., а также перфторгептановой кислоты в нано гетерогенных условиях были выполнены с 100% конверсией реагентов в одну стадию при комнатной

температуре. В условиях электрохимической регенерации содержание катализатора составляет всего 1% по отношению к субстратам. Катализатор может быть легко отделен от реакционной смеси и использован повторно многократно. Результаты демонстрируют, что иммобилизация комплексов Ni^{II} на силикатном носителе путём их допирования в силикатную матрицу не препятствует их электрохимической конверсии в Ni^{III} -комплексы, при этом обеспечивая их стабилизацию во времени. Более

того, продемонстрирована работоспособность нанокатализатора в условиях электрохимической регенерации Ni^{III} -комплексов в составе силикатных наночастиц, что представляет собой лёгкий путь к эффективному наногетерогенному катализу процессов окислительной функционализации. Новый подход к окислительной функционализации ароматических С-Н связей является экологически приемлемым и атом-экономным.

Авторский коллектив: Хризанфоров М.Н., Федоренко С.В., Стрекалова С.О., Холин К.В., Жилкин М.Е., Мустафина А.Р., Будникова Ю.Г.

Публикации:

1. Khrizanforov M.N., Fedorenko S.V., Strekalova S.O., Kholin K.V., Mustafina A.R., Zhilkin M.Ye., Khrizanforova V.V., Osin Y.N., Salnikov V.V., Gryaznova T.V., Budnikova Y.H. *A Ni(III) complex stabilized by silica nanoparticles as an efficient nanoheterogeneous catalyst for oxidative C-H fluoroalkylation* // Dalton Trans. – 2016. – Vol. 45. – N. 30. – P. 11976-11982.

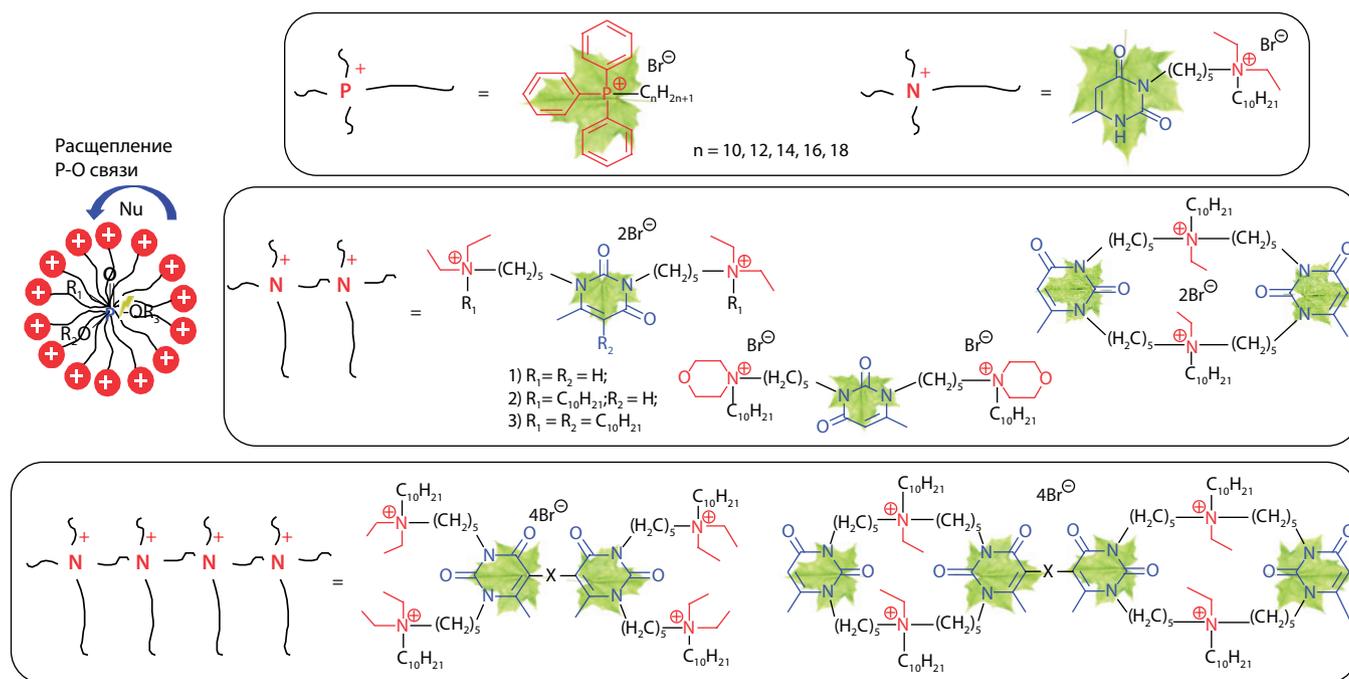
2. Dudkina Yu.B., Gryaznova T.V., Osin Yu.N., Salnikov V.V., Davydov N.A., Fedorenko S.V., Mustafina A.R., Vიც D.A., Sinyashin O.G., Budnikova Yu.H. *Nanoheterogeneous catalysis in electrochemically induced olefin perfluoroalkylation* // Dalton Trans. – 2015. – Vol. 44. – P. 8833–8838.

5.

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.

Результат получен при финансовой поддержке РФФ, грант № 14-50-00014

Биомиметические катализаторы нового поколения



Аннотация. Установлены закономерности самоорганизации катионных ПАВ с загруженными головными группами: гомологической серии трифенилфосфониевых ПАВ и моно-, ди-, тетракаатионных пиримидинсодержащих амфифилов открытоцепной и макроциклической структуры, различающиеся степенью гидрофобности и строением спейсерного фрагмента. Супрамолекулярные системы на основе этих ПАВ являются биомиметическими катализаторами разложения фосфорорганических экотоксикантов, ингибиторов холинэстеразы, отвечающими критериям зелёной химии (водная среда, мягкие условия, низкие концентрации, чувствительность к внешним импульсам). Для всех серий ПАВ процесс самоорганизации сопрово-

ждается самопроизвольным снижением pH раствора, что определяет специфику их каталитического действия, в частности ярко выраженную субстратную специфичность. Для амфифильных солей фосфония показано снижение значений критической концентрации мицеллообразования с 32 до 0.02 мМ и значительное увеличение максимального каталитического эффекта с увеличением длины гидрофобного радикала ПАВ. Для высшего гомолога с октадецильным радикалом зафиксировано более чем 350-кратное ускорение по сравнению с реакцией в отсутствие ПАВ. Для пиримидинсодержащих амфифилов установлены факторы, контролирующие процесс само-

организации и функциональную активность: увеличение количества головных групп и гидрофобных радикалов, жёсткость спейсера, локализация гидрофобного радикала, переход от открытоцепной к циклофановой структуре. При оценке каталитического действия выделены три типа субстратной специфичности: (1) аномальное для катионных ПАВ ингибирование расщепления фосфоэфирной связи независимо от структуры фосфонатов (в случае ПАВ с низкой гидрофобностью и при замене аммониевой головной группы на морфолиниевую); (2) ингибирование реакции менее гидрофобного фосфоната до 25 раз и ускорение реакции для более гидрофобного фосфоната (в случае ди- и тетракатионных амфифилов с жёстким спейсерным фрагментом); (3) ускорение расщепления Р-О связи независимо от структуры фосфонатов (в случае дикатионных амфифилов повышенной гидрофобности с гибким спейсерным фрагментом). Установлено, что принадлежность к одной из трёх категорий определяется балансом между ингибирующим эффектом снижения pH системы и каталитическим вкладом эффекта концентрирования реагентов в агрегатах ПАВ. Полученные результаты имеют важное практическое значение с точки зрения создания высокоэффективных катализаторов разложения ингибиторов ацетилхолинэстеразы, обладающих избирательным действием.

Авторский коллектив: Захарова Л.Я., Габдрахманов Д.Р., Гайнанова Г.А., Валеева Ф.Г., Самаркина Д.А., Семенов В.Э., Резник В.С., Сияшин О.Г.

Публикации:

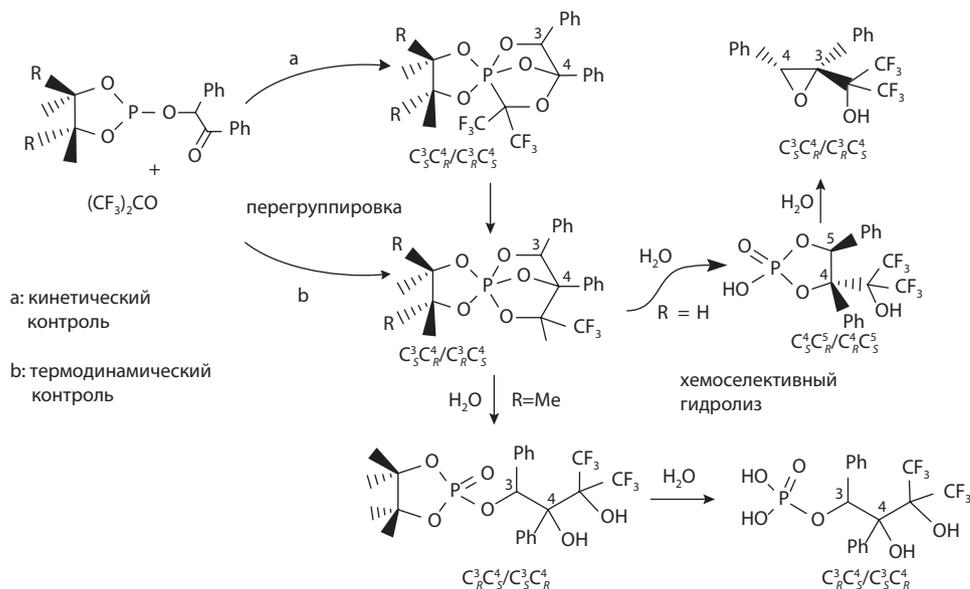
1. Gaynanova G.A., Vagarova G.I., Valeeva F.G., Vasilieva E.A., Galkina I.V., Zakharova L.Y., Sinyashin O.G. *A novel supramolecular catalytic system based on amphiphilic triphenylphosphonium bromide for the hydrolysis of phosphorus acid esters* // *Colloids Surf., A.* – 2016. – Vol. 489. – P. 95-102.
2. Samarkina D.A., Gabdrakhmanov D.R., Semenov V.E., Valeeva F.G., Gubaidullina L.M., Zakharova L.Y., Reznik V.S., Konovalov A.I. *Self-assembling catalytic systems*

based on new amphiphile containing purine fragment, exhibiting substrate specificity in hydrolysis of phosphorus acids esters // *Russ. J. Gen. Chem.* – 2016. – Vol. 86. – N. 3. – P. 656-660.

3. Gabdrakhmanov D.R., Valeeva F.G., Semenov V.E., Samarkina D.A., Mikhailov A.S., Reznik V.S., Zakharova L.Y. *Supramolecular catalysts based on novel pyrimidinophane: Influence of additives of polymer and lanthanum ions* // *Macroheterocycles.* – 2016. – Vol. 9 (1). – P. 29-33.
4. Gabdrakhmanov D.R., Samarkina D.A., Semenov V.E., Saifina L.F., Valeeva F.G., Reznik V.S., Zakharova L.Ya. *Substrate specific nanoreactors based on pyrimidine-containing amphiphiles of various structures for cleavage of phosphonates* // *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.* – 2016. – Vol. 191. – P.1673-1675.
5. Gabdrakhmanov D.R., Valeeva F.G., Zakharova L.Ya., Giniyatullin R.Kh., Semenov V.E., Reznik V.S., Konovalov A.I. *Reactivity of phosphorus esters in supramolecular systems based on surfactants containing uracil and polyethylenimine residues* // *Russ. J. Org. Chem.* – 2014. – Vol. 50 (4). – P. 500-505.
6. Gabdrakhmanov D.R., Samarkina D.A., Semenov V.E., Valeeva F.G., Zakharova L.Ya., Reznik V.S. *Substrate specific nanoreactors based on pyrimidine-containing amphiphiles of various structures for cleavage of phosphonates* // *The 21st International Conference on Phosphorus Chemistry, June 5–10, 2016, Kazan, Russia. Book of Abstracts.* – P. 332.

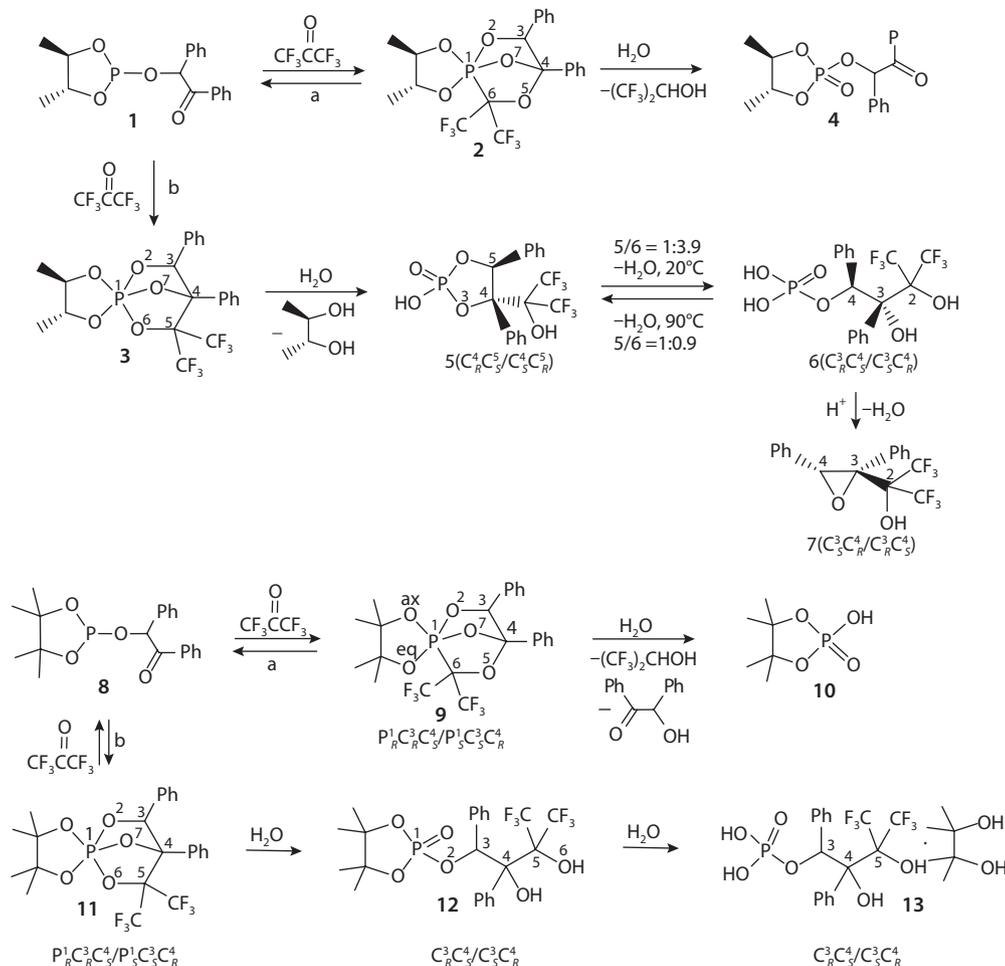
6.

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.



Аннотация. Взаимодействие 4,5-диметил- и 4,4,5,5-тетраметил-2-(2-оксо-1,2-дифенил)этокси-1,3,2-диоксафосфоланов (**1**, **8**), содержащих карбонильную группу в γ -положении относительно атома фосфора, с гексафторацетоном приводит к одновременному образованию регио- и стереоизомерных каркасных фосфоранов со связью фосфор–углерод и фосфор–кислород (**2**, **3**, **9**, **11**) с высокой (> 95 %) стереоселективностью. При выдерживании PCO-изомеры (**2**, **9**) перегруппировываются в термодинамически более стабильные POC-изомеры (**3**, **11**) с сохранением координации атома фосфора. Меняя полярность растворителя, температуру

процесса, а также усиливая донорный характер циклического фрагмента при фосфоре, можно управлять скоростью процесса перегруппировки, которая увеличивается с ростом полярности растворителя, с повышением температуры (переход соединения **2** в соединение **3** осуществляется за 1 месяц при 25°C в дихлорметане и за 20 мин при 90°C в толуоле), и увеличением донорного характера циклического фрагмента при фосфоре. Мягкий гидролиз PCO/POC-изомеров протекает с высокой хемоселективностью и приводит к образованию P(IV)-диоксафосфоланов (**4**, **5**, **10**, **12**), ациклического фосфата (**6**) и оксирана (**7**) с новой связью углерод–углерод с высокой стереоселективностью.



Авторский коллектив: Миронов В.Ф., Димухаметов М.Н., Хасиятуллина Н.Р., Миронова Е.В., Криволапов Д.Б.

Публикации:

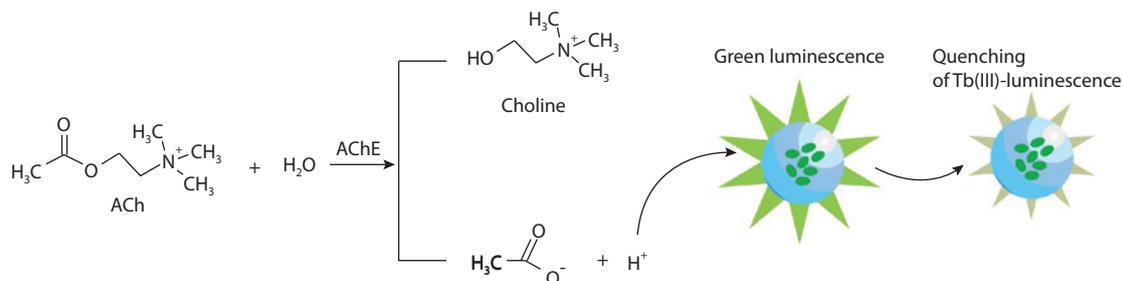
- Mironov V.F., Dimukhametov M.N., Efimov S.V., Aminova R.M., Karataeva F.Kh., Krivolapov D.B., Mironova E.V., Klochkov V.V. *Stereoselective PCO/POC-rearrangement of P–C-cage phosphorane in the reaction of 4,5-dimethyl-2-(2-oxo-1,2-diphenylethoxy)-1,3,2-dioxaphospholane with hexafluoroacetone* // J. Org. Chem. – 2016. – Vol. 81. – N. 14. – P. 5837-5850.
- Khasiyatullina N.R., Mironov V.F., Krivolapov D.B., Mironova E.V., Gnezdilov O.I. *Synthesis, crystal structure and hydrolysis of novel isomeric cage (P–C/P–O)-*

phosphoranes on the basis of 4,4,5,5-tetramethyl-2-(2-oxo-1,2-diphenylethoxy)-1,3,2-dioxaphospholane and hexafluoroacetone // RSC Advances. – 2016. – Vol. 6. – N. 89. – P. 85745-85755.

- Миронов В.Ф., Димухаметов М.Н., Ефимов С.В., Каратаева Ф.Х., Ключков В.В. *Взаимодействие 4,5-диметил-2-(2-оксо-1,2-дифенил)этокси-1,3,2-диоксафосфолана с гексафторацетоном: образование изомерных каркасных фосфоранов со связями фосфор–углерод и фосфор–кислород* // Изв. АН. Сер. хим. – 2015. – № 10. – С. 2517-2521.

7.

Разработана новая флуоресцентная методика мониторинга энзиматического гидролиза ацетилхолина, пригодная для оценки активности холинэстеразы в условиях *ex vivo*. Основой методики является способность комплексов тербия с *p*-сульфонатотиакаликс[4]ареном, допированных в силикатные наночастицы, с высокой



Аннотация. Мониторинг энзиматического гидролиза ацетилхолина в синаптической щели является важной биохимической проблемой, направленной на оценку изменения активности холинэстеразы в ответ на внешние раздражители в условиях *ex vivo*, которая является одной из задач проекта РФФ 14-50-00014. Наиболее реалистичным способом мониторинга этого процесса в синаптической щели является детектирование выделяющейся уксусной кислоты. Использование наноразмерных сенсоров, способных давать люминесцентный “отклик” на небольшие изменения pH в их микро-окружении представляет собой перспективное нанотехнологическое решение данной проблемы. В связи с этим, следует перечислить основные требования к таким наносенсорам: (1) способность с высокой чувствительностью “откликаться” на небольшие изменения pH (не более 0.1 единиц) в диапазоне 8–6 единиц pH; (2) размер не выше 20 нм; (3) низкая цитотоксичность; (4) функционализация наносенсоров белком-мишенью (бунгаротоксином). В соответствии с этими требованиями были выбраны комплексы 4f- и 5d-металлов с pH-зависимой люминесценцией. При этом, низкая цитотоксичность 4f-комплексов обеспечивается их допированием в силикатные наночастицы. Низкая цитотоксичность гексаядерных кластеров 5d-металлов обеспечивается кинетической инертностью октаэдрического кластерного ядра, в то время как за Н-функцию кластера отвечает протонирование двух апикальных гидроксидов. Данные кластеры были синтезированы нашими коллегами Константином Брылевым и Михаилом Шестопаловым в ИНХ им. А. В. Николаева СО РАН. Полученные результаты выявили корреляцию между люминесцентным откликом тербиевых комплексов в составе силикатных наночастиц и гексарениевых кластеров с количеством уксусной кислоты, выделяющейся в процессе энзиматического гидролиза ацетилхолина,

чувствительностью измерять pH за счёт изменения люминесцентного отклика. Данная методика является перспективной альтернативой известным люминесцентным pH-сенсорам вследствие низкой цитотоксичности наночастиц и высокой чувствительности к изменению pH (~0.05), а также возможности локализации наносенсоров в синаптической щели.

Результат получен при финансовой поддержке РФФ, грант № 14-50-00014.

а значит с активностью энзима на примере ацетил- и бутирилхолинэстераз.

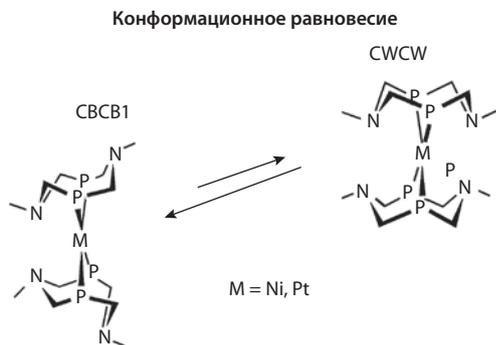
Авторский коллектив: Елистратова Ю.Г., Федоренко С.В., Мухаметшина А.Р., Петров К.А., Бабаев В.М., Ризванов И.Х., Низамеев И.Р., Мустафина А.Р., Синяшин О.Г.

Публикации:

1. Elistratova Ju.G., Mustafina A.R., Brylev K.A., Petrov K.A., Shestopalov M.A., Mironov Yu.V., Babaev V.M., Rizvanov I.K., Masson P., Sinyashin O.G. *Sensing activity of cholinesterases through luminescence response of hexarhenium cluster complex $[Re_6S_8(OH)_6]^{4+}$* // *Analyst*. – 2016. – Vol. 141. – P. 4204-4210.
2. Mukhametshina A.R., Fedorenko S.V., Zueva I.V., Petrov K.A., Masson P., Nizameev I.R., Mustafina A.R., Sinyashin O.G. *Luminescent silica nanoparticles for sensing acetylcholinesterase-catalyzed hydrolysis of acetylcholine* // *Biosensors and Bioelectronics*. – 2016. – Vol. 77. – P. 871-878.

8.

Решена задача полного конформационного анализа заряженных бис хелатных 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.



Ключевые факторы

	M	P-R	N-R'	противоион
Конформация		✓		✓
Скорость инверсии гетероцикла	✓		✓	✓
Искажение плоскости координации	✓	✓		

Аннотация. Комплексы переходных металлов на основе P,N-содержащих гетероциклических лигандов типа $P_2^R N_2^{R'}$ ($P_2N_2 - 1,5$ -диаза-3,7-дифосфациклооктан) перспективны с точки зрения дизайна новых каталитических систем для окисления и/или получения H_2 . Имеются несколько примеров разработки достаточно эффективных катализаторов на их основе. В то же время, есть гипотеза, что лимитирующей стадией каталитического цикла в таких системах может быть динамика внутримолекулярных конформационных превращений. Однако систематического анализа конформационных характеристик таких металлокомплексов в растворах практически не было. В связи с этим, нами был предпринят анализ основных факторов, определяющих конформационную структуру и динамику таких металлокомплексов и исходных лигандов в растворах методами ЯМР и квантовой химии.

Впервые проведен конформационный анализ $P_2^R N_2^{R'}$ гетероциклов и их моно/билигандных комплексов Ni/Pd/Pt в растворе. Установлено, что $P_2^R N_2^{R'}$ лиганды существуют в равновесии двух форм, **CW** (доминирующая) и **CB** (минорная). N-Ag смещает равновесие в сторону **CW** формы. Показано, что $[Pt(P_2^R N_2^{R'})Cl_2]$ комплексы реализуются в конформации **CB** (**CB***), причём N-Ag понижает барьер конформационного перехода. Показано, что в случае $[M(P_2^R N_2^{R'})_2]^{2+}$ комплексов конформационное многообразие усложняется за счёт различной комбинации конформаций каждого из фрагментов и искажения плоскости координации P-P-M-P-P. Установлено, что предпочтительной конформацией является **CVCB1** со значительным искажением плоскости координации металла в случае $[Ni(P_2^R N_2^{R'})_2]^{2+}$. В этих комплексах скорость внутримолекулярных превращений зависит как от природы заместителя на атоме азота, так и на фосфоре. Показано, что противоион с сильной координирующей

способностью сдвигает равновесие в сторону **CVCB1** формы и увеличивает барьеры внутримолекулярных превращений.

В частности, более объёмный заместитель на фосфоре приводит к увеличению искажения плоскости координации металлокомплекса, что в свою очередь ведёт к увеличению сродства металла к гидрид иону. С другой стороны, алифатический заместитель на азоте приводит к увеличению сродства к протонам. Таким образом, комплексы с объёмной группой на фосфоре и алифатической группой на азоте должны быть термодинамически более подходящими для разрыва H-H связи, хотя, из-за увеличения барьеров внутримолекулярных переходов, скорости процессов должны быть малы. С другой стороны, комплексы с небольшими группами на фосфоре и ароматической группой на азоте должны более подходить для процессов получения H_2 , причём скорости должны быть высокими. Всё это в целом находится в согласии с имеющимися экспериментальными данными, полученными при использовании катализаторов на основе таких комплексов для окисления/получения водорода в топливных элементах.

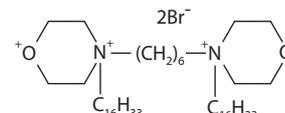
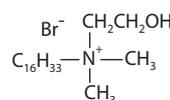
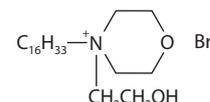
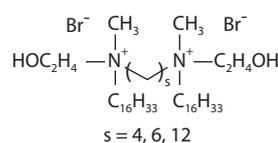
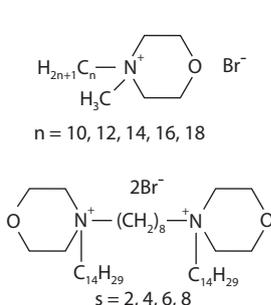
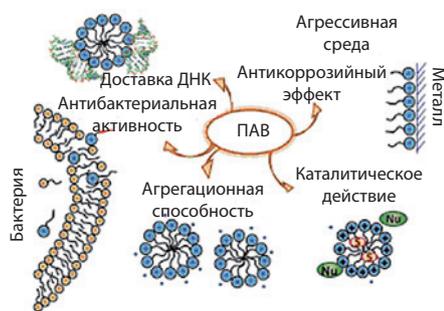
Авторский коллектив: Латыпов Ш.К., Стрельник А.Г., Балуева А.С., Спиридонова Ю.С., Карасик А.А., Синяшин О.Г.

Публикации:

1. Latypov Sh.K., Strelnik A.G., Spiridonova Yu.S., Balueva A.S., Karasik A.A., Sinyashin O.G. *Conformational analysis of P,N-containing eight-membered heterocycles and its Pt/Ni complexes in solution* // Eur. J. Inorg. Chem. – 2016. – P. 1068-1084.
2. Latypov Sh.K., Strelnik A.G., Ignatieva S.N., Hey-Hawkins E., Balueva A.S., Karasik A.A., Sinyashin O.G. *Structure and dynamics of P,N-containing heterocycles and their metal complexes in solution* // J. Phys. Chem. A. – 2012. – Vol. 116. – N. 12. – P. 3182-3193.
3. Латыпов Ш.К., Стрельник А.Г., Балуева А.С., Спиридонова Ю.С., Карасик А.А., Синяшин О.Г. *Структура и динамика P,N-содержащих восьмичленных гетероциклов в растворах* // ЖОХ. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С.442-447.

9.

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



Аннотация. Проведено комплексное тестирование практически значимых свойств известных и впервые синтезированных моно- и дикатионных амфифильных соединений с морфолиниевым и/или гидроксиалкильным фрагментом в головной группе: способность к мицеллообразованию, каталитическая активность в процессах расщепления сложноэфирных связей, солубилизационное действие, комплексообразование с полианионами, в том числе с ДНК, способность к интегрированию в липидные бислои, антимикробное и антикоррозионное действие. Выявлены некоторые закономерности структура-свойство. Так, дикатионные морфолиниевые ПАВ, обладающие большим гидрофобным доменом и характеризующиеся низким значением критической концентрации мицеллообразования, существенно повышают растворимость гидрофобных спектральных зондов (Оранжевый OT, тимолфталеин) и лекарственных препаратов (индометацин, 2,2'-бизбензимидазол). Морфолиниевые и гидроксиэтилированные геминальные ПАВ способны эффективно связывать молекулы ДНК, вызывая их конденсацию и компактизацию, что открывает перспективы доставки с помощью этих ПАВ генного материала в клетки животных и растений. На примере гидроксиэтилированных геминальных ПАВ показано, что они служат эффективными трансфецирующими агентами плазмидной ДНК в эукариотические клетки и способны обеспечить эффективность трансфекции в отсутствие модификаторов (ко-липидов и полимеров), превышающую действие коммерческого препарата метафектина. Наличие гидроксиэтильного фрагмента в головной группе ПАВ приводит к значительному росту их каталитического действия по сравнению с триалкиламмониевыми аналогами: наблюдаемое ускорение щелочного гидролиза эфиров карбоновых кислот в индивидуальных мицеллах превышает в ряде случаев три порядка. Бактериостатическое и фунгистатическое действие проявляется более сильно для монокатионных ПАВ и выражено особенно ярко в отношении штаммов бактерий *St. aureus*, *B. cereus* и дрожжеподобного гриба *Candida albicans*. Методами гравиметрии и электрохимии установлено, что синтезированные ПАВ с морфолиниевым и гидроксиалкильным фрагментом в головной группе обеспечивают высокую степень защиты против сероводородной и смешанной (H_2S и CO_2) коррозии стали при их дозировке 10–100 мг/л, а также препятствуют действию биогенной коррозии. Выявлено соединение-лидер – N-цетил-N-метилморфолиний бромид, которое обладает защитным эффектом более 90% при концентрации 10 мг/л,

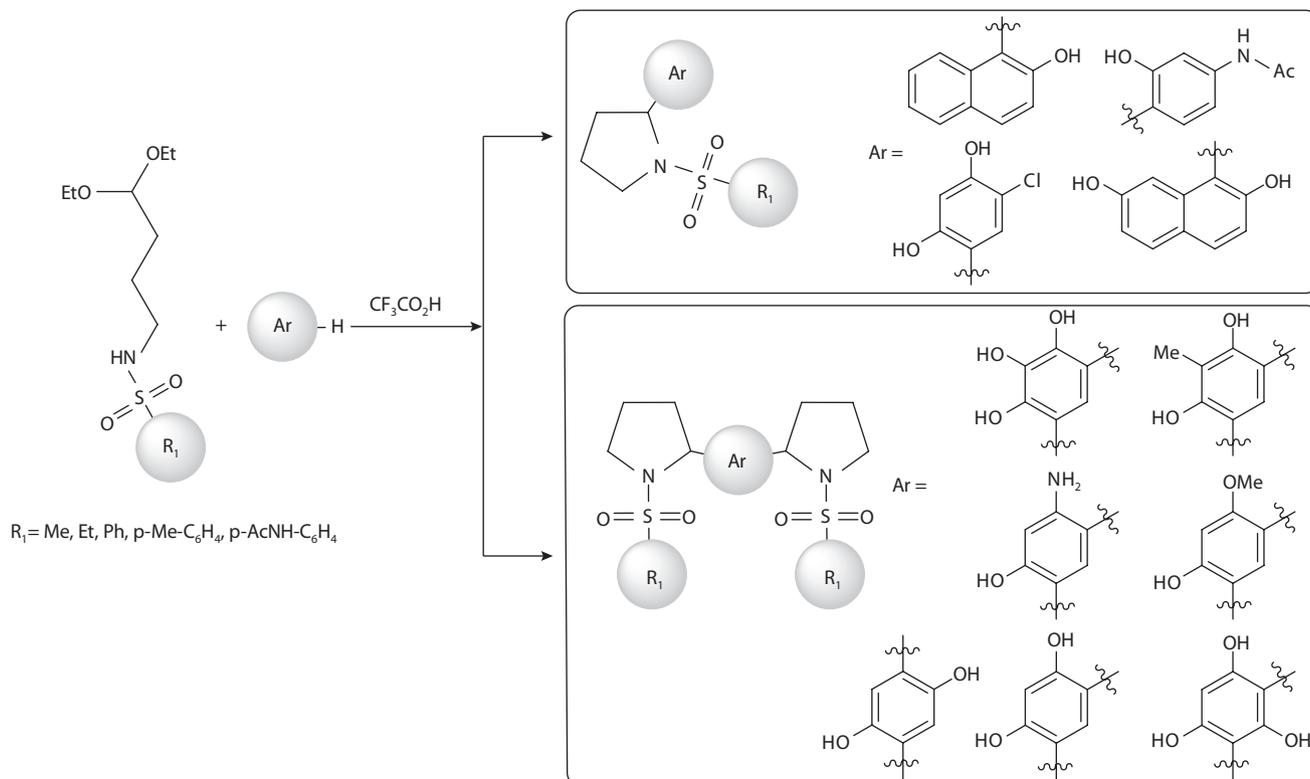
а также характеризуются уникальной бактерицидностью в отношении сульфатовосстанавливающих бактерий: 100% подавление при концентрации ПАВ 7.5 мг/л.

Авторский коллектив: Захарова Л.Я., Миргородская А.Б., Габдрахманов Д.Р., Лукашенко С.С., Васильева Э.А., Хайрутдинова Е.И., Коновалов А.И.

Публикации:

- Mirgorodskaya A.B., Yackevich E.I., Gabdrakhmanov D.R., Lukashenko S.S., Zuev Yu.F., Zakharova L.Ya. *Self-organization and lipoplex formation of cationic surfactants with morpholinium head group* // Mol. Liq. – 2016. – Vol. 220. – P. 992-998.
- Mirgorodskaya A.B., Zakharova L.Ya., Khairutdinova E.I., Lukashenko S.S., Sinyashin O.G. *Supramolecular systems based on gemini surfactants for enhancing solubility of spectral probes and drugs in aqueous solution* // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2016. – Vol. 510. – P. 33-42.
- Zakharova L.Ya., Gabdrakhmanov D.R., Ibragimova A.R., Vasilieva E.A., Nizameev I.R., Kadirov M.K., Ermakova E.A., Gogoleva N.E., Faizullin D.A., Pokrovsky A.G., Korobeynikov V.A., Cheresiz S.V., Zuev Yu.F. *Structural, biocomplexation and gene delivery properties of hydroxyethylated gemini surfactants with varied spacer length* // Colloids Surf. B. – 2016. – Vol. 140. – P. 269-277.
- Миргородская А.Б., Лукашенко С.С., Яцкевич Е.И., Кулик Н.В., Волошина А.Д., Д.Б., А.Р., Зобов В.В., Захарова Л.Я. *Агрегационное поведение, антикоррозионное действие и противомикробная активность бромидов алкилметилморфолиния* // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2014. – Т. 50. – № 4. – С. 434-439.
- Яцкевич Е.И., Миргородская А.Б., Лукашенко С.С., Захарова Л.Я. *Полифункциональные супрамолекулярные системы на основе ПАВ, содержащих гидроксиалкильный фрагмент в головной группе* // Изв. АН. Сер. хим. – 2014. – № 8. – С. 1801-1806.
- Mirgorodskaya A.B., Yackevich E.I., Zakharova L.Ya., Kononov A.I. *Oil-in-water microemulsions based on cationic surfactants with a hydroxyalkyl fragment in the head group* // Chem. Phys. Lett. – 2013. – Vol. 567. – P. 18–22.
- Патент РФ на изобретение №2503746 "Ингибитор коррозии-бактерицид для минерализованных сероводородсодержащих и углекислотных сред". Авторы: Миргородская А.Б., Лукашенко С.С., Кудрявцев Д.Б.,

- Яцкевич Е.И., Захарова Л.Я., Пантелеева А.Р., Коновалов А.И. Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт органической и физической химии Казанского научного центра Российской академии наук. № 2012116798/02. Зарегистрирован: 24.04.2012. Опубликовано: 10.01.2012, бюл. № 1.
- Mirgorodskaya A., Valeeva F., Mamedova V., Mamedov V., Zakharova L., Sinyashin O. *Supramolecular systems for enhancing solubility of new arylquinolinones in aqueous solution* // 30th Conference of the European Colloid and Interface Society (ECIS-2016), September 4–9, 2016, Rome, Italy. Book of Abstracts. – P. 60.
 - Mirgorodskaya A.B., Valeeva F.G., Lukashenko S.S., Zakharova L.Ya., Mamedov V.A., Sinyashin O.G. *Supramolecular systems based on cationic surfactant as nanocontainers for biologically active indole derivatives* // VIIIth Int. Symp. “Design and Synthesis of Supramolecular Architectures”, April 25–29, 2016, Kazan, Russia. Book of Abstracts. – P. 130.
 - Gaynanova G.A., Yackevich E.I., Lukashenko S.S., Mirgorodskaya A.B., Zakharova L.Ya. *Catalytic activity of supramolecular systems based on mono- and dicationic surfactants with aromatic or heterocyclic moieties* // XII European Congress on Catalysis “Catalysis: Balancing the Use of Fossil and Renewable Resources”, August 30–September 4, 2015, Kazan, Russia. Book of Abstracts. – P. 1801-1802.
 - Mirgorodskaya A.B., Zakharova L.Ya., Yackevich E.I., Lukashenko S.S., Sinyashin O.G. *Supramolecular systems based on gemini surfactants for enhancing solubility of spectral probes and drugs in aqueous solution* // The 29th Conference of the European Colloid and Interface, September 6–11, 2015, Society, Bordeaux, France. Book of Abstracts. – P. 45.
 - Mirgorodskaya A.B., Yackevich E.I., Voronin M.A., Zakharova L.Ya., Kononov A.I. *Mono- and dicationic surfactants with morpholinium fragment at the head group: aggregation behavior, catalytic activity and the complexing with the DNA decamer* // IV International Conference on Colloid Chemistry and Physicochemical Mechanics, June 30–July 5, 2013, Moscow, Russia. Book of Abstracts. – P. 210.
 - Яцкевич Е.И., Бекмухаметова А.М., Валиахметова А.Р., Гайнанова Г.А., Миргородская А.Б., Лукашенко С.С., Захарова Л.Я. *Влияние электролитов на мицеллообразующие свойства морфолиниевых ПАВ* // Сборник аннотаций XXV Всероссийской конф. “Современная химическая физика”, Пансионат “Маяк”, Туапсе, Россия, 20 сентября–1 октября 2013 г. – С. 99.
10. Разработана стратегия синтеза 1-сульфонил-2-арил-пирролидинов – потенциальных противораковых препаратов, основанная на кислотно-катализируемой 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.
- Результат получен при финансовой поддержке РФФ, грант № 16-13-10023



Аннотация. Среди 2-арилпирролидинов обнаружено большое число биологически активных соединений широкого спектра действия, в том числе обладающих противораковыми свойствами [Taniyama, D.; Kano, K.; Okamoto, K. *Heterocyclic compound having inhibitory activity on PI3K* // Eur. Pat. Appl. 2, 277, 881, 2011]. Однако, несмотря на увеличивающийся объём работ, направленных на получение и исследование 2-арилпирролидинов, их синтез встречает определённые затруднения. На настоящий момент существует два основных подхода к синтезу подобных соединений. Первый подход сводится к модификации уже полученного тем или иным образом гетероциклического остова. Второй подход заключается во внутри- или межмолекулярной циклизации полифункциональных органических соединений с образованием пирролидинового ядра, при этом необходимый арильный фрагмент, как правило, входит в состав соединения-предшественника. К общим недостаткам этих подходов следует отнести необходимость использования дорогостоящих катализаторов и/или реагентов, достаточно жёсткие условия реакции, необходимость зачастую трудоёмкого синтеза исходных соединений.

В ходе предыдущих исследований нами было показано, что ацетали, модифицированные мочевиным фрагментом, способны к кислотно-катализируемой внутримолекулярной циклизации в присутствии фенолов. Особо следует подчеркнуть, что при этом, в отличие от ранее описанных реакций, наряду с формированием гетероциклического кольца происходит образование экзоциклической связи С-С с фенолом. Литературные данные, а также наши собственные результаты свидетельствуют, что для успешного протекания внутримолекулярной циклизации азотсодержащих ацеталей в условиях кислотного катализа необходимо соблюдение двух основных условий. Во-первых, атом азота должен обладать пониженной основностью во избежание его протонирования в кислой среде. В то же время, его нуклеофильность должна быть достаточной для осуществления внутримолекулярной атаки на образующийся в ходе реакции карбокатион и замыкания гетероциклического кольца. С учётом этих данных, мы предположили, что ацетали, содержащие сульфамидные фрагменты, также способны к внутримолекулярной циклизации в кислой среде в присутствии ароматических нуклеофилов с образованием гетероциклических соединений.

Исследование взаимодействия *N*-(4,4-диэтоксипутил)сульфонамидов с различными фенолами в присутствии трифторуксусной кислоты показало, что в этих условиях действительно происходит замыкание пирролидинового цикла с образованием 1-сульфонил-2-арилпирролидинов. В реакцию вступают *N*-(4,4-диэтоксипутил)сульфонамиды, содержащие как арильный, так и алкильный заместители у атома серы. В качестве ароматического нуклеофила может быть использован широкий круг двух- и трёхатомных фенолов – резорцин, 2-метилрезорцин, 4-хлоррезорцин, 3-метоксифенол, гидрохинон, пирогаллол, флороглуцин, фенолы нафтольного ряда – 2-нафтол и 2,7-нафталиндиол, а также производные *m*-аминофенола. При использовании в реакции фенолов, имеющих два реакционноспособных

положения (резорцин, 2-метилрезорцин, пирогаллол, флороглуцин, гидрохинон, 3-метоксифенол, *m*-аминофенол) происходит образование соединений, имеющих в своём составе два тетрагидропиррольных цикла.

На выход целевых соединений заметное влияние оказывает природа заместителя у атома серы в исходных *N*-(4,4-диэтоксипутил)сульфонамидах. Так, в случае арильных заместителей он составил 48–67%, при этом наличие в ароматическом фрагменте электроноакцепторной группы приводит к снижению выхода искомым 1-сульфонил-2-арилпирролидинов до 28–33%, вероятно, вследствие уменьшения электронной плотности на атоме азота, участвующем в циклизации. В случае алкильных заместителей целевые соединения были выделены с выходом 46–73%.

Таким образом, в результате проведённых исследований нами был разработан новый подход к синтезу производных 2-арилпирролидинов, имеющих у атома азота сульфонильный заместитель, основанный на кислотно-катализируемой реакции *N*-(4,4-диэтоксипутил)сульфонамидов с фенолами. Предлагаемый подход, в отличие от ранее известных, позволяет осуществлять синтез целевых соединений в одну стадию, с одновременным замыканием гетероциклического кольца и формированием экзоциклической связи С-С во втором положении пирролидинового цикла, не требует использования дорогостоящих либо токсичных реагентов и катализаторов, а также предоставляет широкие возможности для варьирования как арильного заместителя во втором положении пирролидинового цикла, так и заместителя у атома азота.

Авторский коллектив: Бурилов А.Р., Смолобочкин А.В., Аникина Е.А., Газизов А.С., Пудовик М.А., Воронина Ю.К.

Публикации:

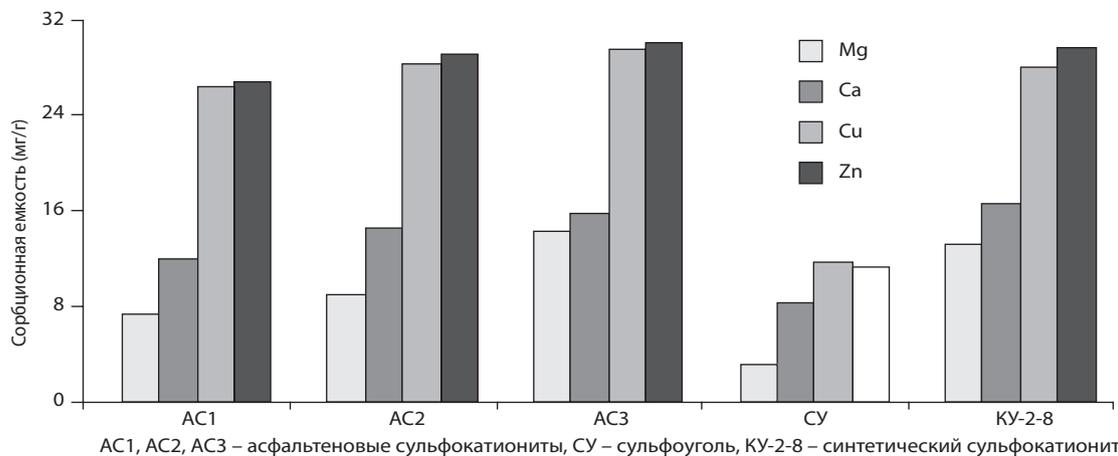
1. Смолобочкин А.В., Аникина Е.А., Газизов А.С., Бурилов А.Р., Пудовик М.А. *Синтез 1-(аренсульфонил)-2-арилпирролидинов при взаимодействии N-(4,4-диэтоксипутил)-4-метилбензолсульфонамида с фенолами* // Ж. орг. хим. – 2016. – Т. 52. – № 9. – С. 1316-1319.
2. Gazizov A.S., Smolobochkin A.V., Anikina E.A., Voronina J.K., Burilov A.R., Pudovik M.A. *Acid-catalyzed intramolecular cyclisation of N-(4,4-diethoxybutyl)sulfonamides as a novel approach to the 1-sulfonyl-2-arylpyrrolidines* // Synth. Commun. – 2017. – Vol. 47. – P. 44-52.
3. Смолобочкин А.В., Газизов А.С., Бурилов А.Р., Пудовик М.А. *Азотсодержащие ацетали и кетали в синтезе производных пирролидина (обзор)* // ХГС. – 2016. – Vol. 52. – P. 753-765.

11.

Разработан метод получения асфальтовых сульфокатионитов из тяжёлых 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 асфальтеновые 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 тяжёлых металлов и органических загрязнителей в различных производственных процессах.



Аннотация. Одним из вариантов переработки остаточных фракций тяжёлой нефти является процесс деасфальтизации, который позволяет отделить основную часть асфальтенов, в результате чего достигается существенное снижение коксумости и содержания металлов в сырье. Асфальтено-смолистые концентраты (асфальт деасфальтизации), полученные таким образом, могут быть использованы в производстве широкого спектра химических продуктов, таких как адсорбенты и все классы ионообменных смол: сильно- и слабо- основные/кислотные аниониты или катиониты и амфолиты. Наиболее простым и эффективным направлением использования асфальтеновых концентратов является их химическая модификация серной кислотой (олеумом) и окислителями с целью получения сорбентов и сульфокатионитов, пригодных для производственных процессов водочистки. Одновременно достигается повышение глубины переработки тяжёлых нефтей. В результате серии экспериментов обоснован новый способ получения сульфокатионитов из тяжёлого нефтяного сырья обработкой концентрированной серной кислотой предварительно растворенных в органическом растворителе мазутов или гудронов с суммарным содержанием асфальтено-смолистых компонентов не ниже 50 мас.%. В отличие от известного способа сульфирования асфальтено-смолистых компонентов при повышенных температурах проведение процесса в растворе позволяет получать целевые продукты в сравнительно мягких условиях – при комнатной температуре и минимальном времени воздействия сульфурящего агента. В ходе проведённых исследований установлено влияние определённых условий на количество новообразованных сульфо- и карбоксильных групп в составе получаемых продуктов. В результате были получены асфальтеновые сульфокатиониты (Рисунок), сопоставимые по сорбционным характеристикам с синтетическим сульфокатионитом – ионообменной смолой КУ-2-8. В

этом отношении асфальтеновые сульфокатиониты по сорбционным характеристикам существенно превосходят их природный аналог – сульфоуголь.

На основе анализа сопоставления структурных (по ИК Фурье спектрам) и сорбционных параметров обоснована возможность использования спектральных коэффициентов для прогноза сорбционных характеристик сульфокатионитов из нефтяного сырья. Кроме асфальтеновых сульфокатионитов в качестве материалов для водоочистки показана возможность использования оксидатов асфальтенов. При окислении асфальтенов водным раствором перкарбоната натрия получены нерастворимые в воде и бензоле оксидаты. В результате одновременно с окислительной конденсацией асфальтеновых структур фиксируется новообразование эфирных/сложноэфирных, карбоксильных и сульфоксидных групп. Экспериментально на модельных растворах показана возможность использования оксидатов асфальтенов в качестве материала для очистки воды от фенола.

Авторский коллектив: Якубов М.Р., Грязнов П.И., Якубова С.Г., Борисов Д.Н., Милордов Д.В., Миронов Н.А., Косачев И.П., Сияшин К.О.

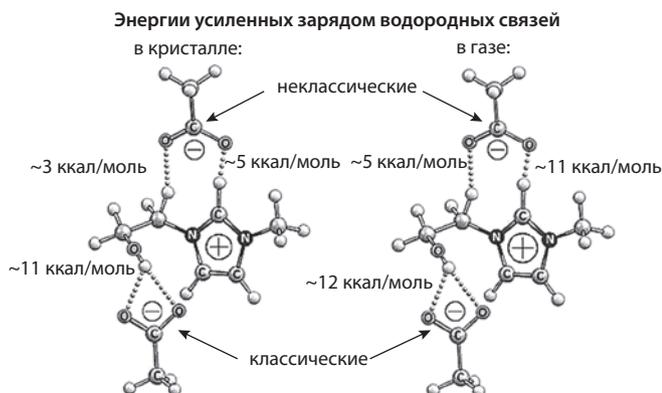
Публикации:

1. Yakubov M.R., Gryaznov P.I., Yakubova S.G., Tazeeva E.G., Mironov N.A., Milordov D.V. *Structural-group composition and properties of heavy oil asphaltenes modified with sulfuric acid* // Petroleum Science and Technology. – 2016. – Vol. 34. – N. 2. – P. 177-183.
2. Якубов М.Р., Якубова С.Г., Борисов Д.Н., Косачев И.П., Грязнов П.И., Усманова Г.Ш., Милордов Д.В., Романов Г.В. *Состав и свойства оксидатов асфальтенов тяжёлых нефтяных остатков* // Химия и технология топлив и масел. – 2015. – № 2 (588). – С. 52-56.
3. Yakubov M.R., Milordov D.V., Yakubova S.G., Borisov D.N., Gryaznov P.I., Usmanova G.Sh. *Sulfuric acid as-*

- sisted extraction and fractionation of porphyrins from heavy petroleum residuals with a high content of vanadium and nickel // Petroleum Science and Technology. – 2015. – Vol. 33. – N. 9. – P. 992-998.*
4. Yakubov M.R., Gryaznov P.I., Abilova G.R., Yakubova S.G., Ivanov V.T., Milordov D.V., Mironov N.A. *Effect of synthesis conditions of asphaltene sulfocationites on their composition and sorption properties // Indian Journal of Science and Technology. – 2015. – Vol. 8. – N. 36. – P. 1-6.*
 5. Якубов М.Р., Грязнов П.И., Якубова С.Г., Милордов Д.Н., Борисов Д.Н., Миронов Н.А., Синяшин К.О. Заявка на патент. *Способ получения сульфокатионитов из тяжёлых нефтяных остатков*. Регистрационный номер 2016136131. Дата поступления 07.09.2016.
 6. Якубов М.Р., Грязнов П.И., Якубова С.Г., Усманова Г.Ш., Косачев И.П. Иванов В.Т. Гоголашвили Э.Л. *Новые сульфокатиониты на основе асфальтено-смолистого концентрата тяжёлой высокосернистой нефти // Международная научно-практическая конференция “Нефтегазопереработка-2015”, 20 мая 2015, Уфа. Материалы конференции. – С. 233-234.*
 7. Якубов М.Р., Грязнов П.И., Милордов Д.В., Якубова С.Г., Миронов Н.А., Борисов Д.Н. *Новые возможности получения сорбентов и сульфокатионитов на основе асфальтенов и смол тяжёлых нефтей // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, 26–30 сентября 2016, Екатеринбург. Материалы конференции. – Т. 4. – С. 153.*

12.

Впервые определены энергии усиленных зарядом межмолекулярных водородных связей с участием СН-групп в конденсированной фазе. Анализ топологии электронной плотности и ИК спектральных характеристик ряда ионных жидкостей показал, что энергии этих неклассических водородных связей с различными анионами сопоставимы по величине с кулоновским притяжением катионов с анионами в полярных средах. Полученные количественные характеристики силы водородных связей “СН…анион” могут использоваться при дизайне лигандов, селективных к анионам.



Аннотация. Водородные связи ХН…А заметно усиливаются, если донор водородной связи (ХН) несет положительный заряд, либо акцептор (А) отрицательно заряжен, либо и донор, и акцептор заряжены разноименно. Несмотря на важную роль таких усиленных зарядом водородных связей (УЗВС) в биологии, супрамолекулярной химии, инженерии кристаллов, и т.д., в литературе практически отсутствуют данные об их энергиях в конденсированной фазе. Имеющихся оценок энергетике изолированных УЗВС в газе явно недостаточно для понимания роли и корректного описания функции кооперативных УЗВС, действующих в подавляющем большинстве реальных систем (кристаллы, жидкости, полярные растворы). Полученные нами экспериментальные и расчётные данные об электронной плотности и инфракрасных (ИК) спектрах кристаллов ацетата и гексафторфосфата 1-(2'-гидроксиэтил)-3-метилимидазолия ([C₂ОНmim][OAc]) позволили выявить в кристаллах несколько коротких контактов ХН…О (X = O, C_{sp2}, C_{sp3}), удовлетворяющих одновременно геометрическим, ИК спектральным и электронно-топологическим критериям ВС. Для всех таких контактов мы получили первые в мировой литературе оценки энергии УЗВС, используя эмпирические корреляции (1–3):

$$E_{\text{BC}} [\text{ккал} \cdot \text{моль}^{-1}] = 3RT/2 + 0.29\Delta I^{1/2} [\text{км} \cdot \text{моль}^{-1}], \quad (1)$$

где $\Delta I^{1/2} = I^{1/2} - I_0^{1/2}$, а I – ИК интенсивность для валентного колебания (νXH) X-Н группы, участвующей в формировании ВС, по сравнению с соответствующей интенсивностью невзаимодействующей группы (I_0).

$$E_{\text{BC}} [\text{ккал} \cdot \text{моль}^{-1}] = 3RT/2 + 0.33 (\Delta\nu [\text{см}^{-1}] - 40)^{1/2}, \quad (2)$$

где $\Delta\nu = \nu\text{XH}_{\text{своб.}} - \nu\text{XH}_{\text{связ.}}$ представляет собой величину красного сдвига частоты νXH , вызванного образованием ВС ХН-группой.

$$E_{\text{BC}} [\text{ккал} \cdot \text{моль}^{-1}] = 269 G_b [\text{а.е.э.}], \quad (3)$$

где G_b – локальная плотность электронной кинетической энергии в критической точке электронной плотности на связи Н…О.

Оценки энергии УЗВС, полученные с использованием всех трёх уравнений, основанных на совершенно разных принципах, согласуются между собой.

Сопоставление этих результатов с данными наших ИК спектральных исследований УЗВС катиона [C₂ОНmim]⁺ с анионами [BF₄]⁻, [Tf₂N]⁻, [OTf]⁻ и [TFA]⁻ позволило заложить базу количественных характеристик силы связей C_{sp2}Н…АНИОН или C_{sp3}Н…АНИОН, которые могут использоваться при дизайне лигандов, селективных к анионам.

Авторский коллектив: Кацюба С.А., Венер М.В. (РХТУ им. Д. И. Менделеева), Зверева Е.Е., Fei Z., Scopelliti R., Dyson P.J. (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland)

Публикации:

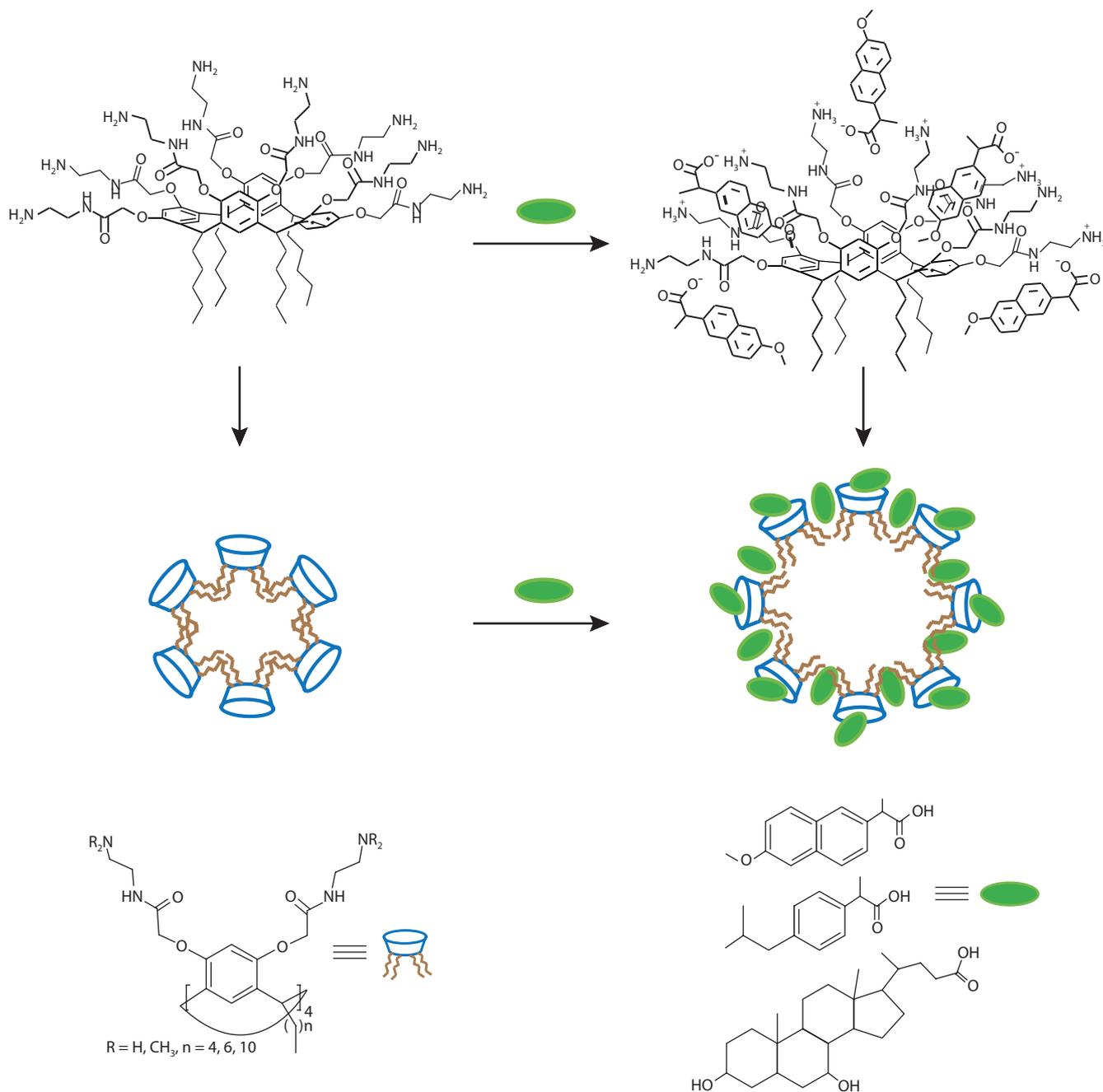
1. Katsyuba S.A., Vener M.V., Zvereva E.E., Fei Z., Scopelliti R., Brandenburg J.G., Siankevich S., Dyson

- P.J. *Quantification of conventional and nonconventional charge-assisted hydrogen bonds in the condensed and gas phases* // J. Phys. Chem. Lett. – 2015. – Vol. 6. – N. 21. – P. 4431-4436.
2. Katsyuba S.A., Vener M.V., Zvereva E.E., Fei Z., Scopelliti R., Laurency G., Yan N., Paunescu E., Dyson P.J. *How strong is hydrogen bonding in ionic liquids, combined X-ray crystallographic, infrared/Raman spectroscopic, and density functional theory study* // J. Phys. Chem. B. – 2013. – Vol. 117. – N. 30. – P. 9094-9105.
3. Katsyuba S.A., Vener M.V., Zvereva E.E., Dyson P.J. *Strength of conventional and non-conventional charge-assisted hydrogen bonds: the condensed phases vs gas* // VIIIth International Symposium “Design and Synthesis

of Supramolecular Architectures”. April 25–29, 2016, Kazan, Russia. Book of Abstracts. – O-19.

13.

Впервые получены супрамолекулярные наноконтейнеры на основе амфифильных аминокаликс[4]резорцинарен 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.



Аннотация. Один из способов создания системы для доставки лекарственных средств, особенно подходящий для гидрофобных субстратов, – их инкапсуляция в гидрофобную полость макроциклов или внутрь мицелл полимеров и ПАВ. Обычно солюбилизация за счёт образования комплексов включения с макроциклами приводит к образованию комплексов стехиометрии 1 к 1, а за счёт связывания мицеллами амфифильных полимеров или ПАВ составляет около 10%. Амфифильные каликсрезорцинарены – макроциклы, способные к образованию самоассоциатов; они способны связывать водорастворимые и водонерастворимые органические вещества как с образованием комплексов включения, так и заключая их между соседними макроциклическими молекулами в самоассоциатах. Нами найдено, что самоассоциаты амидоаминокаликсрезорцинаренов эффективно солюбилизируют лекарственные препараты напроксен, ибупрофен и урсодезоксихолевую кислоту, представляющие собой низкорастворимые карбоксикислоты, за счёт их ионизации и образования комплексов стехиометрии от 1 к 1 до 1 к 7 в результате связывания молекул субстратов полостью молекул макроциклов и между соседними молекулами макроциклов в их самоассоциатах. В результате эффективность введения лекарственного препарата составляет от 16 (урсодезоксихолевая кислота) до 45% (напроксен, ибупрофен). Солюбилизация карбоксикислот самоассоциатами амидоаминокаликсрезорцинаренов приводит к формированию в водном растворе сферических частиц диаметром 100–160 нм, стабильных при хранении и воздействии температур, но диссоциирующих при уменьшении pH раствора. Показано, что токсичность полученных супрамолекулярных наночастиц снижается при увеличении гидрофобности макроцикла. Полученные супрамолекулярные системы перспективны для создания наноконтейнеров с высокой степенью загрузки лекарственного субстрата.

Авторский коллектив: Морозова Ю.Э., Шалаева Я.В., Сякаев В.В., Ермакова А.Е., Казакова Э.Х., Волошина А.Д., Зобов В.В., Низамеев И.Р., Кадиоров М.К., Коновалов А.И.

Публикации:

- Morozova Ju.E., Syakaev V.V., Kazakova E.Kh., Shalaeva Ya.V., Nizameev I.R., Kadirov M.K., Voloshina A.D., Zobov V.V., Konovalov A.I. *Amphiphilic calixresorcinarene associates as effective solubilizing agents for hydrophobic organic acids: construction of nano-aggregates* // *Soft Matter*. – 2016. – Vol. 12. – P. 5590-5599.
- Shalaeva Ya.V., Morozova Ju.E., Syakaev V.V., Kazakova E.Kh., Ermakova A.M., Nizameev I.R., Kadirov M.K., Konovalov A.I. *Supramolecular nanoscale systems based on amphiphilic tetramethylsulfonatocalix[4]resorcinarenes and cationic polyelectrolyte with controlled guest molecule binding* // *Supramol. Chem.* – 2016. DOI:10.1080/10610278.2016.1219034.
- Morozova Ju.E., Syakaev V.V., Ermakova A.M., Shalaeva Ya.V., Kazakova E.Kh., Konovalov A.I. *Supramolecular systems based on amidoammonium and amidoaminocalix[4]resorcinarenes and polyacrylic acid* // *Colloids Surf. A*. – 2015. – Vol. 481. – P. 400–406.
- Морозова Ю.Э., Сякаев В.В., Шалаева Я.В., Ермакова А.М., Казакова Э.Х., Низамеев И.Р., Кадиоров М.К., Коновалов А.И. *Наноразмерные супрамолекулярные системы на основе амфифильных октазамещённых каликс[4]резорцинаренов и полиэлектролитов, инкапсулирование субстратов* // Кластер конференций по органической химии “Оргхим-2016”, 27 июня–1 июля 2016, Санкт-Петербург (пос. Репино). Тезисы докладов. – С. 154-155.
- Morozova Ju.E., Shalaeva Ya.V., Syakaev V.V., Ermakova A.M., Kazakova E.Kh., Nizameev I.R., Kadirov M.K., Konovalov A.I. *Supramolecular complexes formed by association of amphiphilic calixresorcinarenes and polyethyleneimine* // VIIIth International Symposium “Design and Synthesis of Supramolecular Architectures”, April 25–29, 2016, Kazan, Russia. Book of Abstracts. – P. 32.
- Морозова Ю.Э., Миронова Д.А., Сякаев В.В., Ермакова А.Е., Шалаева Я.В., Казакова Э.Х., Коновалов А.И. *Образование коллоидных систем амфифильных каликс[4]резорцинаренов с молекулами-гостями и водорастворимыми полимерами* // III Всероссийский симпозиум по поверхностно-активным веществам “ПАВ 2015”. 29 июня–1 июля 2015, Санкт-Петербург. – С. 121-122.
- Морозова Ю., Ермакова А., Шалаева Я., Миронова Д., Сякаев В., Казакова Э., Коновалов А. *Амидоаммонийные каликс[4]резорцинарены в супрамолекулярных полимерных системах* // Молодёжная научная школа-конференция “Актуальные проблемы органической химии”, 21–27 марта, 2015, Шерегеш, Кемеровская обл. Тезисы докладов. – С. 153.
- Ermakova A.M., Morozova Ju.E., Shalaeva Ya.V., Syakaev V.V., Kazakova E.Kh., Konovalov A.I. *Amphiphilic calix[4]resorcinarenes in the nanosystems with polymers and silver nanoparticles* // IX International Conference of Young Scientists on Chemistry “Mendeleev-2015”, April 7–10, 2015, Saint Petersburg. Book of Abstracts. – P. 36.
- Morozova Ju.E., Kazakova E.Kh., Syakaev V.V., Shalaeva Ya.V., Nizameev I.R., Kadirov M.K., Konovalov A.I. *The aggregates of amphiphilic calixresorcinarenes as the effective solubilizing agents for hydrophobic substrates* // XXVI Международная Чугаевская конференция по координационной химии, 6–10 октября 2014, Казань, Россия. Тезисы докладов. – С. 143.
- Ермакова А.М., Морозова Ю.Э., Сякаев В.В., Шалаева Я.В., Казакова Э.Х., Коновалов А.И. *Супрамолекулярные полимерные системы на основе аммонийных каликс[4]резорцинов* // Всероссийская школа-конференция студентов, аспирантов и молодых учёных “Материалы и технологии XXI века”, 11–12 декабря 2014, Казань. Сборник тезисов. – С. 232.

Награды, почётные звания, премии, стипендии, дипломы



Государственную награду Олегу Герольдовичу Сияншину вручил Премьер-министр РТ Ильдар Шафкатович Халиков.



За большие заслуги в развитии фундаментальных исследований в области химии, плодотворную научную деятельность и вклад в подготовку высококвалифицированных специалистов Государственной награды Республики Татарстан – медали “За доблестный труд” в 2016 году удостоен директор ИОФХ им. А. Е. Арбузова, академик РАН Сияншин Олег Герольдович.

Медаль учреждена законом Республики Татарстан от 24 марта 2004 года “О государственных наградах Республики Татарстан”.

Медалью награждаются:

- за высокие достижения в труде в области государственного, экономического, социального и культурного развития Республики Татарстан, в развитии экономического и научного потенциала республики,
- за активную общественную и благотворительную деятельность.

За исключительный вклад в укрепление сотрудничества и развитие научных связей между Францией и Россией указом Премьер-министра Французской Республики М. Вальса доктору химических наук, профессору, члену-корреспонденту РАН Антипину Игорю Сергеевичу присвоено звание Кавалера Ордена Академических пальм. Современный орден имеет три степени – кавалерскую, офицерскую и командорскую – и представляет собой две пальмовые ветви на лиловой ленте. Французы прозвали его “Лиловым легионом”, по аналогии с самым известным своим орденом Почётного легиона.

Престижный орден Академических пальм существует больше двух веков, со времени императорства Наполеона. Первоначально он был знаком принадлежности к академикам и профессорам Парижского университета, но затем стал наградой для “лиц, способствующих народному просвещению” – учителей, учёных и литераторов, включая иностранных граждан.



Игорь Сергеевич Антипин – Кавалер Ордена Академических пальм.

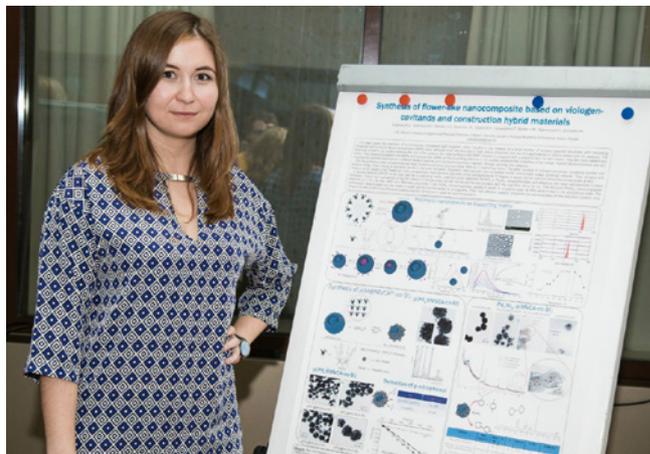


Более 100 молодых учёных ведущих вузов и научно-исследовательских центров Республики Татарстан участвовали в конкурсе “Лучший молодой учёный РТ-2015”. Среди победителей – сотрудники ИОФХ им. А. Е. Арбузова:

- м.н.с. Виттманн Татьяна Ивановна (3-е место в номинации “Лучший аспирант в области естественных наук”, рук. – д.х.н., проф. А. А. Карасик)
- к.х.н., н.с. лаборатории элементоорганического синтеза им. А. Н. Пудовика Чугунова Елена Александровна (1-е место в номинации “Лучший молодой учёный в области естественных наук”, рук. – д.х.н., проф. А. Р. Бурилов);
- к.х.н., н.с. лаборатории химии каликсаренов Муравьев Антон Андреевич (3-е место в номинации “Лучший молодой учёный в области естественных наук”, рук. – член-корр. РАН И. С. Антипин);
- к.х.н., н.с. лаборатории химико-биологических исследований Миндубаев Антон Зуфарович (3-е место в номинации “Лучший молодой учёный в области естественных наук”, рук. – д.б.н. проф. В. В. Зобов).

Диплом II степени Арбузовской премии 2016 года за выдающиеся исследования в области фундаментальной и прикладной химии среди молодых учёных г. Казани за работу “Создание новых антимикробных соединений широкого спектра действия на бензофураксановой платформе” получила к.х.н., н.с. лаборатории элементоорганического синтеза Чугунова Елена Александровна.

В финал конкурса на получение Арбузовской премии 2016 года среди молодых учёных г. Казани вышли также сотрудники лаборатории металлоорганических и координационных соединений ИОФХ: м.н.с. Виттманн Татьяна Ивановна и м.н.с. Фомина Ольга Сергеевна. Они получили Дипломы Республиканского химического общества им. Д. И. Менделеева Татарстана за выдающиеся достижения в области фундаментальной и прикладной химии среди молодых учёных г. Казани.



Эльза Дамировна Султанова на ежегодной конференции Хальдор Топсе.

Стипендию имени И. И. Мечникова для осуществления исследовательской деятельности во Франции от Посольства Франции в России получил к.х.н., н.с. лаборатории химии каликсаренов Овсянников Александр Сергеевич.

Стипендию в рамках программы для стран Балтийского региона Visby Шведского Института для осуществления научно-исследовательской деятельности в Техническом университете Лулео (г. Лулео, Швеция) получил к.х.н., н.с. лаборатории физико-химии супрамолекулярных систем Заиров Рустэм Равилевич.

Компания Хальдор Топсе продолжает ежегодную программу поддержки аспирантов, работающих в области гетерогенного катализа. Среди пяти победителей конкурса 2016 года – аспирантка Султанова Эльза Дамировна (рук. – к.х.н. Зиганшина А.Ю., лаборатория химии каликсаренов) с научно-исследовательской работой “Синтез полимерных наноконтейнеров на основе виологенкавитандов и создание гибридных наноматериалов”.



Елена Александровна Чугунова.



Софья Олеговна Стрекалова и мэр г. Казани Ильсур Раисович Метшин.



Лучшие молодые учёные.

Стипендию правительства республики Татарстан “Алгарыш” на стажировку в зарубежных научных и образовательных учреждениях (по категории научные сотрудники) 2016 г. получил к.х.н., н.с. лаборатории химии каликсаренов Муравьев Антон Андреевич за достижения в области науки.

Именную стипендию Мэра города Казани получила аспирантка Стрекалова Софья Олеговна (рук. – д.х.н. Будникова Ю.Г., лаборатория электрохимического синтеза) за научно-исследовательскую работу “Электрохимический подход к синтезу фармакологически значимых прекурсоров как направление “зелёной химии”.

Диплом первой степени за лучший доклад в секции “Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений” международной научно-практической конференции молодых учёных “Энергия молодёжи для нефтегазовой индустрии” (Альметьевск, 2016) получила аспирантка Абилова Гузалия Рашидовна (рук. – к.х.н. Якубов М.Р., лаборатория переработки нефти и природных битумов).

Диплом за лучший устный доклад на секции “Биомедицина и биофармацевтика” международной молодёжной конференции “Биология – наука XXI века” (Пушино, 2016) получил инженер-исследователь лаборатории химико-биологических исследований Назаров Наиль Госманович.

И. П. Романова

Учёные звания, учёные степени, защищённые диссертации

Диссертации и учёные степени

Сотрудниками и аспирантами Института в 2016 году было защищено 10 диссертаций: две – на соискание учёной степени доктора и 8 – на соискание учёной степени кандидата химических наук. Здесь же дана информация о защите предыдущего года, которая не успела войти в материалы Ежегодника-2015.

Диссертации на соискание учёной степени доктора химических наук:

Совет Д 022.005.01 при ФГБУН
ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН

1. Газизов Альмир Сабирович
“Синтез и свойства новых функционально замещённых водорастворимых производных фуллерена C₆₀”
Специальность: 02.00.03 – Органическая химия
(Защита состоялась 21 декабря 2016 г.)

Совет Д 022.005.02 при ФГБУН
ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН

1. Хаматгаллимов Айрат Раисович
“Строение и стабильность высших фуллеренов в ряду C₆₀-C₈₆”
Специальность: 02.00.04 – Физическая химия
(Защита состоялась 2 марта 2016 г.)
Приказ Минобрнауки РФ № 1413/нк от 02.11.2016 г.
о выдаче диплома.

Диссертации на соискание учёной степени кандидата химических наук:

Совет Д 212.080.01 при ФГБОУ ВПО “Казанский национальный исследовательский технологический университет”

1. Назмиева Гульшат Наилевна
“Синтез и свойства эпоксиаминных олигомеров и разветвленных метакриловых сополимеров с нелинейно-оптически активными фрагментами различного строения в боковой цепи”
Специальность: 02.00.06 – Высокомолекулярные соединения
(Защита состоялась 2 декабря 2016 г.)
Приказ Минобрнауки РФ № 316/нк от 14.03.2016 г.
о выдаче диплома.

Совет Д 022.005.01 при ФГБУН
ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН

1. Крылова Евгения Сергеевна
“Синтез и свойства открытоцепных и макроциклических соединений на основе 1,3-бис(ω-алкил)урацилов, содержащих в своём составе некоторые ароматические азазетероциклы”
Специальность: 02.00.03 – Органическая химия
(Защита состоялась 18 мая 2016 г.)
Приказ Минобрнауки РФ № 1294/нк от 17.10.2016 г.
о выдаче диплома.
2. Милордов Дмитрий Валерьевич
“Состав и свойства порфиринов тяжёлых нефтей и нефтяных остатков с повышенным содержанием ванадия и никеля”
Специальность: 02.00.13 – Органическая химия
(Защита состоялась 1 июня 2016 г.)
Приказ Минобрнауки РФ № 1294/нк от 17.10.2016 г.
о выдаче диплома.

Совет Д 022.005.02 при ФГБУН
ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН

1. Виттманн Татьяна Ивановна
“Новые 14-членные циклические тетраакисфосфины и их комплексы с переходными металлами: синтез и особенности поведения в растворах”
Специальность: 02.00.08 – Химия элементоорганических соединений
(Защита состоялась 16 марта 2016 г.)
Приказ Минобрнауки РФ № 1087/нк от 10.08.2016 г.
о выдаче диплома.
2. Сафиуллин Роман Альбертович
“Агрегация производных каликс[4]аренов с каталазой, цитохромом С и фибрином на границе раздела фаз”
Специальность: 02.00.04 – Физическая химия
(Защита состоялась 4 мая 2016 г.)
Приказ Минобрнауки РФ № 1294/нк от 17.10.2016 г.
о выдаче диплома.
3. Насибуллин Игорь Олегович
“Синтез Р,Р,Р-тригалогенбензо-1,3,2-диоксафосфолов на основе некоторых полифенолов и их реакции с терминальными ацетиленами”
Специальность: 02.00.08 – Химия элементоорганических соединений
(Защита состоялась 5 октября 2016 г.)
4. Полянцев Федор Михайлович
“Возможности и ограничения квантово-химических расчётов химических сдвигов ЯМР ³¹P в структурном анализе фосфорсодержащих соединений”
Специальность: 02.00.04 – Физическая химия,
(Защита состоялась 2 ноября 2016 г.)
5. Шамсиева Алия Василевна
“Синтез пиридилсодержащих фосфолатов и изучение их координационных свойств”
Специальность: 02.00.08 – Химия элементоорганических соединений
(Защита состоялась 22 декабря 2016 г.)

Совет Д 002.039.01 при ФГБУН Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН

1. Салахутдинова Ольга Александровна
“Самоорганизация и свойства высокоразбавленных водных растворов производных гликольурилы и бензойной кислоты: влияние температуры и строения веществ”
Специальность: 02.00.04 – Физическая химия
(Защита состоялась 8 июня 2016 г.)
Приказ Минобрнауки РФ № 1414/нк от 2.11.2016 г.
о выдаче диплома.

А. В. Торопчина

Проекты, договора и гранты

В 2016 году научные исследования, проводимые в ИОФХ, помимо бюджетного финансирования, поддерживались из перечисленных ниже источников.

Программы фундаментальных исследований Президиума РАН

№ 1-П “Наноструктуры: физика, химия, биология, основы технологий”. Координатор – акад. Алферов Ж.И., проект:

“Дизайн композиционных полимерных наноматериалов, обладающих электрооптическими свойствами, с использованием компьютерного моделирования и новых аналитических подходов к учёту анизотропии среды”. Рук. акад. Синяшин О.Г. (отв. исп. Балакина М.Ю.)

№ 8-П “Химический анализ и исследование структуры веществ, фундаментальные основы и новые методы. Разработка методов получения химических веществ и создание новых материалов. Физико-химические проблемы поверхностных явлений”. Координаторы – акад. Золотов Ю.А., акад. Тартаковский В.А., акад. Цивадзе А.Ю., проект:

“Методы создания полифункциональных материалов. Установление оптимального содержания хромофоров при создании новых электрооптических материалов, предназначенных для высокоскоростной обработки и передачи информации, на основе метакриловых сополимеров с дендритными азохромофорными фрагментами в боковых цепях”. Рук. акад. Синяшин О.Г. (отв. исп. Балакина М.Ю., Карасик А.А.)

№ 14-П “Научные основы создания новых функциональных материалов. Фундаментальные основы ресурсосберегающих технологий, создание металлов, сплавов, композитов и керамики с повышенными свойствами”. Координаторы – акад. Кузнецов Н.Т., акад. Леонтьев Л.И., акад. Солнцев К.А., проект:

“Новые функциональные неорганические материалы на основе комплексов арил- и ферроценилфосфиновых кислот”. Рук. акад. Синяшин О.Г. (отв. исп. Милюков В.А.)

№ 22-П “Эволюция органического мира и планетарных процессов”. Координаторы – акад. Розанов А.Ю., акад. Галимов Э.М., проект:

“Самоорганизация, физико-химические свойства и биологическая активность высокообразованных

водных растворов низкомолекулярных пептидов. Влияние гипоелектромагнитных условий”. Рук. акад. Коновалов А.И. (отв. исп. Рыжкина И.С.)

№ 32-П “Арктика. Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации”. Координатор – ак. Ханчук А.И., проект:

“Научные основы создания новых материалов мембранно-электродных блоков водородных и спиртовых топливных элементов для работы в условиях Арктики”. Рук. акад. Синяшин О.Г. (отв. исп. Карасик А.А.)

Программы фундаментальных исследований Отделения химии и наук о материалах РАН

№ 1-ОХ “Теоретическое и экспериментальное изучение природы химической связи и механизмов важнейших химических реакций и процессов”. Координатор – акад. Нефедов О.М.

“Стабилизация, контроль спинового состояния и изучение реакционной способности фосфиниденов, генерируемых в реакциях циклоприсоединения 1-алкил-1,2-дифосфолов и их комплексов с алкинами”. Рук. акад. Синяшин О.Г. (Милюков В.А.)

№ 3-ОХ “Создание и изучение макромолекул и макромолекулярных структур новых поколений”. Координатор – акад. Хохлов А.Р.

- Направление: “Наноструктуры и самоорганизация в функциональных макромолекулярных системах”

“Биомиметические супрамолекулярные системы на основе гидрофобизированных полимеров и низкомолекулярных амфифилов: самоорганизация и функциональная зависимость”. Рук. акад. Коновалов А.И. (Захарова Л.Я.)

№ 5-ОХ “Супрамолекулярные системы и материалы на их основе”. Координатор – акад. Коновалов А.И.

“Создание новых функциональных наночастиц на основе производных каликсаренов, амфифилов и ионов металлов”. Рук. акад. Коновалов А.И. (Соловьева С.Е., Рыжкина И.С., Мустафина А.Р., Захарова Л.Я.)

№ 7-ОХ “Создание научных основ экологически безопасных и ресурсосберегающих химико-технологических процессов. Отработка процессов с получением опытных партий веществ и материалов”. Координатор – акад. Алдошин С.М.

“Разработка малотоннажной технологии получения диметилвинил-этинилкарбинола (многофункционального химического сырья) на основе промышленных отходов нефтехимического производства с целью создания новых химических продуктов, имеющих важное практическое применение”. Рук. акад. Сияшин О.Г. (Будникова Ю.Г., Бурилов А.Р.)

№ 9-ОХ “Медицинская химия”: молекулярный дизайн физиологически активных соединений и лекарственных препаратов”. Координатор – акад. Зефилов Н.С.

“Создание новых терапевтических агентов путём иммобилизации фармакофорных групп на супрамолекулярной платформе”. Рук. акад. Коновалов А.И. (Захарова Л.Я.)

Гранты Президента Российской Федерации для поддержки научных исследований молодых российских учёных кандидатов наук и ведущих научных школ

1. МК-4456.2015.3 “Синтез ИК-люминесцирующих наночастиц на основе макороциклических бетади-кетонатных комплексов Yb(III)” (рук. Заиров Р.Р.)
2. МК-7748.2015.3 “Диастереоселективные реакции циклоприсоединения хиральных 1,2-дифосфолов – новый метод синтеза энантиоциклических фосфинов для гомогенного асимметрического катализа” (рук. Загидуллин А.А.)
3. МК-4838.2016.3 “2Н-бензимидазол 1,3-диоксиды-потенциальные биологически активные вещества. Синтез и химические трансформации под действием температуры и света” (рук. Чугунова Е.А.)
4. МК-5778.2016.3 “Разработка эффективного подхода к модификации твёрдой поверхности каликсареновыми плёнками, обладающими нелинейными оптическими свойствами” (рук. Муравьев А.А.)
5. МК-5934.2016.3 “Новый подход к синтезу и модификации наночастиц золота в водном растворе при использовании амидоаминовых каликсрезорцинарен” (рук. Шалаева Я.В.)

Научные школы

НШ-7939.2016.3 “Создание новых наноструктурированных 2D и 3D архитектур, проявляющих сенсорную и каталитическую активность, путём самоорганизации амфифилов и макроциклов” (рук. Коновалов А.И., Антипин И.С., Соловьева С.Е.)

Гранты Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ)

“Мой первый грант”

1. 16-33-00068 “Функциональные наноматериалы на основе люминесцентных и парамагнитных комплексов лантанидов” 2016–2017 (рук. Шамсутдинова Н.А.)
2. 16-33-00088 “Новые биомиметические никелевые и кобальтовые катализаторы с Р, N-лигандами для электрокаталитического выделения водорода” 2016–2017 (рук. Хризанфорова В.В.)
3. 16-33-00099 “Супрамолекулярные системы на основе ПАВ и полимеров: закономерности самоорганизации и применение в процессах инкапсулирования гидрофобных зондов и квантовых точек” 2016–2017 (рук. Васильева Э.А.)
4. 16-33-00112 “Синтез новых люминесцентных наноматериалов на основе комплексов тербия (III) и наночастиц серебра” 2016–2017 (рук. Мухаметшина А.Р.)
5. 16-33-00145 “Конструирование функционального материала в виде упорядоченных систем металлических нанопроводов платины и палладия с регулируемой формой химическим осаждением из жидкой фазы” 2016–2017 (рук. Низамеев И.Р.)
6. 16-33-00420 “Электрохимический синтез биметаллический наночастиц Ag-Pd в растворе с использованием медиатора-метилвилогена” 2016–2017 (рук. Насретдинова Г.Р.)
7. 16-35-00449 “Преобразование высокомолекулярных нефтяных компонентов в системе “нефть-вода-карбонатная порода” 2016–2017 (рук. Охотникова Е.С.)
8. 16-33-00463 “Координационные полимеры на основе ферроценфосфиновых кислот как новые перспективные материалы с управляемыми магнитными и редокс свойствами” 2016–2017 (рук. Шекуров Р.П.)
9. 16-33-00536 “Гетеро- и гомогенное восстановление углекислого газа с использованием пиридина и тер-, бипиридилных комплексов в качестве катализатора” 2016–2017 (рук. Холин К.В.)
10. 16-33-00840 “Моно- и олигофосфираны как прекурсоры молекулярных магнетиков” 2016–2017 (рук. Ганушевич Ю.С.)
11. 16-33-01085 “Новые кристаллические супрамолекулярные структуры на основе металлокомплексов(тия) каликс[4]аренов и их азопроизводных по верхнему ободу: синтез, люминесцентные и магнитные свойства” 2016–2017 (рук. Овсянников А.С.)

Инициативные проекты

1. 14-03-00191 А “Синтез новых типов фосфорсодержащих подандов, макроциклических полидентатных лигандов на платформе каркасных фосфонатов и изучение их свойств” 2014–2016 (рук. Бурилов А.Р.)

2. 14-03-00258 А “Синтез и каталитические свойства одномерных наноразмерных кластеров металлической платины” 2014–2016 (рук. Кадилов М.К.)
3. 14-03-00405 А “Супрамолекулярные системы с электрохимически управляемыми нековалентными взаимодействиями на основе модифицированных каликсаренов” 2014–2016 (рук. Янилкин В.В.)
4. 14-03-00920 А “Корреляция “структура-оптические свойства” в ряду 1-алкил-1,2-дифосфолов и их производных – от квантово-химических расчётов к новым электрооптическим материалам” 2014–2016 (рук. Милуков В.А.)
5. 14-03-00921 А “Полидентантные лиганды на основе (тиа)каликс[4]аренов с N-ациламинными и N- ациламидиновыми фрагментами: синтез и супрамолекулярные свойства” 2014–2016 (рук. Соловьева С.Е.)
6. 15-03-01046 А “Новые функционализированные производные пиридоксаля (витамин В6) и пиридоксальфосфата. Синтез и свойства” 2015–2017 (рук. Пудовик М.А.)
7. 15-03-01058 А “Механизм нанокатализа реакций сочетания в ионных жидкостях” 2015–2017 (рук. Кацюба С.А.)
8. 15-03-01394 А “Новые реакции тиофосфорилирования органических соединений на основе элементного белого (Р4) или красного (Рn) фосфора и серы и пути их практического использования” 2015–2017 (рук. Батыева Э.С.)
9. 15-03-03048 А “Создание и исследование свойств новых нелинейно-оптических хромофоров на основе 3,7-дизамещённых хиноксалинонов” 2015–2017 (рук. Калинин А.А.)
10. 15-03-04423 А “Установление взаимосвязи между структурой и квадратичной нелинейно- оптической поляризуемостью димеров различного типа, образованных азохромофорами” 2015–2017 (рук. Балакина М.Ю.)
11. 15-03-04999 А “Гибридные неорганогенные наноматериалы на основе производных резорцина- рена и металлических наночастиц” 2015–2017 (рук. Коновалов А.И., отв. Зиганшина А.Ю.)
12. 15-03-05434 А “Супрамолекулярные системы на основе полимеризующихся и комплексообразующих амфифилов: мультифакторный контроль самоорганизации и функциональной активности” 2015–2017 (рук. Захарова Л.Я.)
13. 16-03-00007 “Химическое конструирование, фотофизические и сенсорные свойства новых типов поли-1,3- ликетонов, предорганизованных на макроциклической платформе” 2016–2018 (рук. Подъячев С.Н.)
14. 16-03-00076 “Влияние физико-химических факторов на самоорганизацию и свойства наногетерогенных систем на основе разбавленных водных растворов биологически активных веществ” 2016–2018 (рук. Рыжкина И.С.)
15. 16-03-00195 “Разработка новых биомиметических катализаторов на основе комплексов железа для процесса активации и функционализации одинарных связей” 2016–2018 (рук. Будникова Ю.Г.)
16. 16-03-00201 “Клик-химия в синтезе новых дендримеров на каликс[4]резорциновом ядре” 2016–2018 (рук. Князева И.Р.)
17. 16-03-00451 “Новый путь к Р-С- аналогам природных соединений на основе реакций фосфациклов, полученных из низкомолекулярных фенольных систем растительного происхождения” 2016–2018 (рук. Миронов В.Ф.)
18. 16-03-00920 “Дизайн и синтез новых 1D-3D металл- органических сеток на основе функционализированных (тиа)каликс[4]аренов и метациклофанов для квантовой электроники” 2016–2018 (рук. Антипин И.С.)
19. 16-03-00992 “Радикальные субструктуры в молекулах высших фуллеренов: Теория и практика” 2016–2018 (рук. Коваленко В.И.)
20. 16-03-01011 “Концентрация стабилизатора наночастиц как ключевой фактор определяющий их каталитическую активность” 2016–2018 (рук. Ермолаев В.В.)

Государственные контракты регионального конкурса научных проектов РФФИ и Правительства РТ

1. 15-43-02088 “Новые типы линейных и макроциклических структур, имеющих в составе одновременно фенольные группы и фосфониевые или аммониевые фрагменты- перспективные объекты для создания на их основе эффективных ингибиторов ацетилхолинэстеразы человека” 2015–2016 (рук. Бурилов А.Р.)
2. 15-43-02238 “Стереоселективная кристаллизация энантиомеров как основа для получения биологически активных веществ нового поколения” 2015–2016 (рук. Бредихин А.А.)
3. 15-43-02292 “Циклические аминотетрафосфины – новое поколение “умных” самонастраивающихся полифосфиновых лигандов в координационной химии” 2015–2016 (рук. Карасик А.А.)
4. 15-45-02367 “Влияние температурных эманаций на формирование углеводородного состава нефтяных залежей и природных битумов Южно-Татарского свода” 2015–2016 (рук. Косачев И.П.)
5. 15-43-02456 “Синтез и фармакологическая оценка новых бетадиалкилфосфорилкетонов(иминов) и их производных – перспективных углеродных аналогов лекарственного препарата Димефосфон” 2015–2016 (рук. Миронов В.Ф.)
6. 15-43-02486 “Создание асимметрических органокатализаторов на базе фосфорорганических соединений и основания Бетти” 2015–2016 (рук. Альфонсов В.А.)
7. 15-43-02490 “Микрогетерогенные растворы амфифилов, модифицированные электролитами и полиэлектролитами. Самоорганизация и реологические свойства” 2015–2016 (рук. Захарова Л.Я.)

8. 15-43-02667 “Разработка новых методов селективно-го получения линейных альфа-олефинов на основе этилена” 2015–2016 (рук. Яхваров Д.Г.)
9. 15-45-02689 “Гидротермально-каталитические превращения высокомолекулярных компонентов тяжёлых нефтей и природных битумов пермских отложений территории Татарстана в зависимости от степени их природной преобразованности” 2015–2016 (рук. Каюкова Г.П.)
10. 04-50-фГ2016 “Оптимизация электрооптических характеристик полимерных материалов на основе разветвленных хромофорсодержащих метакриловых сополимеров” 2016 (рук. Левицкая А.И.)
11. 05-123-фГ216 “Электрохимический синтез наноструктурированных упорядоченных систем на основе тер- и бипиридилных комплексов 3d-переходных металлов в объёме раствора и на поверхности” 2016 (рук. Холин К.В.)

Гранты Российского научного фонда и Министерства образования и науки Российской Федерации

1. 14-13-00589 РФФИ “Новые молекулярные магнетики на основе комплексов переходных и редкоземельных металлов и соединений низкокоординированного фосфора” 2014–2016 (рук. Безкишко И.А.)
2. 14-13-01122 РФФИ “Химия фосфиноксида H_3PO – от молекулы к функциональным материалам” 2014–2016 (рук. Яхваров Д.Г.)
3. 14-23-00016 “Электрохимически индуцированные процессы $C(sp^2)$ -Н замещения в синтезе фосфор- и фторорганических соединений с участием металлокомплексов как направление “зелёной химии” 2014–2016 (рук. Будникова Ю.Г.)
4. 14-50-00014 РФФИ “Формирование на базе ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН международного научно-инновационного Центра нейрoхимии и фармакологии” 2014–2018 (рук. Синяшин О.Г.)
 - Направление № 1 “Синаптическая холинэстераза как мишень для новых лекарственных препаратов, предназначенных для лечения заболеваний центральной и периферической нервной системы (рук. Никольский Е.Е.);
 - Направление № 2 “Создание отечественных нейро- и гепатопротекторов на основе молекулярно-фармакологического анализа “структура-активность” и изучения механизмов действия новых производных пиридина и лекарственного средства Ксимедон” (рук. Резник В.С.);
 - Направление № 3 “Создание новых классов антимикробных агентов” (рук. Катаев В.Е.)
5. 15-13-00139 РФФИ “Исследование содержания и распределения ванадия и никеля в асфальтенах и смолах тяжёлых нефтей и природных битумов с определением структур металлокомплексов порфиринового и

- непорфиринового типов” 2015–2017 (рук. Якубов М.Р.)
6. 15-13-30031 РФФИ “Новое поколение люминесцентных полиядерных комплексов d 10-металлов подгруппы меди на основе циклических бис- и теракисфосфинов с хромофорными группами” 2015–2017 (рук. Карасик А.А.)
7. 16-13-10023 РФФИ “Развитие новой стратегии формирования связи углерод-углерод, позволяющей “one-pot” получать разнообразные 2-арил(гетероарил)сульфонилпирролидины и создание на их основе соединений, обладающих широкой противомикробной активностью” 2016–2018 (рук. Бурилов А.Р.)
8. 16-13-10215 РФФИ “Нелинейно-оптические полимерные материалы на основе органических хромофоров с конденсированными гетероциклическими фрагментами” 2016–2018 (рук. Калинин А.А.)
9. Контракт Минобрнауки № 14.N08.12.1042 “Доклинические исследования лекарственного средства на основе Na-, Fe-, Ca-полигалактуроната для лечения анемии” 2015–2017 (рук. Синяшин О.Г.)

Прочие проекты, в том числе совместные гранты РФФИ и зарубежных научных центров

1. 14-03-91343 “Новые необычные магнитные комплексы: синтез, электронные и магнитные свойства”. Институт физики твёрдого тела и материалов общества Лейбница г. Дрезден, Германия 2014–2016 (рук. Катаева О.Н.)
2. 15-53-61021 “Создание высокоселективных противораковых препаратов на макроциклической платформе каликсарена”. Национальный исследовательский центр, г. Каир, Египет 2015–2016 (рук. Антипин И.С., отв. Соловьева С.Е.)
3. 16-03-20137 Организация и проведение VIII Международного симпозиума “Дизайн и синтез супрамолекулярных архитектур” 2016 (рук. Антипин И.С.)
4. 16-03-20243 Проект организации и проведения 21-й Международной конференции по химии фосфора (ICPC 2016) 2016 (рук. Карасик А.А.)
5. 16-33-10177 Проект организации и проведения Международной молодёжной конференции-школы “Rational Design of Phosphorus Substances with Desired Properties” 2016 (рук. Стрельник И.Д.)
6. 16-33-50007 “Гибридные P,P-бидентатные лиганды на основе 2-дифенилфосфино)этиламина как новые индукторы хиральности” 2016 (рук. Милюков В.А.)
7. 16-33-50055 “Исследование электрохимических свойств комплексов непереходных и редкоземельных металлов на основе редокс-активных лигандов” (конкурс научных проектов, выполняемых мол.учеными под руководством кандидатов и докторов наук в научных организациях РФ) 2016 (рук. Будникова Ю.Г.)

Лицензионные соглашения

1. Лицензионный договор о предоставлении неисключительной лицензии на использование товарных знаков Лицензиату – Открытому акционерному обществу “Татхимфармпрепараты” (ОАО “Татхимфармпрепараты”)
 - товарного знака (знака обслуживания) “ГЛИЦИФОН” (Свидетельство № 103351 зарегистрировано 09.03.1992 г.),
 - товарного знака (знака обслуживания) “GLYCIPHONUM” (Свидетельство № 103349 зарегистрировано 09.03.1992 г.)
2. Лицензионный договор (договор о предоставлении права использования результата интеллектуальной деятельности в качестве вклада в уставный капитал) Лицензиату – Обществу с ограниченной ответственностью “Научно-производственное предприятие “СПАРМ” (ООО “НПП “СПАРМ”)
 - изобретения “Кислотный фосфорсодержащий комплексообразующий реагент и способ его получения” (патент № 2331650, зарегистрирован 20.08.2008 г.), авторы: Альфонсов В.А., Баяндина, Пунегова Л.Н., Сияшин О.Г., Маргулис Б.Я., Романов Г.В., Лукьянов О.В.,
 - изобретения “Кислотный фосфорсодержащий комплексообразующий реагент и способ его получения (варианты)” (патент № 2331651, зарегистрирован 20.08.2008 г.), авторы: Альфонсов В.А., Баяндина Е.В., Пунегова Л.Н., Сияшин О.Г., Маргулис Б.Я., Романов Г.В., Лукьянов О.В.
3. Лицензионный договор о предоставлении права использования изобретений Лицензиату – Обществу с ограниченной ответственностью “Научно-производственное объединение “БиоХимСервис” (ООО “НПО “БиоХимСервис”)
 - изобретения “Меламинавая соль бис(оксиметил) фосфиновой кислоты (Мелафен) в качестве регулятора роста и развития растений и способ её получения” (патент № 2158735, зарегистрирован 10.11.2000 г.), авторы: Фаттахов С.Г., Лосева Н.Л., Резник В.С., Коновалов А.И., Алябьев А.Ю., Гордон Л.Х., Зарипова Л.П.,
 - изобретения “Способ предпосевной обработки семян подсолнечника” (патент № 2354105, зарегистрирован 10.05.2009 г.), авторы: Фаттахов С.Г., Барчукова А.Я., Резник В.С., Чернышева Н.В., Коновалов А.И., Сияшин О.Г.,
 - изобретения “Способ предпосевной обработки семян риса” (патент № 2354106, зарегистрирован 10.05.2009 г.), авторы: Фаттахов С.Г., Барчукова А.Я., Резник В.С., Чернышева Н.В., Коновалов А.И., Сияшин О.Г.,
 - изобретения “Способ биологической очистки почвы от нефтяных загрязнений” (патент № 2355488, зарегистрирован 20.05.2009 г.), авторы: Шулаев М.В., Фаттахов С.Г., Захарова К.А., Шулаева М.М., Резник В.С., Сияшин О.Г., Коновалов А.И.,
- изобретения “Способ повышения масличности семян сои” (патент № 2390984, зарегистрирован 10.06.2010 г.), авторы: Фаттахов С.Г., Резник В.С., Чернышева Н.В., Коновалов А.И., Сияшин О.Г., Барчукова А.Я.,
- изобретения “Способ интенсификации биологической очистки сточных вод” (патент № 2445275, зарегистрирован 20.03.2012 г.), авторы: Шулаев М.В., Хабибуллина Л.И., Фаттахов С.Г., Резник В.С., Коновалов А.И., Сияшин О.Г.
4. Лицензионный договор о предоставлении права на использование товарных знаков (знаков обслуживания) Лицензиату – Обществу с ограниченной ответственностью “Научно-производственное объединение “БиоХимСервис” (ООО “НПО “БиоХимСервис”)
 - товарного знака (знака обслуживания) “МЕЛАФЕН” (Свидетельство № 236896 зарегистрирован 29.01.2003 г.),
 - товарного знака (знака обслуживания) “MELAPHENE” (Свидетельство № 236897 зарегистрирован 29.01.2003 г.)
5. Лицензионный договор о предоставлении права использования результата интеллектуальной деятельности в качестве вклада в уставный капитал Лицензиату – Обществу с ограниченной ответственностью “Научно-производственное предприятие Инновационные препараты” (ООО “НПП Инновационные препараты”)
 - изобретения “Способ получения диглицидилового эфира метилфосфоновой кислоты” (патент № 2538953, зарегистрирован 26.11.2014 г.), авторы: Загидуллин А.А., Милюков В.А., Сияшин О.Г.
6. Лицензионный договор о предоставлении права использования результатов интеллектуальной деятельности Лицензиату – Обществу с ограниченной ответственностью “Татнефть-АЗС Центр” (ООО “Татнефть-АЗС Центр”)
 - ноу-хау “Рефракто-денсиметрический экспресс-метод контроля качества автомобильных бензинов с использованием реперного компонента”, авторы: Николаев В.Ф., Романов Г.В.,
 - ноу-хау программа для ЭВМ “Euroxtest Plus”, автор: Николаев В.Ф.
7. Лицензионный договор о предоставлении права использования Лицензиату – Обществу с ограниченной ответственностью “Научно-производственный комплекс порошковых красок “ПИГМЕНТ” (ООО “НПК ПК “ПИГМЕНТ”)
 - изобретения “Поли[нонилфеноксиполи(этиленокси)карбонилметиламмоний]полихлориды, обладающие свойствами гидрофилизующих модификаторов эпоксидных полимеров” (патент 2443677, зарегистрирован 27.02.2012 г.), авторы: Фахретдинов П.С., Фосс Л.Е., Романов Г.В., Маргулис Б.Я., Тузова В.Б., Богданова С.А.

В. Ю. Никонова



Международная Арбузовская премия

Вручение Международной Арбузовской премии 2015 года

Указом Президента Республики Татарстан Р. Н. Минниханова (УП-669 от 21 июля 2015) Международная Арбузовская премия в области фосфорорганической химии за 2015 год была присуждена хорошо известному в мире специалисту в области фосфорорганической химии и в смежных областях – биоорганической химии, медицинской химии, химической биологии и науках о происхождении жизни на Земле, – госпоже Юфен ЖАО (Yufen ZHAO), академику Китайской академии наук, профессору сразу двух университетов Китайской народной республики – Пекина и Сямыня. В соответствии с Положением о Премии вручение Диплома и Памятной медали производится лично Президентом Республики Татарстан или уполномоченным им лицом, и, как правило, в присутствии широкой научной общественности.

Учитывая, что в июне 2016 года под патронажем Президента Республики Татарстан в Казани должен был пройти крупнейший научный форум – XXI Международная конференция по химии фосфора (ICPC 2016)*, было при-

нято решение объединить эти два знаковых мероприятия во времени и пространстве и вручить Международную Арбузовскую премию в области фосфорорганической химии 2015 года на церемонии открытия XXI Международной конференции по химии фосфора.

Международная Арбузовская премия в области фосфорорганической химии была учреждена в 1997 году Указом Президента Республики Татарстан в целях дальнейшего развития химической науки, поощрения учёных за выдающиеся научные труды, научные открытия и изобретения в области фосфорорганической химии и увековечения памяти академиков А. Е. Арбузова и Б. А. Арбузова.

Невозможно переоценить роль отца и сына Арбузовых – Александра Ерминингельдовича и Бориса Александровича, в развитии науки в Казани. Они были не только выдающимися химиками, преемниками целой плеяды замечательных учёных Казанского университета XIX века, но и блестящими организаторами, сочетающими глубокие научные знания с активной общественной



Церемония вручения Международной Арбузовской премии в области фосфорорганической химии за 2015 год госпоже Юфен Жао (Китай).



Диплом Лауреата Международной Арбузовской премии профессору Юфен Жао вручает Президент Республики Татарстан Р. Н. Минниханов.

деятельностью. Почти столетие Арбузовы возглавляли Казанскую химическую школу, и практически каждое сделанное в этот период открытие в области органической химии связано с их именами.

Международная Арбузовская премия в области фосфорорганической химии может присуждаться как за отдельные научные достижения, так и по совокупности научных работ. В год учреждения Премии, как исключение, лауреатами стали сразу два представителя мировой химической науки – член-корреспондент РАН А. Н. Пудовик (Россия) и профессор Льюис Квин (США). В дальнейшем лауреатами становились такие флагманы фосфорорганической химии как профессор Ян Михальский (Польша, 1999), профессор Франсуа Матей (Франция, 2001), профессор Эдгар Нике (Германия, 2003), про-

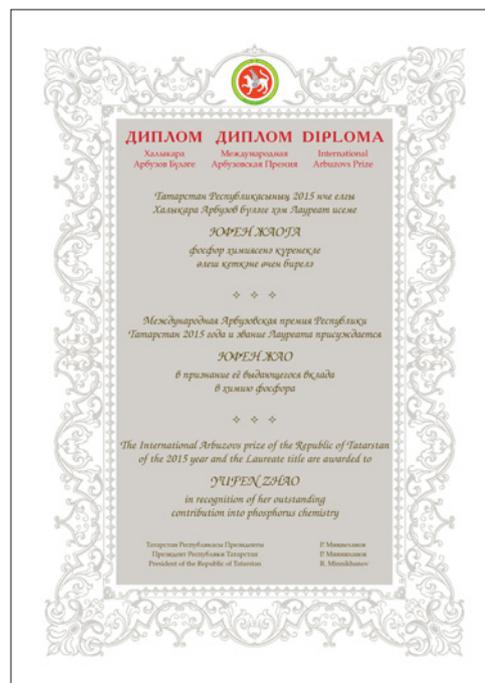


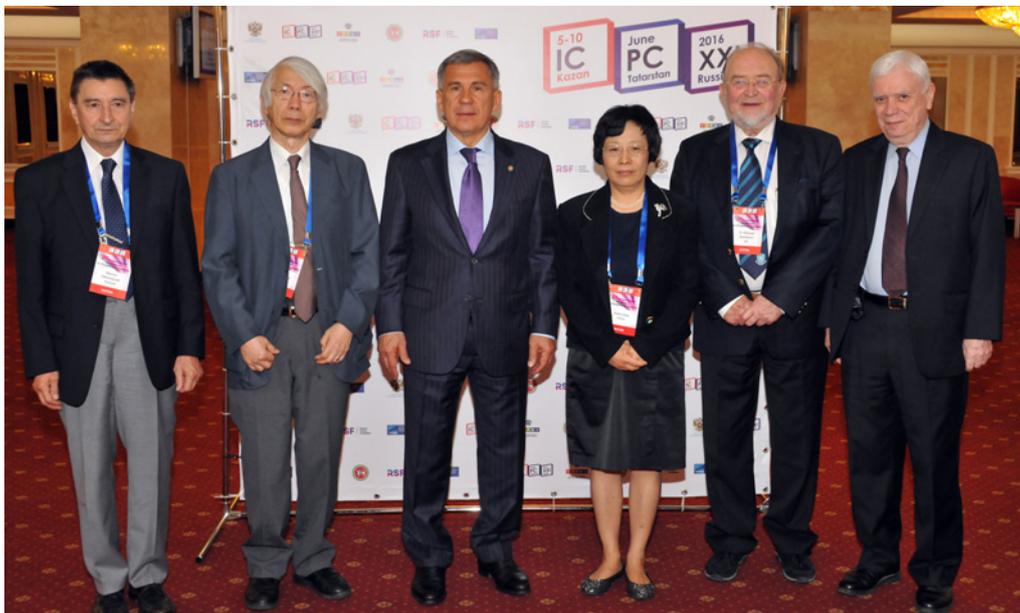
Медаль и Диплом Лауреата Международной Арбузовской премии.

фессор Масааки Йошифуджи (Япония, 2005), академик РАН Ирина Петровна Белецкая (Россия, 2007), профессор Мариан Миколайчик (Польша, 2009), профессор Майкл Джордж Блекбурн (Великобритания, 2011), профессор Валерий Павлович Кухарь (Украина, 2013).

Торжественное вручение Международной Арбузовской премии профессору Юфен Жао Президентом Республики Татарстан Р. Н. Миннихановым состоялось 6 июня 2016 года на церемонии открытия XXI Международной конференции по химии фосфора в Бальном зале ГТРК “Корстон” в присутствии лидеров мировой химической науки, руководителей республики и широкой научной общественности. “Присуждение Арбузовской премии является одним из подтверждений высокого статуса Республики Татарстан как научного центра мирового уровня”, – отметил Рустам Нургалиевич Минниханов в своём выступлении и добавил, что почти 20 лет Премия является одной из престижных наград для химиков всего мира. В ответном слове госпожа Жао завершила: “Для меня большая честь получить эту премию. В Китае имя профессора Арбузова хорошо известно. Не только в профильных вузах, но и в школах. Это – великий учёный, и его вклад в мировую науку огромен”.

Особую значимость торжествам придавало присутствие в зале Арбузовских лауреатов предыдущих лет – участников XXI Международной конференции по химии фосфора: Франсуа Матей, Масааки Йошифуджи, И. П. Белецкой, Мариана Миколайчика, Майкла Блекбурна. Ещё более ценно было и то, что при своём жёстком рабочем графике Президент РТ нашёл возможность пообщаться с Арбузовскими лауреатами лично. Рустам Нургалиевич тепло поприветствовал известных учёных и пригласил их к чайному столу с национальными татарскими лакомствами. Гости, которые уже бывали в





Президент Республики Татарстан с участниками конференции – лауреатами Международной Арбузовской премии разных лет. Слева направо: проф. Мариан Миколайчик (2009), проф. Масааки Йошифуджи (2005), Р. Н. Минниханов, проф. Юфен Жао (2015), проф. Майкл Блекбурн (2011), проф. Франсуа Матей (2001). Лауреат 2007 года – академик РАН И. П. Белецкая присоединится к ним чуть позже.

Казани не один раз – только Юфен Жао была в нашем городе впервые, с восхищением отмечали, что Казань стала ещё краше. И все как один говорили, насколько они впечатлены развитием науки в Татарстане и особенно внимательным отношением к ней со стороны руководства республики.

Лекция нового Арбузовского лауреата – по Положению о премии она должна быть прочитана в широком кругу научной общественности, открывала насыщенную научную программу конференции – ICPC 2016.

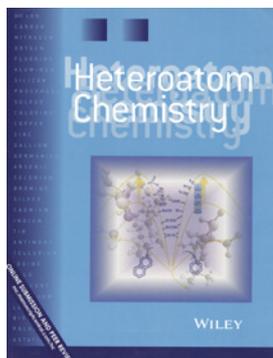
И, поскольку два важнейших научных мероприятия – вручение Международной Арбузовской премии в области фосфорорганической химии и проведение XXI Международной конференции по химии фосфора, впервые состоявшейся в России, оказались неразрывно связанными, то и их освещение на страницах российской и международной прессы было совместным. Редколлегия сочла возможным представить выдержки из некоторых таких публикаций в разделе “ИОФХ в зеркале международной, российской и республиканской прессы”.



О. Г. Сияншин представляет Президенту РТ лауреата Международной Арбузовской премии профессора Майкла Блекбурна из Великобритании.



7 июня в Пушкинском зале. Рабочий момент конференции. Два Арбузовских лауреата – пленарный докладчик проф. Майкл Блекбурн и председатель заседания проф. Юфен Жао.



Здесь мы приводим анонс о вручении Международной Арбузовской премии-2015, опубликованный главным редактором журнала “Heteroatom Chemistry” Дерекком Гейтсом –

Editor-in-Chief Derek Gates, в рубрике “Great News”: One of the editorial members, Professor Yufen Zhao, Academician of the Chinese Academy of Sciences, Professor of Chemistry at the Xiamen University (China) has won the 2015 International Arbuzovs Prize in Organophosphorus Chemistry, in a severe competition between many distinguished chemists.

**Professor Yufen Zhao is winner of 2015
International Arbuzovs Prize in Organophosphorus Chemistry***

**The Awarding Ceremony will take place in the frame of
the 21st International Conference on Phosphorus Chemistry
(6–10 June, Kazan, Russia)**

Professor Yufen Zhao, Academician of the Chinese Academy of Sciences, Professor of Chemistry at the Xiamen University (China) has won the 2015 International Arbuzovs Prize in Organophosphorus Chemistry, in a severe competition between many distinguished chemists.

The Arbuzovs Prize, established by the President of the Republic of Tatarstan in 1997 in memory of the outstanding Russian chemists Alexander and Boris Arbuzovs, is awarded to honorable chemist who has played a significant role in the development of the phosphorus chemistry. The Prize is awarded every two years for a single scientific achievement of a set of scientific results.

For these years such world-famous scientists as Prof. Arkady Pudovik (Russia) and Prof. Luis Quin (USA) in 1997, Prof. Jan Michalski (Poland) – 1999, Prof. Francois Mathey (France) – 2001, Prof. Edgar Niecke (Germany) – 2003, Prof. Masaaki Yoshifuji (Japan) – 2005, Prof. Irina Beletskaya (Russia) – 2007, Prof. Marian Mikolajczyk (Poland) – 2009, Prof. Michael Blackburn (UK) – 2011, Prof. Valerii Kukhar (Ukraine) – 2013 have become the laureates of this Prize.

Professor Yufen Zhao, laureate of 2015, was rewarded with the International Arbuzovs Prize in the Field of Organophosphorus Chemistry for a set of her scientific achievements in the following directions: Phosphorus Chemistry and Origin of Life; Penta-Coordinate Phosphorus Chemistry; P-C Bond Formation; Dipeptide Ser-His: Evolution model of modern protease and nuclease; Medicinal Chemistry; Mass Spectrometry Analysis; ³¹P NMR and Theoretical Computation.

As a rule the Awarding Ceremony is timed to the nearest great chemistry meeting. Such important chemistry forum is the 21st International Conference on Phosphorus Chemistry (ICPC 2016) that will be held in Kazan on 6–10 June, 2016.

The ICPC 2016 will be conducted under the auspices of the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) and of the President of the Republic of Tatarstan. For the first time Russia will host the ICPC. Kazan being the cradle of Russian organic chemistry will receive guests of the Conference.

At the Conference all fields of phosphorus chemistry will be considered, from fundamental to applied areas, including multidisciplinary approaches and related areas of other sciences.

The Awarding Ceremony of the Prize-2015 will be timed to the Opening Ceremony of ICPC 2016 and it will begin on the 6th of June, 2016 in Kazan. In the presence on many prominent scientists and young chemists from more than 30 countries the President of the Republic of Tatarstan will present Professor Yufen Zhao with the Prize (Medal, Diploma, and 5000 \$). Then the Laureate will deliver the Award Lecture “Phosphorous Chemistry and Evolution of Biological Molecules” for scientific community.

Five Laureates of previous years: Professors Francois Mathey, Masaaki Yoshifuji, Irina Beletskaya, Marian Mikolajczyk, and Michael Blackburn will deliver their plenary and keynote reporters concerning the most important topics in the phosphorus chemistry field at the 21 ICPC too.

Eighteen members of the ICPC Steering Committee are going to take part in the Conference. During discussion at the Steering Committee meeting will be decided questions concerning both the next ICPC holding (place and date) and directions of the phosphorus chemistry development in the future.

Так международное научное сообщество отметило сразу два важнейших научных события в области химии фосфора и поздравило профессора Юфен Жао – члена редакционной коллегии журнала Heteroatom Chemistry.

Информацию о присуждении и вручении Международной Арбузовской премии предыдущих лет читатель найдёт в Ежегодниках Института за 2015, 2013, 2011, 2009, 2007, 2005, 2003, 2001 годы.

Т. Д. Кешинер

* [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1098-1071](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1098-1071)

Казанская премия имени Арбузовых за выдающиеся исследования в области фундаментальной и прикладной химии среди молодых учёных за 2016 год

25 ноября в Музее Казанской химической школы К(П)ФУ состоялась Церемония вручения молодёжной Арбузовской премии за выдающиеся исследования в области органической и элементоорганической химии.

Арбузовская премия для молодых учёных была учреждена в 2004 году в рамках подготовки к 1000-летию основания г. Казани и называлась “Арбузовская премия за выдающиеся достижения в области органической и элементоорганической химии для молодых учёных г. Казани”. Награждение первых лауреатов Арбузовской премии для молодых учёных г. Казани состоялось в 2006 году. С 2013 года Премия стала называться “Казанская премия имени Арбузовых за выдающиеся исследования

в области фундаментальной и прикладной химии среди молодых учёных”.

В торжественной церемонии награждения победителей и финалистов Премии приняли участие глава Комитета по делам детей и молодёжи исполкома Казани Айрат Шамилевич Фаизов; заместитель директора по научной работе ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН, профессор Игорь Анатольевич Литвинов; председатель РХО им. Д. И. Менделеева, член-корреспондент РАН Владимир Федорович Миронов; почётный председатель РХО им. Д. И. Менделеева, член-корреспондент АН РТ Вильям Петрович Барабанов; директор Химического института КФУ, член-корреспондент АН РТ Владимир Иванович Галкин; проректор КФУ Рияз Гатауллович Минзарипов; председатель совета Ассоциации молодых учёных КФУ Михаил Алексеевич Варфоломеев и многие другие казанские учёные.

Символично, что церемония награждения надежды будущей российской химической науки состоялась в историческом месте – в Бутлеровской аудитории КФУ. Это



Бутлеровская аудитория КФУ.
Церемония награждения лауреатов Арбузовской премии для молодых учёных Казани.





С Дипломами финалистов конкурса
Татьяна Виттманн и Ольга Фомина.
Слева – В. И. Галкин; справа – И. А. Литвинов.



придавало особую значимость не только самому событию, но и словам выступающих, говоривших об “отцах-основателях” Казанской химической школы и о важности сохранения научных традиций. “Сын и отец Арбузовы – из той плеяды химиков, которые прославляли нашу Alma Mater, Казань, нашу республику. Мы всегда гордились Казанской химической школой, и когда наши молодые коллеги сегодня получают премию за выдающиеся заслуги в области фундаментальной и прикладной химии, это заслуживает огромного уважения. Потом многие из них становятся известными и крупными учёными. И в этом смысле мы продолжаем традиции Казанской химической школы”, – подчеркнул проректор КФУ.

Перед началом мероприятия чествовали и участников конкурса прошлых лет. От Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова – одного из соучредителей Премии, им также были вручены подарки.

Затем настал черед финалистов 2016 года.

Напомним, что молодые учёные ИОФХ – ежегодно в числе победителей этого престижного конкурса.

- 2006 Д. Г. Яхваров (Диплом II-ой степени);
- 2007 А. А. Калинин (Диплом I-ой степени),
А. В. Богданов (Диплом III-ой степени);
- 2008 А. З. Миндубаев (Диплом II-ой степени);
- 2009 А. Е. Николаев (Диплом II-ой степени),
М. А. Воронин (Диплом III-ой степени);
- 2010 Л. М. Абдрахманова (Диплом I-ой степени),
И. Р. Князева (Диплом II-ой степени);
- 2011 Д. А. Татаринев (Диплом I-ой степени);
- 2012 Д. Ф. Сайфина (Диплом II-ой степени);
- 2013 А. С. Газизов (Диплом II-ой степени);
- 2014 А. А. Муравьев (Диплом II-ой степени);
- 2015 А. В. Немтарёв (Диплом I-ой степени),
М. Н. Хризанфоров (Дипломом II степени).

Год 2016 не стал исключением. В финал конкурса вышли следующие молодые учёные ИОФХ: Виттманн Татьяна Ивановна – младший научный сотрудник лаборатории металлоорганических и координационных соединений; Фомина Ольга Сергеевна – старший лаборант-исследователь лаборатории металлоорганических и координационных соединений и Чугунова Елена Александровна – кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории элементоорганического синтеза им. А. Н. Пудовика.

Лауреатом Премии 2016 года за работу “Создание новых антимикробных соединений широкого спектра действия на бензофуруксановой платформе” стала Елена Чугунова, получившая Диплом II степени. Первая премия была присуждена Игорю Седову (КФУ) и Третья премия – Светлане Ивановой (КНИТУ). При этом все финалисты получили памятные дипломы.



Лауреатом Премии 2016 года стала Елена Чугунова, получившая Диплом II степени.

А. А. Загидуллин, Т. Д. Кешинер



НАУЧНЫЕ И НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Каталитическое фосфорилирование С-Н связей ароматических соединений

Ю. Г. Будникова

Лаборатория электрохимического синтеза

Введение

Реакции, опосредованные металлами или их комплексами, радикально изменили пути органического синтеза, по которым химики-органики разрабатывают свои ретросинтетические стратегии для получения новых соединений, недостижимых всего несколько лет назад. Среди этих стратегий реакции кросс-сочетания углерод-углерод и углерод-гетероатом, опосредованные палладием, медью, никелем и другими металлами, являются самыми надежными для осуществления функционализаций желаемых С-Х связей. В настоящее время происходит стремительное развитие прямой функционализации связей С-Н, опосредованной металлами, что, вероятно, будет важным шагом вперед в области органического синтеза в первые десятилетия 21-го века. В обеих этих синтетических стратегиях глубокое понимание механизма имеет решающее значение для разработки новых металлических катализаторов с улучшенными характеристиками. Формирование связи фосфор-углерод в условиях каталитического действия переходных металлов сегодня рассматривается как перспективная методология получения различных фосфорорганических соединений, таких, как фосфины, фосфонаты, фосфинаты, фосфиноксиды, и т.д. Некоторые из них широко применяются в органическом синтезе [1–6], медицинской химии [7–9], многие проявляют высокую биологическую активность [10, 11], используются в химии материалов [12–14] или в качестве универсальных лигандов в разных каталитических реакциях [15–19].

Многие потенциальные лекарственные соединения имеют в своей структуре фрагменты фосфоновой кислоты, причём известны примеры проявления противораковых, антибактериальных или антивирусных свойств, в том числе и ВИЧ-инфекции. Различные синтетические

подходы для введения фосфорных заместителей в органические молекулы были предложены ещё в 1898 году, то есть более ста лет тому назад, и развиваются, начиная с работ Михаэлиса [20] и Арбузова [21, 22]. По сравнению с соединениями фосфора, содержащими более реакционноспособные связи N-P, S-P или O-P, органофосфонаты являются синтетически более важными благодаря большей устойчивости их С-P связи к химическому гидролизу, термическому разложению и фотолизу [23]. Использование фосфорсодержащих групп, в первую очередь, производных фосфоновой кислоты, для создания лекарственных препаратов оказалось успешным во многих случаях.

За последние годы были предложены новые терапевтические средства для лечения различных заболеваний, таких как диабет [23, 24], астма [25], воспаления [26–28], сердечная недостаточность [29], рак [23, 30–32], малярия [33] и вирус иммунодефицита человека [34]. Примеры приведены на рис. 1.

Так, например, фосфоновый диамид MB06322 (рис. 2) является пролекарством ингибитора 1,6-бисфосфатазы фруктозы, MB05032 [36, 37], а фосфонатный эфир – препарата от ВИЧ Тенофовира [38].

В свете важности арилфосфонатов, наблюдается постоянный интерес к развитию синтетических методов конструирования связи С-P [39–44]. Традиционные методы формирования С-P связей основаны на реакции с металлоорганическими реагентами, такими как электрофильный P-реагент, например, $\text{Ph}_2\text{P}(\text{O})\text{Cl}$. Начиная с новаторской работы Хирао с сотрудниками в 1981 году [45], катализируемая переходными металлами реакция сочетания арилгалогенидов [46–54], трифлатов [55], тозилатов [56], солей диазония [57], и борных кислот [58–60] с N-фосфонатами стала практически доступ-

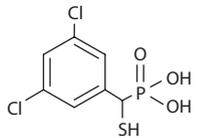
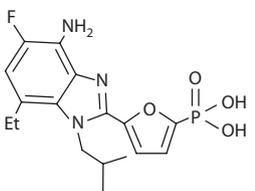
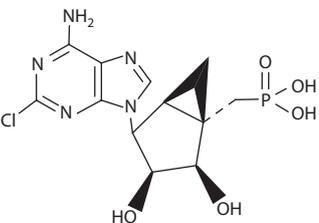
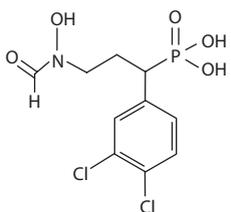
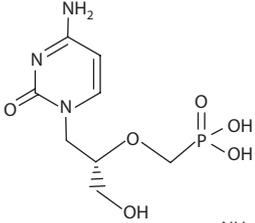
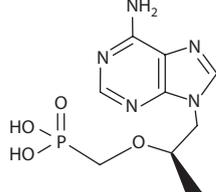
	Биологическая цель и функция	Болезнь
	Метало-β-лактамазный ингибитор	Используется при совместном приеме с антибиотиками [28]
	Игибирование 5'-аденозина монофосфата	Сахарный диабет второго типа [24]
	Активация рецептора P2X	Сердечная недостаточность [29]
	Ингибитор P.falciparum	Малярия [33]
	Агент обрыва цепи на уровне ДНК полимеразы (обратная транскриптаза)	Вирусные инфекции (cytomeglovirus retinitis Human papilloma-, рох-, adeno-, polyoma-) [35, 37]
	Агент обрыва цепи на уровне ДНК полимеразы (обратная транскриптаза)	Вирус гепатита Б [34]

Рис. 1. Примеры потенциальных лекарственных соединений, содержащих остаток фосфоновой кислоты в качестве заместителя.

ным и ценным методом формирования $C(sp^2)-P$ связи (схема 1). В настоящее время интенсивно изучается и вызывает наибольший интерес $C-H$ фосфорилирование, катализируемое переходными металлами [61–64] и радикальное ароматическое фосфорилирование [65–67], которые обеспечивают прямой и атом-экономный подход к P -замещённым аренам (схема 1).

Несмотря на то, что уже созданы различные способы образования $C(sp^2)-P$ связи, развитие альтернативных и взаимодополняющих методов по-прежнему весьма актуально из-за важности P -замещённых аренов в различных областях, как отмечено выше.

Однако, следует отметить, что в большинстве известных работ в качестве ароматических субстратов используются органические галогениды, а примеров замещения $C-H$ связей, в которых уходящей группой является водород, намного меньше. Обзоры последних достижений в области образования связей $C-P$, катализируемых металлами, опубликованные за последние годы [68–70], практически не рассматривают примеры ароматического фосфорилирования $C-H$ связей. Каталитические методы, важность которых особенно значительна в связи с требованиями “зелёной химии”, стали активно разрабатываться сравнительно совсем недавно.

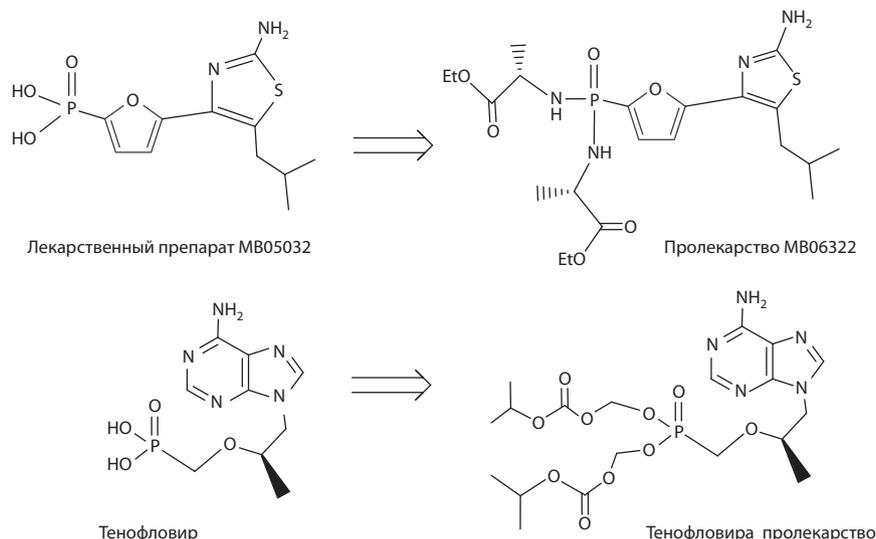


Рис. 2. Химическая структура лекарственных соединений, содержащих фрагменты фосфоновой кислоты: MB0503218 и Тенофловир и их соответствующие пролекарства.

Актуальность создания методов фосфорилирования C-H связей ароматических соединений с участием металлов и их комплексов можно подтвердить, опираясь на мнение таких международных авторитетных организаций, как Институт Зелёной химии, ведущие мировые фармацевтические корпорации, которые на круглом столе определили наиболее важные и перспективные реакции, среди которых значатся более “зелёные” методы C-H активация ароматических соединений [71, 72]. Таким образом, прямая функционализация связей углерод-водород обеспечивает наиболее эффективный путь трансформации молекул, что привлекает к ней огромное внимание [73–87]. Хотя к настоящему времени удалось реализовать широкий спектр таких реакций, в том числе катализируемых переходными металлами, примеры успешного образования связей углерод-фосфор весьма ограничены. Среди возможных причин этого называют сильный координирующий характер фосфорных реагентов [88–96].

Электрохимические подходы к C-H замещению фосфорсодержащими нуклеофилами весьма малочисленны. В основном удачные новые примеры электрохимических реакций известны только для функционализации нитроароматических субстратов [97–103].

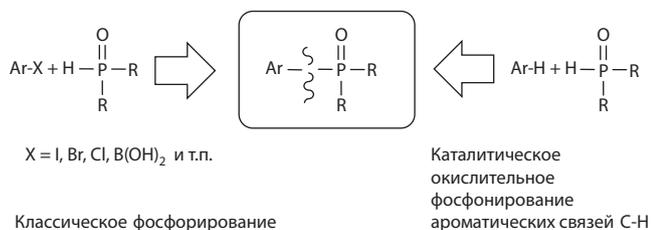


Схема 1.

C-H связи, несмотря на их вездесущность, относительно инертны. За последние десятилетия наблюдается расцвет в области функционализации C-H связей, катализируемой переходными металлами. Происходит лавиноподобный рост интереса и отсюда публикаций в этой области [73–87, 104–108]. Важной целью является достижение селективной функционализации одной C-H связи в сложной молекуле. Основной задачей является поиск новых реакций, которые протекают с предсказуемой селективностью в конкретных субстратах со сложной функционализацией и часто встречающимися структурными фрагментами.

Таким образом, для решения проблемы селективной C-H функционализации были использованы несколько различных подходов. Наиболее распространённые предполагают использование субстратов, которые содержат координирующие лиганды. Эти лиганды (их часто называют “направляющей группой”) связываются с метало-центром и селективно направляют катализатор на ближайшую C-H связь. Многие переходные металлы, в том числе Pd, вступают в стехиометрические лиганд-направленные реакции C-H активации (также известные как реакции циклометаллирования). Однако именно для фосфорилирования эта стратегия хоть и используется, но не так часто.

Практически все авторы, в том числе российские [109], кроме испанской группы Галлардо [99–104], применяют традиционные методы органической химии для реакции фосфорилирования, причём как через C-H замещение (наиболее актуальный сегодня путь, но и более трудный), так и через кросс-сочетание или другие варианты. Галлардо удалось подобрать условия электрохимического C-H фосфорилирования [99–104], но, как уже говорилось, только для отдельных нитро-

ароматических субстратов, причём в этом случае реакции стехиометрические, не каталитические.

Прямое С-Н фосфорилирование как раз и является привлекательным примером новых атом-экономных, экономически и синтетически перспективных направлений современной органической и элементорганической химии. Поскольку синтез фосфорзамещённых алкенов и алкинов, катализируемый металлами, подробно описан и обобщён в недавних обзорах [16, 17, 110], в настоящей статье будут обобщены результаты исследований реакций фосфорилирования $C(sp^2)$ -H связей с участием солей металлов и их комплексов, в первую очередь ароматических соединений.

Фосфорилирование бензола и замещённых бензолов

Диалкиларилфосфонаты являются важными интермедиатами в синтезе пестицидов и биологически активных соединений [1, 2, 111, 112]. Существует несколько методов синтеза диалкиларилфосфонатов, уже признанных классическими, в первую очередь, реакция Михаэлиса-Арбузова [20–22, 113–116], фотолиз иодобензолов в присутствии триалкилфосфатов [117, 118], радикальное фосфонирование нафталина диэтилфосфитом с использованием трет-бутилпероксида [119], фосфонирование аренов диэтилфосфитом под действием $(NH_4)_2[Ce(NO_3)_6]$ или $Na_2S_2O_8$ и $AgNO_3$ [120].

В 2006 году Иши предложил использовать каталитическую редокс-систему $Mn(II)/Co(II)/O_2$ для фосфонирования бензола (или замещённого бензола) диалкилфосфитами такими, как $HP(O)(OEt)_2$ в мягких условиях (схема 2) [121].

Показано, что эта каталитическая реакция протекает по радикальному механизму. Однако недостатком способа является низкая региоселективность.

Недавно группой Ченга была описана высокоэффективная, катализируемая $Ag(I)/K_2S_2O_8$ системой, региоселективная реакция фосфонирования с помощью введения электронодефицитных направляющих групп в ароматические субстраты [65]. Эти реакции фосфонирования успешно протекают с N,N -диалкилбензамидами, N,N -диалкилбензенсульфонамидами и нитробензолом. Этот метод имеет широкие субстратные возможности и предлагает легкое конструирование С-Р связей (схема 3):

Ещё в 1985 году Эффенбергер сообщил об образовании С-Р связей путём сочетания аренов с диэтилфосфитом с помощью $Na_2S_2O_8$ и $AgNO_3$ [120]. Но только арены, не-

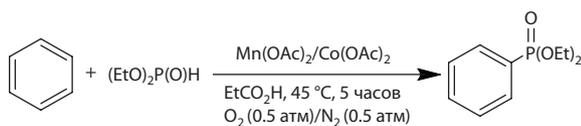


Схема 2.

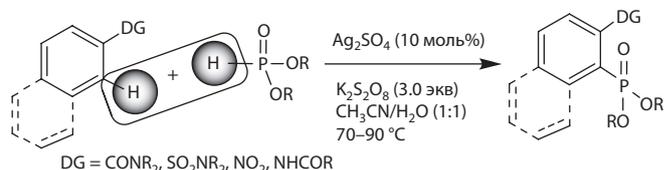


Схема 3.

сущие электронодонорные группы в основном подходили для этой реакции. В 2006 году Цзоу и Чжан успешно развили некаталитические реакции кросс-сочетания гетероаренов с диалкилфосфитами с помощью $Mn(OAc)_3$ в качестве окислителя [122].

Разнообразные продукты сочетания могут быть синтезированы с Ag_2SO_4 в качестве катализатора и $K_2S_2O_8$ в качестве окислителя. Метод Ченга [65] имеет широкий диапазон синтетических возможностей и предлагает сравнительно легкое получение С-Р связей.

Фосфорилирование гетероциклических ароматических соединений (триазолов, фуранов, пирролов и др.)

Чжан с сотрудниками предложили новый метод прямого фосфонирования триазолов, фуранов и пирролов [122]. Они обнаружили, что реакции гетероароматических соединений с диметил- или диэтилфосфитами и $Mn(OAc)_3 \cdot 2H_2O$ в качестве катализатора в мягких условиях дают фосфонатные продукты с высоким выходом и хорошей региоселективностью (схема 4).

Эта работа появилась одновременно с работой Иши, которая считается первым примером фосфонирования ароматических (но не гетероароматических) соединений с использованием $Mn(OAc)_2/Co(OAc)_2/O_2$ как редокс пары [67]. Чжан разработал простой, но очень эффективный метод фосфонирования гетероарильных соединений, включающих триазол, фуран, и производные пиррола [122]. Реакции проводят в мягких условиях с использованием диметил- или диэтилфосфита и $Mn(OAc)_3 \cdot 2H_2O$ как реагентов. Метод отличается широкими синтетическими возможностями, причём процесс фосфонирования является региоселективным.

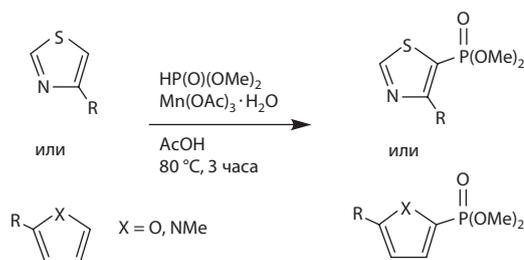


Схема 4.

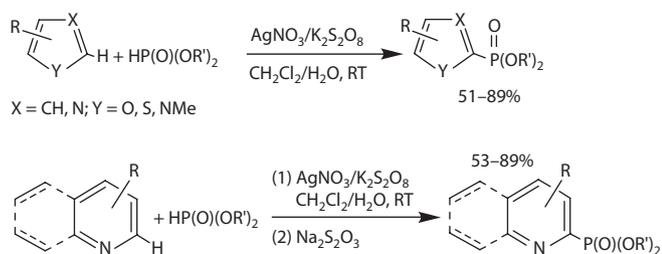


Схема 5.

Недавно группа Хуана [66] предложила другую новую каталитическую систему для фосфорилирования гетероароматических соединений. Так, они впервые разработали дегидрирующую реакцию кросс-сочетания замещённых фуранов, тиафена, тиазола и пиррола с диалкилфосфитами, катализируемую серебром, для получения соответствующих фосфонированных продуктов с выходом до 89% и хорошей региоселективностью. Более того, также было реализовано беспрецедентное сочетание различных пиридинов с диалкилфосфитами с использованием AgNO_3 в качестве катализатора и $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ в качестве окислителя, с последующим восстановлением $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, для получения желаемых пиридин фосфонатов с удовлетворительными выходами с хорошей региоселективностью (схема 5).

Авторам [66] удалось успешное масштабирование реакции, причём выход желаемого фуран-2-ил фосфоната составил 88%, что аналогично таковому в мелкомасштабной реакции. Реакцию проводили при комнатной температуре без требования строгих водо- и бескислородных условий. Таким образом, этот метод получения гетероарен-2-фосфонатов может иметь потенциальное промышленное применение в будущем.

Метод Хуана оказался эффективным и для фосфорилирования пиридинов и их производных [66]. Однако, в вышеописанных оптимальных условиях для пятичленных гетероаренов желаемый пиридин-2-ил фосфонат получается с более низким выходом. В качестве побочного продукта образовывалось незначительное количество N-оксида пиридин-2-фосфоната. Таким образом, предложенный Хуаном метод [66] позволяет фосфорилиро-

вать замещённые фураны, тиафены, тиазолы и пирролы диалкилфосфитами в мягких условиях с выходом до 89% и хорошими региоселективностями. Кроме того, особым успехом можно считать реализацию процесса фосфорилирования пиридинов с помощью AgNO_3 в качестве катализатора и $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ в качестве окислителя в $\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{H}_2\text{O}$, с последующим восстановлением $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, который даёт желаемые пиридин-2-ил фосфонаты с удовлетворительными выходами и хорошей региоселективностью.

Первое прямое фосфонирование азолов диалкилфосфитами, катализируемое Pd, было достигнуто в работе Ли [63]. Этот метод включает окислительное расщепление C-H и P(O)-H связей и представляет собой атом-эффективную альтернативу классического фосфонирования Ar-X. Процесс протекает по механизму, основанному на редокс-переходе Pd(II)/Pd(IV) без добавления основания или кислоты.

В течение последнего десятилетия усилия исследователей были направлены на прямую C(2)-H функционализацию азолов с получением 2-замещённых азолов. В этом контексте успешно достигнуто их арилирование [123–125], алкилирование [126, 127], алкилирование [128–130], карбоксилирование [131], карбонилирование [132] и аминирование [133–136]. Тем не менее, катализируемое переходным металлом прямое 2-фосфонирование азолов до работ Ли так и не было предложено.

Механизм Pd-катализируемого фосфонирования арилгалогенидов диалкилфосфитом был тщательно изучен Ставински с сотрудниками [137–139], Стокландом и др. [140] Чтобы изучить механизм этой новой реакции образования C-P связи, Ли с сотрудниками изначально провёл контроль фосфонирования [63] в присутствии радикальной ловушки (TEMPO), и получил аналогичный выход, что и в модельной реакции без TEMPO. Это позволило предположить, что обсуждаемое окислительное фосфонирование может не быть радикальной реакцией.

Ли [63] впервые предложил окислительное фосфонирование азолов диалкил фосфитами, катализируемое палладием с высокой региоселективностью без дополнительных оснований или кислот (схема 6). Такая трансформация представляет собой атом-экономную альтернативу традиционному фосфонированию Ar-X, которое требует использования предварительно

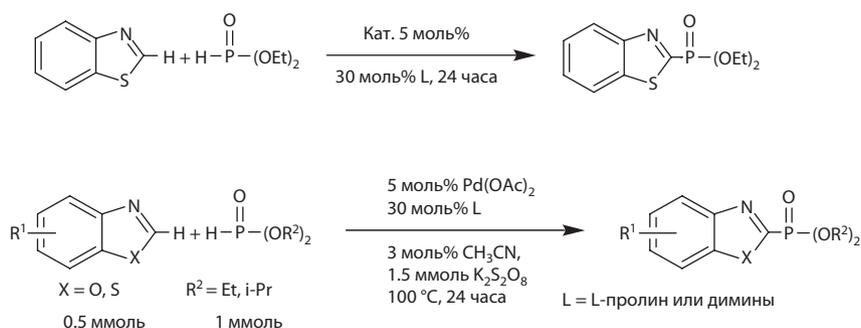


Схема 6.

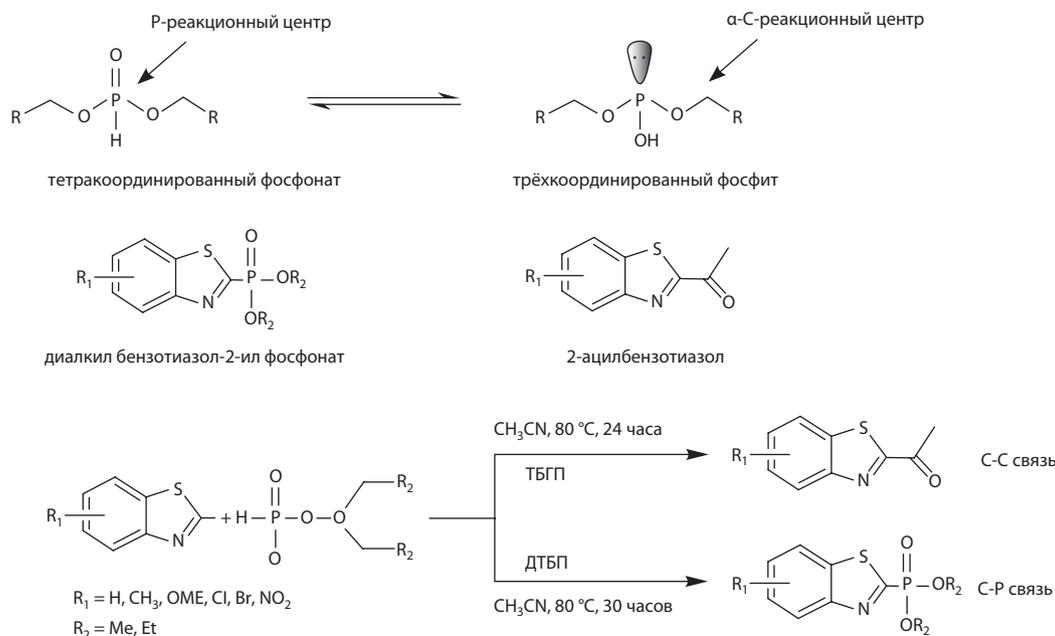


Схема 7.

функционализированных ароматических субстратов и стехиометрического количества основания. Реакции приводят к разнообразным 2-фосфорированным азолам с умеренными и хорошими выходами.

Ю-Фен Джоа с сотрудниками [141] обнаружили, что в зависимости от природы окислителя – пероксида можно получать различные продукты в реакции бензотиазолов и Н-фосфонатов (схема 7). В результате были разработаны два способа получения различных важных производных бензотиазола, 2-ацилбензотиазолов и диалкил бензотиазол-2-илфосфонатов, соответственно, в мягких условиях и без участия металлов. Хотя в этой работе С-Н фосфорилирование протекает без участия металлов или их комплексов, тем не менее, она заслуживает упоминания как новый интересный подход к продуктам Р-С сочетания в окислительных условиях. Н-фосфонат $(\text{RO})_2\text{P(O)H}$ существует в равновесии с его таутомерной формой диалкилфосфитом $(\text{RO})_2\text{POH}$. ТБГП (трет-бутилгидропероксид) способствует образованию α -углерод-центрированных фосфитных радикалов, в то время как ДТБП (ди-трет-бутилпероксид) генерирует фосфор-центрированные фосфонатные радикалы (схема 7). Два типа радикалов приводят, соответственно, к двум разным реакционным процессам, прямому С2-ацилированию бензотиазолов и С2-фосфорированию бензотиазолов (схема 7).

Реакции с участием кумаринов

Кумарины, структурный остов которых встречается в ряде природных соединений, из-за своей фармакологической активности [142–151] и высоких оптических

характеристик [152–157] привлекли заметное внимание в последние годы. Было показано, в частности, что некоторые 3-фосфорированные кумарины демонстрируют цитотоксичность на некоторые клетки лейкемии человека, а также высокую алкилирующую активность [158].

Ранее 3-фосфорированные кумарины, как правило, получали в реакциях Арбузова или Кневенегеля [159–165]. Эти методы основаны на многостадийных последовательных реакциях, не соответствуют принципам атом-экономии, и, следовательно, имеют низкую эффективность. Насколько известно, до недавнего времени только в одном сообщении группы Чжана описывалось фосфорирование кумаринов по радикальной реакции [166], которая требовала стехиометрическое количество $\text{Mn}(\text{OAc})_3$ (3 экв) и алифатическую кислоту в качестве растворителя.

Группа Чжана обнаружила, что ацетат марганца(III) эффективно генерирует фосфонильные радикалы, которые реагируют с бензолом [167] и гетероарильными соединениями, такими как тиазолы и фураны [122], с замещёнными стиrolами с электроноакцепторными группами, давая фосфорированные регио- и стереоселективные при виниловой группе продукты [168], и вступают в реакцию с 1,3-диарилпропинонами с образованием фосфорированных инденонов [169]. Они обнаружили также, что фосфиноилрадикал реагирует с 5-арилпент-2-оатами с получением транс-дизамещённых тетрагидронафталинов [170]. Используя накопленный опыт, Чжан добился успеха в развитии реакций фосфорилирования флавона и кумарина [166]. Развитие эффективных способов введения фосфорного фрагмента в флавоны и кумарины очень актуально, поскольку должно привести к получению ряда новых соединений, перспективных для

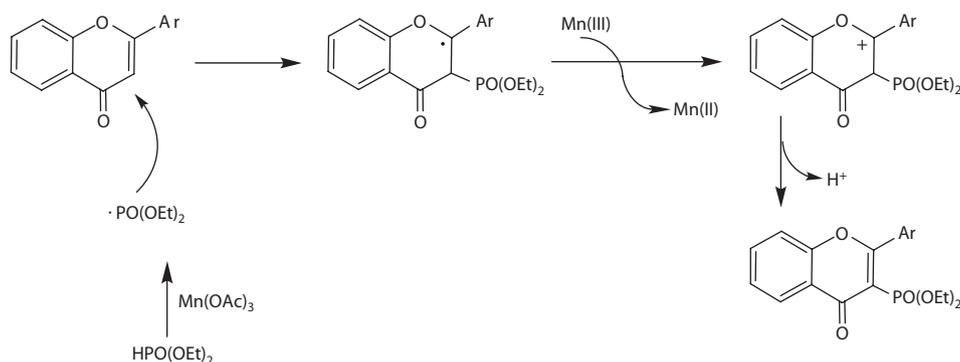


Схема 8.

биологических исследований. Насколько нам известно, до работ Чжана только несколько фосфорилированных флавонов и кумаринов было получено в многоступенчатом синтезе [171–181].

Чжан с сотрудниками обнаружили, что фосфонил-радикал, генерируемый в результате реакции ацетата марганца(III) с диэтилфосфонатом, селективно присоединяется к 3-положению флавонов и кумаринов с

получением фосфонилированных продуктов с умеренными и хорошими выходами [166] (схема 8).

Чжан [166] предположил, что кумарины могут быть более пригодными субстратами для фосфонилирования, потому что они не имеют стерически мешающих 2-арильных групп по сравнению с флавонами, и они могут генерировать стабильные бензильные радикалы после присоединения фосфонильного радикала в 3-положение (схема 9). В самом деле, реакция кумарина с диэтилфосфонатом с использованием уксусной кислоты в качестве растворителя дала 3-фосфонилированный кумарин с выходом 65%, что выше, чем для 3-фосфонилфлавона.

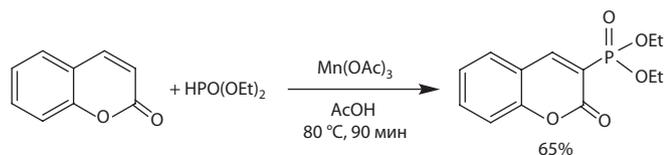
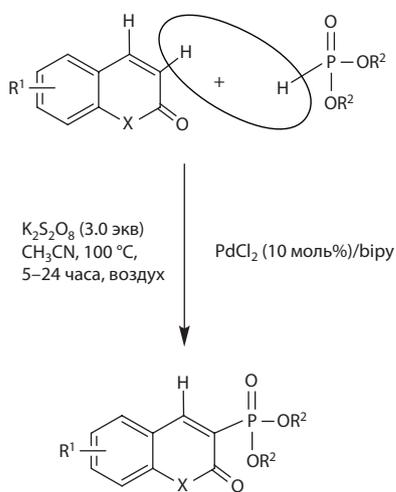


Схема 9.

Таким образом, Чжан [166] впервые разработал эффективный метод прямого фосфонилирования флавонов и кумаринов. Реакции фосфонилрадикалов, индуцированные ацетатом марганца(III), протекают региоселективно в 3-положение флавонов и кумаринов. Это простой и селективный метод расширяет синтетическую привлекательность свободно-радикального фосфонилирования гетероарильных соединений.

Новая, катализируемая Pd(II), дегидрирующая реакция кросс-сочетания между кумаринами и H-фосфонатами была разработана в 2013 году в группе Ву с целью получения соответствующих 3-фосфонированных продуктов с умеренными и хорошими выходами с высокой селективностью [182] (схема 10).

Метод Ву позволяет получать 3-фосфонированные кумарины с умеренными и хорошими выходами с высокой региоселективностью по реакции, катализируемой комплексами палладия [182].



X = O, NMe
R¹ = H, Me, OMe, OEt, OBn, OH или CHO
R² = Me, Et, i-Pr, nBu или sec-Bu

Схема 10.

Окислительная реакция циклизации фосфиноксидов с ацетиленами как путь к бензо[b]фосфолоксидам

Фосфорсодержащие гетероциклы имеют широкое применение в органическом синтезе, медицинской химии и материаловедении [18, 19, 183]. Среди этих соединений бензо[b]фосфолы недавно привлекли значительное

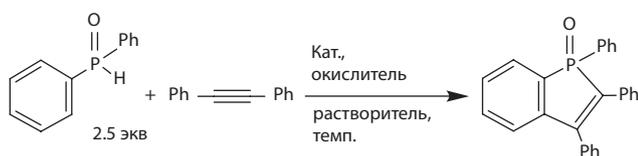


Схема 11.

внимание из-за присущих им физических и оптических свойств, которые позволяют разрабатывать новые классы оптоэлектрохимических материалов [184, 185]. Наибольшее количество описанных методов синтеза бензо[*b*]фосфолов начинаются с орто-галогензамещённых арилалкинов, а затем следуют фосфинирование и циклизация через несколько стадий [186–189]. Поэтому развитие новых, эффективных методов синтеза бензо[*b*]фосфолоксидов должно быть весьма привлекательным и существенным направлением химии фосфорорганических соединений в настоящее время.

Однако лишь немногие исследования посвящены синтезу *P*-содержащих гетероциклов путём *C*-*H* функционализации [190–195]. Недавно появилось интересное сообщение, описывающее опосредованную серебром реакцию *C*-*H*/*P*-*H* функционализации дизамещённых фосфиноксидов алкинами с целью синтеза бензо[*b*]фосфолоксидов напрямую удобным путём и с высоким выходом (схема 11) [196]. В этой реакции наблюдали необычную арильную миграцию *P*-атома, полученного при расщеплении *C*-*P* связи и образование новой *C*-*P* связи, которые протекают через радикальный процесс.

Дуань с сотрудниками обнаружили, что дифенилфосфиноксид вступает в реакцию с дифенилацетиленом в условиях катализа переходными металлами [196]. Первоначальное предположение авторов заключалось в использовании способности *P*-атома к координации с переходными металлами для формирования и функционализации возможных промежуточных металлоциклов через орто *C*-*H* активацию [76, 197–199]. Использование *Rh* или *Pd* катализаторов в присутствии Ag_2CO_3 как окислителя мягко облегчает реакцию, давая желаемый фосфорный гетероцикл с хорошим выходом.

Предложенный метод был применён для различных субстратов в выбранных оптимальных условиях. Дуань использовал интересный подход Янга к текущей реакции для регенерации активного катализатора *Ag*(I) из *Ag*(0) с помощью нитратов металлов в качестве окислителя [194].

Эффективность предложенного метода была продемонстрирована при проведении реакции диinov с дифенилфосфиноксидом с целью одностадийного синтеза бис(бензо[*b*]фосфолоксидов) (схема 12), которые имеют потенциальное применение в органической электронике. Были измерены спектры поглощения/эмиссии полученных бензо[*b*]фосфолоксидов в CH_2Cl_2 , и оказалось, что все исследованные соединения дают флуоресценцию с 0.6–14.5% квантовыми выходами.

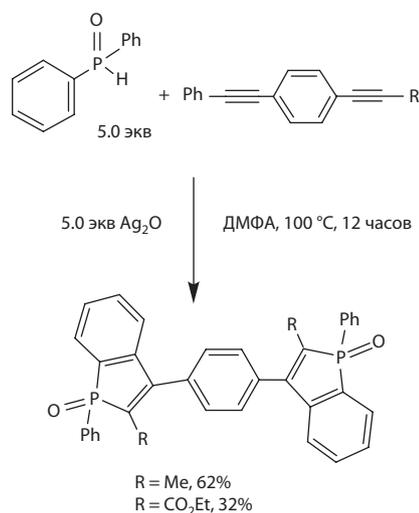


Схема 12.

Таким образом, Дуань описал окислительную реакцию *C*-*H*/*P*-*H* функционализации дизамещённых фосфиноксидов с внутренними алкинами, опосредованную серебром, дающую бензо[*b*]фосфолоксиды с высокими выходами простым и эффективным способом [196]. Наблюдалась необычная арильная миграция/циклизация при *P*-атоме, которая, как было показано, протекает по радикальному пути.

Фосфорилирование 2-изоцианобифенилов

В 2014 году в независимых исследованиях двух групп Стьюдера [200] и Ву [201] были описаны подходы к фосфорилированным в 6-положение фенантридинам на основе легко получаемых 2-изоцианобифенилов и

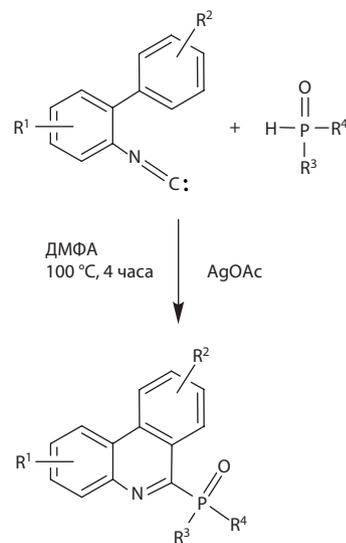


Схема 13.

коммерчески доступных Р-радикальных прекурсоров. Различные 6-фосфорилированные фенантридины были получены с выходами от умеренных до отличных. В отличие от интенсивно исследуемого в настоящее время прямого фосфорилирования ароматических соединений, при использовании этого подхода ароматическое ядро создаётся при сопутствующем фосфорилировании (схема 13).

В последние годы ароматические изонитрилы привлекают повышенное внимание как радикальные акцепторы в каскадных реакциях по конструированию гетероаренов [202–206].

Стьюдер обнаружил, что биарилизонитрилы могут быть использованы в качестве Р-радикальных акцепторов в каскадных реакциях, приводящих к получению 6-Р-замещённых фенантридинов путём радикального фосфорилирования изонитрилов (схема 14). В подходе Стюдера проблемы региохимии, которые можно наблюдать в прямом С-Н фосфорилировании аренов, не возникают. Наконец, в отличие от известных методов, в которых реакция протекает через превращения с образованием одинарной С-Р связи, здесь процесс включает образование С-Р связи наряду с С-С связью.

Группа Стюдера выбрала для начальных исследований известный путь, выше описанный, в котором Р-центрированные радикалы могут образовываться из Р-Н производных в присутствии $Mn(OAc)_3$ в качестве окислителя [168–170, 207, 208].

Работа группы Ву [201] практически совпадает с работой Стюдера [202] по идеям и предлагаемым механизмам, однако по их данным оптимальными условиями синтеза являются $Mn(OAc)_3$ (3 экв), растворитель толуол и нагрев до 40 °С, что позволило получить желаемый продукт с выходом 80%.

Таким образом, Ву [201] и Стюдер [202] продемонстрировали новый подход к синтезу 6-фосфорилированных фенантридинов, начиная с легко получаемых 2-изоцианобифенилов и коммерчески доступного дифенилфосфинооксида как Р-радикального предшественника. Различные 6-фосфорилированные фенантридины были получены с выходами от умеренных до высоких. Структура фенантридинового ядра является важным структурным фрагментом, который присутствует во многих натуральных продуктах, обладающих различной биологической активностью [209, 210]. Поэтому можно

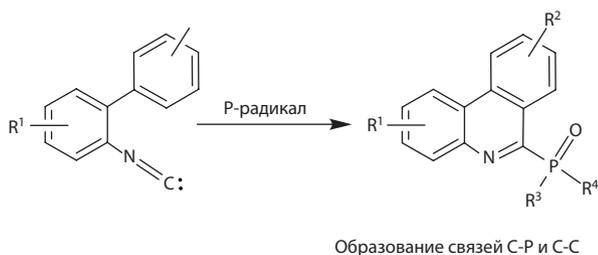


Схема 14.

ожидать, что предложенный метод будет применён в синтезе биологически активных соединений.

Фосфорилирование-циклизация алкиноатов

Описано несколько примеров каскадных реакций, инициированных присоединением Р-центрированных радикалов к алкинам [211–215]. Как правило, синтетическая значимость радикальных присоединений к алкинам связана с высокой реакционной способностью виниловых радикалов, образующихся на этой стадии, которые могут быть захвачены путём быстрой циклизации или присоединением к другим π-системам. К развитию эффективных Р-радикальных тандемных методов сейчас обращено внимание, и они являются перспективными как альтернатива в создании весьма сложных фосфорорганических структур. Группа Ву в 2014 году предложила использовать тандемный процесс дифункционализации алкинов, катализируемый Ag_2CO_3 , включающий радикальное фосфонирование и С-Н функционализацию, для синтеза различных 3-фосфонированных кумаринов с умеренными и высокими выходами с высокой региоселективностью [216] (схема 15). Впервые было использовано каталитическое количество недорогой и нетоксичной соли серебра в “реакции домино” с образованием связей С-Р и С-С.

Ву, работы которого по фосфорилированным кумаринам обсуждались выше [182], предположил, что серебро может катализировать присоединение Р-радикала к алкиноатам и проводить прямую циклизацию с получением соответствующих фосфонированных кумаринов как потенциальных фармацевтических агентов [158, 217] (схема 16). Так, был предложен способ получения 3-фосфонатных кумаринов-домино путём последователь-

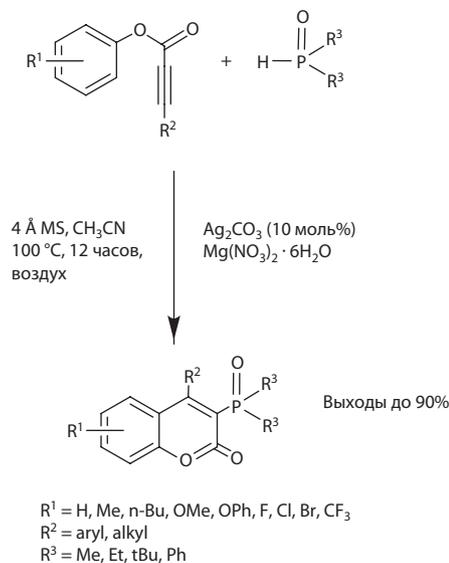


Схема 15.



Схема 16.

ного радикального С-Р/С-С процесса, катализируемого серебром, между арильными алкиноатами и диалкил Н-фосфонатами.

Таким образом, группа Ву [216] предложила новый подход к синтезу 3-фосфонированных кумаринов, исходя из легко получаемых алкиноатов и коммерчески доступных Н-фосфонатов как Р-радикальных прекурсоров. Различные 3-фосфонированные кумарины были получены с высокой региоселективностью с умеренными и высокими выходами. Дешевые и нетоксичные соли серебра были использованы в катализируемом фосфонировании атома углерода алкиноатов.

Фосфорилирование фенилпиридина и его производных

Новым направлением в развитии методов функционализации ароматических С-Н связей становится лигандонаправленное фосфорилирование с участием комплексов и солей палладия. Совсем недавно, Ю с сотрудниками сообщили о пиридин-направленной, или более обще, гетероцикл-направленной реакции С-Н фосфорилирования, катализируемой палладием, в которой были использованы непосредственно Н-фосфонаты [62]. Эта реакция была разработана с использованием гетероцикл-направленного орто-палладирования. Как Н-фосфонаты, так и диарил фосфиноксиды выступают подходящими партнёрами сочетания в этой реакции.

Здесь следует ещё раз упомянуть, что одной из проблем, сдерживающих развитие новых подходов к созданию связей фосфор-углерод С(sp²)-Р с участием металлокомплексов, является сильная координирующая способность фосфорного партнёра сочетания. Такаи с сотрудниками, используя связанный фосфит в качестве направляющей группы, а также партнёра сочетания, успешно избежали этой проблемы и создали первый пример Pd(0)-катализируемой реакции С-Н фосфорили-

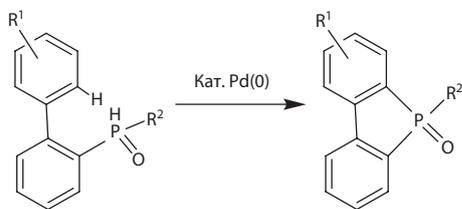


Схема 17.

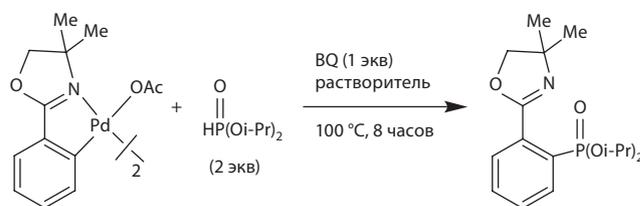


Схема 18.

рования палладия внутримолекулярным путём (схемы 17) [64].

Группа Ю успешно реализовала межмолекулярное С-Н фосфорилирование С-Н связей в различных гетероциклах (схема 18) [62]. Пиридин- и оксазолин-содержащие фосфонатные продукты являются потенциально полезными перкурсорам в лекарственной химии [8, 9, 218] или синтезе N,P-бидентатных лигандов [219]. Предположительно, ВQ способствует восстановительному элиминированию, аналогично тому, что наблюдалось в сочетании С-Н связей с металлоорганическими реагентами [220, 221]. Предположительно, что координация Н-фосфонатного реагента с Pd(II) катализатором будет ингибировать стадию С-Н активации. Таутомерное равновесие Н-фосфонатов хорошо известно, и трёхкоординированный фосфит может сильно связываться с Pd(II)-центром его неподелённой парой [222]. Чтобы избежать этой проблемы, Ю предложил добавлять Н-фосфонат по каплям в реакцию так, чтобы концентрация его была сведена к минимуму во время протекания процесса. Выбранные условия реакции, а именно, Pd(OAc)₂ (10 моль%) в качестве катализатора, Ag₂CO₃ в качестве окислителя и Na₂CO₃ в качестве основания, добавление по каплям Н-фосфоната при 100 °С в различных растворителях дают требуемый продукт реакции, причём трет-АмУОН оказался лучшим растворителем.

Применимость этого подхода была перенесена на некоторые другие азотистые гетероциклические платформы. Направленное фосфорилирование как хинолина, так и изохинолина протекает с получением соответствующего продуктов с выходами 62 и 74%, соответственно. Авторы также показали возможность получения диарилфосфиноксидных прекурсоров непосредственно путём сочетания С-Н связей с различными диарилфосфиноксидными, хотя и с умеренными выходами в исследуемых условиях.

Таким образом, межмолекулярная реакция С-Н активации/фосфорилирования, катализируемая Pd(II), была разработана впервые в группе Ю [62]. Различные гетероциклические субстраты были профосфорилированы с образованием N-P бидентатных соединений, которые являются потенциально полезными в областях медицинской химии и катализе.

Независимое исследование группы Мураками аналогичной реакции фосфонирования 2-арилпиридинов было опубликовано в 2013 году почти одновременно с работой Ю [223]. В этой работе показано, что гидрокси-

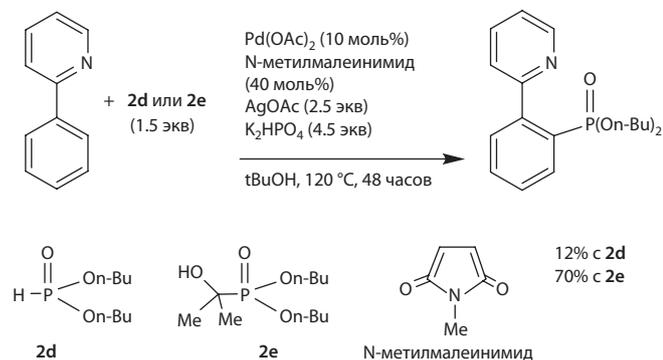


Схема 19.

алкилфосфонат генерирует Н-фосфонат, который служит замаскированным фосфонирующим реагентом [224–226]. При обработке смеси основанием [227] катализатор сохраняется от дезактивации (схема 19).

Кроме того, проведение постадийных стехиометрических реакций позволило чётко описать некоторые детали механизма.

Мураками [223] провёл несколько стехиометрических реакций для подтверждения стадий, составляющих предлагаемый каталитический цикл. Был постулирован механизм фосфонирования 2-фенилпиридина, протекающего последовательно шаг за шагом через циклометаллирование, лигандный обмен и восстановительное элиминирование. Эта работа демонстрирует потенциальные возможности α -гидроксиалкилфосфонатов как замаскированных фосфонирующих реагентов, позволяющих сохранить катализатор от дезактивации.

Недавно была предложена электрохимическая версия фосфорилирования фенилпиридина [228]. Метод лигандонаправленного замещения С-Н связи в фенилпиридине, ранее успешно применённый для ацетоксилирования и перфторалкилирования в электрохимических условиях [229, 230] в присутствии ацетата палладия(II) оказался успешным и в случае фосфорилирования [228]. Подход к введению фосфонатной группы основан на электрохимическом окислении смеси ацетата палладия, фенилпиридина и диэтилфосфита при комнатной температуре (схема 20).

Выделен промежуточный дипалладиевый циклический комплекс, образующийся при орто-палладировании фенилпиридина и замещении ацетат-ионов на фосфонат-ионы ($R = \text{Et}$), его структура доказана методом рентгеноструктурного анализа, изучены редокс-свойства.

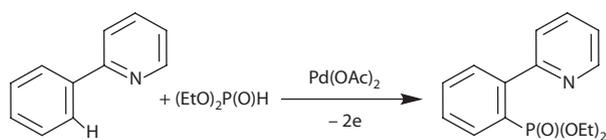


Схема 20.

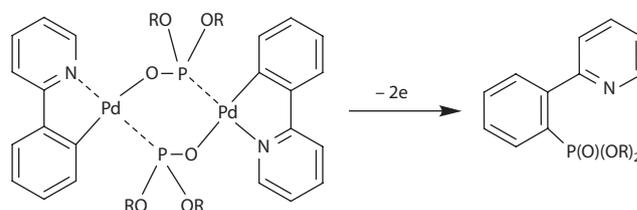


Схема 21.

Препаративное окисление последнего даёт селективно продукт фосфонирования С-Н связи фенилпиридина (схема 21).

Таким образом, фосфонирование ароматической связи $\text{C}(\text{sp}^2)\text{-H}$, катализируемое палладием, успешно происходит с помощью пиридинильной группы в качестве направляющей.

Арилпалладиевые комплексы как реакционные интермедиаты в реакциях образования связи С-Р

Реакции образования связей углерод-гетероэлемент, в том числе углерод-фосфор, являются принципиально важными превращениями, используемыми для построения широкого спектра органических молекулярных архитектур. Понимание электронных и стерических эффектов органических фрагментов на отдельных стадиях превращения, путей реакции, является необходимым для разработки высокоактивных катализаторов для этих процессов. Если реакции, катализируемые производными серебра, марганца, меди, как правило, протекают по радикальному механизму (см. многочисленные примеры настоящего обзора), для которого выделить и установить природу отдельных интермедиатов очень сложно, то в реакции образования Р-С связи, катализируемые палладием, удалось исследовать с помощью комбинации синтетических, спектроскопических, кристаллографических и расчётных методов. Особого успеха здесь удалось достичь группе Стокленда [231].

С этой целью Стокленд изучал образование арилфосфоната из дискретных промежуточных продуктов реакции типа $\text{bu}_2\text{bipyPd}(\text{Ar})(\text{P}(\text{O})(\text{OR})_2)$ [232, 233]. Эти комплексы представляют первые примеры выделенных четырёхкоординированных арилпалладиевых комплексов, содержащих фосфонатный фрагмент, и они довольно устойчивыми к восстановительному элиминированию при 25 °С. Исследование условий, необходимых для индуцирования восстановительного элиминирования из этих интермедиатов, позволило получить представление о ключевой стадии образования связи фосфор-углерод в синтезе арилфосфоната, катализируемом палладием. Кроме того, хелатирующий лиганд вынуждает арил и фосфонатные фрагменты быть связанными с металлическим центром в цис-положении. Поэтому изомеризация не

является необходимым условием для восстановительного элиминирования из этих соединений.

В отличие от других реакций образования связи углерод-гетероэлемент из Pd(II) [234], арильные фрагменты, связанные с металлом и несущие электронодонорные группы, ускоряют процесс элиминирования, в то время как $-\text{NO}_2$, $-\text{Cl}$ или $-\text{CN}$ группы приводят к медленному образованию связи фосфор-углерод. Отметим, что хотя использование лигандов типа бипиридила способствовало образованию и давало возможность выделить и охарактеризовать эти промежуточные продукты, большинство катализируемых палладием реакций сочетания используют комплексы с монодентатными или бидентатными фосфиновыми донорными лигандами. Эффективность дифосфиновых лигандов для промотирования образования связей фосфор-углерод путём восстановительного элиминирования из дискретных промежуточных продуктов реакции типа (diphosphine) Pd(Ar)-(P(O)(OR)₂) представляет интерес для проектирования и разработки более эффективных катализаторов.

Разработав эффективную схему получения требуемых интермедиатов, Скотланд [231–233] получил ряд соединений с использованием арилпалладиевых прекурсоров, с целью сравнения электронных и стерических эффектов арильного фрагмента, связанного с металлом. Были выбраны дифосфины, *dppe*, *dppe* и *dppephos*, а $-\text{P}(\text{O})(\text{OEt})_2$ был выбран в качестве прототипа фосфонатного фрагмента из-за его богатой истории применения в синтезе органических соединений (*dppe* = бис(дифенилфосфино)этан, *dppe* = бис(дифенилфосфино)пропан, *dppephos* = (оксиди-2,1-фенилен)бис(дифенилфосфин)).

Электронный эффект, наблюдаемый в этих металл-фосфонатных системах, отличается от практически всех других реакций образования связей углерод-гетероэлемент, которые были ранее сообщены для Pd(II) [234, 235]. Элегантные работы Хартвига и других исследователей показали, что восстановительное элиминирование из алкоксидов арилпалладия [236, 237], сульфидов [238] и амидов [239], содержащих комплексы Pd(II) ускоряется в присутствии электроноакцепторных групп в арильном фрагменте, связанном с металлом. Хотя очевидное различие между фосфонатными системами, представленными в работе Скотланда [231], и системами с элиминированием с участием групп $-\text{OR}$, $-\text{NR}_2$ и $-\text{PR}_2$ заключается в отсутствии неподелённой пары на гетероатоме, недавние исследования показали, что электронные эффекты, наблюдающиеся в реакциях образования связей углерод-гетероэлемент, являются результатом возмущений σ -цепи, и что π -вклады минимальны [231]. Следует также отметить, что скорость восстановительного элиминирования в арилфосфин от связанного с дифосфином фосфида палладия ускоряется при введении электроноакцепторной группы $-\text{NO}_2$ в арильную группу, связанную с металлом [240]. Анализ скоростей элиминирования относительно комплекса, содержащего электроннонейтральную фенильную группу, по графику Гаммета. Была получена почти линейная

зависимость между E_p и скоростью элиминирования ($F_1 = -2.7$, $R_2 = 0.99$).

Таким образом, серия фосфонатных комплексов арилпалладия была получена, охарактеризована, изучена в качестве ключевых промежуточных продуктов в реакциях сочетания, катализируемых палладием. Все палладиевые комплексы элиминируют арилфосфонатные частицы с высокими выходами в мягких условиях. В отличие от практически всех других реакций образования связей углерод-гетероатом из палладия(II), наличие электроноакцепторных групп в арильной группе, связанной с металлом, приводит к более медленным скоростям восстановительного элиминирования. Использование зависимости Гаммета показало линейные графики для σ_r с $F_1 = -2.7$. Компьютерное исследование подтвердило это экспериментальное наблюдение, а также обнаружило линейную зависимость от σ_r с $F = -2.4$ для сольватированной модельной системы.

Синтез 3-фосфоиндолов реакцией кросс-сочетания с выделением водорода

В целом, новые стратегии прямой активации и функционализации C-H связей, катализируемой переходными металлами, в основном основаны на окислительном дегидрирующем сочетании Хека, кросс-дегидрирующем сочетании Ли и каталитическом тандемном прямом арилировании и т.п. Хотя эти превращения были описаны в терминах каталитического дегидрирующего кросс-сочетания, газообразный водород, как правило, в этих реакциях в качестве побочного продукта не выделяется. Это связано с термодинамической неблагоприятностью потери H_2 при образовании связей C-C или C-гетероатом. Кроме того, катализируемое металлом дегидрирующее сочетание, как правило, требует стехиометрическое количество окислителя в качестве внешней движущей силы. Кроме этого, основание также добавляется в дегидрирующих реакциях сочетания Хека окислительного типа.

Разработка катализируемого переходным металлом окислительного кросс-сочетания путём прямого удаления H_2 представляет огромную проблему [241, 242]. Янг обнаружил уникальную катализируемую Cu(I) реакцию кросс-сочетания путём удаления водорода H_2 , направленную на стереоселективный синтез 3-фосфоиндолов [243]. Эта реакция полностью исключает окислитель и основание, выходя за рамки окислительных реакций дегидрирующего сочетания, для которой в качестве единственного побочного продукта выделяется водород H_2 . Этот подход позволил синтезировать 3-фосфоиндолы и прекурсор ингибитора анти-ВИЧ IDX899 (схема 22).

Достоинством предлагаемого процесса являются простота, мягкие условия, возможность масштабирования (граммовая шкала). Индол является важным структурным фрагментом, обычно встречающимся в фармацевтических препаратах и природных продуктах

Преимущества метода:

- H₂ единственный побочный продукт
- Мягкие условия
- Отличные величины dr

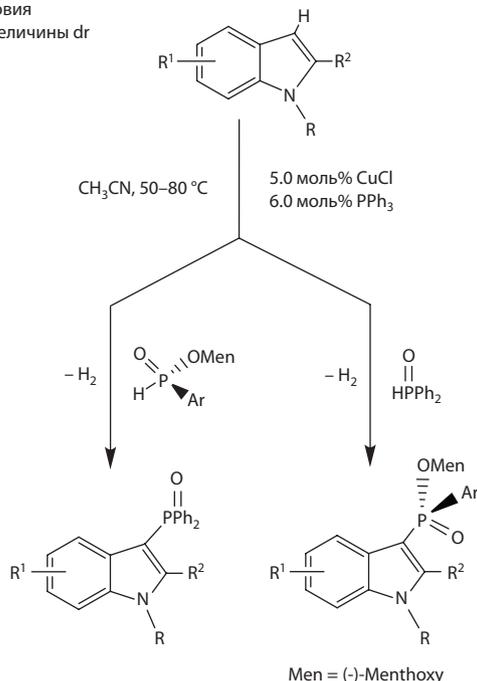


Схема 22.

[244–250]. 3-фосфоиндолы представляют новое второе поколение ННИОТ (нуклеозидные ингибиторы обратной транскриптазы), которые демонстрируют отличную эффективность против немутантного типа и ННИОТ устойчивого ВИЧ-1 *in vitro* [251–255].

Стоит отметить, что реакция с высоким выходом может быть успешно масштабирована. Особое внимание было уделено стереоселективному синтезу хиральных 3-фосфоинзолов. Развитие этого стереоселективного метода имеет решающее значение для изучения асимметричной функционализации С-Н связей и создания фармакоцевтических препаратов для ВИЧ-1 терапии. Таким образом, Янг [243] разработал высокоэффективный способ получения различных 3-фосфоинзолов по реакции кросс-сочетания, катализируемой медью путём удаления водорода H₂.

Фосфорилирование бензамидов

Совсем недавно, группа Ю описала фосфорилирование Н-фосфонатами орто С-Н связей в бензамидах, содержащих 8-аминохинолиновый фрагмент в качестве как бидентатной направляющей группы с использованием меди в качестве катализатора в мягких температурных условиях [256]. Этот метод показывает высокую совместимость функциональных групп и селективно даёт моно-замещённые продукты (схема 23).

Использование медных реагентов благодаря их низкой стоимости и токсичности в качестве катали-

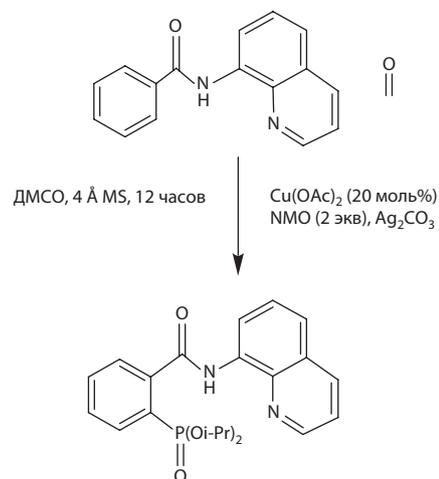


Схема 23.

заторов для активации связи С-Н является особенно привлекательным. Известно множество примеров реакций функционализации С-Н связей с участием медных катализаторов, однако, до работы Ю не было ни одной межмолекулярной прямой реакции фосфорилирования ароматических связей С-Н. Использование в качестве направляющей группы удаляемого амида на основе 8-аминохинолина, позволяет стабилизировать высоко-валентные Cu интермедиаты [257, 258]. Эта реакция прямого фосфорилирования, катализируемая медью, также применима к винильным С-Н связям. Реакцию удалось масштабировать в десятикратном объёме.

Итак, разработан метод для прямого межмолекулярного С-Н фосфорилирования некислотной бензамидной орто С-Н связи [256]. Реакция использует недорогие ацетат меди в мягких условиях. Кроме того, процесс селективно даёт лишь моно-замещённые продукты и демонстрирует превосходную толерантность к функциональным группам.

Новые электрохимические пути образования связей С-Р из С-Н

Электрохимические процессы – это прямой путь к малотоннажному, малоотходному производству важных соединений высокой чистоты. Их преимущества заключаются в нетермической активации и чистых (минимум реагентов) условиях, причём электрон, как реагент, является экологически чистым для окружающей среды. Классические реакции лигандо-направленной С-Н функционализации, как правило, основаны на каталитическом цикле с участием комплексов переходных металлов в различных степенях окисления. Электрохимические методы могут быть здесь полезны благодаря следующим преимуществам: возможности управления скоростью реакции восстановительного элиминирования, либо окислительного присоединения,

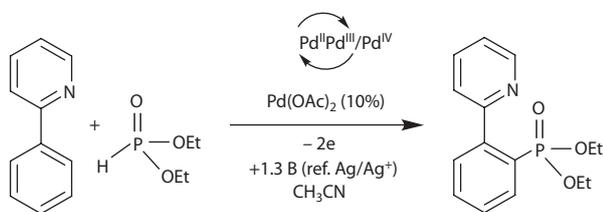


Схема 24.

варьируя потенциал электрода, генерации и регенерации каталитически активной формы металла на электроде без специально добавленных окислителей (восстановителей), возможности исследования механизмов каталитических циклов, их отдельных стадий и получения информации о редокс-свойствах интермедиатов и константах скоростей реакций.

Было показано, что совместный электролиз ароматических субстратов (например, 2-фенилпиридина) и фосфорилирующего реагента в присутствии катализатора (например, соли палладия) приводит к продуктам С-Н фторалкилирования с неплохими выходами [228] (схема 24).

Диалкиларил фосфонаты имеют значение в качестве промежуточных продуктов в синтезе пестицидов и биологически активных соединений. Бензол является одним из самых проблемных субстратов, поскольку его структура не имеет благоприятствующих С-Н замещению факторов, т.е. функциональных групп, активирующих связи или направляющих функционализацию. Кумарин-

3-фосфонаты интересны биологической активностью, цитотоксичностью по отношению к раковым клеткам лейкемии.

Недавно был предложен новый подход к фосфорилированию бензолов, несущих как электроноакцепторные, так и электронодонорные заместители в кольце и некоторых кумаринов под действием диалкил Н-фосфонатов [259, 260]. Совместное каталитическое окисление арена и Н-фосфоната (1:1) в мягких условиях (комнатная температура) с использованием новой биметаллической каталитической системы Mn(II)/Ni(II) приводит к диалкиларил фосфонату с высоким выходом (до 70%) (схема 25). 1% биметаллического катализатора демонстрирует хорошую активность. Успех достигается за счёт быстрого каталитического цикла и регенерации на электроде. Механизм процесса требует дальнейших исследований, хотя первой стадией цикла можно предположить образование фосфоната металла (или металлов), окисляющихся при невысоких анодных потенциалах с элиминированием фосфонат-радикала, фосфорилирующего бензол.

Описана реакция функционализации С-Н/Р-Н арил-фосфиноксидов алкинами, катализируемая серебром, которая позволяет непосредственно получать бензо[*b*]фосфолоксиды с высоким выходом [196]. Недавно предложен более удобный и простой способ, который реализуется в мягких условиях (при комнатной температуре) и низкой загрузке серебряного катализатора (схема 26) [261]. Этот подход исключает дорогой палладий, избыток окислителя серебра и высокую температуру, что, очевидно, гораздо более эффективно по сравнению с известной литературной методикой [196].

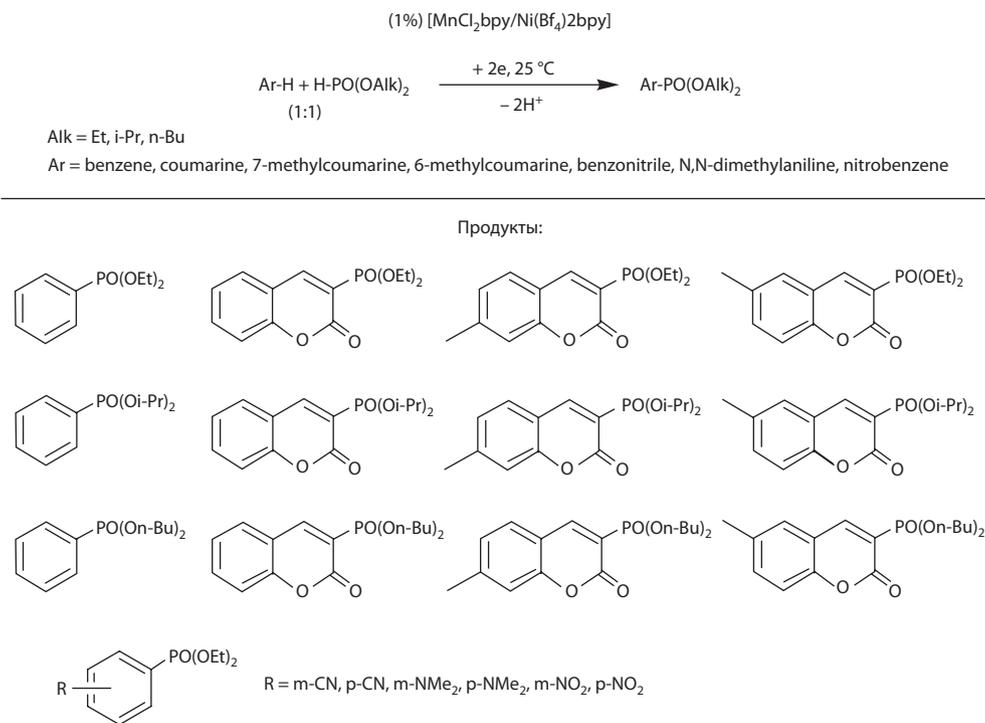


Схема 25.

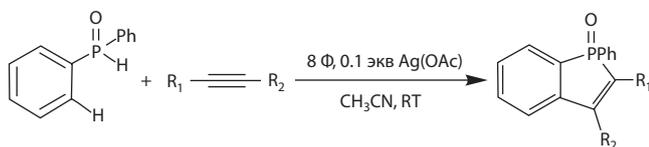


Схема 26.

Заключение

Все более широкое проявление ключевой роли фосфорорганических соединений в различных сферах науки и практики в последнее время привлекает новых исследователей в эту область. Однако успех можно ожидать только в поиске новых методологий синтеза, исключающих значительные побочные продукты и основанных на атом-экономных, экологически приемлемых, простых для реализации каталитических подходах, к которым справедливо относят и фосфорилирование С-Н связей.

Литература

- Organic Phosphorus Compounds (G. M. Kosolapoff, L. Maier, eds.) vol.1-7 // Wiley-Interscience, New York 1972.
- D. E. C. Corbridge (ed.) In: Phosphorus: Chemistry, Biochemistry and Technology. 6th edn. // CRC Press, London 2013.
- K. D. Troev. Chemistry and Application of H-Phosphonates // Elsevier Science, Oxford 2006.
- L. D. Quin. A Guide to Organophosphorus Chemistry // Wiley-Interscience, Hoboken, NJ, 2000.
- C. Giorgio, O. Gianmauro, A. P. Gerard // Tetrahedron, **59**, 9471 (2003)
- W. Tang, X. Zhang // Chem. Rev. **103**, 3029 (2003)
- S. Sivendran, V. Jones, D. Sun, Y. Wang, A. E. Grzegorzewicz, M. S. Scherman, A. D. Napper, J. A. McCammon, R. E. Lee, S. L. Diamond, M. McNeil // Bioorg. Med. Chem. **18**, 896 (2010)
- Q. Dang, Y. Liu, D. K. Cashion, S. R. Kasibhatla, T. Jiang, F. Taplin, J. D. Jacintho, H. Li, Z. Sun, Y. Fan, J. DaRe, F. Tian, W. Li, T. Gibson, R. Lemus, P. D. van Poelje, S. C. Potter, M. D. Erion // J. Med. Chem. **54**, 153 (2011)
- X. Chen, D. J. Kopecky, J. Mihalic, S. Jeffries, X. Min, J. Heath, J. Deignan, S. Lai, Z. Fu, C. Guimaraes, S. Shen, S. Li, S. Johnstone, S. Thibault, H. Xu, M. Cardozo, W. Shen, N. Walker, F. Kayser, Z. Wang // J. Med. Chem. **55**, 3837 (2012)
- X. S. Li, D. W. Zhang, H. Pang, F. Shen, H. Fu, Y. Y. Jiang, Y. F. Zhao // Organic Lett. **7**, 4919 (2005)
- X. Yu, Q. Ding, J. Wu // J. Comb. Chem. **12**, 743 (2010)
- H. Steininger, M. Schuster, K. D. Kreuer, A. Kaltbeitzel, B. Bingol, W. H. Meyer, S. Schauff, G. Brunklaus, J. Maier, H. W. Spiess // Phys. Chem. Chem. Phys. **9**, 1764 (2007)
- S. Kirumakki, J. Huang, A. Subbiah, J. Yao, A. Rowland, B. Smith, A. Mukherjee, S. Samarajeewa, A. Clearfield. // J. Mater. Chem. **19**, 2593 (2009)
- V. Spampinato, N. Tuccitto, S. Quici, V. Calabrese, G. Marletta, A. Torrisi, A. Licciardello // Langmuir **26**, 8400 (2010)
- K. Xu, F. Yang, G. Zhang, Y. Wu // Green Chem. **15**, 1055 (2013)
- D. S. Glueck // Top. Organomet. Chem. **31**, 65 (2010)
- C. S. Demmer, N. K. Larsen, L. Bunch // Chem. Rev. **111**, 7981 (2011)
- Phosphorus Compounds Advanced Tools in Catalysis and Material Science (M. Peruzzini, L. Gonsalvi, eds.) // Springer, Dordrecht 2011.
- A. Börner (ed.) Phosphorus Ligands in Asymmetric Catalysis // Wiley-VCH, Weinheim, Germany 2008.
- A. Michaelis, R. Kaehne // Berichte **31**, 1048 (1898)

- A. E. Arbuzov // J. Russ. Phys. Chem. Soc. **38**, 687 (1906)
- A. E. Arbuzov // Chem. Zentrabl. II, 1639 (1906)
- A. P. Combs // J. Med. Chem. **53**, 2333 (2010); R. H. Van Huijsduijnen, W. H. B. Sauer, A. Bombrun, D. Swinnen // J. Med. Chem. **47**, 4142 (2004)
- Q. Dang, S. R. Kasibhatla, W. Xiao, Y. Liu, J. DaRe, F. Taplin, K. R. Reddy, G. R. Scarlato, T. Gibson, P. D. van Poelje, S. C. Potter, M. D. Erion // J. Med. Chem. **53**, 441 (2010)
- B. E. Maryanoff // J. Med. Chem. **47**, 769 (2004)
- H. Mattes, D. Carcache, H. O. Kalkman, M. Koller // J. Med. Chem. **53**, 5367 (2010)
- M. N. Greco, M. J. Hawkins, E. T. Powell, J. Almond, L. de Garavilla, J. Hall, L. K. Minor, Y. Wang, T. W. Corcoran, E. Di Cera, A. M. Cantwell, S. N. Savvides, B. P. Damiano, B. E. Maryanoff // J. Med. Chem. **50**, 1727 (2007)
- P. Lassaux, M. Hamel, M. Gulea, H. Delbrück, P. S. Mercuri, L. Horsfall, D. Dehareng, M. Kupper, J. M. Frère, K. Hoffmann, M. Galleni, C. Bebrone // J. Med. Chem. **53**, 4862 (2010)
- T. S. Kumar, S. Y. Zhou, B. V. Joshi, R. Balasubramanian, T. Yang, B. T. Liang, K. A. Jacobson // J. Med. Chem. **53**, 2562 (2010)
- S. U. Kang, Z. D. Shi, K. M. Worthy, L. K. Bindu, P. G. Dharmawardana, S. J. Choyke, D. P. Bottaro, R. J. Fisher, T. R. Burke, Jr. // J. Med. Chem. **48**, 3945 (2005)
- J. B. Catterall, T. E. Cawston // Arthritis Res. Ther. **5**, 12 (2003)
- M. Lee, E. M. Fong, F. R. Singer, R. S. Guenett // Cancer Res. **61**, 2602 (2001)
- T. Haemers, J. Wiesner, S. Van Poecke, J. Goeman, D. Henschker, E. Beck, H. Jomaa, S. Van Calenbergh // Bioorg. Med. Chem. Lett. **16**, 1888 (2006)
- J. Balzarini, A. Holy, J. Jindrich, L. Naesens, R. Snoeck, D. Schols, E. De Clercq // Antimicrob. Agents Chemother **37**, 332 (1993)
- E. De Clercq // Biochem. Pharmacol. **82**, 99 (2011)
- Q. Dang, S. R. Kasibhatla, T. Jiang, K. Fan, Y. Liu, F. Taplin, W. Schulz, D. K. Cashion, K. R. Reddy, P. D. van Poelje, J. M. Fujitaki, S. C. Potter, M. D. Erion // J. Med. Chem. **51**, 4331 (2008)
- E. De Clercq // Med. Res. Rev. **31**, 118 (2011)
- B. L. Robbins, R. V. Srinivas, C. Kim, N. Bischofberger, A. Fridland // Antimicrob. Agents Chemother **42**, 612 (1998)
- S. Heintl, S. Reisinger, C. Schwarzmaier, M. Bodensteiner, M. Scheer // Angew. Chem. Int. Ed. **53**, 7639 (2014)
- A. L. Schwan // Chem. Soc. Rev. **33**, 218 (2004)
- S. V. D. Jeught, C. V. Stevens // Chem. Rev. **109**, 2672 (2009)
- D. S. Glueck // Top. Organomet. Chem. **31**, 65 (2010)
- F. M. J. Tappe, V. T. Trepohl, M. Oestreich // Top. Synthesis 3037 (2010)
- J. L. Montchamp // Acc. Chem. Res. DOI:10.1021/ar400071v (2013)
- T. Hirao, T. Masunaga, Y. Ohshiro, T. Agawa // Synthesis **56** (1981)
- D. Gelman, L. Jiang, S. L. Buchwald // Organic Lett. **5**, 2315 (2003)
- M. Kalek, A. Ziadi, J. Stawinski // Organic Lett. **10**, 4637(2008)
- E. L. Deal, C. Petit, J. L. Montchamp // Organic Lett. **13**, 3270 (2011)
- X. H. Zhang, H. Z. Liu, X. M. Hu, G. Tang, J. Zhu, Y. Zhao // Organic Lett. **13**, 3478 (2011)
- S. M. Rummelt, M. Ranocchiaro, J. A. Bokhoven // Organic Lett. **14**, 2188 (2012)
- K. Xu, F. Yang, G. Zhang, Y. Wu // Green Chem. **15**, 1055 (2013)
- Y. L. Zhao, G. J. Wu, Y. Li, L. X. Gao, F. S. Han // Chem.-Eur. J. **18**, 9622 (2012)
- S. E. Vaillard, C. Mück-Lichtenfeld, S. Grimme, A. Studer // Angew. Chem., Int. Ed. **46**, 6533 (2007)
- A. Bruch, A. Ambrosius, R. Fröhlich, A. Studer, D. B. Guthrie, H. Zhang, D. P. Curran // J. Am. Chem. Soc. **132**, 11452 (2010)
- K. S. Petrakis, T. L. Nagabhushan // J. Am. Chem. Soc. **109**, 2831 (1987)
- Y. Luo, J. Wu // Organometallics **28**, 6823 (2009)
- R. Berrino, S. Cacchi, G. Fabrizi, A. Goggiamani, P. Stabile // Org. Biomol. Chem. **8**, 4518 (2010)
- M. Andaloussi, J. Lindh, J. Sävmarker, P. J. R. Sjöberg, M. Larhed. // Chem.-Eur. J. **15**, 13069 (2009)
- G. Hu, W. Chen, T. Fu, Z. Peng, H. Qiao, Y. Cao, Y. Zhao // Organic Lett. **15**, 5362 (2013)

60. R. Zhuang, J. Xu, Z. Cai, G. Tang, M. Fang, Y. Zhao // *Organic Lett.* **13**, 2110 (2011)
61. C. Li, T. Yano, N. Ishida, M. Murakami // *Angew. Chem., Int. Ed.* **52**, 9801 (2013)
62. C. G. Feng, M. Ye, K. J. Xiao, S. Li, J. Q. Yu // *J. Am. Chem. Soc.* **135**, 9322 (2013)
63. C. Hou, Y. Ren, R. Lang, X. Hu, C. Xia, F. Li // *Chem. Commun.* **48**, 5181 (2012)
64. Y. Kuninobu, T. Yoshida, K. Takai // *J. Org. Chem.* **76**, 7370 (2011)
65. X. Mao, X. Ma, S. Zhang, H. Hu, C. Zhu, Y. Cheng // *Eur. J. Org. Chem.* 4245 (2013)
66. C. B. Xiang, Y. J. Bian, X. R. Mao, Z. Z. Huang // *J. Org. Chem.* **77**, 7706 (2012)
67. T. Kagayama, A. Nakano, S. Sakaguchi, Y. Ishii // *Organic Lett.* **8**, 407 (2006)
68. C. S. Demmer, N. Krosggaard-Larsen, L. Bunch // *Chem. Rev.* **111**, 7981 (2011)
69. D. S. Glueck // *Top. Organomet. Chem.* **31**, 65 (2010)
70. G. Evano, A. C. Gaumont, C. Alayrac, I. E. Wrona, J. R. Giguere, O. Delacroix, A. Bayle, K. Jouvin, C. Theunissen, J. Gatignol, A. C. Silvanus // *Tetrahedron* **70**, 1529 (2014)
71. D. J. C. Constable, P. J. Dunn, J. D. Hayler, G. R. Humphrey, J. L. Leazer, Jr., R. J. Linderman, K. Lorenz, J. Manley, B. A. Pearlman, A. Wells, A. Zaks, T. Y. Zhang // *Green Chem.* **9**, 411 (2007)
72. R. A. Sheldon // *Chem. Soc. Rev.* **41**, 1437 (2012)
73. Topics in Current Chemistry, C-H Activation (J.-Q. Yu, Z.-J. Shi, eds.) // Springer, Berlin 2010.
74. O. Daugulis, H. Q. Do, D. Shabashov // *Acc. Chem. Res.* **42**, 1074 (2009)
75. R. Giri, B. F. Shi, K. M. Engle, N. Maugele, J. Q. Yu // *Chem. Soc. Rev.* **38**, 3242 (2009)
76. D. A. Colby, R. G. Bergman, J. A. Ellman // *Chem. Rev.* **110**, 624 (2010)
77. I. A. I. Mkhaldid, J. H. Barnard, T. Marder, J. M. Murphy, J. F. Hartwig // *Chem. Rev.* **110**, 890 (2010)
78. T. W. Lyons, M. S. Sanford // *Chem. Rev.* **110**, 1147 (2010)
79. L. Ackermann // *Chem. Commun.* **46**, 4866 (2010)
80. T. Newhouse, P. S. Baran // *Angew. Chem.* **123**, 3422 (2011); *Angew. Chem. Int. Ed.* **50**, 3362 (2011)
81. L. McMurray, F. O. Hara, M. J. Gaunt // *Chem. Soc. Rev.* **40**, 1885 (2011)
82. C. S. Yeung, V. M. Dong // *Chem. Rev.* **111**, 1215 (2011)
83. C. L. Sun, B. J. Li, Z. J. Shi // *Chem. Rev.* **111**, 1293 (2011)
84. S. H. Cho, J. Y. Kim, J. Kwak, S. Chang // *Chem. Soc. Rev.* **40**, 5068 (2011)
85. J. Yamaguchi, A. D. Yamaguchi, K. Itami // *Angew. Chem.* **124**, 9092 (2012); *Angew. Chem. Int. Ed.* **51**, 8960 (2012)
86. N. Kuhl, M. N. Hopkinson, J. Wencel-Delord, F. Glorius // *Angew. Chem.* **124**, 10382 (2012); *Angew. Chem. Int. Ed.* **51**, 10236 (2012)
87. P. B. Arockiam, C. Bruneau, P. H. Dixneuf // *Chem. Rev.* **112**, 5879 (2012)
88. T. Kagayama, A. Nakano, S. Sakaguchi, Y. Ishii // *Organic Lett.* **8**, 407 (2006)
89. Y. Gao, G. Wang, L. Chen, P. Xu, Y. Zhao, Y. Zhou, L. B. Han // *J. Am. Chem. Soc.* **131**, 7956 (2009)
90. Y. Kuninobu, T. Yoshida, K. Takai // *J. Org. Chem.* **76**, 7370 (2011)
91. C. Hou, Y. Ren, R. Lang, X. Hu, C. Xia, F. Li // *Chem. Commun.* **48**, 5181 (2012)
92. C. B. Xiang, Y. J. Bian, X. R. Mao, Z. Z. Huang // *J. Org. Chem.* **77**, 7706 (2012)
93. O. Berger, C. Petit, E. L. Deal, J. L. Montchamp // *Adv. Synth. Catal.* **355**, 1361 (2013)
94. V. I. Sokolov, L. L. Troitskaya, O. A. Reutov // *J. Organomet. Chem.* **202**, 58 (1980)
95. C. Bolm, K. Wenz, G. Raabe // *J. Organomet. Chem.* **662**, 23 (2002)
96. V. A. Stepanova, V. Dunina, I. P. Smoliakova // *Angew. Chem. Int. Ed.* **52**, 9801 (2013)
97. A. B. Щепочкин, О. Н. Чупахин, В. Н. Чарушин, В. А. Петросян // *Успехи химии* **82**, 747 (2013)
98. Ю. М. Каргин, Ю. Г. Будникова // *Ж. общ. химии* **71**, 1472 (2001)
99. I. Huertas, I. Gallardo, J. Marquet // *Tetrahedron Lett.* **42**, 3439 (2001)
100. I. Gallardo, G. Guirado, J. Marquet // *Eur. J. Org. Chem.* 261 (2002)
101. I. Gallardo, G. Guirado, J. Marquet // *J. Org. Chem.* **68**, 631 (2003)
102. I. Gallardo, G. Guirado, J. Marquet // *J. Org. Chem.* **68**, 7334 (2003)
103. H. Cruz, I. Gallardo, G. Guirado // *Eur. J. Org. Chem.* 7378 (2011)
104. T. W. Lyons, M. S. Sanford // *Chem. Rev.* **110**, 1147 (2010)
105. L. M. Xu, B. J. Li, Z. Yang, Z. J. Shi // *Chem. Soc. Rev.* **39**, 712 (2010)
106. K. Muñiz // *Angew. Chem. Int. Ed.* **48**, 9412 (2009)
107. X. Chen, K. M. Engle, D. H. Wang, J. Q. Yu // *Angew. Chem. Int. Ed.* **48**, 5094 (2009)
108. Z. Min, Z. Yuanfei, J. Xiaoming, Z. Huaqing, L. Gang, S. Weiping // *Org. Chem. Front.* **1**, 843 (2014)
109. E. V. Verbitskiy, E. M. Cheprakova, E. F. Zhilina, M. I. Kodess, M. A. Ezhikova, M. G. Pervova, P. A. Slepukhin, J. O. Subbotina, A. V. Schepochkin, G. L. Rusinov, O. N. Chupakhin, V. N. Charushin // *Tetrahedron* **69**, 5164 (2013); E. V. Verbitskiy, E. M. Cheprakova, P. A. Slepukhin, M. I. Kodess, M. A. Ezhikova, M. G. Pervova, G. L. Rusinov, O. N. Chupakhin, V. N. Charushin // *Tetrahedron* **68**, 5445 (2012); A. A. Musikhina, I. A. Utepova, P. O. Serebrennikova, O. N. Chupakhin, V. N. Charushin // *Russ. J. Org. Chem.* **49**, 1191 (2013)
110. G. Evano, A. C. Gaumont, C. Alayrac, I. E. Wrona, J. R. Giguere, O. Delacroix, A. Bayle, K. Jouvin, C. Theunissen, J. Gatignol, A. C. Silvanus // *Tetrahedron* **70**, 1529 (2014)
111. S. Swaminathan, K. V. Narayanan // *Chem. Rev.* **71**, 429 (1971)
112. A. K. Bhattacharya, G. Thyagarajan // *Chem. Rev.* **81**, 415 (1981)
113. P. Gellespie, F. Ramierz, I. Ugi, D. Marquarding // *Angew. Chem. Int. Ed.* **12**, 91 (1973)
114. D. J. Burton, R. M. Flynn // *Synthesis* 615 (1979)
115. L. M. Harwood, M. Julia // *Synthesis* 456 (1980)
116. S. Battaglia, S. Vyle // *Tetrahedron Lett.* **44**, 861 (2003)
117. R. Obrycki, C. E. Griffin // *J. Org. Chem.* **33**, 632 (1968)
118. J. F. Bunnet, X. Creary // *J. Org. Chem.* **39**, 3612 (1974)
119. E. F. Jason, E. K. Fields // *J. Org. Chem.* **27**, 1402 (1962)
120. F. Effenberger, H. Kottmann // *Tetrahedron* **41**, 4171 (1985)
121. T. Kagayama, A. Nakano, S. Sakaguchi, Y. Ishii // *Organic Lett.* **8**, 407 (2006)
122. X. J. Mu, J. P. Zou, Q. F. Qian, W. Zhang // *Organic Lett.* **8**, 5291 (2006)
123. L. Ackermann, S. Barfüsser, J. Pospech // *Organic Lett.* **12**, 724 (2010)
124. W. Han, P. Mayer, A. R. Ofial // *Angew. Chem. Int. Ed.* **50**, 2178 (2011)
125. M. Kitahara, N. Umeda, K. Hirano, T. Satoh, M. Miura // *J. Am. Chem. Soc.* **133**, 2160 (2011)
126. N. Matsuyama, M. Kitahara, K. Hirano, T. Satoh, M. Miura // *Organic Lett.* **12**, 2358 (2010)
127. S. H. Kim, J. Yoon, S. Chang // *Organic Lett.* **13**, 1474 (2011)
128. O. Vechorkin, V. Proust, X. L. Hu // *Angew. Chem. Int. Ed.* **49**, 3061 (2010)
129. T. Yao, K. Hirano, T. Satoh, M. Miura // *Chem.-Eur. J.* **16**, 12307 (2010)
130. X. Zhao, G. Wu, Y. Zhang, J. B. Wang // *J. Am. Chem. Soc.* **133**, 3296 (2011)
131. L. Zhang, J. H. Cheng, T. Ohishi, Z. M. Hou // *Angew. Chem. Int. Ed.* **49**, 8670 (2010)
132. X. F. Wu, P. Anbarasan, H. Neumann, M. Beller // *Angew. Chem. Int. Ed.* **49**, 7316 (2010)
133. S. H. Cho, J. Y. Kim, S. Y. Lee, S. Chang // *Angew. Chem. Int. Ed.* **48**, 9127 (2009)
134. D. Monguchi, T. Fujiwara, H. Furukawa, A. Mori // *Organic Lett.* **11**, 1607 (2009)
135. T. Kawano, K. Hirano, T. Satoh, M. Miura // *J. Am. Chem. Soc.* **132**, 6900 (2010)
136. M. Miyasaka, K. Hirano, T. Satoh, R. Kowalczyk, C. Bolm, M. Miura // *Organic Lett.* **13**, 359 (2011)
137. M. Kalek, A. Ziadi, J. Stawinski // *Organic Lett.* **10**, 4637 (2008)
138. M. Kalek, J. Stawinski // *Organometallics* **27**, 5876 (2008)
139. M. Kalek, M. Jezowska, J. Stawinski // *Adv. Synth. Catal.* **351**, 3207 (2009)
140. M. C. Kohler, T. V. Grimes, X. P. Wang, T. R. Cundari, R. A. Stockland, Jr. // *Organometallics* **28**, 1193 (2009)

141. X. L. Chen, X. Li, L. B. Qu, Y. C. Tang, W. P. Mai, D. H. Wei, W. Z. Bi, L. K. Duan, K. Sun, J. Y. Chen, D. D. Ke, Y. F. Zhao // *J. Org. Chem.* **79**, 8407 (2014)
142. I. Kostova, N. Nikolov, L. Chipilska // *J. Ethnopharmacol.* **39**, 205 (1993)
143. J. R. S. Hoult, M. Paya // *Gen. Pharmac.* **27**, 713 (1996)
144. T. Eckardt, V. Hagen, B. Schade, R. Schmidt, C. Schweitzer, J. Bendig // *J. Org. Chem.* **67**, 703 (2002)
145. C. J. Wang, Y. J. Hsieh, C. Y. Chu, Y. Y. Lin, T. H. Tseng // *Cancer Lett.* **183**, 163 (2002)
146. Y. Zhao, Q. Zheng, K. Dakin, K. Xu, M. L. Martinez, W. H. Li // *J. Am. Chem. Soc.* **126**, 4653 (2004)
147. K. Komatsu, Y. Urano, H. Kojima, T. Nagano // *J. Am. Chem. Soc.* **129**, 13447 (2007)
148. G. Signore, R. Nifosi, L. Albertazzi, B. Storti, R. Bizzarri // *J. Am. Chem. Soc.* **132**, 1276 (2010)
149. C. Wang, C. Wu, J. Zhu, R. H. Miller, Y. Wang // *J. Med. Chem.* **54**, 2331 (2011)
150. T. Devji, C. Reddy, C. Woo, S. Awale, S. Kadota, D. Carrico-Moniz // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **21**, 5770 (2011)
151. M. J. Matos, S. Vazquez-Rodriguez, L. Santana, E. Uriarte, C. Fuentes-Edfuf, Y. Santos, A. Munoz-Crego // *Molecules* **18**, 1394 (2013)
152. R. M. Christie, C. H. Lui // *Dyes Pigm.* **47**, 79 (2000)
153. M. S. Schiedel, C. A. Briehn, P. Bauerle // *Angew. Chem. Int. Ed.* **40**, 4677 (2001)
154. A. Elangovan, J. H. Lin, S. W. Yang, H. Y. Hsu, T. I. Ho // *J. Org. Chem.* **69**, 8086 (2004)
155. H. Turki, S. Abid, R. El Gharbi, S. Fery-Forgues // *C. R. Chimie* **9**, 1252 (2006)
156. S. Uchiyama, K. Takehira, T. Yoshihara, S. Tobita, T. Ohwada // *Organic Lett.* **8**, 5869 (2006)
157. T. Hirano, K. Hiromoto, H. Kagechika // *Organic Lett.* **9**, 1315 (2007)
158. E. Budzisz, E. Brzezinska, U. Krajewska, M. Rozalski // *Eur. J. Med. Chem.* **38**, 597 (2003)
159. C. N. Robison, J. F. Addison // *J. Org. Chem.* **31**, 4325 (1966)
160. R. K. Singh, M. D. Rogers // *J. Heterocycl. Chem.* **22**, 1713 (1985)
161. P. Bouyssou, J. Chenault // *Tetrahedron Lett.* **32**, 5341 (1991)
162. N. A. Rodios, A. Bojilova, A. Terzis, C. P. Raptopoulou // *J. Heterocycl. Chem.* **31**, 1129 (1994)
163. A. Bojilova, R. Nikolova, C. Ivanov, N. A. Rodios, A. Terzis, C. P. Raptopoulou // *Tetrahedron* **52**, 12597 (1996)
164. K. Kostka, S. Pastuszko, A. Kotynski, E. Budzisz // *Phosphorus, Sulfur Silicon Relat. Elem.* **134**, 199 (1998)
165. Y. Takeuchi, N. Ueda, K. Uesugi, H. Abe, H. Nishioka, T. Harayama // *Heterocycles* **59**, 217 (2003)
166. P. Zhou, Y. J. Jiang, J. P. Zou, W. Zhang // *Synthesis* **44**, 1043 (2012)
167. W. Xu, J. P. Zou, W. Zhang // *Tetrahedron Lett.* **51**, 2639 (2010)
168. X. Q. Pan, J. P. Zou, G. L. Zhang, W. Zhang // *Chem. Commun.* **46**, 1721 (2010)
169. J. Zhou, G. L. Zhang, J. P. Zou, W. Zhang // *Eur. J. Org. Chem.* 3412 (2011)
170. X. Q. Pan, L. Wang, J. P. Zou, W. Zhang // *Chem. Commun.* **47**, 7875 (2011)
171. E. Budzisz, E. Nawrot, M. Malecka // *Arch. Pharm. Pharm. Med. Chem.* **334**, 381 (2001)
172. E. Budzisz, E. Brzezinska, U. Krajewska, M. Rozalski // *Eur. J. Med. Chem.* **38**, 597 (2003)
173. S. Van der Jeught, C. V. Stevens // *Chem. Rev.* **109**, 2672 (2009)
174. Y. Takeuchi, N. Ueda, K. Uesugi, H. Abe, H. Nishioka, T. Harayama // *Heterocycles* **59**, 217 (2003)
175. A. Bojilova, R. Nikolova, C. Ivanov, N. A. Rodios, A. Terzis, C. P. Raptopoulou // *Tetrahedron* **52**, 12597 (1996)
176. N. A. Rodios, A. Bojilova, A. Terzis, C. P. Raptopoulou // *J. Heterocycl. Chem.* **31**, 1129 (1994)
177. P. Bouyssou, J. Chenault // *Tetrahedron Lett.* **32**, 5341 (1991)
178. R. K. Singh, M. D. Rogers // *J. Heterocycl. Chem.* **22**, 1713 (1985)
179. C. N. Robison, J. F. Addison // *J. Org. Chem.* **31**, 4325 (1966)
180. E. Budzisz, J. Graczyk-Wojciechowska, R. Ziebab, B. Nawrot // *New J. Chem.* **26**, 1799 (2002)
181. K. Kostka, S. Pastuszko, M. Porada // *Phosphorus, Sulfur Silicon Relat. Elem.* **71**, 67 (1992)
182. X. Mi, M. Huang, J. Zhang, C. Wang, Y. Wu // *Organic Lett.* **15**, 6266 (2013)
183. R. K. Bansal (ed.) *Phosphorus Heterocycles II: Topics in Heterocyclic Chemistry*, vol. 21 // Springer, Berlin 2010.
184. Y. Matano, H. Imahori // *Org. Biomol. Chem.* **7**, 1258 (2009)
185. F. Mathey // *Acc. Chem. Res.* **37**, 954 (2004)
186. H. Tsuji, K. Sato, L. Ilies, Y. Itoh, Y. Sato, E. Nakamura // *Organic Lett.* **10**, 2263 (2008)
187. T. Sanji, K. Shiraishi, T. Kashiwabara, M. Tanaka // *Organic Lett.* **10**, 2689 (2008)
188. A. Fukazawa, Y. Ichihashi, Y. Kosaka, S. Yamaguchi // *Chem.-Asian J.* **4**, 1729 (2009)
189. Y. Hayashi, Y. Matano, K. Suda, Y. Kimura, Y. Nakao, H. Imahori // *Chem.-Eur. J.* **18**, 15972 (2012)
190. Y. Kuninobu, T. Yoshida, K. Takai // *J. Org. Chem.* **76**, 7370 (2011)
191. C. Hou, Y. Ren, R. Lang, X. Hu, C. Xia, F. Li // *Chem. Commun.* **48**, 5181 (2012)
192. C. B. Wang, Y. J. Bian, X. R. Mao, Z. Z. Huang // *J. Org. Chem.* **77**, 7706 (2012)
193. H. Wang, X. Li, F. Wu, B. Wan // *Synthesis* **44**, 941 (2012)
194. M. Sun, H. L. Wang, Q. P. Ting, S. D. Yang // *Angew. Chem. Int. Ed.* **52**, 3972 (2013)
195. C. G. Feng, M. Ye, K. J. Xiao, S. Li, J. Q. Yu // *J. Am. Chem. Soc.* **135**, 9322 (2013)
196. Y. R. Chen, W. L. Duan // *J. Am. Chem. Soc.* **135**, 16754 (2013)
197. M. Albrecht // *Chem. Rev.* **110**, 576 (2010)
198. G. Song, F. Wang, X. Li // *Chem. Soc. Rev.* **41**, 3651 (2012)
199. N. V. Dubrovina, A. Boörner // *Angew. Chem. Int. Ed.* **43**, 5883 (2004)
200. B. Zhang, C. G. Daniliuc, A. Studer // *Organic Lett.* **16**, 250 (2014)
201. Y. Li, G. Qiu, Q. Ding, J. Wu // *Tetrahedron* **70**, 4652 (2014)
202. B. Janza, A. Studer // *Organic Lett.* **8**, 1875 (2006)
203. M. Tobisu, K. Koh, T. Furukawa, N. Chatani // *Angew. Chem. Int. Ed.* **51**, 11363 (2012)
204. T. Mitamura, K. Iwata, A. Ogawa // *J. Org. Chem.* **76**, 3880 (2011)
205. I. Ryu, N. Sonoda, D. P. Curran // *Chem. Rev.* **96**, 177 (1996)
206. D. Spagnolo, D. Nanni. In: *Encyclopedia of Radicals in Chemistry, Biology and Materials* (C. Chatgililoglu, A. Studer, eds.) vol. 2, p. 1019 // John Wiley & Sons: Chichester 2012.
207. O. Tayama, A. Nakano, T. Iwahama, S. Sakaguchi, Y. Ishii // *J. Org. Chem.* **69**, 5494 (2004)
208. B. B. Snider // *Chem. Rev.* **96**, 339 (1996)
209. O. B. Abdel-Halim, T. Morikawa, S. Ando, H. Matsuda, M. Yoshikawa // *J. Nat. Prod.* **67**, 1119 (2004)
210. L. Sripada, J. A. Teske, A. Deiters // *Org. Biomol. Chem.* **6**, 263 (2008)
211. J. E. Brumwell, N. S. Simpkins // *Tetrahedron* **50**, 13533 (1994)
212. A. Sato, H. Yorimitsu, K. Oshima // *Angew. Chem. Int. Ed.* **44**, 1694 (2005)
213. F. Beauflis, F. Denes, P. Renaud // *Angew. Chem. Int. Ed.* **44**, 5273 (2005)
214. J. Zhou, G. L. Zhang, J. P. Zou, W. Zhang // *Eur. J. Org. Chem.* 3412 (2011)
215. D. P. Li, X. Q. Pan, L. T. An, J. P. Zou, W. Zhang // *J. Org. Chem.* **79**, 1850 (2014)
216. X. Mi, C. Wang, M. Huang, J. Zhang, Y. Wu, Y. Wu // *Organic Lett.* **16**, 3356 (2014)
217. E. Budzisz // *Phosphorus, Sulfur Silicon Relat. Elem.* **179**, 2131 (2004)
218. M. Sawa, T. Kiyoi, K. Kurokawa, H. Kumihara, M. Yamamoto, T. Miyasaka, Y. Ito, R. Hirayama, T. Inoue, Y. Kirii, E. Nishiwaki, H. Ohmoto, Y. Maeda, E. Ishibushi, Y. Inoue, K. Yoshino, H. Kondo // *J. Med. Chem.* **45**, 919 (2002)
219. Y. Guo, H. Fu, H. Chen, X. Li // *Catal. Commun.* **9**, 1842 (2008)
220. X. Chen, J. J. Li, X. S. Hao, C. E. Goodhue, J. Q. Yu // *J. Am. Chem. Soc.* **128**, 78 (2006)
221. X. Chen, C. E. Goodhue, J. Q. Yu // *J. Am. Chem. Soc.* **128**, 12634 (2006)
222. A. Kraszewski, J. Stawinski // *Pure Appl. Chem.* **79**, 2217 (2007)
223. C. Li, T. Yano, N. Ishida, M. Murakami // *Angew. Chem. Int. Ed.* **52**, 9801 (2013)

224. D. W. Allen, D. E. Hibbs, M. B. Hursthouse, K. M. A. Malik // *J. Organomet. Chem.* **572**, 259 (1999)
225. G. A. Stark, T. H. Riermeier, M. Beller // *Synth. Commun.* **30**, 1703 (2000)
226. M. Hayashi, T. Matsuura, I. Tanaka, H. Ohta, Y. Watanabe // *Organic Lett.* **15**, 628 (2013)
227. M. S. Kharasch, R. A. Mosher, I. S. Bengelsdorf // *J. Org. Chem.* **25**, 1000 (1960)
228. Ю. Б. Дудкина, Т. В. Грязнова, О. Н. Катаева, Ю. Г. Будникова, О. Г. Синяшин // *Известия АН, Сер. хим.* №12, 2641 (2014)
229. Y. B. Dudkina, D. Y. Mikhaylov, T. V. Gryaznova, O. G. Sinyashin, D. A. Vivic, Y. H. Budnikova // *Eur. J. Org. Chem.* 2114 (2012)
230. Y. B. Dudkina, D. Y. Mikhaylov, T. V. Gryaznova, A. I. Tufatullin, O. N. Kataeva, D. A. Vivic, Y. H. Budnikova // *Organometallics* **32**, 4785 (2013)
231. M. C. Kohler, T. V. Grimes, X. Wang, T. R. Cundari, R. A. Stockland // *Organometallics* **28**, 1193 (2009)
232. M. C. Kohler, R. A. Stockland, Jr., N. P. Rath // *Organometallics* **25**, 5746 (2006)
233. R. A. Stockland, Jr., B. D. Wilson, C. C. Goodman, B. J. Giese, F. L. Shrimp II // *J. Chem. Ed.* **84**, 694 (2007)
234. J. F. Hartwig // *Inorg. Chem.* **46**, 1936 (2007)
235. J. F. Hartwig // *Acc. Chem. Res.* **31**, 852 (1998)
236. G. Mann, Q. Shelby, A. H. Roy, J. F. Hartwig // *Organometallics* **22**, 2775 (2003)
237. R. A. Widenhoefer, H. A. Zhong, S. L. Buchwald // *J. Am. Chem. Soc.* **119**, 6787 (1997)
238. G. Mann, D. Baranano, J. F. Hartwig, A. L. Rheingold, I. A. Guzei // *J. Am. Chem. Soc.* **120**, 9205 (1998)
239. M. S. Driver, J. F. Hartwig // *J. Am. Chem. Soc.* **119**, 8232 (1997)
240. N. F. Blank, J. R. Moncarz, T. J. Brunker, C. Scriban, B. J. Anderson, O. Amir, D. S. Glueck, L. N. Zakharov, J. A. Golen, C. D. Incarvito, A. L. Rheingold // *J. Am. Chem. Soc.* **129**, 6847 (2007)
241. T. Stahl, K. Muether, Y. Ohki, K. Tatsumi, M. Oestreich // *J. Am. Chem. Soc.* **135**, 10978 (2013)
242. Q. Meng, J. Zhong, Q. Liu, X. Gao, H. Zhang, T. Lei, Z. Li, K. Feng, B. Chen, C. Tung, L. Wu // *J. Am. Chem. Soc.* **135**, 19052 (2013)
243. A. X. Zhou, L. L. Mao, G. W. Wang, S. D. Yang // *Chem. Commun.* **50**, 8529 (2014)
244. B. A. Atta-ur-Rahman: *Indole Alkaloids* // Harwood Academic, Chichester 1998.
245. F. E. Chen, J. Huang // *Chem. Rev.* **105**, 4671 (2005)
246. Y. M. Li, M. Sun, H. L. Wang, Q. P. Tian, S.-D. Yang // *Angew. Chem. Int. Ed.* **52**, 3972 (2013)
247. Y. M. Li, S. D. Yang // *Synlett* 1739 (2013)
248. H. Y. Zhang, M. Sun, Y. N. Ma, Q. P. Tian, S. D. Yang // *Org. Biomol. Chem.* **10**, 9627 (2012)
249. J. Hu, N. Zhao, B. Yang, G. Wang, L. N. Guo, Y. M. Liang, S. D. Yang // *Chem.-Eur. J.* **17**, 5516 (2011)
250. M. Sun, H. Y. Zhang, Q. Han, K. Yang, S. D. Yang // *Chem.-Eur. J.* **17**, 9566 (2011)
251. X. J. Zhou, R. C. Garner, S. Nicholson, C. J. Kissling, D. Mayers // *J. Clin. Pharmacol.* **49**, 1408 (2009)
252. F. R. Alexandre, A. Amador, S. Bot, C. Caillet, T. Convard, J. Jakubik, C. Musiu, B. Poddesu, L. Vargiu, M. Liuzzi, A. Roland, M. Seifer, D. Standring, R. Storer, C. B. Dousson // *J. Med. Chem.* **54**, 392 (2011)
253. R. Storer, C. Dousson, F. R. Alexandre, A. Roland // *Phosphoindoles as HIV inhibitors*, WO PCT Int. Appl. 054182, 2006.
254. X. J. Zhou, K. Pietropaolo, D. Dampousse, B. Belanger, J. Chen, J. Sullivan-Borlyai, D. Mayers // *Antimicrob. Agents Chemother* **53**, 1739 (2009)
255. G. La Regina, A. Coluccia, R. Silvestri // *Antiviral Chem. Chemother* **20**, 213 (2010)
256. S. Wang, R. Guo, G. Wang, S. Y. Chen, X. Q. Yu // *Chem. Commun.* DOI:10.1039/c4cc06246a
257. T. Truong, K. Klimovica, O. Daugulis // *J. Am. Chem. Soc.* **135**, 9342 (2013)
258. A. M. Suess, M. Z. Ertem, C. J. Cramer, S. S. Stahl // *J. Am. Chem. Soc.* **135**, 9797 (2013)
259. M. N. Khrizanforov, S. O. Strekalova, K. V. Kholin, V. V. Khrizanforova, M. K. Kadirov, T. V. Gryaznova, Y. H. Budnikova // *Catalysis Today*, 2016, 10.1016/j.cattod.2016.06.001
260. С. О. Стрекалова, М. Н. Хризанфоров, Т. В. Грязнова, В. В. Хризанфорова, Ю. Г. Будникова // *Известия АН, Сер. хим.* №5, 1295–1298 (2016)
261. V. V. Khrizanforova, M. N. Khrizanforov, T. V. Gryaznova, Yu. H. Budnikova // *Phosphorus, Sulfur Silicon Relat. Elem.* DOI: 10.1080/10426507.2016.1216430 (2016)

Биодеградация белого фосфора: как яд стал удобрением*

А. З. Миндубаев

Лаборатория химико-биологических исследований

Одним из самых опасных загрязнителей окружающей среды является белый фосфор – вещество чрезвычайно токсичное и огнеопасное. Несмотря на риски обращения с ним, белый фосфор (как и его разновидность технической чистоты, жёлтый фосфор) – краугольный камень химии фосфора, сырьё для производства самых разных продуктов – от спичек до удобрений и пестицидов. А ещё, несмотря на официальный запрет, наложенный Международной конвенцией, белый фосфор применяется в военных целях. В этой статье повествуется о становлении уникального научного исследования, в котором белый фосфор впервые был обезврежен и превращён в полезный для окружающей среды фосфат при помощи микроорганизмов.

Что такое биодеградация?

Совершенный в двадцатом столетии научно-технический прорыв оставил человечеству в наследство не только блага цивилизации, поднимающие уровень жизни, но и множество проблем, остающихся нерешёнными. И сейчас, в первые десятилетия века двадцать первого, разразился кризис. Одна из проблем – пагубное воздействие отходов цивилизации на окружающую среду.

Что делать с отходами? Вопрос, на который нелегко ответить. Речь в первую очередь идёт об отходах химической промышленности. Поскольку “кровь цивилизации” на сегодняшний день – нефть и природный газ, значит отходы – это преимущественно продукты их переработки [1–4]. Зачастую токсичные, с трудом разлагающиеся в природе. Не менее опасны отходы металлургии – тяжёлые металлы и их соединения. Значительную угрозу экологическому балансу создают и удобрения – азотные, калийные и фосфорные. Запасы химического оружия – это вообще отдельная тема, и их утилизация – проблема чрезвычайной остроты. Достаточно сказать, что для производителей химических арсеналов их творения представляют не меньшую угрозу, чем для противника.

* Работа завоевала призовое место на конкурсе “Биомолтекст-2016”, и будет опубликована в журнале “Природа” в 2017 году. Впервые была опубликована на сайте biomolecula.ru 8 апреля 2016 года и приводится здесь с небольшими изменениями с любезного разрешения редакции.



И всё-таки, вернёмся к “крови цивилизации” – нефти. Будучи продуктом переработки живых организмов, она представляет собой органическое вещество и состоит практически целиком из биогенных элементов (углерода, водорода, серы, азота и других). Значит, теоретически любой нефтепродукт можно вернуть в природный круговорот. На практике это сделать непросто – не любое углеродистое соединение полезно для жизнедеятельности. Необходима трансформация отходов в безвредные вещества.

Она производится разными способами. Органическое вещество можно сжечь, подвергнуть пиролизу (фактически снова превратить в нефть и уголь) или воздействию агрессивных химических реагентов (кислоты, щёлочи, перекиси водорода, гипохлоритов), иногда с использованием высоких температур и давлений. Все эти способы широко применяют на практике и постоянно совершенствуют. Без них существование городов и промышленных предприятий стало бы невозможным.

Тем не менее, в последние десятилетия одним из наиболее часто применяемых методов обезвреживания промышленных, бытовых и сельскохозяйственных стоков, химического оружия и взрывчатых веществ становится биодеградация [5–7]. В ряде случаев она приходит на смену более ранним методам химической деструкции. Главная причина – сравнительная экологическая безвредность этого метода. Биодеградация – это, как ясно из названия, обезвреживание токсичных веществ организмами-деструкторами, в большинстве случаев

микроскопическими [8]. Под воздействием ферментных систем адаптированных микроорганизмов токсичные отходы разлагаются в мягких условиях, без применения жёстких химических и физических воздействий.

Привнесённые микроорганизмы-деструкторы не выдерживают конкуренции с исконной микрофлорой водоёмов и почв и вытесняются ею после ликвидации загрязнения и восстановления экологического баланса. В некотором смысле биодegradация – это самый естественный способ разложения отходов. Все миллиарды лет существования биосферы микроорганизмы “съедали” отходы её жизнедеятельности, осуществляли минерализацию органики. Точно так же они поступают и с отходами производства.

Почему же популярность биодegradации начала расти только в последнее время? Отчасти это можно объяснить господствовавшим предубеждением: до недавнего времени было принято думать, что большинство продуктов химической промышленности – вещества, чуждые природе и в ней не встречающиеся. А раз в природе их нет, значит, природа и не способна самостоятельно их уничтожить. В популярных памфлетах экологов до сих пор приходится слышать фразы вроде “диоксины губительны для всего живого” или “полиэтилен не разлагается столетиями”. Из специальной литературы уже известно, что полибромдиоксины выделяются морскими губками [9] и уже выведены культуры микроорганизмов, разлагающие полиэтилен (наблюдать за которым веками ни у кого возможности не было) [10].

Или другой пример – постулат “зелёной химии” о прекращении использования в промышленности галогенов (фтора, хлора, брома и йода) как чуждых окружающей среде элементов, игнорирующий присутствие в природе 2500 галогенорганических веществ как биологического, так и абиотического происхождения – и это порядком устаревшие данные за 1996 год, с тех пор их количество должно было возрасти ещё [11]. Конечно, играет роль и лобби: политические круги, заинтересованные в сокращении промышленных мощностей, склонны преувеличивать экологическую угрозу. А самое главное – совершенствование методов химического анализа позволило существенно расширить спектр известных природных веществ. Оказалось, что большинство химических продуктов, пусть в следовых количествах, но постоянно выделяется живыми организмами и циркулирует в биосфере [12].

Бурно развивающаяся наука метабомика резко расширяет спектр соединений, которые с полным основанием можно называть природными. Например, окись этилена никогда не рассматривалась в качестве такового. Наоборот, это широко известный дезинфицирующий агент, канцероген, мутаген и нервно-паралитический яд, токсичный для всех форм жизни. К тому же этиленоксид пожаро- и взрывоопасен. Однако известно, что этиленоксид образуется эндогенно в результате окисления этилена оксидазами [13]. Сам этилен, в свою очередь,

выделяется растениями и микроорганизмами, выполняя функции фитогормона [14]. Присутствуя в атмосфере, этилен проникает в организм животных и аэробных микробов, в которых окисляется до этиленоксида. Таким образом, некоторое количество (пул) этого токсиканта постоянно находится в биосфере. По-видимому, ещё никто не подсчитывал общее количество эндогенной окиси этилена в биосфере или её биопroduкцию за год. Вполне возможно, что она сравнима с годовым промышленным производством этого соединения. В любом случае есть основания называть этиленоксид природным веществом! И это далеко не единственный пример. Соответственно, микроорганизмы-деструкторы с подобными веществами постоянно сталкиваются и способны их разлагать.

Конечно, это не единственная причина длительной непопулярности биодegradации. Как и любой метод, она имеет ограничения. В природе ни одно токсичное вещество не накапливается в чистом виде. Например, фенол в следовых концентрациях всегда присутствует в биосфере как продукт распада ароматических аминокислот [15]. Однако только с возникновением химической промышленности стало возможным наполнять этим веществом цистерны. Поэтому для ликвидации цистерны концентрированного фенола биодegradация не подходит. Как известно, даже концентрированный раствор глюкозы может служить консервантом. Зато биодegradация очень эффективна при случайных разливах токсичных веществ в воде или почве. Не случайно в патентной базе ФИПС при наборе ключевого слова “биодegradация” открывается солидное количество патентов по устранению нефтяных плёнок.

Другое ограничение биодegradации – недостаточная скорость эволюции. Микроорганизмы “не поспевают” за промышленностью. Для ускорения эволюции подходят разнообразные приемы: создание накопительных культур, геновая инженерия, направленная селекция и так далее, но они требуют глубоких знаний и высокого технологического уровня, а также значительных вложений. Позволить это могут немногие государства и корпорации.

В интереснейшей статье [16] сообщается о том, что бактерия-мутант “научилась” производить нужный ей белок (точнее, подладила под новые потребности уже имеющийся), и потребовалось ей на это всего четверо суток! По всей видимости, общее разнообразие ферментов, участвующих в биодegradации ксенобиотиков (веществ, “чуждых жизни”), бесконечно велико и основано на спонтанном либо направленном мутагенезе. Это позволяет биосфере быть готовой к усвоению даже тех веществ, которые ещё не синтезированы.

Сейчас известно, что гены, кодирующие ферменты биодegradации, часто собраны на мобильных молекулах ДНК – плаزمиде. Например, на плазмиде pADP1 локализованы гены *atz*, позволяющие бактерии-хозяину утилизировать пестицид атразин, а мегаплазида pNL1 содержит *bph*-гены, ответственные за катаболизм бифе-

нила, и множество других генетических кластеров для деградации ароматики [17, 18]. Плазмиды с “экзотическими” генами быстро распространяются в популяции микробов в присутствии токсичного вещества и так же быстро элиминируются после его уничтожения: живой клетке становится невыгодно содержать бесполезные гены. Природа, как известно, скупа на нововведения – точно так же, при помощи плазмидных генов, у микроорганизмов распространяется и устойчивость к антибиотикам. По этой же причине созданные в лабораториях узкоспециализированные микроорганизмы-деструкторы в большинстве своём не способны жить в нормальных природных условиях – их вытесняют более приспособленные “дикие” штаммы. То есть для них наличие в среде ксенобиотика – необходимое условие существования. Соответственно, они обречены на поддержание в коллекциях культур или загрязнённых почвах вокруг предприятий, риск бесконтрольного распространения таких микроорганизмов минимален.

Ещё одна проблема, связанная с биодеградацией – уязвимость деструкторов. Как и любые организмы, они чувствительны к факторам среды. Например, микроорганизм может эффективно разлагать иприт, но при этом быть чувствительным к ионизирующему излучению. А микроорганизмы, устойчивые к радиации, имеют низкий темп размножения и медленный метаболизм, то есть мало подходят на роль деструкторов [19, 20]. Поэтому биодеградация никогда не вытеснит другие методы ликвидации отходов. Но эффективная ликвидация возможна только комплексом методов, обязательно включающим биодеградацию.

Как уже упоминалось чуть выше, организмы-деструкторы существуют в коллекциях. В России крупнейшая из них – Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов (ВКПМ), созданная в 1969 году и насчитывающая около двух десятков тысяч культур. ВКПМ не только поддерживает культуры, следит за сохранением их свойств, но и ведёт каталог, устанавливает таксономическую принадлежность поступающих микроорганизмов, предоставляет культуры заинтересованным лицам (и принимает свод правил предоставления).

Естественная среда обитания деструкторов – активные илы и осадки сточных вод (ОСВ), скапливающиеся в отстойниках очистных сооружений (рис. 1). Здесь они постоянно участвуют в процессе водоочистки. Почва вокруг предприятий тоже служит источником ценных культур, поскольку незначительные утечки реагентов происходят, несмотря на все меры предотвращения.

Для устранения случайных разливов токсичных веществ используют микроорганизмы в составе наполняющих материалов – как правило, пористых сорбентов (торфа, компоста, соломы, золы от сгоревшего угля и так далее). Такой сорбент впитывает ксенобиотик, удаляет его из воды или почвы, а содержащиеся в нём микробы приступают к деструкции. Описания

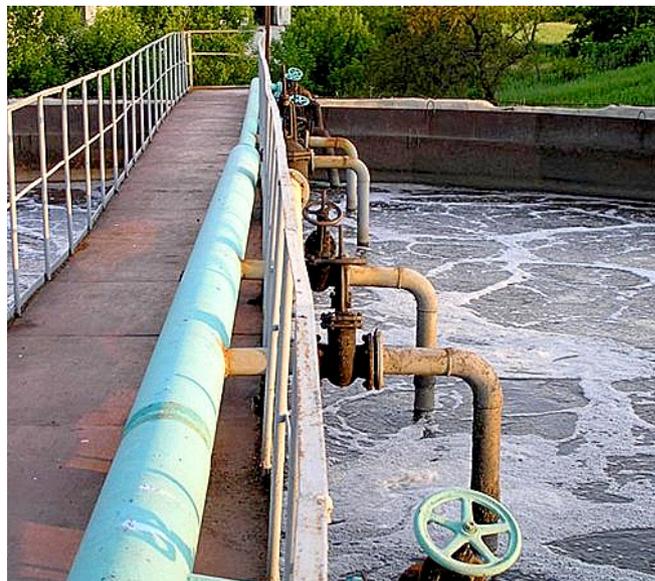


Рис. 1. Отстойники очистных сооружений химических предприятий – естественная среда обитания микроорганизмов-деструкторов. Рисунок с сайта kprf.ru.

подобных материалов и методов их применения даны в соответствующих патентах.

Причиной написания этой статьи стало то, что с недавнего времени наш авторский коллектив (о котором расскажу чуть позже) сам начал заниматься биодеградацией. Причём объект исследования мы выбрали очень необычный – белый фосфор [7, 12, 21–31]. В доступной литературе не удалось найти сведений о деградации элементного, в том числе белого, фосфора активным илом без искусственного внесения химических реагентов. Не найдена информация и о путях метаболизма белого фосфора в присутствии микробиоты или в тканях высших организмов. В изданной литературе речь идет исключительно об абиогенных путях деградации и детоксикации белого фосфора. О токсичности белого фосфора для прокариот тоже ничего не известно. Поэтому количественные данные о снижении выделения газообразных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов ОСВ в присутствии различных концентраций белого фосфора без преувеличения уникальны. Получая их, мы опирались исключительно на результаты собственных исследований.

Наибольшую трудность для метаболизма белого фосфора представляет отсутствие углеродного скелета. Большинство ксенобиотиков, как уже говорилось, производится из нефти и относится к органическим соединениям, сравнительно легко преобразуемым в биологические молекулы. Ферментные системы клетки адаптированы к метаболизму органических веществ. Белый фосфор – это простое вещество, не только чрезвычайно токсичное, но и не встречающееся в природе.

Как известно, разработка подходов к биодеградации нового объекта начинается с поиска микроорганизмов, разлагающих родственные соединения. Например,

штаммы, разлагающие хлорбензоаты, выведены путем направленной селекции из культур, разлагающих незамещенный бензоат [32]. В случае с белым фосфором такой отбор невозможен: микробный метаболизм, скажем, серы или селена имеет очень отдаленное сходство, слишком велика разница в свойствах веществ.

Таким образом, попытка осуществить его биodeградацию – довольно смелый научный вызов. Однако высокая реакционная способность белого фосфора и возможность преобразовать его в биологически совместимый фосфат позволяют рассчитывать на решение этой проблемы.

Итак, что же такое белый фосфор?

Белый фосфор (P_4) – один из самых опасных загрязнителей окружающей среды. Это вещество обладает высокой химической активностью и летучестью, легко воспламеняется (вплоть до самовоспламенения) на воздухе, при соприкосновении с кожей вызывает тяжёлые ожоги, поражает все системы внутренних органов человека и животных. Хроническое отравление приводит к глубокой инвалидности, затрагивая кальциевый обмен и разрушая кости, вызывая малокровие, поражая печень, сердечно-сосудистую и репродуктивную системы [33, 34]. Гидрофобность белого фосфора сочетается с высокой липофильностью. Это свойство делает его ещё более опасным, поскольку белый фосфор легко накапливается в жировой ткани. Особенно страдают от загрязнения этим веществом водоплавающие птицы – утки и лебеди, – поскольку белый фосфор проникает в их организм из водной среды во время кормёжки, а также питающиеся ими хищные птицы [35]. Показано, что из организма кур-несушек белый фосфор может переходить в яйца. Обнаружен он и в рыбах – пресноводных и морских.

Тем не менее, белый фосфор широко применяется в промышленности: в производстве красного фосфора, трёххлористого фосфора, фосфорных кислот и фосфатов для технического использования и пищевой промышленности, дымообразующих и зажигательных составов, в металлургии [21]. Значит, не исключается попадание белого фосфора в окружающую среду.

По химической природе белый фосфор представляет собой простое вещество, аллотропную модификацию элементного фосфора. Белый фосфор высокой чистоты – это бесцветные кристаллы с сильным коэффициентом преломления света, внешне похожие на алмазы. Плавится он при $44.1\text{ }^\circ\text{C}$, кипит при $280.5\text{ }^\circ\text{C}$. Из всех аллотропных модификаций фосфора имеет наименьшую плотность (1.8 г/см^3 при $20\text{ }^\circ\text{C}$). Кроме того, белый фосфор – самая химически активная и термодинамически нестабильная модификация фосфора. При хранении, особенно на свету, он постепенно полимеризуется в красный фосфор и темнеет. Технический белый фосфор (жёлтый фосфор) – аморфная, похожая на пчелиный воск масса желтоватого или светло-коричневого цвета, с характерным запахом чеснока (рис. 2). Содержит примеси красного

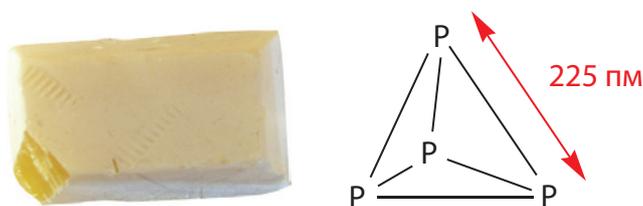


Рис. 2. Белый фосфор: внешний вид (слева) и структура белого фосфора (P_4) (справа) (материалы с сайта Википедия https://en.wikipedia.org/wiki/White_phosphorus)

фосфора и других веществ. В присутствии кислорода воздуха белый фосфор медленно окисляется до оксида P_2O_3 практически без выделения тепла. Окисление сопровождается слабым зеленоватым свечением (явление хемилюминесценции).

Белый фосфор чрезвычайно огнеопасен, горит ослепительно белым пламенем. Теплота сгорания белого фосфора составляет очень большую величину – $24\,000\text{ Дж/г}$. Легко самовоспламеняется, особенно при механическом воздействии, например, трении. Температура самовоспламенения – всего $30\text{ }^\circ\text{C}$. Горение белого фосфора сопровождается выделением густого белого дыма, состоящего из частичек оксида фосфора P_2O_5 . Пятиокись фосфора, в свою очередь, является одним из самых гигроскопичных веществ, впитывая атмосферную влагу и образуя туман из капелек ортофосфорной кислоты, H_3PO_4 . Формирование кислотного тумана делает случаи возгорания фосфора ещё более опасными. Чтобы предотвратить окисление и возгорание, белый фосфор хранят под водой, с которой он практически не реагирует.

Высочайшая химическая активность белого фосфора определяет его токсичность. Летальная доза белого фосфора для взрослого мужчины составляет всего $0.05\text{--}0.1\text{ г}$. Предельно допустимая концентрация паров фосфора в воздухе производственных помещений – 0.03 мг/м^3 , что соответствует первому классу опасности по ГОСТ; временно допустимая концентрация в атмосферном воздухе – 0.0005 мг/м^3 , ПДК в питьевой воде – 0.0001 мг/л [36].

Наиболее известный симптом хронического отравления белым фосфором – остеопороз, возникающий в результате нарушения кальций-фосфорного обмена [34]. При этом существенно снижаются прочность и эластичность костной ткани, возникают боли в спине. Симптомы сопровождаются гиперфосфатемией – возрастанием уровня фосфата и ионов кальция в моче, то есть необходимые организму элементы выделяются с мочой. В тяжёлых случаях остеопороз переходит в остеонекроз – отмирание костной ткани и образование свищей. В медицине существует термин “фосфорная челюсть” (phossy jaw), означающий разрушение нижней челюсти у человека при длительном контакте с фосфором (рис. 3). В XIX и начале XX века “фосфорная челюсть” нередко встречалась у рабочих спичечных фабрик, вдыхавших пары белого фосфора [37].

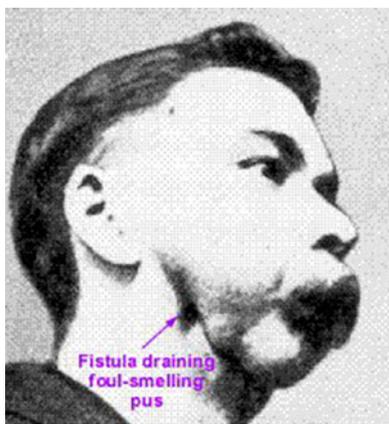


Рис. 3. Портрет рабочего спичечной фабрики с симптомами “фосфорной челюсти”. Начало XX века. Фото с сайта biomedicalephemera.tumblr.com.

Другой симптом отравления белым фосфором – малокровие, наблюдаемое как у людей, так и у животных. Ну и, пожалуй, одним из наиболее выраженных последствий отравления белым фосфором является поражение печени.

Несмотря на официальный запрет, белый фосфор используется в военных целях – для приготовления зажигательных смесей. Им начиняют гранаты, авиабомбы, артиллерийские снаряды. В последнее время доносятся печальные сведения о применении фосфорных боеприпасов правительством Украины на Юго-Востоке страны. Обстрелы боеприпасами с белым фосфором вызывают сильнейшие пожары. Это, безусловно, оружие массового уничтожения, вполне сравнимое с ядерным. Ожоги, вызванные горящим фосфором, особенно тяжелы, поскольку термический ожог дополняется кислотным (фосфорная кислота – основной продукт горения фосфора). Они с большим трудом поддаются лечению. Горящий фосфор испаряется, и его пары выжигают лёгкие.

В производстве спичек белый фосфор использовали вплоть до 1906 года, когда была принята Бернская конвенция, запрещающая применение белого фосфора: после её подписания спичечные головки стали изготавливать на основе красного фосфора, значительно менее токсичного и огнеопасного. Таким образом, опасность белого фосфора в быту почти полностью устранена. Однако риск аварий на промышленных предприятиях и транспортных путях сохраняется.

16 июля 2007 года на 12-м километре перегона Ожидов-Красное Львовской железной дороги произошла крупная авария товарного поезда. Состав из 58 вагонов следовал из Казахстана в Польшу транзитом через Россию и Украину. 15 цистерн товарного эшелона содержали жёлтый фосфор. С рельсов сошли только цистерны с фосфором. В момент аварии была нарушена герметизация шести цистерн, из которых полился горящий жидкий фосфор (рис. 4). Организаторы транспортировки понадеялись только на защитное действие герметизации и не оборудовали в цистернах систему охлаждения [38].



Рис. 4. Ликвидация возгорания жёлтого фосфора на Львовской железной дороге. Фото из блога “Сегодня”.

По мнению В. Станкевича, доктора медицинских наук, заведующего лабораторией гигиены почвы и отходов Института гигиены и медицинской экологии Украины, фосфор нужно перевозить с такими же мерами предосторожности, как и ядерные отходы. Из этого, безусловно, следует необходимость поиска новых, более эффективных способов обезвреживания такого опасного технологического продукта, как белый фосфор.

Единственное предприятие по производству технического белого (жёлтого) фосфора в РФ – ОАО “Фосфор” (г. Тольятти) – обанкротилось в 2002 году. Теперь территория предприятия, где на 180 га хранятся 6000 тонн фосфорного шлама, является причиной частых возгораний, неблагоприятной экологической обстановки в городе и его окрестностях [24]. По информации с сайта <http://tolyatti.bezformata.ru>, в 2012 году на территории бывшего ОАО “Фосфор” зафиксировано 36 (!) случаев возгорания фосфошлама. А с января по август 2014 года – 16 случаев самовозгорания (<http://tlt.ru>).

Казалось бы, такой набор свойств свидетельствует о полной невозможности биологической деструкции подобного вещества. И впрямь, белый фосфор считается “биоцидом”, то есть веществом, губительным для любых форм жизни. Между тем, у элемента фосфора есть уникальное качество: будучи сильнейшим ядом в виде простого вещества, в окисленном состоянии он абсолютно необходим для всех форм жизни. Таким образом, возможна его полная детоксикация. Проблема обезвреживания белого фосфора (на 100% состоящего из биогенного элемента фосфора!) в окружающей среде состоит в отсутствии эффективных и безвредных способов превращения его в безопасную форму, представляющую собой остаток фосфорной кислоты. Только на первый взгляд это превращение кажется лёгким.

А мы-то что сделали?

Наши исследования по биодеградации белого фосфора начались, когда судьба свела меня с замечательным человеком и учёным Дмитрием Григорьевичем Яхваровым. Была весна 2009 года, и я находился в труднейшем положении, оставшись без темы научной работы и руководства. Тогда я мог вообще не остаться в науке. Яхваров – химик, а не биолог, но это человек широчайшего кругозора и глубокого взгляда в перспективу, а также неиссякаемого научного любопытства. К тому же – талантливый руководитель, который не запугивает подчинённых и не контролирует их, а мотивирует. Таких учёных и людей очень мало. Неудивительно, что он – автор нескольких крупных открытий. В то время Яхваров тесно сотрудничал с голландской корпорацией Thermphos International, производившей белый фосфор и жестоко страдавшей от штрафов за загрязнение окружающей среды. Для руководства фирмы поиск способа обезвреживания стоков с предприятий был ох как актуален. И именно Дмитрий Григорьевич стал автором идеи. Мы поговорили с ним пару минут в коридоре, и у меня в голове буквально “загорелась лампочка”: я понял, что это предложение – то самое научное открытие, которым я грезил всю жизнь. Я, к тому моменту порядком уставший от мытарств с венчурным фондом и выбиванием средств на реализацию чего-то, что никто заведомо не собирался реализовывать, согласился, не колеблясь ни секунды. Но “открытие” на тот момент было только в грёзах. Его ещё следовало осуществить.

До начала работы с Яхваровым я занимался изучением биогаза – возобновляемого топлива, выделяющегося из осадков сточных вод на очистных сооружениях водоканала. К тому моменту меня хорошо знали на этом режимном объекте и предоставляли возможность отбора проб осадков. Вместе с моим лучшим учеником и помощником Димой Белостоцким мы привозили канистры и ведра с осадком в наш институт, и именно с осадков началась работа по биодеградации белого фосфора.

С чего начинается любая научная работа? Конечно же, с поиска литературных источников. Начинающему первопроходцу нужно знать, что в мире сделано по данному направлению до него. Статей и патентов по биодеградации нашлось немерено (ссылки на некоторые из них привожу здесь, ещё больше ссылок можно найти в других моих статьях). А по биодеградации белого фосфора – ничего. Вообще никаких источников, ни на русском, ни на английском языках! Нашлась, правда, работа, в которой вскользь упоминалось, что в начале восьмидесятых годов в Америке исследовали рост микробов в присутствии белого фосфора и пришли к выводу, что они не растут. То есть деструкция этого вещества в окружающей среде носит исключительно абиотический характер [39]. Причём очень медленный: те же американцы подсчитали, что скорость распада частиц белого фосфора, оказавшихся на дне водоёма, может превышать 10000 лет! Более того, я не нашёл

никакой информации по путям метаболизма белого фосфора. Про симптоматику отравлений высших животных и человека информации даже с избытком, а вот биохимическую основу этих процессов, похоже, никто не выяснял. Либо эта информация засекречена и доступна лишь избранным: всё-таки белый фосфор интересует военных.

Начало, конечно, малообнадёживающее. Но, с другой стороны, оно внушало оптимизм: любые полученные нами результаты становились первыми в мире! Самый первый наш эксперимент был чистой авантюрой: я внёс в осадок сточных вод белый фосфор в соотношении 1:1000 и принялся наблюдать, что получится. Никто не мог даже предположить заранее, какие будут результаты. Работа ведётся уже почти семь лет, а завершиться она могла через три недели. Осадок в герметично закрытой склянке с трубкой, погруженной в воду температурой 37 °С, вначале бодро выделял газ (который собирался в перевернутый вверх дном мерный цилиндр, заполненный соевым раствором), но через пару недель его активность упала до нуля. Сомнений не было – всё живое в нём умерло. Вся литература пестрит информацией, что белый фосфор – биоцид! Ладно, думаю, эксперимент есть не просит, пусть простоит до отпуска. И упорство было вознаграждено. Ещё через пару недель мёртво застывший уровень жидкости в цилиндре опустился на один миллилитр. Это легко списать на случайность – изменение температуры и прочее. Но с каждым днём уровень падал всё быстрее, то есть газ накапливался! А газ – смесь углекислого газа и метана – продуцируется микроорганизмами, населяющими осадок, то есть скорость его выделения отражает активность микробного метаболизма. Значит, после длительного периода угнетения они адаптировались к неблагоприятным условиям. Мы решили продолжать работу.

Вначале исследования продвигались очень медленно. Анаэробные бактерии размножаются медленно, наблюдения за кинетикой выделяющегося газа длились по 150–200 суток. Измерять объём выделяющегося газа нужно было каждый день. И каждый день нужно было доливать воду в термостатируемую баню. Поэтому в тот период я ходил на работу и по выходным, вызывая всеобщее недоумение.

Разумеется, протоколы экспериментов были усовершенствованы. Каждый опыт мы теперь ставили в трёх повторах для учёта статистики, белый фосфор вносили не кусками, а в виде однородной водной эмульсии, полученной диспергированием ультразвуком, варьировали концентрацию фосфора от 0.001 до 0.1%. Естественно, что с ростом концентрации яда активность микрофлоры снижалась. Это ярко иллюстрирует приведённая диаграмма (рис. 5).

Но кинетика всегда носила один и тот же характер. В первые дни активность микрофлоры в опыте и контроле (осадке без белого фосфора) была совершенно одинаковой, затем в опытных вариантах она снизилась вплоть до полного угнетения, но потом микрофлора адаптиро-

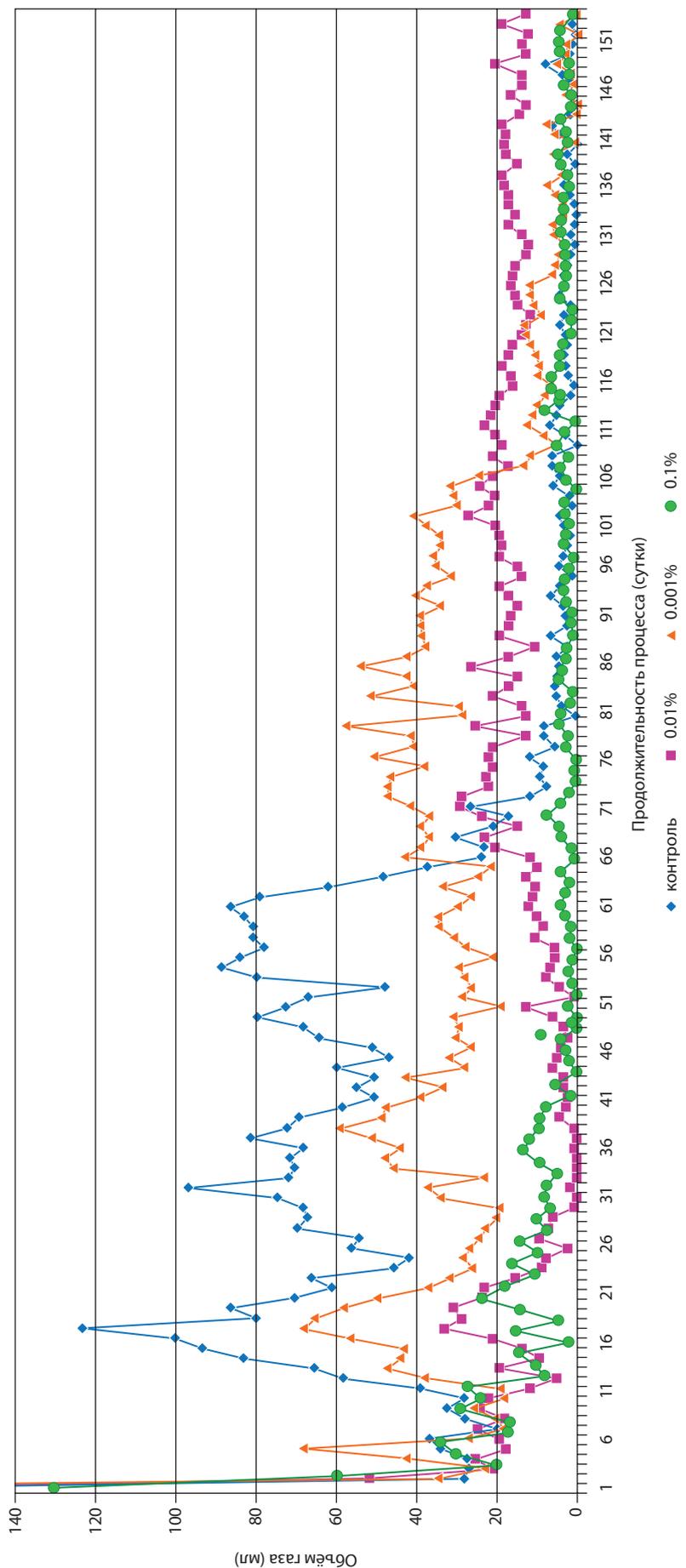


Рис. 5. Кинетика выделения газа в зависимости от концентрации белого фосфора. Удельные выходы газа обратно пропорциональны концентрации токсичного вещества.

валась (хотя уровень её метаболизма был существенно ниже, чем в контроле, удельное выделение газа падало по мере роста концентрации белого фосфора). При помощи спектроскопии ЯМР мы установили, что активация микрофлоры после периода угнетения совпадает с исчезновением сигнала белого фосфора, то есть эти явления взаимосвязаны. Более того, скорость деградации белого фосфора оказалась прямо пропорциональной активности микрофлоры. В образцах осадка с низкой активностью микрофлоры (например, отобранного в морозные зимние месяцы) сигнал белого фосфора в спектре наблюдался и через год после внесения, а в других случаях исчезал через два месяца. То есть микробный метаболизм активно влияет на деградацию белого фосфора!

Один эксперимент, в котором биодеградация сравнивалась в трёх образцах осадка одной партии, но отобранного с разной глубины (соответственно, с разным видовым составом микрофлоры), продемонстрировал взаимосвязь между микробным метаболизмом и скоростью разложения белого фосфора особенно ярко. Чем глубже залегал слой ила, тем меньше было удельное выделение газа из него. Анализ показал, что концентрация метаболитов в субстратах трёх проб заметно различается. Интенсивность сигнала белого фосфора была обратно пропорциональна активности микробного метаболизма в них. Концентрация P_4 в растворе в первом образце была в 7.8 раз ниже, чем во втором, и в 13.3 раза ниже, чем в третьем. Это означает чёткую зависимость между скоростью исчезновения белого фосфора в субстрате и интенсивностью микробного метаболизма в нём. Если бы P_4 подвергался абиогенной деструкции, скорость его разложения и интенсивность сигнала ГХ/МС во всех трёх пробах были бы одинаковыми!

Результаты этих ранних исследований более подробно и менее популярно изложены в публикациях [22, 23, 25, 29]. Очень большую поддержку на этом этапе (и на последующих тоже) мне оказала моя Alma Mater, кафедра биохимии Казанского университета, и её замечательная заведующая – профессор Фарида Кашифовна Алимова. Вообще, в университете в успех работы верили куда больше, чем в стенах Института Арбузова (ИОФХ), без их поддержки работа не сдвинулась бы с места. Со мной работали замечательные иностранные студенты (особо хочу упомянуть Йав Акосах, очень одарённого студента

Таблица 1. Количество бактериальных колоний, выросших из опытного и контрольного субстратов в двух разведениях.

Субстрат	Разведение 10^7		Разведение 10^8			
	Опыт	56	76	70	21	26
Контроль	5	0	1	0	1	0

из Ганы) и аспирант Яхварова Рустем Кагиров, теперь эксперт в Сколково. Посильную помощь оказывали и сотрудники ИОФХ, особенно Салима Тахиятуллошна Минзанова, которой я во многом обязан своей кандидатской диссертацией, и Владимир Савич Резник, мудрый старик, на тот момент замдиректора ИОФХ, одним из первых разглядевший в работе немалый потенциал.

Но, пожалуй, наиболее значимым результатом, полученным в то время, стало наблюдение, что поверхность осадков с белым фосфором со временем покрывается колониями микробов. Это само по себе удивительно: устойчивые к этому токсиканту микроорганизмы не описаны нигде! Но ещё более удивительно то, что контрольные осадки без белого фосфора “не зарастали”. Не увидел бы это своими глазами – не поверил бы. Вышло, что в отравленной среде микробы росли лучше, чем в чистой! Чтобы не быть голословным, приведу таблицу с количествами колоний, выросших в посевах из контрольного и опытного осадков (таблица 1).

Получается, в контроле выросло от нуля до пяти колоний, а в опыте при том же разведении – не один десяток! По всей видимости, этому парадоксу есть только одно объяснение. Микроорганизмы, растущие на поверхности отравленного осадка, лучше адаптируются к присутствию белого фосфора. В контрольных субстратах они угнетены другими группами микроорганизмов, а в опытных не имеют конкурентов. Разумеется, этих необыкновенных микробов требовалось изучить подробнее. Замечательные микробиологи, работающие в виварии ИОФХ, Александра Дмитриевна Волошина (рис. 6) и Наталья Владимировна Кулик, произвели посевы бактерий на чашки Петри. Так мы впервые получили культуры микробов, устойчивые к белому фосфору. Они были идентифицированы как представители родов *Bacillus*, *Pseudomonas* и *Streptomyces* [22, 23, 28, 29].



Рис. 6. Основные участники работ по биодеградации белого фосфора.

Слева направо: Антон Зуфарович Миндубаев, Дмитрий Григорьевич Яхваров, Александра Дмитриевна Волошина, Елена Валерьевна Горбачук, Шамиль Завдатович Валидов, Фарида Кашифовна Алимова. Любовь Геннадьевна Миронова и Салима Тахиятуллошна Минзанова.

Осенью 2011 года появился повод для большой гордости: по теме вышла первая статья, в ВАКовском журнале “Учёные записки Казанского университета” [22]. Хотя рейтинг журнала невысок, опубликоваться в нём непросто. Редколлегия состоит из авторитетных профессоров, иногда статьи лежат в редакции годами и бесконечное число раз дорабатываются. Я всегда привожу этот журнал как пример того, что импакт-фактор никак не влияет на уровень рецензирования статей.

А полгода спустя, в марте 2012-го, случилось непредвиденное. Компания Thermphos International, которая выступала в роли заказчика работы, разорилась. Если до этого момента администрация института проявляла к работе какое-то призрачное подобие интереса, то после вообще перестала видеть в ней смысл. Меня перевели в другую лабораторию, чтобы снова заниматься биогазом, к которому, признаюсь, душа у меня на тот момент уже не лежала. Мы с Яхваровым посоветовались и пришли к твёрдому убеждению продолжать работу. В отличие от администрации мы прекрасно понимали, что наше исследование – нечто большее, чем заказ фирмы: мы заполняли белое пятно в науке! Исследование это носит больше фундаментальный характер, чем прикладной. Пришлось у нового завлаба с боями выбивать возможность продолжать работу. А в конце того года я познакомился с большим энтузиастом своего дела, редактором журнала “Бутлеровские сообщения”, Александром Ивановичем Курдюковым. После этого у меня начался вал публикаций, и вся работа была представлена на страницах этого журнала. Я очень благодарен Александру Ивановичу, хотя порой докучаю ему невероятными объёмами своих статей.

В 2014–2015 годах нас очень выручил Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ). Сбылась сокровеннейшая мечта – у работы появилось финансирование. Это стало настоящим подарком к Новому году: ранее приходилось всё делать за счёт своей зарплаты, даже в командировки ездить. И результаты не замедлили появиться. С финансированием у нас произошёл настоящий прорыв в исследованиях.

Наконец-то появилась возможность реализовать давнюю идею – отойти от работ с осадками и приступить к выращиванию чистых культур в искусственных культуральных средах. ОСВ имеют важное преимущество – богатое видовое разнообразие микробного сообщества, позволяющее добиться биодegradации даже такого “трудного” загрязнителя, как белый фосфор. Однако есть у ОСВ и ряд недостатков: сложнейший химический состав, но главное – непостоянство этого состава, а значит, и свойств субстрата. ОСВ практически не поддаётся стандартизации, поэтому наблюдения за ним затруднительны. Следовательно, дальнейшую работу необходимо было вести в искусственных культуральных средах, имеющих стандартный, постоянный состав. Только в таких средах можно выращивать чистые культуры устойчивых микроорганизмов, устанавливать их таксономическую принадлежность, получать новые

штаммы, наконец (и это важнейшая задача), вести селекцию микроорганизмов на способность обезвреживать всё возрастающие концентрации белого фосфора. Известно, что самый эффективный способ выращивать чистую культуру микроорганизма-деструктора с сохранением его свойств – регулярно пересевать её в культуральную среду, содержащую в качестве единственного источника биогенных элементов тот ксенобиотик, который эта культура должна расщеплять. Например, микроорганизмы, обезвреживающие нефть, выращивают в средах, содержащих нефть в качестве единственного источника углерода.

А. Д. Волошина, которую я уже упоминал выше, – очень опытный и талантливый микробиолог, специально для наших исследований разработала культуральную среду, содержащую белый фосфор в качестве единственного источника фосфора. Особо подчеркну: сделано это было впервые в истории! А основная нагрузка по приготовлению этих сред возлагается на аспирантку Яхварова, Лену Горбачук. Меня всегда восхищало, как эта хрупкая девушка совершенно не боится работать с белым фосфором – при помощи ультразвука готовит из навески белую, как молоко, эмульсию в шлénке. Разумеется, в атмосфере инертного газа аргона – иначе белый фосфор моментально воспламенится! А потом пипеткой нужный объём эмульсии вносится в среду – так в ней создается нужная концентрация белого фосфора.

На деньги гранта было закуплено необходимое оборудование. Например, ультразвуковая ванна “Сапфир” объёмом 1.3 литра, с помощью которой диспергируем белый фосфор. Этот приборчик для нас жизненно необходим, а до получения финансирования мы были вынуждены обращаться к тем, у кого такая ванночка была. Или фотоэлектроколориметр AP-101 (ApeI, Япония), с помощью которого позже провели интереснейшее исследование роста псевдомонад в присутствии белого фосфора.

Очень важная (хотя и неочевидная на первый взгляд) задача для нас – транспортировка между ИОФХ и университетом. Перевозить приходится и культуры микробов, и ростовые среды, и чрезвычайно зловонные осадки сточных вод, и, наконец, сам белый фосфор в инертной атмосфере в шлénке. То есть весьма опасные (либо для нас очень ценные) предметы. Причём всё это в подавляющем числе случаев заключено в стеклянную посуду, которая легко бьётся. В этом нам неоценимую помощь оказывает замечательная женщина, коллега Салимы Тахиятулловны, инженер-исследователь Любовь Геннадьевна Миронова. Она умеет так аккуратно сложить все банки и колбы, что риск повредить их сводится к минимуму, даже при поездке общественным транспортом и при ходьбе по обледенелым зимним дорогам. Конечно, обращаемся мы к Любви Геннадьевне не только с этим вопросом: будучи отличным хозяйственником, она всегда помнит, что у нас есть и где что лежит.

Мы начали работу всё с теми же штаммами бактерий, которые ранее выделили из осадков. Неожиданно

мы стали обладателями сюрприза: сам химический реактив белый фосфор оказался обсеменён спорами чёрного аспергилла, который начал беззастенчиво расти в средах и подавлять бактерий. Вот вам и биоцид! Конечно, такой грибок нельзя было оставить без внимания. Возможно, устойчивость к белому фосфору возникла у него давно, раз его споры контактировали с этим веществом долгое время. И ведь как растёт этот аспергилл! Мы специально посеяли его на агаризованные среды трёх видов: с фосфатом, вообще без источника фосфора и с белым фосфором. На фотографии (рис. 7) наглядно виден результат через шесть суток после посева. На среде с фосфатом выросло значительное число сравнительно мелких колоний, то есть большинство спор проросло, что естественно в благоприятных условиях. На среде без источников фосфора колонии выросли многочисленными, занимающие сравнительно большую площадь, но очень слабые (практически прозрачные, с неразвитым мицелием и отдельными конидиеносцами, выглядящими как россыпь чёрных точек, а не сплошное чёрное поле). По всей видимости, сказалась нехватка фосфора: агар, используемый для приготовления среды, содержит примесь фосфата, но недостаточную для полноценного роста грибов. Самое интригующее, что на среде с 0.05% белого фосфора колоний выросло меньше, чем в контроле с фосфатом, однако они производят впечатление совершенно нормальных, не испытывающих дефицита питательных веществ. Отсюда следует вывод, что на среде с белым фосфором выживают не все споры гриба, но выжившие способны использовать в качестве источника фосфора либо сам белый фосфор, либо продукты его химических превращений. Значительный размер колоний, выросших в присутствии P_4 ,

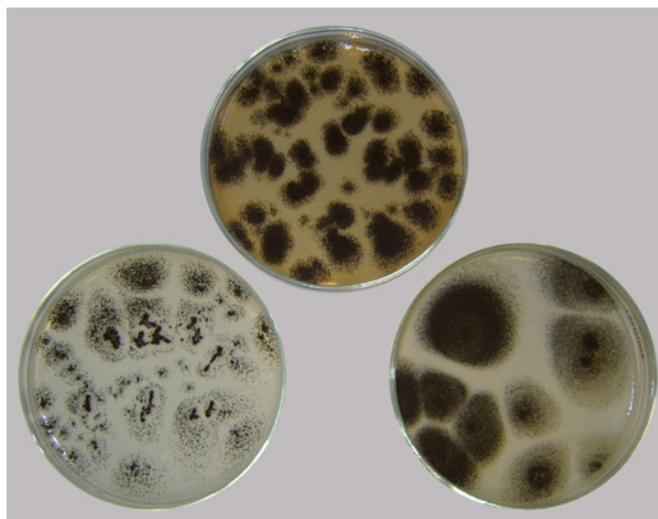


Рис. 7. Первый пересев устойчивых аспергиллов. Слева внизу – среда без источника фосфора: на ней растут 33 ослабленные колонии аспергилла. Вверху – среда с фосфатом: на ней – 49 спорообразующих колоний *Aspergillus niger*. Справа внизу – среда с 0.05% белого фосфора: выросли 11 крупных спорообразующих колоний *A. niger*. Чашки сфотографированы через шесть суток после посева.

объясняется менее жёсткой конкуренцией между многими адаптировавшимися культурами.

Но этот *Aspergillus niger*, как выяснилось, не единственный микроб, растущий на белом фосфоре. Неплохо растут и стрептомицеты, хотя их устойчивость ниже. С культурой стрептомицетов, выделенной из ОСВ с белым фосфором, много работает наш коллега из Туркменистана, аспирант кафедры биохимии Керемли Сапармырадов (которого на кафедре все зовут Кешей). В частности, сравнивая линию стрептомицетов, пересеваемых на белый фосфор, и линию их близких родственников, которых Кеша пересевал в стандартную среду, мы показали, что в отсутствие белого фосфора устойчивость к нему исчезает, и микроб становится самым обыкновенным. Поэтому расхожие страхи о том, что микробы-мутанты заполняют весь земной шар, совершенно необоснованны.

Прознав о том, что микробы “кушают” белый фосфор, сотрудники кафедры буквально всучили нам свой объект исследования – грибок триходерму. С ней они работают много лет, и что только не делают: триходермой и огурцы в совхозе защищают от вредителей, и ферменты для стирального порошка из неё выделяют, и идентичный натуральному ароматизатор с запахом кокоса. А тут ещё намереваются с её помощью обезвреживать белый фосфор! Начали мы работать с триходермой без особого энтузиазма, но очень быстро поняли, какой подарок нам преподнесла кафедра. Триходерма в первом же посеве продемонстрировала устойчивость к белому фосфору бóльшую, чем у других исследуемых нами микроорганизмов! “Триходерма, она такая!” – прокомментировали на кафедре. Более подробные сведения об этой работе можно почерпнуть из нашей статьи [30].

Разумеется, очень важной задачей был поиск метаболитов белого фосфора. Метод ЯМР ещё в начале исследований показал, что белый фосфор в средах с микробами исчезает. Но из закона сохранения массы следует, что исчезновение вещества должно сопровождаться накоплением продуктов его превращений. По спектру этих продуктов можно судить о путях метаболизма белого фосфора (практически не выявленных до сих пор), а также о перспективах и целесообразности практического внедрения его биодеградации. Зачастую продукты метаболизма какого-либо вещества оказываются более опасными, чем исходный субстрат (так называемые летальные метаболиты), что накладывает ограничения на применение метода.

Вот эту-то очень простую, казалось бы, задачу мы не могли решить несколько лет. Дело в том, что потенциальные метаболиты должны присутствовать в среде в следовых концентрациях, а сотрудники нашей лаборатории радиоспектроскопии упорно не желали снимать для нас спектры с большим накоплением. Пятьсот-тысячу сканов, не больше. А нам-то надо тысяч тридцать! Но что поделать, у них съёмка поставлена на поток, они привыкли к высоким концентрациям веществ, которые им приносят химики. При этом они никогда не уставали

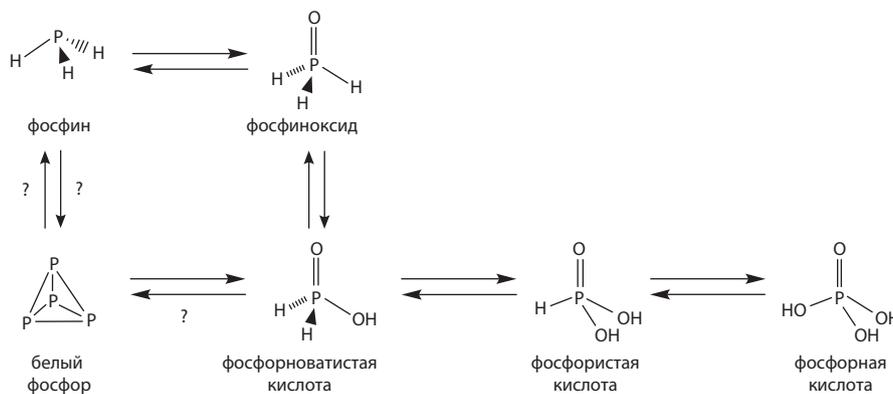


Рис. 8. Предполагаемый метаболический путь белого фосфора. Знаком вопроса обозначены ещё не обнаруженные превращения.

ворчать, что для работы им требуется высочайшее по- веление “сверху”. “У вас опять ничего нет”, – заявляли они с сердитыми лицами, показывая нам очередной спектр, в котором действительно ничего не было.

На помощь нам опять пришёл университет. На химфаке я познакомился с опытным (а главное, добро- совестным, не ищущим повода для отказа) спектроско- пистом Хасаном Хаяровым. Надо снять спектр с числом сканов восемьдесят тысяч? Для Хасана – это не вопрос, даже если на съёмку уйдет трое суток. И проблема решилась как по волшебству! Хасан снял нам изуми- тельные спектры ЯМР, в которых как на ладони видны сигналы метаболитов. Гипофосфит, фосфит... фосфат! Фосфат, основа обмена веществ в любой клетке. И в культуральной среде фосфату неоткуда было взяться – только из белого фосфора, внесённого изначально. Мы стали свидетелями потрясающей вещи: страшнейший яд белый фосфор превратился в фосфорное удобрение! Стадии этого процесса представлены в изображённой мною схеме предполагаемого метаболического пути белого фосфора (рис. 8) [26].

Правда, мы до сих пор не знаем, как это происходит. Возможно, он окисляется чисто химическим путем, и живые клетки включают в свой метаболизм продукты его окисления. Удаляя их из окружающей среды, микро- организмы смещают химическое равновесие в сторону дальнейшего окисления P_4 – согласно известному принципу Ле Шателье для динамических равновесных систем – и таким образом ускоряют деградацию белого фосфора. Вероятно, этот механизм биодegradации имеет место, но возможен и дополнительный путь, намного более интересный для биологов, – синтез ферментов с неизвестным видом активности, для которых белый фосфор является субстратом. Их обнаружение (или обнаружение новой активности у уже известных ферментов) стало бы значительным фундаментальным достижением, причём вполне реалистичным, учитывая разнообразие специфических ферментов с уже установленными экзо- тическими активностями. Причём оба представленных пути биодegradации не исключают друг друга, а, на- против, отлично сочетаются.

Бактерии *Pseudomonas alcaliphila*, выделенные из ОСВ с белым фосфором, высевали на среды идентич- ного состава, содержащие 0.01 и 0.05% белого фосфора. Оптическая плотность культуры измерялась на купленном на грант фотоэлектроколориметре. Измерения показали, что псевдомонады, в отличие от грибов и стрептоми- цетов, не растут в средах, содержащих белый фосфор в качестве единственного источника фосфора. То есть организмы из разных таксономических групп имеют различную устойчивость к белому фосфору! В работе [27] мы уже сообщали о том, что бактерии из рода *Bacillus* выживают при концентрации белого фосфора в ОСВ 0.1%, но только за счёт сильного замедления метаболизма и темпа размножения, а не за счёт эффек- тивной деструкции этого вещества. Это справедливо и для *P. alcaliphila*. Различие в устойчивости к белому фосфору – серьезный аргумент в пользу того, что он разлагается под воздействием ферментных систем (ко- торые различаются у разных культур микробов), а не только за счёт абиотического окисления.

Особо хочу подчеркнуть: биодegradация белого фосфора – задача не только прикладная, но и фунда- ментальная. Будучи биогенным элементом, фосфор в биосфере Земли включён в биогеохимический кругово- рот, именуемый в англоязычной литературе phosphorus recycling. Исследования последних лет значительно рас- ширили наши представления о круговороте фосфора. Выяснилось, что в него вступают не только фосфаты, но и фосфин, гипофосфиты, фосфиты, природные и ан- тропогенные тиофосфаты, фторфосфаты, фосфорамиды, фосфорорганические соединения [40]. За исключением элементного фосфора, о метаболизме которого почти ничего не известно. Элементный фосфор в некотором смысле остаётся “слабым звеном” круговорота. Поэтому осуществление биологической дегradации элементного фосфора – с перспективой её применения на практике – задача, без сомнения, важная.

Но это ещё не конец истории. Делая пересевы микро- организмов с интервалом в среднем 60 суток, мы добились роста устойчивости. Наилучшую приспособляемость к белому фосфору проявили именно стрептомицеты. Через

пять последовательных посевов их устойчивость возросла пятикратно. Грибы растут и адаптируются медленнее: у аспергилла после восьми пересевов устойчивость повысилась вдвое. Однако их устойчивость (особенно в случае триходермы) изначально была выше, чем у актиномицетов [31]. Нам удалось вырастить микроорганизмы в среде, концентрация белого фосфора в которой достигла 1%. Согласно патенту [41], концентрация белого фосфора в сточных водах предприятий не должна превышать двух частей на миллион, то есть 0.0002%. Стало быть, концентрация белого фосфора 1% – это превышение ПДК в сточных водах в 5000 раз! А ПДК элементного фосфора в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, согласно данным из монографии [42], составляет всего 0.0001 мг/л, то есть концентрация 1% превышает её уже в сто миллионов (1×10^8) раз! Сам факт устойчивости микроорганизмов к такой концентрации токсиканта удивителен и служит примером приспособительных возможностей живых организмов. А ведь грибы в этих условиях даже размножались, хотя споры созревали заметно медленнее и в меньшем количестве.

Вполне возможно, что концентрация 1% – не предельная, и после продолжительной селекции возможен рост и в средах с более высокими концентрациями фосфора. Работы в этом направлении сдерживаются исключительно соображениями техники безопасности: с ростом концентрации горячие эмульсии белого фосфора становятся всё более опасными в обращении. Следовательно, для приготовления культуральных сред с содержанием P_4 более 1% по массе требуется разработка новых методов его внесения в среды.

Осенью 2014 года нас ждал ещё один приятный сюрприз. Написанная мною заявка “Биологическая деградация – новый подход к обезвреживанию белого фосфора” завоевала третье место на Конкурсе инновационных работ молодых учёных в области зелёной химии с международным участием, проводимом в рамках выставки “Международная химическая ассамблея ICA-2014. Зелёная химия” (21–24 октября 2014 года, ЦВК ЭКСПО-ЦЕНТР, Москва). По мнению экспертов – организаторов конкурса (в их числе декан химического факультета МГУ, академик РАН В. В. Лунин и президент РХО В. П. Иванов), исследование уже на тот момент находилось на пороге научного открытия мирового уровня и имеет перспективы для демилитаризации и защиты окружающей среды от отходов химической промышленности.

В настоящее время у нас началось плодотворное сотрудничество с настоящим профессионалом, генетиком микроорганизмов Шамилем Валидовым. Этот человек, прежде чем прийти работать в университет, долгое время трудился в Пушкино и Нидерландах. Начнём с того, что именно Шамиль подсказал нам, как стерилизовать белый фосфор. Проблема непростая. Нагревать его в автоклаве до 120 °С нельзя – слишком химически активен. По этой же причине не подходит облучение ультрафиолетом. Нам предлагали всякие устрашающие

способы стерилизации, вроде использования радиоактивного кобальта-60. Я к подобным предложениям относился с изрядной долей здорового скепсиса. А Шамиль надоумил: надо просто повстряхивать навеску белого фосфора пятнадцать минут в ацетоне и все споры погибнут. “Все так делают”, – добавил он.

Шамиль, сравнивая культуру нашего гриба с данными из базы GenBank, показал, что она действительно является новым штаммом чёрного аспергилла – его мы назвали *A. niger* AM1 [31]. С Шамилем я получил бесценный опыт выделения ДНК из мицелия гриба. Сейчас приоритетная задача у нас – сравнение экспрессии генов грибов, выросших на белом фосфоре и фосфате. Методом обратной транскрипции Шамиль получил на основе матричных РНК грибов комплементарные ДНК. Сейчас они хранятся в состоянии глубокой заморозки. Планируем провести их секвенирование, которое может приоткрыть завесу над механизмами биодegradации белого фосфора, над тем, какие гены задействованы в этом процессе. Но сейчас у нас опять нет средств – инициативный проект в РФФИ поддержку не получил. А без генетики журналы из Scopus и Web of Science не желают принимать наши статьи. Получается забавная ситуация – ведь РФФИ отказал именно по причине отсутствия рейтинговых публикаций! Хотя с деньгами опубликоваться было бы легче. Но одно знаю твёрдо: раз столько, казалось бы, неразрешимых проблем удалось решить, значит, найдётся выход и из этого непростого положения.

* * *

Что можно сказать в заключение? Признаюсь, когда без малого семь лет назад я впервые смешал осадок сточных вод с белым фосфором, я даже не представлял себе, что работа выйдет на такой уровень. И достигнуто это было исключительно благодаря упорству, готовности преодолевать передраги финансового, правового и административного характера. А какое счастье я испытал, когда осознал: мы смогли это! Смогли сделать то, чего не делал никто в мире. Раньше я много комплексовал и нередко бывал неуверен в себе. Теперь знаю: научное открытие (пускай даже ещё незавершённое и не всеми признанное) – это отличный способ поднять самооценку. Теперь я уверен, что могу справиться с любыми трудностями. Ощущаю себя реализовавшимся как учёный и как человек. И обращаюсь к молодым, талантливым ребятам: дерзайте! Если у вас есть интересные идеи, и вы чувствуете в себе потенциал их реализовать, не бойтесь. Хотя трудностей на вашем пути будет немало, но и награда будет очень велика!

Литература

1. Миндубаев А.З.: Пластик на завтрак // *biomolecula.ru*
2. Миндубаев А.З.: А ты такой холодный, как...пластик в океане // *biomolecula.ru*
3. Миндубаев А.З.: Бактерии-нефтедеструкторы для биоремедиации супесчаных почв Воронежской области // *biomolecula.ru*
4. Миндубаев А.З.: Пределы биодоступности углеводов в грунтах // *biomolecula.ru*
5. Neilson A.H., Allard A.S.: Environmental degradation and transformation of organic chemicals // CRC Press: New York 2007. 710 p.
6. Khomenkov V.G., Shevelev A.B., Zhukov V.G., Zagustina N.A., Bezborodov A.M., Popov V.O.: Organization of metabolic pathways and molecular-genetic mechanisms of xenobiotic biodegradation in microorganisms. A review // *Prikl. Biokhim. Mikrobiol.* **44**, 117–135 (2008)
7. Миндубаев А.З., Яхваров Д.Г. Биодegradация как метод переработки отходов. Часть 1. Биодegradация ксенобиотиков // *Бутлеровские сообщения* **33**, 1–37 (2013)
8. Миндубаев А.З.: Зелёные революционеры // *biomolecula.ru*
9. Utkina N.K., Denisenko V.A., Scholokova O.V., Virovaya M.V., Gerasimenko A.V., Popov D.Y. et al.: Spongiadioxins A and B, two new polybrominated dibenzo-p-dioxins from an Australian marine sponge *Dysidea dendyi* // *J. Nat. Prod.* **64**, 151–153 (2001)
10. Reddy M.M., Deighton M., Gupta R.K., Bhattacharya S.N., Parthasarathy R.: Biodegradation of oxo-biodegradable polyethylene // *J. Appl. Polym. Sci.* **111**, 1426–1432 (2008)
11. Gribble G.W.: Naturally occurring organohalogen compounds – a comprehensive update // Springer Verlag: Wien 2010. 613 p.
12. Миндубаев А.З., Яхваров Д.Г.: Биодegradация как метод переработки отходов. Часть 2. Взгляд на проблему. Являются ли ксенобиотики ксенобиотиками? // *Бутлеровские сообщения* **34**, 1–20 (2013)
13. Swenberg J.A., Lu K., Moeller B.C., Gao L., Upton P.B., Nakamura J., Starr T.B.: Endogenous versus exogenous DNA adducts: their role in carcinogenesis, epidemiology, and risk assessment // *Toxicol. Sci.* **120**, 130–145 (2011)
14. Eckert C., Xu W., Xiong W., Lynch S., Ungerer J., Tao L. et al.: Ethylene-forming enzyme and bioethylene production // *Biotechnol. Biofuels.* **7**, 1–11 (2014)
15. Smith E.A., Macfarlane G.T.: Formation of phenolic and indolic compounds by anaerobic bacteria in the human large intestine // *Microb. Ecol.* **33**, 180–188 (1997)
16. Миндубаев А.З.: Бактерии способны заменить утраченный белок всего за 96 часов // *biomolecula.ru*
17. Shapir N., Mongodin E.F., Sadowsky M.J., Daugherty S.C., Nelson K.E., Wackett L.P.: Evolution of catabolic pathways: Genomic insights into microbial s-triazine metabolism // *J. Bacteriol.* **189**, 674–682 (2007)
18. Seeger M., Hernández M., Méndez V., Ponce B., Córdova M., González M.: Bacterial degradation and bioremediation of chlorinated herbicides and biphenyls // *J. Soil Sci. Plant Nutr.* **10**, 320–332 (2010)
19. Миндубаев А.З.: Флагеллин защитит от поражения радиацией // *biomolecula.ru*
20. Миндубаев А.З.: Радиофобия. Сон разума порождает чудовищ // *biomolecula.ru*
21. Миндубаев А.З., Яхваров Д.Г.: Фосфор: свойства и применение // *Бутлеровские сообщения* **39**, 1–24 (2014)
22. Миндубаев А.З., Акосах Й.А., Алимова Ф.К., Афордоаны Д.М., Болормаа Ч., Кагиров Р.М. и др.: О разложении белого фосфора осадком сточных вод // *Учён. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки.* **153**, 110–119 (2011)
23. Миндубаев А.З., Алимова Ф.К., Ахоссийенагбе С.К., Болормаа Ч., Волошина А.Д., Кулик Н.В. и др.: Возможность анаэробной детоксикации белого фосфора // *Бутлеровские сообщения* **33**, 22–34 (2013)
24. Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Яхваров Д.Г.: Биологическая дegradация белого фосфора: осуществимость и перспективы // *Бутлеровские сообщения* **33**, 1–17 (2013)
25. Миндубаев А.З., Алимова Ф.К., Ахоссийенагбе С.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Яхваров Д.Г.: Новое подтверждение биодegradации белого фосфора // *Бутлеровские сообщения* **36**, 1–12 (2013)
26. Миндубаев А.З., Алимова Ф.К., Ахоссийенагбе С.К., Болормаа Ч., Волошина А.Д., Кулик Н.В. и др.: Микробный метаболизм белого фосфора // *Бутлеровские сообщения* **36**, 34–52 (2013)
27. Миндубаев А.З., Алимова Ф.К., Ахоссийенагбе С.К., Волошина А.Д., Горбачук Е.В., Кулик Н.В. и др.: Метаболиты и устойчивая микрофлора в субстратах с содержанием белого фосфора 0.1% // *Бутлеровские сообщения* **37**, 67–78 (2014)
28. Болормаа Ч., Сапармырадов К.А., Алимова Ф.К., Миндубаев А.З.: Сравнение показателей фитотоксичности, фунгицидной и бактерицидной активности стрептомицетов из различных местообитаний // *Бутлеровские сообщения* **38**, 147–152 (2014)
29. Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Горбачук Е.В., Кулик Н.В., Ахоссийенагбе С.К., Алимова Ф.К. и др.: Белый фосфор как новый объект биологической деструкции // *Бутлеровские сообщения* **40**, 1–26 (2014)
30. Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Горбачук Е.В., Кулик Н.В., Алимова Ф.К., Минзанова С.Т. и др.: Включение белого фосфора в природный круговорот веществ. Культивирование устойчивой микрофлоры // *Бутлеровские сообщения* **41**, 54–81 (2015)
31. Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Горбачук Е.В., Валидов Ш.З., Кулик Н.В., Алимова Ф.К. и др.: Адаптация микроорганизмов к белому фосфору, как результат направленной селекции. Генетическая идентификация устойчивого аспергилла и метаболическое профилирование стрептомицета А8 // *Бутлеровские сообщения* **44**, 1–28 (2015)
32. Наумова Р.П.: Микробный метаболизм не природных соединений. Казань: Изд-во Казанского университета, 1985. 239 с.
33. Toxicological profile for white phosphorus // Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR): Atlanta 1997. 248 p.
34. Вербовой А.Ф.: Состояние костной ткани и кальций-фосфорного обмена у рабочих фосфорного производства // *Казанский медицинский журнал* **83**, 147–150 (2002)
35. Roebuck B.D., Nam S.I., Macmillan D.L., Baumgartner K.J., Walsh M.E.: Toxicology of white phosphorus (P₄) to ducks and risk for their predators: effects of particle size // *Environ. Toxicol. Chem.* **17**, 511–518 (1998)
36. Амиров Д.Л.: Комплексное лечение гнойно-воспалительных заболеваний мягких тканей у рабочих фосфорного производства // Автореф. дис...канд. мед. наук. Бишкек, 1993.
37. Медведев Ю., Басин Е.: Фосфорные некрозы челюстей // *Врач* **1**, 21–25 (2012)
38. Бадюгин И.С.: Зажигательные и токсические свойства фосфора. Уроки Львовской аварии // *Военно-медицинский журнал* **330**, 20–26 (2009)
39. Spanggord R.J., Renwick R., Chou T.W., Wilson R., Podoll R.T., Mill T. et al.: Environmental fate of white phosphorus/felt and red phosphorus/butyl rubber military screening smokes // SRI International: Menlo Park 1985. 48 p.
40. Singh B.K., Walker A.: Microbial degradation of organophosphorus compounds // *FEMS Microbiol. Rev.* **30**, 428–471 (2006)
41. Barber J.C.: Processes for the disposal and recovery of phosphy water. US Patent US5549878, (1996)
42. Алексеенко В.А., Бузмаков С.А., Панин М.С.: Геохимия окружающей среды // Изд-во Пермского университета: Пермь 2013. 358 с.



Мы продолжаем печатать наш традиционный раздел Personalia, посвящённый тем людям Института Арбузова, которые своими научными достижениями, общественной активностью, гражданской позицией, преданностью и любовью к науке сделали Институт таким, каков он есть сегодня.

Существуют две причины, по которым Редакционная коллегия помещает в Ежегодник материал о том или ином сотруднике. Первая причина – торжественная – юбилей. Установилась традиция, что это не менее чем 75-летие для здравствующего сотрудника, независимо от того, работает он или ушёл на заслуженный отдых, и 70-летие для ушедшего из жизни. Вторая причина – предельно печальная – в случае его ухода из жизни в данном году (“Памяти...”).

Поскольку юбилеи после 70 лет принято отмечать каждые 5 лет, а настоящий Ежегодник уже пятнадцатый, то Редколлегия приглашает посмотреть предыдущие выпуски и вспомнить юбиляров 2016 года.

Отдельная страница славной истории ИОФХ – член-корреспондент РАН и директор ИОФХ им. А. Е. Арбузова Аркадий Николаевич Пудовик. 100-летию большого учёного, организатора науки и общественного деятеля посвящены статьи в Ежегодниках за 2001–2002 и 2006 гг., а также страницы в разделе “История и современность” этого выпуска Ежегодника. 100-летние юбилеи также могли бы отметить Софья Иосифовна Березина и Маргарита Анатольевна Нечаева. Материалы о них были размещены в Ежегодниках 2006 года и 2011 года соответственно. 95-летие отметила бы в этом году Зоя Григорьевна Исаева (Ежегодник 2006), а 85-летия – Рустем Ильясович Измайлов (Ежегодник 2005), Махмут Шарафутдинович Ягфаров (Ежегодник 2006) и Флёра Нуриахметовна Мазитова (Ежегодник 2011). В Ежегоднике 2011 года читатель найдёт статьи о старейших сотрудниках Института, которые в этом году могли бы отметить свои 80-летние юбилеи: это Татьяна Викторовна Троепольская, Владимир Николаевич Елисеенков, Ирина Петровна Гозман, Виктор Федорович Желтухин, Станислав Владимирович Шулындин.

Редколлегия и все сотрудники Института с огромной радостью поздравляют с 85-летним юбилеем Иду Германовну Рапопорт и Юрия Михайловича Каргина (Ежегодник 2006), а также с 80-летием Ахата Вахитовича Ильясова (Ежегодник 2009). Доброго им всем здоровья и семейного благополучия!

Борис Рафаилович Милицын. К 85-летию со дня рождения

25 июля 2016 года исполнилось 85 лет со дня рождения Бориса Рафаиловича Милицына – ветерана ИОФХ, проработавшего в нашем Институте более 35 лет.

Б. Р. Милицын пришёл в Институт Арбузова в 1963 году. Он с самого начала показал себя высококвалифицированным специалистом, способным грамотно осуществлять



Борис Рафаилович Милицын
(род. 25.07.1931)

профилактику, ремонт и обслуживание всего приборного парка группы оптической спектроскопии лаборатории физико-химических методов исследования, обеспечивая бесперебойное функционирование сложных технических устройств. Он стал незаменимым и признанным коллегами специалистом по ремонту и наладке таких распространённых спектрофотометров, как UR-10, UR-20, спектрометров семейства Specord-ов, вспомогательному оборудованию.

Благодаря этому Б. Р. Милицын установил необходимые связи со специалистами своего профиля в стране. Его неоднократно приглашали для консультаций и ремонтно-наладочных работ спектроскописты Казани, Ульяновска, Йошкар-Олы и даже Москвы.



Книги Бориса Рафаиловича Милицына: “Найди, где твои корни” (2007), “Милицыногорье” (2008), “В годы суровых испытаний на защите Отечества” (2010), “Чукотка моей памяти” (2012), “Казань. Очерки истории” (2012).

Наряду с профессиональной деятельностью, Борис Рафаилович активно участвовал в общественной жизни Института и всего Советского района, находясь в её эпицентре. Б. Р. Милицын занимал ответственные посты в нескольких общественных организациях. Он получил широкую известность как лектор-международник и умелый организатор образцово-показательного центра по воспитанию молодёжи одного из микрорайонов, который курировал ИОФХ, о чём неоднократно рассказывалось на страницах республиканской печати.

Высокий профессионализм, гражданственность и энергичность Б. Р. Милицына отмечались неоднократно в период его активной деятельности. Они и сегодня заслуживают самой высокой оценки.

Даже выйдя на заслуженный отдых, он не оставлял вниманием наш Институт – в своих книгах, журнальных и газетных публикациях рассказывал об ИОФХ и о его людях – всей семье Арбузовых, Б. Я. Тейтельбауме, Р. Р. Шагидуллине и других. За двадцатилетний период Б. Р. Милицын опубликовал около пятисот материалов, включая целый ряд статей многотомной Татарской энциклопедии. Вопреки давно установленному порядку, ему – пенсионеру, в 2009 году было торжественно вручено удостоверение члена Союза журналистов РТ. Кроме того, Борис Рафаилович член Общества историков-краеведов.

Книги о прошлом, о том, что никогда уже не вернётся. Воспоминания о людях, достойных внимания – о тех, кого уже нет, и о тех, кто рядом с ним. Автор с любовью говорит о его семье, родных и спутниках жизни.

Эти книги – взгляд в историю, в её извывы и всплески, часто мучительные и непереносимые, изредка радостные, рассмотренные под житейским микроскопом

просто человеком – без умных объяснений, почему так произошло, кто виноват, и что делать...

Эти книги – история нашей земли, нашего города – Казани, которая так неповторимо изменилась в последние годы. Многие исчезло в Казани – трамвайные весенние поездки на Петрушкин разъезд посмотреть на волжский ледоход, летние купания на Маркизе, бесплатный хлеб в столовых...



В библиотеке ИОФХ на читательской конференции в 2012 году. Автор и его автографы.

Всё это не забудется, всё это наша Казань и наша история.

Б. Р. Милицын – настоящий борец за справедливость, за счастье жить. Он добрый семьянин. Он имеет глубочайший житейский ум, характерный тем, что его нельзя нажать, а можно или потерять, или приумножить. Борис

Рафаилович способен ясно и увлекательно излагать всё то, что сам пережил, видел, оценил и, главное, он решился сообщить об этом нам – его друзьям и, надеюсь, многим будущим читателям. Кстати, все свои книги Б. Р. Милицын подарил нашей библиотеке.

Спасибо Вам, дорогой Борис Рафаилович!

В. И. Коваленко

Юрий Степанович Швецов. К 80-летию со дня рождения

22 ноября 2016 года исполнилось бы 80 лет старейшему сотруднику Института – Юрию Степановичу Швецову, старшему научному сотруднику лаборатории химико-биологических исследований.

Юрий Степанович Швецов родился в деревне В. Отары Чурилинского района ТАССР в семье служащих. В 1954 году окончил среднюю школу № 24 г. Казани и был зачислен на первый курс КХТИ им. С. М. Кирова, который окончил в декабре 1959 года с дипломом инженера-технолога по специальности “Технология пластических масс”. Далее работал в различных производственных объединениях г. Казани: на Предприятии п/я № 383, в Центральном конструкторском бюро “Теплоприбор”, на Медико-инструментальном заводе. Имея практический опыт работы в промышленности, Юрий Степанович в августе 1966 года приступил к работе в должности инженера-конструктора в ИОФХ им. А. Е. Арбузова. В октябре 1967 года Ю. С. Швецов был зачислен в аспирантуру по специальности “Органическая химия”, которую закончил в 1971 году с успешной защитой диссертации, получив степень кандидата химических наук. Руководителем его кандидатской диссертации был Резник Владимир Савич, в то время старший научный сотрудник лаборатории физиологически активных элементоорганических соединений, кандидат химических наук. Далее Юрий Степанович – младший научный, затем старший научный сотрудник лаборатории фосфорорганических полимеров, где он работает в группе, выполняющей спецзадания Президиума РАН (руководитель Резник В.С.), а с 1976 года – старший научный сотрудник лаборатории химико-биологических исследований.



Юрий Степанович Швецов
(22.11.1936–2001)

Это был очень талантливый человек, и не только в химии. Юрий Степанович часто находил необычные, неординарные решения самых различных возникающих проблем. Так, он впервые при получении пиримидинил-N-метил-фосфиновых кислот применил постоянное магнитное поле, что позволило резко повысить выход целевых соединений. Предложил гетерофазный способ получения диуцифона, что позволило получать продукт без примесей. У него удачно сочетались талантливая голова и умелые руки. Юрий Степанович внёс большой вклад в успешное выполнение спецзаданий Президиума РАН, он является автором и соавтором многочисленных научных трудов и авторских свидетельств. С 1996 года Юрий Степанович находился на заслуженном отдыхе. В настоящее время Юрия Степановича Швецова нет с нами, но он навсегда останется в памяти коллег, знавших его.

*Сотрудники лаборатории
химии нуклеотидных оснований
(ранее – лаборатории химико-биологических
исследований)*

Виктор Иванович Сёмкин. К 80-летию со дня рождения

23 декабря 2016 года исполняется 80 лет старшему научному сотруднику лаборатории химии и геохимии нефти Виктору Ивановичу Сёмкину.

Виктор Иванович родился в г. Алма-Ата, а свою трудовую деятельность начал в г. Бугульма Татарской АССР, в ТатНИПИнефть. В 1954 году В. И. Сёмкин поступает на Физический факультет Казанского государственного университета им. В. И. Ленина и после окончания университета в 1959 году получает направление в нефтепромышленное управление “Бугульма-нефть” на работу в должности инженера. В 1961 году Виктор Иванович переезжает в Казань и до 1968 года работает во ВНИУСе – сначала в должности инженера, а затем младшим и старшим научным сотрудником.

В 1968 году В. И. Сёмкин, оставаясь сотрудником ВНИУСа, поступает в целевую аспирантуру в ИОФХ. В 1972 году под руководством д.х.н., профессора М. С. Вигдергауза он успешно защищает кандидатскую диссертацию на тему: “Разработка научных основ, сорбентов и технологических высокопроизводительных хроматографических процессов”.

Однако на последующие четыре года Виктор Иванович уезжает из Казани – то ли были причины личного характера, то ли “охота к перемене мест”... Так, с 1971 по 1972 год он м.н.с. лаборатории хроматографии судостроительного завода “Океан” в г. Николаев на юге Украины – городе корабелов, уютном и очень зелёном. С 1972 по 1974 год В. И. Сёмкин – доцент кафедры высшей математики и физики Одесского инженерно-строительного института. И вот, в 1975 году Виктор Иванович возвращается в Казань. С этого момента вся его дальнейшая трудовая деятельность неразрывно связана с ИОФХ им. А. Е. Арбузова, и с 1979 года он старший научный сотрудник в лаборатории химии нефти.

Виктором Ивановичем получены значительные научные результаты. В первую очередь, это относится к развитию метода газовой хроматографии и его применению, что отражено в монографии “Газовая хроматография с неидеальными элюентами” (Москва: Наука, 1980. 145 с. Авторы: М. С. Вигдергауз, А. В. Гарусов, В. А. Езрец, В. И. Сёмкин).

При участии В. И. Сёмкина разработана технология препаративного хроматографического получения изопрена для метрологических целей, а также разработан ряд технологических регламентов, применение которых дало хороший экономический эффект. В. И. Сёмкин был удостоен медали ВДНХ СССР.

В 1981 году руководителем лаборатории химии нефти стал д.х.н. Геннадий Васильевич Романов, поручивший



Виктор Иванович Сёмкин
(род. 23.12.1936)

В. И. Сёмкину организовать научную группу для исследования остаточных нефтей и породы после воздействия различных методов на нефтяной пласт.

Так В. И. Сёмкин начал использовать метод термического анализа для исследования нефтесодержащих пород. Своего прибора в те годы (до 1985 года) в лаборатории химии и геохимии нефти не было. Поэтому очень часто приходилось обращаться к старейшему сотруднику Института – Степанову Семену Григорьевичу – добрейшему и надёжному инженеру-исследователю.

Используя инженерное образование и конструкторские способности, В. И. Сёмкину удалось разработать лабораторную установку для моделирования паротеплового воздействия на нефтяной пласт. На сконструированной установке с оригинальным кернодержателем были предусмотрены возможности варьирования температуры, давления и состава теплоносителя. По результатам проведённых исследований получено 3 авторских свидетельства. При этом впервые был установлен эффект инициирования диссоциации карбонатной породы водяным паром. Выявлены возможности улучшения экологической обстановки при разработке битумных месторождений паротепловыми методами путём применения инертных относительно органического вещества породы парогазовых элюентов.

Я благодарна В. И. Сёмкину за первое знакомство с Институтом и его сотрудниками, состоявшееся в 1984 году, а также за наше плодотворное многолетнее сотрудничество в дальнейшем. Мне было комфортно и интересно работать в группе Виктора Ивановича, где я прошла хорошую школу по исследованию нефти, нефтепродуктов и нефтесодержащих пород.

Мы все знали В. И. Сёмкина как доброго и отзывчивого человека, прекрасного мужа и заботливого отца.

От лица всех сотрудников лаборатории химии нефти хочется пожелать Виктору Ивановичу доброго здоровья, долголетия и семейного благополучия.

Т. Н. Юсупова

Владислав Васильевич Зверев.**К 75-летию со дня рождения***(Автобиографический очерк)*

В 2016 году исполнилось 75 лет старшему научному сотруднику ИОФХ им. А. Е. Арбузова Звереву Владиславу Васильевичу. Он родился в Кировской области в семье учителей, в 1958 окончил с золотой медалью среднюю школу, в 1963 – Физический факультет Ленинградского университета по специальности “Теоретическая физика”. В 1963–68 годах он ассистент и аспирант Казанского химико-технологического института, а в 1968, защитив диссертацию на тему “Изучение реакционной способности фенил-бензольных систем на основе теории молекулярных орбит”, получает степень кандидата химических наук.

Так, вплоть до увольнения в 2011, В. В. Зверев плодотворно работает в ИОФХ им. Арбузова, из них более сорока лет в должности старшего научного сотрудника; звание с.н.с. ему было присвоено в 1976. В. В. Зверев – научный руководитель четырёх кандидатских диссертаций, руководитель и участник грантов РФФИ и АНТ. В 2010 он в составе научного коллектива ИОФХ получает Государственную премию РТ в области науки и техники за цикл работ “Органические производные фуллеренов – “строительные блоки” при создании наноматериалов для электроники и медицины”. С 2012 – пенсионер, ветеран труда, инвалид бессрочно.

В. В. Зверев – автор 336 научных работ, более десятка обзоров в “Успехах химии” и сборниках, разработал метод орбитального моделирования внутримолекулярных взаимодействий. Этим методом, а также методами квантовой химии и фотоэлектронной спектроскопии (ФЭС) исследовал строение производных азота, кислорода, серы, одно, двух, трёх и четырёх координированного фосфора, прошёл путь от полифенильных соединений до фуллеренов.

Первые работы по ФЭС под руководством В. В. Зверева были выполнены в ЛГУ и в Тарту на лабораторных установках. Позднее, первый отечественный ФЭС спектрометр высокого разрешения был отлажен в ИОФХ, исследованы потенциалы ионизации более сотни объектов. Наибольшее число исследованных соединений – это разнообразные производные фосфора – более 150, что составляло более половины исследованных в мире. У Зверева немало теоретических статей и без соавторов, но соавторы – это новая энергия, новый взгляд на проблемы, сотрудники. Среди них – десятки известных учёных Казани, Москвы, Ленинграда, Тарту, Ростова, Николаева, Одессы, Саранска. Это Б. А. Арбузов, А. И. Коновалов, А. Н. Пудовик, Я. А. Левин, О. Г. Сияшин, Э. Е. Нифантьев, Ю. П. Китаев, Б. И. Бузыкин,



Владислав Васильевич Зверев
(род. 23.01.1941)

А. Н. Верещагин, И. Д. Морозова, И. А. Нуретдинов, М. Б. Газизов, В. И. Коваленко, Ф. И. Вилесов, В. И. Вовна, И. П. Романова и многие, многие другие. Под руководством Зверева защищены четыре кандидатские работы, он организатор Казанского городского семинара по квантовой химии. Научные работы В. В. Зверева обсуждались на 50 Всесоюзных и Международных конференциях, с докладами и лекциями он был приглашён в Вильнюс, Ленинград, Одессу, Тарту, Николаев, Хьюстон, Владивосток и др. В Университете Райса в Хьюстоне, где фуллерены и были открыты, сделал доклад о строении производных C_{70} .

Выпускник Ленинградского университета В. В. Зверев с первых дней работы в столице Татарстана окупился как в научную, так и в спортивную жизнь Казани, ИОФХ. Ориентировщик, альпинист, турист, лыжник он организует Спартакиаду ИОФХ, вывозит сборную ИОФХ на пер-



На конференции в Хьюстоне. Владислав Зверев и Харольд Крото (Harold Walter Kroto) – лауреат Нобелевской премии по химии за 1996 год, полученной совместно с Робертом Кёрлом и Ричардом Смолли с формулировкой “За открытие фуллеренов”.



По сложнейшей реке Сарыджаз.

венство города, “Спартака”, Академии наук, организует многочисленные агитационные лыжные и водные походы сотрудников ИОФХ. Кандидат в мастера, тренер, лыжник, он – участник вузовских состязаний, организатор

Галина Азиковна Бакалейник. К 75-летию со дня рождения

Всю свою научную жизнь Галина Азиковна провела с нежно любимыми ею природными соединениями – терпенами. А познакомила её с ними профессор Зоя Григорьевна Исаева, в чью лабораторию химии природных соединений студентка Химфака КГУ Галя Бакалейник пришла в ноябре 1964 года для выполнения дипломной работы. Защитив её, она осталась в лаборатории и проработала с Зоей Григорьевной 25 лет. Все эти годы они работали с бициклическими терпеноидами, изучая стереохимию эпоксидирования замещённых каренов и изомерные превращения получающихся эпоксикаренов, а также эпоксидов циклогексаниенов.

В 1930-х годах Б. А. Арбузов, исследуя поведение α -окиси 3-карена в условиях реакции Реформатского, обнаружил образование альдегида, строение которого он тогда не установил. И вот через 37 лет З. Г. Исаева и Г. А. Бакалейник вернулись к этой реакции и обнаружили, что в результате 1,2-сигматропного сдвига связи C4-C5 происходит сужение 6-членного каранового цикла, а образующийся карбкатион стабилизируется образованием альдегидной группы. Эта перегруппировка была названа карановой перегруппировкой с сокращением 6-членного цикла. В ходе изучения стереохимии изомерных окисей

спартакиады ИОФХ, 6 зимних и 10 водных походов по рекам: Белая, Инзер, Вокса (Карелия), Илеть, Юшут, Вятка, Волга.

Семейное положение и жильё. С 1958 по 1969 проживал в общежитиях, в 1970 получил комнату, в 1974 переехал в трёхкомнатную квартиру на ул. Татарстан, где и проживает до настоящего времени. Женат. Жена – Зверева (Новикова) Клара Александровна. Дети – сын Александр (1972), к.х.н. и дочь Катя (1974), живут отдельно. Внуки – Никита (22 года) и Глеб (6 лет), правнук Рома – 3 года. Детей и внуков рано поставил на лыжи, посадил на велосипед, в шлюпки и байдарки, сын – чемпион России. Нельзя не отметить, что сын в 2016 году успешно прошёл водный поход высшей категории сложности ба, по реке Сарыджаз.

От редакции:

Дорогой Владислав Васильевич, сотрудники ИОФХ сердечно поздравляют Вас с юбилейной датой и желают Вам дальнейших успехов во всех Ваших многочисленных делах, крепкого Вам здоровья!



Галина Азиковна Бакалейник
(род. 03.04.1941)

3-карена ими было обнаружено, что при кислотном гидролизе раскрытие α -окисного кольца происходит преимущественно с образованием 3β -продуктов, а при щелочном гидролизе образуется исключительно $3\alpha,4\beta$ -дигидроксикаран. В тоже время щелочной гидролиз β -окиси 3-карена протекает не региоселективно: в соотношении 2:1 образуется смесь $3\beta,4\alpha$ - и $3\alpha,4\beta$ -карандиолов. Но самым значимым отличием α - и β -стереоизомерных окисей 3-карена в реакции с алифатическими спиртами в кислой среде оказалась изомеризация β -окисей в 1-метил-4-(α -алкилоксиизопротилбицикло[3,1,0]гексан-олы-2, названная карановой перегруппировкой с трансаннулярным цикло-

пропильным участием. А затем было обнаружено, что в эту перегруппировку вступают также $3\beta,4\alpha$ -дихлоркаран, монотозилат $3\beta,4\beta$ -карандиола, 3β -бром- 4β -ацетоксикаран и некоторые другие дизамещённые караны (в этих исследованиях принимали участие также Г. Ш. Бикбулатова, Э. Х. Казакова, В. А. Шайхутдинов). Ещё одним примером изучения влияния стерических и электронных факторов на регио- и стереоселективность реакций эпоксицирования и раскрытия окисных колец, в которых участвовала Г. А. Бакалейник, являются исследования реакционной способности 4-хлор-3,10-каренов. В этих работах, как впрочем, и во многих других, стереохимия процессов была определена с помощью данных эффекта Керра и дипольных моментов, полученных А. Н. Верещагиным и С. Г. Вульфсоном.

Полученные результаты сегодня занесены в анналы химии терпенов, а в те далекие годы они демонстрировали научному миру блеск Казанской школы химии природных соединений, возглавляемой Б. А. Арбузовым и З. Г. Исаевой. Это блеск померк в начале 1990-х годов, когда произошёл развал страны и вместе с ней и советской науки. Перед сотрудниками ИОФХ им. А. Е. Арбузова стояла только одна цель – выжить самим и не дать погибнуть Институту. В эти тяжёлые годы Галина Азиковна вместе со своими институтскими коллегами-“природниками”, творчески применила свои знания природных соединений и их химии в двух коммерческих проектах. В рамках первого проекта Г. А. Бакалейник, Э. Х. Казакова и Г. Р. Давлетшина создавали душистые композиции для ПО “Хитон”. Во втором, более грандиозном коммерческом проекте, который с подачи В. А. Альфонсова возглавил и довел до победного конца академик Александр Иванович Коновалов, институтские “природники” – Г. А. Бакалейник, Г. И. Ковыляева, И. Ю. Стробыкина, разработали уникальный способ извлечения гликозида стевиозида из листа растения *Stevia rebaudiana*. Этот способ лёг в основу технологии, по которой в Институте впервые в России была произведена опытная партия заменителя сахара – стевиозида, который, будучи слаще сахара в 350 раз, является безкалорийным. В те годы развернуть полупромышленное производство стевиозида нашему Институту не позволило отсутствие денег (как сегодня говорят – инвестиций), а сейчас стевиозид производится в Японии и Китае десятками тонн и продаётся в любом сетевом магазине России.

В начале 2000-х годов наша лаборатория (теперь она снова называлась лабораторией химии природных соединений) вернулась к супер сладкому гликозиду стевиозида, но теперь уже не как к безкалорийному заменителю сахара, а как к перспективной платформе создания новых типов терапевтических агентов. Развитию нового направления способствовал симбиоз появившихся у нас Оли Андреевой, Майи Корочкиной и Олеси Милицыной – энергичных, любящих химию и стремящихся к успеху студенток, и заслуженных профессионалов “природников” – Г. А. Бакалейник, Г. И. Ковыляевой и И. Ю. Стробыкиной, которые научили молодую поросль

всему арсеналу экспериментальных хитростей, присущих именно химии терпенов. Невозможно определить, кто из них был лучшим учителем и наставником. Они равнодействовали в своём желании передать свои знания новому поколению “природников”, и им это удалось. Но это уже другая история.

Креативность, а я бы даже сказал буйность, научной фантазии Г. А. Бакалейник с годами не уменьшилась. В 2002–2008-х годах, в мою бытность заведующим лабораторией химии природных соединений, эта креативность Бакалейник иногда меня просто напрягала. Идеи из “двух Галь”, как мы называли Г. А. Бакалейник и Г. И. Ковыляеву, так и (хочется написать “пёрли”) формулировались одна за другой. И все они были одна интересней другой, но не вписывались в догму утверждённого вышестоящими инстанциями лабораторного плана. Так, по этой причине не был доведён до публикации интересный материал о необычном течении перегруппировки Бекмана в стероидном ряду.

Конечно же, научная неукротимость характера Галины Азиковны возникла не на пустом месте. Неукротимость и настойчивость в достижении цели воспитала в ней жизнь. Жизнь маленькой девочки, чей папа коммунист был вынужден бежать из фашистской Румынии в СССР и погибнуть в рядах советской армии на фронте в 1944 году. Жизнь молодой девушки, стремившийся “выбиться в люди” в тяжёлое послевоенное время в Казани. Благодаря своим знаниям и настойчивости в достижении цели – заниматься химией на серьёзном уровне – Галя Бакалейник одновременно поступила на работу лаборанткой химического класса в среднюю школу, и на вечернее отделение Химфака КГУ, с которого уже на второй год обучения за успехи в учёбе была переведена на очное обучение. Я поражаюсь, с какой стойкостью Г. А. Бакалейник переносила и переносит трудности, преподносимые ей жизнью. И это не бессмысленная стойкость оловянного солдатика Андерсена, это осмысленная стойкость и знание жизни девочки-девушки-женщины, которая практически из ничего сделала сама себя не только известным (по крайней мере, в Казани) химиком-“природником”, но человеком с большой буквы, который понимает, прошу прощения за избитую формулировку, “нужды и чаяния простых людей”. И люди шли к ней за советом и помощью, и Галина Азиковна помогала им всем, чем могла. А могла она многое – характер у неё ой-ёй какой крутой! В достижении цели Бакалейник не боялась никаких авторитетов. Только один пример: после смерти нашей сотрудницы С. В. Андреевой, Галина Азиковна добилась приёма её сына в Казанское высшее артиллерийское командное училище! Невозможно описать степень признания институтским народом Галины Азиковны, бессменного профорга лаборатории. Скажу только, что она получатель разнообразных почётных грамот различных важных инстанций и даже почётного знака ВЦСПС.

Галина Азиковна, соавтор более 60 прекрасных научных статей в Известиях АН СССР Серия химическая,

журнале Химия природных соединений, Журнале общей химии, проработала в ИОФХ им. А. Е. Арбузова пятьдесят лет. Она была уволена в 2006 году в связи с очередной (не первой и не последней, к сожалению) реструктуризацией нашего Института. Конечно, мы были удручены этим событием. Каково же было моё изумление, когда я обнаружил, что Галина Азиковна не только не потеряла себя в статусе “свободной” пенсионерки, но и “обрела творческую свободу”: до неё сегодня невозможно до-

звониться. Её всё время нет дома. Она всё время занята. Г. А. Бакалейник завсегдагай всех казанских премьер: театральных и музыкальных. У неё множество друзей среди актёров и музыкантов. Галина Азиковна – человек искусства. Она любит и тонко чувствует поэзию, прекрасно знает прозу.

Долгих лет жизни Вам, Галина Азиковна, и крепкого здоровья.

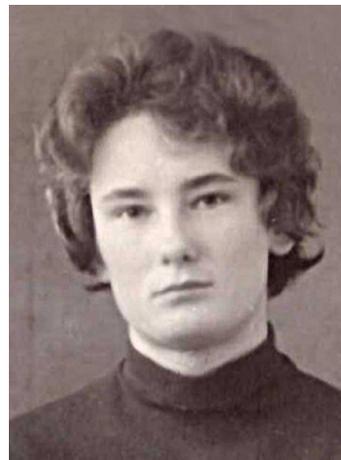
В. Е. Катаев

Нелли Александровна Александрова. К 75-летию со дня рождения

Нелли Александровна Александрова пришла в наш Институт в лабораторию ЭОС сразу после окончания в 1963 году Химического факультета КГУ по специальности “Органическая химия”. Как было принято в то время, её взяли на должность стажёра-исследователя, где “свежеиспеченный” специалист должен был доказать свою профпригодность. Период стажировки успешно завершился в 1965 году, и она была переведена на должность младшего научного сотрудника. Ей повезло, она попала в группу Л. В. Нестерова. Все мы знаем тот огромный теоретический, научный потенциал и энциклопедические знания в области органической химии, которыми обладал её руководитель и это, естественно, давало широкий простор для научного роста и приобретения практического опыта работы химика-исследователя.

В группе с.н.с. Л. В. Нестерова Нелли Александровна занималась изучением особенностей механизма второй стадии реакции Арбузова, поиском химических аналогий у карбонильной и нитрогруппы, изучением строения и свойств солей квазифосфония, используя химические и физико-химические методы исследования.

По заданию правительства в числе других сотрудников лаборатории она принимала участие в разработке синтеза аналогов пестицидов – альента и ацефата. В 1985 году по предложению дирекции Н. А. Александрова перешла в аналитическую лабораторию в группу анализа пестицидов и продолжила работу с ацефатом, участвуя в разработке методов его анализа. Методом ТСХ Н. А. Александрова разрабатывала качественную реакцию степени чистоты ацефата и монитора, а также обнаружение примесей тионамида и монитора в ацефате.



Нелли Александровна Александрова
(род. 17.05.1941)

В пред-пенсионные годы она трудилась в лаборатории химико-биологических исследований, где участвовала в программе “Синтез новых физиологически активных веществ”, занимаясь разработкой методов синтеза возможных лекарственных препаратов на основе пиримидинилметилфосфоновых кислот.

Большой опыт работы и высокий профессиональный уровень в области органической и фосфорорганической химии позволили на любом порученном ей участке работ получать хорошие результаты. Она является соавтором 23 научных публикаций.

Доброжелательная, мягкая, готовая прийти на помощь, долгие годы Нелли Александровна была профоргом лаборатории ЭОС, членом месткома, членом комиссии объединённого профкома КФАН СССР. А ещё – это замечательная мама и бабушка.

Сотрудники ИОФХ им. А. Е. Арбузова и, особенно, сотрудники лаборатории ЭОС им. А. Н. Пудовика желают Вам, Нелли Александровна, доброго здоровья, долгих лет жизни, внимания и любви Ваших близких.

Сотрудники ИОФХ им. А. Е. Арбузова

Евгения Константиновна Трутнева. К 75-летию со дня рождения

11 июня 2016 г. исполнилось 75 лет со дня рождения Евгении Константиновны Трутневой, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника.

Евгения Константиновна родилась в г. Бугульме ТАССР, в семье служащего. В 1948 году поступила в школу, после окончания школы приехала в г. Казань и поступила на Химический факультет Казанского государственного университета.

В 1963 году после окончания КГУ пришла работать в ИОФХ им. А. Е. Арбузова, в лабораторию фосфорорганических полимеров, в группу д.х.н., профессора Я. А. Левина. В 1975 году успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему: “Исследование способности фосфорильных соединений к свободнорадикальным реакциям замещения и присоединения”.

Работы Е. К. Трутневой выполнены в основном в области кинетики и механизмов гомолитических реакций производных P(IV), разработки внедрённого в промышленность способа получения лекарственного препарата и дубителя глицифона, способа получения пестицидного препарата “Текто” и других препаратов, ингибиторов коррозии нефтеперерабатывающего оборудования, реагентов для борьбы с асфальтопарафиновыми отложениями в нефтяных скважинах, два из которых внедрены на промыслах в Архангельской области, синтеза душистых веществ для АО “Хитон”. Результаты её работы отражены в статьях, докладах, изобретениях, отчётах и ТУ.

Е. К. Трутнева принимала решающее участие в разработке стандартных образцов анионо- и катионоактивных ПАВ, а также для определения фосфорорганических пестицидов по линии Центра стандартных образцов и реактивов ИОФХ.

Е. К. Трутневой был разработан метод получения новой спиновой ловушки и разнообразных β -фосфонитроксильных радикалов.

Её работы регулярно поддерживались грантами РФФИ: “Гомолитические реакции фосфорорганических соединений – путь к стабильным фосфорсодержащим радикалам” (1996–1998 гг.), “Реакции внедрения – новый путь к фосфациклам” (2001–2003 гг.).

С 2002 года Евгения Константиновна работала в лаборатории химии гетероциклических соединений под руководством заведующего лабораторией д.х.н., профессора В. А. Мамедова. В этот период, в соответствии с одним из приоритетных направлений Института “Создание целевых функциональных материалов”, по проекту: “Макроциклические и клешневидные соединения, содержащие гетероароматические циклы – как основа



Евгения Константиновна Трутнева
(род. 11.06.1941)

для создания новых материалов и катализаторов” она разрабатывала методы получения различных производных *мета*-бистиазолилбензола – структурных блоков, запланированных для синтеза гетеромакроциклов с заданными свойствами.

Результаты её работы опубликованы в более чем 40 научных работах.

Менялись тематики научных исследований, менялись названия лабораторий, но неизменным оставался творческий интерес Евгении Константиновны Трутневой, большая преданность делу, способность быстро адаптироваться к вновь возникающим проблемам, способность решать сложные и ответственные задачи, надёжность результатов.

Она активно участвовала в общественной жизни Института. Многие годы была казначеем в профкоме ИОФХ.

Евгения Константиновна Трутнева – это творческий человек, обладающий чувством юмора, талантом сочинять стихи-посвящения. Многие годы она была душой лаборатории. Почти у каждого сотрудника хранятся памятные стихи – посвящения к определённым датам. А ещё у Евгении Константиновны дар – умение дружить. Она продолжает поддерживать тёплые отношения с бывшими коллегами, подругами со студенческих лет.

Сейчас Евгения Константиновна на заслуженном отдыхе. Она активна, энергична, у неё замечательная, любящая семья, дети, внуки, которым она уделяет много времени. Увлечена садом, выращивает хорошие урожаи, солит, маринует и делает прекрасную пастилу из яблок.

Находит время и для культурного досуга – посещает театры, музеи, художественные выставки.

Мы вспоминаем с благодарностью время и атмосферу долгой совместной работы с этим замечательным человеком.

Хотим пожелать Евгении Константиновне доброго здоровья и долгих лет жизни.

Т. Н. Бесчастнова, С. Ф. Кадырова

Зоя Сергеевна Титова. К 75-летию со дня рождения

В октябре 2016 года исполняется 75 лет со дня рождения Зои Сергеевны Титовой.

Зоя Титова родилась в семье военнослужащего. Отец – Сергей Николаевич – кадровый офицер, военком, мама – Фекла Наумовна – учитель начальной школы. В семье два сына и две дочери. Как и полагалось барышне 60-х, Зоя умела шить, вышивать, вязать, печь пироги – от мамы, от папы – фотографировать, стрелять (в тире), водить машину, но главное – любить читать, обучаться и обучать. Делиться знаниями, информацией присуще Зое Сергеевне – всегда было и есть.

Что касается хобби, это приобщение к иностранным языкам, как степени свободы.

После окончания в 1959 г. школы с медалью, что в те годы не освобождало абитуриента от сдачи вступительных экзаменов, в том числе и по иностранному языку, Титова зачислена на первый курс Химического факультета КГУ; по окончании Химфака с красным дипломом была распределена в ИОФХ им. А. Е. Арбузова стажером-исследователем в лабораторию азотистых соединений (ЛАОС) профессора Юрия Петровича Китаева. Её дипломная работа “Дипольные моменты и структура некоторых селеноорганических соединений” была удостоена третьей премии Правления ВХО им. Д. И. Менделеева.

Затем была аспирантура и защита кандидатской диссертации на тему “Строение и свойства гидразонов”, участие в научных конференциях (Киев, Одесса), в школах по строению молекул и квантовой химии (Кишинев, Звенигород). За успехи в работе, активное участие в общественной жизни коллектива и в связи с 250-летием Академии наук СССР Президиум Академии наук СССР награждает З. С. Титову Почётной грамотой.

Зоя Сергеевна как-то рассказывала, что на первом курсе на вопрос одного из членов редколлегии стенгазеты “Химик”: “Почему выбрала химфак?” ответила: “Хочу знать и увидеть, как устроена молекула”. И поэтому, когда на четвёртом курсе первый научный наставник и учитель – доцент кафедры физической химии Людмила Михайловна Катаева предложила специализацию в области строения молекул, подумала – мечта сбывается.



Зоя Сергеевна Титова
(род. 01.10.1941)

Стиль работы ЛАОСа характеризовался комплексным подходом к решению той или иной научной проблемы. Это было результатом продуманной научной организации труда: подбора кадров, материального и приборного обеспечения заведующего лабораторией Ю. П. Китаева. Яркой иллюстрацией тому стало успешное выполнение задания по разработке технологического регламента получения ТЕКТО (аббревиатура пестицида). З. С. Титова обеспечивала количественный и качественный контроль многостадийного синтеза пестицида методами ИК, УФ и КР-спектроскопии.

По достижении пенсионного возраста – 55 лет, в сентябре 1996 года уволилась со словами благодарности судьбе и случаю за возможность более 30 лет работать в замечательном творческом коллективе ЛАОСа ИОФХ им. А. Е. Арбузова.

Порой осенней
воздух синий.
Асфальт чернеет
под ногами.
Титовой Зое
шарм картинный
Огонь бросает золотой.

Доброго Вам здоровья, дорогая Зоя Сергеевна!
Ярких событий, интересных встреч, достойных внимания книг.

С юбилеем!

В. В. Зверев, Л. П. Сысоева

Римма Каримовна Габитова. К 75-летию со дня рождения

4 октября 2016 года исполнилось 75 лет младшему научному сотруднику лаборатории химии и геохимии нефти Габитовой Римме Каримовне.

Римма Каримовна окончила в 1964 году Нефтяной факультет Казанского химико-технологического института. В 1965 году она пришла работать в ИОФХ им. А. Е. Арбузова. Начала свою трудовую деятельность Римма Каримовна в нашем Институте стажером-исследователем в лаборатории химии нефти. С 1967 года она работает старшим лаборантом лаборатории хроматографии, а с 1971 по 1997 год – младшим научным сотрудником в лаборатории химии нефти. Много лет Римма Каримовна была секретарём научного лабораторного семинара. Таким образом, вся трудовая деятельность Риммы Каримовны прошла в стенах нашего Института.

За период работы в Институте Р. К. Габитова проводила исследования новых неподвижных фаз для газовой хроматографии, являлась специалистом в области изучения индивидуального углеводородного состава бензиновых фракций нефтей РТ и других регионов, а также экстрактов остаточных нефтей, экстрагированных из керновой породы.



Римма Каримовна Габитова
(род. 04.10.1941)

Последние несколько лет Р. К. Габитова работала в группе Т. Н. Юсуповой, в которой высоко ценили её труд по разделению нефтей на компоненты. Она проявила себя высококвалифицированным и очень ответственным исполнителем, чётко знающим особенности поведения нефти в целом и отдельно её компонентов.

Поздравляем Римму Каримовну с Юбилеем!

Желаем здоровья, долголетия, любви и уважения в семье!

Т. Н. Юсупова

Светлана Валентиновна Мокеева. К 75-летию со дня рождения

Мокеева Светлана Валентиновна родилась 5 октября 1941 года в г. Улан-Батор Монгольской Народной республики в семье военного. Когда началась война, отца, Валентина Николаевича, отправили на передовую, а семьи военных были переправлены на родину. Так Света с мамой отправились в Сибирь, где жили родственники. Там они встретили Победу. Валентин Николаевич окончание войны встретил в Берлине и затем ещё два года служил в Германии. Только в 1947 году его перевели в Волгоград, туда же переехали Света с мамой. В Казань семья перебралась в 1953 году после выхода отца в отставку. После окончания средней школы встал вопрос о будущей профессии. В начале 60-х СССР переживал бурный рост химической науки и промышленности – лозунг “Химизация всей страны”, что определило выбор абитуриентки. Светлана Мокеева поступает на вечернее отделение Химического факультета Казанского государственного университета, одновремен-



Светлана Валентиновна Мокеева
(род. 05.10.1941)

но работая на макаронной фабрике, однако на третьем курсе переводится на дневное отделение. В 1965 году С. В. Мокеева, закончив университет по специальности “Химия высокомолекулярных соединений”, была принята на работу в ИОФХ в лабораторию фосфорорганических соединений под руководством д.х.н. Б. Е. Иванова. В

этой лаборатории в группе С. В. Шулындина прошла вся трудовая деятельность Светланы Валентиновны. Она прошла путь от стажера-исследователя до младшего научного сотрудника.

За время работы Светлана Валентиновна выполнила ряд исследований по полимеризации и сополимеризации диеновых производных фосфора с различными винильными и дивинильными органическими мономерами, подробно изучила реакционную способность непредельных фосфорорганических мономеров в реакциях радикальной сополимеризации. Исследования, проведённые Светланой Валентиновной, показали, что диеновые производные фосфора проявляют высокую активность и это позволяет получить фосфорсодержащие полимеры высокой молекулярной массы и повышенной термо- и огнестойкости. Результаты исследований нашли своё отражение в 31 научной публикации и 5 авторских свидетельствах. Длительное время С. В. Мокеева принимала участие в работах по заданию Президиума АН СССР.

В девяностые годы она занималась разработкой инертных антипиренов вспучивающего действия и на их базе – полимеров пониженной горючести, а также методов получения ненасыщенных полиэфирных смол на основе окиси дивинила и малеинового ангидрида. Принимала участие в работах по хозяйственным договорам с министерством обороны РФ, Центром по разработке эластомеров при КГТУ, Могилевским ПО “Химволокно”. За хорошую работу

неоднократно отмечалась и награждалась дирекцией и общественными организациями Института.

Когда в 1981 году я пришла в группу Станислава Владимировича Шулындина, Светлана Валентиновна уже была опытным синтетиком, и я очень признательна ей за те знания и практические навыки, которыми она щедро делилась; было как-то надёжнее ставить сложный синтез или проводить ответственную перегонку, когда в комнате присутствовала Светлана Валентиновна. Несмотря на большую разницу в возрасте у нас сложились очень доверительные отношения, которые не прерываются до сих пор.

Хочется отметить, что Светлана Валентиновна всегда была центром притяжения: в нашу комнату постоянно приходили сотрудники лаборатории, и это было связано не только с её профсоюзной работой.

Вместе с мужем, Борисом Васильевичем, Светлана Валентиновна вырастили и воспитали достойных граждан общества – сына и дочь, а теперь они принимают активное участие в становлении внуков, и те отвечают им взаимностью. Было очень трогательно слушать стихи, посвящённые любимой бабушке, которые внучка прочитала на праздновании юбилея Светланы Валентиновны.

От всех сотрудников ИОФХ им. А. Е. Арбузова пожелаем Светлане Валентиновне доброго здоровья, душевного спокойствия и семейного благополучия.

Т. А. Вахонина

Памяти Сайтгарей Галяевича Фаттахова

12 марта 2016 г. ушёл из жизни Фаттахов Сайтгарей Галяевич – один из старейших сотрудников нашего Института.

Сайтгарей Галяевич родился 20 августа 1936 года в селе Старое Кадеevo Черемшанского района республики Татарстан. Его родители были колхозниками. Отец, участник ВОВ, работал в колхозе механизатором и слыл мастером на все руки. Сайтгарей Галяевич рос в многодетной, дружной, трудовой семье, где было 7 детей. В родном селе была только семилетняя школа, поэтому с восьмого по десятый класс приходилось ездить, а часто и ходить за 18 километров в соседнее село Лашманское. После окончания школы в 1954 г. он учился на курсах шофёров в Бугульме, и летом, помогая отцу, работал комбайнером в колхозе. Навыки работы в колхозе позволили Сайтгарею Галяевичу во время поездок на целину (1956–1957 гг.) работать не подсобным рабочим, как основная масса студентов, а комбайнером. За эту работу он впоследствии был награждён медалью “За освоение целины”.



Сайтгарей Галяевич Фаттахов
(20.08.1936–12.03.2016)

В 1955 г. С. Г. Фаттахов поступил на Химический факультет КГУ. По воспоминаниям Сайтгарей Галяевича, общежитие ему выделили не сразу, и первое время ему приходилось ночевать на раскладушке в спортзале. Времена были трудные, стипендии не хватало, и часто приходилось подрабатывать. В 1960 году С. Г. Фаттахов успешно окончил университет по специальности “Ор-

ганическая химия”. Как один из лучших студентов, он был направлен на дипломную работу в Государственный институт прикладной оптики (ГИПО) в Ленинград. Работа по созданию новых термостойких стекол получилась интересной и перспективной, по ней была оформлена полноценная научная статья. Это определило дальнейший выбор Саитгарей Галаевича – науку.

После окончания университета С. Г. Фаттахов был направлен инженером в филиал ГИПО в Казани, но очень скоро был переведен в КХТИ, где около двух лет работал младшим научным сотрудником. В январе 1963 г. Саитгарей Галаевич начал свою трудовую деятельность в ИОФХ им. А. Е. Арбузова в лаборатории органического синтеза в группе Г. М. Винокуровой. С 1965 г. он работал в лаборатории фосфорорганических полимеров, которую возглавлял Б. Е. Иванов, а с 1980 по 2016 г. – в лаборатории химико-биологических исследований (с 2009 г. – ХНО) под руководством В. С. Резника. В 1977 г. Саитгарей Галаевич защитил кандидатскую диссертацию, а в 1980 г. избран по конкурсу на должность старшего научного сотрудника лаборатории ХБИ.

В 1972–1992 гг. С. Г. Фаттахов работал по закрытым тематикам по заданиям Президиума АН СССР. В этот период работы он сформировался как серьезный и ответственный исследователь с широким кругозором, способный к созданию интересных практических разработок. Он очень много времени уделял научной литературе, а когда в библиотеку ИОФХ перестал поступать РЖ “Химия”, проводил свои выходные в Республиканской библиотеке, выписывая интересующие его статьи.

Саитгарей Галаевич всегда искал свой собственный путь в научных исследованиях, направленных на практические разработки. Наиболее известной из таких разработок является регулятор роста и развития растений нового поколения “Мелафен”, не имеющий аналогов в мире по широте действия и применяемым дозам. Мелафен эффективно работает в чрезвычайно низких концентрациях 10^{-6} – 10^{-12} %.

Довести до использования свою научную разработку в нашей стране под силу далеко не каждому исследователю. С этой трудной (и для многих неразрешимой) задачей Саитгарей Галаевич справился благодаря своему характеру, настойчивости, упорству, вере в результаты своей работы. Он ездил в командировки, встречался с руководителями различных ведомств и институтов, для него не существовало слова “невозможно”. Благодаря Саитгарею Галаевичу препарат Мелафен был исследован в таких ведущих научных центрах России, как Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, Институт биохимии им. А. Н. Баха РАН, Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений РАСХН, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Государственный научно-исследовательский институт генетики и селекции промышленных микроорганизмов, Московский государ-

ственный университет им. М. В. Ломоносова, а также в сельскохозяйственных институтах Казани, Ульяновска, Кургана, Рязани, Краснодар, Астрахани, Новочеркаска. И всё это на минимальном финансировании, энтузиазме и умении заинтересовать людей перспективными результатами! Академик А. И. Коновалов говорил, что именно с препарата Мелафен в его группе началось исследование механизма действия “сверхмалых доз”, выросшее в целое научное направление. Мелафен защищён 13 патентами РФ, отмечен золотыми, серебряными и бронзовыми медалями на различных отечественных и зарубежных выставках. Препарат прошёл процедуру государственной регистрации и разрешён для применения в широком кругу с/х культур. Исследования по различным аспектам применения препарата Мелафен продолжаются и сегодня.

В последние годы Саитгарей Галаевич работал в области поиска новых противотуберкулёзных соединений. Ему удалось и здесь достичь хороших результатов: синтезированный им препарат Тубофен вошёл в базу данных “Перспективные российские разработки” и в число 100 лучших изобретений РФ за 2007 г. По результатам работы получено 4 патента РФ.

С. Г. Фаттахов – автор более 120 научных трудов, в том числе 17 авторских свидетельств СССР и 17 патентов РФ. В 2005 г. ему было присвоено звание “Заслуженный изобретатель РФ”.

Саитгарей Галаевич был человеком цельным, увлеченным и преданным своей работе. В последнее время он торопился успеть как можно больше. По воспоминаниям его жены, Земфиры Абдрахмановны, на её уговоры отлежаться дома при плохом самочувствии, на слова: “Никуда институт не денется”, Саитгарей Галаевич отвечал: “Институт никуда не денется. Я денусь”.

Саитгарей Галаевич был замечательным семьянином. Он прожил со своей женой в добром согласии 50 лет, вместе они воспитали двух детей – сына и дочь. На вопросы друзей, как ему удаётся сохранить такую дружную семью, Саитгарей Галаевич со свойственным ему юмором отвечал, что у них постоянно гостят родственники и друзья, а ссориться в присутствии посторонних неудобно. Дочь Саитгарея Галаевича, по примеру отца, выбрала научную стезю. Закончив аспирантуру в ИОФХ, она защитила кандидатскую диссертацию по электрохимии, а докторскую степень получила в Мюнхенском университете в ФРГ, работая в области поиска новых источников энергии.

Саитгарей Галаевич был светлым человеком и истинным учёным, работа с которым всегда приносила большое удовольствие. Энтузиаст своего дела, он вкладывал душу в работу, в общение с коллегами, в продвижение результатов своих исследований. 20 августа 2016 г. ему исполнилось бы 80 лет. Он ушёл из жизни, не дожив до своего юбилея несколько месяцев, до последнего стремясь создавать, использовать свой богатый опыт в химии биологически активных соединений. Светлая ему память!

А. А. Гурьлёва, М. М. Шулаева

Памяти Дмитрия Борисовича Криволапова

5 июня 2016 года на 40-м году жизни трагически погиб научный сотрудник лаборатории дифракционных методов исследования (ДМИ) ИОФХ им. А. Е. Арбузова Дмитрий Борисович Криволапов.

С 29 мая по 4 июня 2016 года лаборатория ДМИ в полном составе была в Суздале, на VIII Национальной кристаллохимической конференции. Возвращались все вместе на поезде, обсуждали очень успешную конференцию и планы дальнейшей работы, шутили, смеялись, и, как всегда, “душой” компании был Дима Криволапов. В субботу, 4 июня, уже на подъезде к Казани Диме позвонили родственники и пригласили на рыбалку. Мы все попрощались, пожелали ему удачной рыбной ловли и договорились встретиться в понедельник в Институте, чтобы начать осуществлять то, что задумали под впечатлением услышанного на конференции. И вдруг в воскресенье, 5 июня – телефонные звонки: “Дима погиб!”.

Первая мысль: “Как, что! Не может быть, ведь вчера ещё! А завтра надо...” Потом пришло осознание происшедшего. В середине дня почти вся лаборатория и друзья Димы уже были в Институте. Стали договариваться кто и как будет держать связь с родственниками, как и где организовать прощание. На следующий день, в понедельник, вывешенный в вестибюле Института некролог, привёл всех в шок. В таком же шоке были и те сотрудники, которые начинали рабочую неделю на площадках ГТРК “Корстон” – 5 июня, в воскресенье началась регистрация участников XXI Международной конференции по химии фосфора, одним из ключевых организаторов которой был ИОФХ им. А. Е. Арбузова, а 6 июня, в понедельник состоялось открытие форума. Молодёжь Института традиционно не только работала за стойками регистрации, но и встречала гостей в аэропорту и на ж/д вокзале.

Прощание с Димой было решено провести во вторник, 7 июня в родном ИОФХ. Посторонний человек может удивлённо спросить, чем же обусловлено, что с таким молодым кандидатом наук хотят проститься так много сотрудников Института? Ведь не со всеми же так прощались? Так кем же был Дмитрий Борисович Криволапов?

Дима пришёл в лабораторию физико-химических исследований, в группу рентгеноструктурного анализа двадцать лет назад, будучи студентом 4 курса, не умеющим работать на компьютере и не знакомым с рентгеноструктурным анализом. Но метод, сложные приборы и сама обстановка в лаборатории – дружелюбная и демократичная, ему так понравились, что он с радостью начал учиться всему и сразу: осваивать метод, работу на дифрактометре CAD-4, методику анализа на не столь автоматизированном, как современные, приборе. Он подготовил и защитил курсовую



Дмитрий Борисович Криволапов
(15.07.1976–05.06.2016)

работу, а на следующий год – дипломную. Заведующий лабораторией, доктор химических наук И. А. Литвинов предложил ему поступить в аспирантуру ИОФХ. За три года Дима успешно закончил аспирантуру и защитил кандидатскую диссертацию. Так постепенно Дима стал одним из основных “рентгеноструктуристов” ИОФХ, и ему было предложено остаться в Институте в должности младшего научного сотрудника. В дальнейшем вся жизнь Димы Криволапова протекала в лаборатории ДМИ. Особенно его таланты проявились с появлением в Институте новых дифрактометров с координатными детекторами. За несколько лет Дима стал одним из лучших “дифрактометристов” в России. Он не только лучше всех снимал эксперименты с проблемных кристаллов и расшифровывал трудные структуры, но и обслуживал, и ремонтировал эти сложные приборы. Стажировка на фирме “Брукер”, первая премия на конкурсе молодых кристаллографов имени Ю. Т. Стручкова – вот некоторые вехи его профессионального роста. Более 230 статей в списке его публикаций, и уходящий год добавит к этому числу ещё немало их количество.

Работал Дима Криволапов на весь Институт и на многие лаборатории за его пределами. Он не отказывал никому, брался за самые трудные, практически безнадёжные образцы. Наверное, нет в ИОФХ химика-синтетика, который не обязан Диме хотя бы одной-двумя (а скорее, многими) сложными структурами. Дима их делал вопреки всем объективным сложностям, из любви к науке и желания помочь людям. Дима всегда был на месте – или у дифрактометра, или у компьютера с чашкой дымящегося кофе. Он первый приходил и последний уходил, а в прежние годы нередко можно было увидеть свет в лаборатории по субботам и воскресеньям – Дима буквально жил работой, не укладываясь в официально отведенное время, в лучших “старомодных” традициях Казанской химической школы. Многие студенты и аспиранты нашей лаборатории обязаны Дмитрию Борисовичу существенным вкладом в их дипломные работы и диссертации – это и обучение методикам, и помощь с расшифровкой трудных

экспериментов. Дима не очень любил писать статьи, предпочитая налаживать приборы, снимать сложные эксперименты, расшифровывать трудные структуры.

Высокий класс и мастерство Димы подтверждается тем, что его знали и ценили коллеги из других лабораторий России. Как доказательство – телеграммы соболезнования, полученные от коллег из ИНЭОСа и ИОНХа РАН, из Новосибирска, Черноголовки, Нижнего Новгорода, от специалистов фирмы “Брукер” и “Мелитек”. Проститься с ним пришли коллеги из КФУ и КГТУ (КХТИ), однокурсники со всей Казани.

Дима был не только профессионалом своего дела. Человек редких душевных качеств, он всегда был готов помочь коллегам и друзьям в самых разных вопросах – будь то моральная поддержка в сложной жизненной ситуации или мелкая бытовая проблема. На столах в его рабочей комнате всегда стояли разобранные ноутбуки, чайники, детские игрушки, сотовые телефоны и многие другие, вышедшие из строя предметы, принесённые друзьями или коллегами. Удачно отремонтированные вещи

обретали вторую жизнь, возвращались к благодарным владельцам и тут же сменялись другими, требующими ремонта. Будучи для многих лучшим другом, Дима первый вспоминал про приближающийся день рождения и начинал беспокоиться о подарке, искренне желая сделать человеку приятное.

Дима как будто торопился жить и оставил после себя большой научный задел – множество снятых и неопубликованных экспериментов.

Дима навсегда останется для нас светлым и тёплым воспоминанием, другом и близким человеком, частица души которого всегда рядом с нами. Огромная потеря для нашей лаборатории и всего Института, и мы будем помнить Дмитрия Борисовича Криволапова, пока существует наш Институт и наша лаборатория.

*Друзья и коллеги по лаборатории
дифракционных методов исследования*

Памяти Ольги Николаевны Нуретдиновой

30 сентября 2016 года скончалась бывшая сотрудница Института Ольга Николаевна Нуретдинова. В 2017 году ей исполнилось бы 80 лет. После окончания Горьковского университета в 1959 году Ольга Николаевна поступает в аспирантуру в Институт органической химии АН СССР в г. Казани. Руководителем работы О. Н. Нуретдиновой был академик Б. А. Арбузов, который ценил её знания органической химии, самостоятельность и высокий профессионализм в работе. В 1963 году она успешно защитила кандидатскую диссертацию и продолжила работу в лаборатории Б. А. Арбузова вплоть до выхода на пенсию. Научные интересы Ольги Николаевны были связаны с химией фосфорорганических соединений. В связи с 75-летием Ольги Николаевны в Ежегоднике ИОФХ 2012 г. была опубликована статья, в которой более подробно



Ольга Николаевна Нуретдинова
(24.01.1937–30.09.2016)

описана её жизнь, достижения в науке, к которой мы отсылаем читателей.

Ученики и коллеги Ольги Николаевны сохраняют о ней светлую память.

В. П. Губская



НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Выборы директора ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН

12 июля 2016 года в ФГБУН “Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова Казанского научного центра РАН” состоялись выборы директора Института в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 5 июня 2014 г. № 521 “Об утверждении Положения о порядке и сроках согласования и утверждения кандидатур на должность руководителя научной организации, переданной в ведение Федерального агентства научных организаций”, Постановлением Президиума РАН от 21 июня 2016 г. № 147 “О согласовании кандидатур на должности руководителей научных организаций, находящихся в ведении Федерального агентства научных организаций” и Распоряжением Федерального агентства научных организаций (ФАНО России) от 27 июня 2016 г. № 223 “Об утверждении кандидатур на должности руководителей

организаций, подведомственных Федеральному агентству научных организаций”. Выборы проходили в большом конференц-зале Института Арбузова.

Кандидатами на должность директора ИОФХ им. А. Е. Арбузова на предстоящий пятилетний период были утверждены: академик РАН, д.х.н., проф. Олег Герольдович Синяшин и д.х.н., проф. Андрей Анатольевич Карасик. Оба кандидата хорошо известны всем сотрудникам ИОФХ – их научная и научно-организационная деятельность неразрывно связана с жизнью Института. Оба – не только признанные в мире учёные-химики, но и блестящие организаторы науки. О. Г. Синяшин – директор ИОФХ им. А. Е. Арбузова с 2001 года. А. А. Карасик – заместитель директора Института по научной работе с 2008 года.



Кандидат на должность директора ИОФХ
О. Г. Синяшин.



Кандидат на должность директора ИОФХ
А. А. Карасик.

Решением Учёного совета ИОФХ им. А. Е. Арбузова от 21.06.2016 г. была создана Избирательная комиссия и утверждено Положение о выборах директора ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН. В соответствии с Положением была проведена вся процедура выборов. В состав Избирательной комиссии вошли: председатель – д.х.н., проф. В. Е. Катаев; секретарь – к.х.н. Р. Ж. Валиуллина; члены Комиссии – д.х.н., проф., зав. лаборатории высокоорганизованных сред Л. Я. Захарова; д.х.н., в.н.с. лаборатории химии каликсаренов С. Е. Соловьева; д.х.н., в.н.с. лаборатории дифракционных методов исследований А. Т. Губайдуллин; к.х.н., с.н.с. лаборатории фосфорсодержащих аналогов природных соединений А. В. Богданов; к.х.н., н.с. лаборатории химии и геохимии нефти Е. Е. Барская; к.х.н., н.с. технологической лаборатории А. А. Загидуллин; главный инженер Института А. Д. Новгородов; начальник отдела кадров В. В. Вафина; начальник юридического отдела Ф. Ф. Ахтямова; ведущий инженер отдела информационной безопасности, телекоммуникаций и сетевых технологий А. М. Якупов.

Отдельно хочется отметить, что в истории ИОФХ впервые выборы директора проходили с участием всех сотрудников Института. Избирательной комиссии предстояла большая работа по организации Общего собрания и тайного голосования более трёхсот человек. Для большинства сотрудников разгар лета – это, прежде всего, отпуск, а также командировки, конференции, стажировки... Вероятно, нет смысла раскрывать всю “кухню” – описывать огромную работу, проделанную

Избирательной комиссией, по подготовке и проведению дня голосования. Каждый член Комиссии внёс свою лепту на своём рабочем участке. В результате выборы, в которых приняло участие подавляющее большинство (94%) сотрудников Института, прошли в спокойной и комфортной обстановке.

12 июля в актовом зале ИОФХ председатель Избирательной комиссии по выборам директора – д.х.н., проф. Владимир Евгеньевич Катаев, единогласно избранный председателем Общего собрания коллектива Института Арбузова, объявил Собрание открытым.

В. Е. Катаев познакомил участников Общего собрания с процедурой выдвижения кандидатов на должность директора Института, согласованием и утверждением кандидатур в различных инстанциях, а также с процедурой проведения выборов в целом. В числе других документов В. Е. Катаев зачитал решения Учёного совета ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН от 31.05.2016 “О рекомендации д.х.н., проф. А. А. Карасика на должность директора ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН”, “О рекомендации академика РАН, д.х.н., проф. О. Г. Синяшина на должность директора ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН”, “Об утверждении председателя Избирательной комиссии”.

В соответствии с Положением о выборах директора ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН В. Е. Катаев пригласил кандидатов на должность директора изложить Общему собранию основные положения своих программ развития ИОФХ на 2016–2020 гг. и ответить на вопросы.



Избирательная комиссия в полном составе. Слева направо: В. В. Вафина, А. Д. Новгородов, С. Е. Соловьева, А. М. Якупов, В. Е. Катаев (председатель), А. В. Богданов, Р. Ж. Валиуллина (секретарь), А. А. Загидуллин, Л. Я. Захарова, Е. Е. Барская, А. Т. Губайдуллин, Ф. Ф. Ахтямова.

Основные положения программы развития ФГБУН ИОФХ им. А. Е. Арбузова Казанского научного центра РАН О. Г. Синяшина

ФГБУН “Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова Казанского научного центра РАН” – крупнейший многопрофильный физико-химический и химико-биологический исследовательский институт в Поволжье, широко известный своими исследованиями в области химии элементоорганических, гетероциклических и природных соединений, супрамолекулярной химии, нефтехимии, химии физиологически активных веществ, биотехнологии и химической экологии.

Программа развития (миссия) ИОФХ до 2020 г. направлена на проведение прорывных фундаментальных исследований и создание наукоёмких прикладных разработок в таких областях как нефтехимия, фармацевтика, композиционные материалы (наноматериалы) и новые химические и биохимические технологии. Эти исследования и разработки должны способствовать долгосрочной научной и технологической конкурентоспособности ключевых секторов российской экономики и социальной сферы, в том числе для ускоренного развития как Российской Федерации в целом, так и Республики Татарстан в частности. ИОФХ должен стать ядром специализированных межведомственных научно-образовательных и научно-производственных кластеров с ведущими университетами и крупными финансово-промышленными группами, в первую очередь, расположенными на территории Республики Татарстан, обеспечивающих неразрывную связь: наука – образование – производство.

В рамках Программы развития ИОФХ будут сформированы четыре приоритетных научно-исследовательских направления:

1. Молекулярный дизайн оригинальных лекарственных субстанций, в том числе из возобновляемого растительного сырья (направление – Инновационные лекарства).
2. Методология создания новых функциональных (композиционных) материалов, в том числе наноматериалов, с заданными свойствами (направление – Новые материалы).
3. Разработка и оптимизация новых экологически безопасных технологий для нефтедобычи и нефтепереработки (направление – Нефтедобыча и нефтехимия).
4. Научные основы новых безотходных и энергоэффективных технологий получения веществ и материалов с использованием каталитических, электрохимических и биотехнологических методов (направление – “Зеленая” химия и технологии).

Эти направления являются конкурентоспособными и логично вписываются в Приоритетные направления развития науки, технологий и техники Российской Федерации, Перечень критических технологий РФ, Национальную технологическую инициативу, Программу фундаментальных научных исследований в Российской

Федерации, Стратегии социально-экономического развития Приволжского федерального округа (до 2020 г.) и Республики Татарстан (до 2030 г.).

Все рассматриваемые направления наделены локальными целями развития, но находятся во взаимосвязи и совместно работают на основную цель. По каждому из направлений проведён анализ текущего состояния, сформулированы целевое видение и задачи дальнейшего развития.

ИОФХ по итогам реализации заявляемой Программы развития должен соответствовать статусу международного междисциплинарного научного центра мирового уровня, который эффективно функционирует как:

- центр фундаментальных научных исследований в области химии, нефтехимии, фармакологии, химических и биологических технологий мирового уровня, ориентированных на конкретный результат;
- центр прикладных научных разработок;
- центр научных исследований, ориентированных на проблемы Приволжского федерального округа в целом, и Республики Татарстан в частности;
- центр, имеющий собственное наукоёмкое производство;
- центр подготовки и переподготовки научных кадров высшей квалификации.

Успешная реализация Программы развития должна обеспечить ИОФХ конкурентоспособность и выход к 2020 году на лидирующие позиции в мире.

Этому должно способствовать:

- Развитие кадрового потенциала, воспитание нового поколения учёных, готовых реализовывать получаемые достижения фундаментальной науки в реальном секторе экономики и социальной сфере. Планируется, что при реализации Программы развития численность научных сотрудников до 39 лет возрастёт до 55% за счёт привлечения к её выполнению молодых учёных, аспирантов и студентов ведущих вузов Республики Татарстан. Средний возраст научных сотрудников к концу 2020 г. должен составлять 42–43 года.
- Рост публикационной активности. К 2020 г. число публикаций в журналах, индексируемых в базах данных WoS и Scopus, на 1 научного сотрудника должно составить не менее 2.0; а число цитирований – 3.6.
- Всесторонняя научная кооперация ИОФХ с ведущими исследовательскими центрами России и мира, в первую очередь, с партнерами, принимающими участие в реализации заявляемой Программы развития. Благодаря этому ведущие научные школы ИОФХ займут лидирующие позиции на международном уровне, что должно повлечь за собой широкий обмен специалистами в области химии, нефтехимии, фармакологии, химической и биотехнологий.
- Развитие инфраструктуры и модернизация материально-технической базы, в том числе реконструкция лабораторных и технологических площадей по международным стандартам GLP и GMP. Это позволит к 2020

г. получать наукоемкую продукцию, в результате чего в 2 раза будет увеличен объём средств, поступающих от её коммерциализации.

- “Инновационный пояс” из 3–4 малых инновационных компаний, созданных с участием ИОФХ и обеспечивающих производство продукции малотоннажной химии и биотехнологии для реального сектора экономики и социальной сферы.
- Корректировка структуры консолидированного бюджета Программы развития в части поэтапного увеличения объёма средств конкурсного финансирования и других внебюджетных источников относительно субсидий, выделяемых на выполнение государственного задания. К 2020 г. это соотношение в процентах должно составлять как 30:70 (субсидии:внебюджет).
- Поэтапная оптимизация системы управления путём укрупнения научных подразделений в рамках вышеуказанных 4 приоритетных направлений, а также за счёт передачи части функций инженерно-хозяйственных служб аутсорсинговым организациям.

В итоге к 2020 г. ИОФХ должен представлять собой эффективно действующую модель современного научно-инновационного комплекса, соответствующего по уровню научных исследований, кадровому потенциалу, публикационной активности, материально-технической оснащённости рабочих мест и коммерческой деятельности, мировым требованиям, предъявляемым научным организациям XXI века.

Программа развития ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН на 2016–2020 гг. А. А. Карасика

Цель: Развитие Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова как мирового лидера в разработке новых методов синтеза гетероциклических органических соединений, фосфорорганических веществ и супрамолекулярных ассоциатов, изучении их физико-химических характеристик для создания фундаментальных научных основ конструирования новых лекарств и материалов, а также инновационных технологий нового поколения.

Исследовательская программа Института на ближайшие пять лет

1. Развитие методов синтеза, исследование корреляций “структура-свойства” и особенностей механизма действия новых гетероциклических, клешневидных, макро- и полимакроциклических соединений с целью направленного создания биоактивных субстанций, обладающих повышенной терапевтической безопасностью, включающих препараты для лечения заболеваний центральной и периферической нервной системы, нейро- и гепатопротекторы и антимикробные агенты.
2. Разработка новых эффективных, экологически безопасных методов синтеза соединений с P-O-C, P-S-C, P-C

и P-P связями с заданной трёхмерной архитектурой, а также новых эффективных катализаторов, люминесцентных соединений и молекулярных магнетиков на их основе. Получение новых биологически активных производных фосфора.

3. Создание научных основ конструирования принципиально новых материалов, а также молекулярных устройств, образующихся как путём ковалентного и координационного связывания гетероциклических, клешневидных и макроциклических соединений, так и за счёт процессов самоорганизации в сложных поликомпонентных системах на основе ПАВ, полимеров и макроциклов.
4. Разработка методологии комплексной диагностики состава, строения и свойств органических наночастиц и функциональных материалов физическими методами исследования.

Отличительной чертой настоящей программы станет нацеленность на кооперацию с ведущими российскими и международными исследовательскими центрами, которая должна обеспечить комплексность исследований и сократить сроки реализации в реальном секторе экономики полученных фундаментальных результатов.

Инновационные, практически значимые исследования и разработки предлагается сосредоточить в хозрасчётных или частично хозрасчётных структурных единицах – Центрах, основным показателем для которых станет привлечение внебюджетных средств конечных потребителей – предприятий реального сектора экономики. Основным приоритетом для таких Центров станет продажа интеллектуальной собственности, передача прав на нее в виде исключительных и неисключительных лицензий. В этом случае Центры будут опираться на фундаментальные разработки Института. Вторым по значимости направлением деятельности Центров станет решение проблем предприятий, связанных с экомониторингом и разработкой новых технологических решений с использованием интеллектуальных и приборных ресурсов Института. Наиболее перспективными разработками в этом плане представляются проводимые в Институте исследования в области добычи, транспортировки и использования тяжёлых нефтей и битумов.

В научно-образовательном плане основной упор будет делаться на привлечение студентов к реальной научно-исследовательской работе во время их обучения в вузе с последующим обучением наиболее талантливых выпускников в аспирантуре Института. В результате в ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН кроме научных сотрудников ежегодно более ста студентов ведущих вузов г. Казани будут выполнять научно-исследовательские работы, формируя кадровый резерв Института. Такое вовлечение студентов в исследования возможно на основе договоров о сотрудничестве с ведущими вузами региона (Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казанский государственный медицинский университет, Казанский национальный исследовательский технологический университет и др.), а также путём создания сети

профильных базовых кафедр в Институте и совместных лабораторий в вузах.

Внутрироссийское и международное признание Института будет достигаться не только передовыми фундаментальными разработками, отражёнными в публикациях, но и активным участием Института в организации научных форумов различного уровня, продвижения бренда в СМИ и сети Интернет.

Всё дорогостоящее оборудование Института в настоящий момент сосредоточено в Центре коллективного пользования – ЦКП САЦ. Оснащение новыми приборами возможно только при финансовой поддержке учредителя – ФАНО России, или специализированных грантов научных фондов. Для поддержки оборудования в работоспособном состоянии и его дооснащения предлагается создать в Институте специализированный фонд с отдельным учётом средств. Планируется разработать единый протокол открытого безбарьерного доступа к уникальным приборам и оборудованию не только для сотрудников всех подразделений Института, но и для представителей других организаций ФАНО России. Этот протокол также должен предусматривать доступ к этому оборудованию других организаций в рамках оказания соответствующих услуг.

Бюджет программы развития организации будет складываться из субсидии учредителя Института (ФАНО России), средств российских и международных научных фондов, платежей за использование интеллектуальной собственности Института и средств от приносящей доход деятельности (хозяйственные договоры Центров, прибыль от деятельности малых предприятий). В течение срока исполнения программы предполагается снижение доли средств учредителя с настоящих 55% до 40–45%.

Поскольку эффективность Института определяется эффективностью его ключевых звеньев – научных лабораторий, то в организационном плане основной упор

будет делаться на мониторинг деятельности лабораторий. Для каждого структурного подразделения будет разработана “дорожная карта” с фиксированными оценочными показателями (статьи в высокорейтинговых журналах, патенты и ноу-хау, привлечение средств научных фондов для увеличения оснащённости лабораторий), зависящими от специфики их области исследований, и предусматривающая достижение чётко сформулированных научных целей. По результатам оценки соответствия показателей лаборатории требованиям утверждённой “дорожной карты” эффективные лаборатории будут усилены, а неэффективные лаборатории будут переориентированы на другие направления исследований.

В завершение выступления кандидаты отвечали на вопросы сотрудников Института.

Профессору А. А. Карасику был задан ряд вопросов относительно планов по интеграции ИОФХ с другими научными организациями г. Казани, о динамике отчислений в бюджет Института от деятельности его малых предприятий и о приоритетах среди научных направлений, предусмотренных программой развития Института. Также сотрудников интересовал механизм укрупнения научных подразделений, о чём было упомянуто в программе развития Института академика О. Г. Синяшина.

На момент окончания прений зарегистрировалось 342 сотрудника Института из 365 списочного состава, то есть 94 процента всех сотрудников Института воспользовались своим правом и приняли участие в выборах директора.



Малый конференц-зал. Идёт голосование.



Председатель Избирательной комиссии – д.х.н., проф. В. Е. Катаев снимает пломбу с ящика с бюллетенями.

Идёт подсчёт голосов.



Результаты тайного голосования показали, что за кандидатуру А. А. Карасика было отдано 58 голосов; за кандидатуру О. Г. Сияшина – 281 голос. Так, большинством голосов (82%) была поддержана кандидатура О. Г. Сияшина на должность директора ИОФХ на ближайшие пять лет.

По итогам Общего собрания ИОФХ им. А. Е. Арбузова приказом руководителя ФАНО России М. М. Котюкова (приказ № 553 п/о от 5 августа 2016 года) Сияшин Олег Герольдович был назначен на должность директора ФГБУН “Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова Казанского научного центра РАН”. Таким образом, академик РАН О. Г. Сияшин вновь возглавил

Институт органической и физической химии имени Арбузова – крупнейшее академическое звено Казанской химической школы.

Р. Ж. Валиуллина, Т. Д. Кешнер

Деятельность Международного научно-инновационного Центра нейрoхимии и фармакологии на базе Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН

Организация Международного научно-инновационного Центра нейрoхимии и фармакологии на базе Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН стала возможной благодаря мега-гранту Российского научного фонда, выигранному ИОФХ им. А. Е. Арбузова в 2014 году. Цель проекта – создание “Центра компетенции” по нейрoхимии и фармакологии, который должен объединить высококвалифицированных специалистов в области физиологии, фармакологии, медицины, биохимии, органической, физической и супрамолекулярной химии, способных проводить фундаментальные и прикладные междисциплинарные исследования с целью создания наукоемких разработок мирового уровня, включая получение как импортозамещающих, так и отечественных инновационных лекарственных препаратов. Проект предусматривает реализацию полного инновационного цикла создания лекарственных средств – от синтеза биоактивных молекул до коммерческого производства

оригинальных лекарств нового поколения. Срок реализации проекта – 2015–2018 гг.

Научные направления проекта: 1. “Синаптическая холинэстераза как мишень для новых лекарственных препаратов, предназначенных для лечения заболеваний центральной и периферической нервной системы” (научный руководитель – д.м.н., академик РАН Е. Е. Никольский); 2. “Создание отечественных нейро- и гепатопротекторов на основе молекулярно-фармакологического анализа “структура-активность” и изучения механизмов действия новых производных пиримидина и лекарственного средства Ксимедон” (научный руководитель – д.х.н., профессор В. С. Резник); 3. “Создание новых классов антимикробных агентов” (научный руководитель – д.х.н., профессор В. Е. Катаев).

Представляем вниманию читателей информацию о ходе выполнения проекта в 2016 году в рамках его основных научных направлений.

Направление № 1 гранта РФ № 14-50-00014 “Синаптическая холинэстераза как мишень для новых лекарственных препаратов, предназначенных для лечения заболеваний центральной и периферической нервной системы”

Руководитель направления: академик РАН Е. Е. Никольский

Одной из приоритетных научных задач, решаемых в рамках данного направления, является направленная разработка ингибиторов холинэстераз (ХЭ) для терапии миастений и миастеноподобных состояний. В основу данной части проекта РФ легли имеющиеся у нас данные, позволяющие позиционировать синтезированные в ИОФХ им. А. Е. Арбузова производные 6-метилурацила в качестве перспективных средства терапии миастении гравис (МГ). Основным конкурентным преимуществом данных соединений перед традиционно используемыми для терапии МГ ингибиторами ХЭ – прозерин и пиридостигмин, является уменьшение побочных эффектов, связанных с вызванной избытком ацетилхолина гиперактивацией гладкой мускулатуры мочевого пузыря и желудочно-кишечного тракта. Необходимо учитывать, что больные МГ вынуждены принимать ингибиторы ХЭ ежедневно на протяжении всей жизни и вышеупомянутые побочные эффекты оказывают существенное влияние на “качество жизни” больных.

Ранее нами было установлено, что в основе меньшей эффективности исследуемых соединений в гладких мышцах крыс лежит их крайне высокая селективность в отношении ацетилхолинэстеразы (АХЭ) по сравнению с бутирилхолинэстеразой (БуХЭ). Активность БуХЭ гладкой мускулатуры является фактором, достаточным для “защиты” гладкомышечных элементов мочевого пузыря и желудочно-кишечного тракта от гиперактивации в процессе терапии МГ ингибиторами АХЭ. В 2016 году было проведено сравнение чувствительности к ингибированию АХЭ и БуХЭ препаратов полосок мочевого пузыря крысы и человека. Человеческий материал был получен во время хирургических операций, проводимых по неотложным показаниям. Было показано, что сила сокращений полосок мочевого пузыря крыс и человека в ответ на ингибирование АХЭ и БуХЭ потенцируются в сходной степени. Таким образом, можно прогнозировать, что и у человека специфичные к АХЭ ингибиторы будут оказывать меньше побочных

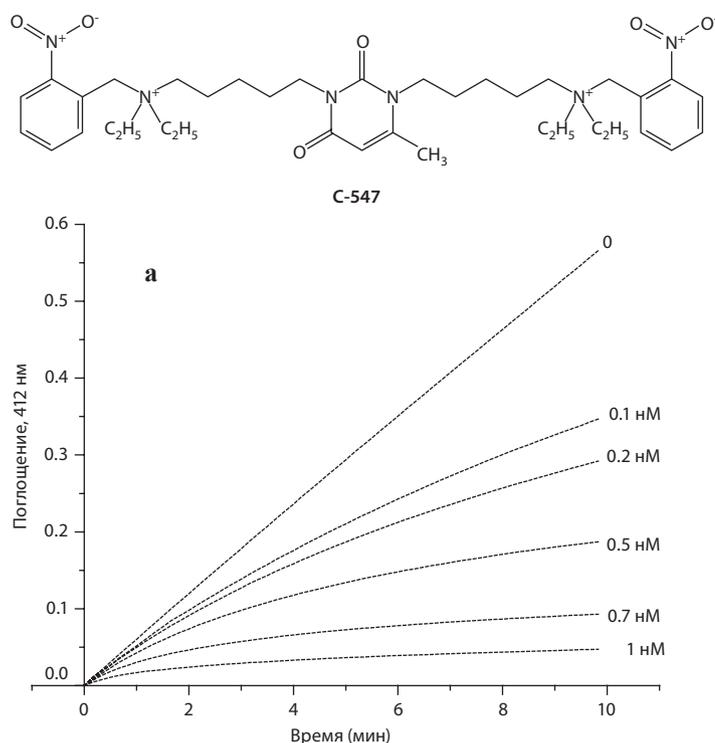


Рис. 1. А) Влияние различных концентраций C-547 (0.1-1 нмоль/л) на скорости гидролиза субстрата (ацетилтихолина; 0.5 ммоль/л) ацетилхолинэстеразой человека; Скорость гидролиза ацетилтихолина определялась спектрофотометрически по методу Элмана (Ellman, 1961).

Б) Положение C-547 в канале ацетилхолинэстеразы человека, согласно рентгеноструктурному анализу. Аминокислотные остатки Tyr341 и Tyr124 образуют сужение в канале – т.н. “бутылочное горлышко”.

эффектов, чем их неселективные аналоги. Применяемые традиционно прозерин и пиридостигмин как раз и относятся к неселективным ингибиторам холинэстераз, с чем, вероятно, и связана значительная часть их побочных эффектов со стороны гладких мышц. Таким образом, поиск подходов к увеличению селективности синтезируемых соединений к АХЭ vs. БуХЭ является ключевым вопросом для части проекта, посвященной разработке средств терапии МГ.

На примере одного из наиболее активных соединений, с лабораторным шифром “С-547” – 1,3-бис[5(диэтил-о-нитробензиламмоний)пентил]-6-метилурацил дибромид, (рис. 1а) впервые был детально исследован механизм ингибирования АХЭ и БуХЭ ониевыми производными 6-метилурацила. Исследование ферментативной кинетики показало, что в случае реакции с АХЭ С-547 относится к достаточно редкому классу обратимых ингибиторов “медленного связывания” (slow-binding) (A.D. Kharlamova, S.V. Lushchekina, K.A. Petrov etc. *Biochem. J.*, 2016, V. 473, 1225-1236 doi:10.1042/BCJ20160084). Ингибирование АХЭ этим соединением происходит в два этапа: после быстрого формирования начального комплекса с ферментом ($K_i = 140$ пикомоль/л) через 1–2 минуты происходит медленное изменение фермент-ингибиторного комплекса, заканчивающееся установлением равновесия на новом уровне – формированием финального комплекса ($K_i^* = 22$ пикомоль/л) (рис. 1а). Другой отличительной особенностью С-547 является необычно длительное для

обратимых ингибиторов время его взаимодействия с АХЭ (residence time, $\tau = 1/K_{off}$), $\tau = 20$ мин. Необходимо отметить, что время нахождения вещества на мишени является важным параметром, оказывающим значительное влияние как на фармакодинамику, так и фармакокинетику лекарственных препаратов.

Ингибирование БуХЭ лишено медленного компонента и требует концентраций С-547 на четыре порядка больших, чем для ингибирования АХЭ, $K_i(\text{БуХЭ}) = 1.8$ микромоляр.

Активный центр АХЭ и БуХЭ одинаков и располагается на дне канала, на глубине 20 ангстрем от поверхности фермента. Особенностью АХЭ является значительное количество ароматических аминокислот, выстилающих канал и формирующих т.н. “периферический анионный сайт” (ПАС) и сужение в середине канала – т.н. “бутылочное горлышко”, образованное остатками Tyr124 и Tyr341. Отличием БуХЭ является замена большинства объемных ароматических аминокислот, выстилающих канал АХЭ, на менее объемные алифатические и полярные аминокислоты, что выражается в иной структуре ПАС и более широком канале, не имеющем “бутылочного горлышка”. Для конкретизации положения С-547 в канале АХЭ по нашей просьбе в лаборатории Флориана Нашона (Florian Nachon, Institut de recherche biomédicale des armées, Bretigny-sur-Orge, France) был проведен рентгеноструктурный анализ кристаллов АХЭ, ингибированной С-547. Было показано, что

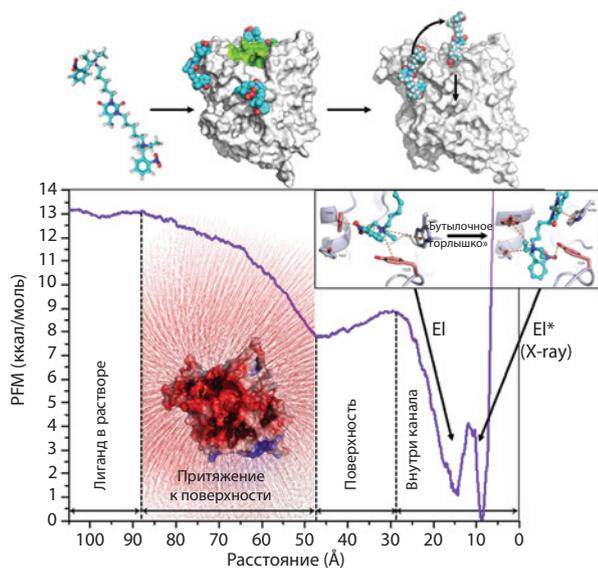


Рис. 2. Профиль потенциала средней силы связывания C-547 с ацетилхолинэстеразой человека.

пентил-диэтил-*орто*-нитробензиламмонийный фрагмент молекулы C-547, находящийся в третьем положении 6-метилурацилового цикла, оккупирует канал АХЭ, проходя частично через “бутылочное горлышко”, но не достигает активного центра на дне канала, урациловый цикл находится на входе в канал (рис. 1б).

Для объяснения процессов, ответственных за особенности кинетики ингибирования, были проведены молекулярно-динамические расчёты для построения профиля свободной энергии (потенциал средней силы) для процесса связывания соединения C-547 с АХЭ. Были использованы методы зонтичной выборки (*umbrella sampling*) и адаптируемой изменяемой силы (*adaptive biasing force*). Лучшую сходимость показал первый из них, суммарное время расчёта составило 2 микросекунды, в то время как для второго метода при 10 микросекундах суммарного времени расчёта сходимость ещё не была достигнута. В качестве координаты реакции для расчёта потенциала средней силы было выбрано расстояние между одной из тетраалкиламмониевой групп C-547 и активным сайтом АХЭ, начиная от расстояния 100 ангстрем, когда лиганд можно считать находящимся в растворе вне электростатического поля АХЭ и до самого дна канала (активного центра).

Построенный профиль потенциала средней силы (рис. 2) показывает, что начиная с расстояния 80 ангстрем, когда C-547 попадает в электростатическое поле АХЭ, он начинает сильно притягиваться к его поверхности, и активно неспецифически взаимодействует с поверхностью фермента. Значительная доля неспецифических взаимодействий приходится на связывание урацилового фрагмента с поверхностью АХЭ. Для входа в канал часть из этих контактов обрывается, что соответствует небольшому энергетическому барьеру на профиле свободной энергии (~1 ккал/моль). Это компенсируется

значительным энергетическим выигрышем при связывании с ПАС внутри канала ($dG = -13$ ккал/моль), затем, преодолев энергетический барьер в 3 ккал/моль, связанный со стерически затрудненным прохождением через “бутылочное горлышко”, ингибитор прочно ($dG = -14$ ккал/моль) связывается в области под “бутылочным горлышком”, но выше активного центра, в положении, полностью соответствующем кристаллографической структуре. Полученные значения энергетических минимумов полностью согласуются с экспериментально полученными константами ингибирования медленного связывания. Дальнейшее прохождение в активный сайт связано с очень значительным энергетическим барьером, и практически не реализуется, что объясняет, почему в кристаллографической структуре C-547 находится вне активного сайта.

Таким образом, полученные данные позволяют предположить, что быстрый компонент в кинетике ингибирования отражает процесс связывания C-547 с ПАС АХЭ, а медленный компонент соответствует прохождению пентил-диэтил-*орто*-нитробензиламмонийного фрагмента через “бутылочное горлышко” канала, что требует конформационных изменений АХЭ. Отличия в строении БуХЭ приводят, во-первых, к отсутствию медленного компонента ингибирования БуХЭ в силу отсутствия у БуХЭ “бутылочного горлышка”, а во-вторых, в целом к более слабому связыванию из-за отличий в строении ПАС.

В 2016 году совместно с ФГУП “ГОС.НИИ ОЧБ” ФМБА (Санкт-Петербург) было выполнено доклиническое изучение общей и специфической токсичности C-547. Результаты токсикометрии, данные наблюдений за экспериментальными животными в постинтоксикационном периоде острого отравления, а также данные некропсии позволяют отнести C-547 ко II классу высокотоксичных лекарственных веществ (H. Hodge et al. *Clinical Toxicology of Commercial Products. Acute Poisoning*. Ed. IV, Baltimore, 1975, 427 p.), так как ЛД50 для крыс при внутривенном введении составила в среднем 1.68 мг/кг и попадает в соответствующий интервал токсичности (0.1–5 мг/кг). Однако необходимо отметить, что среднеэффективная в отношении симптомов мышечной слабости у крыс с экспериментальной МГ доза C-547 ($ЭД50 = 0.01$ мг/кг, в/в) ниже летальной (ЛД50 = 1.68 мг/кг, в/в) более чем в 150 раз. Для сравнения, для пиридоистигмина это соотношение ЛД50/ЭД50 = 25. Таким образом, C-547 фактически в несколько раз более безопасен, чем традиционно используемый для терапии симптомов МГ пиридоистигмин.

Результаты исследований хронической токсичности C-547 в выбранных дозах, которые соответствовали предполагаемым терапевтическим для человека и подопытных животных, а также превышающих их в десятки раз, не выявили значимого отрицательного влияния препарата на основные жизненные функции экспериментальных животных. При 90-дневном введении доз, превышающих терапевтическую в десятки раз, у

крыс наблюдалось лишь частичное нарушение функции печени и угнетение холинэстеразы эритроцитов крови. Остальные сдвиги являлись также следствием механизма действия (фармакодинамики) препарата и не носили угрожающего жизни характера. Патоморфологические исследования также не выявили каких-либо изменений внутренних органов, свидетельствующих о явном негативном побочном действии.

Исследования не выявили местно-раздражающего действия, алергизирующего действия, эмбриотоксического действия, эффекта на иммунную систему. С-547 не оказывал влияния на репродуктивную функцию. В экспериментах не было выявлено негативного влияния соединения на плодовитость опытных животных, на

пре- и постнатальное развитие потомства. Кроме этого, препарат не проявил мутагенной активности. Поскольку у препарата также отсутствуют эмбриотоксические и тератогенные свойства, он не индуцировал развитие опухолей у животных и гидробионтов в хроническом эксперименте, можно утверждать, что С-547 безопасен в плане возможного канцерогенного действия.

На последующих этапах проекта нами планируется выполнить исследование фармакокинетики и биораспределения С-547. Однако уже сейчас, имеющиеся данные позволяют позиционировать С-547 в качестве перспективного кандидата для начала клинических испытаний.

Направление № 2 гранта РФФИ № 14-50-00014 “Создание отечественных нейро- и гепатопротекторов на основе молекулярно-фармакологического анализа “структура-активность” и изучения механизмов действия новых производных пириимидина и лекарственного средства Ксимедон”

Руководитель направления: профессор В. С. Резник

Введение

Направление по поиску веществ, обладающих нейро- и гепатопротекторной активностью, является новым для ИОФХ и было создано на базе финансирования в рамках мега-гранта Российского научного фонда. Данное направление исследований является актуальным, поскольку отмечается неуклонный рост числа заболеваний печени – как в результате воздействия патогенов, так и вследствие ухудшающейся экологической обстановки, нарушения питания и применения ряда лекарственных препаратов, токсичных для печени. Среди существующих лекарств гепатопротекторного действия нет средств, которые бы полностью удовлетворяли всем требованиям для данной фармакологической группы. Более всего, все существующие гепатопротекторы - импортного происхождения.

Исследование направлено на изучение гепатопротекторного действия новых производных действующего вещества (1) лекарственного средства Ксимедон, далее – Ксимедон, его солеподобных конъюгатов с биогенными кислотами, а именно с метионином (2) – соединение 37Д, с урсодезоксихолевой кислотой (3) – соединение 39Д, с аскорбиновой кислотой (4) – соединение 29Д, с янтарной кислотой (5) – соединение 27Д, с парааминобензойной кислотой (6) – соединение 34Д, с никотиновой кислотой (7) – соединение 35Д и йодметилат Ксимедона – 1-(2-гидроксиэтил)-1,2-дигидро-2-оксо-1,4,6-триметилпириимидиниййодид (соединение 1Д, рис. 1). Мы предполагаем, что конъюгирование производного пириимидина (1) с биогенными кислотами усилит его ге-

патопротекторные свойства и позволит получить новые средства для защиты печени. В данном исследовании проведена оценка гепатопротекторных свойств (анти-токсическое действие веществ при токсическом поражении четырёххлористым углеродом) синтезированных соединений в сравнении с пириимидином (I) и лекарственным препаратом гепатопротектором Тиотриазолин. Кроме того, Ксимедон и его производные исследуются в качестве средств, сдерживающих посттравматическую нейродегенерацию и способствующих преодолению её последствий. Соответственно, выделяются два направления в изучении Ксимедона и его конъюгатов: одно связано с оценкой их гепатопротекторных свойств, другое – с оценкой нейропротекторных свойств.

Одним из наиболее важных стратегических направлений в лечении последствий повреждения спинного мозга является поиск новых эффективных фармакологических нейропротекторов и стимуляторов регенерации. Травма спинного мозга может привести к серьёзным функциональным нарушениям, к которым относятся воспаление, эксайтотоксичность, дегенерация аксонов, гибель нейронов, демиелинизация. Производные пириимидина универсальные стимуляторы регенерации различных тканей, обладают выраженным нейротропным действием, поддерживают восстановление нервных структур. Для сдерживания нейродегенеративных проявлений и стимулирования нейрорегенерации ведётся активный поиск новых фармакологических нейропротекторов. Наиболее эффективные из них блокируют внутриклеточный сигнальный каскад RhoA-ROCK, ингибирующий рост аксонов, проявляют

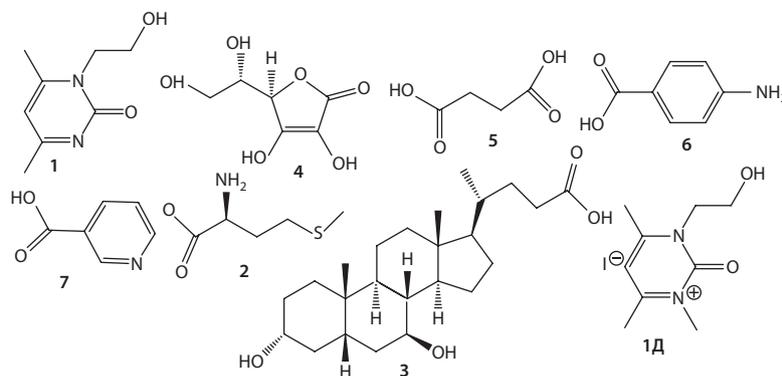


Рис. 1. Объекты исследования -1-(2-гидроксиэтил)-1,2-дигидро-2-оксо-4,6-диметилпиримидин (1), биогенные кислоты (2–7), при взаимодействии с которыми пиримидин (1) образует конъюгаты 27Д, 29Д, 34Д, 35Д, 37Д, 39Д и йодметилат пиримидина (1) – соединение 1Д.

свойства специфических блокаторов ионных каналов, антагонистов NMDA-рецепторов, воспроизводят эффекты эндогенных нейротрофических факторов и факторов роста. Подобным действием обладают уже известные и применяемые по другим показаниям фармакологические препараты (Цетрин, Миноциклин, Глибенкламид, Riluzole), а также новые соединения (AC-105, SUN13837), которые находятся на заключительных стадиях клинических испытаний. Большинство этих лекарственных средств и химических соединений сдерживает гибель нейронов путём прямого на них влияния. Для стабилизации и преодоления последствий нейродегенеративных процессов достаточно перспективным представляется поиск соединений, которые оказывают нейропротекторное действие не только путём прямого влияния на нейроны, но и способные опосредованно поддерживать их выживание, обладая противовоспалительным, антиоксидантным, цитопротекторным в отношении глиальных клеток и противоболевым действием. Этим условиям с различной степенью выраженности удовлетворяют производные пиримидина. Они являются не только универсальными стимуляторами регенерации различных тканей [Vyshtakalyuk 2013, 2017], но и обладают выраженным нейротропным действием, поддерживая регенерацию периферических нервных структур [Chelyshev 2002; Masgutov 2006; Raginov 2004, 2006; Povysheva 2016 BEBM].

Нами показана перспективность одного из производных пиримидина, а именно лекарственного средства Ксимедон – 1,2-дигидро-4,6-диметил-1-N-(2-оксиэтил)-пиримидона-2 (I), который стимулирует посттравматическую регенерацию периферического нерва и поддерживает выживание сенсорных нейронов [Chelyshev 2002; Masgutov 2006; Raginov 2004, 2006]. Возможное стимулирующее влияние производных пиримидина на регенерацию в ЦНС исследовано недостаточно. В работе на модели дозированной контузионной травмы спинного мозга крысы изучено действие нового производного пиримидина конъюгата III (пара-аминобензоата 1,2-дигидро-4,6-диметил-1-(2-оксиэтил)-пиримидона-2) в сопоставлении с действием одного из наиболее эффективных нейропротекторов препарата Riluzole.

1. Синтез новых производных пиримидина для изучения нейро- и гепатопротекторных свойств

Конъюгаты 27Д, 29Д, 34Д, 35Д, 37Д, 39Д (рис. 1) получали нагреванием смеси пиримидина (1) и соответствующей кислоты в спирте или воде. Йодметилат Ксимедона – соединение 1Д синтезировали метилированием пиримидина (1) йодистым метилом в ацетонитриле. В соответствии с данными элементного анализа, спектроскопии ЯМР, ИК-спектроскопии строение конъюгатов Ксимедона представляется нами как солеподобные структуры (8), в которых А – остаток соответствующей кислоты (рис. 2).

2. Основные результаты исследования гепатопротекторной активности производных пиримидина

В результате первичного скрининга новых соединений производных пиримидина в Опытте 1 (профилактическая схема воздействия, дозы веществ 1/300 от ЛД₅₀), установлено, что под действием веществ 34Д и 27Д частично или полностью приходили в норму наибольшее число биохимических показателей: уменьшался повышенный уровень билирубина (гипербилирубинемия), причём в большей степени за счёт снижения токсичного непрямого билирубина, повышался пониженный уровень белка (гипопротеинемия) и триглицеридов (гипотриглицеринемия). В результате анализа гистологических срезов было показано, что в контроле площадь поражений составила 36.30 ± 2.71%, при введении Ксимедона 19.08 ± 5.09%, 27Д – 22.07 ± 2.53%, 29Д – 15.89 ± 2.16, 34Д – 31.40 ± 7.11%, 35Д – 24.03 ± 3.17%, 37Д – 38.14 ± 2.25%, 1Д – 35.94 ± 6.78%, Тиотриазолина 33.19 ± 3.51%. Соединения, при введении которых наблюдали наименьшую площадь поражений печени, статистически значимо отличающуюся от контроля, были: Ксимедон, 27Д, 29Д и 35Д. Наиболее выраженное уменьшение площади поражения, меньшее по сравнению с Ксимедоном на 17%, отмечалось при введении соединения 29Д (таблица 1). В Опытте 2 (профилактическая схема, дозы веществ 1/500 от ЛД₅₀) среди

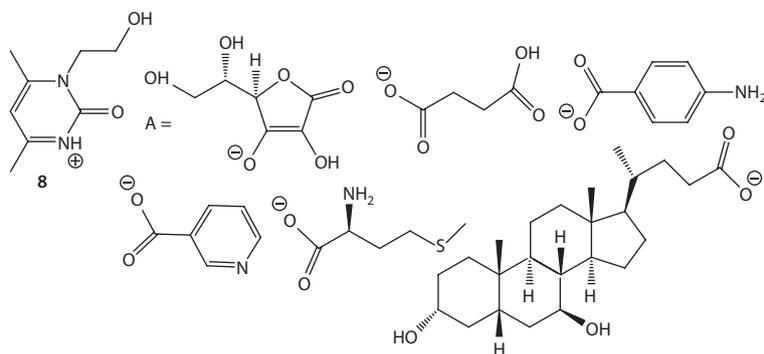


Рис. 2. Предполагаемое строение конъюгатов Ксимедона – соединений 27Д, 29Д, 34Д, 35Д, 37Д, 39Д.

трёх исследованных веществ, Ксимедон и вещество 29Д приводили к статистически значимому уменьшению площади поражения печеночной ткани ($p < 0.05$, Манн-Уитни тест) (таблица 1).

В рамках изучения механизмов гепатопротекторных свойств, на биологических тест-моделях исследована способность производных пиридина стимулировать пролиферацию клеток. На декапитированных планариях *Girardia tigrina* показано, что Ксимедон проявляет высокую способность стимулировать регенерацию клеток бластемы: коэффициент регенерации составлял в контроле 2.85, при введении Ксимедона в концентрациях 0.1 и 0.4 мг/100 мл – 3.62 и 3.61, соответственно. Различия с контролем статистически достоверны (ANOVA test).

На клеточной линии **Нер3b** на приборе xCelligence выявлена тенденция к стимулирующему влиянию на про-

лиферативную активность интактной культуры клеток для веществ 29Д и 27Д (на поздних сроках инкубации 60–98 часов) и CCl_4 -ингибированной культуры для веществ 34Д и 29Д на 56–98 часов инкубации. Все вещества проявляли действие в концентрации 10^{-6} М/Л (рис. 3).

По результатам доклинических токсикологических исследований соединения 29Д (конъюгат Ксимедона с аскорбиновой кислотой) при внутривенном и внутримышечном введении показано, что вещество относится к 6-му классу относительно безвредных лекарственных веществ. Установлены оптимальные концентрации, не вызывающие раздражений, при инъекционном введении (до 10% при внутривенном и до 1% при внутримышечном введении). Изученный препарат в дозах, в десятки и сотни раз превосходящих возможную максимальную терапевтическую дозу 10 мг/кг, не проявляет иммуноток-

Таблица 1. Результаты морфометрического анализа гистологических срезов (окраска гематоксилин-эозином) в 1 и 3 опытах по профилактической схеме.

Группа	Площадь поражений (%) от общей площади печеночной ткани	
	Опыт 1	Опыт 3
Интактные (нет воздействия)	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Контроль: H ₂ O + ЧХУ	36.30 ± 2.71	40.08 ± 3.47
Ксимедон 20.0 мг/кг (1/300 ЛД ₅₀) в/б + ЧХУ	19.08 ± 5.09 *	—
Ксимедон 13.0 мг/кг (1/500 ЛД ₅₀) в/б + ЧХУ	—	13.77 ± 2.48 *
Тиотриазолин 20.0 мг/кг (1/300 ЛД ₅₀) в/б + ЧХУ	33.19 ± 3.51	—
Соединение 29Д 20.0 мг/кг (1/300 ЛД ₅₀) в/б + ЧХУ	15.89 ± 2.16 *	—
Соединение 29Д 11.0 мг/кг (1/500 ЛД ₅₀) в/б + ЧХУ	—	12.30 ± 2.56 *
Соединение 27Д 3.0 мг/кг (1/300 ЛД ₅₀) в/б + ЧХУ	22.07 ± 2.53 *	—
Соединение 34Д 6.0 мг/кг (1/300 ЛД ₅₀) в/б + ЧХУ	31.40 ± 7.11	—
Соединение 35Д 6.0 мг/кг (1/300 ЛД ₅₀) в/б + ЧХУ	24.03 ± 3.17 *	—
Соединение 37Д 20.0 мг/кг (1/300 ЛД ₅₀) в/б + ЧХУ	38.14 ± 2.25	—
Соединение 37Д 11.0 мг/кг (1/500 ЛД ₅₀) в/б + ЧХУ	—	40.89 ± 3.81

В таблице приведены средние значения и стандартная ошибка (M ± m).

* различия с группой Контроль ЧХУ статистически значимы при $p < 0,05$ (Манн Уинти тест).

Жирным шрифтом выделены значения, улучшающиеся по сравнению с группой Контроль ЧХУ.

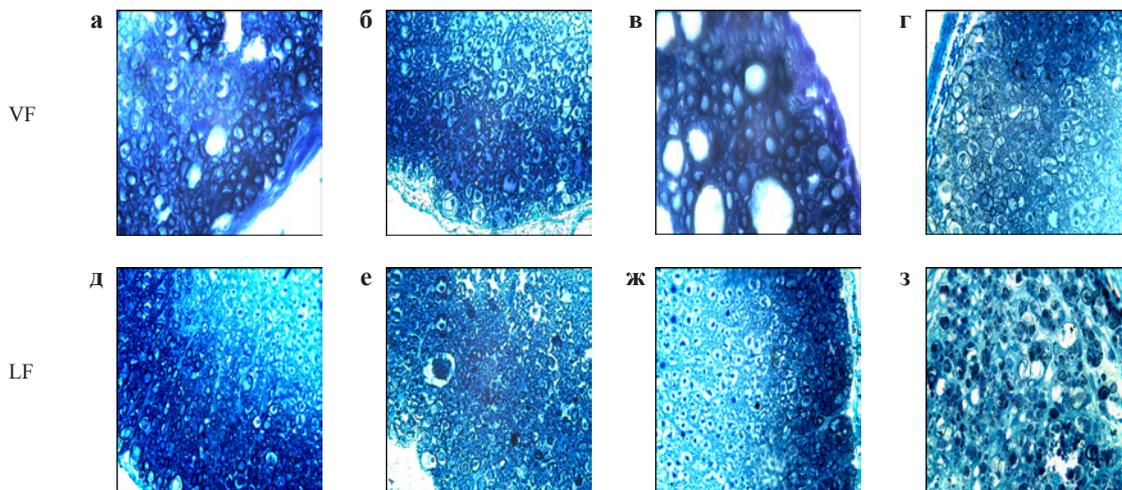


Рис. 3. Миелиновые волокна в зонах вентральных (VF) и латеральных канатиках (LF) спинного мозга крысы в эпицентре травмы на 30 сутки эксперимента в группах с введением физиологического раствора, соединения 29, 34Д и препарата Riluzole. а TCM + физраствор, б 29Д; в TCM + физраствор, г 29Д; д 34Д, е Riluzole, ж 43Д; з Riluzole. Электронная микроскопия.

сических свойств и не оказывает негативного эффекта на развитие гуморального и клеточного иммунного ответа, а также на неспецифическую резистентность организма экспериментальных животных. В экспериментах по иммунотоксичности под действием 29Д выявляется выраженная тенденция к увеличению числа фагоцитирующих перитонеальных макрофагов и числа антителообразующих клеток у животных.

3. Изучение нейропротекторных свойств новых производных пиримидина

Функциональные тесты. В течение 60 суток после травмы спинного мозга крыс групп с системным введением Ксимедона, соединений 1Д, 7Д, 27Д, 29Д, 34Д, 35Д, 36Д, 37Д, 38Д и Riluzole, как препарата сравнения, изучали на предмет восстановления двигательной функции тестами ВВВ и Ротарод. Результаты показали динамическое улучшение в течение 30 суток с последующим выходом на плато. Наилучшие показатели зарегистрированы в группах с введением 29Д и 34Д.

До 6-х суток после травмы двигательная активность задних конечностей у травмированных животных всех групп практически отсутствует. В период 6–10 суток наблюдается вялый паралич задних конечностей с постепенным появлением слабых движений. В группе животных с Ксимедоном в этом временном интервале отмечено более динамичное нарастание показателя теста. Так, на 9 сутки показатель теста в группе с Ксимедоном превышает показатели в группах 29Д и 34Д соответственно на 71.4% и 50.9%. В течение второй недели после нанесения травмы наблюдается наиболее динамичная картина восстановления двигательной функции у животных всех групп. К концу третьей недели у животных в группе с физраствором снижается показатель теста с последующим выходом на плато, а у животных с введением произво-

дных пиримидина двигательная функция продолжает улучшаться. К 60 суткам выявлены достоверно большие значения в группе 34Д (в 2.40 раза) и 29Д (в 2.37 раза) по сравнению с группой с Ксимедоном.

С конца второй недели после нанесения травмы у животных всех экспериментальных групп наблюдается улучшение показателя теста из группы 34Д, по сравнению с контрольной группой животных с введением физраствора. В период 2–4 недели показатель теста увеличивается в 8–10 раз у животных с введением производных пиримидина по сравнению с группой с физраствором. По сравнению с животными из группы с Ксимедоном значительное улучшение показателя теста в группе 29Д начинает проявляться с 30 суток. К 60 суткам показатель теста в группах с введением новых аналогов Ксимедона увеличивается в 5.5 и 1.7 раза по сравнению с группами с физраствором и Ксимедоном, соответственно.

Между группами с введением Riluzole и 29Д, а также Riluzole и 34Д не зарегистрированы достоверные различия.

Анонтоз. Методами иммунофлуоресцентной гистохимии оценено вступление макро- и микроглиальных клеток и нейронов в апоптоз при помощи антител против проапоптозного белка Csp7 – эффекторной каспазы 7. В ходе исследования были обнаружены клетки, экспрессирующие проапоптозный белок Csp7 в группах (ТСМ, ТСМ + физраствор, Ксимедон, 29Д, 34Д и Riluzole) после нанесения травмы на 30 сутки эксперимента во всех зонах морфометрии. В контрольной и фиктивной группах Csp7⁺-клетки не замечены. Наблюдалось значительное уменьшение количества Csp7⁺-клеток в группах с введением Ксимедона, соединений 29Д и 34Д по сравнению с группой ТСМ в сером веществе на 23.42%, на 24.15% и на 57.30% и в белом веществе на 15.20%, на 18.42% и на 45.13%, соответственно. При этом выявлено достоверное различие по всем зонам морфометрии в количестве Csp7⁺-клеток между группами Ксимедон и

34Д, с уменьшением количества этих клеток в группе **34Д**. В группе Riluzole также зарегистрировано значительное уменьшение клеток, экспрессирующих маркер Csp7 во всех зонах морфометрии. Не выявлено никаких достоверных различий в количестве Csp7⁺-клеток между TCM и TCM + физраствор, Ксимедоном и **29Д**, а также между **34Д** и Riluzole.

Сохранность ткани. В ходе работы оценена суммарная площадь патологических полостей и площадь сохраненного серого и белого вещества на поперечных срезах спинного мозга (рис. 1). После нанесения травмы спинного мозга на 30 сутки в относительно сохранном сером и белом веществе выявлены признаки деструкции ткани в виде многочисленных полостей различной величины. В фиктивной группе не выявлено признаков деструкции ткани спинного мозга. Подсчёт суммарной площади патологических полостей на поперечных срезах спинного мозга выявил во всех исследованных зонах морфометрии в сером и белом веществе уменьшение значений этого показателя деструкции ткани у крыс в группах Ксимедон, **29Д**, **34Д** и Riluzole по сравнению с группами TCM и TCM + физраствор. Наибольшие различия были зафиксированы в зоне VH. Так, в этой зоне на 30 сутки, по сравнению с группой с TCM и TCM + физраствор, этот показатель уменьшился у крыс в группах с Ксимедоном, **29Д**, **34Д** и Riluzole в 2.6; 2.9; 4.3 и 3.1 раза, соответственно. При сравнении групп Ксимедона и **29Д** достоверных различий по этому параметру не обнаружено. При сравнении группы Ксимедон и **34Д** достоверная разница обнаружена во всех зонах серого вещества (CC, DREZ, VH), значительное увеличение суммарной площади выявлено в группе **34Д**. При сравнении данного показателя в группе **34Д** с группой Riluzole обнаружено увеличение суммарной площади сохранной ткани в белом веществе (LF) в 1.2 раза, в сером веществе, DREZ и VH, в 1.7 раза и 2.6 раза, соответственно. Между группами TCM и TCM + физраствор достоверных различий не обнаружено.

Миелиновые волокна. Исследовано действие производных пиримидина на количество миелиновых волокон в фиксированных наружных зонах белого вещества. При оценке количества миелиновых волокон белого вещества на поперечных срезах спинного мозга крысы выявлено достоверное увеличение данных структур во всех зонах морфометрии (CST, VF, LF) в группах Ксимедон, **29Д**, **34Д** и Riluzole по сравнению с группами TCM и TCM + физраствор.). Между контрольной и фиктивной группами, TCM и TCM + физраствор достоверных различий не обнаружено. В ходе работы не выявлена достоверная разница между группами с введением производного пиримидина при сравнении между собой и Riluzole.

Олигодендроциты. Проанализировано влияние производных пиримидина на популяцию миелинообразующих клеток, экспрессирующий белок Olig2. Количество Olig2⁺-клеток достоверно снижается после травмы. Под действием производных пиримидина и препарата Riluzole их количество достоверно возрастает в 2 раза

при сравнении с группами TCM и TCM + физраствор. Между контрольной и фиктивной группами, TCM и TCM + физраствор достоверных различий не обнаружено. При сравнении Ксимедона, **29Д**, **34Д** и Riluzole не выявлена достоверная разница.

Астроциты. В работе исследовано действие производных пиримидина и их цитопротекторный эффект на популяцию астроцитов. Протеомный анализ методом вестерн-блот показал, что на 7 сутки после нанесения травмы у животных групп с введением физиологического раствора, **34Д** и Riluzole зарегистрировано достоверное увеличение уровня экспрессии белков астроглии GFAP, S100B и AQP4. При введении **34Д** и Riluzole наблюдается снижение уровня экспрессии GFAP и S100B при сравнении с данными показателями у крыс группы TCM + физраствор.

На 7 сутки после нанесения травмы у животных обнаружено достоверное снижение экспрессии белка GFAP при введении **34Д** и Riluzole в 1.7 и 2.3 раза, соответственно, при сравнении аналогичного показателя в группе TCM + физраствор. При введении **34Д** экспрессия белка GFAP достоверно больше при сравнении с группой с введением Riluzole. К 30 суткам после травмы количество белка GFAP в ткани спинного мозга снижается по сравнению с ранним сроком. Количество белка GFAP в группе TCM + физраствор в 2 раза превышает этот показатель в группах с **34Д** и Riluzole. Наблюдается уменьшение количества белка GFAP в группе с **34Д** по сравнению с группой Riluzole. Зарегистрировано достоверное снижение количества астроцитов, экспрессирующих белок GFAP, во всех зонах серого и белого вещества в группах с **34Д** и Riluzole. При сравнении количества GFAP⁺-клеток между группами TCM + физраствор и **34Д** наименьшее количество этих клеток наблюдается в зоне DREZ. Количество GFAP⁺-клеток в 1.2–2 раза больше во всех зонах, кроме CC, в группе Riluzole при сравнении с группой **34Д**. Обнаружено достоверное увеличение количества белка S100B с введением **34Д** при сравнении с группой TCM + физраствор в 1.3 раз, между группой Riluzole и TCM + физраствор в 1.8 раз. Выявлено, что в этот период у животных с введением **34Д** экспрессия белка S100B в 1.4 выше, чем у животных, которым вводили Riluzole в течение 7 суток. На 30-е как и на 7-е сутки, количество белка S100B в спинном мозге крысы снижается в группах **34Д** и Riluzole по сравнению с TCM + физраствор. Достоверное различие по уровню экспрессии белка S100B на этом сроке между группами **34Д** и Riluzole не обнаружено. Количество клеток, экспрессирующих белок S100B, на 30 сутки после нанесения травмы, снижается в группах с **34Д** и Riluzole. Наибольшие сдвиги в группе **34Д** зарегистрированы в зоне DREZ, здесь наблюдается снижение количество S100B⁺-клеток в 3.5 раза при сравнении с группой TCM + физраствор. В группе Riluzole количество этих клеток так же снижается при сравнении с группой TCM + физраствор. Количество S100B⁺-клеток в группе **34Д** меньше только в зоне CC, в зоне VH и VF, наоборот, количество этих клеток меньше, чем в группе

с введением Riluzole. На 7 и 30 сутки после нанесения травмы не выявлено достоверных сдвигов экспрессии белка AQP4 в спинном мозге крысы. Количество AQP4⁺-клеток в спинном мозге на 30 сутки эксперимента достоверно снижается в группе **34Д** в зонах DREZ в 3,7, VF в 2,4 и CST в 2,7 раз; в группе Riluzole в зонах VH в 1,5, DREZ в 3,5 и VF в 2,7 раз при сравнении с группой TCM+физ. р-р., соответственно. При сравнении групп **34Д** и Riluzole изменение количества AQP4⁺-клеток разнонаправлено. Их количество уменьшается в зоне VH и увеличивается в CST в группе с введением 34 при сравнении с группой Riluzole.

Фактор некроза опухоли альфа. Уровень активности TNF α возрастает после нанесения травмы в группах TCM и TCM + физраствор в 2.7 и 3 раза, соответственно, при сравнении с фиктивной группой на 7 сутки эксперимента. Наблюдалось достоверное снижение уровня экспрессии TNF α в спинном мозге у животных, которым были введены Ксимедон, соединение **29Д** и **34Д** (TCM [2.70 \pm 0.15] против Ксимедона [1.90 \pm 0.10], против **29Д** [1.90 \pm 0.15] и против **34Д** [1.60 \pm 0.14]). В группе Ксимедон выявлено, что уровень экспрессии TNF α значительно выше по сравнению с группой **34Д** (Ксимедон [1.90 \pm 0.10] против **34Д** [1.60 \pm 0.14]). В группе Riluzole также зарегистрировано значительное снижение уровня экспрессии TNF α в ткани по сравнению с группой TCM (TCM [2.70 \pm 0.15] против Riluzole [1.65 \pm 0.2]). Различия в уровне экспрессии TNF α недостоверны между группами между контрольной и фиктивной группами, TCM и TCM + физраствор, Ксимедоном и **29Д**, а также между **34Д** и Riluzole.

Миелопероксидаза. Результаты подтверждают, что активность МРО увеличивается после TCM, была отмечена существенная разница между активностью МРО в ткани между фиктивной группой и TCM в 4 раза на 7 сутки после нанесения травмы. Применение Ксимедона, соединений **29Д** и **34Д** значительно уменьшило экспрессию МРО (TCM [4.0 \pm 0.20] против Ксимедона [3.20 \pm 0.14], против **29Д** [2.80 \pm 0.15] и против **34Д** [2.60 \pm 0.14]). Лечение препаратом Riluzole также показало значительное снижение экспрессии МРО в спинном мозге, но достоверно меньшее снижение при сравнении с группой **29Д** и **34Д** (Riluzole [3.1 \pm 0.20] против **29Д** [2.80 \pm 0.15] и против **34Д** [2.60 \pm 0.14]). В группе Ксимедон выявлено, что уровень экспрессии МРО достоверно выше по сравнению с группой с введением соединений **29Д** и **34Д**. Не выявлено достоверной разницы в экспрессии МРО между фиктивной группой и контролем, TCM и TCM + физраствор, а также между Ксимедоном и Riluzole.

Металлопротеиназа 9. При сравнении уровня экспрессии MMP9 у фиктивной группы и контроля с группой TCM выявлено статистически достоверное увеличение в 5.4 раза белка в ткани после травмы спинного мозга на 7 сутки эксперимента. При сравнении TCM и соединения **34Д** наблюдалось статистически достоверное различие (TCM [5.40 \pm 0.30] против **34Д** [4.70 \pm 0.20]). Уровень экспрессии MMP9 так же как в группе **34Д** снизился в группе Riluzole при сравнении с группой TCM (TCM [5.40

\pm 0.30] против Riluzole [3.70 \pm 0.10]). Между группами **34Д** и Riluzole выявлено достоверная разница, со снижением уровня экспрессии MMP9 в группе Riluzole. Не обнаружены достоверные различия в уровне MMP9 между фиктивной группой и контролем, TCM и TCM + физраствор, TCM и Ксимедоном, TCM и соединением **29Д**.

Циклооксигеназа 2. Уровень экспрессии COX2 в ткани значительно увеличивался после нанесения травмы в группе TCM при сравнении с фиктивной группой и контролем на 7 сутки после нанесения травмы. Наблюдалось достоверное снижение уровня экспрессии COX2 в спинном мозге у животных, которым были введены Ксимедон, соединение **29Д** и **34Д** (TCM [2.10 \pm 0.10] против Ксимедона [1.80 \pm 0.07], против **29Д** [1.80 \pm 0.08] и против **34Д** [1.50 \pm 0.07]). Аналогично в группе Riluzole уровень экспрессии COX2 были значительно ниже по сравнению с группой TCM. В группе Ксимедон выявлено, что уровень экспрессии COX2 достоверно выше по сравнению с группой **34Д** (Ксимедон [1.80 \pm 0.07] против **34Д** [1.50 \pm 0.07]). Не выявлено никаких достоверных различий в уровне экспрессии COX2 между контрольной и фиктивной группами, TCM и TCM + физраствор, Ксимедоном и **29Д**, а также между **34Д** и Riluzole.

CD68. Были выявлены достоверные различия уровня экспрессии CD68 в спинном мозге в группе TCM по сравнению с фиктивной группой на 7 сутки эксперимента. Таким образом, эти данные показывают, что TCM значительно повышает уровень экспрессии CD68 в ткани. Применение соединения **34Д** и препарата Riluzole значительно снизило тканевую активность CD68 по сравнению с TCM (TCM [3.80 \pm 0.13] против **34Д** [3.0 \pm 0.01] и TCM [3.8 \pm 0.13] против Riluzole [2.70 \pm 0.08]). Между группами **34Д** и Riluzole выявлено достоверная разница, с увеличением уровня экспрессии CD68 в группе **34Д**. Не обнаружены достоверные различия в уровне CD68 между фиктивной группой и контролем, TCM и TCM + физраствор, TCM и Ксимедоном, TCM и соединением **29Д**.

SOD1. После TCM уровень экспрессии SOD1 снизился при сравнении с фиктивной и контрольной группами в 3 раза на 7 сутки после нанесения травмы. Наблюдалось достоверное увеличение уровня экспрессии SOD1 в спинном мозге у животных, которым были введены Ксимедон, соединение **29Д** и **34Д** (TCM [0.33 \pm 0.11] против Ксимедона [0.61 \pm 0.01], против **29Д** [0.66 \pm 0.15] и против **34Д** [0.72 \pm 0.09]). Применение препарата Riluzole также значительно увеличило тканевую активность SOD1 по сравнению с TCM (TCM [0.33 \pm 0.11] против Riluzole [0.74 \pm 0.02]). В группе Ксимедон выявлено, что уровень экспрессии SOD1 достоверно ниже по сравнению с группой **34Д**. При этом не выявлены существенные различия в уровне экспрессии SOD1 в ткани между контрольной и фиктивной группами, TCM и TCM + физраствор, Ксимедоном и **29Д**, а также между **34Д** и Riluzole.

Оценено влияние производных пиримидина на процесс формирование глиального рубца. На ранних сроках увеличивается количество реактивных астроцитов под действием соединений. Это свидетельствует о том, что перестройка астроцитов формирует глиальный рубец, который локализует

очаг деструкции ткани после травмы на ранних сроках и, следовательно, благоприятно влияет на сохранность спинного мозга. Положительный эффект производных пиримидина на поздних сроках исследования проявляется в сдерживании развития патоморфологических реакций астроцитов, что позитивно влияет на рост аксонов в поврежденной ткани.

Таким образом, исследование показало значительный нейропротекторный эффект производных пиримидина при контузионной травме спинного мозга. С помощью биохимической, гистопатологической и функциональной оценок были подтверждены антиапоптозное, антиоксидантное и противовоспалительное действие соединений. По результатам работы в 2016 году выделен препарат-лидер нейропротекции – **34Д**, который по своему терапевтическому эффекту сопоставим с зарубежным аналогом препаратом Riluzole.

Список статей, опубликованных коллективом направления №2 гранта РФФИ № 14-50-00014 “Создание отечественных нейро- и гепатопротекторов на основе молекулярно-фармакологического анализа “структура-активность” и изучения механизмов действия новых производных пиримидина и лекарственного средства Ксимедон”

1. Зобов В.В., Назаров Н.Г., Выштакалюк А.Б., Галяметдинова И.В., Семенов В.Э., Резник В.С.: Эффективность влияния новых производных пиримидина на физическую работоспособность крыс в условиях выполнения теста “плавание до отказа” // Экология человека -2015. -№1. -С.28–35.
2. Выштакалюк А.Б., Назаров Н.Г., Порфирьев А.Г., Зуева И.В., Миннеханова О.А., Маятина О.В., Резник В.С., Зобов В.В., Никольский Е.Е.: Влияние лекарственного препарата “Ксимедон” на восстановление печени крыс при токсическом повреждении четыреххлористым углеродом // Доклады Академии наук -2015. -Т.462. -№1. -С.103–106.
3. Vyshtakaliuk A.B., Nazarov N.G., Porfiriev A.G., Zueva I.V., Minnechanova O.A., Mayatina O.V., Reznik V.S., Zobov V.V., Nicol'skiy

- E.E.: The Influence of the Xymedon Preparation (Hydroxyethylidimethylidihydropyrimidine) on the Rat Liver Recovery under Toxic Damage Induced by Carbon Tetrachloride // Doklady Biochemistry and Biophysics. -2015. -Vol.462. -P.143–146.
4. Vyshtakaliuk A.B., Nazarov N.G., Zobov V.V., Semenov V.E., Galyametdinova I.V., Tcherepnev G.V., Reznik V.S.: Pirimidine derivatives as hepatoprotective agents. // International Journal of Risk & Safety in Medicine. -2015. -Vol.27. -N1. -P.S78–S79.
 5. Nazarov N.G., Zobov V.V., Vyshtakaliuk A.B., Reznik V.S.: Research of the act-protective properties of Xymedon and its new analogs. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. -2015 -Vol.6. -N6. -P.1617–1623.
 6. Литвинов И.А., Воронина Ю.К., Галяметдинова И.В., Шашин М.С., Семенов В.Э., Резник В.С.: Молекулярная и кристаллическая структура 1-(2-гидроксиэтил)-1,2-дигидро-3,4,6-триметил-2-оксопиримидинийодида – продукта N-алкилирования Ксимедона // Журнал структурной химии -2016. -Т.57. №3. -С.579–586.
 7. Пovyшева Т.В., Семенов В.Э., Галяметдинова И.В., Резник В.С., Книни К.С., Колесников П.Е., Чельшев Ю.А.: Новые аналоги Ксимедона для стимулирования посттравматической регенерации спинного мозга крысы // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины -2016. -Т.162. -№8. -С.183–188.
 8. Пovyшева Т.В., Семенов В.Э., Галяметдинова И.В., Резник В.С., Книни К.С., Колесников П.Е., Кузнецова С.В., Чельшев Ю.А.: Нейропротекторное действие новых производных пиримидина при экспериментальной травме спинного мозга крысы // Экспериментальная и клиническая фармакология -2016. -Т.79. -№8. -С.3–9.
 9. Выштакалюк А.Б., Назаров Н.Г., Зобов В.В., Абдулхаков С.Р., Миннеханова О.А., Семенов В.Э., Галяметдинова И.В., Черепнев Г.В., Резник В.С.: Оценка гепатопротективного действия L-аскорбат 1-(2-гидроксиэтил)-4,6-диметил-1,2-дигидропиримидин-2-она при воздействии четыреххлористого углерода // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины -2016. -Т.162. -№9. -С.322–325.
 10. Porfiriev A.G., Yuganova K., Vyshtakaliuk A.B., Zobov V.V., Reznik V.S.: The Influence of the Xymedon Preparation (Hydroxyethylidimethylidihydropyrimidine) on the Regeneration of *Girardia tigrina* Planarians // Bionanoscience -2016. -DOI:10.1007/s12668-016-0311-0.
 11. Gribble G.W.: Naturally occurring organohalogen compounds – a comprehensive update. Springer Verlag: Wien 2010. 613 p.
 12. Миндубаев А.З., Яхваров Д.Г.: Биodeградация как метод переработки отходов. Часть 2. Взгляд на проблему. Являются ли ксенобиотики ксенобиотиками? // Бутлеровские сообщения **34**, 1–20, (2013)

Направление № 3 гранта РНФ № 14-50-00014 “Создание новых классов антимикробных агентов”

Руководитель направления: профессор В. Е. Катаев

Введение

В 2016 году научный коллектив, работающий по антимикробному направлению, увеличился до 28 человек – в работу включились студенты Института фундаментальной медицины и биологии КФУ, Казанского государственного медицинского университета, Казанского технологического университета. В научный коллектив, тут стоит вспомнить забытое название, верно отражающее действительность – временный трудовой коллектив (ВТК), вошли сотрудники четырёх лабораторий ИОФХ: фосфорсодержащих аналогов природных соединений (14 человек), элементоорганического синтеза (6 человек), химии нуклеотидных оснований (3 человека), микробиологическая группа лаборатории химико-биологических исследований (5 человек). Кроме того, в работе принимали участие сотрудники Уральского НИИ Фтизиопульмонологии Минздрава России, Института фундаментальной медицины и биологии КФУ и Междисциплинарного центра коллективного пользования КФУ. Но упомянутые 28 человек – это, что называется, по факту, а де-юре мы были обязаны соблюдать требования РНФ и в официальном списке ВТК, как и полагалось, присутствовало только 15 человек. Причём со строго выдержанным возрастным соотношением: “стариков” – сотрудников старше 39 лет – не более 65%.

Поиск новых антимикробных агентов проводился в девяти направлениях (разделах), определяемых выбранными нами классами органических соединений. Достаточно широкий поисковый разброс обуславливался двумя причинами. Во-первых, при таком подходе резко снижается риск полного провала, то есть невыполнения проекта. При получении отрицательного результата по одному, даже двум направлениям (разделам), в запасе остается ещё несколько. К сожалению, в такой ситуации мы уже оказались в прошедшем 2016 году. В направлении, казавшемся абсолютно выигрышным и инновационным, на стадии экспериментов по длительному (3 месяца) лечению животных соединение-лидер оказало цитолитическое действие на гепатоциты печени и по этой причине было “снято с дистанции”. Об этом будет написано ниже и подробнее. Во-вторых. По условиям полученного гранта РНФ мы обязаны каждый год публиковать порядка 15 статей, что невозможно при работе только в одном направлении.

Ниже приведены результаты, полученные по каждому из девяти направлений (разделов) с указанием ведущих авторов.

1. Амфифильные ониевые пиримидинофаны открытоцепного (ациклического) и макроциклического строения (В. Э. Семенов, Е. С. Крылова, А. Д. Волошина, А. С. Стробыкина, А. З. Миндубаев)

В 2016 году была синтезирована большая серия ациклических незаряженных и ониевых мультигетероциклических соединений на основе 1,3-бис(алкил)-6(5)-замещённых урацилов, алкильные цепочки которых содержат терминальные азотсодержащие гетероциклы. Таковыми были как насыщенные гетероциклы (морфолиновые, пиперазиновые и 4-метилпиперидиновые) (соединения **1.1–1.4**), так и ароматические гетероциклы (бензимидазолы и триазолы) (соединения **1.6–1.11**).

Ониевые мультигетероциклические соединения с терминальными насыщенными гетероциклами. Для получения целевых соединений **1.2**, у синтезированных в 2015 году мультигетероциклов **1.1a–1.1d** (рис. 1.1) атомы азота терминальных гетероциклов были кватернизованы избытком бромистого *n*-децила. В результате с практически количественными выходами были выделены ониевые мультигетероциклы **1.2a,b**, несущие в составе алкильных цепочек 4-метилпиперидиниевые и морфолиниевые фрагменты, соответственно. Отметим, что при алкилировании (кватернизации) мультигетероцикла **1.1b** эквимольным количеством бромистого *n*-децила с выходом 70% была получена смесь продуктов моноалкилирования – соединений **1.2c,d**, (рис. 1.2). Пиперазиновые циклы соединений **1.1c** алкилировали 1,3-бромпропанолом, а пиперазиновые циклы продукта этой реакции, соединения **1.3**, кватернизовали бромистым *n*-децилом. Несмотря на весьма жёсткие условия проведения последней реакции, выделенные с выходом 62% продукты представляли собой смесь изомерных соединений **1.4a,b**, в которых только одна из двух алкильных цепочек содержала пиперазиновый цикл с кватернизованным атомом азота (схема 1.1). Попытки кватернизации атома азота пиперазинового кольца гетероциклофана **1.1d** кипячением макроцикла с бромистым *n*-децилом в CH₃CN или *n*-BuOH к желаемому результату не привели.

Результаты исследования антимикробной активности синтезированных мультигетероциклов **1.2a-d**, **1.4a,b** в терминах минимальных ингибирующих концентраций (МИК) представлены в таблице 1.1. Незаряженные мультигетероциклы **1.1a–1.1c**, в составе которых отсутствуют кватернизованные атомы азота, антимикробной активностью не обладают. Антимикробное действие по-

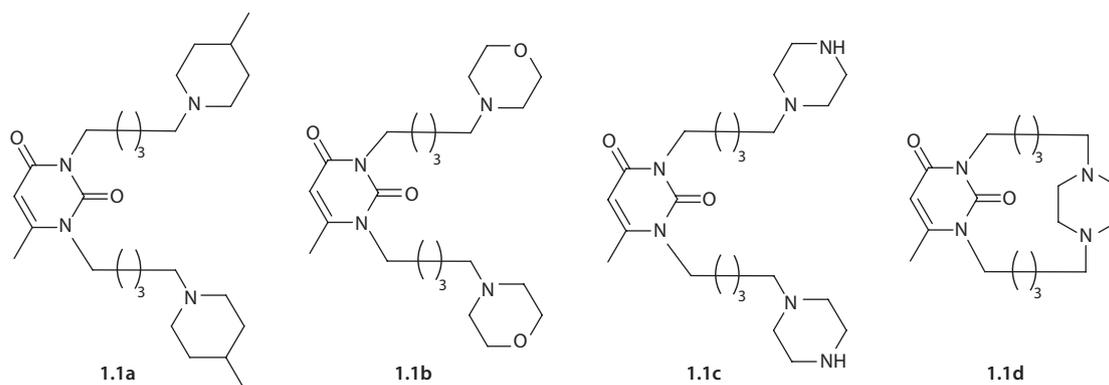


Рис. 1.1. Незаряженные мультигетероциклы на основе 1,3-бис(алкил)-6-метилурацила, в алкильные цепочки которых введены насыщенные гетероциклы (4-метилпиперидиновые, морфолиновые и пиперазиновые).

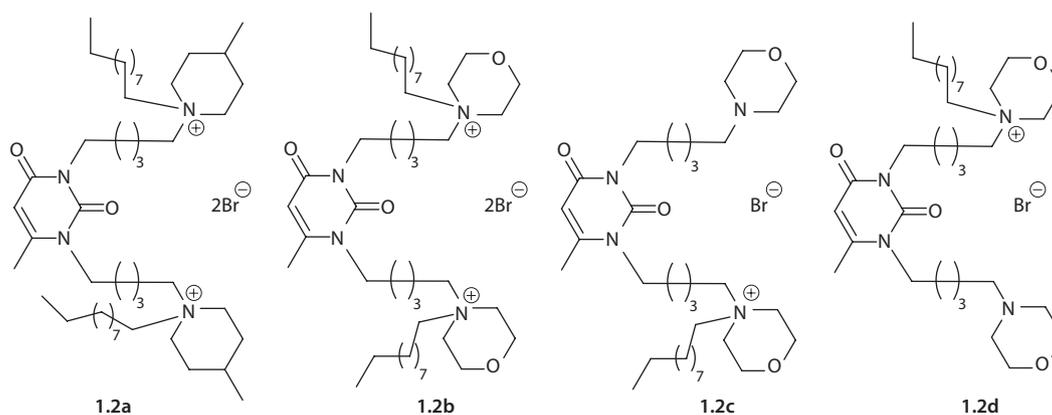


Рис. 1.2. Ониевые мультигетероциклы с терминальными пиперидиниевыми и морфолиниевыми фрагментами.

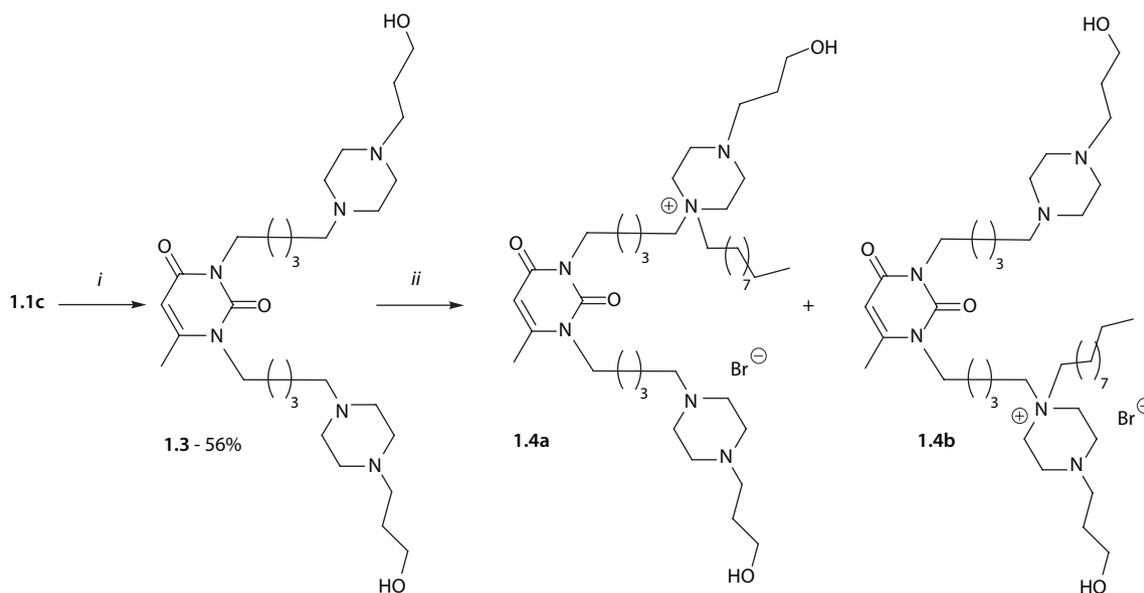


Схема 1.1. Алкилирование пиперазиновых фрагментов в составе 1,3-бис(5-пентилпиперазинил)-6-метилурацила **1.1c**. Реагенты и условия: (i) $\text{Br}(\text{CH}_2)_3\text{OH}$, K_2CO_3 , MeCN ; (ii) $n\text{-C}_{10}\text{H}_{21}\text{Br}$, MeCN .

Таблица 1.1. Бактериостатическая, бактерицидная, фунгистатическая и фунгицидная активности мультигетероциклов, имеющих пиперидининовые, морфолиниевые и пиперазининовые фрагменты (минимальные ингибирующие концентрации, минимальные бактерицидные и фунгицидные концентрации, мкг/мл).

Соединение	Бактерии и грибы		<i>Ec</i>	<i>Pa</i>	<i>Ef</i>	<i>An</i>	<i>Tm</i>	<i>Ca</i>
	<i>Sa</i>	<i>Bs</i>						
Бактериостатическое и фунгистатическое действие соединений								
1.1a	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.1b	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.1c	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.2a	1.0	1.9	7.8	>500	>500	>500	31.3	1.9
1.2b	31.3	7.8	62.5	>500	>500	>500	15.6	31.3
1.2c и 1.2d	62.5	31.3	125	>500	>500	>500	15.6	62.5
1.4a и 1.4b	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
Клотримазол	–	–	–	–	–	–	3.1	0.4
Норфлоксацин	2.4	7.8	1.5	3.0	3.9	–	–	–
Бактерицидное и фунгицидное действие соединений (МБК и МФК)								
1.2a	1.0	1.9	15.6	>500	–	>500	31.3	1.9
1.2b	31.3	>500	>500	>500	>500	>500	250	31.3
1.2c и 1.2d	62.5	>500	>500	>500	>500	>500	250	125

Примечания: *Sa* – *Staphylococcus aureus*, *Ba* – *Bacillus cereus*, *Ec* – *Escherichia coli*, *Pa* – *Pseudomonas aeruginosa*, *Ef* – *Enterococcus faecalis*, *An* – *Aspergillus niger*, *Tm* – *Trichophyton mentagrophytes*, *Ca* – *Candida Albicans*.

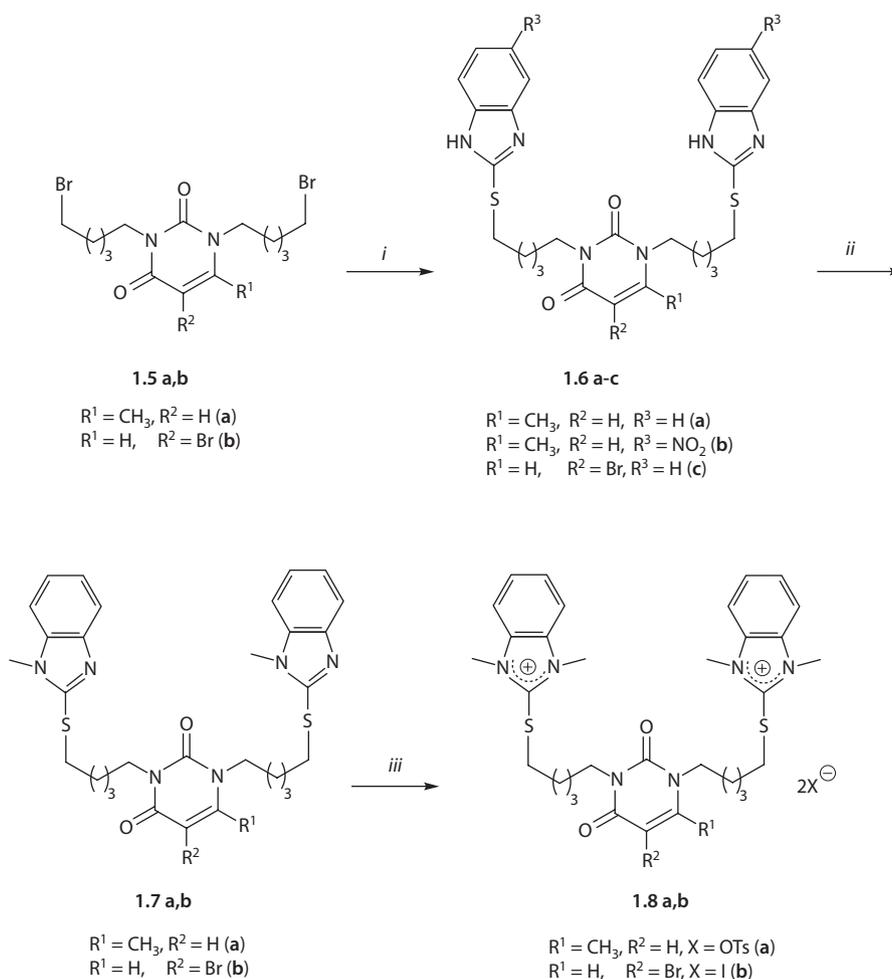


Схема 1.2. Синтез мультигетероциклов, содержащих урациловый и бензимидазольные фрагменты. Реагенты и условия: (i) 2-меркаптобензимидазол или 2-меркапто-5-нитробензимидазол, NaH, ДМФА; (ii) CH_3I , NaH, ДМФА; (iii) CH_3I или CH_3OTs , MeCN.

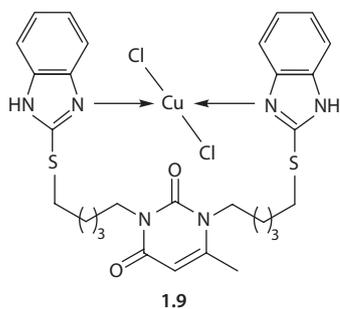


Рис. 1.3. Металлокомплекс мультигетероцикла **1.6a** с $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

является с введением в гетероциклические насыщенные фрагменты ониевой группировки. Наибольшей активностью, находящейся на уровне стандартных медицинских антимикробных препаратов, обладает мультигетероцикл **1.2a** с пиперидиниевыми фрагментами. Величины его МИК по отношению к грамположительным бактериям *Staphylococcus aureus* 209 P, *Bacillus cereus* 8035 и дрожжеподобному грибу *Candida albicans* 855-653 составляют 1.0, 1.9 и 1.9 мкг/мл, соответственно. Бактерицидная и фунгицидная активности соединения **1.2a** характеризуются такими же значениями МИК (таблица 1.1). Достаточно эффективно действует соединение **1.2a** и на грамотрицательные бактерии *Escherichia coli* F-50 и возбудители дерматомикозов *Trichophyton mentagrophytes* var. *gypseum* 1773. Переход к соединениям **1.2b-d** с морфолиниевыми фрагментами увеличивает величины МИК более чем на порядок. Мультигетероциклы **1.4a,b** с пиперазиниевыми фрагментами антимикробной активностью не обладают.

Незаряженные и ониевые мультигетероциклические соединения с терминальными ароматическими циклами. Бензимидазолы. Синтез целевых соединений **1.8** осуществлялся в три стадии (схема 1.2). На первой стадии 1,3-бис(5-бромпентил)-6-метилурацил **1.5a** и 1,3-бис(5-бромпентил)-5-бромурасил **1.5b** вовлекались в реакцию с 2-меркаптобензимидазолом и 2-меркапто-5-нитробензимидазолом. Затем в полученных мультигетероциклических системах **1.6** были алкилированы

имидные атомы азота. Осуществленная на последней стадии кватернизация циклических атомов азота полученных мультигетероциклов **1.7** реакциями с MeI и TsOMe привела к целевым водорастворимым ониевым мультигетероциклам **1.8**, выделенным с выходами, близкими к количественным. Изучение антимикробной активности синтезированных соединений показало, что незаряженные мультигетероциклы **1.6a-c** и металлокомплекс **1.9** (рис. 1.3) активностью не обладают. Ониевые мультигетероциклы **1.8a,b** проявили слабую бактериостатическую активность по отношению к *S. aureus* (МИК 125 и 62.5 мкг/мл соответственно). Ониевый мультигетероцикл **1.8b** проявил слабую фунгистатическую активность в отношении *T. mentagrophytes* и *C. albicans* (МИК 250 и 125 мкг/мл соответственно) (таблица 1.2).

Незаряженные и ониевые мультигетероциклические соединения с терминальными ароматическими циклами. 1,2,4-Триазолы и 1,2,3-триазолы. На основе 1,3-бис(алкил)-6(5)-замещенных урацилов был синтезирован ряд незаряженных и ониевых мультигетероциклических соединений **1.10a-c**, **1.11a-d** (рис. 1.4), алкильные цепочки которых содержат терминальные 1,2,3- и 1,2,4-триазольные циклы. Гетероциклы соединены с цепочками либо через атом азота (соединения **1.10a**, **1.10c**, **1.11a,b,d**), либо через атом серы во втором положении гетероцикла (соединения **1.10b**, **1.11c**). Незаряженные мультигетероциклы **1.10a,b** получали, исходя из дибромиды **1.5a**, замещая в присутствии сильного основания терминальные атомы брома на 1,2,4-триазольные и 3-тио-1,2,4-триазольные гетероциклы (схема 1.3). Синтез мультигетероциклов **1.10c** с терминальными полиметиленовыми цепочками проводили в две стадии. Сначала терминальные атомы брома урацила **1.5a** превратили в азидные группы. Затем полученный диазид **1.12a** вовлекли в клик-реакцию с 1-децином в условиях [1+3]-циклоприсоединения Шарплесса-Мельдаля-Хьюсгена (схема 1.4). Выходы незаряженных мультигетероциклов составили 55–70%. Ониевые мультигетероциклы с кватернизованными атомами азота триазольных колец **1.11a-d** (рис. 1.4) получали алкилированием соответствующих

Таблица 1.2. Бактериостатическая и фунгистатическая активности мультигетероциклических соединений с терминальными бензимидазольными циклами (МИК, мкг/мл).

Соединение	Бактерии и грибы							
	Sa	Bs	Ec	Pa	Ef	An	Tm	Ca
Бактериостатическое и фунгистатическое действие соединений								
1.6a	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.6b	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.6c	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.9	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.8a	125	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.8b	62.5	>500	>500	>500	>500	>500	250	125
Клотримазол	–	–	–	–	–	–	3.1	0.4
Норфлоксацин	2.4	7.8	1.5	3.0	3.9	–	–	–

Примечания: Sa – *Staphylococcus aureus*, Ba – *Bacillus cereus*, Ec – *Escherichia coli*, Pa – *Pseudomonas aeruginosa*, Ef – *Enterococcus faecalis*, An – *Aspergillus niger*, Tm – *Trichophyton mentagrophytes*, Ca – *Candida Albicans*.

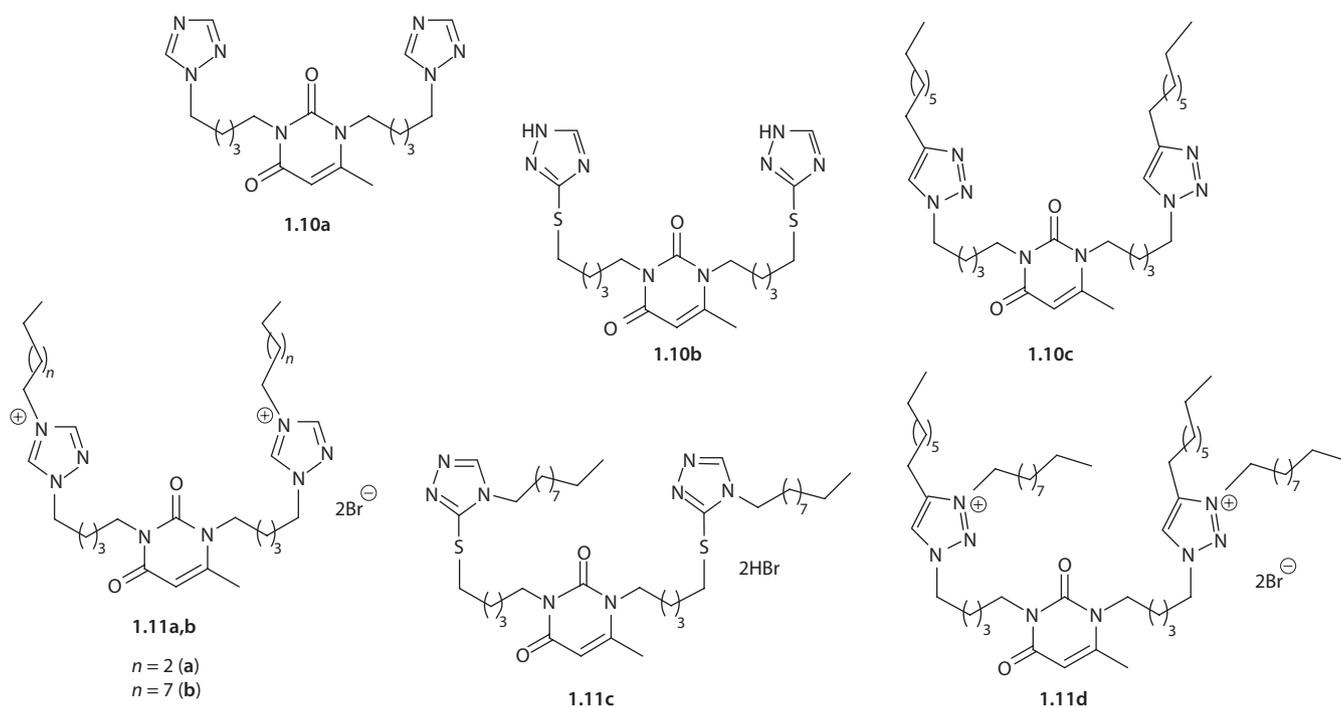


Рис. 1.4. Незаряженные и ионные мультигетероциклы на основе 1,3-бис(алкил)-6-метилурацила, в алкильные цепочки которых введены ароматические гетероциклы (1,2,3- и 1,2,4-триазолы).

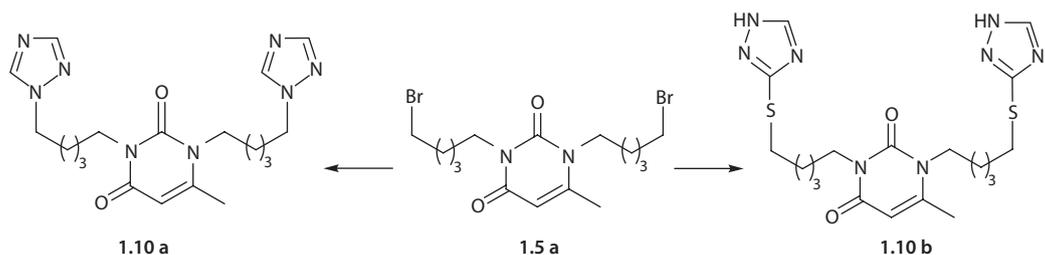


Схема 1.3. Синтез мультигетероциклов, содержащих урациловый и 1,2,4-триазоловые фрагменты. Реагенты и условия: (i) 1,2,4-триазол, NaNH, ДМФА; (ii) 3-меркапто-1,2,4-триазол, NaNH, ДМФА.

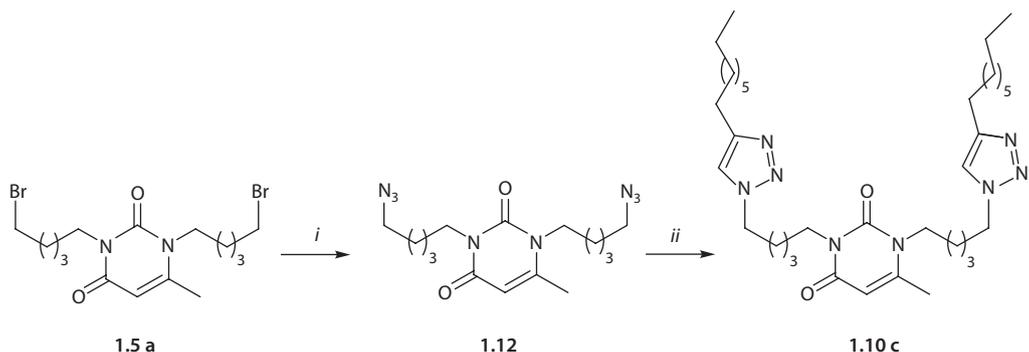


Схема 1.4. Синтез мультигетероциклов, содержащих урациловый и 1,2,3-триазоловые фрагменты. Реагенты и условия: (i) NaN₃, ДМФА; (ii) 1-децин, аскорбат натрия (10 мол.%), CuSO₄·5H₂O (1 мол.%), EtOH-H₂O.

Таблица 1.3. Бактериостатическая и фунгистатическая активности производных 1,3-бис(алкил)-6-метилурацила, содержащих в алкильных цепочках терминальные 1,2,4- и 1,2,3-триазоловые и триазолиновые гетероциклы.

Соединение, R	МИК (мкг/мл)		<i>Ec</i>	<i>Pa</i>	<i>An</i>	<i>Tm</i>	<i>Ca</i>
	<i>Sa</i>	<i>Bc</i>					
1.13a,	1.6	2.5	12.5	>500	62.5	31.3	31.3
1.11a,	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.11b,	2.0	4.0	8.0	125	125	3.1	0.80
1.11c,	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.11d,	15.6	62.5	62.5	500	250	6.3	6.3
1.13b, NEt ₂	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.10a,	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.10b,	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.10c,	31.3	62.5	>500	>500	>500	>500	>500
Норфлоксацин	2.4	8.0	1.5	3.0	–	–	–
Хлорамфеникол	62.5	62.5	125	–	–	–	–
Кетоконазол	–	–	–	–	4.0	4.0	4.0

Примечания: *Sa* – *Staphylococcus aureus*, *Bc* – *Bacillus cereus*, *Ec* – *Escherichia coli*, *Pa* – *Pseudomonas aeruginosa*, *An* – *Aspergillus niger*, *Tm* – *Trichophyton mentagrophytes*, *Ca* – *Candida albicans*.

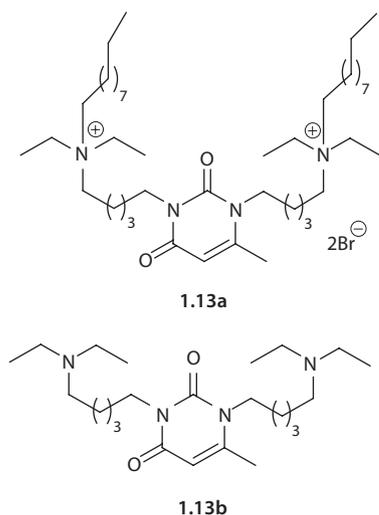


Рис. 1.5. Соединения сравнения, содержащие ониеую группировку или третичный атом азота в составе алкильных цепочек.

незаряженных мультигетероциклов бромистым *n*-децилом или *n*-пентилом.

Данные об антимикробной активности синтезированных соединений представлены в таблице 1.3. Производное 1,3-бис(алкил)-6-метилурацила **1.11b**, содержащее в алкильных цепочках 1,2,4-триазиольные гетероциклы, как и описанное ранее ониеовое производное 6-метилурацила **1.13a** (рис. 1.5), проявляет бактериостатическую активность в отношении грамположительных бактерий *S. aureus* и *B. cereus* на уровне фторхинолонового антибиотика норфлоксацина. В отношении грамотрицательных бактерий *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli* соединение **1.11b** показало более высокую активность, чем соединение сравнения **1.13a**, так и противогрибкового препарата кетоконазола. Бактериостатическая активность ониеового производного 1,3-бис(алкил)-6-метилурацила **1.11d**, содержащего 1,2,3-триазиольные гетероциклы, оказалась ниже активности соединений **1.13a**, **1.11b**, но, тем не менее, соответствующей активности антибиотика хлорамфеникола (таблица 1.3). В тоже время, фунгистатическая активность соединения **1.11d** в отношении *T. mentagrophytes* и *C. albicans* в пять раз

превысила активность соединения сравнения **1.13a**. В отношении *T. mentagrophytes* мультигетероцикл **1.11d** соответствовал по активности ониеовому мультигетероциклу **1.11b**, а в отношении *C. albicans* проигрывал ему по активности в 8 раз. Таким образом, соединением-лидером является ониеовый мультигетероцикл **1.11b**. Его бактериостатическая активность характеризуется значениями МИК 2.0–4.0 мкг/мл, а фунгистатическая активность максимальна в отношении *C. albicans* (МИК 0.8 мкг/мл). Отметим, что в отличие от соединения сравнения **1.13a**, ониеовые мультигетероциклы **1.11b**, **1.11d** проявляют бактерицидную активность в отношении *S. aureus* и фунгицидную в отношении *T. mentagrophytes* и *C. albicans* (таблица 1.4). Высокая фунгистатическая активность соединений **1.11b**, **1.11d** связана, по-видимому, со специфическим влиянием триазиольных фрагментов, вводимых в пентаметиленовые цепочки. Кроме того, очевидно и влияние на антимикробную активность таких структурных факторов как длины алкильной цепочки в составе ониеовой группировки, так и способа связывания терминальных гетероциклов с урациловым фрагментом. Так, активность увеличивается с удлинением алкильной цепочки в составе ониеовой группировки: мультигетероцикл **1.11a**, имеющий *n*-пентильные цепочки, неактивен, в отличие от мультигетероцикла **1.11b**, имеющего *n*-децильные цепочки. Что касается способа связывания терминальных гетероциклов с урацильным, то наличие в алкильных цепочках атомов серы, как в мультигетероциклах **1.10b** и **1.11c**, совершенно лишает соединения антимикробной активности (таблица 1.3). Для проявления антимикробных свойств решающее значение имеет кватернизация алифатических атомов азота и кольцевых атомов азота триазиольных циклов в алкильных цепочках при 6-метилурациловом фрагменте. Так, незаряженные мультигетероциклы **1.10a,b**, **1.13b** совершенно неактивны, за исключением незаряженного мультигетероцикла **1.10c**, который обладает умеренной бактериостатической активностью в отношении *S. aureus* и *B. cereus*. Однако полученные из них ониеовые мультигетероциклы **1.11b,d**, **1.13a** проявляют высокую антимикробную активность (таблица 1.3).

Поскольку важной характеристикой новых лекарственных средств является их цитотоксическое действие на клетки млекопитающих, у мультигетероциклов, содержащих 1,2,3- и 1,2,4-триазиольные фрагменты, было изучено их цитотоксическое воздействие на эритроциты

Таблица 1.4. Бактерицидная и фунгицидная активности соединения сравнения **1.13a** и ониеовых мультигетероциклов **1.11b,d**.

Соединение	МБК (МФК), мкг/мл						
	<i>Sa</i>	<i>Bc</i>	<i>Ec</i>	<i>Pa</i>	<i>An</i>	<i>Tm</i>	<i>Ca</i>
1.13a	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
1.11b	50.0	>500	>500	>500	>500	31.3	50.0
1.11d	50.0	>500	>500	>500	>500	125	50.0

Примечания: *Sa* – *Staphylococcus aureus*, *Bc* – *Bacillus cereus*, *Ec* – *Escherichia coli*, *Pa* – *Pseudomonas aeruginosa*, *An* – *Aspergillus niger*, *Tm* – *Trichophyton mentagrophytes*, *Ca* – *Candida albicans*.

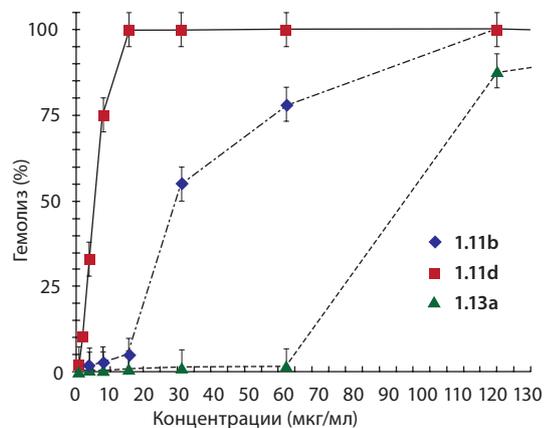


Рис. 1.6. Гемолитическая активность соединений **1.13a**, **1.11b,d**.

крови человека (гемолитическая активность) и культуру клеток WI-38 (лёгкое эмбриона человека). На рис. 1.6 представлены данные о гемоллизе эритроцитов человека, вызываемом соединениями-лидерами **1.11b,d** и соединением сравнения **1.13a**. Гемолитическая активность соединения-лидера **1.11b** в области концентраций, при которых оно проявляет максимальную антимикробную активность (0.8–8.0 мкг/мл), не превышает 2%, в то время как гемолитическая активность соединения-лидера **1.11d** достаточно высока. При самой низкой концентрации этого соединения-лидера (6.3 мкг/мл), вызывающей задержку роста грибов *T. mentagrophytes* и *C. albicans*, степень гемолиза составила 56%. Таким образом, соединения-лидеры **1.11b,d** оказались более токсичными в отношении эритроцитов крови человека, чем менее активное соединение сравнения **1.13a**. На рис. 1.7 представлены данные о цитотоксическом действии соединений-лидеров **1.11b,d** на культуру клеток WI-38 при минимальных концентрациях, в которых они ингибировали рост бактерий и грибов (см. таблицу 1.3). Анализ полученных результатов показал, что наименьшую токсичность в отношении клеток эмбриона лёгкого человека показало соединение-лидер **1.11b**. Жизнеспособ-

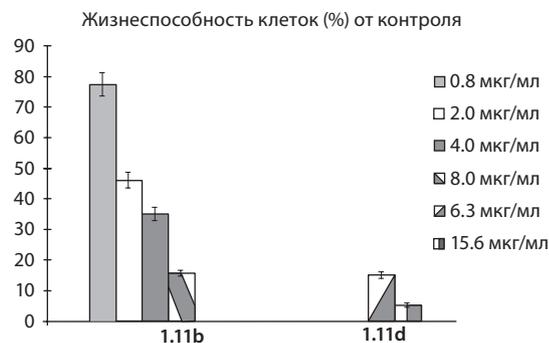


Рис. 1.7. Оценка цитотоксического действия соединений **1.11b,d** в отношении культуры клеток WI-38.

Таблица 1.5. Угнетение активности дегидрогеназы глюкозы (ДГ) *S. aureus* 209 P и *C. albicans* 885-653 in vitro соединениями **1.13a**, **1.11b,d**.

Соединение	Концентрация (мкг/мл)	Угнетение активности ДГ (%)	
		<i>S. aureus</i>	<i>C. albicans</i>
1.13a	500	100	100
	50.0	68	100
	5.0	61	48
	0.50	56	0
1.11b	500	100	100
	50.0	72	78
	5.0	58	65
	0.50	0	0
1.11d	500	100	77
	50.0	68	45
	5.0	55	38
	0.50	0	0

ность клеток, рассчитанная в процентах от контроля, составила 77% при 0.8 мкг/мл (значение МИК для гриба *C. albicans*) и 46% при 2.0 мкг/мл (значение МИК для бактерий *S. aureus*). Соединение-лидер **1.11d** оказалось более токсичным в отношении клеточной культуры WI-38. При концентрациях 15.6 мкг/мл (значение МИК для бактерий *S. aureus*) и 6.3 мкг/мл (значение МИК для грибов *T. mentagrophytes* и *C. albicans*) выживаемость клеток составила 5 и 15% соответственно.

Поскольку максимальную активность соединения-лидеры **1.11b,d** проявили в отношении бактерии *S. aureus* 209 P и гриба *C. albicans* 885-653, мы изучили воздействие соединений **1.11b,d** на активность ферментов дегидрогеназ глюкозы этих микроорганизмов. Полученные результаты показали что, как и соединение сравнения **1.13a**, соединения-лидеры **1.11b,d** оказывают значительное воздействие на активность дегидрогеназ *S. aureus* 209 P и *C. albicans* 885-653. Все перечисленные соединения в концентрации 5 мкг/мл угнетают активность ферментов дегидрогеназ глюкозы этих микробов на 55–61% и 38–65% соответственно (таблица 1.5). Полученные данные позволяют предположить, что механизм антимикробного действия соединений-лидеров связан с ингибированием ферментных систем дыхательной цепи микроорганизмов на ранних стадиях взаимодействия с клеточными мишенями, что приводит к нарушению нормального течения синтеза жизненно необходимых соединений в клетке микроорганизма.

Для оценки генотоксичности соединений-лидеров **1.11b,d** было изучено их ДНК-повреждающее действие в SOS-хромотест системе (индуцированная УФ светом SOS-репарация ДНК). Для оценки индукции SOS-ответа использовали индикаторный штамм *Salmonella typhimurium* TA1535/pDEW238, способный к биолюминесценции, которая возникает при повреждении молекул ДНК. В качестве позитивного контроля использовали противоопухолевый антибиотик митомицин C. Из приведенных на рис. 1.8 данных видно, что интенсивность биолюминесценции в опыте и контроле (спонтанный

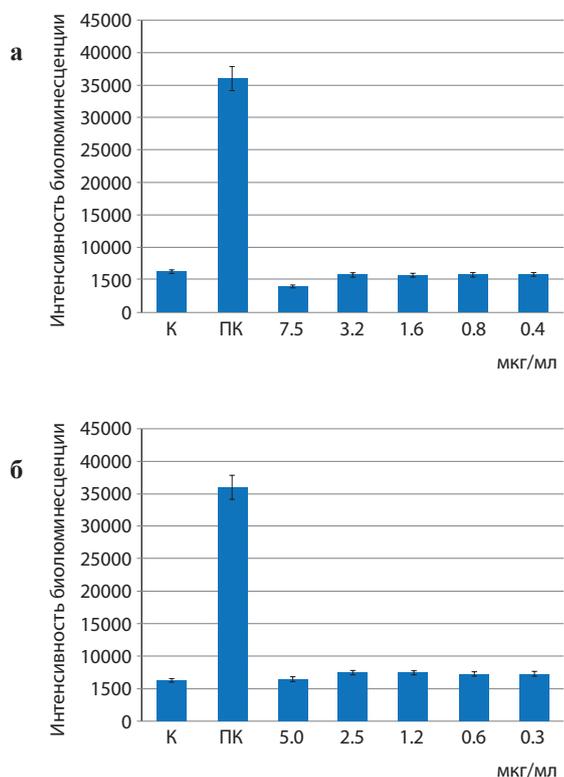


Рис. 1.8. Оценка ДНК-повреждающего действия соединения **1.11b** (а) и соединения **1.11d** (б). К – контроль (спонтанный фон мутирования), ПК – митомицин С.

фон мутирования) различается менее чем в 2.5 раза. Отсюда можно сделать вывод, что соединения-лидеры (**1.11b,d**) в диапазоне концентраций, при которых они проявляют максимальную антимикробную активность, не обладают ДНК-повреждающим действием и следовательно не являются генотоксичными в отношении *S. typhimurium*.

Изучение механизма резистентности микроорганизмов к новым классам антимикробных агентов является необходимой частью исследований при создании новых лекарственных средств. Поэтому далее нами была изучена способность бактерии *Staphylococcus aureus* вырабатывать резистентность к соединениям-лидерам **1.11b,d**, ингибирующим рост этого микроорганизма на уровне, который превышает активность антибиотика хлорамфеникола, и соответствует активности антибиотика норфлоксацина (таблица 1.3). Эксперименты проводили *in vitro* на твёрдых питательных средах, содержащих штамм *S. aureus 209 P*, соединения-лидеры **1.11b,d** использовались в диапазоне концентраций, при которых они проявляют максимальную антимикробную активность. В контрольных пробах культуру *S. aureus 209 P* выращивали без добавления соединений **1.11b,d**. После 10 пассажей образцы центрифугировали и из биомассы бактериальной культуры с использованием набора PureLink Genomic DNA Mini Kit осуществляли выделение геномной ДНК. В таблице 1.6 приведены концентрации ДНК, выделенной как из контрольного

образца, так и образцов бактериальной культуры, подвергнутых воздействию соединений **1.11b,d**. Далее методом полимеразно цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени с использованием набора “Флуоропол-РВ Литех” и системы высокопроизводительного ПЦР анализа LightCycler 480 II в полученных образцах был проведён поиск детерминант резистентности, характерных для *S. aureus* (гены *MecA* и *ErmB*). Из полученных данных (таблица 1.7) следует, что возникновение устойчивости *S. aureus* к соединениям лидерам не связано с присутствием генов *MecA* и *ErmB*, отвечающих за выработку резистентности к целому ряду известных антибиотиков: пенициллинам, цефалоспорином, макролидам, линкозамидам и стрептограминам. Исследования по более глубокому изучению механизма выработки резистентности и механизма действия на микробную клетку запланированы на следующий год.

Таким образом в рамках данного направления выявлено соединение-лидер **1.11b**, которое по бактериостатической активности в отношении грамположительных бактерий *Staphylococcus aureus 209 P* и *Bacillus cereus 8035* (МИК 2–4 мкг/мл) в 15 раз превосходит активность антибиотика хлорамфеникола, а по фунгистатической активности в отношении гриба *C. albicans 855-653* (МИК 0.8 мкг/мл) в 5 раз превосходит активность препарата кетоконазол. Полученные данные позволяют предположить, что механизм его антимикробного действия связан с ингибированием ферментных систем дыхательной цепи микроорганизмов на ранних стадиях взаимодействия

Таблица 1.6. Концентрация геномной ДНК, выделенной из контрольного и опытных образцов культуры *S. aureus 209 P*.

Образец культуры	Концентрация ДНК (нг/мкл)
К	8.85
1.11d	20.6
1.11b	18.1

Примечания: **К** – образец ДНК, выделенный из культуры *S. aureus 209 P*, выросшей без добавления тестируемых соединений; **1.11d** – образец ДНК, выделенный из культуры *S. aureus 209 P*, выросшей при воздействии соединения **1.11d**; **1.11b** – образец ДНК, выделенный из культуры *S. aureus 209 P*, выросшей при воздействии соединения **1.11b**.

Таблица 1.7. Результаты постановки ПЦР в режиме реального времени для выявления генов антибиотикорезистентности.

	Пенициллины Цефалоспорины (ген <i>MecA</i>)	Макролиды (ген <i>ErmB</i>)	Внутренний контроль
1.11d	НЗ	НЗ	<35
1.11b	НЗ	НЗ	<35
Контроль	НЗ	НЗ	<35
Положительный контроль	22	25	<35
Отрицательный контроль	НЗ	НЗ	<35

Пояснения к таблице 1.7.

	St FAM	St HEX	Результат
Положительный контроль	<35	любой	Специфическая реакция прошла.
	H3 или >35	любой	Специфическая реакция не прошла, требуется повтор постановки.
Отрицательный контроль	H3 или >35	любой	Контаминация отсутствует.
	<35	любой	Специфическая контаминация, требуется повтор постановки.
Исследуемый образец	<35	любой	Присутствие гена резистивности.
	H3 или >35	любой	Отсутствие гена резистивности.

St FAM – сигнал для гена резистентности.

St HEX – сигнал внутреннего контроля.

Внутренний контроль представляет собой препарат ДНК, несхожий с искомым участком ДНК, или праймер для выявления гена, который обязательно должен присутствовать в искомой пробе и служит для проверки чистоты выделенной ДНК.

Положительный контроль – препарат ДНК искомого агента.

Отрицательный контроль включают в себя все компоненты реакции, но вместо препарата ДНК содержат деионизованную воду или буфер, не содержащий исследуемую ДНК. Отрицательный контроль выделения необходим для подтверждения чистоты реагентов и расходных материалов, отсутствия перекрестной контаминации от пробы к пробе на стадии выделения.

Внутренний контроль представляет собой препарат ДНК, несхожий с искомым участком ДНК, или праймер для выявления гена, который обязательно должен присутствовать в искомой пробе и служит для проверки чистоты выделенной ДНК.

H3 – нет значения (отсутствует флуоресцентный сигнал).

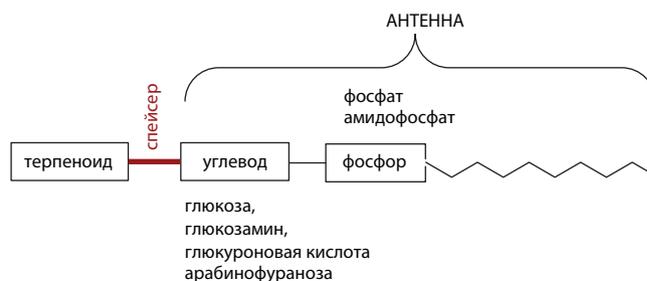
с клеточными мишенями, что приводит к нарушению энергообмена и нормального течения синтеза жизненно необходимых соединений в клетках микроорганизмов.

2. Гликотерпеноиды открытоцепного строения

(О. В. Андреева, Б. Ф. Гарифуллин, Р. Р. Шарипова, И. Ю. Стробыкина, В. Е. Катаев)

Проведённое выборочное тестирование синтезированной в 2015 году серии гликотерпеноидов макроциклического и открытоцепного строения показало, что макроциклические гликотерпеноиды на основе изостевиола, трегалозы и глюкуроновой кислоты, обладая антитуберкулёзной активностью на уровне противотуберкулёзного препарата пиразинамида (МИК = 12.5 мкг/мл), тем не менее, в 18–30 раз менее активны, чем их открытоцепные аналоги (МИК = 0.4–0.7 мкг/мл). Поэтому в 2016 году был начат поиск эффективных антитуберкулёзных агентов в ряду открытоцепных гликотерпеноидов, отличающихся от синтезированных ранее наличием фрагмента, который направлял бы молекулу в область биосинтеза клеточной стенки *Mycobacteria tuberculosis* (этот фрагмент был назван антенной), и варьированием природы углеводного остатка. В качестве антенны запланировано использование углеводосодержащей полиметиленфосфатной или амидофосфатной группировки, являющейся миметиком β-D-арабинофуранозилдекапренилфосфата, доставляющего в область синтеза клеточной стенки *M. Tuberculosis* необходимую для него D-арабинофуранозу.

Поиск осуществляется в три этапа: (1) отработка синтеза антенн; (2) отработка синтеза конъюгатов терпеноид–углевод; (3) отработка синтеза целевых фосфорилированных гликотерпеноидных липидов. В 2016 году



получены первые положительные результаты по первым двум этапам.

Синтез фосфорилированных гликолипидов на основе глюкуроновой кислоты, глюкозамина и глюкозы (так называемые антенны). В отчётном году была отработана методология получения фосфорилированных гликолипидов на основе глюкуроновой кислоты (схема 2.1). В качестве стартового соединения был использован D-(+)-глюкуроно-3,6-лактон **2.1**, превращённый действием метилата натрия в метиловый эфир глюкуроновой кислоты **2.2**, который был затем ацилирован и превращён в метил-1-дезоксид-1-бром-2,3,4-три-O-ацетил-β-D-глюкопирануранат **2.3**, гидролизованный далее водным раствором ацетона в присутствии карбоната серебра с образованием метил-2,3,4-три-O-ацетил-D-глюкопиранураната **2.4**, выделенного с количественным выходом в виде смеси α- и β-аномеров. На следующей стадии аномерный гидроксил метилового эфира **2.4** был фосфорилирован салицилхлорфосфитом с образованием фосфита **2.5** (выход 64%), функционализированного далее длинноцепочечными спиртами и аминами и окисленного до фосфатов **2.6–2.8**. Данные спектров ЯМР ¹H и ³¹P свидетельствовали, что фосфорилированные гликолипиды **2.6–2.8** были получены в виде индивидуальных β-аномеров.

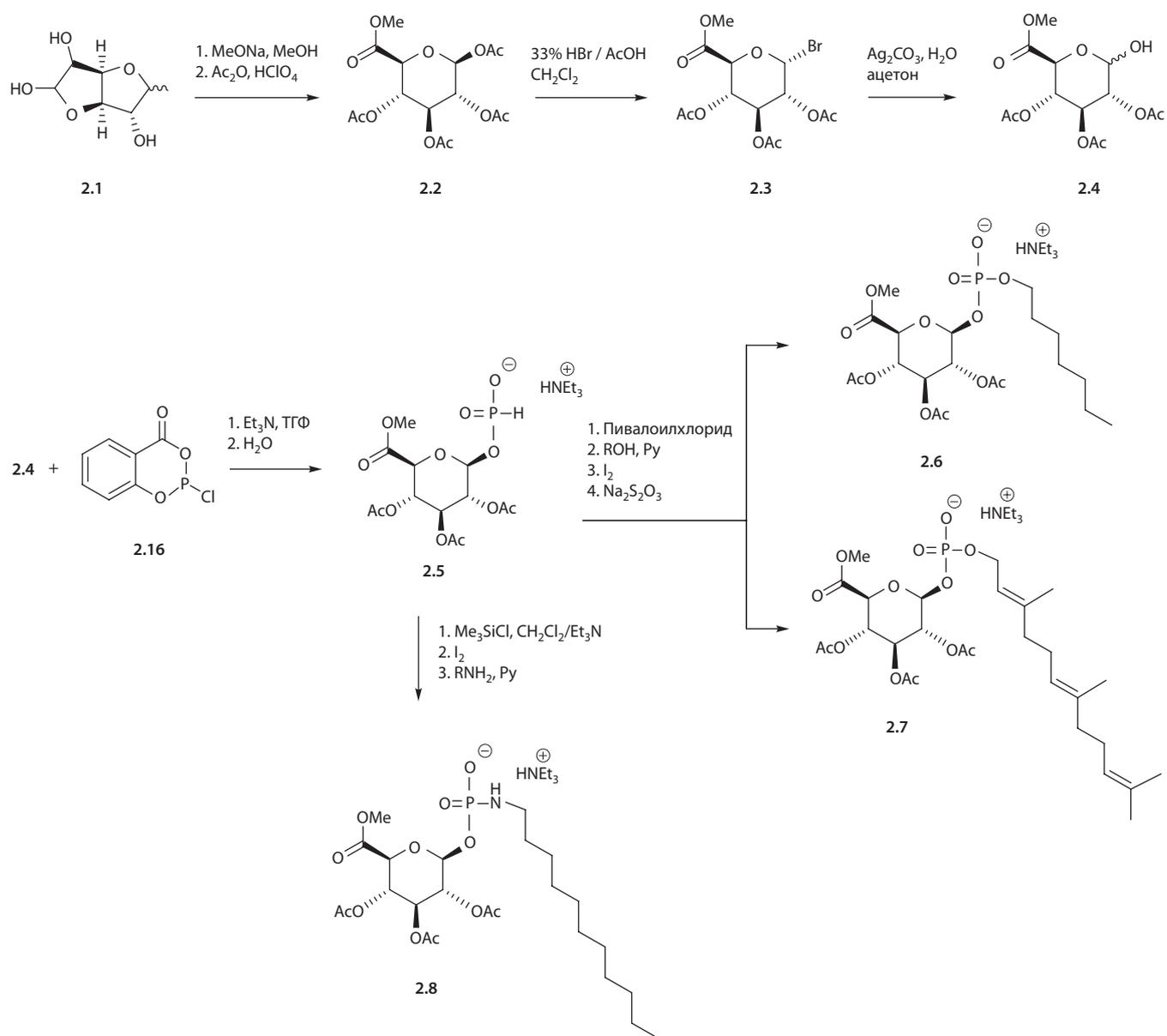


Схема 2.1. Синтез фосфорилированных гликолипидов на основе глюконовой кислоты.

С целью придания гликолипидам **2.6–2.8** выраженной антитуберкулёзной активности ацетатная защита углеводных остатков была удалена гидразингидратом, что привело с выходами 75% и 67% к гидразидам **2.9** и **2.10** (схема 2.2). Реакция амидофосфата **2.8** с гидразингидратом, проведённая в этих же условиях, сопровождалась гидролизом, и выделить гидразид **2.11** в индивидуальном виде не удалось.

Разработанная методология была использована для получения первого фосфорилированного гликолипида на основе глюкозы (схема 2.3). Сначала D-глюкоза **2.12** была полностью проацелирована, затем действием гидразина в уксусной кислоте защита с аномерного гидроксила была селективно удалена и полученная 2,3,4,6-тетра-O-ацетил-D-глюкопираноза **2.14** была вовлечена в реакцию с

салицилхлорфосфитом **2.16**, полученным из салициловой кислоты **2.15** кипячением с трёххлористым фосфором в толуоле. Фосфит **2.17** был получен с выходом 41% и превращён далее в гликолипид **2.18** (схема 2.3), полученный в виде индивидуального β-аномера.

В качестве стартового соединения для получения первого фосфорилированного гликолипида на основе глюкозамина был использован коммерческий гидрохлорид глюкозамина **2.19**, превращённый в 3,4,6-три-O-ацетил-2-дезоксид-2-ацетоамидо-D-глюкопиранозу **2.21**, реакция которой с салицилхлорфосфитом **2.16** привела к фосфиту **2.22** (схема 2.4), выделенному в виде смеси аномеров. Реакцией фосфита **2.22** с деканолом с последующим окислением йодом с выходом 41% был получен гликолипид **2.23**, выделенный в виде смеси аномеров.

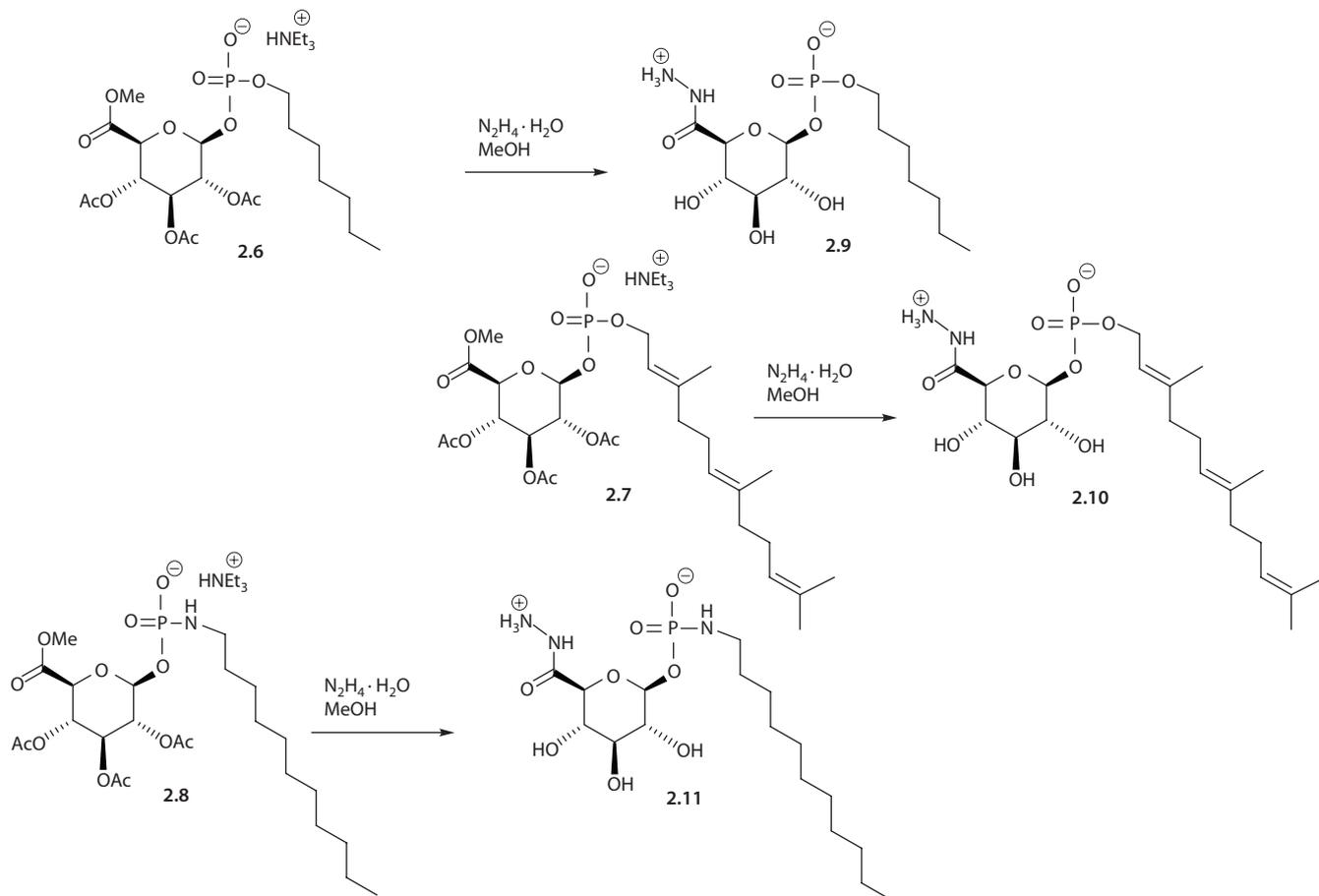


Схема 2.2. Синтез фосфорилированных гликолипидов бетаиновой структуры на основе глюконовой кислоты.

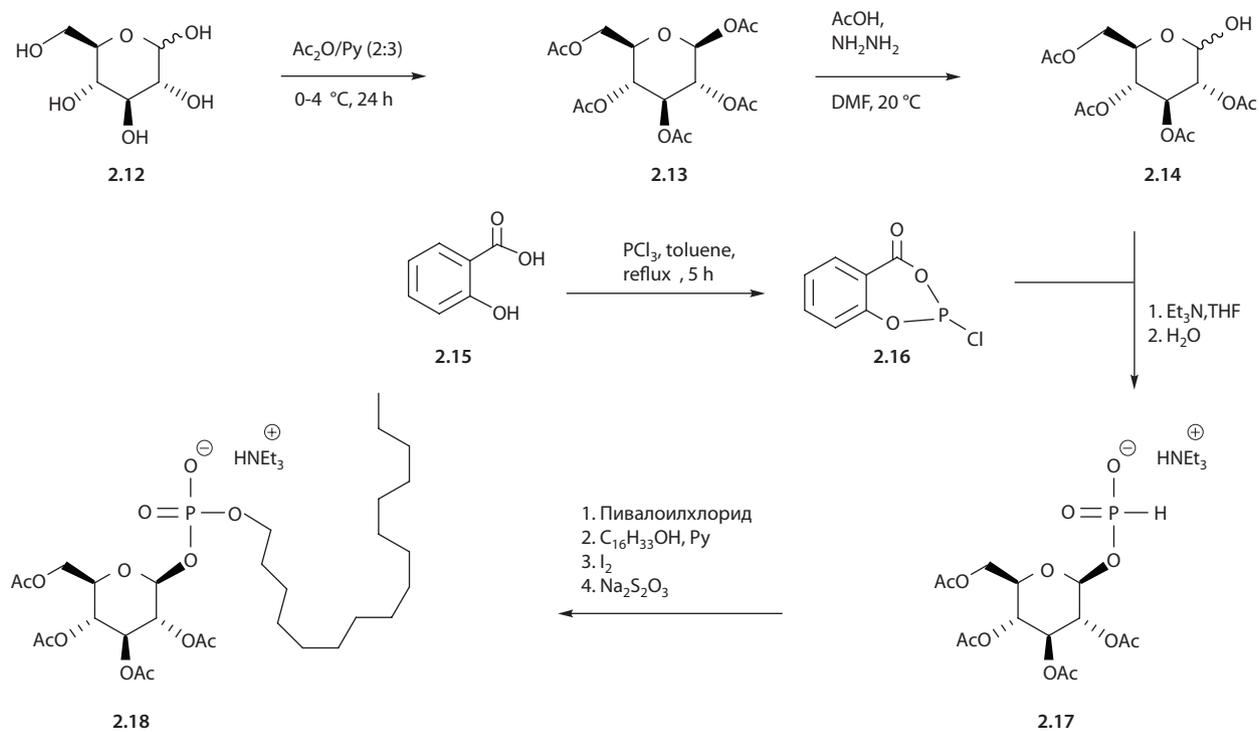


Схема 2.3. Синтез фосфорилированного гликолипида на основе 2,3,4,6-тетра-*O*-ацетил-*D*-глюкопиранозы.

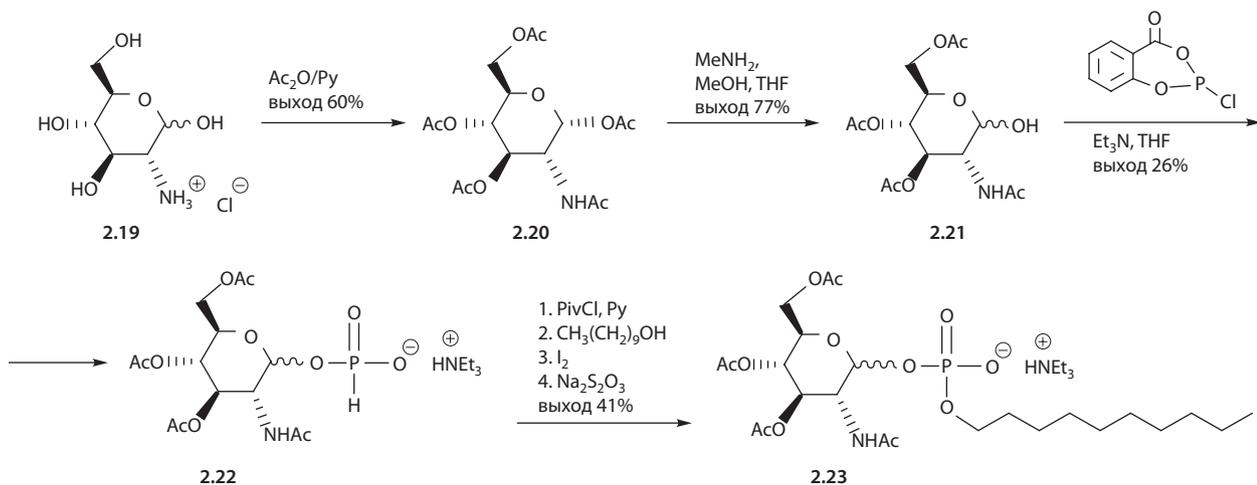


Схема 2.4. Синтез фосфорилированного гликолипида на основе 3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид-2-ацетоамидо-*D*-глюкопиранозы.

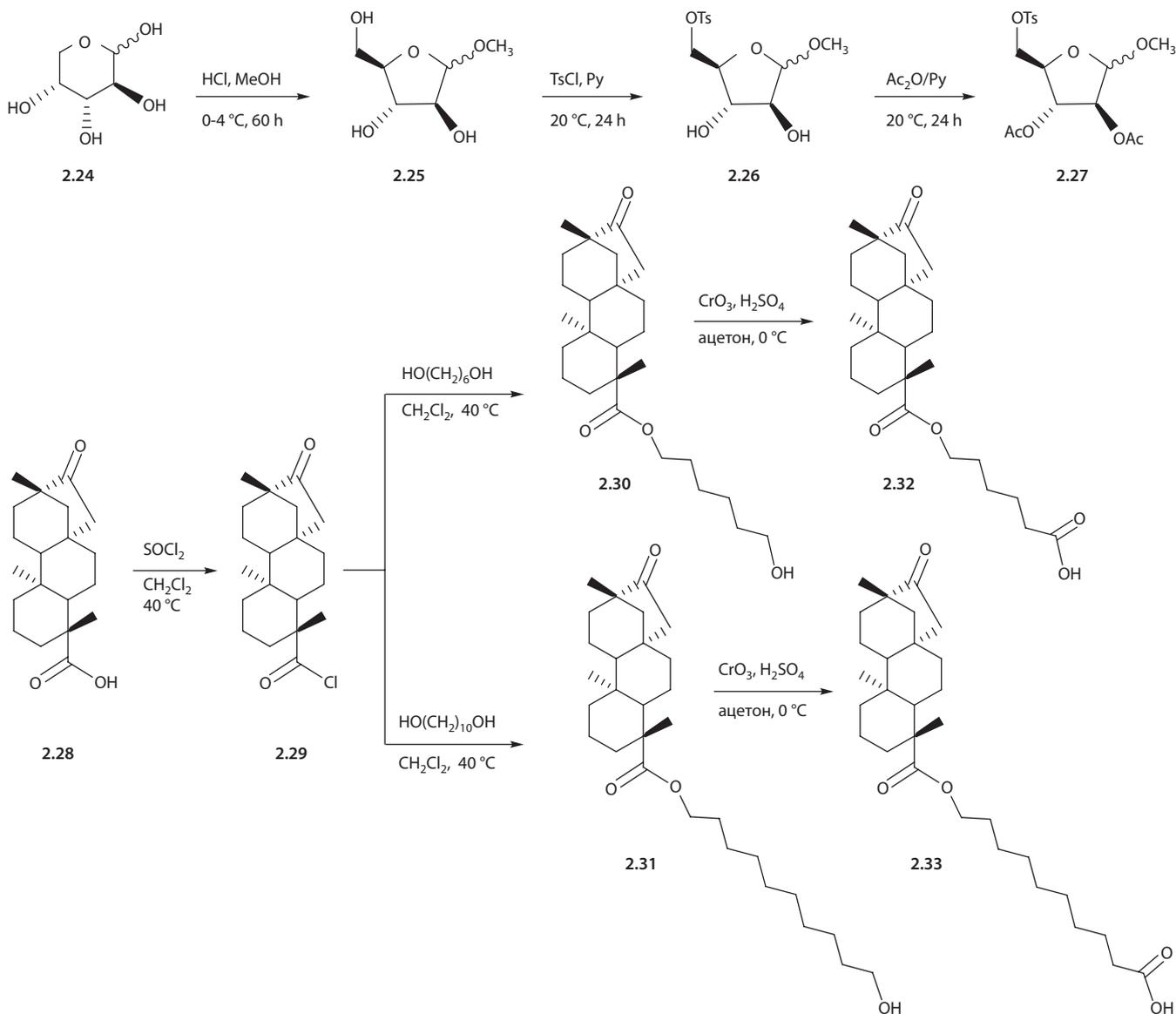


Схема 2.5. Синтез гликотерпеноидных липидов на основе арабинофуранозы и изостевиола (см. продолжение).

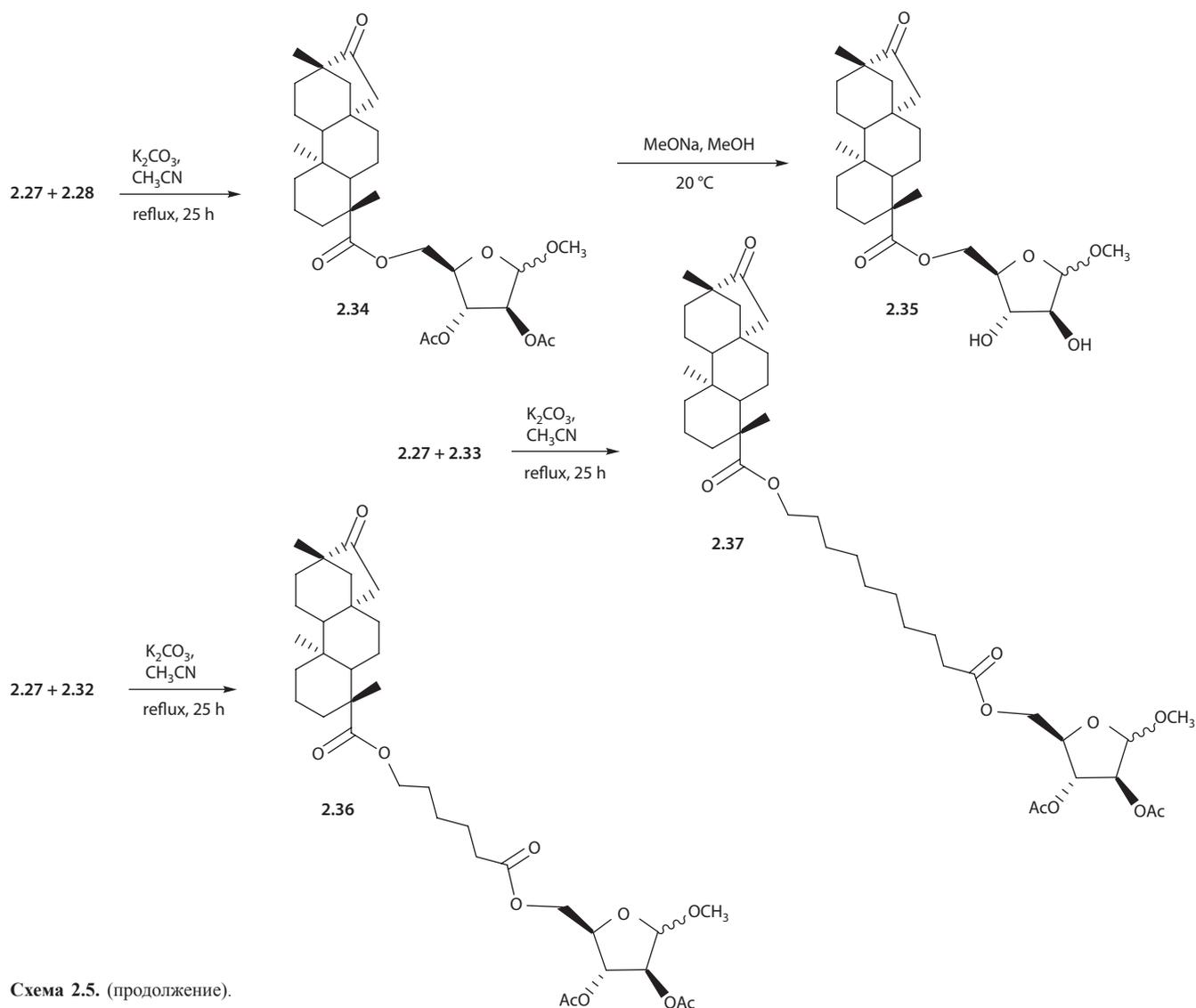


Схема 2.5. (продолжение).

Выборочный скрининг антитуберкулёзной активности синтезированных фосфогликолипидов показал, что фосфаты **2.6**, **2.7** и амидофосфат **2.8** ингибируют *in vitro* рост *Micobacterium tuberculosis* (лабораторный штамм H37Rv) в течении 10 суток при минимальной

ингибирующей концентрации (МИК) 12.5 мкг/мл. Это соответствует активности противотуберкулёзного препарата пиразинамид в контроле.

Синтез конъюгатов терпеноида изостевиола с *D*-арабинофуранозой. Конъюгаты были получены

Таблица 2.1. Антимикробная активность конъюгатов изостевиола и арабинофуранозы.

Соединение	МИК – минимальные ингибирующие концентрации в мкг/мл						
	<i>Sa</i>	<i>Bc</i>	<i>Ec</i>	<i>Pa</i>	<i>An</i>	<i>Tm</i>	<i>Ca</i>
2.34	>500	125	>500	>500	>500	>500	250
2.36	31.3	125	>500	>500	>500	>500	>500
2.37	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
2.28	15.6	250	>500	>500	>500	>500	250
Хлорамфеникол	62.5	62.5	125	–	–	–	–
Кетоконазол	–	–	–	–	–	3.9	3.9

Примечание: *Sa* – *Staphylococcus aureus*, *Ba* – *Bacillus cereus*, *Ec* – *Escherichia coli*, *Pa* – *Pseudomonas aeruginosa*, *An* – *Aspergillus niger*, *Tm* – *Trichophyton mentagrophytes*, *Ca* – *Candida albicans*.

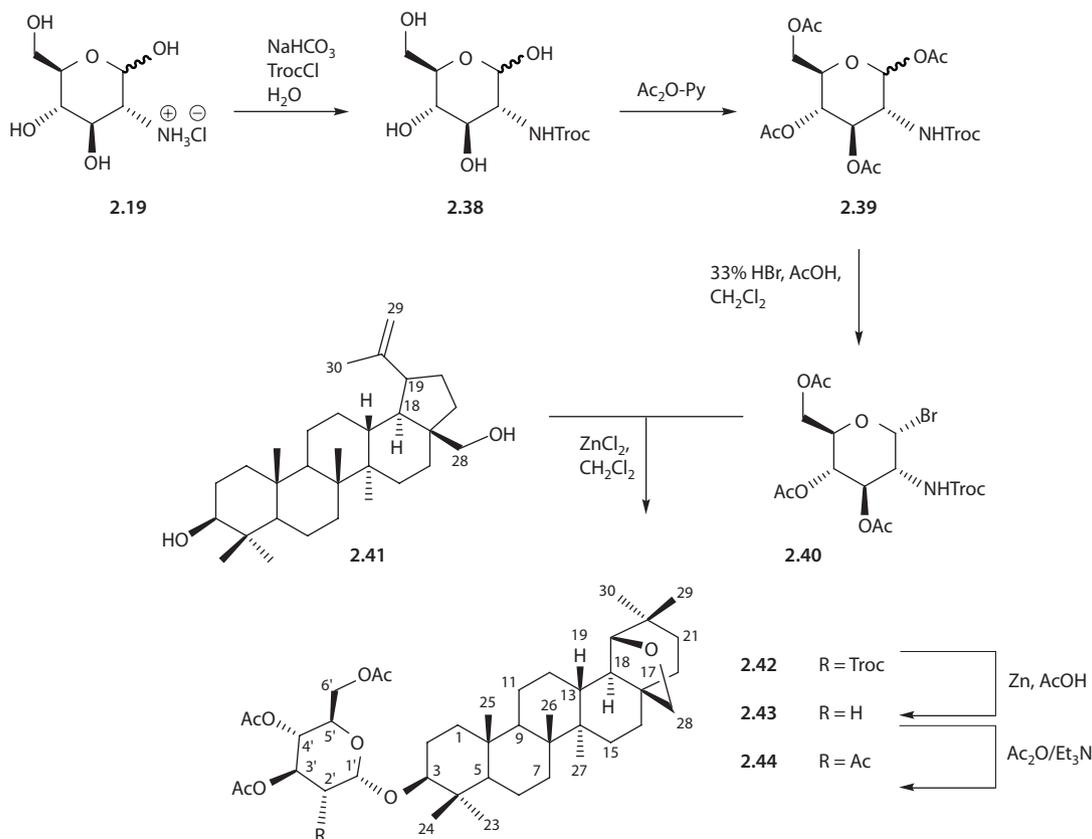


Схема 2.6. Синтез конъюгата аллобетулина и 3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид-2-ацетоамидо-*D*-глюкопиранозы.

по конвергентной схеме, состоящей из двух путей – углеводного и терпеноидного (схема 2.5). Углеводный путь представлял собой трансформацию коммерческой *D*-арабинофуранозы **2.24** в её производное **2.27** с защищёнными гидроксилами в положениях 1–3 и реакционным центром при атоме С-5. В рамках терпеноидного пути к изостевиолу **2.28** были присоединены полиметиленовые спейсеры различной протяженности, содержащие сначала терминальную гидроксильную группу (терпеноиды **2.30** и **2.31**), а затем, после окисления её реактивом Джонса, карбоксильную (терпеноиды **2.32** и **2.33**). Методика ковалентного связывания углеводного **2.27** и терпеновых **2.32** и **2.33** прекурсоров была предварительно проверена на реакции углеводного прекурсора **2.27** с изостевиолом **2.28**, в результате которой были получены гликотерпеноиды **2.34** и **2.35**. Далее по этой же методике были синтезированы гликотерпеноиды **2.36** и **2.37**, в которых молекула изостевиола была связана с арабинофуранозой полиметиленовыми спейсерами различной длины. Отметим, что длина и природа спейсера могут легко регулироваться длиной и природой диолов, вовлекаемых в реакцию с функционализируемыми терпеноидами, в данном случае с изостевиолом **2.28**. Было обнаружено, что длина спейсера существенным образом влияет на биологическую активность гликотерпеноидов. Соединение **2.37**, в котором изостевиол присоединён к арабинофуранозе

нонаметиленовым спейсером совершенно лишено анти-микробной активности. Уменьшение длины спейсера до пяти метиленовых единиц привело к возникновению бактериостатической активности в отношении *Staphylococcus aureus*: гликотерпеноид **2.36** ингибирует рост этой бактерии при МИК 31.3 мкг/мл (таблица 2.1). Однако дальнейшее уменьшение длины спейсера, вплоть до непосредственного присоединения изостевиола к арабинофуранозе, как в **2.34**, привело к полной потере активности. Неожиданно индивидуальный изостевиол **2.28** продемонстрировал бактериостатическую активность в отношении *S. aureus*, превышающую активность антибиотика хлорамфеникола в 4 раза (таблица 2.1).

Синтез конъюгатов (гликозидов) дитерпеноида аллобетулина с глюкозаминоом. Нами впервые получен гликозид аллобетулина с тетраацетилглюкозаминоом в качестве агликона, причём в отличие от известных методик получения гликозидов аллобетулина, получен в одну стадию. Для этого гидрохлорид глюкозамина **2.19** путём последовательных манипуляций с защитными группами был превращён в бромид **2.40**, который был вовлечен в реакцию с бетулином **2.41**, проведённую в присутствии ZnCl₂. В результате с выходом 23% был получен гликозид **2.42** (схема 2.6), являющийся индивидуальным β-аномером. Для дальнейшего изучения его антимикробной активности защитная Тгос группа

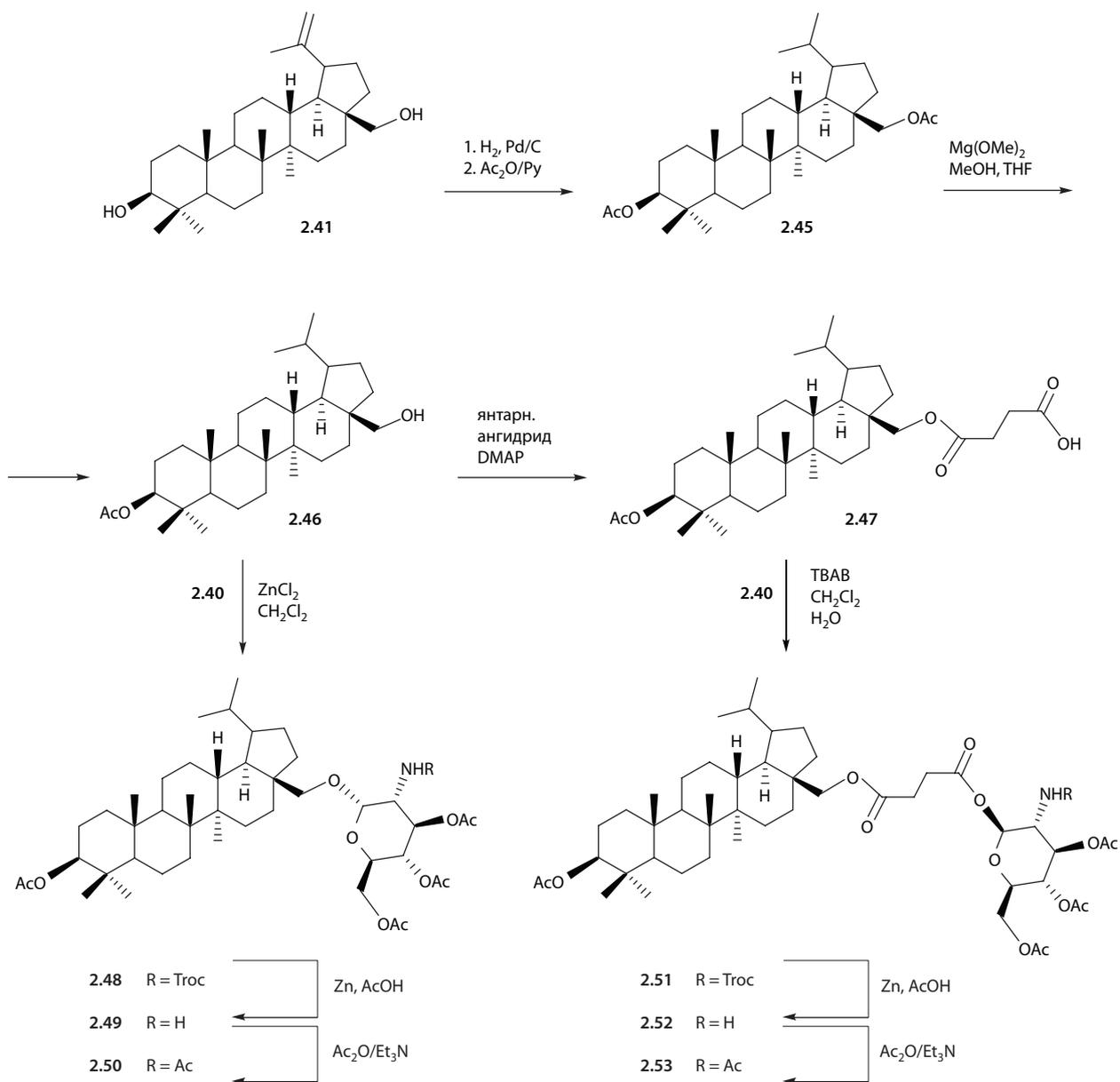


Схема 2.7. Синтез конъюгатов (гликозидов) дигидробетулина и 3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид-2-ацетоамидо-*D*-глюкопиранозы.

Таблица 2.2. Антимикробная активность гликозидов дигидробетулина и их предшественников.

Соединение	МИК – минимальные ингибирующие концентрации в мкг/мл						
	<i>Sa</i>	<i>Bc</i>	<i>Ec</i>	<i>Pa</i>	<i>An</i>	<i>Tm</i>	<i>Ca</i>
2.44	15.6	>500	>500	>500	>500	>500	>500
2.46	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
2.50	7.8	>500	>500	>500	>500	>500	>500
2.47	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
2.53	15.6	>500	>500	>500	>500	>500	>500
2.54	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
Хлорамфеникол	62.5	62.5	125	–	–	–	–
Кетоконазол	–	–	–	–	–	3.9	3.9

Примечание: *Sa* – *Staphylococcus aureus*, *Ba* – *Bacillus cereus*, *Ec* – *Escherichia coli*, *Pa* – *Pseudomonas aeruginosa*, *An* – *Aspergillus niger*, *Tm* – *Trichophyton mentagrophytes*, *Ca* – *Candida albicans*.

была заменена на ацетильную (гликозид **2.44** получен с выходом 71%).

Синтез конъюгатов (гликозидов) дитерпеноида дигидробетулина с глюкозаминем. Чтобы избежать перегруппировки Вагнера-Меервейна, превращающей бетулин **2.41** в аллобетулин, двойная связь бетулина **2.41** была гидрирована водородом над палладием на углероде, образовавшийся дигидробетулин был ацилирован, затем в полученном 3,28-диацетилдигидробетулине **2.45** ацильная защита гидроксильной группы при атоме С-28 была селективно удалена метилатом магния. Далее взаимодействием образовавшегося 3-*O*-ацетилдигидробетулина **2.46** с янтарным ангидридом с выходом 43% был получен 3-*O*-ацетил-28-*O*-сукцинилдигидробетулин **2.47** (схема 2.7). Гликозилирование терпеноидов **2.46** и **2.47** провели реакцией Кенигса-Кнорра с одним и тем же гликозил донором **2.40**, но в разных условиях. Реакцию терпеноида **2.46** катализировали хлористым цинком, а реакцию терпеноида **2.47** провели в гетерофазной системе $\text{CH}_2\text{Cl}_2\text{-H}_2\text{O}$, используя тетрабутиламмоний бромид (ТВАВ). Соответственно гликозид **2.48**, полученный с выходом 35%, образовался в виде α -аномера, а гликозид **2.51**, полученный с выходом 38%, образовался в виде β -аномера. Далее защитная Тгос группа в обоих гликозидах была удалена уксусной кислотой в присутствии активированной цинковой пыли и образовавшиеся гликозиды **2.49** и **2.52** были без дальнейшей очистки ацилированы. Согласно спектрам ЯМР ^1H , гликозид **2.50**, полученный с выходом 79%, продолжал оставаться α -аномером, а гликозид **2.53**, полученный с выходом 43% продолжал оставаться β -аномером.

В таблице 2.2 представлены данные, полученные как для гликозидов **2.44**, **2.50**, **2.53**, так и для их предшественников, а именно, 3 β -*O*-ацетилдигидробетулина **2.46** и 3 β -*O*-ацетил-28-*O*-сукцинилдигидробетулина **2.47**, а также данные для 1,3,4,6-тетра-*O*-ацетил-2-дезоксид-2-ацетамидо-*D*-глюкопиранозы **2.54**, представляющей собой агликон гликозидов **2.44**, **2.50**, **2.53**. Из таблицы 2.2 видно, что гликозиды **2.44**, **2.50**, **2.53** ингибируют рост исключительно только бактерий *Staphylococcus aureus*, причём гликозиды **2.44** и **2.53** по своей активности превосходят антибиотик хлорамфеникол в четыре раза, а гликозид **2.50** – в восемь раз. Отметим, что антибактериальная активность появляется у производных бетулина **2.46** и **2.47** только в результате их гликозилирования: ни они сами, ни пентаацетат глюкозамина **2.54**, который является агликоном гликозидов **2.44**, **2.50**, **2.53** антимикробной активностью не обладают.

Таким образом, в 2017 году были разработаны методики связывания различных терпеноидов с углеводными остатками (арафинофураноза, глюкозамин) посредством спейсеров изменяемой конфигурации.

3. Алкилсульфинильные и алкилсульфонильные производные амидов и гидразидов тиогликолевой кислоты (М. М. Шулаева, С. Г. Фаттахов)

Ранее из серии алкилсульфинильных и алкилсульфонильных производных амидов и гидразидов тиогликолевой кислоты было выявлено соединение-лидер (шифр № 13), которое по своей *in vitro* и *in vivo* (морские свинки) антитуберкулёзной активности в отношении штаммов H37Rv, M. Avium, M. Terrae и клинических мультирезистентных штаммов *M. Tuberculosis*, выделенных у больных, не уступает изониазиду. По результатам этой НИР получен патент РФ № 2591256 α,ω -Бис(амидо- и гидразидометилсульфинил- и сульфонил)алканы, обладающие противотуберкулёзной активностью, и α,ω -бис(метоксикарбонилметилсульфинил- или сульфонил)алканы для их получения. (Зарегистрировано в Госреестре изобретений РФ 29 июня 2016 г.). Было установлено, что соединение-лидер № 13 в дозе 10 мг/кг, так же, как и изониазид в контроле, в течение двух месяцев полностью устраняло признаки туберкулёзного процесса в лёгких, селезенке и печени животных.

В 2016 году были оптимизированы методы синтеза соединения-лидера № 13 и группы соединений, из которых он был выбран, а также определены возможные примеси, образующиеся при их синтезе. Для анализа чистоты полученных продуктов использовался метод хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Agilent Technologies 7890B GC System, совмещённом с масс-селективным детектором Agilent Technologies 5977A MSD фирмы Agilent Technologies (США). Оптимальный метод синтеза соединений-лидеров включает в себя три стадии: 1) алкилирование дигалогеналканов метилтиогликолатом; 2) окисление полученных бис(метоксикарбонилтио)алканов **3.1** перекисью водорода; 3) взаимодействие бис(метоксикарбонилсульфонил- или сульфинил)алканов **3.4** с аммиаком или гидразингидратом (схема 3.1). В ряде случаев целесообразно из сульфидов **3.1** сначала получать амиды **3.5**, которые затем подвергать окислению. На первой стадии выход (до 92%) и чистота бис(сульфидов) **3.1** значительно возрастают при проведении реакции алкилирования в атмосфере аргона и при температуре 15–20°C, при этом продукты можно не очищать колоночной хроматографией. При избирательном окислении бис(сульфидов) **3.1** перекисью водорода в уксусном ангидриде в результате реакции Пуммерера количественно образуются бис(ацилоксисульфиды) **3.2**. Бис(сульфоксиды) **3.3** получены с выходами 65–70% при проведении реакции в ацетонитриле с использованием в качестве катализатора сульфата марганца. Бис(сульфоны) **3.4** получены с выходами 75–80% при окислении сульфидов **3.1** перекисью водорода в ледяной уксусной кислоте при нагревании не выше 70°C во избежание разложения продуктов реакции. Следует отметить, что на этой стадии после окончания реакции продукт хорошо кристаллизуется из реакционной смеси. Окисление амидов **3.5** требует значительно большего

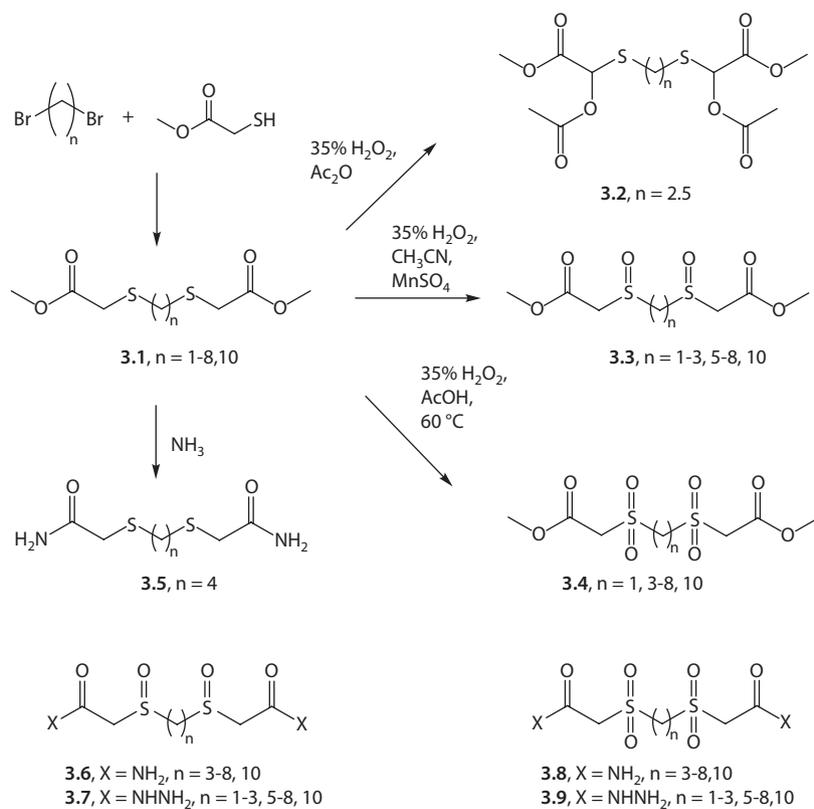


Схема 3.1. Синтез группы соединений, из которой было отобрано соединение-лидер № 13.

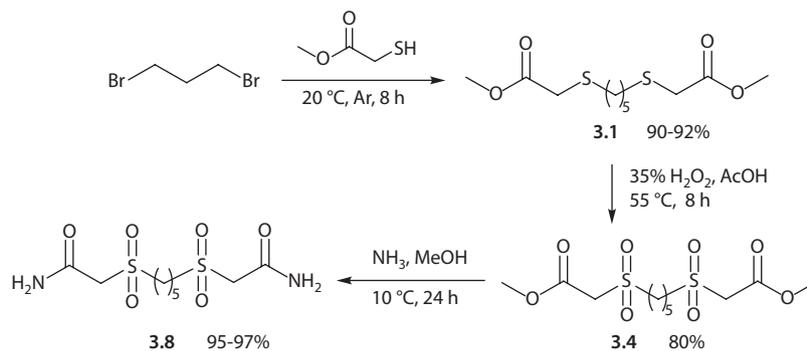


Схема 3.2. Синтез соединения-лидера № 13, оно же 1,5-бис(амидометилсульфонил)пентан **3.8**.

Таблица 3.1. Изменение веса морских свинок, зараженных лабораторным штаммом H37Rv, при лечении соединением-лидером № 13.

Группы животных	Вес морских свинок (г)			Средняя прибавка в весе
	До начала опыта	Через 1.5 месяца лечения	Через 3 месяца лечения	
I группа зараженные нелеченые	320	360	380	60±10
II группа зараженные, леченые изониазидом 10.0 мг/кг	330	410	720	330±60
III группа зараженные, леченые соединением №13 (5.0 мг/кг)	340	360	540	200±20
IV группа зараженные, леченые соединением №13 (7.5 мг/кг)	330	380	620	290±30
V группа зараженные, леченые соединением №13 (10.0 мг/кг)	330	420	650	320±30
VI группа зараженные леченые, соединением №13 (12.5 мг/кг)	340	420	540	200±20

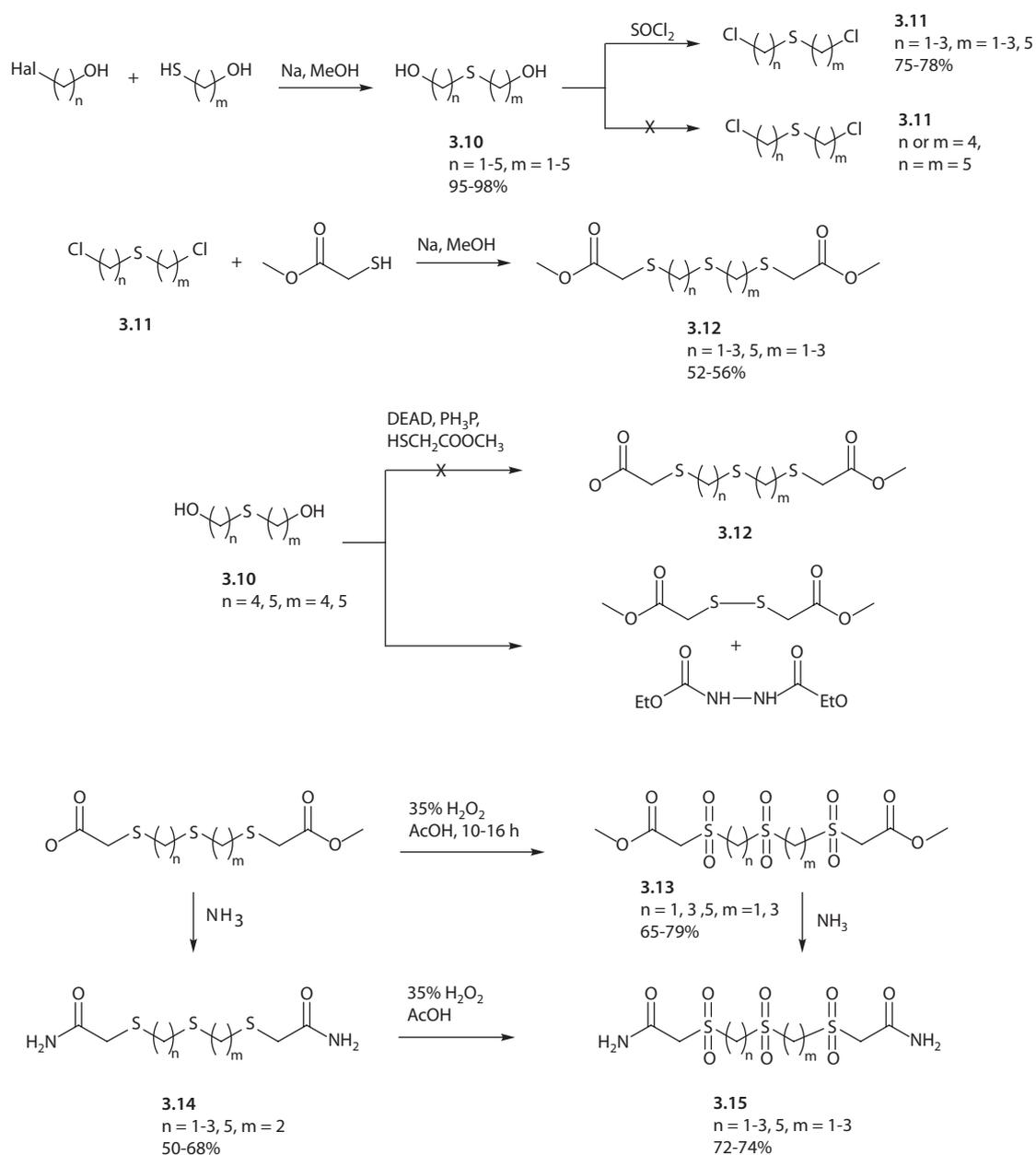


Схема 3.3. Синтез полисульфонильных производных тиогликолевой кислоты.

Таблица 3.2. Гематологические показатели животных, зараженных лабораторным штаммом H37Rv, и леченых соединением-лидером № 13 и изониазидом.

Показатель	Нелеченые животные	Животные, леченые изониазидом	Животные, леченые соединением № 13 (дозы мг/кг)			
			5.0	7.5	10.0	12.5
Эритроциты	3.6±0.02	4.2±0.01	3.6±0.01	3.8±0.02	3.9 ±0.01	4.1±0.03
Гемоглобин	122.3±8.2	137.0±4.1	133.2±4.2	134±3.1	136±2.7	127.0±3.1
СОЭ	5.2±0.6	14±0.2	5.8±0.7	6.5±0.3	7.8±0.8	7.9±0.4
Лейкоциты	6.7±0.5	4.5±0.5	6.4±0.1	6.2 ±0.3	5.8±0.2	5.4±0.3
Палочко-ядерные эйтрофилы	0.4±0.1	1.3±0.1	0.3±0.1	0.6 ±0.1	0.9 ±0.2	0.8±0.2
Сегменто-ядерные нейтрофилы	32.0±1.4	18.4±3.1	34.0±3.7	28.3 ±2.4	30.2 ±2.6	26.3±3.8
Лимфоциты	54.1±1.4	64.2±3.4	67.0±3.7	75.7 ±5.2	64.8 ±4.8	68.9±6.3
Моноциты	5.6±1.8	4.8±0.7	5.7±0.4	4.1±1.1	3.2 ±0.9	6.1±0.3

Таблица 3.3. Антимикробная активность соединения № 13 в терминах МИК (мкг/мл).

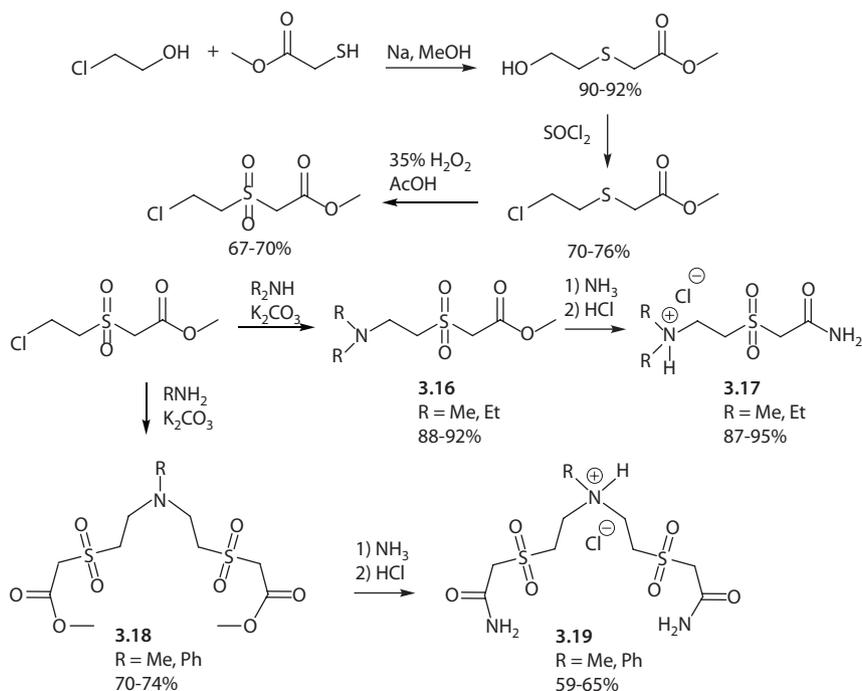
	<i>St.aureus</i> 209 P	<i>B.cereus</i> 8035	<i>E.coli</i> F50	<i>Ps.aeruginosa</i>	<i>Tr.gipseum</i> 9027	<i>Asp.niger</i>	<i>Candida albicans</i>
Соединение № 13	62.5	>500	>500	>500	>500	>500	>500
Хлорамфеникол	62.5	62.5	125	–	–	–	–

времени реакции (до 48 ч). Целевые амиды **3.6**, **3.8** и гидразиды **3.7**, **3.9** получены с высокими выходами (80–95%) при обработке соединений **3.3**, **3.4** аммиаком или гидразингидратом. Соединение-лидер № 13 в наиболее чистом виде получено при барботировании газообразного аммиака в метанольный раствор соответствующего бис(сульфона) **3.4** при 5–10°C (схема 3.2). Оно может содержать до 5% примесей, представляющих собой главным образом продукты неполного окисления, а именно, 1-(амидометилсульфонил)-5-(амидометилсульфинил)пентан и 1,5-бис(амидометилсульфинил)пентан, а также продукты неполного замещения сложноэфирной группы на амидную.

В 2016 году в УрНИИ фтизиопульмонологии Минздрава России проведено исследование по определению оптимальной лечебной дозы соединения-лидера № 13 в опытах на морских свинках, зараженных микобактериями туберкулёза лабораторного штамма H37Rv. Изучение терапевтического действия продолжалось 3 месяца, при ежедневном пероральном введении соединения № 13 в различных дозах (от 5 мг/кг до 12.5 мг/кг), что позволило также изучить хроническую токсичность соединения № 13.

В процессе эксперимента оценивались динамика веса животных, индекс поражения органов (лимфо-

узлы, лёгкое, печень, селезенка) и индекс эффективности химиотерапии. Кроме того, было проведено изучение биохимических показателей крови. Важным показателем эффективности лечения является разница в весе морских свинок на начало и окончание лечения. Данные по изменению веса животных представлены в таблице 3.1. Через 1.5 месяца после начала лечения вес животных, получавших соединение № 13 в дозах 10.0 и 12.5 мг/кг, был выше, чем в варианте с изониазидом. Эти данные хорошо согласуются с полученными в 2015 г. результатами по изучению активности соединения № 13 *in vivo* в опыте продолжительностью 2 месяца. Однако при продолжении лечения до 3 месяцев этот показатель снизился по сравнению с изониазидом, особенно в дозе 12,5 мг/кг, что указывает на токсическое действие препарата в длительном (3 месяца) эксперименте. В ходе лечения у животных определяли гемоглобин, количество лейкоцитов и эритроцитов, а также лейкоцитарную формулу. Результаты приведены в таблице 3.2. Установлено, что соединение № 13 во всех изученных дозах не влияет на показатели красной крови, более того, при его применении наблюдается тенденция к нормализации количества альбумина и восстановлению нормального альбумино-глобулинового соотношения.

**Схема 3.4.** Синтез сульфонильных производных тиогликолевой кислоты с центральным аминным фрагментом.

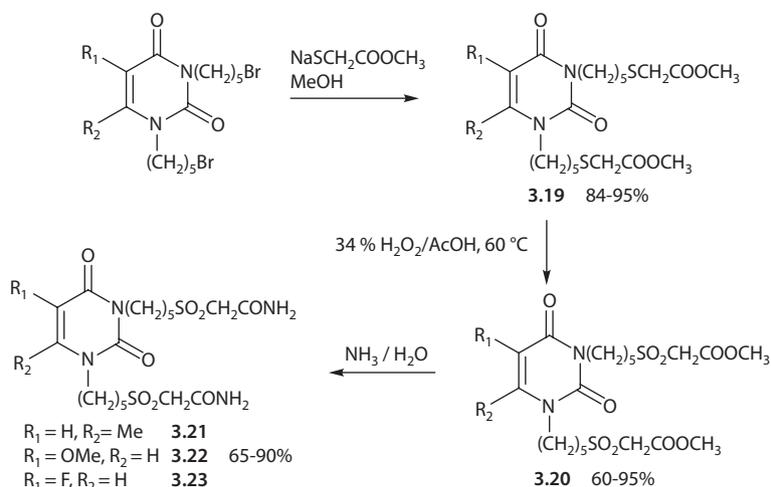


Схема 3.5. Синтез производных урацила, содержащих терминальные карбамоилметилсульфонильные группы.

При проведении макроскопического исследования внутренних органов леченых животных в группе животных, получавших соединение № 13 в дозах 5.0 и 7.5 мг/кг, выявлены туберкулёзные изменения в лёгких, селезенке, печени и лимфоузлах. Для животных, получавших соединение № 13 в дозах 10 и 12.5 мг/кг, эти изменения были незначительными, но было обнаружено гепатотоксическое действие, особенно ярко выраженное для дозы 12.5 мг/кг. Соединение № 13 не оказывало токсического действия на почки и поджелудочную железу, но оказывало цитолитическое действия на гепатоциты печени и угнетало активность АЛТ печени. Таким образом, соединение № 13 не проявило специфической противотуберкулёзной активности в дозах 5.0 и 7.5 мг/кг и проявило умеренную специфическую противотуберкулёзную активность при лечении экспериментального туберкулёза в дозе 10.0 и 12.5 мг/кг. Однако соединение № 13 при длительном (3 месяца) лечении животных в оптимальных дозах оказало

цитолитическое действие на гепатоциты печени. По этой причине оно было признано непригодным для подготовки к доклиническим исследованиям.

В 2016 году проведено изучение влияния соединения № 13 на ряд микроорганизмов (бактерии и грибы). Результаты представлены в таблице 3.3. Выявлено, что соединение № 13 ингибирует рост золотистого стафилококка в дозе 62.5 мкг/мл, что соответствует активности антибиотика хлорамфеникола. Особо отметим, что в отличие от хлорамфеникола, являющегося бактериостатиком, соединение № 13 оказывает выраженное бактерицидное действие. Вместе с тем соединение № 13 не влияет на другие микроорганизмы, в частности, на кишечную палочку. Этот факт весьма интересен и косвенно указывает на различие в механизмах действия изониазида и соединения № 13.

В 2016 году с целью поиска новых эффективных антитуберкулёзных агентов в ряду производных тиогликолевой кислоты была проведена химическая модификация соединения-лидера № 13 и группы соединений, из которой он был отобран. Эти соединения принадлежат к полисульфонильным производным амидов тиогликолевой кислоты (схема 3.3), сульфонильным производным тиогликолевой кислоты с центральным аминным фрагментом (схема 3.4) и урацилам, содержащим терминальные карбамоилметилсульфонильные группы (схема 3.5). Для ряда синтезированных соединений был проведён скрининг антитуберкулёзной активности *in vitro* в отношении лабораторного штамма H37Rv. Результаты представлены в таблице 3.4. Максимальную активность (МИК 3.1 мкг/мл) проявило сульфонильное производное амида тиогликолевой кислоты **3.17**, содержащее аммонийную группу. Следует отметить, что введение сульфонильной группы в полиметиленовую цепочку на порядок снижает активность соединения-лидера № 13 (соединение **3.8**, схема 3.2) с 0.6 мкг/мл до 6.2 мкг/мл (соединение **3.15** с $n = m = 2$ на схеме 3.3) (таблица 3.4).

Таблица 3.4. Туберкулостатическая активность в отношении *M. Tuberculosis* (штамм H37Rv, *in vitro*) соединений, синтезированных в отчётном году.

Соединение	МИК (мкг/мл)
3.15 ($n = m = 2$)	6.2
3.15 ($n = 2, m = 3$)	6.2
3.15 ($n = 2, m = 5$)	12.5
3.15 ($n = m = 3$)	12.5
3.15 ($n = 3, m = 5$)	12.5
3.17 (R = Et)	3.1
3.17 (R = Me)	12.5
3.19 (R = Me)	12.5
3.19 (R = PhCH ₂)	12.5
3.21	12.5
3.22	12.5
3.23	12.5
Изониазид	0.1
Пиразинамид	12.5*

Литературные данные: Donald P.R., Tuberculosis, 2010, **90**, 279–292.

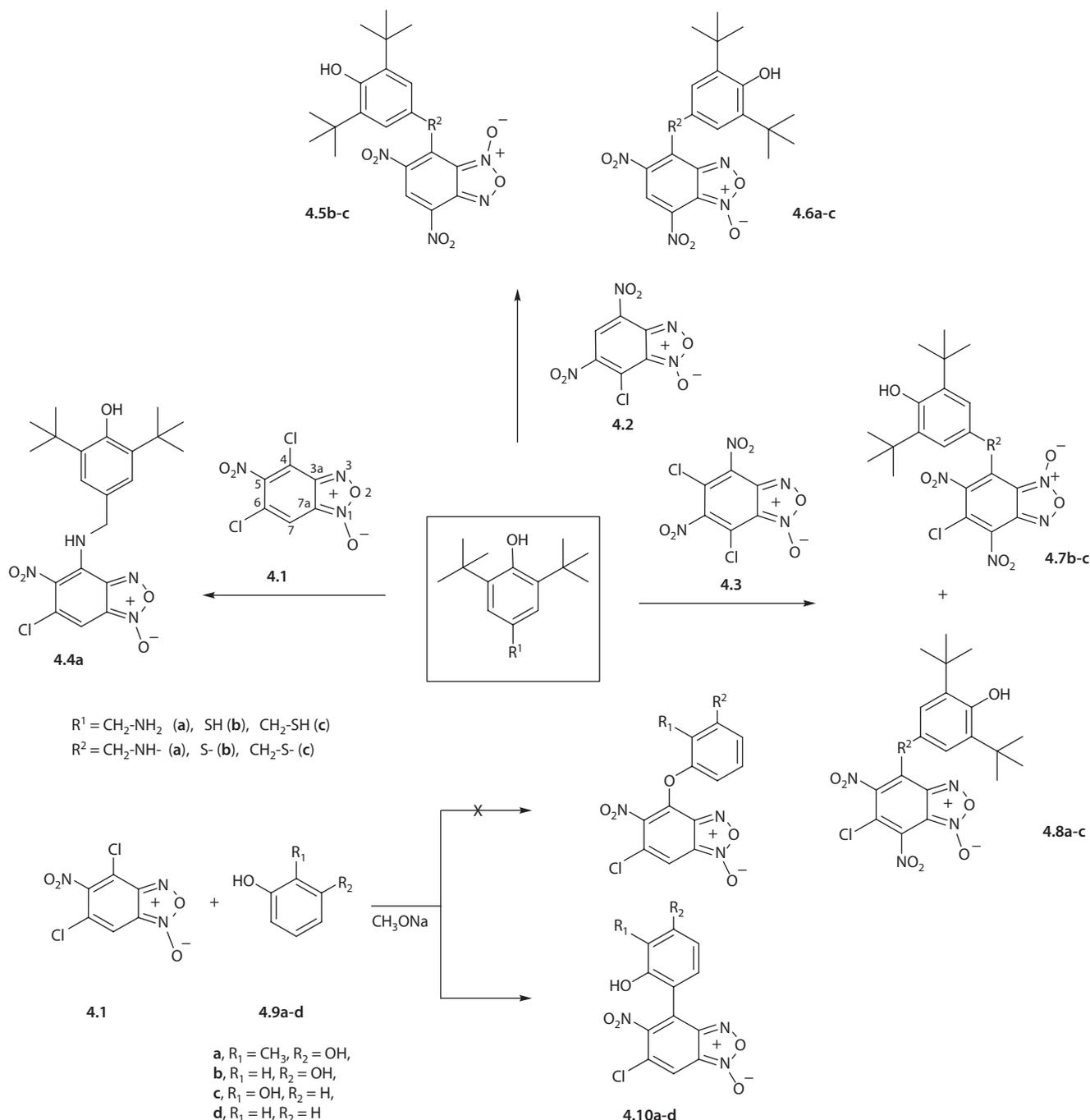


Схема 4.1. Синтез бензофуроксанов с ионольной группой.

4. Бензофуроксаны с ионольной группой (Е. А. Чугунова, Н. И. Акылбеков, А. Р. Бурилов)

В соответствии с заявленным планом, в отчётном году бензофуроксаны были функционализированы пространственно затрудненной 3,5-ди-*tert*-бутил-4-гидроксибензильной (ионольной) группировкой. В качестве стартовых соединений были использованы бензофуроксаны, содержащие такие акцепторные заместители, как нитрогруппа и атом хлора, а именно: 4,6-дихлоро-5-нитробензофуроксан **4.1**, 4,6-динитро-7-хлорбензофуроксан **4.2** и 5,7-дихлоро-

4,6-динитробензофуроксан **4.3**. Присутствие в молекулах (ди)нитробензофуроксанов **4.1–4.3** одного или двух подвижных атомов хлора позволило легко заместить их на amino- или меркаптозамещённые ионолы (**a–c**) с получением целевых продуктов **4.4–4.8** (схема 4.1). Было установлено, что на структуру образующихся продуктов оказывает влияние строение исходного бензофуроксана и заместитель в ионольной группировке. Так, 4,6-дихлоро-5-нитробензофуроксан **4.1** проявляет наименьшую электрофильность и вступает в реакции только с аминопроизводными ионола (**a**), образуя продукт **4.4a**.

Таблица 4.1. Бактерио- и фунгистатическая активность бензофуруксанов с ионольной группой, МИК (мкг/мл).

Соединение	Тестируемые микроорганизмы						
	<i>Sa</i>	<i>Bc</i>	<i>Ec</i>	<i>Pa</i>	<i>An</i>	<i>Tm</i>	<i>Ca</i>
4.4a	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
4.6a	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
4.8a	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
4.10a	0.19	6.25	125	250	500	12.5	3.1
4.10b	1.9	12.5	250	500	500	500	12.5
4.10d	3.1	25	250	500	>500	62.5	7.8
Нитроксилин	3.9	7.8	7.8	>500	3.12	1.9	1.9
Ципрофлоксацин	0.25	0.25	0.5	0.5	0.5	–	–
Офлоксацин	0.97	1.5	0.5	3.1	–	–	–
Норфлоксацин	2.4	7.8	1.5	3.0	–	–	–
Кетоконазол	–	–	–	–	–	3.9	3.9

Обозначения: *Sa* – *Staphylococcus aureus*, *Bc* – *Bacillus cereus*, *Ec* – *Escherichia coli*, *Pa* – *Pseudomonas aeruginosa*, *An* – *Aspergillus niger*, *Tm* – *Trichophyton mentagrophytes*, *Ca* – *Candida albicans*.

Бензофуруксаны **4.2** и **4.3** реагируют с аминоинолом (**a**) с образованием только одного продукта замещения **4.6a**, **4.8a**. В тоже время реакция бензофуруксанов **4.2** и **4.3** с тиопроизводными ионола (**b**) и (**c**) приводит в каждом случае к двум таутомерным продуктам, а именно **4.5b** и **4.6b**, **4.5c** и **4.6c**, **4.7b** и **4.8b**, **4.7c** и **4.8c** (схема 4.1). Продолжая изучать влияние на антимикробную активность бензофуруксанов их функционализацию фенолами, мы вовлекли в реакцию с бензофуруксаном **4.1** фенол, резорцин, 2-метилрезорцин и пирокатехин. Неожиданно оказалось, что реакция протекает не с участием фенольного гидроксила, а по атому углерода в *орто*-положении с образованием арилированных бензофуруксанов **4.10** (схема 4.1). Синтезированные соединения переданы на изучение их антимикробной активности. Уже полученные результаты представлены в таблице 4.1. Установлено, что арилированные бензофуруксаны **4.10** проявили в отношении грамположительных бактерий высокую бактериостатическую активность, сопоставимую с активностью норфлоксацина и нитроксилина. Соединение-лидер **4.10a** проявило в отношении *Staphylococcus aureus* бактериостатическую активность, превосходящую активность антибиотиков норфлоксацина, офлоксацина и ципрофлоксацина, а также фунгистатическую активность в отношении *Candida albicans*, сопоставимую с активностью противогрибкового препарата кетоконазол.

5. Аммониевые и фосфониевые производные изатина
(А. В. Богданов, Т. А. Кутузова, В. Ф. Миронов)

В отчётном году разработан простой способ синтеза аммониевых производных изатина **5.31–5.36** по реакции его производных с регентом Жирара **5.2** (схема 5.1). Результаты исследования антимикробной активности полученных соединений представлены в таблице 5.1. Из приведенных в таблице 5.1 данных, видно, что соединение **5.36**, содержащее пространственно затрудненный фенольный фрагмент, превосходит по бактериостатической активности препарат сравнения хлорамфеникол в отношении *S. aureus* 209 P в 16 раз, а в отношении *B. cereus* 8035 в 4 раза. Особо отметим, что в отличии от хлорамфеникола, соединение-лидер **5.36** является бактерицидом. Кроме того, соединение-лидер **5.36** проявило умеренную фунгицидную активность (МИК 62.5 мкг/мл) в отношении *C. Albicans* и умеренную фунгистатическую активность (МИК 62.5 мкг/мл) в отношении *T. Mentagrophytes*. Гемолитическое действие соединения-лидера **5.36** при этих концентрациях оказалось низким (таблица 5.2). Все остальные соединения антимикробную активность в отношении использованных культур не проявили. На основании полученных данных по антимикробной активности был сделан вывод о перспективности синтеза новых аммониевых ацилгидразонов

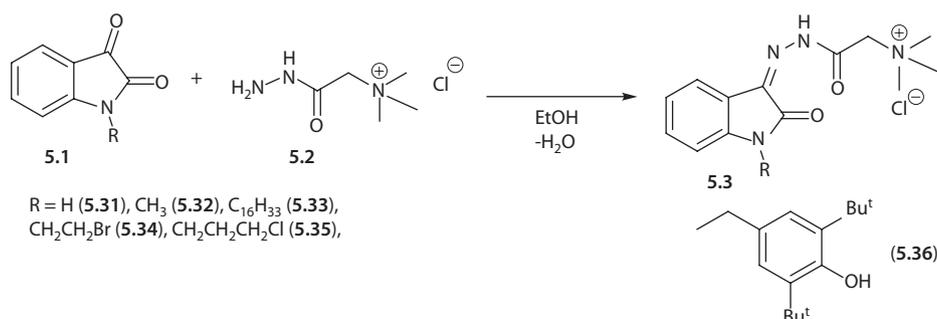


Схема 5.1. Синтез аммониевых производных изатина.

Таблица 5.1. Антимикробная активность новых производных изатина.

Соединения	МИК – минимальные ингибирующие концентрации (мкг/л)						
	<i>Sa</i>	<i>Bc</i>	<i>Ec</i>	<i>Pa</i>	<i>An</i>	<i>Tm</i>	<i>Ca</i>
5.36	3.9	15.6	>500	>500	>500	62.5	62.5
5.35	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
5.31	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
5.33	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
Хлорамфеникол	62.5	62.5	125	–	–	–	–
Кетоконазол	–	–	–	–	–	3.9	3.9
Бактерицидная и фунгицидная активность (мг/л)							
5.36	15.6	15.6	>500	>500	>500	125	62.5
5.35	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
5.31	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
5.33	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500

Обозначения: *Sa*, *Staphylococcus aureus*; *Ba*, *Bacillus cereus*; *Ec*, *Escherichia coli*; *Pa*, *Pseudomonas aeruginosa*; *An*, *Aspergillus niger*; *Tm*, *Trichophyton mentagrophytes*; *Ca*, *Candida albicans*.

Таблица 5.2. Гемолитическая активность соединения (5.36).

Соединение	Концентрация (мг/л)	Гемолиз (%)
5.36	15.6	0.2
	3.9	0

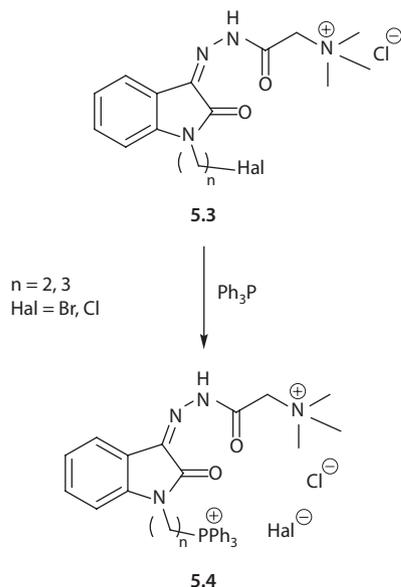


Схема 5.2. Синтез производных изатина с аммониевой и фосфониевой группами.

изатина, содержащих пространственно затрудненный фенольный фрагмент.

В соответствии с заявленным планом, в 2016 году полученные водорастворимые изатин-3-ацилгидразоны **5.34**, **5.35**, содержащие галогеналкильные заместители, были вовлечены в реакцию кватернизации трифенилфосфина, которая привела к соединениям **5.4**, содержащим

одновременно аммонийную и фосфониевую группировки (схема 5.2). Полученные соединения переданы на изучение антимикробной активности.

6. Аммониевые и фосфониевые производные диалкил(диарил)замещённых фосфиноксидов (Д. А. Татаринцев, Д. М. Кузнецов, В. Ф. Миронов)

В отчётном году разработана методика синтеза производных диалкил(диарил)замещённых фосфиноксидов **6.3**, функционализированных по атому кислорода ароматического фрагмента полиметиленовым спейсером с терминальной аммонийной группой. Методика заключается в алкилировании гидроксифосфиноксидов **6.1** дигалогеналканами в среде ДМФА в присутствии поташа, приводящем к ω -бромалкоксифенилвинилфосфиноксидам **6.2**. Последние были трансформированы реакцией с триэтиламином в ацетоне в целевые фосфиноксиды **6.3**, содержащие триэтиламмонийную группу (схема 6.1).

С целью синтеза запланированных фосфониевых солей **6.5** была предпринята попытка алкилирования соединений **6.4** по реакции Мицунобу с использованием холина и 2-аминоэтанола. Оказалось, что в обоих случаях реакция не проходит, и из реакционной среды выделяли исходные вещества. Холин, содержащий полярную аммонийную группу, не растворялся даже в полярных органических растворителях (ТГФ, дихлорметан, ацетонитрил), что препятствовало прохождению реакции Мицунобу. В случае 2-аминоэтанола реакция, по-видимому, осложняется наличием аминогруппы и приводит к трудноразделимой смеси соединений. Более эффективным оказался подход с использованием реакции восстановления фосфиноксида до фосфина. При этом в качестве исходного соединения был использован не фосфиноксид **6.3** с аммонийным фрагментом, а производное **6.2** с фенильными заместителями при атоме

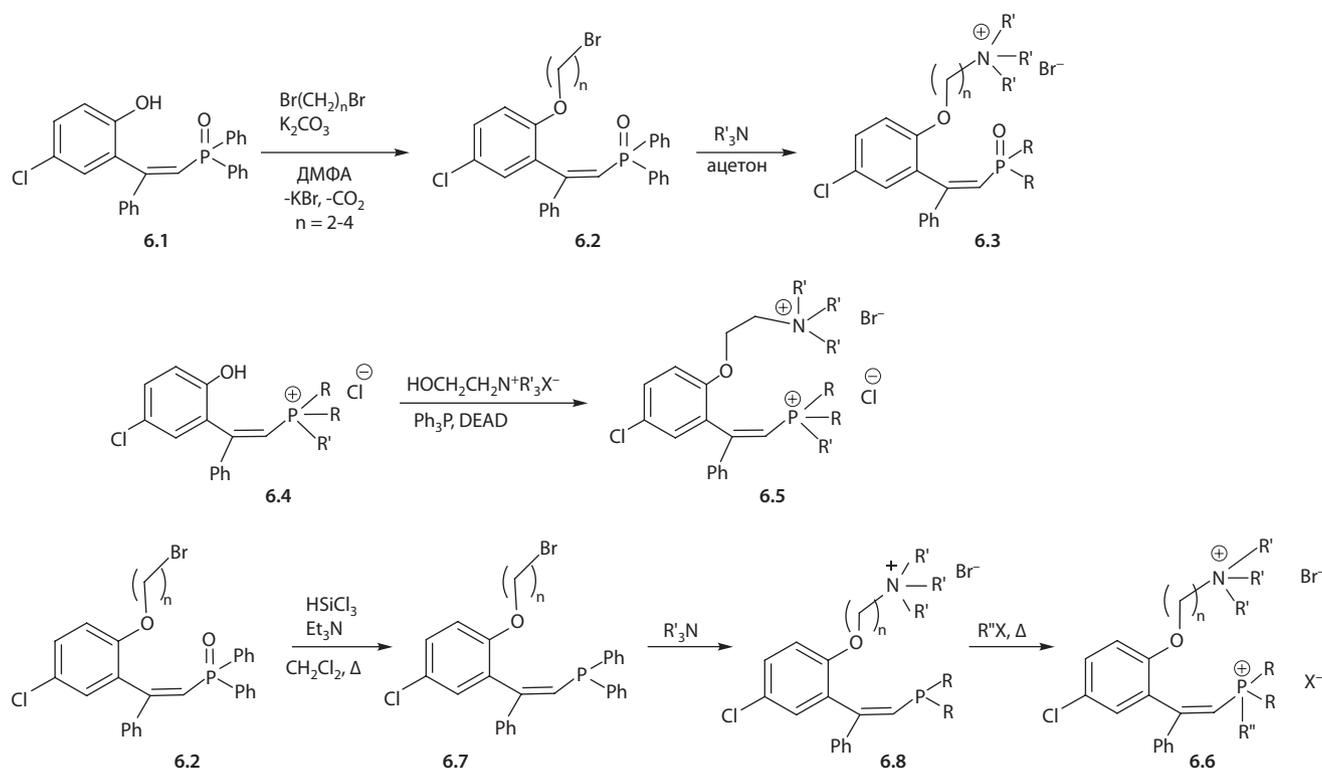


Схема 6.1. Синтез аммониевых и фосфониевых производных диалкил(диарил)замещённых фосфиноксидов.

фосфора. Оказалось, что фосфиноксид **6.2** практически количественно восстанавливается в соответствующий фосфин **6.7** под действием трихлороформа. Далее полученный фосфин **6.7** вовлекли в реакцию с триэтиламино, которая привела к винилфосфину **6.8**, содержащему аммонийную группу. Последующая кватернизация атома фосфора фосфина **6.8** привела к целевому соединению **6.6**, содержащему одновременно аммонийную и фосфониевую группы (схема 6.1). По-

лученные аммониевые и фосфониевые соли, а также ряд исходных фосфиноксидов **6.1** переданы на изучение антимикробной активности.

Уже полученные результаты представлены в таблице 6.1. Было установлено, что, за исключением двух соединений, все фосфониевые соли **6.4** селективно действуют на грамположительные бактерии *S. aureus 209 P* и *B. cereus 8035*, проявляя как бактериостатическую, так и бактерицидную активности. В ряду диалкиларилфосфо-

Таблица 6.1. Антибактериальная активность соединений **6.4**.

Соединение	MIC/MBC (мкг/мл)		<i>Ec</i> ^c	<i>Pa</i> ^d
	<i>Sa</i> ^a	<i>Bc</i> ^b		
a) R' = Ph, R = Me	125/125	125/125	>500/>500	>500/>500
b) R' = Ph, R = Et	62.5/62.5	62.5/62.5	>500/>500	>500/>500
c) R' = Ph, R = Pr	15.6/15.6	62.5/62.5	>500/>500	>500/>500
d) R' = Ph, R = Bu	3.9/3.9	15.6/15.6	>500/>500	>500/>500
e) R' = Ph, R = C ₅ H ₁₁	250/>500	250/250	>500/>500	>500/>500
f) R' = Ph, R = C ₆ H ₁₃	250/>500	250/>500	>500/>500	>500/>500
g) R = Ph, R' = Me	31.3/31.3	31.3/31.3	>500/>500	>500/>500
h) R = Ph, R' = Et	7.8/15.6	15.6/15.6	>500/>500	>500/>500
i) R = Ph, R' = Pr	7.8/15.6	7.8/15.6	>500/>500	>500/>500
j) R = Ph, R' = Bu	15.6/31.3	7.8/15.6	>500/>500	>500/>500
k) R = Ph, R' = C ₅ H ₁₁	3.9/3.9	3.9/3.9	>500/>500	>500/>500
l) R = Ph, R' = C ₆ H ₁₃	1.5/1.5	3.9/3.9	>500/>500	>500/>500
Хлорамфеникол	62.5	62.5	125	–
Норфлоксацин	2.4/2.4	7.8/15.6	1.5/1.5	3.0/15.6

Обозначения: ^a*Sa* – *Staphylococcus aureus*, ^b*Ba* – *Bacillus cereus*, ^c*Ec* – *Escherichia coli*, ^d*Pa* – *Pseudomonas aeruginosa*.

Таблица 6.2. Противогрибковая активность соединений 6.4.

Соединение	MIC/MFC (мкг/мл)		Ca ^c
	An ^a	Tm ^b	
a) R' = Ph, R = Me	>500/>500	>500/>500	>500/>500
b) R' = Ph, R = Et	>500/>500	>500/>500	>500/>500
c) R' = Ph, R = Pr	>500/>500	>500/>500	>500/>500
d) R' = Ph, R = Bu	>500/>500	>500/>500	>500/>500
e) R' = Ph, R = C ₃ H ₁₁	>500/>500	>500/>500	>500/>500
f) R' = Ph, R = C ₆ H ₁₃	>500/>500	>500/>500	>500/>500
g) R = Ph, R' = Me	>500/>500	31.3/125	125/125
h) R = Ph, R' = Et	>500/>500	15.6/15.6	62.5/125
i) R = Ph, R' = Pr	>500/>500	15.6/250	31.3/62.5
j) R = Ph, R' = Bu	250/>500	15.6/62.5	125/125
k) R = Ph, R' = C ₃ H ₁₁	250/>500	15.6/62.5	15.6/62.5
l) R = Ph, R' = C ₆ H ₁₃	125/>500	15.6/15.6	15.6/15.6
Кетоконазол	–	3.9	3.9

Обозначения: ^aAn – *Aspergillus niger*, ^bTm – *Trichophyton mentagrophytes*, ^cCa – *Candida albicans*.

ниевых солей **6.4a-f** соединением-лидером оказалась соль **6.4d**, превосходящая по бактериостатической активности в отношении *S. aureus* препарат сравнения антибиотик хлорамфеникол в 16 раз, а в отношении *B. cereus* в 4 раза. Кроме того, в отличие от хлорамфеникола, являющегося бактериостатиком, соединение **6.4d** является бактерицидом и убивает *S. aureus* и *B. cereus* при МВС 3.9 и 15.6 мкг/мл соответственно. Отметим также, что дибутилфенилфосфониевая соль **6.4d** по своей бактериостатической и бактерицидной активности в отношении *S. aureus* и *B. cereus* сопоставима с антибиотиком фторхинолонового ряда норфлоксацином (таблица 6.1). Удлинение алкильных заместителей в ряду диалкиларил фосфониевых солей **6.4a-f** до пентильных **6.4e** и гексильных **6.4f** привело к резкому уменьшению активности. Наоборот, в ряду диарилалкильных фосфониевых солей **6.4g-l** максимальную активность

проявила фосфониевая соль с пентильным заместителем **6.4k** и фосфониевая соль с гексильным заместителем **6.4l**. Первая из перечисленных по бактериостатическому действию на *S. aureus* и *B. cereus* превосходила хлорамфеникол в 16 раз и была сопоставима по активности с норфлоксацином. Дифенилгексилфосфониевая соль **6.4l** оказалась соединением-лидером.

При концентрации 1.5 мкг/мл она оказывала бактерицидное действие на *S. aureus*, а при концентрации 3.9 мкг/л – на бактерии *B. cereus*. То есть по бактериостатической и бактерицидной активности в отношении *S. aureus* она была сопоставима с антибиотиком норфлоксацином, а в отношении *B. cereus* превосходила его в 2–3 раза (таблица 6.1). Это превосходный результат. Что касается противогрибковой активности, то диарилалкилфосфониевые соли **6.4g-j** проявили умеренную фунгистатическую активность в отношении исключительно *T. Mentagrophytes* (МИК = 15.6 мкг/мл). Соединения **6.4k,l** действовали не селективно, но зато оказались фунгицидами, причём соединением-лидером опять оказалась дифенилгексилфосфониевая соль **6.4l**, проявившая фунгицидную активность в отношении *T. Mentagrophytes* и *C. albicans* при МИК 15.6 мкг/мл (таблица 6.2). Отметим, что диалкиларилфосфониевые соли **6.4a-f** противогрибковой активностью не обладали.

Таким образом, наиболее перспективной платформой для дальнейшего поиска эффективных антимикробных агентов в ряду диалкилфенилфосфониевых соединений оказалась дибутилфенилфосфониевая соль **6.4d** с объёмным алкильным заместителем у атома фосфора, а в ряду дифенилалкилфосфониевых соединений – дифенилгексилфосфониевая соль **6.4l** с длинноцепным алкильным заместителем у атома фосфора (таблицы 6.1, 6.2). Было установлено, что соединения-лидеры в концентрации, в которой они проявили максимальную активность (МИК и МБК), не оказывают гемолитического действия на эритроциты крови человека (таблица 6.3).

Таблица 6.3. Гемолитическая активность соединений 6.4.

Соединение	Концентрация (мкг/мл)	Гемолиз (%)
b) R' = Ph, R = Et	62.5	94
	62.5	90
c) R' = Ph, R = Pr	31.3	87
	15.6	6.7
d) R' = Ph, R = Bu	31.3	100
	15.6	26
	3.9	0.33
g) R = Ph, R' = Me	31.3	0.2
h) R = Ph, R' = Et	15.6	0.1
	7.8	0.1
i) R = Ph, R' = Pr	15.6	0.3
j) R = Ph, R' = Bu	7.8	0.1
	31.3	0.1
	15.6	0
k) R = Ph, R' = C ₃ H ₁₁	7.8	0
	7.8	0.1
l) R = Ph, R' = C ₆ H ₁₃	3.9	0.1
	3.9	0.2
	1.5	0.1

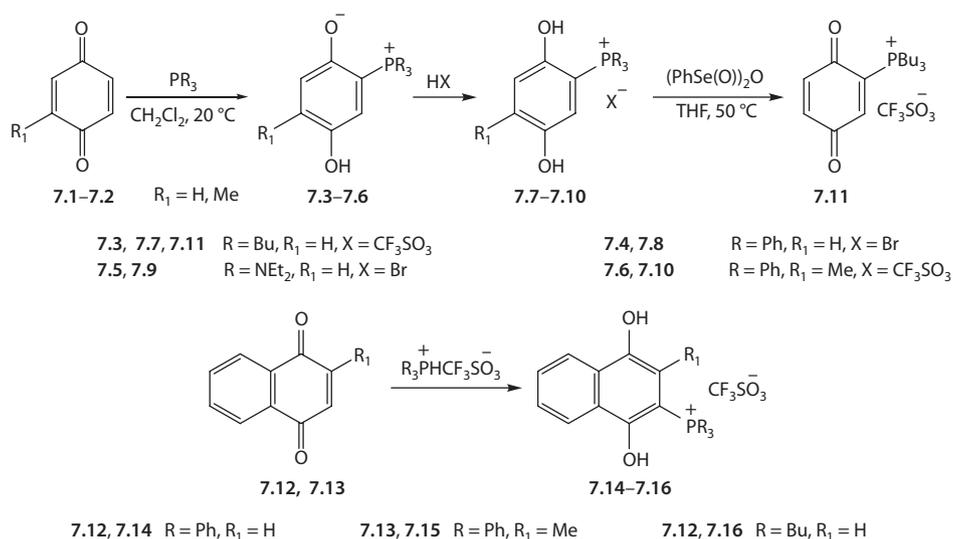


Схема 7.1. Синтез фосфониевых производных пара-хинонов.

7. Фосфониевые производные пара-хинонов (Н. Р. Хасиятуллина, В. Ф. Миронов)

В соответствии с планом на 2016 год, реакцией пара-хинонов **7.1**, **7.2** с различными фосфинами были синтезированы фосфобетайны **7.3–7.6**, обработка которых минеральными кислотами привела к образованию фосфониевых гидрохинонов **7.7–7.10**. Окисление фосфониевых производных гидрохинонов ангидридом дифенилселенистой кислоты привело к соответствующим пара-хинонам **7.11** (схема 7.1). Для получения фосфониевых производных 1,4-нафтохинона нами был разработан новый подход, заключающийся в использовании не третичных фосфинов,

а фосфониевых солей, содержащих лабильную связь Р-Н (соли были получены *in situ* из соответствующих фосфинов и трифторметансульфокислоты). Этот подход оказался весьма эффективным, и в результате с количественными выходами были получены фосфониевые соли **7.14–7.16**, содержащие 1,4-дигидрокси нафталиновые фрагменты (схема 7.1).

Изучение антимикробной активности синтезированных фосфониевых производных пара-хинонов выявило два соединения-лидера. Это фосфониевая соль пара-гидрохинона **7.9** и фосфониевая соль 1,4-дигидрокси нафтохинона **7.15**. Их бактериостатическая активность в отношении *Staphylococcus aureus* в четыре раза превысила

Таблица 7.1. Антимикробная активность фосфониевых пара-гидрохинонов в терминах МИК и МБК (мкг/мл).

Соединение	Бактериостатическая и фунгиостатическая активности						
	<i>Sa</i>	<i>Bc</i>	<i>Ec</i>	<i>Pa</i>	<i>An</i>	<i>Tm</i>	<i>Ca</i>
7.7	250	>500	>500	>500	>500	>500	>500
7.8	62.5	>500	>500	>500	>500	>500	>500
7.9	15.6	>500	>500	>500	>500	250	125
7.14	125	125	>500	>500	>500	>500	>500
7.15	15.6	>500	>500	>500	>500	125	250
7.16	250	62.5	>500	>500	>500	>500	>500
Хлорамфеникол	62.5	62.5	125	–	–	–	–
Кетоконазол	–	–	–	–	–	3.9	3.9
Бактерицидная и фунгицидная активности							
7.7	250	>500	>500	>500	>500	>500	>500
7.8	250	>500	>500	>500	>500	>500	>500
7.9	15.6	>500	>500	>500	>500	>500	>500
7.14	125	>500	>500	>500	>500	>500	>500
7.15	15.6	>500	>500	>500	>500	125	>500
7.16	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500

Примечания: *Sa* – *Staphylococcus aureus* ATCC 209 P, *Ba* – *Bacillus cereus* ATCC 8035, *Ec* – *Escherichia coli* CDC F-50, *Pa* – *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *An* – *Aspergillus niger* VKMF-1119, *Tm* – *Trichophyton mentagrophytes* var. *gypseum* 1773, *Ca* – *Candida albicans* 855-653.

Таблица 7.2. Гемолитическая активность соединений **7.9**, **7.15** в отношении эритроцитов человека.

Соединения	Концентрация (мкг/мл)	Гемолиз (%)
7.9	15.6	0
7.15	15.6	0.1

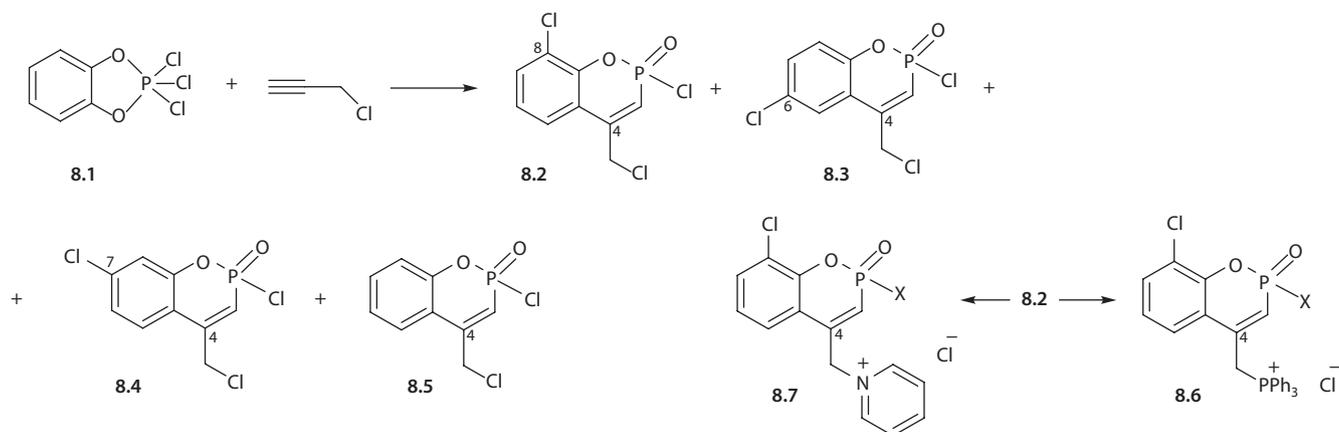
активность хлорамфеникола. Более того, в отличие от него, оба соединения-лидера оказались бактерицидами и при значении МБК 15.6 мкг/мл вызвали полную гибель клеток *S. aureus* (таблица 7.1). Было установлено, что при этой концентрации соединения-лидеры **7.9** и **7.15** не вызывают гемолиз крови человека (таблица 7.2). Отметим, что все изученные фосфониевые производные хинонов, в том числе и соединения-лидеры, оказались неактивны в отношении грамотрицательных бактерий и грибов (таблица 7.1).

8. Аммониевые и фосфониевые производные фосфакумаринов (А. В. Немтарёв, И. О. Насибуллин, В. Ф. Миронов)

В соответствии с заявленными планами, работа в 2016 году была направлена на получение ранее неизвестных фосфониевых (аммониевых) солей на платформе фосфакумаринов (арено-1,2-оксафосфинов). Для достижения поставленных целей необходимо было: (1) получить прекурсоры фосфониевых солей, содержащие реакционноспособные (для фосфорилирования) структурные фрагменты; (2) подобрать условия для осуществления реакций фосфорилирования с участием фосфинов. В качестве базовых структур для последующего фосфорилирования были выбраны галогеналкильные производные арено-1,2-оксафосфинов, которые можно получать по реакции 2,2,2-тригалоген-1,3,2-диоксафосфолов с галогеналкилацетиленами (схема 8.1).

На примере реакции 2,2,2-тригалогенбензо-1,3,2-диоксафосфола с 3-хлорпропином нами было обнару-

жено, что проходит она существенно больше (несколько недель) по сравнению с аналогичными превращениями с участием арил- [V.F. Mironov, A.V. Nemtarev // Review journal of chemistry, 2011, vol. 1, no. 1, pp. 27–55.] и алкилацетиленов [A.V. Nemtarev, V.F. Mironov, E.N. Varaksina, et al. // Russ. Chem. Bull. 2014, vol. 63, no. 1, pp. 149–177]. Проведение реакции при комнатной температуре в среде хлористого метилена приводит к преимущественному образованию оксафосфина **8.2**, содержащего галоген в восьмом положении. Изучение влияния природы растворителя и температуры позволило выявить следующие основные закономерности. (1) При увеличении температуры скорость реакции существенно возрастает, при этом селективность галогенирования фенолинового фрагмента фосфинов падает. Наряду с 8-галогензамещёнными продуктами образуются соединения оксафосфиновой природы, содержащие галоген в шестом- (соединение **8.4**), седьмом- (соединение **8.5**) положениях, а также негалогенированные производные (соединение **8.5**). (2) Высокополярные растворители (такие как ацетонитрил), характеризующиеся высокими значениями донорного числа, вызывают диспропорционирование исходного тригалогенфосфора **8.1** с образованием спирофосфорана. (3) Растворители, характеризующиеся низкими значениями диэлектрической проницаемости (бензол, диоксан) направляют реакцию трихлорфосфола с хлорпропином по пути образования 6- и 8-галогенированных продуктов в соотношениях 0.6–0.9:1.0. Полученные данные позволяют (с учётом количественных характеристик растворителей) подобрать наиболее благоприятные условия для получения региоизомерных арено-1,2-оксафосфинов с высокими выходами. На примере соединений **8.2** и **8.8** показано, что в реакциях с трифенилфосфином или пиридином в среде толуола или ацетонитрила происходит образование фосфониевых- (соединение **8.6**) или пиридиниевых (соединение **8.7**) солей с выходами 60–83%. Вновь синтезированные производные фосфакумарина, содержащие пиридиниевые и аммониевые фрагменты переданы на изучение антимикробной активности.

**Схема 8.1.** Синтез аммониевых и фосфониевых производных фосфакумарина.

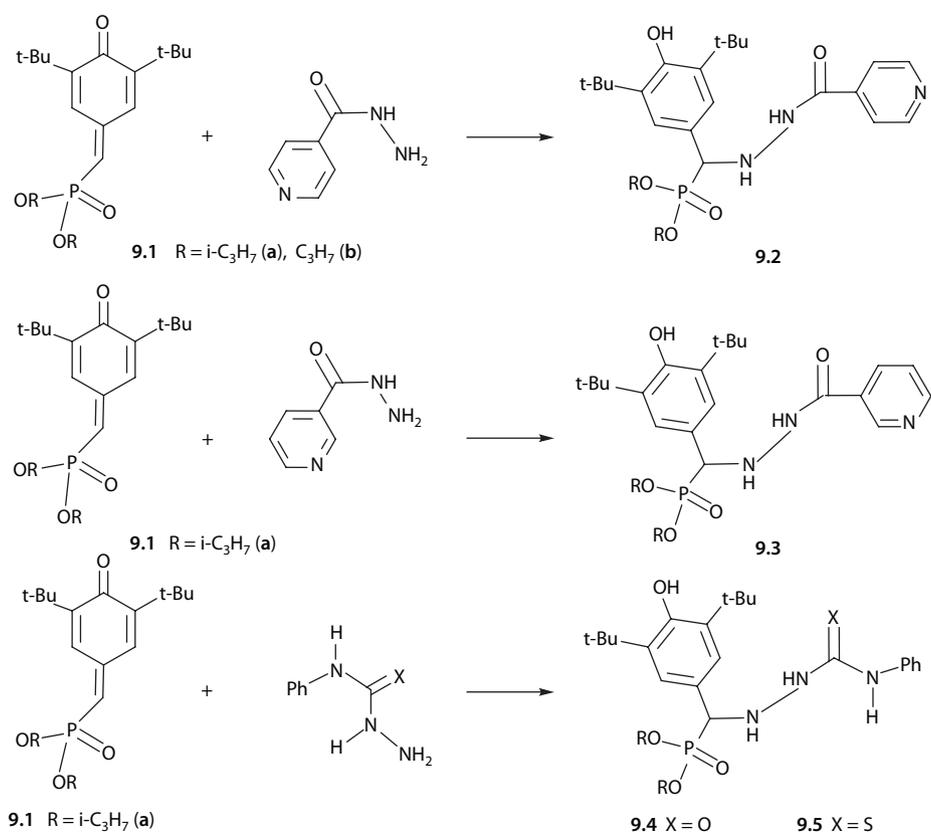


Схема 9.1. Синтез α -аминофосфонатов с ионольным фрагментом.

9. Альфа-аминофосфонаты, содержащие ионольный фрагмент (Р. Р. Азмуханова, А. Р. Бурилов)

В 2016 году были исследованы реакции фосфорилированных метилехинонов, содержащих, пространственно-затрудненную фенольную (ионольную) группу, с рядом N-нуклеофилов, обладающих биологической активностью широкого спектра действия: гидразидами никотиновой и изоникотиновой кислот, фенил(тио)семикарбазидом. В результате реакций фосфорилированных метилехинонов **9.1a,b** с гидразидом изоникотиновой кислоты (противотуберкулёзный препарат изониазид) с высокими выходами синтезированы новые продукты присоединения **9.2a,b**, содержащие изониазидный фрагмент (схема 9.1). Взаимодействием фосфорилированного метилехинона **9.1a** с гидразидом никотиновой кислоты синтезирован продукт **9.3**. Реакции фенил(тио)семикарбазидов с фосфорилированным метилехиноном **9.1a** привели к образованию соединений **9.4, 9.5**.

Выводы

Таким образом, в 2016 году синтезированы и изучены новые серии неизвестных до наших работ антимикробных агентов. Это:

- Мультигетероциклы на основе 1,3-бис(алкил)-6(5)-замещённых урацилов, алкильные цепочки которых содержат “нейтральные” или ониевые терминальные насыщенные (морфолиновые, пиперазиновые, пиперидиновые) или ароматические (бензимидазольные, 1,2,3- и 1,2,4-триазольные) гетероциклы. Среди синтезированных соединений выявлено соединение-лидер (**1.11b**), которое по бактериостатической активности в отношении грамположительных бактерий *Staphylococcus aureus* 209 P и *Bacillus cereus* 8035 (МИК 2–4 мкг/мл) в 15 раз превосходит активность антибиотика хлорамфеникола, а по фунгистатической активности в отношении гриба *C. albicans* 855-653 (МИК 0.8 мкг/мл) в 5 раз превосходит активность препарата кетоконазол.
- Фосфорилированные гликолипиды, содержащие различные углеводные остатки (глюкуроновую кислоту, глюкозамин, глюкозу) и различные фосфорсодержащие группировки (фосфитную, фосфатную, амидофосфатную). Выборочное тестирование их антитуберкулёзной активности синтезированных соединений показало, что все они ингибируют *in vitro* рост штамма H37Rv *M. Tuberculosis* при МИК 12.5 мкг/мл, что сопоставимо с активностью противотуберкулёзного препарата пипразинамида (МИК = 13 мкг/мл).
- Сульфонильные и полисульфонильные производные амидов и гидразидов тиогликолевой кислоты, среди

- которых обнаружены соединения, в 2–4 раза превосходящие по туберкулоостатической активности противотуберкулёзный препарат пипразинамид.
- Гликотерпеноиды на основе изостевиола, аллобетулина, дигидробетулина, арабинофуранозы и глюкозамина, среди которых обнаружены соединения, селективно ингибирующие рост *Staphylococcus aureus* в 4–8 раз лучше, чем антибиотик хлорамфеникол.
 - Аммониевые и фосфониевые производные бензофураноксанов, изатинов, диалкил(диарил)замещённых фосфиноксидов, пара-хинонов, среди которых выявлены соединения-лидеры, превышающие по бактериостатической активности в 4–16 раз активность антибиотика хлорамфеникола.

Список статей, опубликованных научным коллективом направления “Создание новых классов антимикробных агентов” в 2016 году

1. A.V. Bogdanov, V.F. Mironov, Synthesis of isatoic anhydride derivatives (microreview) // Chem. Heterocyclic Compounds, 2016, vol. 52, no. 2, pp. 90–92.
2. A.V. Bogdanov, T.A. Kutuzova, V.F. Mironov, First examples of isatin acylhydrazones with ammonium fragment // Russian Journal of General Chemistry, 2016, vol. 86, no. 3, pp. 756–757.
3. A.V. Bogdanov, T.A. Kutuzova, D.B. Krivolapov, A.B. Dobrynin, V.F. Mironov, 1-Chloroacetylindole(isatin) in reactions with some N-nucleophiles. Unexpectedly easy cleavage of chloroacetyl group // Russian Journal of General Chemistry, 2016, vol. 86, no. 3, pp. 539–543.
4. А.В. Смолочкин, А.С. Газизов, А.Р. Бурилов, М.А. Пудовик Взаимодействие 2-(2-гидрокси-нафталин-1-ил)-N-циклогексил-пирролидин-1-карбоксимида с резорцином и его производными и синтез полифенолов // Известия Академии наук. Сер. хим., 2016, № 5, С. 1377–1379.
5. B.F. Garifullin, I.Yu. Strobykina, R.R. Sharipova, M.A. Kravchenko, V.E. Kataev, The first macrocyclic glycopterpenoid having glucosamine and isosteviol moieties // Macroheterocycles, 2016, vol. 9, no. 3, pp. 320–322.
6. B.F. Garifullin, I.Yu. Strobykina, R.R. Sharipova, M.A. Kravchenko, O.V. Andreeva, O.B. Bazanova, V.E. Kataev, Synthesis and antituberculosis activity of the first macrocyclic glycopterpenoids comprising glucosamine and diterpenoid isosteviol // Carbohydrate Research, 2016, vol. 431, pp. 15–24.
7. В.Э. Семенов, А.Д. Волошина, Н.В. Кулик, А.С. Стробыкина, Р.Х. Гиниятуллин, Л.Ф. Сайфина, А.Е. Николаев, Е.С. Крылова, В.В. Зобов, В.С. Резник, Макроциклические и ациклические 1,3-бис[5-(триалкиламмоний)пентил]-5(6)-замещённые урацилдибромиды. Синтез, антимикробные свойства, связь структура-активность // Известия Академии наук. Сер. хим. 2016, № 12, С. 2885–2896.
8. D.A. Tatarinov, D.M. Kuznetsov, A.D. Voloshina, A.P. Lyubina, A.S. Strobykina, F.K. Mukhitova, F.M. Polyancev, V.F. Mironov, Synthesis of 2-(2-hydroxyaryloxy)alkenylphosphonium salts from phosphine oxides via ring-closing ring-opening approach and their antimicrobial evaluation // Tetrahedron, 2016, vol. 72, no. 51, pp. 8493–8501.
9. E.A. Chugunova, N.I. Akylbekov, A.D. Voloshina, N.V. Kulik, V.V. Zobov, V.M. Babaev, N.V. Gavrilov A.R. Burilov, Synthesis and investigation of antimicrobial activity of compounds derived from benzo[C][1,2,5]oxadiazole-1-oxides and phenolates // Synthetic Communications, 2016, vol. 46, no. 18, pp. 1560–1565.
10. E.A. Chugunova, N.I. Akylbekov, L. Shakirova, A.B. Dobrynin, V. Syakaev, S. Latypov, S. Bukharov, A.R. Burilov, Synthesis of hybrids of benzofuroxan and N-, S-containing sterically hindered phenols derivatives. Tautomerism // Tetrahedron, 2016, vol. 72, no. 41, p. 6415–6420.
11. E.A. Chugunova, N.I. Akylbekov, N.O. Appazov, E.M. Makhrus, A.R. Burilov, Synthesis of the first tertiary ammonium derivative of 6-chloro-5-nitrobenzofuroxan // Russian Journal of Organic Chemistry, 2016, vol. 52, no. 6, pp. 920–921.
12. E.S. Izmet'ev, O.V. Andreeva, R.R. Sharipova, B.F. Garifullin, I.Yu. Strobykina, M.A. Kravchenko, V.E. Kataev, Synthesis and antituberculosis activity of some phosphorous containing glycolipids on the basis of glucuronic acid // Phosphorous, Sulfur and Silicon and Related Elements, 2016, vol. 191, pp. 1621–1622.
13. R.R. Sharipova, B.F. Garifullin, O.V. Andreeva, I.Yu. Strobykina, V.E. Kataev, First derivative of the Stevia rebaudiana glycoside steviolbioside containing thiazolyldiazone moieties // Chemistry of Natural Compounds, 2016, vol. 52, no. 5, pp. 870–873.
14. R.H. Bagautdinova, E.M. Pudovik, A.R. Burilov, S.A. Terent'eva, M.A. Pudovik, 1,3-Benzoxazines and some of their reactions // Russian Journal of General Chemistry, 2016, vol. 86, no. 3, pp. 749–751.
15. C. Jovene, J. Marrot, J.-P. Jasmin, E.A. Chugunova, R. Goumont, A synthetic pathway to substituted benzofuroxans through the intermediacy of sulfonates: the case example of fluoro-nitrobenzofuroxans // European Journal of Organic Chemistry, 2016, vol. 2016, no. 23, pp. 4084–4092.
16. C. Jovene, M. Jacquet, E.A. Chugunova, S.V. Kharlamov, R. Goumont, Synthesis and 1-oxide/3-oxide interconversion of 4-substituted benzodifuroxans: a thorough NMR and theoretical study of the structure of 4-fluoro- and 4-chloro-benzodifuroxan // Tetrahedron, 2016, vol. 72, no. 15, pp. 2057–2063.

Аспирантура и Диссертационные советы

Институт осуществляет образовательную деятельность по программам обучения в аспирантуре по направлению 04.06.01 Химические науки в соответствии с лицензией и свидетельством об аккредитации образовательных программ.

На начало 2017 года в аспирантуре обучается 23 человека (все на очной форме), распределение аспирантов по направленностям показано в таблице 1.

Таблица 1. Распределение аспирантов по специальностям.

Специальность	Количество аспирантов	Прием в 2016 году
Органическая химия	5	3
Физическая химия	13	4
Химия элементоорганических соединений	2	–
Нефтехимия	3	1

Контрольная цифра приёма в аспирантуру устанавливалась по результатам конкурса среди вузов и академических институтов. Эффективная работа аспирантуры института в предыдущие годы была отмечена конкурсной комиссией, которая увеличила институту контрольную цифру приёма на бюджетные места в 2016 году – 8 человек. На все места были поданы заявления, и по результатам конкурсного приёма в 2016 году в аспирантуру института было зачислено 8 человек.

Несколько упростился в 2016 году порядок приёма на обучение. Минобрнауки РФ оставило в качестве обязательных вступительных испытаний лишь специальную дисциплину и иностранный язык, вступительные испытания по философии проводятся теперь по решению организации. Решением Учёного совета Института от 25 мая 2016 года (протокол № 5) в качестве вступительных испытаний в аспирантуру института были утверждены специальная дисциплина и иностранный язык. Вступительные испытания по философии не проводятся, что не отменяет обязательную сдачу кандидатского экзамена по истории и философии науки.

В 2016 году диссертационные советы Института провели 15 заседаний по защите докторских и кандидатских диссертаций. Кроме соискателей и выпускников аспирантуры института свои работы представили аспиранты других вузов: Казанского федерального университета и Рязанского государственного университета им. С. А. Есенина:

Совет Д 022.005.02 при ФГБУН ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН

1. Алимova Алсу Зуфаровна (КФУ)
“Полярность, конформации и механизмы реакций некоторых соединений фосфора, кремния и германия”
Специальность: 02.00.04 – Физическая химия
(Защита состоялась 3 февраля 2016 г.)
Приказ Минобрнауки РФ № 920/нк от 14.07.2016 г. о выдаче диплома.
2. Чучелкин Илья Валерьевич (РГУ им. С. А. Есенина)
“Хиральные индукторы фосфитной природы на основе C1-симметричных 1,2-диаминов и их применение в асимметрическом металлокомплексном катализе”
Специальность: 02.00.08 – Химия элементоорганических соединений
(Защита состоялась 17 февраля 2016 г.)
Приказ Минобрнауки РФ № 920/нк от 14.07.2016 г. о выдаче диплома.
3. Ракипов Ильназ Тагирович (КФУ)
“Термодинамика сольватации и образования водородных связей в растворах алифатических и ароматических аминов и амидов”
Специальность: 02.00.04 – Физическая химия
(Защита состоялась 25 мая 2016 г.)
Приказ Минобрнауки РФ № 1414/нк от 2.11.2016 г. о выдаче диплома.
4. Нагриманов Руслан Наильевич (КФУ)
“Новые аспекты в соотношениях между энтальпиями сольватации, парообразования, растворения и плавления органических неэлектролитов”
Специальность: 02.00.04 – Физическая химия
(Защита состоялась 12 октября 2016 г.)
5. Мухаметшина Алсу Рустэмовна (КФУ)
“Субстрат-чувствительные люминесцентные системы на основе силикатных наночастиц, допированных комплексами тербия(III) с п-сульфонатотиакаликс[4]ареном”
Специальность: 02.00.04 – Физическая химия
(Защита состоялась 19 октября 2016 г.)
6. Корнилов Дмитрий Анатольевич (КФУ)
“Новые подходы в определении объёмных параметров реакций циклоприсоединения”
Специальность: 02.00.04 – Физическая химия
(Защита состоялась 26 октября 2016 г.)

А. В. Торопчина

Совет молодых учёных ИОФХ им А. Е. Арбузова

Интересный, насыщенный, яркий 2016 год. Он был неповторимым и по-своему уникальным. Давайте вспомним, какие события произошли в 2016 году.

В начале года, 4 февраля 2016 года, в преддверии Дня российской науки, состоялось долгожданное открытие Дома для молодых учёных и специалистов институтов Казанского научного центра РАН по адресу г. Казань, Проспект Победы 216Б. В торжественной церемонии открытия и передачи ключей приняли участие Президент РТ Рустам Минниханов, руководитель ФАНО Михаил Котюков, министр образования и науки РТ Энгель Фаттахов, мэр Казани Ильсур Метшин, президент Академии наук РТ Мякзюм Салахов, председатель КазНЦ РАН Олег Синяшин и другие. На церемонии открытия Президент РТ Р. Н. Минниханов заметил: “Домов мы сдаем много, но такой дом, для молодых учёных, как выяснилось, за последние 25 лет – впервые. Это должно стать началом. Без науки нам невозможно быть конкурентными, тем более, что наша республика – инновационная”. Отметим, что 88-квартирный дом предназначен для молодых учёных и специалистов казанских институтов РАН в качестве служебного жилья, кроме того в доме могут получить жильё приглашённые специалисты из других городов России или иностранные учёные, привлеченные к научной работе институтов КазНЦ. Новый дом –

ещё одна часть программы развития, направленной на укрепление кадрового потенциала и воспитание нового поколения учёных, готовых реализовывать достижения фундаментальной науки в реальном секторе экономики и социальной сфере.

Несомненно, одним из самых значимых событий для нашего Института стала XXI Международная конференция по химии фосфора ICPC16, которая впервые проходила в России с 5 по 10 июня 2016 г. в нашем родном городе. Конференция проводится с периодичностью раз в два года и является крупнейшим научным форумом в мире, затрагивающим все аспекты химии фосфора.

Кроме выступления с устными и стендовыми докладами, члены Совета молодых учёных ИОФХ им. А. Е. Арбузова входили в состав рабочего оргкомитета конференции. Мы получили бесценный опыт общения с зарубежными коллегами и в организации конференции такого высокого международного уровня. Стоит отметить, что силами СМУ ИОФХ по инициативе д.х.н. А. А. Карасика и к.х.н. И. Д. Стрельника была также организована Молодёжная школа-конференция “Рациональный дизайн фосфорорганических соединений с направленными свойствами”, проходившая в рамках Международной конференции по химии фосфора. На школе-конференции были представлены обзорные лекции крупных учёных, устные доклады и флэш-презентации молодых коллег со всего мира, посвящённые различным аспектам фосфорной химии. Приятно отметить, что наряду с иностранными участниками, дипломами и ценными призами за лучший доклад были отмечены следующие молодые сотрудники Института: студент А. В. Петров и аспирант Н. А. Шамсутдинова. Кроме того,



Торжественная церемония вручения ключей от дома (Синяшин О.Г., директор строительной компании, Безкишко И.А.).



Служебный дом по адресу проспект Победы 216Б.



За стойкой регистрации конференции XXI ICPC наши умницы-красавицы.



Молодые учёные около баннера конференции. Слева направо: Т. П. Герасимова, Д. А. Татаринев, Е. А. Чугунова.

полученный так своевременно Грант РФФИ (16-33-10177) “Проект организации и проведения Международной молодёжной конференции-школы “Rational Design of Phosphorus Substances with Desired Properties”, руководителем которого являлся молодой учёный к.х.н. Игорь Стрельник, оказал неоценимую финансовую помощь в организации данной конференции.

Участие в конференциях – одна из важнейших частей научной работы. Молодые сотрудники Института принимали самое активное участие в российских и международных конференциях с постерными, устными и даже пленарными докладами. Кроме того, традиционно в начале 2016 г. на Итоговой научной конференции наш Совет выступил в качестве экспертов по оценке стендовых докладов. Дипломами за лучший стендовый доклад были отмечены следующие аспиранты Института: Резеда Фазлеева (диплом I степени), Алия Шамсиева (диплом

II степени), Эльза Султанова, студенты Бекмухаметова Алина и Петров Андрей получили дипломы III степени. Хотелось бы отметить междисциплинарность исследований, проводимых победителями, пожелать им удачи в других конкурсах и дальнейших научных успехов.

Кроме того, в 2016 году Совет молодых учёных ИОФХ наметил вектор взаимодействия с СМУ и молодым учёными других научных организаций. Представители Института приняли участие в работе панельной дискуссии



Почётную грамоту маме и дочке вручает председатель Организационного комитета XXI ICPC О. Г. Синяшин.



Небольшая часть Оргкомитета конференции. Слева направо: Д. М. Кузнецов, З. Н. Гафуров, А. А. Загидуллин, С. О. Стрекалова, И. Ф. Сахапов, М. Н. Хризанфоров.

“Расширение и укрепление научно-технологических связей молодых учёных стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС)”. Основной целью проведения круглого стола молодых учёных стран ЕАЭС является содействие расширению взаимного сотрудничества молодых учёных научных институтов и высших учебных заведений России, Армении, Беларуси и Казахстана, в первую очередь, в наиболее приоритетных направлениях науки и техники.

Весной 2016 года Совет молодых учёных ИОФХ им. А. Е. Арбузова и Совет молодых учёных КГМУ (Казанский государственный медицинский университет) провели совместную научно-практическую конференцию “Химия и медицина”. Особенностью проведения конференции стал её необычный формат – молодые учёные из КГМУ выступали в стенах ИОФХ, а химики – в КГМУ. Такая особенность позволила обсудить и наметить возможные точки соприкосновения научных интересов. “У ИОФХ и КГМУ давние связи в научной работе, но сейчас время, чтобы находить новые точки соприкосновения, рождающие новые междисциплинарные исследования” – отметили в своём приветственном слове директор ИОФХ, академик РАН Синяшин О.Г. и проректор по научной и инновационной работе КГМУ Мустафин И.Г. Доклады молодых учёных химиков и медиков были посвящены поиску и синтезу новых потенциальных лекарственных препаратов, доклиническим и клиническим исследованиям лекарственных препаратов, использованию генной терапии в лечении нейродегенеративных заболеваний и исследованию различных биоадгезивных и полимерных систем доставки лекарственных веществ. Для участников конференции были организованы экскурсии по научным подразделениям организаторов мероприятия. В завершении конференции был подписан Меморандум о сотрудничестве между Советами молодых учёных ИОФХ и КГМУ. Надеемся, что проведение таких конференций станет традицией и придаст новый импульс для даль-

нейшего плодотворного сотрудничества на стыке наук: химии и медицины.

Неотъемлемая часть работы СМУ – взаимодействие со школами Казани, включающая в себя и проведение экскурсий для учащихся и студентов. Так, в течение 2016 года Институт Арбузова посетили более 140 школьников и студентов из МБОУ “Многопрофильного лицея № 11 им. В. Е. Менделеева” г. Ульяновск, Химического Института им. Бутлерова Казанского федерального университета, различных факультетов Казанского национального исследовательского технологического университета.

Молодые учёные Института проявили высокую активность в конкурсе на соискание грантов различных научных фондов. Отрадно, что в конкурсе, проводимом в 2016 году на получение грантов Президента Российской Федерации для молодых кандидатов наук, сразу три проекта молодых учёных получили поддержку. Так, Совет по грантам Президента РФ поддержал заявки к.х.н. А. А. Муравьева (“Разработка эффективного подхода к модификации твёрдой поверхности каликсареновыми плёнками, обладающими нелинейными оптическими свойствами”), к.х.н. Е. А. Чугуновой (“2Н-бензимидазол 1,3-диоксиды – потенциальные биологически активные вещества. Синтез и химические трансформации под действием температуры и света”) и к.х.н. Я. В. Шалаевой (“Новый подход к синтезу и модификации наночастиц золота в водном растворе при использовании амидоаминовых каликсрезорциаренов”). Аспирант А. И. Левицкая и к.х.н. К. В. Холин стали победителями конкурса молодёжных грантов Республики Татарстан 2016 года по направлениям “Полимерные композиции и энергонасыщенные материалы” и “Наноиндустрия”. Стоит отметить, что научные идеи молодых учёных ИОФХ из разных лабораторий получили поддержку в виде специальных 11 грантов РФФИ “Мой первый грант”.

Высокий научный уровень молодых учёных Института проявляется не только в увеличении числа публикаций в высокорейтинговых журналах, грантами различных фондов, но и заслуженными наградами. В марте 2016 года в Музее истории Казанского университета прошла церемония награждения победителей конкурса “Лучший молодой учёный-2015 Республики Татарстан”. Данный конкурс проводится Региональным молодёжным общественным движением молодых учёных и специалистов РТ. Его цель – поощрение наиболее талантливых молодых учёных, привлечение внимания общественности, государственных органов власти, инвесторов к молодёжной научной элите нашей республики. “Лучших из лучших” выбирали из более чем 100 молодых учёных, работающих в ведущих вузах и научно-исследовательских центрах Татарстана. Так, почти весь пьедестал в номинации “Лучший молодой учёный в области естественных наук” заняли сотрудники Института Арбузова: I место – к.х.н. Е. А. Чугунова, III место – к.х.н. А. А. Муравьев и к.х.н. А. З. Миндубаев. Аспирант Т. И. Виттманн заняла III место в номинации “Лучший аспирант в области естественных наук”.



Подписание Меморандума о сотрудничестве между СМУ ИОФХ и КГМУ (слева-направо: Александр Граница и Алмаз Загидуллин).

В 2016 году Компания Хальдор Топсе (Haldor Topsoe) продолжила ежегодную программу поддержки аспирантов, работающих в области гетерогенного катализа. В числе победителей оказалась и наша аспирантка Эльза Султанова с работой “Синтез полимерных наноконтейнеров на основе виологенкавитандов и создание гибридных наноматериалов”. Стоит отметить, что программа аспирантских стипендий Топсе была учреждена доктором Хальдором Топсе более 20 лет назад. Она направлена на поддержку молодых учёных, проводящих исследования в области гетерогенного катализа. С момента учреждения программы получателями стипендии Топсе стали более 100 молодых учёных.

Аспирантка Софья Стрекалова стала получателем именной стипендии Мэра г. Казани для студентов и аспирантов за работу “Электрохимический подход к функционализации фармацевтически значимых прекурсоров как направление “зелёной химии”. Стипендии имени И. И. Мечникова для осуществления исследовательской деятельности во Франции от Посольства Франции в России удостоился А. С. Овсянников. А. А. Муравьев получил стипендию правительства РТ “Алгарыш” на стажировку в зарубежных научных и учреждениях в 2016 г.

Под занавес уходящего 2016 года состоялась церемония вручения Премии имени Арбузовых за выдающиеся исследования в области фундаментальной и прикладной химии среди молодых учёных г. Казани. Очень символично, что вручение премии проходило в одной из alma-mater казанских химиков – Бутлеровской аудитории КФУ. Это придавало особую значимость не только само-

му событию, но и словам выступающих, говоривших об “отцах-основателях” Казанской химической школы. Напомним, что молодые учёные ИОФХ – ежегодно в числе победителей этого престижного конкурса. Год 2016 не стал исключением. Лауреатом Премии 2016 года стала Елена Чугунова с работой “Создание новых антимикробных соединений широкого спектра действия на бензофураксановой платформе”, получившая Диплом II степени. Первая премия была присуждена Игорю Седову (КФУ) и третья премия – Светлане Ивановой (КНИТУ). При этом все финалисты получили памятные грамоты.

Несмотря на всю увлеченность наукой, молодые учёные находят время и на спорт, и на культурно-массовые мероприятия. В Институте есть прекрасный спортивный зал, куда любой желающий может прийти и позаниматься на тренажерах. Благодаря совместным усилиям СМУ, Профкома и механической мастерской, с этого года появилась возможность приезжать на работу на велосипеде и “припарковать” его на стоянке во внутреннем дворе Института. Концерты к Новому году и 8 марта, День химика стали доброй традицией, веселыми и любимыми праздниками наших сотрудников.

Вот таким насыщенным и неповторимым был 2016 год. Переезд в служебный дом, организация конференций и концертов, участие в научных мероприятиях, конкурсах и проектах, написание грантов и статей, эксперименты, научные результаты и многое другое. Огромный опыт и задел, который поможет нам не останавливаться на достигнутом, идти только вперед, к новым вершинам и победам!

А. А. Загидуллин

Международное научное сотрудничество

Основной целью международного сотрудничества ИОФХ им. А. Е. Арбузова является интеграция Института в мировое научное пространство, что позволяет получить дополнительные возможности для его развития.

Международная кооперация Института осуществляется, прежде всего, по основным его научным направлениям. Это приводит, с одной стороны, к синергетическому усилению этих направлений, а с другой – способствует продвижению фундаментальных научных знаний, создаваемых в российской организации, в международное сообщество.

Международные научные связи Института развиваются на протяжении многих лет.

ИОФХ им. А. Е. Арбузова имеет договоры о сотрудничестве с самыми разными вузами и научными организациями мира. Некоторые из договоров послужили основой развития активных партнерских связей

и предполагают регулярный обмен исследователями и аспирантами.

В 2016 году исследования выполнялись в рамках 9 договоров с университетами и институтами иностранных государств:

1. Соглашение о научном сотрудничестве между ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН (академик РАН Сияшин О.Г., Россия) и Институтом физики твёрдого тела, входящим в состав Института Лейбница физики твёрдого тела и материалов г. Дрездена (Dr. Prof. Bernd Büchner, Germany), затрагивающее синтез и характеристику структур новых органических, элементоорганических и металлорганических соединений, обладающих магнитными свойствами. Заключено 29 декабря 2007 года. Без ограничения срока действия. (Отв. исп. от ИОФХ д.х.н. Катаева О.Н.).

2. Двухсторонний договор о совместных научных исследованиях в области органической, неорганической, элементарорганической, металлорганической, структурной и синтетической химии между ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН (академик РАН Синяшин О.Г., Россия) и факультетом химии и минералогии Университета г. Лейпцига (Ректор Prof. Dr. Iur. Franz Hauser, декан факультета химии и минералогии Prof. Dr. Harald Krautscheid, координатор Prof. Dr. Eva-Maria Hey-Hawkins). Заключён 21 января 2010 года и будет автоматически возобновляться каждые 5 лет, если не будет возражения одной из сторон. (Отв. исп. от ИОФХ д.х.н., проф. Карасик А.А., д.х.н. Милуков В.А.).
3. Соглашение о научно-техническом сотрудничестве между Учреждением Российской академии наук ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН (академик РАН Синяшин О.Г., Россия) и химическим факультетом Института химической биологии г. Монтевидео, Уругвай (директор Мерседес Гонзалес) по теме: “Исследование биологической активности соединений на основе бензофуросанов”. Заключено 31 мая 2012 года сроком на пять лет. (Отв. исп. от ИОФХ д.х.н., проф. Бурилов А.Р.).
4. Соглашение о научно-техническом сотрудничестве между Учреждением Российской академии наук ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН (академик РАН Синяшин О.Г., Россия) и Институтом органической химии Болонского университета, Италия (директор, проф. Марко Луцарини). Заключено 16 июля 2012 года сроком на пять лет. (Отв. исп. от ИОФХ д.х.н., проф. Бурилов А.Р.).
5. Соглашение о научном сотрудничестве между ФГБУН ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН (академик РАН Синяшин О.Г., Россия) и Попечительским советом Университета Иллинойса, США (Вальтер Кнорр, инспектор). Заключён 30 декабря 2013 года сроком на 5 лет. (Отв. исп. от ИОФХ д.х.н. Мустафина А.Р.).
6. Соглашение о научном сотрудничестве между ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН (академик РАН Синяшин О.Г., Россия) и фармацевтическим факультетом Университета Коимбры, Португалия (Prof. Dr. Francisco Veiga). Заключено 10 октября 2014 года сроком на 5 лет. (Отв. исп. от ИОФХ д.х.н., проф. Захарова Л.Я.).
7. Соглашение о проведении исследований между Институтом горной промышленности и технологии Нью-Мексико, США (г-н Л. Маркес) и ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН (академик РАН Синяшин О.Г., Россия). Заключено 30 мая 2014 года сроком на 5 лет. (Отв. исп. от ИОФХ д.х.н., проф. Батыева Э.С.).
8. Соглашение о научном сотрудничестве между ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН (академик РАН Синяшин О.Г., Россия) и Институтом химии металлоорганических соединений, Флоренция, Италия (Prof. Dr. Maurizio Peruzzini, Dr. Giuliano Giambastiani). Заключено 05 мая 2016 года сроком на 5 лет и будет автоматически возобновляться каждые 5 лет, если не будет возражения одной из сторон. (Отв. исп. от ИОФХ д.х.н. Яхваров Д.Г.).
9. Соглашение об академическом и научно-техническом сотрудничестве между ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН (академик РАН Синяшин О.Г., Россия) и Национальной школой химии Монпелье ENSCM (проф. Pascal Dumy, Франция). Заключено 15 июля 2016 года сроком на 3 года с последующим продлением на следующие 3 года, если не будет возражения одной из сторон. (Отв. исп. от ИОФХ д.х.н., проф. Бурилов А.Р.).
В 2016 году выполнялись исследования по международным исследовательским проектам:
 - Грант РФФИ-Германия № 14-03-91343 “Новые необычные магнитные комплексы: синтез, электронные и магнитные свойства”. Рук. от ИОФХ – д.х.н. Катаева О.Н. (зарубежный партнер – Институт Лейбница физики твёрдого тела и материалов г. Дрезден, Германия, проф. Кнупфер М.).
 - Грант РФФИ-Египет № 15-53-61021 “Создание высокоселективных противораковых препаратов на макроциклической платформе каликсарена”. Рук. от ИОФХ – член-корр. РАН Антипин И.С. (зарубежный партнер – Национальный исследовательский центр, Кафедра прикладной органической химии Каир, Египет, профессор Корани Абдаллах Халил Али).
 - Грант Немецкой службы академических обменов (DAAD) на выполнение исследований в Университете г. Лейпциг, Германия с 02 августа 2015 года по 31 июля 2016 года по теме “Диастереоселективные реакции циклоприсоединения фосфолов как новый метод получения каркасных Р-хиральных фосфинов для асимметрического катализа”.
 - Стипендия программы “VISBY” Шведского института на выполнение исследований в Технологическом Университете г. Лулео, Швеция с 15 января по 15 июля 2016 года по теме “Гибридные магнитно-люминесцентные наночастицы для биовизуализации”.
 - Стипендия программы академической мобильности ERASMUS+ на выполнение исследований в Институте неорганической химии Университета г. Лейпцига, Германия.
 - Student Mobility: “Синтез новых циклических и макроциклических аминотилфосфинов и их комплексов с переходными металлами” 05.05–02.08.2016, “Синтез новых циклических и макроциклических арилфосфинов и полиядерных комплексов переходных металлов на их основе” 15.09–13.12.2016.
 - Стипендия им. И. И. Мечникова Посольства Франции для проведения исследований в Университете Страсбург I, Франция с 11 мая по 30 июня 2016 года по теме “Синтез и закономерности самоорганизации новых функционализированных макроциклов и амфифилов – супрамолекулярных тектонов и разработка стратегии их применения в современных нано- и биотехнологиях”.

– Грант правительства Республики Татарстан “Алгарыш” на подготовку, переподготовку и стажировку граждан в российских и зарубежных образовательных и научных организаций для проведения исследований в Университете Ист-Англии г.Норвича, Великобритания с 13 сентября по 16 декабря 2016 года по теме “Синтез производных тиакаликс[4]аренов и их применение в биомедицине и фармацевтике”.

В зарубежные командировки сотрудники Института в 2016 году выезжали 42 раза:

– 8 раз сотрудники выезжали для выполнения совместных исследований или их обсуждения в научные центры:

- Германии: Институт твёрдого тела и наук о материалах им. Лейбница г. Дрезден (Катаева О.Н. – 2 раза); Институт неорганической химии Университета г. Лейпцига (Карасик А.А., Мусина Э.И.);
- Италии: Институт металлоорганических соединений г. Флоренции (Синяшин О.Г., Яхваров Д.Г.).
- Франции: Университет г. Страсбурга (Антипин И.С., Соловьева С.Е.);

– 13 раз сотрудники выезжали для прохождения стажировок в зарубежных научных центрах:

- Австрии:
Гратц: Технический университет г. Грац (Гребнева Т.С.)
- Великобритании:
Норвич: Университет Ист-Англии (Муравьев А.А.)
- Германии:
Лейпциг: Институт неорганической химии Университета г. Лейпциг (Виттманн Т.И., Мусин Л.И.)
Дрезден: Институт твёрдого тела и наук о материалах (Яхваров Д.Г.)
- Франции:
Страсбург: Университет г. Страсбург (Овсянников А.С. – 2 раза)
- Швейцарии:
Лозанна: Швейцарский федеральный институт технологии (Кацюба С.А. – 2 раза, Гребнева Т.С. – 2 раза)
- Швеции:
Лулео: Технологический Университете г. Лулео (Заиров Р.Р. – 2 раза)

– 21 раз сотрудники выезжали для участия в международных конференциях:

- 229th ECS Meeting (229 электрохимический съезд) США, Сан-Диего 28.05–02.06.2016 (Хризанфорова В.В.)
- 21st International Symposium on Surfactants in Solution Китай, г. Цзинань 05–11.06.2016 (Кашапов Р.Р.)
- 12th International Workshop of the Crystal Growth of Organic Materials and 47th Annual British Association of Crystal Growth Conference Великобритания, г. Лидс 26–30.06.2016 (Бредихин А.А.)
- 16th International Scientific Geoconference & EXPO SGEM 2016 Болгария, г. Албена 28.06–05.07.2016 (Косачев И.П.)

- 42nd International Conference on Coordination Chemistry Франция, г. Брест 03–08.07.2016 (Карасик А.А., Будникова Ю.Г., Мусина Э.И.)
- 6th International Colloids Conference Германия, г. Берлин 19–22.06.2016 (Васильева Э.А.)
- 20th International Symposium on Homogeneous Catalysis Япония, г. Киото 07–16.07.2016 (Хризанфоров М.Н.)
- ENM Meeting (Конференция по интеллектуальным и мультифункциональным материалам) Германия, г. Берлин 23–26.08.2016 (Мустафина А.Р.)
- 27th International Conference “Diamond and Carbon Materials” Франция, г. Монпелье 03–08.09.2016 (Коваленко В.И.)
- 30th Conference of the European Colloid and Interface Society Италия, г. Рим 04–09.09.2016 (Миргородская А.Б.)
- IWIC 2016 – 23rd Workshop on Industrial Crystallization Германия, г. Магдебург 06–08.09.2016 (Бредихин А.А., Бредихина З.А.)
- Szeged International Workshop on Advances in Nanoscience (SIWAN) Венгрия, г. Сегед 12–18.10.2016 (Заиров Р.Р.)
- 8th International Conference on Nanomaterials – Research & Application Чехия, г. Брно 19–21.10.2016 (Заиров Р.Р.)
- XVth International Symposium on Cholinergic Mechanisms Франция, г. Марсель 16–20.10.2016 (Семенов В.Э., Петров К.А., Лушечкина С.В.)
- ICREA Conference on Functional Nanocontainers Испания, г. Таррагона 17–20.10.2016 (Антипин И.С., Соловьева С.Е.)

8 иностранных учёных посетили Институт Арбузова в 2016 году.

15–17 марта 2016 г. Институт посетил техник-консультант компании TSE Systems GmbH (Германия, г. Бад-Хомбург) Эмра Биринчи. Целью визита являлась установка новых приборов компании TSE в лаборатории химико-биологических исследований, а также обучение сотрудников лаборатории работе на приборах. Обучение прошли м.н.с. Ленина О.А. и м.н.с. Зуева И.В.

20 апреля 2016 г. Институт посетил профессор Серж Перес. Он является специалистом по кристаллографии, почётным директором фармакологического факультета Национального центра научных исследований университета Гренобля, директором Европейского факультета синхротронного излучения. Автор многочисленных публикаций, его h-index составляет 54. Профессора Переса в ИОФХ встретил заместитель директора ИОФХ по научной работе Литвинов И.А. и д.х.н. Захарова Л.Я. и провели экскурсию по Институту. В большом конференц-зале Института профессор Перес прочитал лекцию “Многоуровневая организация крахмала”. Сотрудники Института задавали вопросы. В ходе встречи профессор Перес обсудил возможности сотрудничества между фармакологическим факультетом Национально-

го центра научных исследований, ассоциированного с Университетом Гренобля и ИОФХ им. А. Е. Арбузова в области структурной гликобиологии и кристаллографии полисахаридов.

С 5 по 10 июня 2016 года в Казани проходила 21 Международная конференция по химии фосфора. В конференции приняло участие около 350 человек, из них 132 иностранных участника. Значительное число участников из Китая связано с тем, что к конференции была приурочена церемония вручения Международной арбузовской премии в области фосфорорганической химии. В 2015 году премия была присуждена профессору Юфен Жао из университета г. Сямынь (Xiamen). Профессор Юфен Жао выразила желание посетить ИОФХ им. Арбузова вместе со своими коллегами – д-р Сян Гао, д-р Ян Лю

(университет г. Сямынь), проф. Сяолань Чен, проф. Юн Е, д-р Мэн Мэн Хуан (университет г. Чжэнчжоу). 9 июня представителей китайской делегации во главе с профессором Юфен Жао встретили в Институте им. А. Е. Арбузова заместитель директора ИОФХ по научной работе д.х.н. Литвинов И.А., д.х.н. Батыева Э.С. В ходе встречи профессор Юфен Жао обсудила возможности сотрудничества между химическим факультетом Университета г. Сямынь и ИОФХ им. А. Е. Арбузова в области синтеза биологически активных веществ.

Более подробно информация о визитах иностранных учёных в ИОФХ им. А. Е. Арбузова представлена в разделе “Хроника визитов. Наши гости” на страницах этого выпуска Ежегодника.

А. И. Карасик



Публикации сотрудников ИОФХ в 2016 году

В 2016 году научными сотрудниками Института были опубликованы 2 монографии, 2 главы в книжных сериях, Ежегодник ИОФХ, 244 статьи в журналах, индексируемых в БД Web of Science, дополнительно к ним 12 статей в изданиях, индексируемых в БД Scopus и 45 – в журналах, индексируемых в БД РИНЦ (из которых 22 статьи в журналах, входящих в список ВАК и 23 – в журналах, не входящих в этот перечень). Также по разделам приводятся тезисы конференций, индексируемых в международных и отечественной базах данных.

В перечне в первую очередь приводятся монографии, главы в книжных сериях, сборник, затем статьи в периодических изданиях. С настоящего выпуска Ежегодника была изменена система классификации публикаций в журналах и тезисах конференций. Публикации перечисляются по их наличию в базах данных: WoS, Scopus, РИНЦ. Порядок перечисления внутри каждого раздела – англоязычный алфавитный, по фамилии первого автора статьи; для публикаций, переводные версии которых не вышли на момент написания данного отчёта – порядок перечисления – русскоязычный алфавитный, по фамилии первого автора статьи. Завершают перечень тезисы конференций, расположенные по той же системе.

Монографии

1. Mamedov, V. A. *Quinoxalines Synthesis, Reactions, Mechanisms and Structure*. – Springer International Publishing. Switzerland. – 2016. – 437 pp.
2. Будникова, Ю. Г. *Современный органический электро-синтез. Принципы, методы исследования и практические приложения*. – М.: Инфра-М. – Серия “Научная мысль”. – 2016. – 439 с.

Главы в книжных сериях

1. Biondi, S. *From natural products to drugs: lipoglycopeptides, a new generation of potent cell wall biosynthesis*

inhibitors / S. Biondi, E. Chugunova, M. Panunzio // *Studies in Natural Products Chemistry* / Ed. by Attatur-Rahman. – Amsterdam: Elsevier. – 2016. – Vol. 50. – Ch. 8. – P. 249-297.

2. Zakharova, L. *Supramolecular strategy of the encapsulation of low molecular weight food ingredients* / L. Zakharova, A. Mirgorodskaya, G. Gaynanova, R. Kashapov, T. Pashirova, E. Vasilieva, Y. Zuev, O. Sinyashin // *Encapsulations. Nanotechnology in the Agri-Food Industry* / Ed. by A. M. Grumezescu. – Amsterdam: Elsevier – Academic Press. – 2016. – Vol. 2. – P. 295-362.

Сборник

Институт органической и физической химии имени А. Е. Арбузова 2015. Ежегодник // под ред. О. Г. Сinyaшина. – Казань: КФТИ КазНЦ РАН. – 2016. – 264 с.

Статьи в журналах, индексируемых в WoS

1. Amirova, L. R., Burirov, A. R., Amirova, L. M., Bauer, I., Habicher, W. D. *Kinetics and mechanistic investigation of epoxy-anhydride compositions cured with quaternary phosphonium salts as accelerators* // *J. Polym. Sci. Pol. Chem.* – 2016. – Vol. 54. – Is. 3. – P. 1088-1097.
2. Arkhipova, D. M., Ermolaev, V. V., Miluykov, V. A., Sinyashin, O. G. *Synthesis, characterization, and application of phosphonium ionic liquids* // *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.* – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1470-1471.
3. Azmukhanova, R. R., Gibadullina, E. M., Nguyen, T. T., Burirov, A. R., Pudovik, M. A. *Novel nitrogen-, phosphorus-containing sterically hindered phenols* // *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.* – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1457-1458.
4. Azmukhanova, R. R., Gibadullina, E. M., Pudovik, M. A., Burirov, A. R. *Synthesis of O-ethyl-P-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxybenzyl)-N,N-diethylphosphonamide – the*

- first representative of mixed α -phosphorylated 2,6-Di-tert-butyl-4-methylenecyclohexa-2,5-dienones* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 9. – P. 2138-2140.
- Азмуханова, Р. Р., Гибадуллина, Э. М., Пудовик, М. А., Бурилов, А. Р. *Синтез первого представителя смешанных α -фосфорилированных 2,6-ди-трет-бутил-4-метилен-2,5-циклогексадиенонов* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 9. – С. 1576-1578.
5. Badeeva, E. K., Bateyeva, E. S., Nizamov, I. S., Khodyrev, Y. P., Varnavskaya, O. A., Salikhov, R. Z. *Ammonium salts of O,O'-dialkyldithiophosphoric acids: Effective inhibitors for carbon dioxide corrosion of mild steel on the basis of red phosphorus* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1640-1641.
 6. Badeeva, E. K., Santomena, A., Gubaidullin, A. T., Frolova, L. V., Rogelj, S., Bateyeva, E. S., Sinyashin, O. G. *New method for the synthesis of ammonium salts of O,O'-alkylenedithiophosphoric acid and octathiotetraphosphetane. Crystal structure features's of diethylammonium salt of O,O'-propylenedithiophosphoric acid* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 3. – P. 405-410.
 7. Bagautdinova, R. K., Burilov, A. R., Pudovik, M. A., Pudovik, E. M., Dobrynin, A. B. *Phosphorus-containing Schiff bases and 3,1-benzoxazines* // Russ. J. Org. Chem. – 2016. – Vol. 52. – Is. 6. – P. 922-925.
Багаутдинова, Р. Х., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А., Пудовик, Е. М., Добрынин, А. Б. *Фосфорсодержащие азометины и 1,3-бензоксазины* // Ж. орг. хим. – 2016. – Т. 52. – № 6. – С. 926-928.
 8. Bagau'eva, S. A., Pudovik, M. A. *1,3-benzoxazines and some of their reactions* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 749-751.
Багаутдинова, Р. Х., Пудовик, Е. М., Бурилов, А. Р., Терентьева, С. А., Пудовик, М. А. *1,3-Бензоксазины и некоторые их свойства* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 556-558.
 9. Bagautdinova, R. K., Pudovik, M. A., Burilov, A. R., Pudovik, E. M. *Phosphorylated derivatives of salicylaldehyde azomethines* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1632-1632.
 10. Bakhtiyarova, Y. V., Aksunova, A. F., Galkina, I. V., Galkin, V. I., Lodochnikova, O. A., Kataeva, O. N. *Crystal structure of new carboxylate phosphobetaines and phosphonium salts conjugated with them* // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1313-1318.
Бахтиярова, Ю. В., Аксунова, А. Ф., Галкина, И. В., Галкин, В. И., Лодочникова, О. А., Катаева, О. Н. *Кристаллическая структура новых карбоксилатных фосфобетаинов и сопряженных с ними фосфониевых солей* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 5. – С. 1313-1318.
 11. Bakhtiyarova, Y. V., Minnullin, R. R., Morozov, M. V., Bakhtiyarov, D. I., Islamov, D. R., Dobrynin, A. B., Kataeva, O. N., Cherkasov, R. A., Galkin, V. I., Galkina, I. V. *Synthesis, structure, and biological activity of dicarboxylate phosphobetaines* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1633-1636.
 12. Bateyeva, E. S., Badeeva, E. K., Sinyashin, O. G., Nizamov, I. S., Frolova, L. V., Rogelj, S., Kursheva, L. I. *Octathiotetraphosphetanes – Novel class of biologically active phosphorusorganic compounds: Synthesis, structure, properties* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1642-1643.
 13. Berestovitskaya, V. M., Baichurin, R. I., Islamov, D. R., Kataeva, O. N., Aboskalova, N. I., Trukhin, E. V. *3-(4-N,N-dimethylaminophenyl)-2-nitro-1-phenylprop-2-en-1-one by ^{13}C NMR spectroscopy and X-ray diffraction analysis* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 10. – P. 2312-2317.
Берестовицкая, В. М., Байчурин, Р. И., Исламов, Д. Р., Катаева, О. Н., Абоскалова, Н. И., Трухин, Е. В. *Изучение строения 3-(4-N,N-диметиламинофенил)-2-нитро-1-фенилпропен-1-она методами спектроскопии ЯМР ^{13}C и рентгеноструктурного анализа* // Ж. общ. хим. – 2016. – Т. 86. – № 10. – С. 1664-1669.
 14. Bezkishko, I., Miluykov, V., Sinyashin, O., Lönnecke, P., Hey-Hawkins, E. *Binuclear 3,4,5-tris(para-chlorophenyl)-1,2-diphosphacyclopentadienyl nitrosyl nickel complex: Synthesis, molecular structure, and behavior in solution* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 4. – P. 665-667.
 15. Bezkishko, I., Zagidullin, A., Petrov, A., Miluykov, V., Sinyashin, O. *Interaction of sodium pentaphospholide with dimethyl acetylenedicarboxylate. A simple route to sodium 2,3,4,5-tetra(methylcarboxy)-monophospholide* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1425-1426.
 16. Bogdanov, A. V., Kutuzova, T. A., Krivolapov, D. B., Dobrynin, A. B., Mironov, V. F. *1-chloroacetylloxindole (isatin) in reactions with some N-nucleophiles. Unexpectedly easy cleavage of chloroacetyl group* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 539-543.
Богданов, А. В., Кутузова, Т. А., Криволапов, Д. Б., Добрынин, А. Б., Миронов, В. Ф. *1-Хлорацетилоксиндол (изатин) в реакции с некоторыми N-нуклеофилами. Неожиданно лёгкое отщепление хлорацетильной группы* // Ж. общ. хим. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 396-400.
 17. Bogdanov, A. V., Kutuzova, T. A., Mironov, V. F. *First examples of isatin acylhydrazones with ammonium fragment* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 756-757.
Богданов, А. В., Кутузова, Т. А., Миронов, В. Ф. *Первые представители ацилгидразонов изатина с аммониевым фрагментом* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 563-564.
 18. Bogdanov, A. V., Mironov, V. F. *Synthesis of isatoic anhydride derivatives* // Chem. Heterocycl. Compds. – 2016. – Vol. 52. – Is. 2. – P. 90-92.

- Богданов, А. В., Миронов, В. Ф. *Синтез производных изатового ангидрида* // Хим. гетероцикл. соед. – 2016. – Т. 52. – № 2. – С. 90-92.
19. Bogdanov, A. V., Vazykhova, A. M., Khasiyatullina, N. R., Krivolapov, D. B., Dobrynin, A. B., Voloshina, A. D., Mironov, V. F. *New N-Mannich bases obtained from isatin and piperazine derivatives: the synthesis and evaluation of antimicrobial activity* // Chem. Heterocycl. Compds. – 2016. – Vol. 52. – Is. 1. – P. 25-30.
- Богданов, А. В., Вазыхова, А. М., Хасиятуллина, Н. Р., Криволапов, Д. Б., Добрынин, А. Б., Волошина, А. Д., Миронов, В. Ф. *Новые N-основания Манниха на основе изатина и производных пиперазина: синтез и оценка антимикробной активности* // Хим. гетероцикл. соед. – 2016. – Т. 52. – № 1. – С. 25-30.
20. Bredikhina, Z. A., Antonovich, O. A., Zakharychev, D. V., Bredikhin, A. A. *The effective direct resolution procedure for the chiral drug bevantolol hydrochloride* // Tetrahedron-Asymmetry. – 2016. – Vol. 27. – Is. 9-10. – P. 397-403.
21. Bredikhina, Z. A., Kurenkov, A. V., Krivolapov, D. B., Bredikhin, A. A. *Synthesis of all of the stereoisomers of β 3-adrenoceptor antagonist SR 59230 based on the spontaneous resolution of 3-(2-ethylphenoxy)propane-1,2-diol* // Tetrahedron-Asymmetry. – 2016. – Vol. 27. – Is. 11-12. – P. 467-474.
22. Bredikhina, Z. A., Kurenkov, A. V., Zakharychev, D. V., Krivolapov, D. B., Bredikhin, A. A. *New example of spontaneous resolution among aryl glycerol ethers: 3-(2,6-dichlorophenoxy)propane-1,2-diol* // J. Mol. Struct. – 2016. – Vol. 1118. – P. 172-178.
23. Budnikova, Y. H., Khrizanforova, V. V., Fedushkin, I. L., Karasik, A. A. *Iron or nickel complexes bearing diphosphine and BIAN ligands as electrocatalysts for H_2 evolution* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1644-1645.
24. Bukharov, S. V., Burirov, A. R., Oludina, Y. N., Tagasheva, R. G., Syakaev, V. V., Musin, R. Z., Nugumanova, G. N. *Synthesis of phosphorylated derivatives of isatin with sterically hindered phenol fragments* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 7. – P. 1069-1074.
25. Burganov, T. I., Zagidullin, A. A., Katsyuba, S. A., Miluykov, V. A., Sinyashin, O. G. *The influence of different substituents on the geometrical changes in the heterocyclic moiety of 1,2-diphospholes* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1646-1649.
26. Burirov, V. A., Latypova, A. T., Safiullin, R. A., Antipin, I. S. *Colloidal stability and photophysical characteristics of luminescent silica nanoparticles modified with various nitrogen/oxygen-containing trialkoxysilanes* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 661-667.
- Бурилов, В. А., Латыпова, А. Т., Сафиуллин, Р. А., Антипин, И. С. *Коллоидная устойчивость и фотофизические характеристики модифицированных различными азот/кислородсодержащими триалкоксисиланами люминесцентных силикатных наночастиц* // Ж. общ. хим. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 523-529.
27. Burirov, V., Valiyakhmetova, A., Mironova, D., Safiullin, R., Kadirov, M., Ivshin, K., Kataeva, O., Solovieva, S., Antipin, I. *"Clickable" thiacalix[4]arene derivatives bearing polymerizable 1,3-butadiyne fragments: synthesis and incorporation into polydiacetylene vesicles* // RSC Adv. – 2016. – Vol. 6. – Is. 50. – P. 44873-44877.
28. Chuchelkin, I. V., Gavrilov, V. K., Gavrilov, K. N., Milyukov, V. A. *Phosphine-phosphoramidites with 2-(diphenylphosphino)-ethylamine or N-methyl-2-(diphenylphosphino)ethylamine fragments* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1668-1669.
29. Chugunova, E. A., Akyzbekov, N. I., Appazov, N. O., Makhrus, E. M., Burirov, A. R. *Synthesis of the first tertiary ammonium derivative of 6-chloro-5-nitrobenzofuroxan* // Russ. J. Org. Chem. – 2016. – Vol. 52. – Is. 6. – P. 920-921.
- Чугунова, Е. А., Акылбеков, Н. И., Аппазов, Н. О., Махрус, Е. М., Бурилов, А. Р. *Синтез первого представителя третичного аммониевого производного 6-хлоро-5-нитробензофуросана* // Ж. орг. химии. – 2016. – Т. 52. – № 6. – С. 924-925.
30. Chugunova, E., Akyzbekov, N., Bulatova, A., Gavrilov, N., Voloshina, A., Kulik, N., Zobov, V., Dobrynin, A., Syakaev, V., Burirov, A. *Synthesis and biological evaluation of novel structural hybrids of benzofuroxan derivatives and fluoroquinolones* // Eur. J. Med. Chem. – 2016. – Vol. 116. – P. 165-172.
31. Chugunova, E. A., Akyzbekov, N. I., Gavrilov, N. V., Samsonov, V. A., Sitnov, S. A., Dobrynin, A. B., Pudovik, M. A., Burirov, A. R. *Synthesis of new 3H-benzo[1,2,5]oxadiazine-4-oxides with heterocyclic moieties in the benzene ring* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 11. – P. 2548-2550.
- Чугунова, Е. А., Акылбеков, Н. И., Гаврилов, Н. В., Самсонов, В. А., Ситнов, С. А., Добрынин, А. Б., Пудовик, М. А., Бурилов, А. Р. *Синтез новых 3H -бензо[1,2,5]оксадиазин-4-оксидов, содержащих гетероциклические фрагменты в бензольном кольце* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 11. – С. 1908-1910.
32. Chugunova, E., Akyzbekov, N., Shakirova, L., Dobrynin, A., Syakaev, V., Latypov, S., Bukharov, S., Burirov, A. *Synthesis of hybrids of benzofuroxan and N-, S-containing sterically hindered phenols derivatives. Tautomerism* // Tetrahedron. – 2016. – Vol. 72. – Is. 41. – P. 6415-6420.
33. Chugunova, E. A., Akyzbekov, N. I., Voloshina, A. D., Kulik, N. V., Zobov, V. V., Babaev, V. M., Gavrilov, N. V., Burirov, A. R. *Synthesis and investigation of antimicrobial activity of compounds derived from benzo[C][1,2,5]oxadiazole-1-oxides and phenolates* // Synth. Commun. – 2016. – Vol. 46. – Is. 18. – P. 1560-1565.
34. Chugunova, E., Mukhamatdinova, R., Sazykina, M., Dobrynin, A., Sazykin, I., Karpenko, A., Mirina, E., Zhuravleva, M., Gavrilov, N., Karchava, S., Burirov, A.

- Synthesis of new "hybrid" compounds based on benzofuroxans and aminoalkyl naphthalimides* // Chem. Biol. Drug Des. – 2016. – Vol. 87. – Is. 4. – P. 626-634.
35. Chugunova, E. A., Mukhamatdinova, R. E., Sazykina, M. A., Sazykin, I. S., Gavrilov, N. V., Dobrynin, A. B., Kudееvskaya, E. M., Buriylov, A. R. *Novel hybrid compounds derived from benzofuroxans and sulphonamides* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 5. – P. 1032-1036.
Чугунова, Е. А., Мухаматдинова, Р. Э., Сазыкина, М. А., Сазыкин, И. С., Гаврилов, Н. В., Добрынин, А. Б., Кудеевская, Е. М., Бурилов, А. Р. *Новые гибридные соединения на основе бензофураксанов и сульфаниламидов* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 5. – С. 767-771.
36. Chugunova, E. A., Mukhamatdinova, R. E., Sazykina, M. A., Sazykin, I. S., Khammami, M. I., Akylbekov, N. I., Buriylov, A. R., Kulik, N. V., Zobov, V. V. *Synthesis and biological activity of new hybrids compounds derived from benzofuroxanes and polyene antibiotics* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 5. – P. 1037-1040.
Чугунова, Е. А., Мухаматдинова, Р. Э., Сазыкина, М. А., Сазыкин, И. С., Хаммами, М. И., Акылбеков, Н. И., Бурилов, А. Р., Кулик, Н. В., Зобов, В. В. *Синтез и биологическая активность новых гибридных соединений на основе бензофураксанов и полиеновых антибиотиков* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 5. – С. 772-776.
37. Davletshin, R. R., Davletshina, N. V., Nurgaliev, D. D., Garifzyanov, A. R., Cherkasov, R. A., Ivshin, K. A., Kataeva, O. N. *Synthesis and membrane transport properties of bis(dihexylphosphorylmethyl)-1,4-diaminebutane* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1670-1670.
38. Dey, T., Maljuk, A., Efremov, D. V., Kataeva, O., Gass, S., Blum, C. G. F., Steckel, F., Gruner, D., Ritschel, T., Wolter, A. U. B., Geck, J., Hess, C., Koepernik, K., van den Brink, J., Wurmehl, S., Buchner, B. *Ba₂YIrO₆: A cubic double perovskite material with Ir⁵⁺ ions* // Phys. Rev. B. – 2016. – Vol. 93. – Is. 1. – art. numb.: 014434.
39. Elistratova, J. G., Mustafina, A. R., Brylev, K. A., Petrov, K. A., Shestopalov, M. A., Mironov, Y. V., Babaev, V. M., Rizvanov, I. K., Masson, P., Sinyashin, O. G. *Sensing activity of cholinesterases through a luminescence response of the hexarhenium cluster complex [Re₆S₈(OH)₆]⁴⁺* // Analyst. – 2016. – Vol. 141. – Is. 13. – P. 4204-4210.
40. Fink, C., Katsyuba, S., Laurencyzy, G. *Calorimetric and spectroscopic studies on solvation energetics for H₂ storage in the CO₂/HCOOH system* // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2016. – Vol. 18. – Is. 16. – P. 10764-10773.
41. Fomina, O. S., Heinicke, J. W., Sinyashin, O. G., Yakhvarov, D. G. *The synthesis of novel N-heterocyclic-diphenylphosphinoglycines* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1478-1479.
42. Fominykh, O. D., Balakina, M. Y., Burganov, T. I., Katsyuba, S. A. *The effect of stacking arrangement on the conjugation in azochromophores revealed by combination of Raman spectroscopy and DFT calculations* // Chem. Phys. Lett. – 2016. – Vol. 659. – P. 242-246.
43. Fominykh, O. D., Sharipova, A. V., Balakina, M. Y. *The choice of appropriate density functional for the calculation of static first hyperpolarizability of azochromophores and stacking dimers* // Int. J. Quantum Chem. – 2016. – Vol. 116. – Is. 2. – P. 103-112.
44. Frolov, I. N., Bashkirceva, N. Y., Ziganshin, M. A., Okhotnikova, E. S., Firsin, A. A. *The steric hardening and structuring of paraffinic hydrocarbons in bitumen* // Pet. Sci. Technol. – 2016. – Vol. 34. – Is. 20. – P. 1675-1680.
45. Frolov, I. N., Yusupova, T. N., Ziganshin, M. A., Okhotnikova, E. S., Firsin, A. A. *Features of colloidal disperse structure formation in petroleum bitumen* // Colloid J. – 2016. – Vol. 78. – Is. 5. – P. 712-716.
Фролов, И. Н., Юсупова, Т. Н., Зиганшин, М. А., Охотникова, Е. С., Фирсин, А. А. *Особенности формирования коллоидной дисперсной структуры в нефтяном битуме* // Коллоид. ж. – 2016. – Т. 78. – № 5. – С. 650-654.
46. Furer, V. L., Vandyukov, A. E., Majoral, J. P., Caminade, A. M., Kovalenko, V. I. *Structure, IR and Raman spectra of phosphotrihydrazide studied by DFT* // Spectrosc. Acta Pt. A-Molec. Biomolec. Spectr. – 2016. – Vol. 166. – P. 19-24.
47. Furer, V. L., Vandyukov, A. E., Padie, C., Majoral, J. P., Caminade, A. M., Kovalenko, V. I. *FT-Raman, FT-IR spectroscopic and DFT studies of hexaphenoxycyclo-triphosphazene* // J. Mol. Struct. – 2016. – Vol. 1115. – P. 124-135.
48. Gabdrakhmanov, D. R., Samarkina, D. A., Semenov, V. E., Krylova, E. S., Reznik, V. S., Zakharova, L. Y. *Cationic surfactant with 1,2,4-triazole- and uracil moieties as amphiphilic building blocks for supramolecular nanocontainers* // J. Mol. Liq. – 2016. – Vol. 218. – P. 255-259.
49. Gabdrakhmanov, D. R., Samarkina, D. A., Semenov, V. E., Saifina, L. F., Valeeva, F. G., Reznik, V. S., Zakharova, L. Y. *Substrate specific nanoreactors based on pyrimidine-containing amphiphiles of various structures for cleavage of phosphonates* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1673-1675.
50. Gabdrakhmanov, D. R., Valeeva, F. G., Semenov, V. E., Samarkina, D. A., Mikhailov, A. S., Reznik, V. S., Zakharova, L. Y. *Supramolecular catalysts based on novel pyrimidinophane: Influence of additives of polymer and lanthanum ions* // Macroheterocycles. – 2016. – Vol. 9. – Is. 1. – С. 29-33.
Габдрахманов, Д. Р., Валеева, Ф. Г., Семенов, В. Э., Самаркина, Д. А., Михайлов, А. С., Резник, В. С., Захарова, Л. Я. *Супрамолекулярные катализаторы на основе нового пиридинофана: влияние добавок полимера и ионов лантана* // Макрогетероциклы. – 2016. – Т. 9. – № 1. – С. 29-33.

51. Gafurov, Z. N., Musin, L. I., Sakhapov, I. F., Babaev, V. M., Musina, E. I., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G., Yakhvarov, D. G. *The formation of secondary arylphosphines in the reaction of organonickel sigma-complex [NiBr(Mes)(bpy)], where Mes=2,4,6-trimethylphenyl, bpy=2,2-bipyridine, with phenylphosphine* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1475-1477.
52. Galkina, I. V., Yusupova, L. M., Gubaidullin, A. T., Galkin, V. I. *Synthesis, structure, and biologic activity of products of reactions between dinitrodichlorobenzofuroxane and aminopyrimidines in aqueous dimethyl sulfoxide* // Russ. J. Org. Chem. – 2016. – Vol. 52. – Is. 5. – P. 734-739.
Галкина, И. В., Юсупова, Л. М., Губайдуллин, А. Т., Галкин, В. И. *Синтез, строение и биологическая активность продуктов реакций динитродихлорбензофуросана с аминопиримидинами в водном диметилсульфоксиде* // Ж. орг. химии. – 2016. – Т. 52. – № 5. – С. 744-749.
53. Ganeeva, Y. M., Yusupova, T. N., Romanov, G. V. *Waxes in asphaltenes of crude oils and wax deposits* // Pet. Sci. – 2016. – Vol. 16. – Is. 4. – P. 737-745.
54. Ganushevich, Y. S., Miluykov, V. A., Sinyashin, O. G. *Synthesis and characterization of new 4,4-bis(phosphiran-1-yl)biphenyl* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1606-1607.
55. Garifullin, B. F., Strobykina, I. Y., Sharipova, R. R., Bazanova, O. B., Kataev, V. E. *Last step towards macrocyclic glycoterpenoids having isosteviol and glucosamine moieties* // Macroheterocycles. – 2016. – Vol. 9. – Is. 1. – P. 54-58.
Гарифуллин, Б. Ф., Стробыкина, И. Ю., Шарипова, Р. Р., Базанова, О. Б., Катаев, В. Е. *Последний шаг на пути к макроциклическим гликотерпеноидам, содержащим изостевиольный и глюкозаминный фрагменты* // Макрогетероциклы. – 2016. – Т. 9. – № 1. – С. 54-58.
56. Garifullin, B. F., Strobykina, I. Y., Sharipova, R. R., Kravchenko, M. A., Andreeva, O. V., Bazanova, O. B., Kataev, V. E. *Synthesis and antituberculosis activity of the first macrocyclic glycoterpenoids comprising glucosamine and diterpenoid isosteviol* // Carbohydr. Res. – 2016. – Vol. 431. – P. 15-24.
57. Garifullin, B. F., Strobykina, I. Yu., Sharipova, R. R., Kravchenko, M. A., Kataev, V. E. *The first macrocyclic glycoterpenoid having glucosamine and isosteviol moieties* // Macroheterocycles. – 2016. – Vol. 9. – Is. 3. – P. 320-322.
Гарифуллин, Б. Ф., Стробыкина, И. Ю., Шарипова, Р. Р., Кравченко, М. А., Катаев, В. Е. *Первый макроциклический гликотерпеноид, содержащий остатки глюкозамина и изостевиола* // Макрогетероциклы. – 2016. – Т. 9. – № 3. – С. 320-322.
58. Gatiatulin, A. K., Ziganshin, M. A., Yumaeva, G. F., Gubaidullin, A. T., Suwinska, K., Gorbachuk, V. V. *Using water-mimic organic compounds to activate guest inclusion by initially dry beta-cyclodextrin* // RSC Adv. – 2016. – Vol. 6. – Is. 66. – P. 61984-61995.
59. Gavrilova, E. L., Sajfutdinova, M. N., Tarasova, R. I., Shatalova, N. I., Semina, I. I., Gubaidullin, A. T. *Complexation of calix[4]resorcinol with phosphorylacetic acid hydrazides possessing neurotrophic activity* // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1372-1376.
Гаврилова, Е. Л., Сайфутдинова, М. Н., Тарасова, Р. И., Шаталова, Н. И., Семина, И. И., Губайдуллин, А. Т. *Комплексообразование каликс[4]резорцина с гидразидами фосфорилуксусных кислот, обладающих нейротропной активностью* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 5. – С. 1372-1376.
60. Gaynanova, G. A., Bekmukhametova, A. M., Kashapov, R. R., Ziganshina, A. Y., Zakharova, L. Y. *Superamphiphilic nanocontainers based on the resorcinarene – Cationic surfactant system: Synergetic self-assembling behavior* // Chem. Phys. Lett. – 2016. – Vol. 652. – P. 190-194.
61. Gaynanova, G. A., Vagapova, G. I., Knyazeva, I. R., Matveeva, V. I., Burirov, A. R., Zakharova, L. Y. *Aggregation in a binary system based on calix[4]resorcinol with phosphonium groups and hydrophilic polymers* // Macroheterocycles. – 2016. – Vol. 9. – Is. 1. – P. 23-28.
Гайнанова, Г. А., Вагапова, Г. И., Князева, И. Р., Матвеева, В. И., Бурилов, А. Р., Захарова, Л. Я. *Агрегация в бинарной системе на основе каликс[4]резорцина, функционализированного фосфониевыми группами, и гидрофильных полимеров* // Макрогетероциклы. – 2016. – Т. 9. – № 1. – С. 23-28.
62. Gaynanova, G. A., Vagapova, G. I., Valeeva, F. G., Vasilieva, E. A., Galkina, I. V., Zakharova, L. Y., Sinyashin, O. G. *A novel supramolecular catalytic system based on amphiphilic triphenylphosphonium bromide for the hydrolysis of phosphorus acid esters* // Colloid Surf. A-Physicochem. Eng. Asp. – 2016. – Vol. 489. – P. 95-102.
63. Gaynanova, G. A., Vasilieva, E. A., Bekmukhametova, A. M., Nizameev, I. R., Kadirov, M. K., Zakharova, L. Y., Konovalov, A. I. *Encapsulation of quantum dots in supramolecular systems based on amphiphilic compounds and polyelectrolytes* // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 1. – P. 151-157.
Гайнанова, Г. А., Васильева, Э. А., Бекмухаметова, А. М., Низамеев, И. Р., Кадилов, М. К., Захарова, Л. Я., Коновалов, А. И. *Инкапсулирование квантовых точек в супрамолекулярных системах на основе амфифильных соединений и полиэлектролитов* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 1. – С. 151-157.
64. Gazizov, A. S., Burirov, A. R., Pudovik, M. A., Khuzyasheva, D. G., Amirov, R. R. *Interaction of α -aminoacetals with phenol. Synthesis of new polyphenols* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 758-760.
Газизов, А. С., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А., Хузышева, Д. Г., Амиров, Р. Р. *Взаимодействие α -аминоацеталей с фенолом. Синтез новых полифенолов* // Ж. общ. хим. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 565-567.

65. Gazizov, A. S., Kharitonova, N. I., Smolobochkin, A. V., Gilmanov, R. Z., Burilov, A. R., Pudovik, M. A. *Synthesis of new polyphenols containing sym-triazine fragment* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 761-763.
Газизов, А. С., Харитонов, Н. И., Смолобочкин, А. В., Гильманов, Р. З., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. *Синтез новых полифенолов, содержащих фрагмент симм-триазина* // Ж. общ. хим. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 568-570.
66. Gazizov, A. S., Kharitonova, N. I., Syakaev, V. V., Dobrynin, A. B., Burilov, A. R., Pudovik, M. A. *Synthesis of benzooxadiazocines via the acid-catalyzed reaction of pyrimidine-containing acetals with resorcinol derivatives* // Mon. Chem. – 2016. – Vol. 147. – Is. 12. – P. 2113-2117.
67. Gensch, T., Richter, N., Theumer, G., Kataeva, O., Knolker, H. J. *Synthesis of stable diarylpalladium(II) complexes: detailed study of the aryl-aryl bond-forming reductive elimination* // Chem.-Eur. J. – 2016. – Vol. 22. – Is. 32. – P. 11186-11190.
68. Gorbachuk, E. V., Badeeva, E. K., Babaev, V. M., Rizvanov, I. Kh., Zinnatullin, R. G., Pavlov, P. O., Khayarov, Kh. R., Yakhvarov, D. G. *Reactivity of phosphine oxide H_3PO in the reactions with ketones* // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1289-1294.
Горбачук, Е. В., Бадеева, Е. К., Бабаев, В. М., Ризванов, И. Х., Зинатуллин, Р. Г., Павлов, П. О., Хаяров, Х. Р., Яхваров, Д. Г. *Реакционная способность фосфиноксида H_3PO при взаимодействии с кетонами* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 5. – С. 1289-1294.
69. Gorbachuk, E. V., Badeeva, E. K., Katsyuba, S. A., Pavlov, P. O., Khayarov, K. R., Sinyashin, O. G., Yakhvarov, D. G. *Thermal stability of primary and secondary phosphine oxides formed as a reaction of phosphine oxide with ketones* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1480-1481.
70. Gorbachuk, E. V., Badeeva, E. K., Zinnatullin, R. G., Pavlov, P. O., Dobrynin, A. B., Gubaidullin, A. T., Ziganshin, M. A., Gerasimov, A. V., Sinyashin, O. G., Yakhvarov, D. G. *Polymorphism and thermodynamic properties of chloro(cyclopentadienyl)bis(triphenylphosphine) ruthenium(II) complex* // J. Organomet. Chem. – 2016. – Vol. 805. – P. 49-53.
71. Grinenko, V. V., Khrizanforov, M. N., Strekalova, S. O., Khrizanforova, V. V., Kholin, K. V., Gryaznova, T. V., Budnikova, Y. H. *Electrooxidative Phosphorylation of coumarins by bimetallic catalytic systems Ni (II)/Mn (II) or Co (II)/Mn (II)* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1660-1661.
72. Gryaznova, T. V., Khrizanforov, M. N., Strekalova, S. O., Budnikova, Y. H., Sinyashin, O. G. *Electrochemical oxidative phosphonation of azoles* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1658-1659.
73. Gubaidullin, A. T., Litvinov, I. A., Samigullina, A. I., Zueva, O. S., Rukhlov, V. S., Idiyatullin, B. Z., Zuev, Y. F. *Structure and dynamics of concentrated micellar solutions of sodium dodecyl sulfate* // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 1. – P. 158-166.
Губайдуллин, А. Т., Литвинов, И. А., Самигуллина, А. И., Зуева, О. С., Рухлов, В. С., Идиятуллин, Б. З., Зув, Ю. Ф. *Структура и динамика концентрированных мицеллярных растворов додецилсульфата натрия* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 1. – С. 158-166.
74. Dobrynin, A. B., Andreeva, O. V., Litvinov, I. A., Kataev, V. E. *Molecular and crystal structure of 19-nor-4a(6-hydrazonecarbonyl)-3,4,5-trihydroxytetrahydropyran-2-oxycarbonyl)-16-hydrazone-ent-beyeran* // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1332-1335.
Добрынин, А. Б., Андреева, О. В., Литвинов, И. А., Катаев, В. Е. *Молекулярная и кристаллическая структура 19-нор-4a(3,4,5-тригидрокси-6-карбазоилтетрагидропиран-2-оксикарбонил)-16-гидразоно-энт-бейерана* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 5. – С. 1332-1335.
75. Ibragimova, A. R., Mirgorodskaya, A. B., Zakharova, L. Ya., Kononov, A. I. *Polyelectrolyte capsules for controlled binding/release of fluorescent probe* // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 3. – P. 675-679.
Ибрагимова А. Р., Миргородская А. Б., Захарова Л. Я., Коновалов А. И. *Полиэлектролитные капсулы для контролируемого связывания/высвобождения флуоресцентного зонда* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 3. – С. 675-679.
76. Ismaev, T. I., Safiullin, R. A., Strel'nik, I. D., Musina, E. I., Kadirov, M. K., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. *Nickel-organic complexes as catalyst in PEM fuel cells* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1654-1655.
77. Ismagilov, I. F., Kuryashov, D. A., Idrisov, A. R., Bashkirtseva, N. Yu., Zakharova, L. Ya., Zakharov, S. V., Alieva, M. R., Kashapova, N. E. *Supramolecular system based on cylindrical micelles of anionic surfactant and silica nanoparticles* // Colloid Surf. A-Physicochem. Eng. Asp. – 2016. – Vol. 507. – P. 255-260.
78. Izmet'ev, Y., Andreeva, O., Sharipova, R., Garifullin, B., Strobykina, I., Kravchenko, M., Kataev, V. *Synthesis and antituberculosis activity of some phosphorus containing glycolipids on the basis of glucuronic acid* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1621-1622.
79. Jeazet, H. B. T., Gloe, K., Doert, T., Mizera, J., Kataeva, O. N., Tsushima, S., Bernhard, G., Weigand, J. J., Lindoy, L. F. *Uranyl(VI) binding by bis(2-hydroxyaryl) diimine and bis(2-hydroxyaryl) diamine ligand derivatives. Synthetic, X-ray, DFT and solvent extraction studies* // Polyhedron. – 2016. – Vol. 103. – P. 198-205.
80. Jovene, C., Jacquet, M., Chugunova, E. A., Kharlamov, S. V., Goumont, R. *Synthesis and 1-oxide/3-oxide interconversion of 4-substituted benzodifuroxans: a thorough NMR and theoretical study of the structure of 4-fluoro- and 4-chloro-benzodifuroxan* // Tetrahedron. – 2016. – Vol. 72. – Is. 16. – P. 2057-2063.

81. Jovene, C., Marrot, J., Jasmin, J. P., Chugunova, E., Goumont, R. *A synthetic pathway to substituted benzofuroxans through the intermediacy of sulfonates: the case example of fluoro-nitrobenzofuroxans* // Eur. J. Org. Chem. – 2016. – Is. 23. – P. 4084-4092.
82. Kadirov, M. K., Ismaev, T. I., Safiullin, R. A., Nizameev, I. R., Strel'nik, I. D., Musina, E. I., Budnikova, Y. H., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. *New catalysts for PEM fuel cells* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1488-1490.
83. Kadirov, M. K., Knyazeva, I. R., Nizameev, I. R., Safiullin, R. A., Matveeva, V. I., Kholin, K. V., Khrizanforova, V. V., Ismaev, T. I., Buri'lov, A. R., Budnikova, Yu. H., Sinyashin, O. G. *Oxygen reduction reaction catalyzed by nickel complexes based on thiophosphorylated calix [4] resorcinols and immobilized in the membrane electrode assembly of fuel cells* // Dalton Trans. – 2016. – Vol. 45. – Is. 41. – P. 16157-16161.
84. Kalinin, A. A., Rakov, D. M., Latypova, L. Z., Rizvanov, I. K., Morozov, V. I., Yanilkin, V. V., Mamedov, V. A. *Synthesis, electrochemical and mass spectrometric properties of the macrocycles with one, two and four 3,3'-biindolizine redox-active fragments on the 3-(indolizin-2-yl) quinoxalin-2-one platform* // Macroheterocycle. – 2016. – Vol. 9. – Is. 1. P. 34-45.
Калинин, А. А., Раков, Д. М., Латыпова, Л. З., Ризванов, И. Х., Морозов, В. И., Янилкин, В. В., Мамедов, В. А. *Синтез, электрохимические и масс-спектрометрические свойства макроциклов с одним, двумя и четырьмя 3,3'-бииндолизиновыми редокс-активными фрагментами на 3-(индолизин-2-ил) хиноксалин-2-оновой платформе* // Макрогетероциклы. – 2016. – Т. 9. – № 1. – С. 34-45.
85. Karakulina, A., Gopakumar, A., Akcok, I., Roulier, B. L., LaGrange, T., Katsyuba, S. A., Das, S., Dyson, P. J. *A rhodium nanoparticle – Lewis acidic ionic liquid catalyst for the chemoselective reduction of heteroarenes* // Angew. Chem.-Int. Edit. – 2016. – Vol. 55. – Is. 1. – P. 292-296.
86. Karasik, A. A. *Cyclic aminomethylphosphines as ligands: Balancing between rational design and unpredicted findings* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1413-1415.
87. Kashapov, R. R., Rassadkina, R. I., Ziganshina, A. Y., Mukhitova, R. K., Mamedov, V. A., Zhukova, N. A., Kadirov, M. K., Nizameev, I. R., Zakharova, L. Y., Sinyashin, O. G. *Controlling the release of hydrophobic compounds by a supramolecular amphiphilic assembly* // RSC Adv. – 2016. – Vol. 6. – Is. 45. – P. 38548-38552.
88. Kataeva, O., Khrizanforov, M., Budnikova, Y., Islamov, D., Burganov, T., Vandyukov, A., Lyssenko, K., Mahns, B., Nohr, M., Hampel, S., Knupfer, M. *Crystal growth, dynamic and charge transfer properties of new coronene charge transfer complexes* // Cryst. Growth Des. – 2016. – Vol. 16. – Is. 1. – P. 331-338.
89. Katsyuba, S. A., Burganov, T. I. *A fresh look at participation of phosphorus atom in conjugation* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 3. – P. 417-422.
90. Kayukova, G. P., Gubaidullin, A. T., Petrov, S. M., Romanov, G. V., Petrukhina, N. N., Vakhin, A. V. *Changes of asphaltenes' structural phase characteristics in the process of conversion of heavy oil in the hydrothermal catalytic system* // Energy Fuels. – 2016. – Vol. 30. – Is. 2. – P. 773-783.
91. Kayukova, G. P., Kiyamova, A. M., Mikhailova, A. N., Kosachev, I. P., Petrov, S. M., Romanov, G. V., Sitdikova, L. M., Plotnikova, I. N., Vakhin, A. V. *Generation of hydrocarbons by hydrothermal transformation of organic matter of domanik rocks* // Chem. Tech. Fuels Oils. – 2016. – Vol. 52. – Is. 2. – P. 149-161.
Каюкова, Г. П., Киямова, А. М., Михайлова, А. Н., Косачев, И. П., Петров, С. М., Романов, Г. В., Ситдикова, Л. М., Плотникова, И. Н., Вахин, А. В. *Генерация углеводородов при гидротермальных превращениях органического вещества доманиковых пород* // ХТТМ. – 2016. – № 2 (594). – С. 21-27.
92. Kayukova, G. P., Uspensky, B. V., Abdrafikova, I. M., Musin, R. Z. *Characteristic features of the hydrocarbon composition of Spiridonovskoe (Tatarstan) and Pitch Lake (Trinidad and Tobago) asphaltites* // Pet. Chem. – 2016. – Vol. 56. – Is. 7. – P. 572-579.
Каюкова, Г. П., Успенский, Б. В., Абдрафикова, И. М., Мусин, Р. З. *Отличительные особенности углеводородного состава асфальтитов Спиридоновского месторождения (Татарстан) и природного битумного озера "Пич-Лейк" (Тринидад и Тобаго)* // Нефтехимия. – 2016. – № 4. – С. 337-345.
93. Khamatgalimov, A. R., Kovalenko, V. I. *Molecular structures of unstable isolated-pentagon-rule fullerenes C₇₂-C₈₆ molecules* // Russ. Chem. Rev. – 2016. – Vol. 85. – Is. 8. – P. 836-853.
Хаматгалимов, А. Р., Коваленко, В. И. *Структура молекул нестабильных фуллеренов C₇₂-C₈₆, подчиняющихся правилу изолированных пентагонов* // Усп. хим. – 2016. – Т. 85. – № 8. – С. 836-853.
94. Khannanov, A. A., Kutyreva, M. P., Ulakhovich, N. A., Gataulina, A. R., Bondar, O. V., Zakharova, L. Y., Kutyrev, G. A. *Hyperbranched polyester polyacids and their binary systems with surfactants for doxorubicin encapsulation* // Fluid Phase Equilib. – 2016. – Vol. 411. – P. 93-100.
95. Kharlamova, A. D., Lushchekina, S. V., Petrov, K. A., Kots, E. D., Nachon, F., Villard-Wandhammer, M., Zueva, I. V., Krejci, E., Reznik, V. S., Zobov, V. V., Nikolsky, E. E., Masson, P. *Slow-binding inhibition of acetylcholinesterase by an alkylammonium derivative of 6-methyluracil: mechanism and possible advantages for myasthenia gravis treatment* // Biochem. J. – 2016. – Vol. 473. – Is. 9. – P. 1225-1236.
96. Khasiyatullina, N. R., Mironov, V. F., Krivolapov, D. B., Mironova, E. V., Gnezdilov, O. I. *Synthesis, crystal structure and hydrolysis of novel isomeric cage (P-C/P-O)-phosphoranes on the basis of 4,4,5,5-tetramethyl-2-*

- (2-oxo-1,2-diphenylethoxy)-1,3,2-dioxaphospholane and hexafluoroacetone // RSC Adv. – 2016. – Vol. 6. – Is. 89. – P. 85745-85755.
97. Khasiyatullina, N. R., Mironov, V. F., Mironova, E. V., Krivolapov, D. B., Litvinov, I. A. *Preparation and crystal structure of 1,1-tetramethylethylenedioxy-3,4-diphenyl-6-trichloromethyl-2,5,7,1-trioxaphosphabicyclo[2.2.11,4]heptane and 2-(1-hydroxy-2,2,2-trichloroethoxy)-4,4,5,5-tetramethyl-2-oxo-1,3,2-dioxaphospholane* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 551-563. Хасиятуллина, Н. Р., Миронов В. Ф., Миронова, Е. В., Криволапов, Д. Б., Литвинов, И. А. *Получение и кристаллическая структура 1,1-тетраметилэтилендиокси-3,4-дифенил-6-трихлорметил-2,5,7,1-триоксафосфобифцикло[2.2.11,4]гептана и 2-(1-гидрокси-2,2,2-трихлорэтокси)-4,4,5,5-тетраметил-2-оксо-1,3,2-диоксафосфолана* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 408-420.
98. Kholin, K. V., Morozov, V. I., Kadirov, M. K., Khrizanforova, V. V., Budnikova, Y. H., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. *EPR-spectroelectrochemistry of nickel-organic complexessmall molecules activators* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1613-1614.
99. Khrizanforov, M. N., Fedorenko, S. V., Strekalova, S. O., Kholin, K. V., Mustafina, A. R., Zhilkin, M. Y., Khrizanforova, V. V., Osin, Y. N., Salnikov, V. V., Gryaznova, T. V., Budnikova, Y. H. *A Ni(III) complex stabilized by silica nanoparticles as an efficient nano-heterogeneous catalyst for oxidative C-H fluoroalkylation* // Dalton Trans. – 2016. – Vol. 45. – Is. 30. – P. 11976-11982.
100. Khrizanforov, M., Khrizanforova, V., Mamedov, V., Zhukova, N., Strekalova, S., Grinenko, V., Gryaznova, T., Sinyashin, O., Budnikova, Y. *Single-stage synthetic route to perfluoroalkylated arenes via electrocatalytic cross-coupling of organic halides using Co and Ni complexes* // J. Organomet. Chem. – 2016. – Vol. 820. – P. 82-88.
101. Khrizanforov, M. N., Shekurov, R. P., Ermolaev, V. V., Arkhipova, D. M., Miluykov, V. A., Kataeva, O. N., Khrizanforova, V. V., Budnikova, Y. H. *Novel phosphonium salt for paste electrode to study the redox properties of insoluble compounds* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1611-1612.
102. Khrizanforov, M. N., Strekalova, S. O., Grinenko, V. V., Khrizanforova, V. V., Gryaznova, T. V., Budnikova, Y. H. *Various ways of C-P bonds formation via selective electrochemical phosphorylation of aromatic C-H bonds* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1491-1493.
103. Khrizanforov, M. N., Strekalova, S. O., Kholin, K. V., Khrizanforova, V. V., Grinenko, V. V., Gryaznova, T. V., Budnikova, Y. H. *One-stage synthesis of FcP(O)(OC₂H₅)₂ from ferrocene and α -hydroxyethylphosphonate* // RSC Adv. – 2016. – Vol. 6. – Is. 48. – P. 42701-42707.
104. Khrizanforova, V. V., Khrizanforov, M. N., Gryaznova, T. V., Budnikova, Y. H. *Electrochemical pathway to CH/PH functionalization of diphenylphosphine oxide* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1602-1603.
105. Khrizanforova, V. V., Spiridonova, Y. S., Musina, E. I., Khrizanforov, M. N., Karasik, A. A., Budnikova, Y. H. *Metal complexes with aminomethylphosphines: Ni vs. Co in hydrogen evolution* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1604-1605.
106. Kibardina, L. K., Trifonov, A. V., Bagautdinova, R. H., Dobrynin, A. B., Pudovik, E. M., Burirov, A. R., Pudovik, M. A. *Pyridoxal reactions with amines and aliphatic diamines* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 607-612. Кибардина, Л. К., Трифонов, А. В., Багаутдинова, Р. Х., Добрынин, А. В., Пудовик, Е. М., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. *Пиридоксаль в реакции с аминами и алифатическими диаминами* // Ж. общ. хим. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 466-471.
107. Kibardina, L. K., Trifonov, A. V., Dobrynin, A. B., Burirov, A. R., Pudovik, M. A. *Reaction of pyridoxal imine with phosphonic acid derivatives* // Russ. J. Org. Chem. – 2016. – Vol. 52. – Is. 1. – P. 136-138. Кибардина, Л. К., Трифонов, А. В., Добрынин, А. В., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. *Реакция пиридоксальмина с гидрофосфорильными соединениями* // Ж. орг. хим. – 2016. – Т. 52. – № 1. – С. 142-144.
108. Kibardina, L. K., Trifonov, A. V., Dobrynin, A. B., Pudovik, M. A., Burirov, A. R., Sinyashin, O. G. *Reaction of pyridoxal with hydrophosphoryl compounds* // Heteroatom Chem. – 2016. – Vol. 27. – Is. 4 – P. 221-227.
109. Kibardina, L. K., Trifonov, A. V., Dobrynin, A. B., Pudovik, M. A., Pudovik, E. M., Burirov, A. R. *Reaction of pyridoxal and its azomethines with hydrophosphoryl compounds* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1599-1599.
110. Kibardina, L. K., Trifonov, A. V., Pudovik, E. M., Burirov, A. R., Pudovik, M. A. *Reactions of diphenylchlorothiophosphinate with pyridoxalimines* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 745-748. Кибардина, Л. К., Трифонов, А. В., Пудовик, Е. М., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. *Взаимодействие дифенилхлортиофосфината с пиридоксальминами* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 552-555.
111. Kiselev, V. D., Kornilov, D. A., Anikin, O. V., Latypova, L. I., Bermeshev, M. V., Chapala, P. P., Kononov, A. I. *Kinetics and thermochemistry of [2 π +2 σ +2 σ]-cycloaddition of quadricyclane to tetracyanoethylene* // Russ. J. Org. Chem. – 2016. – Vol. 52. – Is. 6. – P. 777-780. Киселёв, В. Д., Корнилов, Д. А., Аникин, О. В., Латыпова, Л. И., Бермешев, М. В., Чапала, П. П., Коновалов, А. И. *Кинетика и термодинамика реакции*

- [$2\pi+2\sigma+2\sigma$]-циклоприсоединения между квадрициклом и тетрацианоэтиленом // Ж. орг. хим. – 2016. – Т. 52. – № 6. – С. 793-795.
112. Knyazeva, I. R., Burilov, A. R., Pudovik, M. A., Sinyashin, O. G. *Phosphorus-containing calix[4]resorcinols: Synthesis and properties* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 3. – P. 391-398.
113. Kurbangalieva, A. R., Hoang, L. T., Lodochnikova, O. A., Kuzmicheva, M. Y., Pradipta, A. R., Tanaka, K., Chmutova, G. A. *First example of the synthesis of S,O-macroheterocycle based on 2(5H)-furanone and 2,2'-oxydiethanethiol* // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1278-1284.
Курбангалиева, А. Р., Хоанг, Л. Т., Лодоchnikova, О. А., Кузьмичева, М. Ю., Прадипта, А. Р., Танака, К., Чмутова, Г. А. *Первый пример синтеза S,O-макрогетероцикла на основе 2(5H)-фуранона и 2,2-оксидиэтантиола* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 5. – С. 1278-1284.
114. Latypov, S. K., Polyancev, F. M., Ganushevich, Y. S., Miluykov, V. A., Sinyashin, O. G. *Mechanism of intramolecular transformations of nickel phosphanido hydride complexes* // Dalton Trans. – 2016. – Vol. 45. – Is. 5. – P.2053-2059.
115. Latypov, S. K., Strel'nik, A. G., Balueva, A. S., Spiridonova, Y. S., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. *Conformational analysis of P,N-containing eight-membered heterocycles and their Pt/Ni complexes in solution* // Eur. J. Inorg. Chem. – 2016. – Is. 7. – P. 1068-1084.
116. Latypov, S. K., Strel'nik, A. G., Balueva, A. S., Spiridonova, Y. S., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. *Structure and dynamics of eight-membered P,N-heterocycles in solution* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 584-589.
Латыпов, Ш. К., Стрельник, А. Г., Балуева, А. С., Спиридонова, Ю. С., Карасик, А. А., Синяшин, О. Г. *Структура и динамика P,N-содержащих восьмичленных гетероциклов в растворах* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С.442-447.
117. Levitskaya A. I., Fominykh O. D., Balakina M. Yu. *Modeling of nonlinear optical activity of epoxyamine oligomers with binary chromophore groups* // Macromol. Theory Simul. – 2016. – Vol. 25. – Is. 6. – P. 591-600.
118. Levitskaya, A. I., Kalinin, A. A., Fominykh, O. D., Vasilyev, I. V., Balakina, M. Y. *Nonlinear optical properties of chromophores with indolizine donors: Theoretical study* // Comput. Theor. Chem. – 2016. – Vol. 1094. – P. 17-22.
119. Litvinov, I. A., Voronina, Y. K., Galyametdinova, I. V., Shashin, M. S., Semenov, V. E., Reznik, V. S. *Molecular and crystal structure of 1-(2-hydroxyethyl)-1,2-dihydro-3,4,6-trimethyl-2-oxopyrimidinium iodide: the N-alkylation product of xymedone* // J. Struct. Chem. – 2016. – Vol. 57. – Is. 3. – P. 549-556.
Литвинов, И. А., Воронина, Ю. К., Галяметдинова, И. В., Шашин, М. С., Семенов, В. Э., Резник, В. С. *Молекулярная и кристаллическая структура*
- 1-(2-гидроксиэтил)-1,2-дигидро-3,4,6-триметил-2-оксопиримидинийиодида - продукта n-алкилирования ксимедона* // Ж. структ. хим. – 2016. – Т. 57. – № 3. – С. 579-586.
120. Mamedov, V. A. *Recent advances in the synthesis of benzimidazol(on)es via rearrangements of quinoxalin(on)es* // RSC Adv. – 2016. – Vol. 6. – Is. 48. – P. 42132-42172.
121. Mamedov, V. A., Mamedova, V. L., Khikmatova, G. Z., Krivolapov, D. B., Litvinov, I. A. *Synthesis of 5-[bromo(aryl)methyl]-2,2-dimethyl-1,3-oxazolidin-4-ones* // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1260-1267.
Мамедов, В. А., Мамедова, В. Л., Хикматова, Г. З., Криволапов, Д. Б., Литвинов, И. А. *Синтез 5-[бром(арил)метил]-2,2-диметил-1,3-оксазолидин-4-онов* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 5. – С. 1260-1267.
122. Mamedov, V. A., Mamedova, V. L., Khikmatova, G. Z., Mironova, E. V., Krivolapov, D. B., Bazanova, O. B., Chachkov, D. V., Katsyuba, S. A., Rizvanov, I. K., Latypov, S. K. *A novel acid-catalyzed rearrangement of 2-substituted-3-(2-nitrophenyl)oxiranes for the synthesis of di- and mono-oxalamides* // RSC Adv. – 2016. – Vol. 6. – Is. 33. – P. 27885-27895.
123. Mamin, G. V., Gafurov, M. R., Yusupov, R. V., Gracheva, I. N., Ganeeva, Y. M., Yusupova, T. N., Orlinskii, S. B. *Toward the asphaltene structure by electron paramagnetic resonance relaxation studies at high fields (3.4 T)* // Energy Fuels. – 2016. – Vol. 30. – Is. 9. – P. 6942-6946.
124. Martyanov, K. A., Cherkasov, V. K., Abakumov, G. A., Samsonov, M. A., Khrizanforova, V. V., Budnikova, Y. H., Kuropatov, V. A. *New sterically-hindered o-quinones annelated with metal-dithiolates: regioselectivity in oxidative addition reactions of a bifacial ligand to the Pd and Pt complexes* // Dalton Trans. – 2016. – Vol. 45. – Is. 17. – P. 7400-7405.
125. Metlushka, K. E., Sadkova, D. N., Nikitina, K. A., Shaimardanova, L. N., Kataeva, O. N., Alfonsov, V. A. *Phosphorylation of betti base with diethyl chlorophosphate* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 515-521.
Метлушка, К. Е., Садкова, Д. Н., Никитина, К. А., Шаймарданова, Л. Н., Катаева, О. Н., Альфонсов, В. А. *Фосфорилирование основания Бетти диэтилхлорфосфатом* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 371-377.
126. Metlushka, K. E., Sadkova, D. N., Shaimardanova, L. N., Nikitina, K. A., Ivshin, K. A., Islamov, D. R., Kataeva, O. N., Alfonsov, A. V., Kataev, V. E., Voloshina, A. D., Punegova, L. N., Alfonsov, V. A. *First coordination polymers on the bases of chiral thiophosphorylated thioureas* // Inorg. Chem. Commun. – 2016. – Vol. 66. – P.11-14.
127. Minzanova, S. T., Khamatgalimov, A. R., Ryzhkina, I. S., Murtazina, L. I., Mironova, L. G., Kadirov, M.

- K., Vyshtakalyuk, A. B., Milyukov, V. A., Mironov, V. F. *Synthesis and physicochemical properties of antianemic iron and calcium complexes with sodium polygalacturonate* // Dokl. Phys. Chem. – 2016. – Vol. 467. – Is. 2. – P. 45-48.
- Минзанова, С. Т., Хаматгалимов, А. Р., Рыжкина, И. С., Муртазина, Л. И., Миронова, Л. Г., Кадиров, М. К., Выштакалюк, А. Б., Милуков, В. А., Мironov, В. Ф. *Синтез и физико-химические свойства противоанемических комплексов железа и кальция с полигалактуронатом натрия* // Докл. АН. – 2016. – Т. 467. – № 4. – С. 431-435.
128. Minzanova, S. T., Mironov, V. F., Mironova, L. G., Nizameev, I. R., Kholin, K. V., Voloshina, A. D., Kulik, N. V., Nazarov, N. G., Milyukov, V. A. *Synthesis, properties, and antimicrobial activity of pectin complexes with cobalt and nickel* // Chem. Nat. Compd. – 2016. – Vol. 52. – Is. 1. – P. 26-31.
129. Mirgorodskaya, A. B., Valeeva, F. G., Zhukova, N. A., Mamedov, V. A., Zakharova, L. Y., Sinyashin, O. G. *Application of nonionic amphiphiles for increasing solubility in water of alkylated bibenzimidazole derivatives* // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1249-1253.
- Миргородская, А. Б., Валеева, Ф. Г., Жукова, Н. А., Мамедов, В. А., Захарова, Л. Я., Синяшин, О. Г. *Применение неионных амфифилов для увеличения растворимости в воде алкилированных производных бибензимидазола* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 5. – С. 1249-1253.
130. Mirgorodskaya, A. B., Yackevich, E. I., Gabdrakhmanov, D. R., Lukashenko, S. S., Zuev, Y. F., Zakharova, L. Y. *Self-organization and lipoplex formation of cationic surfactants with morpholinium head group* // J. Mol. Liq. – 2016. – Vol. 220. – P. 992-998.
131. Mirgorodskaya, A. B., Zakharova, L. Y., Khairutdinova, E. I., Lukashenko, S. S., Sinyashin, O. G. *Supramolecular systems based on gemini surfactants for enhancing solubility of spectral probes and drugs in aqueous solution* // Colloid Surf. A-Physicochem. Eng. Asp. – 2016. – Vol. 510. – P. 33-42.
132. Mironov, V. F., Dimukhametov, M. N., Efimov, S. V., Aminova, R. M., Karataeva, F. K., Krivolapov, D. B., Mironova, E. V., Klochkov, V. V. *Stereoselective PCO/POC-rearrangement of P C-cage phosphorane in the reaction of 4,5-dimethyl-2-(2-oxo-1,2-diphenyl)ethoxy-1,3,2-dioxaphospholane with hexafluoroacetone* // J. Org. Chem. – 2016. – Vol. 81. – Is. 14. – P. 5837-5850.
133. Morozova, J. E., Syakaev, V. V., Kazakova, E. K., Shalaeva, Y. V., Nizameev, I. R., Kadirov, M. K., Voloshina, A. D., Zobov, V. V., Konovalov, A. I. *Amphiphilic calixresorcinarene associates as effective solubilizing agents for hydrophobic organic acids: construction of nano-aggregates* // Soft Matter. – 2016. – Vol. 12. – Is. 25. – P. 5590-5599.
134. Mukhametshina, A. R., Fedorenko, S. V., Zueva, I. V., Petrov, K. A., Masson, P., Nizameev, I. R., Mustafina, A. R., Sinyashin, O. G. *Luminescent silica nanoparticles for sensing acetylcholinesterase-catalyzed hydrolysis of acetylcholine* // Biosens. Bioelectron. – 2016. – Vol. 77. – P. 871-878.
135. Muravev, A. A., Galieva, F. B., Bazanova, O. B., Sharafutdinova, D. R., Solovieva, S. E., Antipin, I. S., Konovalov, A. I. *Thiacalix[4]monocrowns with terpyridine functional groups as new structural units for luminescent polynuclear lanthanide complexes* // Supramol. Chem. – Vol. 28. – Is. 5-6. – P. 589-600.
136. Musin, L. I., Abdullin, I. T., Vandyukov, A. E., Yakhvarov, D. G., Zinnatullin, R. G., Mironov, V. F., Bogdanov, A. V. *Novel azo-dyes-modified isatin derivatives: synthesis, UV/VIS spectroscopic, and electrochemical study* // Helv. Chim. Acta. – 2016. – Vol. 99. – Is. 8. – P. 597-600.
137. Musin, L. I., Musina, E. I., Krivolapov, D. B., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. *New 18-membered tetrakisphosphine macrocycle and its derivatives* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1591-1592.
138. Musina, E. I., Shamsieva, A. V., Krivolapov, D. B., Musin, L. I., Karasik, A. A. *First representatives of Au(I) complexes of P,N-containing bicyclo[7.7.5]helicane* // Macroheterocycles. – 2016. – Vol. 9. – Is. 1. – P. 46-49.
- Мусина, Э. И., Шамсиева, А. В., Криволапов, Д. В., Мусин, Л. И., Карасик, А. А. *Первые представители комплексов Au(I) с P,N-содержащим бицикло[7.7.5]хеникозаном* // Макрогетероциклы. – 2016. – Т. 9. – № 1. – P. 46-49.
139. Musina, E. I., Shamsieva, A. V., Strel'nik, I. D., Gerasimova, T. P., Krivolapov, D. B., Kolesnikov, I. E., Grachova, E. V., Tunik, S. P., Bannwarth, C., Grimme, S., Katsyuba, S. A., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. *Synthesis of novel pyridyl containing phospholanes and their polynuclear luminescent copper(I) complexes* // Dalton Trans. – 2016. – Vol. 45. – Is. 5. – P. 2250-2260.
140. Musina, E. I., Wittmann, T. I., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. *Macrocyclic tetraphosphine coronands and their complexes* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1444-1446.
141. Nasretdinova, G. R., Osin, Y. N., Gubaidullin, A. T., Yanilkin, V. V. *Methylviologen mediated electrosynthesis of palladium nanoparticles stabilized with CTAC* // J. Electrochem. Soc. – 2016. – Vol. 163. – Is. 8. – P. G99-G106.
142. Neklyudov, V. V., Boos, G. A., Chmutova, G. A., Fatkhov, S. G., Shulaeva, M. M., Bagina, Yu. I., Salmikov, Yu. I. *Solvation state of iron(III) in aqueous solutions of dimethyl sulfoxide. Complex formation ability of iron(III) with respect to derivatives of sym-triazine and bis(hydrazinocarbonylmethyl) sulfoxide* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 10. – P. 2367-2374.
- Неклюдов, В. В., Боос, Г. А., Чмутова, Г. А., Фаттахов, С. Г., Шулаева, М. М., Багина, Ю. И., Сальников, Ю. И. *Сольватное состояние железа(III) в водных рас-*

- творях диметилсульфоксида. Комплексообразующая способность железа(III) в отношении производных симм-триазина и бис(гидразинокарбонилметил)сульфоксида // Ж. общ. хим. – 2016. – Т. 86. – № 10. – С. 1720-1727.
143. Nemtarev, A. V., Mironov, V. F., Aniskin, A. S., Baranov, D. S., Krivolapov, D. B., Musin, R. Z., Vasilevskii, S. F. *Reactions of arylenedioxytrihalophosphoranes with acetylenes 14. Methoxyphenylacetylenes in the reaction with 2,2,2-trichlorobenzo-1,3,2-dioxaphosphole* // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1299-1307.
Немтарёв, А. В., Миронов, В. Ф., Анискин, А. С., Баранов, Д. С., Криволапов, Д. Б., Мусин, Р. З., Василевский, С. Ф. *Взаимодействие арилендиокситригалогенфосфоранов с ацетиленами. Сообщение 14. Метоксифенилацетилены в реакции с 2,2,2-трихлорбензо-1,3,2-диоксафосфолом* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 5. – С. 1299-1307.
144. Nikitina, K. A., Metlushka, K. E., Sadkova, D. N., Shaimardanova, L. N., Alfonsov, V. A. *Synthesis of alpha-amino phosphonates by diastereoselective addition of diethyl phosphite sodium salt to aldimines derived from Betti base* // Mendeleev Commun. – 2016. – Vol. 26. – Is. 5. – P. 395-396.
145. Nikolaeva, Y. A., Balueva, A. S., Ignat'eva, S. N., Musina, E. I., Karasik, A. A. *Synthesis of first representatives of 46-membered P,N,O-containing cyclophanes and their transition metal complexes* // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1319-1324.
Николаева, Ю. А., Балуева, А. С., Игнат'ева, С. Н., Мусина, Э. И., Карасик, А. А. *Синтез первых представителей 46-членных P,N,O-содержащих циклофанов и их комплексов с переходными металлами* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 5. – С. 1319-1324.
146. Nikolaeva, Y. A., Balueva, A. S., Musina, E. I., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. *Tetracarbonyltungsten (0) and -molybdenum (0) complexes of P,N-containing cyclophanes* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1581-1582.
147. Nikonorova, N. A., Balakina, M. Y., Fominykh, O. D., Sharipova, A. V., Vakhonina, T. A., Nazmieva, G. N., Castro, R. A., Yakimansky, A. V. *Dielectric spectroscopy and molecular modeling of branched methacrylic (co) polymers containing nonlinear optical chromophores* // Mater. Chem. Phys. – 2016. – Vol. 181. – P. 217-226.
148. Nizameev, I. R., Kadirov, M. K., Semenov, V. A., Knyazeva, I. R., Khrizanforova, V. V., Burirov, A. R., Budnikova, Y. H. *1-D nanostructures of iron, cobalt and of their complexes with thiophosphorylated calix [4] resorcinols* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1684-1685.
149. Nizameev, I. R., Kadirov, M. K., Semenov, V. A., Zakharova, L. Y., Ismaev, T. I., Safiullin, R. A., Rizvanov, I. K., Babaev, V. M. *Palladium 1D nanoscale aggregates on a graphite surface using CTAB hemicylindrical micelle templates* // Dalton Trans. – 2016. – Vol. 45. – Is. 27. – P. 11035-11041.
150. Nizamov, I. S., Nikitin, Y. N., Belov, T. G., Nizamov, I. D., Voloshina, A. D., Cherkasov, R. A. *1,2:5,6-di-O-cyclohexylidene-d-mannitol and its bis(trimethylsilyl) ether in the dithiophosphorylation reactions* // Heteroatom Chem. – 2016. – Vol. 27. – Is. 2. – P.108-113.
151. Nizamov, I. S., Nikitin, Y. N., Nizamov, I. D., Belov, T. G., Voloshina, A. D., Batyeva, E. S., Cherkasov, R. A. *alpha-d-Glucofuranose and alpha-d-allofuranose diacetonides and silyl ether of alpha-d-glucofuranose diacetonide in dithiophosphorylation reactions* // Heteroatom Chem. – 2016. – Vol. 27. – Is. 6. – P. 345-352.
152. Nizamov, I. S., Nikitin, Y. N., Nizamov, I. D., Cherkasov, R. A. *Reactions of 2,4-diaryl 1,3,2,4-dithiadiphosphetane-2,4-disulfides with disilylated resorcinols* // J. Sulfur Chem. – 2016. – Vol. 37. – Is. 2. – P. 189-195.
153. Nizamov, I. S., Terenzhev, D. A., Nizamov, I. D., Shumatbaev, G. G., Batyeva, E. S., Cherkasov, R. A. *Dithiophosphorylation of trimethylsilyl ethers of carvacrol and thymol* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is.3. – P. 564-569.
Низамов, И. С., Теренжев, Д. А., Низамов, И. Д., Шуматбаев, Г. Г., Батыева, Э. С., Черкасов, Р. А. *Дитиофосфорилирование триметилсилиловых эфиров карвакрола и тимола* // Ж. общ. хим. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 421-426.
154. Okhotnikova, E. S., Ganeeva, Y. M., Barskaya, E. E., Romanov, G. V., Yusupova, T. N., Khusainov, V. R., Bashkirtseva, N. Y. *Composition and physicochemical properties of natural bitumen from the Pasar Wajo deposit (Indonesia)* // Pet. Chem. – Vol. 56. – Is. 8. – P. 677-682.
Охотникова, Е. С., Ганеева, Ю. М., Барская, Е. Е., Романов, Г. В., Юсупова, Т. Н., Хусаинов, В. Р., Башкирцева, Н. Ю. *Состав и физико-химические свойства природных битумов месторождения Пасар Ваджо (Индонезия)* // Нефтехимия. – 2016. – Т. 56. – № 5. – С. 454-460.
155. Oshchepkova, E. S., Zagidullin, A. A., Miluykov, V. A., Sinyashin, O. G. *Substituent effects in the asymmetric Diels-Alder cycloaddition of 3,4,5-triaryl-1-(+)-neomenthyl-1,2-diphospholes' with maleic acid derivatives* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1530-1532.
156. Ovsyannikov, A. S., Ferlay, S., Solovieva, S. E., Antipin, I. S., Kononov, A. I., Kyritsakas, N., Hosseini, M. W. *Molecular tectonics: 1D tubular type and 3D diamond like mercury(II) coordination polymers based on pyridyl appended p-tert-butyltetrathiacalixp[4]arene* // Macroheterocycles. – 2016. – Vol. 9. – Is. 1. – P. 17-22.
Овсянников, А. С., Ферлэй, С., Соловьёва, С. Е., Антипин, И. С., Коновалов, А. И., Киритсакас, Н., Хоссейни, М. В. *Молекулярная тектоника: 1D трубчатая структура и 3D алмазоподобная структура координационных полимеров на основе взаимодействия тетразамещённых пиридинных производных п-tert-бутилтетратиакаликс[4] арена и катионов*

- путти (II) // Макрогетероциклы. – 2016. – Т. 9. – № 1. – С. 17-22.*
157. Ovsyannikov, A. S., Lang, M. N., Ferlay, S., Solovieva, S. E., Antipin, I. S., Konovalov, A. I., Kyritsakas, N., Hosseini, M. W. *Molecular tectonics: tetracarboxythiacalix[4]arene derivatives as tectons for the formation of hydrogen-bonded networks // Crystengcomm. – 2016. – Vol. 18. – P. 8622-8630.*
158. Ovsyannikov, A. S., Noamane, M. H., Abidi, R., Ferlay, S., Solovieva, S. E., Antipin, S., Konovalov, A. I., Kyritsakas, N., Hosseini, M. W. *Molecular tectonics: dimensionality and geometry control of silver coordination networks based on pyrazolyl appended thiocalixarenes // Crystengcomm. – 2016. – Vol. 18. – P. 691-703.*
159. Pashirova, T. N., Andreani, T., Macedo, A. S., Souto, E. B., Zakharova, L. Ya. *Development of gel-core solid lipid nanoparticles as drug delivery systems for hydrophilic molecules // Curr. Nanosci. – 2016. – Vol. 12. – Is. 5. – P. 598-604.*
160. Pashirova, T. N., Zhiltsova, E. P., Lukashenko, S. S., Gibadullina, E. M., Buriylov, A. R., Zakharova, L. Y., Konovalov, A. I. *Supramolecular systems based on polyethyleneimines and octa-2-hydroxyethylated calix[4]resorcinarenes. Aggregation and catalytic activity // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1272-1277.*
Паширова, Т. Н., Жильцова, Е. П., Лукашенко, С. С., Гибадуллина, Э. М., Бурилов, А. Р., Захарова, Л. Я., Коновалов, А. И. *Супрамолекулярные системы на основе полиэтилениминов и окта-2-гидроксиэтилированных каликс[4]резорцинов. Агрегация и каталитическая активность // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 5. – С. 1272-1277.*
161. Pashirova, T. N., Zorin, I. M., Bilibin, A. Y., Zakharova, L. Y., Konovalov, A. I. *Polymerized micelles based on poly-11-(acryloylamino)undecanoic acid: aggregation properties and influence on the hydrolysis rate of phosphorous acid esters // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 1. – P. 268-277.*
Паширова, Т. Н., Зорин, И. М., Билибин, А. Ю., Захарова, Л. Я., Коновалов, А. И. *Полимеризованные мицеллы на основе поли-11-(акрилоиламино)ундекановой кислоты: агрегационные свойства и влияние на скорость гидролиза эфиров кислот фосфора // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 1. – С. 268-272.*
162. Pavelyev, R. S., Khairullina, R. R., Koshkin, S. A., Iksanova, A. G., Lodochnikova, O. A., Khaertdinov, N. N., Sitdikova, G. F., Safina, A. F., Aleksandrova, E. G., Ziganshina, L. E., Shtyrilin, Y. G. *Synthesis and antiadrenergic properties of β -substituted alcohols based on 6-hydroxymethylpyridoxine // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 2. – P. 519-531.*
Павельев, Р. С., Хайруллина, Р. Р., Кошкин, С. А., Иксанова, А. Г., Лодоchnikova, О. А., Хаертдинов, Н. Н., Ситдикова, Г. Ф., Сафина, А. Ф., Александрова, Э. Г., Зиганшина, Л. Е., Штырлин, Ю. Г. *Синтез и антиадренергические свойства β -замещённых спиртов на основе 6-гидроксиметилпиридоксина // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 2. – С. 519-531.*
163. Pavelyev, R. S., Vafina, R. M., Lodochnikova, O. A., Galiullina, A. S., Romanova, E. I., Balakin, K. V., Shtyrilin, Y. G. *Stereochemistry of hexachlorocyclopentadiene [4+2]-cycloaddition to 2-substituted 4,7-dihydro-1,3-dioxepins // Tetrahedron Lett. – 2016. – Vol. 57. – Is. 35. – P. 3902-3907.*
164. Pen'kovskii, A. I., Nikolaev, V. F., Borovkova, N. S. *New optical methods and devices for analyzing the quality of motor fuels // J. Optic. Technol. – 2016. – Vol. 83. – Is. 4. – P. 244-248.*
165. Petrov, S. M., Ibragimova, D. A., Abdelsalam, Y. I. I., Kayukova, G. P. *Influence of rock-forming and catalytic additives on transformation of highly viscous heavy oil // Pet. Chem. – 2016. – Vol. 56. – Is. 1. – P. 21-26.*
Петров, С. М., Ибрагимова, Д. А., Абделсалам, Я. И. И., Каюкова, Г. П. *Влияние породообразующих и каталитических добавок на преобразование тяжёлой высоковязкой нефти // Нефтехимия. – 2016. – Т. 56. – № 1. – С. 24-29.*
166. Petrov, S. M., Kayukova, G. P., Lakhova, A. I., Soldatova, R. R., Ibragimova, D. A. *Steam – air conversion of heavy oil in the presence of nanosized metal oxide particles // Chem. Tech. Fuels Oils. – 2016. – Vol. 52. – Is. 5. – P. 619-625.*
Петров, С. М., Каюкова, Г. П., Лахова, А. И., Солдатова Р. Р., Ибрагимова, Д. А. *Пар – преобразование воздуха тяжёлой нефти в присутствии наноразмерных частиц оксида металла // ХТТМ. – 2016. – Т. 52. – № 5. – С. 97-100.*
167. Pletneva, N. V., Pletnev, S., Pakhomov, A. A., Chertkova, R. V., Martynov, V. I., Muslinkina, L., Dauter, Z., Pletnev, V. Z. *Crystal structure of the fluorescent protein from *Dendronephthya* sp in both green and photoconverted red forms // Acta Crystallogr. Sect. D-Struct. Biol. – 2016. – Vol. 72. – № 8. – P. 922-932.*
168. Podyachev, S. N., Gimazetdinova, G. S., Gubaidullin, A. T., Syakaev, V. V., Sudakova, S. N., Gabidullin, B. M., Ivanov, V. T., Gogolashvili, E. L., Konovalov, A. I. *Synthesis, structure and coordination properties of novel bifunctional carboxylic derivatives of 1,3-alternate tetrathiacalix[4]arene // RSC Adv. – 2016. – Vol. 6. – Is. 23. – P. 19531-19544.*
169. Povysheva, T. V., Semenov, V. E., Galyametdinova, I. V., Reznik, V. S., Knni, K. S., Kolesnikov, P. E., Chelyshev, Y. A. *New xymedon analogues for stimulation of posttraumatic regeneration of the spinal cord in rats // Bull. Exp. Biol. Med. – 2016. – Vol. 162. – Is. 2. – P. 220-224.*
Повышева, Т. В., Семенов, В. Э., Галяметдинова, И. В., Резник, В. С., Кнни, К. С., Колесников, П. Е., Челышев, Ю. А. *Новые аналоги ксимедона для стимулирования посттравматической регенерации спинного мозга крысы // Бюлл. эксп. биол. мед. – 2016. – Т. 162. – № 8. – С. 183-188.*

170. Pudovkin, M. S., Zelenikhin, R. V., Krasheninnikova, A. O., Korableva, S. L., Nizamutdinov, A. S., Alakshin, E. M., Semashko, V. V., Safiullin, R. A., Kadirov, M. K. *Photoinduced toxicity of PrF₃ and LaF₃ nanoparticles // Opt. Spectrosc. – 2016. – Vol. 121. – Is. 4. – P. 538-543.*
Пудовкин, М. С., Зеленихин, П. В., Крашенинникова, А. О., Кораблева, С. Л., Низамутдинов, А. С., Алакшин, Е. М., Семашко, В. В., Сафиуллин, Р. А., Кадилов, М. К. *Фитоиндуцированная токсичность наночастиц PRF₃ и LAF₃ // Оптика и спектроскопия. – 2016. – Т. 121. – № 4. – С. 590-595.*
171. Pugachev, M. V., Paveleyev, R. S., Nguyen, T. N. T., Iksanova, A. G., Lodochnikova, O. A., Shtyrlin, Y. G. *Synthesis and antitumor activity of pyridoxine monoalkenyl derivatives // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 52. – Is. 2. – P. 532-536.*
Пугачев, М. В., Павельев, Р. С., Нгуен, Т. Н. Т., Иксанова, А. Г., Лодочникова, О. А., Штырлин, Ю. Г. *Синтез и противоопухолевая активность моноалкенилпроизводных пиридоксина // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 2. – С. 532-536.*
172. Rahelivao, M. P., Gruner, M., Lubken, T., Islamov, D., Kataeva, O., Andriamanantoanina, H., Bauer, I., Knolker, H. J. *Chemical constituents of the soft corals Sinularia vanderlandi and Sinularia gravis from the coast of Madagascar // Org. Biomol. Chem. – 2016. – Vol. 14. – Is. 3. – P. 989-1001.*
173. Romanov, S. R., Aksunova, A. F., Islamov, D. R., Dobrynin, A. B., Krivolapov, D. B., Kataeva, O. N., Bakhtiyarova, Y. V., Gnezdilov, O. I., Galkina, I. V., Galkin, V. I. *Triphenylphosphine in reactions with ω-haloalkylcarboxylic acids // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1637-1639.*
174. Sadikova, L. M., Sadykova, Y. M., Zalaltdinova, A. V., Burilov, A. R., Pudovik, M. A., Voronina, J. K., Mitrasov, Y. N. *The reactions of 2-ethoxyvinylchlorophosphonate with 4-chloro- or 4-bromoresorcinols and 2,3,5-trimethylphenol // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1562-1563.*
175. Sadykova, Yu. M., Dalmatova, N. V., Sadikova, L. M., Burilov, A. R., Pudovik, M. A. *Synthesis of new podands on a platform of bicyclic phosphonates // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 10. – P. 2397-2398.*
Садыкова, Ю. М., Далматова, Н. В., Садикова, Л. М., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. *Синтез новых подандов на платформе бициклических фосфонатов // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 10. – С. 1751-1752.*
176. Sadykova, Y. M., Sadikova, L. M., Zalaltdinova, A. V., Dalmatova, N. V., Burilov, A. R., Pudovik, M. A., Sinyashin, O. G. *Phosphorus-containing bicyclic phosphonates in silylation and acetylation reactions // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 3. – P. 493-495.*
177. Sadykova, Y. M., Voronina, Y. K., Burilov, A. R., Pudovik, M. A. *Modification of bicyclic phosphonates based on resorcinol and its derivatives via Mannich reaction // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1560-1561.*
178. Sakhapov, I. F., Gafurov, Z. N., Babaev, V. M., Rizvanov, I. K., Dobrynin, A. B., Krivolapov, D. B., Khayarov, K. R., Sinyashin, O. G., Yakhvarov, D. G. *First example of organonickel complex bearing three cyclic substituents in the sigma-bonded aromatic ring: bromo[(2,2'-bipyridine)-2,4,6-tricyclohexylphenylnickel] // Mendeleev Commun. – 2016. – Vol. 26. – № 2. – P. 131-133.*
179. Salin, A. V., Il'in, A. V., Shamsutdinova, F. G., Fatkhutdinov, A. R., Islamov, D. R., Kataeva, O. N., Galkin, V. I. *The Pudovik reaction catalyzed by tertiary phosphines // Curr. Org. Synth. – 2016. – Vol. 13. – № 1. – P. 132-141.*
180. Samarkina, D. A., Gabdrakhmanov, D. R., Semenov, V. E., Valeeva, F. G., Gubaidullina, L. M., Zakharova, L. Y., Reznik, V. S., Konovalov, A. I. *Self-assembling catalytic systems based on new amphiphile containing purine fragment, exhibiting substrate specificity in hydrolysis of phosphorus acids esters // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 656-660.*
Самаркина, Д. А., Габдрахманов, Д. Р., Семенов, В. Э., Валеева, Ф. Г., Губайдуллина, Л. М., Захарова, Л. Я., Резник, В. С., Коновалов, А. И. *Самоорганизующиеся каталитические системы на основе нового амфифила, содержащего пуриновый фрагмент, проявляющие субстратную специфичность в гидролизе эфиров кислот фосфора // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 518-522.*
181. Sattarova, L. S., Wittmann, T. I., Galimova, M. F., Musin, R. R., Musina, E. I., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. *10-(Aryl)phenoxarsines as ligands for design of polynuclear Cu(I) complexes // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1587-1588.*
182. Serdyuk, A. A., Mirgorodskaya, A. B., Kapitanov, I. V., Gathergood, N., Zakharova, L. Y., Sinyashin, O. G., Karpichev, Y. *Effect of structure of polycyclic aromatic substrates on solubilization capacity and size of cationic monomeric and gemini 14-s-14 surfactant aggregates // Colloid Surf. A-Physicochem. Eng. Asp. – 2016. – Vol. 509. – P. 613-622.*
183. Sergeeva, T. Y., Samigullina, A. I., Gubaidullin, A. T., Nizameev, I. R., Kadirov, M. K., Mukhitova, R. K., Ziganshina, A. Y., Konovalov, A. I. *Application of ferrocene-resorcinarene in silver nanoparticle synthesis // RSC Adv. – 2016. – Vol. 6. – Is. 90. – P. 87128-87133.*
184. Shamsieva, A. V., Musina, E. I., Trigulova, K. R., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. *Synthesis of 1-pyridylphospholane-1-oxides and their Ni(II) complexes // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1630-1631.*

185. Shamsutdinova, N. A., Strel'nik, I. D., Musina, E. I., Gerasimova, T. P., Katsyuba, S. A., Babaev, V. M., Krivolapov, D. B., Litvinov, I. A., Mustafina, A. R., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. "Host-guest" binding of a luminescent dinuclear Au(I) organic substrates as a reason for luminescence tuneability // *New J. Chem.* – 2016. – Vol. 40. – Is. 11. – P. 9853-9861.
186. Sharipova, R. R., Garifullin, B. F., Andreeva, O. V., Strob'ykina, I. Y., Kataev, V. E. First derivative of the *Stevia rebaudiana* glycoside steviolbioside containing thiazolylhydrazones moieties // *Chem. Nat. Compd.* – 2016. – Vol. 52. – Is. 5. – P. 870-873.
Шарипова, Р. Р., Гарифуллин, Б. Ф., Андреева, О. В., Стробыкина, И. Ю., Катаев, В. Е. Первое производное гликозида растения *S. rebaudiana* стевииолбиозида, содержащее тиазолгидразонные фрагменты // *Хим. природ. соед.* – 2016. – Т. 52. – № 5. – С. 742-745.
187. Sharipova, R. R., Garifullin, B. F., Andreeva, O. V., Strob'ykina, I. Y., Kataev, V. E. Synthesis of thiazolylhydrazones of the *Stevia rebaudiana* glycoside steviolbioside // *Russ. J. Gen. Chem.* – 2016. – Vol. 86. – Is. 8. – P. 1871-1880.
Шарипова, Р. Р., Гарифуллин, Б. Ф., Андреева, О. В., Стробыкина, И. Ю., Катаев, В. Е. Синтез тиазолгидразонов гликозида растения *Stevia rebaudiana* стевииолбиозида // *Ж. общ. хим.* – 2016. – Т. 86. – № 8. – С. 1334-1344.
188. Shekurov, R. P., Khrizanforov, M. N., Budnikova, Y. N., Khrizanforova, V. V., Miluykov, V. A., Kataeva, O. N. Electrochemical properties of poly(manganese 1,1'-ferrocenediyl-bis(H-phosphinate)) // *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.* – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1551-1552.
189. Shekurov, R., Miluykov, V., Kataeva, O., Krivolapov, D., Sinyashin, O., Gerasimova, T., Katsyuba, S., Kovalenko, V., Krupskaya, Y., Kataev, V., Buchner, B., Senkovska, I., Kaskel, S. Reversible water-induced structural and magnetic transformations and selective water adsorption properties of poly(manganese 1,1'-ferrocenediyl-bis(H-phosphinate)) // *Cryst. Growth Des.* – 2016. – Vol. 16. – Is. 9. – P. 5084-5090.
190. Shevyrin, V., Kupriyanova, O., Lebedev, A. T., Melkozherov, V., El'tsov, O., Shafran, Y., Morzherin, Y., Sadykova, R. Mass spectrometric properties of N-(2-methoxybenzyl)-2-(2,4,6-trimethoxyphenyl)ethanamine (2,4,6-TMPEA-NBOMe), a new representative of designer drugs of NBOMe series and derivatives thereof // *J. Mass Spectrom.* – 2016. – Vol. 51. – Is. 10. – P. 969-979.
191. Smirnov, M. A., Mukhtarov, A. S., Ivanova, N. V., Vakhonina, T. A., Nazmieva, G. N., Nizameev, I. R., Bazarov, V. V., Balakina, M. Yu., Sinyashin, O. G. Measurements of electro-optic coefficient of polymer films based on branched methacrylic copolymers containing azochromophores // *Mendeleev Commun.* – 2016. – Vol. 26. – Is. 6. – P.518-520.
192. Smolobochkin, A. V., Anikina, E. A., Gazizov, A. S., Buri'lov, A. R., Pudovik, M. A. Synthesis of 1-(arenesulfonyl)-2-arylpyrrolidines by reaction of N-(4,4-diethoxybutyl)-4-methylbenzene-sulfonamide with phenols // *Russ. J. Org. Chem.* – 2016. – Vol. 52. – Is. 9. – P. 1304-1307.
Смолобочкин, А. В., Аникина, Е. А., Газизов, А. С., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. Синтез 1-(аренсульфонил)-2-арилпирролидинов при взаимодействии N-(4,4-диэтоксIBUTИЛ)-4-метилбензолсульфонамида с фенолами // *Ж. орг. химии.* – 2016. – Т. 52. – № 9. – С.1316-1319.
193. Smolobochkin, A. V., Gazizov, A. S., Buri'lov, A. R., Pudovik, M. A. Nitrogen-containing acetals and ketals in the synthesis of pyrrolidine derivatives // *Chem. Heterocycl. Compds.* – 2016. – Vol. 52. – Is. 10. – P. 753-765.
Смолобочкин, А. В., Газизов, А. С., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. Азотсодержащие ацетали и кетали в синтезе производных пирролидина // *Хим. гетероцикл. соед.* – 2016. – Т. 52. – № 10. – С.753-765.
194. Smolobochkin, A. V., Gazizov, A. S., Buri'lov, A. R., Pudovik, M. A. Reaction of N-cyclohexyl-2-(2-hydroxy-naphthalen-1-yl)pyrrolidine-1-carboxamide with resorcinol and its derivatives and synthesis of polyphenols // *Russ. Chem. Bull.* – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1377-1379.
Смолобочкин, А. В., Газизов, А. С., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. Взаимодействие 2-(2-гидрокси-нафталин-1-ил)-N-циклогексилпирролидин-1-карбоксамид с резорцином и его производными и синтез полифенолов // *Изв. АН. Сер. хим.* – 2016. – № 5. – С.1377-1379.
195. Smolobochkin, A. V., Gazizov, A. S., Buri'lov, A. R., Pudovik, M. A., Khuzyasheva, D. G., Amirov, R. R. Synthesis of 2-arylpyrrolidines by reaction of γ -ureidoacetals with benzene-1,3,5-triol // *Russ. J. Org. Chem.* – 2016. – Vol. 52. – Is. 4. – P. 538-540.
Смолобочкин, А. В., Газизов, А. С., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А., Хузяшева, Д. Г., Амиров, Р. Р. Синтез 2-арилпирролидинов при взаимодействии γ -уреидоацеталей с 1,3,5-триоксibenзолom // *Ж. орг. химии.* – 2016. – Т. 52. – № 4. – С. 552-554.
196. Smolobochkin, A. V., Gazizov, A. S., Voronina, Y. K., Buri'lov, A. R., Pudovik, M. A. Cyclization of 1-(4,4-diethoxybutyl)-3-aryl(thio)ureas to 2-arylpyrrolidines and 2,3'-bipyrrole derivatives // *Russ. Chem. Bull.* – 2016. – Vol. 65. – Is. 3. – P. 731-734.
Смолобочкин, А. В., Газизов, А. С., Воронина, Ю. К., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. Циклизация 1-(4,4-диэтоксIBUTИЛ)-3-арил(тио)мочевин в 2-арилпирролидины и производные 2,3'-бипиррола // *Изв. АН. Сер. хим.* – 2016. – № 3. – С. 731-734.
197. Steglenko, D. V., Ryzhkina, I. S., Konovalov, A. I., Starikov, A., Minkin, V. I. Quantum chemical study of the self-assembly of tetrathiacalix[4]arenes and their oxygen analogs functionalized by hydrazide groups

- // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 1. – С. 47-53.
- Стегленко, Д. В., Рыжкина, И. С., Коновалов, А. И., Стариков, А. Г., Минкин, В. И. *Квантово-химическое изучение самоорганизации тетракаликс[4]аренов и их кислородных аналогов, функционализированных гидразидными группами* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 1. – С. 47-53.
198. Stepanov, A., Mustafina, A., Mendes, R. G., Rummeli, M. H., Gemming, T., Popova, E., Nizameev, I., Kadirov, M. *Impact of heating mode in synthesis of monodisperse iron-oxide nanoparticles via oleate decomposition* // J. Iran Chem. Soc. – 2016. – Vol. 13. – Is. 2. – P. 299-305.
199. Stepanov, A., Mustafina, A., Soloveva, S., Kleshnina, S., Antipin, I., Rizvanov, I., Nizameev, I., Mendes, R. G., Ruemmeli, M. H., Giebeler, L., Amirov, R., Kononov, A. *Amphiphiles with polyethyleneoxide-polyethylenecarbonate chains for hydrophilic coating of iron oxide cores, loading by Gd(III) ions and tuning R-2/R-1 ratio* // React. Funct. Polym. – 2016. – Vol. 99. – P. 107-113.
200. Strekalova, S. O., Khrizanforov, M. N., Gryaznova, T. V., Khrizanforova, V. V., Budnikova, Y. H. *Electrochemical phosphorylation of coumarins catalyzed by transition metal complexes (Ni-Mn, Co-Mn)* // Russ. Chem. Bull. – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1295-1298.
- Стрекалова, С. О., Хризанфоров, М. Н., Грязнова, Т. В., Хризанфорова, В. В., Будникова, Ю. Г. *Электрохимическое фосфорилирование кумаринов, катализируемое комплексами переходных металлов (Ni-Mn, Co-Mn)* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 5. – С. 1295-1298.
201. Strekalova, S. O., Khrizanforov, M. N., Shamsieva, A. V., Grinenko, V. V., Gryaznova, T. V., Musina, E. I., Karasik, A. A., Budnikova, Y. H. *Direct phosphorylation of pyridine in the presence of Ni(BF₄)(*bpy*) and CoCl(*bpy*) metal complexes* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1545-1546.
202. Strel'nik, A. D., Petukhov, A. S., Zueva, I. V., Zobov, V. V., Petrov, K. A., Nikolsky, E. E., Balakin, K. V., Bachurin, S. O., Shtyrlin, Y. G. *Novel potent pyridoxine-based inhibitors of AChE and BChE, structural analogs of pyridostigmine, with improved in vivo safety profile* // Bioorg. Med. Chem. Lett. – 2016. – Vol. 26. – Is. 16. – P. 4092-4094.
203. Strel'nik, I. D., Dayanova, I. R., Musina, E. I., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. *Novel functionalized 1,5-diaza-3,7-diphosphacyclooctanes* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1515-1517.
204. Strel'nik, I. D., Gurzhiy, V. V., Sizov, V. V., Musina, E. I., Karasik, A. A., Tunik, S. P., Grachova, E. V. *A stimuli-responsive Au(I) complex based on an aminomethylphosphine template: synthesis, crystalline phases and luminescence properties* // Crystengcomm. – 2016. – Vol. 18. – Is. 39. – P. 7629-7635.
205. Strel'nik, I., Musina, E., Grachova, E., Karasik, A., Sinyashin, O. *Luminescent copper(I) and gold(I) complexes of 1,5-diaza-3,7-diphosphacyclooctanes* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1518-1519.
206. Sultanova, E. D., Atlanderova, A. A., Mukhitova, R. D., Salnikov, V. V., Osin, Y. N., Ziganshina, A. Y., Kononov, A. I. *Reduction-controlled substrate release from a polymer nanosphere based on a viologen-cavitand* // RSC Adv. – 2016. – Vol. 6. – Is. 74. – P. 70072-70076.
207. Tagasheva, R. G., Ibatullina, E. D., Bukharov, S. V., Buri'lov, A. R., Krivolapov, D. B., Nugumanova, G. N. *Azo coupling of 2-hydroxymethyl-4-tert-butylphenol with sulfamoylbenzenediazonium chloride* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 764-766.
- Тагашева, Р. Г., Ибатуллина, Э. Д., Бухаров, С. В., Бурилов, А. Р., Криволапов, Д. Б., Нугуманова, Г. Н. *Азо-сочетание 2-гидроксиметил-4-трет-бутилфенола с сульфамойлбензолдиазонийхлоридом* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 571-574.
208. Tatarinov, D. A., Kuznetsov, D. M., Kostin, A. A., Mironov, V. F. *2-Ethoxy-2,3-dihydro[d][1,2]-oxaphosphole 2-oxide in the synthesis of dialkyl(diaryl)(2-hydroxybenzyl) phosphine oxides* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 530-533.
- Татаринов, Д. А., Кузнецов, Д. М., Костин, А. А., Миронов, В. Ф. *2-Этоксibenzo[d]-1,2-оксафосфолен-2-оксид в синтезе диалкил(диарил)-(2-гидроксibenзил) фосфиноксидов* // Ж. общ. хим. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 386-389.
209. Tatarinov, D. A., Kuznetsov, D. M., Voloshina, A. D., Lyubina, A. P., Strobykina, A. S., Mukhitova, F. K., Polyancev, F. M., Mironov, V. F. *Synthesis of 2-(2-hydroxyaryl) alkenylphosphonium salts from phosphine oxides via ring-closing ring-opening approach and their antimicrobial evaluation* // Tetrahedron. – 2016. – Vol. 72. – Is. 51. – P. 8493-8501.
210. Tevs, O. A., Veremeichik, Y. V., Shurpik, D. N., Lodochnikova, O. A., Plemenkov, V. V. *Acylated benzothiazinesulfoneamides: synthesis and molecular structure* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 8. – P. 1850-1853.
- Тевс, О. А., Веремейчик, Я. В., Шурпик, Д. Н., Лодочникова, О. А., Племенков, В. В. *Ацилированные бензотиазинсульфонамиды: синтез и молекулярная структура* // Ж. общ. хим. – 2016. – Т. 86. – № 8. – С. 1311-1315.
211. Trifonov, A. V., Kibardina, L. K., Dobrynin, A. B., Pudovik, M. A., Katsyuba, S. A., Buri'lov, A. R., Pudovik, E. M. *Phosphorus containing azomethines and furopyridines on the basis of pyridoxal* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1537-1538.
212. Tuktarov, A. R., Shakirova, Z. R., Budnikova, Y. G., Salikhov, R. B., Dzhemilev, U. M. *New one-pot method*

- for the synthesis of pyrrolidinofullerenes* // RSC Adv. – 2016. – Vol. 6. – Is. 85. – P. 81847-81851.
213. Vagapova, L. I., Amirova, L. R., Burilov, A. R., Pudovik, M. A. *Reactions of novel acetal-containing α -aminophosphonates with 2-methylresorcinol* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 3. – P. 725-728.
Вагапова, Л. И., Амирова, Л. Р., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. *Новые α -аминофосфонаты, содержащие ацетальную группу в реакции с 2-метилрезорцином* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 3. – С. 532-535.
214. Vagapova, L. I., Burilov, A. R., Amirova, L. R., Voronina, J. K., Garifzyanov, A. R., Abdrachmanova, N. F., Pudovik, M. A. *New aminophosphonates (aminophosphine oxides) containing acetal groups in reactions with polyatomic phenols* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1527-1529.
215. Vagapova, L. I., Gazizov, A. S., Burilov, A. R., Bogdanov, A. A., Pudovik, M. A. *New nucleoside analogs derived from adenosine and methylenebisphosphonic acids* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 11. – P. 2564-2566.
Вагапова, Л. И., Газизов, А. С., Бурилов, А. Р., Богданов, А. А., Пудовик, М. А. *Новые аналоги нуклеозидов и метиленбисфосфоновых кислот* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 11. – С. 1925-1927.
216. Vagapova, L. I., Smolobochkin, A. V., Gazizov, A. S., Burilov, A. R., Bogdanov, A. A., Pudovik, M. A., Sinyashin, O. G. *Synthesis of new nucleoside analogs containing amino bisphosphonic groups* // Russ. J. Org. Chem. – 2016. – Vol. 52. – Is. 9. – P. 1335-1338.
Вагапова, Л. И., Смолобочкин, А. В., Газизов, А. С., Бурилов, А. Р., Богданов, А. А., Пудовик, М. А., Синяшин, О. Г. *Синтез новых аналогов нуклеозидов с аминокбисфосфоновыми группами* // Ж. орг. химии. – 2016. – Т. 52. – № 9. – С. 1347-1350.
217. Veremeichik, Y. V., Shurpik, D. N., Lodochnikova, O. A., Plemenkov, V. V. *Synthesis of benzothiazine sulfonamides via heteroatomic Diels-Alder reaction of para-fluoro-N-sulfinylaniline with bicyclo[2.2.1]heptenes* // Russ. J. Gen. Chem. – 2016. – Vol. 86. – Is. 2. – P. 296-299.
Веремейчик, Я. В., Шурпик, Д. Н., Лодочникова, О. А., Племенков, В. В. *Синтез бензотиазинсульфонамидов на основе гетероатомной реакции Дильса–Альдера пара-фтор-N-сульфиниланилина с бицикло[2.2.1]гептенами* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 2. – С. 268-271.
218. Veremeichik, Y. V., Shurpik, D. N., Lodochnikova, O. A., Plemenkov, V. V. *Synthesis of cyclic sulfonamides by reaction of N-sulfinyl-3-(trifluoromethyl)aniline with norbornenes* // Russ. J. Org. Chem. – 2016. – Vol. 52. – Is. 1. – P. 92-95.
Веремейчик, Я. В., Шурпик, Д. Н., Лодочникова, О. А., Племенков, В. В. *Синтез циклических сульфонамидов реакцией N-сульфинил-3-(трифторметил)-анилина с норборненами* // Ж. орг. химии. – 2016. – Т. 52. – № 9. – С. 99-102.
219. Vyshtakalyuk, A. B., Nazarov, N. G., Zobov, V. V., Abdulkhakov, S. R., Minnekhanova, O. A., Semenov, V. E., Galyametdinova, I. V., Cherepnev G. V., Reznik, V. S. *Evaluation of the hepatoprotective effect of L-ascorbate 1-(2-hydroxyethyl)-4,6-dimethyl-1,2-dihydropyrimidine-2-one upon exposure to carbon tetrachloride* // Bull. Exp. Biol. Med. – 2017. – Vol. 162. – Is. 3. – P. 340-342.
Выштакалюк, А. Б., Назаров, Н. Г., Зобов, В. В., Абдулхаков, С. Р., Миннеханова, О. А., Семенов, В. Э., Галяметдинова, И. В., Черепнев, Г. В., Резник, В. С. *Оценка гепатопротективного действия L-аскорбат 1-(2-гидроксиэтил)-4,6-диметил-1,2-дигидропириимидин-2-она при воздействии четырёххлористого углерода* // Бюлл. эксп. биол. мед. – 2016. – Т. 162. – № 9. – С.322-325.
220. Wittmann, T. I., Musina, E. I., Karasik, A. A., Sinyashin, O. G. *Novel chiral 14-membered aminomethylphosphines* // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 2016. – Vol. 191. – Is. 11-12. – P. 1533-1534.
221. Yackevich, E. I., Mirgorodskaya, A. B., Lukashenko, S. S., Sadykova, A. I., Zakharova, L. Y. *Effect of 14-s-14 dicationic surfactants on the solubility and acid-base properties of thymolphthalein in water* // Russ. J. Phys. Chem. A. – 2016. – Vol. 90. – Is. 2. – P. 339-343.
Яцкевич, Е. И., Миргородская, А. Б., Лукашенко, С. С., Садыкова, А. И., Захарова, Л. Я. *Влияние дикатионных ПАВ 14-s-14 на растворимость и кислотно-основные свойства тимолфталейна в воде* // Ж. физ. химии. – 2016. – Т. 90. – № 2. – P. 211-215.
222. Yakubov, M. R., Abilova, G. R., Sinyashin, K. O., Milordov, D. V., Tazeeva, E. G., Yakubova, S. G., Borisov, D. N., Gryaznov, P. I., Mironov, N. A., Borisova, Y. Y. *Inhibition of asphaltene precipitation by resins with various contents of vanadyl porphyrins* // Energy Fuels. – 2016. – Vol. 30. – Is. 11. – P. 8997-9002.
223. Yakubov, M. R., Milordov, D. V., Yakubova, S. G., Borisov, D. N., Gryaznov, P. I., Mironov, N. A., Abilova, G. R., Borisova, Y. Y., Tazeeva, E. G. *Features of the composition of vanadyl porphyrins in the crude extract of asphaltenes of heavy oil with high vanadium content* // Pet. Sci. Technol. – 2016. – Vol. 34. – Is. 2. – P. 177-183.
224. Yakubov, M. R., Milordov, D. V., Yakubova, S. G., Borisov, D. N., Ivanov, V. T., Sinyashin, K. O. *Concentrations of vanadium and nickel and their ratio in heavy oil asphaltenes* // Pet. Chem. – 2016. – Vol. 56. – Is. 1. – P. 16-20.
Якубов, М. Р., Милордов, Д. В., Якубова, С. Г., Борисов, Д. Н., Иванов, В. Т., Синяшин, К. О. *Содержание и соотношение ванадия и никеля в асфальтенах тяжёлых нефтей* // Нефтехимия. – 2016. – Т. 56. – № 1. – С. 19-23.
225. Yanilkin, V. V., Nastapova, N. V., Nasretidinova, G. R., Fazleeva, R. R., Osin, Y. N. *Molecular oxygen as a*

- mediator in the electrosynthesis of gold nanoparticles in DMF // Electrochem. Commun.* – 2016. – Vol. 69. – P. 36–40.
226. Yanilkin, V. V., Nastapova, N. V., Nasretdinova, G. R., Fedorenko, S. V., Jilkin, M. E., Mustafina, A. R., Gubaidullin, A. T., Osin, Y. N. *Methylviologen mediated electrosynthesis of gold nanoparticles in the solution bulk // RSC Adv.* – 2016. – Vol. 6. – Is. 3. – P. 1851–1859.
227. Yanilkin, V. V., Nastapova, N. V., Sultanova, E. D., Nasretdinova, G. R., Mukhitova, R. K., Ziganshina, A. Y., Nizameev, I. R., Kadirov, M. K. *Electrochemical synthesis of nanocomposite of palladium nanoparticles with polymer viologencontaining nanocapsule // Russ. Chem. Bull.* – 2016. – Vol. 65. – Is. 1. – P. 125–132. Янилкин, В.В., Настапова, Н.В., Султанова, Э.Д., Насретдинова, Г.Р., Мухитова, Р.К., Зиганшина, А.Ю., Низамеев, И.Р., Кадилов, М.К. *Электрохимический синтез наноконкомпозита наночастиц палладия с полимерной виологенсодержащей нанокapsулой // Изв. АН. Сер. хим.* – 2016. – № 1. – С. 125–132.
228. Zairov, R. R., Shamsutdinova, N. A., Fattakhova, A. N., Pyataev, A. V., Abdullin, A. F., Gerasimov, A. V., Gubaidullin, A. T., Mustafina, A. R. *Nanoparticles based on gadolinium(III) and europium(III) complexes for biovisualization // Russ. Chem. Bull.* – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1325–1331. Заиров, Р.Р., Шамсутдинова, Н.А., Фаттахова, А.Н., Пятаев, А.В., Абдуллин, А.Ф., Герасимов, А.В., Губайдуллин, А.Т., Мустафина, А.Р. *Наночастицы на основе комплексов гадолиния(III) и европия(III) для биовизуализации // Изв. АН. Сер. хим.* – 2016. – № 5. – С. 1325–1331.
229. Zairov, R., Shamsutdinova, N., Podyachev, S., Sudakova, S., Gimazetdinova, G., Rizvanov, I., Syakaev, V., Babaev, V., Amirov, R., Mustafina, A. *Structure impact in antenna effect of novel upper rim substituted tetra-1,3-diketone calix[4]arenes on Tb(III) green and Yb(III) NIR-luminescence // Tetrahedron.* – 2016. – Vol. 72. – Is. 19. – P. 2447–2455.
230. Zakharova, L. Y., Gabdrakhmanov, D. R., Ibragimova, A. R., Vasilieva, E. A., Nizameev, I. R., Kadirov, M. K., Ermakova, E. A., Gogoleva, N. E., Faizullin, D. A., Pokrovsky, A. G., Korobeynikov, V. A., Cheresiz, S. V., Zuev, Y. F. *Structural, biocomplexation and gene delivery properties of hydroxyethylated gemini surfactants with varied spacer length // Colloid Surf. B-Biointerfaces.* – 2016. – Vol. 140. – P. 269–277.
231. Zakharova, L. Ya., Kashapov, R. R., Pashirova, T. N., Mirgorodskaya, A. B., Sinyashin, O. G. *Self-assembly strategy for the design of soft nanocontainers with controlled properties // Mendeleev Commun.* – 2016. – Vol. 26. – Is. 6. – P. 457–468.
232. Zakharova, L. Y., Serdyuk, A. A., Mirgorodskaya, A. B., Kapitanov, I. V., Gainanova, G. A., Karpichev, Y. A., Gavrilova, E. L., Sinyashin, O. G. *Amino acid-functionalized calix[4]resorcinarene solubilization by mono- and dicationic surfactants // J. Surfactants Deterg.* – 2016. – Vol. 19. – Is. 3. – P. 493–499.
233. Zhiltsova, E. P., Ibatullina, M. R., Lukashenko, S. S., Pashirova, T. N., Voloshina, A. D., Zobov, V. V., Ziganshina, S. A., Kutyreva, M. P., Zakharova, L. Y. *Complex of 1-hexadecyl-4-aza-1-azoniabicyclo[2.2.2]octane bromide with copper dibromide: structure, aggregation, and biological activity // Russ. Chem. Bull.* – 2016. – Vol. 65. – Is. 5. – P. 1365–1371. Жильцова, Е.П., Ибатуллина, М.Р., Лукашенко, С.С., Паширова, Т.Н., Волошина, А.Д., Зобов, В.В., Зиганшина, С.А., Кутырева, М.П., Захарова, Л.Я. *Комплекс 1-гексадецил-4-аза-1-азониабцикло[2.2.2]октанбромид с дибромидом меди. Структура, агрегация и биологическая активность // Изв. АН. Сер. хим.* – 2016. – № 5. – С. 1365–1370.
234. Zhiltsova, E. P., Lukashenko, S. S., Ibatullina, M. R., Kutyreva, M. P., Zakharova, L. Y. *Complexation of 1-hexadecyl-4-aza-1-azoniabicyclo[2.2.2]octane bromide with nickel nitrate in acetone // Russ. J. Phys. Chem. A.* – 2016. – Vol. 90. – Is. 7. – P. 1374–1378. Жильцова, Е.П., Лукашенко, С.С., Ибатуллина, М.Р., Кутырева, М.П., Захарова, Л.Я. *Комплексообразование 1-гексадецил-4-аза-1-азониабцикло[2.2.2]октан бромид с нитратом никеля в ацетоне // Ж. физ. химии.* – 2016. – Т. 90. – № 7. – С. 1020–1024.
235. Zinov'eva, E. G., Bezgin, D. A., Efimov, V. A., Krivolapov, D. B., Musin, R. Z., Dimukhametov, M. N. *Formation of tetrakis[tri(2-chloroethyl)phosphate] diaquacobalt(II) tetrachlorocobaltate(II) // Russ. J. Gen. Chem.* – 2016. – Vol. 86. – Is. 7. – P. 1772–1773. Зиновьева, Е.Г., Безгин, Д.А., Ефимов, В.А., Криволапов, Д.Б., Мусин, Р.З., Димухаметов, М.Н. *Образование тетракис[три(-хлорэтил)фосфат] диаквакобальта(II)тетрахлоркобальтата (II) // Ж. общ. химии.* – 2016. – Т. 86. – № 7. – С. 1226–1228.
236. Zvereva, E. E., Katsyuba, S. A., Dyson, P. J., Aleksandrov, A. V. *Solvation of palladium clusters in an ionic liquid: A QM/MM molecular dynamics study // J. Phys. Chem. C.* – 2016. – V. 120. – Is. 8. – P. 4596–4604.
237. Газизов, А.С., Бурилов, А.Р., Пудовик, М.А. *Реакции многоатомных фенолов с азотсодержащими ацетальми в синтезе полифенольных и гетероциклических соединений // Изв. АН. Сер. хим.* – 2016. – № 9. – С. 2143–2150. Переводная версия статьи выйдет в журнале Russian Chemical Bulletin, 2016, Vol. 65, Is. 9.
238. Грязнова, Т.В., Хризанфорова, В.В., Холин, К.В., Хризанфоров, М.Н., Будникова, Ю.Г. *Селективное фторирование пиридина и его производных в присутствии переходных металлов в высших степенях окисления // Изв. АН. Сер. хим.* – 2016. – № 7. – С. 1798–1804. Переводная версия статьи выйдет в журнале Russian Chemical Bulletin, 2016, Vol. 65, Is. 7.
239. Губская, В.П., Исламова, Л.Н., Фазлеева, Г.М., Латыпов, Ш.К., Сайфина, А.Ф., Губайдуллин, А.Т.,

- Шарафутдинова, Д. Р., Нуретдинов, И. А., Синяшин, О. Г. *Синтез и строение аллильных производных фуллерена C₆₀ и C₇₀* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 6. – С. 1556-1565.
Переводная версия статьи выйдет в журнале Russian Chemical Bulletin, 2016, Vol. 65, Is. 6.
240. Киселев, В. Д., Кашаева, Е. А., Потапова, Л. Н., Корнилов, Д. А., Латыпова, Л. И., Коновалов, А. И. *Гидрофобное ускорение в реакции Дильса-Альдера 9-гидроксиметилантрацена с N-фенилмалеинимидом* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 9. – С. 2202-2205.
Переводная версия статьи выйдет в журнале Russian Chemical Bulletin, 2016, Vol. 65, Is. 9.
241. Лодочникова, О. А., Хоанг, Л. Т., Зарипова, А. Р., Каюмов, А. Р., Литвинов, И. А., Курбангалиева, А. Р. *Сокристаллизация диастереомеров в ряду бис-тиоэфиров 2(5H)-фуранона на основе 1,2-фенилендиметантиола* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 11. – С. 158-166.
Переводная версия статьи выйдет в журнале Russian Chemical Bulletin, 2016, Vol. 65, Is. 11.
242. Миронов, В. Ф., Ивкова, Г. А., Бурнаева, Л. М. *Каркасные соединения тетракоординированного фосфора с эндоциклическими связями P–C: синтез и реакционная способность* // Ж. общ. химии. – 2016. – Т. 86. – № 12. – С. 1987-1999.
Переводная версия статьи выйдет в журнале Russian Journal of General Chemistry, 2016, Vol. 86, Is. 12.
243. Миронов, В. Ф., Ивкова, Г. А., Бурнаева, Л. М., Миронова, Е. В., Криволапов, Д. Б. *Образование каркасного фосфоната при гидролизе 2-(5-метил-2-фенил-2H-1,2,3-диазофосфол-4-ил)-1,5-диоксо-4-трифторметил-4-этоксикарбонилбензо[ff]-1,3,2-диоксафосфепина* // Ж. общ. хим. – 2016. – Т. 86. – № 12. – С. 2000-2005.
Переводная версия статьи выйдет в журнале Russian Journal of General Chemistry, 2016, Vol. 86, Is. 12.
244. Рыжкина, И. С., Сергеева, С. Ю., Сафиуллин, Р. А., Рыжкин, С. А., Маргулис, А. Б., Муртазина, Л. И., Тимошева, А. П., Чернова, А. В., Кадилов, М. К., Коновалов, А. И. *Особенности самоорганизации и свойств высококоразбавленных водных растворов полиоксидония* // Изв. АН. Сер. хим. – 2016. – № 6. – С. 1505-1513.
Переводная версия статьи выйдет в журнале Russian Chemical Bulletin, 2016, Vol. 65, Is. 6.
245. Akhmadullin, R. M., Gatiyatullin, D. R., Akhmadullina, A. G., Verizhnikov, L. V., Mukmeneva, N. A., Gazizov, A. R., Tagirov, L. R., Klochkov, V. V., Yavkin, B. V., Orlinskii, S. B., Nigmatullin, T. F. *Polyquinone synthesis by dehydrogenation agent 3,3',5,5'-tetra-tert-butyl-4,4'-diphenquinone* // Res. J. Pharm., Biol. Chem. Sci. – 2016. – Vol. 7. – Is. 2. – P. 577-585.
246. Kharlamova, A. D., Petrov, K. A., Zueva, I. V., Nikolsky, E. E. *Etiopathogenesis and principles of myasthenia gravis treatment* // Genes and Cells. – 2015. – Vol. 10. – Is. 4. – P. 15-19.
247. Khrizanforova, V., Khrizanforov, M., Gryaznova, T., Budnikova, Y. *Electrochemical approaches to phenylphosphine oxide derivatives synthesis* // ECS Trans. – 2016. – Vol. 72. – Is. 29. – P. 35-37.
248. Petrov, S. M., Ibragimova, D. A., Abdelsalam, Ya. I. I., Lakhova, A. I., Bashkirtseva, N. Yu., Kayukova, G. P. *Reforming of extra viscous oil in the presence of mineral additives of carbonate rock* // Neftyanoe Khozyaystvo – Oil Industry. – 2016. – Is. 2. – P. 82-85.
Петров, С.М., Ибрагимова, Д.А., Абдельсалам, Я. И. И., Лахова, А. И., Башкирцева, Н. Ю., Каюкова, Г. П. *Изменения характеристик сверхвязкой нефти в присутствии минеральных добавок карбонатной породы* // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 2. – С. 82-85.
249. Porfiriev, A., Yuganova, K., Vyshtakaliuk, A., Zobov, V., Reznik, V. *The influence of the Xymedon preparation on the regeneration of girardia tigrina planarians* // BioNanoScience. – 2016. – Vol. 6. – Is. 3. – P. 1-3.
250. Sitnov, S. A., Feoktistov, D. A., Kayukova, G. P., Pronin, N. V., Nosova, F. F., Chemodanov, A. E. *Catalytic intensification of in-situ conversion of high-viscosity oil in thermal steam extraction methods* // Int. J. Pharm. Technol. – 2016. – Vol. 8. – Is. 3. – P. 14884-14892.
251. Smirnov, V., Stepanova, E. S., Tyupina, M. Yu., Ivenskaya, N. M., Zaripov, S. R., Kleshnina, S. R., Solov'eva, S. E., Antipin, I. S. *Extraction of cesium and americium with p-alkylcalix[8]arenes from alkaline solutions* // Radiochemistry. – 2016. – Vol. 58. – Is. 4. – P. 381-388.
Смирнов, И. В., Степанова, Е. С., Тюпина, М. Ю., Ивенская, Н. М., Зарипов, С. Р., Клешнина, С. Р., Соловьева, С. Е., Антипин, И. С. *Экстракция цезия и америция п-алкилкаликс[8]аренами из щелочных сред* // Радиохимия. – 2016. – Vol. 58. – Is. 4. – P. 329-335.
252. Tarasova, G. R., Kolganova, E. A., Fazleeva, G. M., Islamova, L. N., Gubskaya, V. P., Rizvanov, A. A., Cherepnev, G. V., Abashev, A. R., Kalacheva, N. V. *Cytoprotective effect of fullerene C60 derivatives with different structures* // Res. J. Pharm., Biol. Chem. Sci. – 2016. – Vol. 7. – Is. 6. – P. 2780-2785.
253. Yusupova, T. N., Barskaya, E. E., Ganeeva, Yu. M., Romanov, G. V., Amerkhanov, I. I., Khisamov, R. S. *Identification of wax deposits in the bottom-hole formation zone and wellbore in reducing of the pressure* // Neftyanoe Khozyaystvo – Oil Industry. – 2016. – Is. 1. – P. 39-41.
Юсупова, Т. Н., Барская, Е. Е., Ганеева, Ю. М., Романов, Г. В., Амерханов, И. И., Хисамов, Р. С. *Исследование возможности осаждения асфальтосмолопарафиновых веществ в стволе скважины и*

**Статьи в журналах, индексируемых в Scopus
(не включая статьи в журналах, индексируемых
в WoS)**

245. Akhmadullin, R. M., Gatiyatullin, D. R., Akhmadullina, A. G., Verizhnikov, L. V., Mukmeneva, N. A., Gazizov, A. R., Tagirov, L. R., Klochkov, V. V., Yavkin, B. V., Orlinskii, S. B., Nigmatullin, T. F. *Polyquinone synthesis by dehydrogenation agent 3,3',5,5'-tetra-*

- призабойной зоне пласта при снижении забойного давления // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 39-41.*
254. Ibragimova, D. A., Safiulina, A. G., Lakhova, A. I., Bashkirtseva, N. Yu., Petrov, S. M., Ganeeva, Yu. M. *Features of the n-alkanes crystalline phase content in paraffin oil components and their deposits // Neftyanoe Khozyaystvo – Oil Industry. – 2016. – Is. 8. – P. 126-128.*
- Ибрагимова, Д. А., Сафиулина, А. Г., Лахова, А. И., Башкирцева, Н. Ю., Петров, С. М., Ганеева, Ю. М. *Особенности содержания кристаллической фазы n-алканов в компонентах парафинистых нефтей и их отложениях // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 8. – С. 126-128.*
255. Пovyшева, Т. В., Семенов, В. Э., Галяметдинова, И. В., Резник, В. С., Кнни, К. С., Колесников, П. Е., Кузнецова, С. В., Челышев, Ю. А. *Нейропротекторное действие новых производных пиримидина при экспериментальной травме спинного мозга крысы // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2016. – Т. 79. – № 8. – С. 3-9.*
256. Yakubov, M. R., Borisov, D. N., Maganov, N. U., Rempel, R. D., Ainullof, T. S., Sakhabutdinov, R. Z., Sudykin, S. N. *Novel approaches and prospects for upgrading of extra-viscous oil via thermolysis under various conditions // Neftyanoe Khozyaystvo – Oil Industry. – 2016. – Is. 5. – P. 74-76.*
- Якубов, М. Р., Борисов, Д. Н., Маганов, Н. У., Ремпель, Р. Д., Айнуллоф, Т. С., Сахабутинов, Р. З. *Новые подходы и перспективы облагораживания сверхвязкой нефти термоллизом в различных условиях // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 5. – С. 74-76.*
- Статьи в журналах, индексируемых только в РИНЦ и входящих в список ВАК**
257. Shamsutdinova, N. A., Gubaidullin, A. T., Odintsov, B. M., Larsen, R. J., Schepkin, V. D., Nizameev, I. R., Amirov, R. R., Zairov, R. R., Sudakova, S.N., Podyachev, S. N., Mustafina, A. R., Stepanov, A. S. *Polyelectrolyte-stabilized nanotemplates based on Gd(III) complexes with macrocyclic tetra-1,3-diketones as a positive MR contrast agents // ChemistrySelect. – 2016. – Vol. 1. – Is. 7. – P. 1377-1383.*
258. Бурилов, В. А., Ибрагимова, Р. Р., Гафиатуллин, Б. Х., Соловьева, С. Е., Антипин, И. С. *Синтез бифункциональных производных n-трет-бутилтиа-каликс[4] арена, содержащих алкильные- и бромалкильные фрагменты, в условиях микроволнового нагрева // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 47. – № 8. – С. 112-117.*
259. Вильданов, А. Ф., Махмуд, Б. А., Мальцев, А. С., Иванов, В. Т., Бахтеев, С. А., Юсупов, Р. А. *Метрологическое обеспечение определения ионов свинца в воде с низкой минерализацией методом РФА ПВО // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 45. – № 3. – С. 143-152.*
260. Гафуров, З. Н., Сахапов, И. Ф., Яхваров, Д. Г., Бабаев, В. М., Добрынин, А. Б. *Электрохимический синтез и структура нового никельорганического сгма-комплекса [NiBr(Dipp)(bpy)], где Dipp – 2,6-диизо-пропилфенил, bpy – 2,2'-бипиридил // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 46. – № 4. – С. 145-149.*
261. Егунова, О. Р., Решетникова, И. С., Штыков, С. Н., Миргородская, А. Б., Захарова, Л. Я. *Сорбционно-флуориметрическое определение энрофлоксацина с применением наночастиц магнетита, модифицированных моно и дикаатионными ПАВ // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2016. – Т. 16. – № 4. – С. 430-438.*
262. Косачев, И. П., Каюкова, Г. П. *Углеводородный состав битумоидов пород Мухарметовского месторождения Южно-Татарского свода // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2016. – Т. 11. – № 4. – doi.org/10.17353/2070-5379/37_2016*
263. Курдюков, А. И., Офицеров, Е. Н., Миронов, В. Ф. *Квантово-химические исследования реакций фосфорорганических соединений. Часть 5. Элементарные акты стадии дезалкилирования реакции Михаэлиса-Арбузова, включающие формирование квазифосфониевых ассоциатов // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 46. – № 5. – С. 130-148.*
264. Курдюков, А. И., Офицеров, Е. Н., Миронов, В. Ф. *Квантово-химические исследования реакций фосфорорганических соединений. Часть 6. Теоретическое описание элементарных актов катионно-цепной трансформации фосфитов в фосфонаты (реакция Румфа-Нестерова) // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 46. – № 5. – С. 149-162.*
265. Латыпова, Л. З., Сайгитбаталова, Е. Ш., Курбан-галиева, А. Р., Чмутова, Г. А., Лодочникова, О. А. *Новые сульфоны на базе дитиопроизводных 2(5H)-фуранона // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 46. – № 4. – С. 89-96.*
266. Миндубаев, А. З., Бабынин, Э. В., Волошина, А. Д., Валидов, Ш. З., Кулик, Н. В., Минзанова, С. Т., Миронова, Л. Г., Аккизов, А. Ю., Яхваров, Д. Г. *Оценка генотоксичности белого фосфора. Развитие бактериальной культуры в среде с фосфитом калия в качестве единственного источника фосфора // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 47. – № 7. – С. 1-20.*
267. Миндубаев, А. З., Волошина, А. Д., Валидов, Ш. З., Кулик, Н. В., Минзанова, С. Т., Миронова, Л. Г., Яхваров, Д. Г., Аккизов, А. Ю. *Рост культуры Aspergillus niger AM1 в среде с двумя источниками фосфора. Обоснованность определения “биodeградация” в отношении белого фосфора // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 46. – № 5. – С. 1-20.*
268. Мустакимова, Л. В., Сякаев, В. В., Мамедов, В. А. *Синтез новых конденсированных и бигетероциклических производных хиноксалинона на основе*

- 3-гидразинохиноксалин-2(1H)-она // Бутлеровские сообщ. – 2016. – Т. 46. – № 4. – С. 81-88.
- Mustakimova, L. V., Syakaev, V. V., Mamedov, V. A. *Synthesis of the new condensed and biheterocyclic derivatives of quinoxalinone on the basis of 3-hydrazinoquinoxalin-2(1H)-one* // Butlerov. Commun. – 2016. – Vol. 46. – Is. 4. – P. 82-88.
269. Неклюдов, В. В., Боос, Г. А., Чмутова, Г. А., Сальников, Ю. И., Фаттахов, С. Г., Шулаева, М. М. *Протолитические комплексообразующие свойства производных 6-метилурацила, содержащих сульфоксидный и амидный (либо гидразидный) фрагменты* // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 46. – № 4. – С. 29-36.
270. Потапова, Л. И., Фурер, В. Л., Коваленко, В. И., Цаголова, Е. И. *Анализ ИК-спектров пара-трет-бутилкаликс[6]арена* // Изв. Каз. гос. арх.-строит. ун-та. – 2016. – Т. 2. – № 36. – С. 201-206.
271. Синяшин, О. Г., Шаповал, О. А., Шулаева, М. М. *Инновационные регуляторы роста в сельскохозяйственном производстве* // Плодородие. – 2016. – № 5 (92). – С. 38-42.
272. Усенко, В. И., Рыжкина, И. С., Сергеева, С. Ю., Дорджиева, Д. Е., Бектемирова, М. Р. *Определение физико-химических свойств и биологической активности высокоразбавленных растворов полиоксидония и их влияние на показатели иммуногенеза* // Ветеринарный врач. – 2016. – № 5. – С. 21-26.
273. Фролов, И. Н., Юсупова, Т. Н., Зиганшин, М. А., Охотникова, Е. С., Фирсин, А. А. *Исследование нефтяных битумов методом модулированной дифференциальной сканирующей калориметрии* // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2016. – № 5. – С. 10-15.
274. Фурер, В. Л., Вандюков, А. Е., Мажораль, Ж. П., Каминад, А. М., Коваленко, В. И. *Спектроскопия КР фосфорсодержащих дендримеров с фенокси концевыми группами* // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. – 2016. – № 2. – С. 78-85.
275. Хоанг, Т. Л., Курбангалиева, А. Р., Ежова, А. С., Чмутова, Г. А., Лодочникова, О. А. *О новых продуктах реакции мукохлорной кислоты с этан-1,2-дитиолов в основной среде* // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 46. – № 2. – С. 52-58.
276. Шарафутдинова, Д. Р., Базанова, О. Б., Муравьев, А. А., Соловьева, С. Е., Бредихина, З. А., Бабаев, В. М., Антипин, И. С. *Оценка селективности связывания тиакаликс[4]арен-монокраун-эфирами солями металлов первой группы методом масс-спектрометрии МАЛДИ* // Масс-спектрометрия. – 2016. – Т. 14. – № 1. – С. 27-35.
277. Шарипова, С. М., Калинин, А. А. *Синтез 3-дициановинил- и 3-(E)-(2-дицианометилен-3-циано-2,5-дигидрофуран-4-ил)винил-хиноксалин-2-онов* // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 46. – № 4. – С. 97-103.
278. Янилкин, В. В., Фазлеева, Р. Р., Насретдинова, Г. Р., Настапова, Н. В., Осин, Ю. Н. *Роль растворителя при метилвеологен-медиаторном электросинтезе наночастиц серебра, стабилизированных поливинилпирролидоном* // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 46. – № 4. – С. 128-144.

Статьи в журналах, индексируемых только в РИНЦ, не входящих в список ВАК

279. Minzanova, S. T., Mironov, V. F., Vyshtakalyuk, A. B., Mironova, L. G., Morozov, V. I., Nazarov, N. G., Mindubaev, A. Z., Milyukov, V. A. *A pharmacological composite preparation based on pectin polymetallic complexes increase the adaptive capacity of the organism during intense physical efforts* // RFBR J. – 2016. – Is. 1(89). – P. 38-44.
- Минзанова, С. Т., Миронов, В. Ф., Выштакалюк, А. Б., Миронова, Л. Г., Морозов, В. И., Назаров, Н. Г., Миндубаев, А. З., Милуков, В. А. *Композиция на основе пектиновых металлокомплексов, повышающая адаптационные возможности организма при физических нагрузках* // Вестник РФФИ. – 2016. – № 1. – С. 38-45.
280. Nikolaev, V. F., Timirgalieva, A. Kh., Barskaya, E. E., Egorov, A. V., Khanova, D. R., Sultanova, R. B., Romanov, G. V. *Hydrogeochemistry: natural waters in full view* // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 3. – С. 5-10.
281. Абдулазиз, М. Б., Бахтеев, С. А., Иванов, В. Т., Юсупов, Р. А. *Сравнение основных показателей методов ААС и РФА ПВО при анализе вод* // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 4. – С. 33-39.
282. Аникина, Е. А., Смолобочкин, А. В., Ризбаева, Т. С., Газизов, А. С., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. *Взаимодействие 1-(4,4-диэтоксипентил)-3-алкилмочевин с гидрохиноном. Синтез 2-арилпирролидинов* // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 10. – С. 5-6.
283. Быкова, П. В., Зухрабов, М. Г., Фаттахов, С. Г., Шулаева, М. М. *Исследование хронической токсичности нового препарата кальция* // Проблемы развития АПК региона. – 2016. – Т. 25. – № 1. – С. 113-115.
284. Гимазетдинова, Г. Ш., Судакова, С. Н., Иванов, В. Т., Гоголашвили, Э. Л., Нагимов, Р. Н., Бухаров, С. В., Подъячев, С. Н. *Исследование рецепторных свойств карбоксильных производных 1,3-альтернат тетратиакalikс[4]арена* // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 10. – С. 13-15.
285. Дьяченко, Д. И., Фомичев, В. Т., Морозов, В. И. *Магнитные характеристики сверхтонких гальванических никелевых покрытий, осажденных из ионных жидкостей на основе холин хлорида* // Вестник

- Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 9. – С. 115-118.
286. Кадилов, М. К., Холин, К. В., Нефедьев, Е. С. *Детектируемая электронным парамагнитным резонансом циклическая вольтамперометрия* // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 9. – С. 84-88.
287. Каюкова, Г. П., Якупов, И. Р., Михайлова, А. Н., Петровнина, М. С., Петров, С. М. *Особенности элементного, структурно-группового и микроэлементного состава асфальтенов природных битумов* // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 6. – С. 36-41.
288. Крутов, И. А., Гаврилова, Е. Л., Тарасова, Р. И., Самигуллина, А. И., Губайдуллин, А. Т., Бурангулова, Р. Н. *Модификация гидразидов дифенилфосфорилуксусной кислоты тиосемикарбазидным фрагментом* // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 13. – С. 28-30.
289. Мамбитова, Г. Х., Газизов, А. С., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. *Внутримолекулярная циклизация α -уреидоацеталей. Синтез производных имидазолин-2-она* // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 15. – С. 17-19.
290. Миндубаев, А. З., Валидов, Ш. З., Волошина, А. Д., Кулик, Н. В., Горбачук, Е. В., Тухбатова, Р. И., Алимова, Ф. К., Минзанова, С. Т., Миронова, Л. Г., Яхваров, Д. Г. *Идентификация устойчивого к белому фосфору аспергилла* // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2016. – Т. 12. – № 1. – С. 70-75.
291. Миндубаев, А. З., Волошина, А. Д., Минзанова, С. Т. *Рост бактериальной культуры в среде с фосфитом калия в качестве единственного источника фосфора* // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2016. – Т. 12. – № 3. – С. 81-84.
292. Миндубаев, А. З., Волошина, А. Д., Минзанова, С. Т. *Возможность обезвреживания загрязнений белым фосфором* // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2016. – Т. 12. – № 4. – С. 63-70.
293. Миндубаев, А. З., Сапармырадов, К. А., Горбачук, Е. В., Панкова, А. В. *Селекция микроорганизмов на устойчивость к белому фосфору* // Российский журнал прикладной экологии. – 2016. – № 1 (5). – С. 42-46.
294. Нгуен, Т. Т., Азмуханова, Р. Р., Гибадуллина, Э. М., Бурилов, А. Р. *Синтез и свойства гидрохлорида 1,3-бис(2-аминоэтокси)бензола* // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 12. – С. 28-30.
295. Низамеев, И. Р., Семенов, В. А., Кадилов, М. К. *Самоорганизующийся шаблон цетилтриметиламмония бромид на границе раздела вода/кремний* // Научный альманах. – 2016. – № 2-3 (16). – С. 175-179.
296. Федулов, Ю. П., Барчукова, А. Я., Тосунов, Я. К., Синяшин, К. О., Фаттахов, С. Г. *Влияние совместного применения мелафена и элементов минерального питания на растения озимой пшеницы* // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 61. – С. 132-138.
297. Фролов, И. Н., Юсупова, Т. Н., Зиганшин, М. А., Охотникова, Е. С., Фирсин, А. А. *Релаксационные и фазовые переходы при формировании структуры нефтяных битумов по данным модулированной ДСК* // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 5. – С. 67-72.
298. Якубов, М. Р., Борисов, Д. Н., Якубова, С. Г., Абилова, Г. Р., Милордов, Д. В. *Исследование флокуляции и осаждения асфальтенов тяжёлых нефтей УФ-спектрофотометрическим кинетическим анализом* // Электронный журнал “Нефтяная провинция”. – 2016. – № 2. – С. 80-97.
299. Якубов, М. Р., Якубова, С. Г. *Особенности состава и свойств асфальтенов нефтей отложений девона и карбона на примере месторождений Татарстана* // Электронный журнал “Нефтяная провинция”. – 2016. – № 2. – С. 106-121.
300. Якупов, И. Р., Каюкова, Г. П., Михайлова, А. Н., Петровнина, М. С., Петров, С. М. *Особенности элементного, структурно-группового и микроэлементного состава асфальтенов природных битумов пермских отложений Татарстана* // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 6. – С. 36-41.
301. Якупов, И. Р., Каюкова, Г. П., Михайлова, А. Н., Феоктистов, Д. А., Лахова, А. И. *Углеводородный состав и характеристика свойств природных битумов месторождений Татарстана, оценка возможности их применения* // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 6. – С. 52-56.

Тезисы конференций, индексируемых в WOS

- Gorshkov, A. M., Shishmina, L.V., Tukhvatullina, A.Z., Ismailov, Yu.R., Ges, G.A. *Influence of dispersing additive on asphaltene aggregation in model system* // 20th International Scientific Symposium of Students, Postgraduates and Young Scientists on Problems of Geology and Subsurface Development. PGON 2016. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Russian Federation, Tomsk. 4-8 April 2016. Conference Paper. – 2016. – Vol. 43. – Is. 1. – Article number 012063.

Тезисы конференций, индексируемых в Scopus (не включая тезисы конференций, индексируемых в WoS)

1. Kayukova, G. P., Kosachev, I. P., Plotnikova, I. N., Feoktistov, D. A., Vakhina, V. A. *Oil generation potential of the Permian deposits of Tatarstan based on the content, structure and thermal stability of organic matter in rocks* // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference: Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining. SGEM 2016. Bulgaria, Albena.

- 30 June - 6 July 2016. Code 124231. – 2016. – Vol. 1. – P. 453-460.
2. Kosachev, I. P., Kayukova, G. P. *Effect of thermo emanation of basement on the hydrocarbon composition of geofluids South-Tatar arch* // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference: Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining. SGEM 2016. Bulgaria, Albena. 30 June - 6 July 2016. Code 124231. – 2016. – Vol. 1. – P. 161-168.
 3. Romanov, G. V., Ganeeva, Yu. M., Barskaya, E. E., Yushupova, T. N. *New data on the behaviour of asphaltenes in thermal heavy oil and bitumen production operations* // Society of Petroleum Engineers – SPE Canada Heavy Oil Technical Conference. Canada, Calgary. 7-9 June 2016. Code 1238712016/

Тезисы конференций, индексируемых только в РИНЦ

1. Bredikhina, Z., Antonovich, O., Zakharychev, D., Bredikhin, A. *The effective direct resolution procedure for chiral drug bevantolol hydrochloride* // 23rd International Workshop on Industrial Crystallization. Proceedings BIWIC. Magdeburg. 6-8 September 2016. – Göttingen: Cuvillier. – 2016. – P. 179-184.
2. Goenko, I. A., Petukhov, V. Yu., Yatsyk, I. V., Konygin, G. N., Rybin, D. S., Andreeva, I. N., Anisimov, A. V., Sharafutdinova, D. R. *EPR investigation of the radiation-induced transformation in calcium gluconate* // International Conference “Modern Development of Magnetic Resonance”. Казань, 31 октября-4 ноября 2016 г. Abstracts of International Conference. – Казань: Изд-во ФГБУН КФТИ КазНЦ РАН. – 2016. – С. 136-137.
3. Khairuzhdinov, I. T., Zaripov, R. B., Salikhov, K. M., Gubskaya, V. P., Nuretdinov, I. A. *Modeling of the temperature dependence of the EPR spectra of fullerene C60 nitroxide derivatives in liquid* // International Conference “Modern Development of Magnetic Resonance”. Казань, 31 октября-4 ноября 2016 г. Abstracts of International Conference. – Казань: Изд-во ФГБУН КФТИ КазНЦ РАН. – 2016. – С. 148.
4. Rybin, D. S., Konygin, G. N., Porsev, V. E., Sharafutdinova, D. R., Gumarov, G. G., Petukhov, V. Yu., Arsenyeva, I. P., Boldyrev, V. V. *Conversions and transformations: deformation-induced chemical bonding in pharmaceuticals* // International Conference “Modern Development of Magnetic Resonance”. Казань, 31 октября-4 ноября 2016 г. Abstracts of International Conference. – Казань: Изд-во ФГБУН КФТИ КазНЦ РАН. – 2016. – С. 99.
5. Акылбеков, Н. И., Чугунова, Е. А., Булатова, А. А., Гаврилов, Н. В., Самсонов, В. А., Аппазов, Н. О., Бурилов, А. Р. *Синтез новых 2Н-бензимидазол-1,3-диоксидов на основе замещённых бензофуранов с использованием Бейрутской реакции* // Междунар. науч.-практ. конф. “Тенденции развития науки и образования в области естественнонаучных дисциплин”. Алматы. 7-8 октября 2016 г. Материалы конференции. – Алматы. – 2016. – С. 38-40.
6. Аникина, Е. А., Смолобочкин, А. В., Газизов, А. С., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. *Реакция n-(4,4-диэтоксипентил)сульфонамидов с фенолами – новый подход к синтезу 1-сульфонил-2-арилпирролидинов* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 126.
7. Багаутдинова, Р. Х., Пудовик, М. А., Бурилов, А. Р. *Фосфорилированные азометины на основе салицилового альдегида в реакциях с хлорангидридами кислот фосфора* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т. 1. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 134.
8. Бекмухаметова, А. М., Кушназарова, Р. А., Васильева, Э. А., Гайнанова, Г. А., Захарова, Л. Я. *Самоорганизация в бинарной системе цетилтрифенилфосфоний бромид-полиакриловая кислота* // XXIII Всеросс. конф. “Структура и динамика молекулярных систем”. Яльчик. 4-8 июля 2016 г. – М.: ИФХЭ РАН. – 2016. – С. 15.
9. Бредихин, А. А. *Стереоселективная кристаллизация энантиомеров как основа для получения лекарственных субстанций нового поколения* // Регион. науч.-практ. конф. “Развитие региональных научных исследований в рамках взаимодействия РФФИ и АН РТ”. 28-30 сентября 2016 г. Казань. Тезисы докладов. – Казань: Изд-во “Фэн” АН РТ. – 2016. – С. 32-35.
10. Будникова, Ю. Г. *Функционализация C-H связей ароматических соединений, катализируемая металлами* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т. 1. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 64.
11. Бурилов, А. Р., Азмуханова, Р. Р., Гибадуллина, Э. М., Пудовик, М. А. *Аммониевые соли на основе диалкил[(3,5-ди-трет-бутил-4-оксо-2,5-циклогексадиенилиден)метил]фосфонатов* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т. 1. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 209.
12. Вагапова, Л. И., Насирова, З. А., Бурилова, Е. А., Бурилов, А. Р., Амиров, Р. Р. *Синтез и свойства новых органических солей на основе аминотетрагидрохаликс[4]резорцинов и 1-гидрокси(амино)этилидендифосфоновых кислот* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т.1. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 155.
13. Васильева, Э. А., Каримова, Т. Р., Лукашенко, С. С., Захарова, Л. Я. *Полимер-коллоидные комплексы на основе геминальных ПАВ и полиакриловой кислоты* // XXIII Всеросс. конф. “Структура и динамика мо-

- лекулярных систем”. Яльчик. 4-8 июля 2016 г. – М.: ИФХЭ РАН. – 2016. – С. 27.
14. Васильева, Э. А., Самаркина, Д. А., Лукашенко, С. С., Жильцова, Е. П., Захарова, Л. Я. *Полимер-коллоидные комплексы на основе морфолиниевоего ПАВ и полиакриловой кислоты при низкой степени ионизации* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 216.
 15. Выштакалюк, А. Б., Минзанова, С. Т., Ленина, О. А., Зобов, В. В., Миронов, В. Ф. *Перспективы использования пектиновых полисахаридов для снижения токсичности биологически активных субстанций* // VII Междунар. науч.-практ. конф. “Актуальные проблемы науки XXI века”. Москва. Сборник статей. Ч. 1. – С-Пб.: Междунар. исслед. организация “Cognitio”. – 2016. – 178 с.
 16. Габдрахманов, Д. Т., Михайлова, А. Н. *Распределение металлов в доманикитах и баженинтах в контексте добычи сланцевой нефти* // IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных “Геология в развивающемся мире”. Пермь. 4-7 апреля 2016 г. Сборник научных трудов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – 2016. – С. 60-63.
 17. Габдрахманов, Д. Т., Михайлова, А. Н., Каюкова, Г. П. *К вопросу о формировании нефтеносности Ромашкинского месторождения на примере Березовской площади* // VII Междунар. науч.-практ. конф. “Фундаментальные и прикладные науки сегодня”. North Charleston, USA. 21-22 декабря 2015 г. Материалы конференции. – North Charleston: CreateSpace. – 2016. – С. 19-28.
 18. Гаврилов, Н. В., Чугунова, Е. А., Самсонов, В. А., Акылбеков, Н. И., Бурилов, А. Р. *2Н-бензимидазол 1,3-диоксиды. Синтез и фотохромизм* // I Всеросс. молодёж. школа-конф. “Успехи синтеза и комплексообразования”. 25-28 апреля 2016 года. Москва. Тезисы докладов. М.: РУДН. – 2016. – С. 106.
 19. Газизов, А. С., Харитонов, Н. И., Хакимов, М. С., Смолобочкин, А. В., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. *Реакции азотсодержащих ацеталей с фенолами: синтез новых полифенольных и гетероциклических соединений* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т.1. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 69.
 20. Гафиатуллин, Б. Х., Ибрагимова, Р. Р., Бурилов, В. А., Соловьева, С. Е., Антипин, И. С. *Клик-реакции алкинилзамещённых производных n-трет-бутилтиакалакс[4]арена с некоторыми органическими азидами, катализируемые рутением* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 244.
 21. Жильцова, Е. П., Лукашенко, С. С., Ибатуллина, М. Р., Валеева, Ф. Г., Паширова, Т. Н., Кутырева, М. П., Захарова, Л. Я. *Комплексы 1-гексадецил-4-аза-1-азониабцикло[2.2.2]октан бромида с нитратами переходных металлов. Мицеллообразующие, сольвобилизационные и адсорбционные свойства* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т. 2. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С.294.
 22. Захарова, Л. Я., Валеева, Ф. Г., Васильева, Э. А., Габдрахманов, Д. Р., Гайнанова, Г. А., Захаров, С. В., Ибрагимова, А. Р., Миргородская, А. Б., Куряшов, Д. А., Коновалов, А. И. *Супрамолекулярные системы ПАВ-полиэлектролит: самоорганизация и функциональная активность* // Регион. науч.-практ. конф. “Развитие региональных научных исследований в рамках взаимодействия РФФИ и АН РТ”. 28-30 сентября 2016 г. Казань. Тезисы докладов. – Казань: Изд-во “Фэн” АН РТ. – 2016. – С. 77-81.
 23. Кадиров, Д. М., Нефедьев, Е. С., Кадиров, М. К. *Дифференциальная сканирующая калориметрия титоколового композита* // XXIII Всеросс. конф. “Структура и динамика молекулярных систем” и 14-я Школа молодых учёных “Спектроскопия молекулярных систем”. Яльчик. 4-8 июля 2016 г. – М.: ИФХЭ РАН. – 2016. – С. 55.
 24. Кадиров, М. К., Низамеев, И. Р., Нефедьев, Е. С. *Наноразмерная решётка палладия на поверхности кремниевой подложки* // XXIII Всеросс. конф. “Структура и динамика молекулярных систем” и 14-я Школа молодых учёных “Спектроскопия молекулярных систем”. Яльчик. 4-8 июля 2016 г. – М.: ИФХЭ РАН. – 2016. – С. 56.
 25. Карасик, А. А., Мусина, Э. И., Балыева, А. С., Стрельник, И. Д., Синяшин, О. Г. *Подядерные комплексы металлов подгруппы меди с циклическими фосфиноаминопиридинами* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т. 1. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 79.
 26. Каюкова, Г. П., Вахин, В. А., Феоктистов, Д. А., Михайлова, А. Н., Абдрахманов, Д. Т., Морозов, В. П., Косачев, И. П., Петрухина, Н. Н. *Разработка научных основ эффективных технологий добычи и переработки тяжёлого углеводородного сырья и прогнозирование его качеств в гидротермальных и каталитических процессах* // Регион. науч.-практ. конф. “Развитие региональных научных исследований в рамках взаимодействия РФФИ и АН РТ”. 28-30 сентября 2016 г. Казань. Тезисы докладов. – Казань: Изд-во “Фэн” АН РТ. – 2016. – С. 93-97.
 27. Каюкова, Г. П., Косачев, И. П., Успенский, Б. В. *Различия условий формирования остаточных миграционных битумов пермских и девонских отложений осадочного чехла территории Татарстана* // Всеросс. конф. по глубинному генезису нефти и газа. 5-е Кудрявцевские

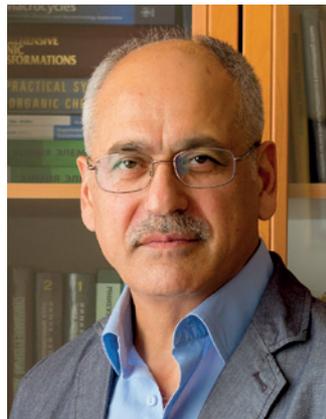
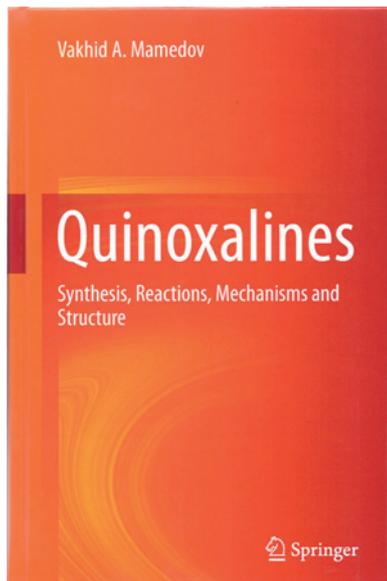
- чтения. 17-19 октября 2016. Москва. – М.: ЦГЭ. – 2016. – 5 с.
28. Каюкова, Г. П., Михайлова, А. Н., Косачев, И. П., Пронин, Н. В., Сотников, О. С., Евдокимов, А. Е., Хисамов, Р. С. *Состав и особенности превращений органического вещества слабопроницаемых карбонатных коллекторов данково-лебедянского горизонта Ромашкинского месторождения в гидротермальных процессах* // Междунар. научно-практич. конф. “Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений”. 7-8 сентября 2016 г. Казань. Материалы конференции. – Казань: “Ихлас”. – 2016. – С. 160-163.
29. Каюкова, Г. П., Феоктистов, Д. А., Михайлова, А. Н., Вахин, А. В. *Состав углеводородных флюидов в пермских отложениях Татарстана в зависимости от литологии вмещающих их пород* // VII Междунар. науч.-практ. конф. “Фундаментальные и прикладные науки сегодня”. North Charleston, USA. 21-22 декабря 2015 г. Материалы конференции. – North Charleston: CreateSpace. – 2016. – С. 52-64.
30. Кибардина, Л. К., Трифонов, А. В., Добрынин, А. Б., Пудовик, М. А., Бурилов, А. Р. *Получение новых фуropyридинов, содержащих фенольные и полифенольные фрагменты* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 216.
31. Князева, М. В., Муравьев, А. А., Соловьева, С. Е., Антипин, И. С., Коновалов, А. И. *Синтез и структура амфифильного частично замещённого по нижнему ободу тетранитротиакаликс[4]арена с потенциальными нелинейно-оптическими свойствами* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 343.
32. Коваленко, В. И., Хаматгалимов, А. Р., Гайнуллина, А. А., Митрошкина, М. В. *Строение молекул двух изомеров 822(D3d) и 812(D2) высшего фуллерена C₁₀₄* // XXIII Всеросс. конф. “Структура и динамика молекулярных систем” и 14-я Школа молодых учёных “Спектроскопия молекулярных систем”. Яльчик. 4-8 июля 2016 г. – М.: ИФХЭ РАН. – 2016. – С. 90.
33. Коваленко, В. И., Хаматгалимов, А. Р., Гафиятуллина, А. Р. *S-индаценовая субструктура в молекулах фуллеренов* // XXIII Всеросс. конф. “Структура и динамика молекулярных систем” и 14-я Школа молодых учёных “Спектроскопия молекулярных систем”. Яльчик. 4-8 июля 2016 г. – М.: ИФХЭ РАН. – 2016. – С. 62.
34. Косачев, И. П., Каюкова, Г. П. *Особенности состава битумоидов термоградиентных зон Южно-Татарского свода как инструмент поиска вектора миграции геофлюидов* // Всеросс. конф. по глубинному генезису нефти и газа. 5-е Кудрявцевские чтения. 17-19 октября 2016. Москва. – М.: ЦГЭ. – 2016. – 4 с.
35. Косачев, И. П., Каюкова, Г. П., Косачева, Э. М. *Способ прогнозирования нефтепроявлений метаморфизованных пород Южно-Татарского свода. Новый подход. Изменение свойств битуминозной нефти в присутствии минералов нефтемещающей породы* // Междунар. научно-практич. конф. “Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений”. 7-8 сентября 2016 г. Казань. Материалы конференции. – Казань: “Ихлас”. – 2016. – С. 164-165.
36. Косачев, И. П., Каюкова, Г. П., Петров, С. М., Закиева, Р. Р. *Особенности углеводородного состава нефтей Южно-Татарского свода из зон с различной термоградиентностью пород* // Регион. науч.-практ. конф. “Развитие региональных научных исследований в рамках взаимодействия РФФИ и АН РТ”. 28-30 сентября 2016 г. Казань. Тезисы докладов. – Казань: Изд-во “Фэн” АН РТ. – 2016. – С. 101-104.
37. Кушназарова, Р. А., Бекмухаметова, А. М., Гайнанова, Г. А., Миргородская, А. Б., Захарова, Л. Я. *Солюбилизация куркумина в водных растворах катионных ПАВ* // XXIII Всеросс. конф. “Структура и динамика молекулярных систем”. Яльчик. 4-8 июля 2016 г. – М.: ИФХЭ РАН. – 2016. – С. 75.
38. Левицкая, А. И., Калинин, А. А., Фоминых, О. Д., Балакина, М. Ю. *Дизайн нелинейно-оптических хромофоров с индолизиновыми донорными фрагментами* // XXIII Всеросс. конф. “Структура и динамика молекулярных систем” и 14-я Школа молодых учёных “Спектроскопия молекулярных систем”. Яльчик. 4-8 июля 2016 г. – М.: ИФХЭ РАН. – 2016. – С. 76.
39. Лукашенко, С. С., Жильцова, Е. П., Паширова, Т. Н., Покровский, А. Г., Волошина, А. Д., Зобов, В. В., Зуев, Ю. Ф., Захарова, Л. Я. *Амфифильные производные 1,4-диазабцикло[2.2.2]октана: самоорганизация и биологическая активность* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т. 2. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 421.
40. Лукашенко, С. С., Миргородская, А. Б., Захарова, Л. Я., Коновалов, А. И. *Свойства дикатионных ПАВ, обеспечивающих перспективы их использования в пищевой промышленности* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т. 2. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 422.
41. Македонская, А. А., Нгуен, Т. Ч., Минзанова, С. Т., Ахмадуллина, Ф. Ю., Пашагин, А. В. *Исследование влияния гидролизующего агента на выход пентозных сахаров* // XV Междунар. конф. молодых учёных “Пищевые технологии и биотехнологии”. 13-14 апреля 2016 г. Казань. Сборник материалов. – Казань: Изд-во “БРИГ”. – 2016. – С. 198-200.
42. Милордов, Д. В., Абилова, Г. Р. *Ресурсы и возможности получения ванадиевых концентратов из тяжёлых нефтей в процессах их облагораживания для транспортировки* // XX Междунар. симпозиум “Проблемы геологии и освоения недр”. Томск. 4-8 апреля 2016 г. – Томск: ТПУ. – 2016. – С. 529-531.

43. Миндубаев, А. З., Волошина, А. Д., Валидов, Ш. З., Кулик, Н. В., Яхваров, Д. Г. *Рост устойчивости к белому фосфору у микроорганизмов // XVI Междунар. науч. конф. "Химия и инженерная экология". Казань. 25-27 сентября 2016 г. – Казань: Изд-во "Фолиант". – 2016. – С. 456-459.*
44. Миндубаев, А. З., Волошина, А. Д., Валидов, Ш. З., Горбачук, Е. В., Кулик, Н. В., Сапармырадов, К. А., Яхваров, Д. Г. *Адаптация микроорганизмов к возрастающим концентрациям белого фосфора // Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием "Природные и социальные экосистемы". Чебоксары. 4-5 июня 2016 г. – Материалы конференции. – Чебоксары. – 2016. – С. 75-80.*
45. Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Горбачук Е.В., Валидов Ш.З., Алимова Ф.К., Сапармырадов К.А., Яхваров Д.Г. *Обезвреживание опасного токсиканта белого фосфора при помощи микроорганизмов // III Росс. конф. с междунар. участием "Актуальные научные и научно-технические проблемы обеспечения химической безопасности России". Москва. 8-9 июня 2016 г. Материалы конференции. – Киров: Изд-во "Международный центр научно-исследовательских проектов". – 2016. – С. 33.*
46. Миндубаев, А. З., Волошина, А. Д., Горбачук, Е. В., Кулик, Н. В., Валидов, Ш. З., Яхваров, Д. Г. *Селекция устойчивых к белому фосфору микроорганизмов // Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием "Экология родного края: проблемы и пути решения". Киров. 28-29 апреля 2016 г. Сборник материалов. – Киров: Изд-во: ООО "Радуга-ПРЕСС" – 2016. – С.188-191.*
47. Миндубаев, А. З., Минзанова, С. Т., Миронова, Л. Г., Белостоцкий, Д. Е., Алимова, Ф. К., Яхваров, Д. Г. *Действие биомассы амаранта на биодеградацию белого фосфора // Междунар. науч. эколог. конф. "Совмещённые посевы полевых культур в севообороте агроландшафта". Краснодар. 29-30 марта 2016 г. Сборник трудов. – 2016. – С. 68-73.*
48. Миндубаев, А. З., Волошина, А. Д., Кулик, Н. В., Валидов, Ш. З., Бабынин, Э. В., Яхваров, Д. Г. *Биодеградация как метод обезвреживания белого фосфора // XIV Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участ. "Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем". Киров. 5-8 декабря 2016 г. Материалы конференции. – Киров: Изд-во ООО "Радуга-ПРЕСС". – 2016. – С. 405-409.*
49. Минзанова, С. Т., Миронова, Л. Г., Шушляев, Р. В., Миндубаев, А. З., Шакирзянова, Д. М., Сабирзянова, А. А., Милоков, В. А. *Экологически безопасная технология переработки свекловичного жома // Междунар. науч. эколог. конф. "Совмещённые посевы полевых культур в севообороте агроландшафта". Краснодар. 29-30 марта 2016 г. Сборник трудов. – 2016. – С. 145-150.*
50. Минзанова, С. Т., Штырлин, В. Г., Крутиков, А. А., Гилязетдинов, Э. М., Миронов, В. Ф., Миронова, Л. Г., Милоков, В. А. *Термодинамика ассоциации в растворах пектинов с некоторыми микроэлементами // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 461.*
51. Миронов, В. Ф., Бузыкин, Б. И., Гараев, Р. С., Немтарёв, А. В., Татарин, Д. А., Честнова, Р. В., Ильясов, А. В., Цапаева, О. В. *Синтез и фармакологическая оценка новых диалкилфосфорилкетон (иминов) и их производных – перспективных углеродных аналогов лекарственного препарата "Димефосфон" // Регион. науч.-практ. конф. "Развитие региональных научных исследований в рамках взаимодействия РФФИ и АН РТ". 28-30 сентября 2016 г. Казань. Тезисы докладов. – Казань: Изд-во "Фэн" АН РТ. – 2016. – С. 118-121.*
52. Миронова, Д. А., Ибрагимов, Р. Р., Бурилов, В. А., Соловьева, С. Е., Антипин, И. С. *Взаимодействие новых амфифильных полиаммонийных производных тиакаликс[4]арена с некоторыми биополимерами // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т. 1. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 451.*
53. Насибуллин, И. О., Немтарёв, А. В., Миронов, В. Ф. *Полициклические арилендиоксагалогенфосфораны в синтезе ди(оксафосфорино)аренов // I Всеросс. молодёж. школа-конф. "Успехи синтеза и комплексобразования". Москва. 25-28 апреля 2016 года. Тезисы докладов. – М.: РУДН. – 2016. – С. 60.*
54. Нгуен, Т. Ч., Македонская, А. А., Минзанова, С. Т., Ахмадуллина, Ф. Ю., Пашагин, А. В. *Влияние метода предобработки пивной дробины на эффективность гидролиза // XV Междунар. конф. молодых учёных "Пищевые технологии и биотехнологии". Казань. 13-14 апреля 2016 г. Сборник материалов. – Казань: Изд-во "БРИГ". – 2016. – С. 203-206.*
55. Немтарёв, А. В., Попков, К. Ю., Минзанова, С. Т., Миронова, Л. Г., Низамеев, И. Р., Миронов, В. Ф. *Получение смешанных полигалактуронатов Na/Pd (K/Pd) // IX Всеросс. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных с междунар. участием "Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности". Бийск. 18-20 мая 2016 г. Материалы конференции. – Барнаул: Изд-во ФГБОУ ВПО АлтГТУ. – 2016. – С. 290-293.*
56. Низамеев, И. Р., Семенов, В. А., Кадилов, М. К. *Мицеллярный шаблон на основе цетилтриметиламмония бромид на границе раздела жидкость/кремний // Междунар. науч.-практ. конф. "Наука сегодня: реальность и перспективы" Вологда. 24 февраля 2016 г. Материалы конференции. Научный центр "Диспут". – Казань, Изд-во ООО "Маркер". – 2016. – С. 8-10.*
57. Низамеев, И. Р., Семенов, В. А., Кадилов, М. К. *Синтез наноразмерной решётки платины на твёрдой поверхности с помощью мицеллярного шаблона и аminosиланов // XXIII Всеросс. конф. "Структура и*

- динамика молекулярных систем”. Яльчик. 4-8 июля 2016 г. – М.: ИФХЭ РАН. – 2016. – С. 95.
58. Николаев, В. Ф., Фосс, Л. Е., Шагеев, А. Ф., Нафиков, А. А., Барская, Е. Е., Ганеева, Ю. М., Ибатуллин, Р. Р., Романов, Г. В. *Интегральный экстракционно-диффузионный критерий эффективности промышленных растворителей в сольвентных и паро-сольвентных технологиях* // Междунар. научно-практич. конф. “Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений”. Казань. 7-8 сентября 2016 г. Материалы конференции. Т. 2. – Казань: “Ихлас”. – 2016. – С. 84-87.
59. Николаев, В. Ф., Фосс, Л. Е., Шагеев, А. Ф., Сотников, О. С., Барская, Е. Е., Ильясов, Р. А., Ганеева, Ю. М. *Тестирование экстракционно-моющей эффективности растворителей для сольвентных технологий повышения нефтеотдачи* // 7-я Всеросс. науч.-практ. конф. “Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа”. Томск. 19-23 сентября 2016 г. Материалы конференции. – 2016. – С. 102-104.
60. Николаева, Ю. А., Балуева, А. С., Криволапов, Д. Б., Мусина, Э. И., Карасик, А. А., Синяшин, О. Г. *Комплексы P,N-содержащих циклофанов с хлоридом золота (I)* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т. 1. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 280.
61. Петров, С. М., Каюкова, Г. П., Гуссамов, И. И., Косачев, И. П., Лахова, А. И., Байбекова Л. Р. *Изменения свойств битуминозной нефти в присутствии минералов нефтемещающей породы* // Междунар. научно-практич. конф. “Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений”. Казань. 7-8 сентября 2016 г. Материалы конференции. – Казань: “Ихлас”. – 2016. – С. 211-214.
62. Рамазанова, Л. А., Лобов, А. Н., Сайфина, Л. Ф., Семенов, В. Э., Файзрахманов, И. С., Иванов, С. П. *Изучение кислотно-основного равновесия 5-(1-пентил-4-метил-1,2,3-триазол-4-ил)-6-метилурацила в водных и диметилсульфоксидных растворах* // IX Междунар. школа-конф. для студентов, аспирантов и молодых учёных “Фундаментальная математика и её приложения в естествознании”. Уфа. 3-7 октября 2016 г. Тезисы докладов. – Уфа: БГУ. – 2016. – С. 278-279.
63. Садыкова, Ю. М., Садикова, Л. М., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. *Новые бициклические фосфонаты, синтез и свойства* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 309.
64. Семенов, В. А., Низамеев, И. Р., Кадилов, М. К. *Получение упорядоченных систем полос железа на твёрдой поверхности, с применением мицеллярного шаблона и магнитного поля* // XXIII Всеросс. конф. “Структура и динамика молекулярных систем”. Яльчик. 4-8 июля 2016 г. – М.: ИФХЭ РАН. – 2016. – С. 117.
65. Смирнов М.А., Мухтаров А.И., Иванова Н.В., Вахонина Т.А., Назмиева Г.Н., Балакина М.Ю. *Измерение электрооптического коэффициента полимерных плёнок* // XXIII Всеросс. конф. “Структура и динамика молекулярных систем” и 14-я Школа молодых учёных “Спектроскопия молекулярных систем”. Яльчик. 4-8 июля 2016 г. – М.: ИФХЭ РАН. – 2016. – С. 122.
66. Смолобочкин, А. В., Газизов, А. С., Бурилов, А. Р., Пудовик, М. А. *Реакции 2-нафтилпирролидинов с фенолами: новый подход к синтезу дибензоксантенов, диарилбутанов и каликс[4]резорцинов* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 327.
67. Трифонов, А. В., Кибардина, Л. К., Пудовик, М. А., Бурилов, А. Р. *Синтез новых производных пиридоксала* // IV Всеросс. науч. конф. с междунар. участием “Химия и современность”. 20 мая 2016 г. Чебоксары. Сборник научных статей. – 2016. – С. 58-60.
68. Фосс, Л. Е., Каюкова, Г. П., Петрухина, Н. Н., Зарипов, А. Т., Шакиров, А. Н., Хисамов, Р. С., Романов, Г. В. *Сравнительный анализ влияния карбоксилатов переходных металлов при акватермализе тяжёлой нефти на её углеводородный состав* // Междунар. научно-практич. конф. “Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений”. Казань. 7-8 сентября 2016 г. Материалы конференции. – Казань: “Ихлас”. – 2016. – С. 228-232.
69. Хаматгалимов, А. Р., Коваленко, В. И. *Структура нестабильных фуллеренов, подчиняющихся правилу изолированных пентагонов* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т. 1. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 358.
70. Ханнанов, А. А., Гагаулина, А. Р., Бондарь, О. В., Улахович, Н. А., Захарова, Л. Я., Кутырева, М. П. *Бинарные системы на основе неионных ПАВ и гиперразветвленных полиэфирополиолов* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 493.
71. Хуснуриялова, А. Ф., Сухов, А. В., Яхваров, Д. Г. *Наноразмерные металлоорганические ассоциаты для каталитических процессов полимеризации и олигомеризации этилена* // VI Всеросс. конф. по наноматериалам с элементами научной школы для молодёжи. Москва. 22-25 ноября 2016 г. Сборник материалов. – М.: Изд-во: ФГБУН ИМЕТ РАН. – 2016. – С. 580-581.
72. Цветкова, С. В., Губайдуллин, А. Т., Галяметдинов, Ю. Г. *Взаимосвязь органолептических свойств губных помад с их фазовой и дисперсной структурой* // Междунар. науч.-практ. конф. “Наука сегодня: реальность и перспективы” Вологда. 24 февраля 2016 г. Материалы конференции. – Казань, Изд-во ООО “Маркер”. – 2016. – С. 12-13.

73. Чугунова, Е. А., Акылбеков, Н. И., Гаврилов, Н. В., Волошина, А. Д., Зобов, В. В., Бурилов, А. Р. *Бензо[1,2-с][1,2,5]оксадиазол-N-оксиды в синтезе новых противомикробных соединений* // I Всеросс. молодёж. школа-конф. “Успехи синтеза и комплексообразования”. Москва. 25-28 апреля 2016 года. Тезисы докладов. – М.: РУДН. – 2016. – С. 74.
74. Чугунова, Е. А., Акылбеков, Н. И., Гаврилов, Н. В., Волошина, А. Д., Зобов, В. В., Бурилов, А. Р. *Бензо[1,2-с][1,2,5]оксадиазол-N-оксиды – перспективная платформа для создания биологически активных* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 366.
75. Чугунова, Е. А., Самсонов, В. А., Акылбеков, Н. И., Гаврилов, Н. В., Бурилов, А. Р. *2Н-бензимидазол-1,3-диоксиды. Синтез и химические трансформации под действием температуры и света* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т. 1. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 367.
76. Шагеев, А. Ф., Романов, Г. В., Юсупова, Т. Н., Ганеева, Ю. М., Фосс, Л. Е., Барская, Е. Е., Охотникова, Е. С., Уваров, С. Г., Шагеев, М. А., Лукьянов, О. В., Ибатуллин, Р. Р. *Многофункциональное внутрискважинное устройство для разогрева пласта* // Междунар. научно-практич. конф. “Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений”. 7-8 сентября 2016 г. Казань. Материалы конференции. – Казань: “Ихлас”. – 2016. – С. 146-147.
77. Шайхутдинова, Г. Р., Гафуров, З. Н., Сахапов, И. Ф., Бабаев, В. М., Добрынин, А. Б., Метлушка, К. Е., Ризванов, И. Х., Сияншин, О. Г., Яхваров, Д. Г. *Исследование реакционной способности никельорганических сигма-комплексов по отношению к нитрилам* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 370.
78. Шамсиева, А. В., Мусина, Э. И., Карасик, А. А., Сияншин, О. Г. *Комплексы 2-фосфоланопиридинов с металлами подгруппы меди* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. Т. 1. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 371.
79. Шарипова, А. В., Фоминых, О. Д., Никонорова, Н. А., Балакина, М. Ю. *Моделирование локальной подвижности в метакриловых хромофор-содержащих олигомерах разветвленного строения* // XXIII Всеросс. конф. “Структура и динамика молекулярных систем” и 14-я Школа молодых учёных “Спектроскопия молекулярных систем”. Яльчик. 4-8 июля 2016 г. – М.: ИФХЭ РАН. – 2016. – С. 152.
80. Шарипова, С. М., Калинин, А. А., Смирнов, М. А., Назмиева, Г. Н., Вахонина, Т. А., Балакина, М. Ю. *На пути к нелинейно-оптическим композиционным материалам на основе хиноксалиновых хромофоров* // XXIII Всеросс. конф. “Структура и динамика молекулярных систем” и 14-я Школа молодых учёных “Спектроскопия молекулярных систем”. Яльчик. 4-8 июля 2016 г. – М.: ИФХЭ РАН. – 2016. – С. 153.
81. Якубов, М. Р., Абилова, Г. Р., Сияншин, К. О., Милордов, Д. В., Тазеева, Э. Г., Якубова, С. Г., Борисов, Д. Н., Грязнов, П. И., Миронов, Н. А., Борисова, Ю. Ю. *Применение осадительной экстракции для извлечения ванадилпорфиринов из асфальтенов тяжёлой нефти* // Междунар. науч.-практ. конф. “Нефтегазо-переработка-2016”. Уфа. 24 мая 2016 г. Материалы конференции. – Уфа: Изд-во ГУП ИНХП РБ. – 2016. – С. 142-144
82. Якубов, М. Р., Амерханов, М. И., Хисамов, Р. С. *Новые инновационные технологии добычи сверхвязкой нефти с использованием растворителей* // Междунар. научно-практич. конф. “Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений”. Казань. 7-8 сентября 2016 г. Материалы конференции. Т.2. – Казань: “Ихлас”. – 2016. – С. 246-249.
83. Якубов, М. Р., Амерханов, М. И., Хисамов, Р. С. *Современное состояние и развитие технологий разработки залежей сверхвязкой нефти с использованием растворителей* // VI Междунар. науч.-практ. конф. “Практические аспекты нефтепромысловой химии”. Уфа. 25-26 мая 2016 г. Тезисы докладов. – Уфа: Изд-во БашНИПИнефть. – 2016. – С.60-64.
84. Якубов, М. Р., Милордов, Д. В., Абилова, Г. Р. *Ресурсы и возможности получения ванадиевых концентратов из тяжёлых нефтей в процессах их облагораживания для транспортировки* // XX Междунар. симпозиум “Проблемы геологии и освоения недр”. Томск. 4-8 апреля 2016 г. Труды. – Томск: ТПУ. – 2016. – С. 529-531
85. Якубов, М. Р., Сияншин, К. О., Абилова, Г. Р., Якубова, С. Г., Милордов, Д. В., Борисов, Д. Н. *Новый методический подход оценки ингибиторов асфальтенов применительно к процессам добычи сверхвязкой нефти с использованием растворителей* // 7-я Всеросс. науч.-практ. конф. “Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа”. Томск. 19-23 сентября 2016 г. Материалы конференции. – 2016. – С. 30-34.
86. Якубов, М. Р., Якубова, С. Г., Фазлеев, И. А. *Структурно-групповой состав и светопоглощение компонентов дорожных битумов с различной устойчивостью к старению* // Междунар. науч.-практ. конф. “Нефтегазопереработка-2016”. Уфа. 24 мая 2016 г. Материалы конференции. – Уфа: Изд-во ГУП ИНХП РБ. – 2016. – С. 68-70.
87. Яхваров Д.Г., Сияншин О.Г. *Новые методы в химии органических и элементоорганических соединений* // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Екатеринбург. 26-30 сентября 2016 г. Тезисы докладов. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2016. – С. 50.

Quinoxalines: Synthesis, Reactions, Mechanisms and Structure



Доктор химических наук, профессор Вахид Абдулла-оглы Мамедов.

В 2016 году, по предложению международного издательства “Springer“, профессором Вахидом Абдулла-оглы Мамедовым – заведующим лаборатории химии гетероциклических соединений ИОФХ им. А. Е. Арбузова, была написана и опубликована книга “Quinoxalines: Synthesis, Reactions, Mechanisms and Structure” (Springer International Publishing AG, Switzerland, 2016, 437). Книга является первой и пока единственной, комплексно описывающей возможности одного из важнейших классов азотистых гетероциклов – хиноксалинов, в качестве реагентов для синтеза биологически важных конденсированных и макроциклических систем. В публикации представлена и разъяснена новая кислотнокатализируемая перегруппировка хиноксалин(он)ов в бензимидазол(он)ы при воздействии нуклеофильных реагентов (перегруппировка Мамедова), приводящая к бигетероциклическим системам, которые невозможно

This book reviews the fundamental aspects of quinoxaline chemistry: synthesis, reactions, mechanisms, structure, properties, and uses. The first four chapters present a survey of the developments in quinoxaline chemistry since the publication of the monograph on “Condensed Pyrazines” by Cheeseman and Cookson in 1979. These chapters give comprehensive coverage of all the methods of the synthesis of quinoxalines and the important quinoxaline-containing ring systems such as thiazolo[3,4-a]-, pyrrolo[1,2-a]-, and imidazo[1,5-a]quinoxalines. Chapter five describes many new methods for the construction of quinoxaline macrocycles, which are important in applications such as optical devices and materials.

получить другими известными методами. Понимание механизмов представленных реакций, логики планирования и ведения синтезов, изложенных в книге, позволит химикам-синтетикам в достижении поставленных целей.

Адрес книги на сайте Springer: <http://www.springer.com/fr/book/9783319297712>

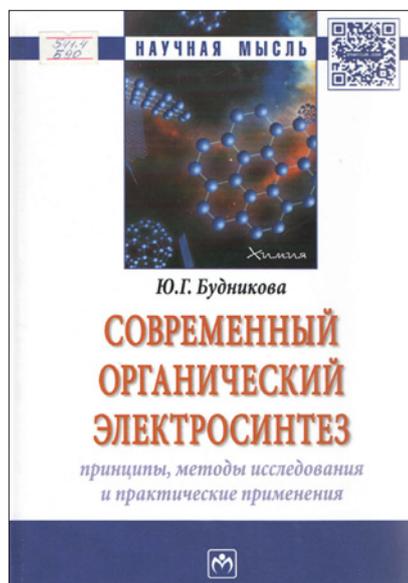
В предисловии к книге, написанном выдающимся химиком-гетероциклистом профессором Ван-дер-Пласом (Prof. Henk van der Plas) – родоначальником ANRORC-механизма нуклеофильного замещения (ANRORC – от английского “Addition of Nucleophile, Ring Opening and Ring Closure”, т.е. присоединение нуклеофила, раскрытие цикла и циклизация, протекающие последовательно друг за другом) и в резюме старшего редактора Элизабет Хавкинс (Elizabeth Hawkins – Senior Editor Chemistry Springer) говорится:

Эта книга рассматривает такие фундаментальные аспекты химии хиноксалинов, как синтез, реакционная способность, механизмы реакций, структура, свойства, применение. Первые четыре главы представляют собой обзор развития химии хиноксалинов в период с 1979 года по момент опубликования монографии “Condensed Pyrazines” Чизмана (Cheeseman) и Куксона (Cookson). Эти главы дают всеобъемлющий охват всех важнейших методов синтеза хиноксалинов и их конденсированных производных, таких как тиазоло[3,4-а]-, пирроло[1,2-а]- и имидазо[1,5-а]хиноксалинов. Пятая глава описывает много новых способов для построения хиноксалиновых макроциклов, которые широко применяются в оптических устройствах и материалах.

The final chapter demonstrates all previously known rearrangements of quinoxalin(on)es in the synthesis of benzimidazol(on)es and the interesting new rearrangements discovered by Mamedov, the author of this book, comprising a) the acid catalysed conversion of “any of the spiro-derivatives of 1,2,3,4-tetrahydrinquinaxalin-3-one with at least one mobile hydrogen atom in their spiro-forming component into benzimidazole derivative with the spiro-forming component at position 2” – MAMEDOV Heterocycle Rearrangement Type 1 and b) the acid catalyzed rearrangement of any of the spiro-derivatives of 1,2,3,4-tetrahydroquinoxalin-3-one without any mobile hydrogen atom in their spiro-forming component are on their way to the benzimidazolone derivative with the spiro-forming component at position 1” – MAMEDOV Heterocycle Rearrangement Type 2. This book is of interest to researchers in the field of heterocyclic chemistry. This book is of interest to researchers in the fields of heterocyclic chemistry and in synthetic organic chemistry.

Последняя глава демонстрирует известные до написания данного обзора перегруппировки хиноксалин(он)ов в синтезе бензимидазол(он)ов и представляет 2 типа новых перегруппировок, обнаруженных автором этой книги. Первый тип касается кислотно-катализируемого превращения спиروطпроизводных 1,2,3,4-тетрагидрохиноксалин-3-она, по крайней мере, с одним подвижным атомом водорода в спируобразующей компоненте, ведущего к производным бензилимидазола со спируобразующей компонентой в положении 2. Второй тип – это кислотно-катализируемая перегруппировка спиروطпроизводных 1,2,3,4-тетрахиноксалин-3-она без подвижного атома водорода в спируобразующей компоненте в бензилимидазолоне со спируобразующей компонентой в положении 1. Данная книга будет представлять большой интерес для исследователей в области химии гетероциклов и в синтетической органической химии.

Современный органический электросинтез. Принципы, методы исследования и практические приложения



Доктор химических наук Юлия Германовна Будникова.

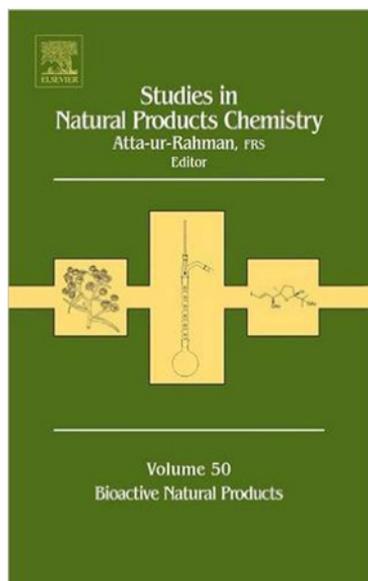
Книга Юлии Германовны Будниковой – доктора химических наук, заведующей лабораторией электрохимического синтеза ИОФХ им. А. Е. Арбузова, была подготовлена при поддержке Российского научного фонда (грант № 14-23-00016) и появилась в печати в декабре 2016 года.

В книге приведены систематизированные достижения в электрохимическом органическом синтезе и смежных с ним областях за последние десятилетия. Кратко изложены основные принципы электрохимии, электрохимических измерений и органического электросинтеза, причём наибольшее внимание уделено новым методам

и подходам. Так, значительное место отведено развитию металлокомплексного катализа в органическом электросинтезе, методам оценки эффективности гомогенных электрокатализаторов, новым областям – электролизу с использованием твёрдых полимерных электролитов, применению органической электрохимии в органических электронных устройствах, С1-химии, электрохимической конверсии биомассы в ценные материалы и т.д.

Как написано в анонсе книги, издание может представлять интерес для студентов, аспирантов, исследователей и инженеров.

From natural products to drugs: lipoglycopeptides, a new generation of potent cell wall biosynthesis inhibitors



Кандидат химических наук Елена Александровна Чугунова.

“From natural products to drugs: lipoglycopeptides, a new generation of potent cell wall biosynthesis inhibitors” опубликована в монографии “Studies in Natural Products Chemistry” – “Исследования химии природных продуктов”.

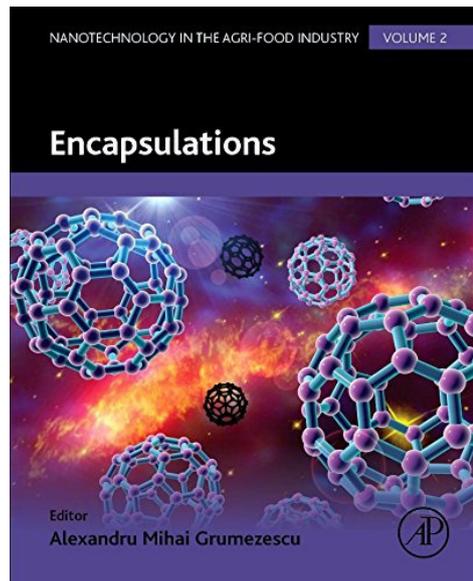
В числе авторов – Елена Александровна Чугунова, кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории элементоорганического синтеза ИОФХ им. А. Е. Арбузова.

“Antibiotic resistance-when bacteria change and antibiotics fail-is happening right now, across the world... without urgent action we are heading for a post antibiotic era in which common infections and minor injuries can once again kill” (World Health Organization, April 2014). In this dramatic scenario, we are presenting this short review on lipoglycopeptides, potent inhibitors of cell wall biosynthesis that are derived from natural sources, as a contribution to up-to-grade the state-of-the-art in the battle against the bacteria resistance. The first compound introduced in the clinical practice was vancomycin, which still is widely used for the treatment of multidrug-resistant infections sustained by Gram-positive strains and also for the treatment of Clostridium difficile-associated diarrhea, a life-threatening infection. In the last 20 years, several products, which are semisynthetic derivatives of the vancomycin core structure have reached the market, in particular, telavancin, oritavancin, and dalbavancin. In this review, we would like to highlight the chemical and biological properties of these drugs and compare their profile from a medicinal chemistry perspective.

“Резистентность к антибиотикам – способность бактерий изменяться в ответ на применение этих препаратов – происходит по всему миру в настоящее время, и, если человечество не предпримет необходимых мер, приведёт к пост-антибиотической эре, в которой обычные болезни и незначительные травмы станут смертельными” (Всемирная Организация Здравоохранения, Апрель 2014).

На фоне такого драматического сценария, мы представляем данный краткий обзор по липогликопептидам, мощным ингибиторам биосинтеза клеточных стенок природного происхождения, которые вносят свой вклад в современную борьбу против резистентности бактерий. Первым соединением, внедрённым в клиническую практику, стал Ванкомицин, который до сих пор широко используется для лечения инфекций с множественной лекарственной устойчивостью, вызываемых Грамположительными штаммами, а также для лечения Clostridium difficile-ассоциированной диареи, инфекции, представляющей угрозу для жизни. За последние 20 лет на фармацевтический рынок вышли несколько препаратов, являющихся полусинтетическими производными Ванкомицина, в частности, Телаванцин, Оритаванцин и Далбаванцин. В данном обзоре мы хотели бы осветить химические и биологические свойства этих препаратов и сравнить их профиль с точки зрения медицинской химии.

Supramolecular strategy of the encapsulation of low molecular weight food ingredients



Глава “Supramolecular strategy of the encapsulation of low-molecular-weight food ingredients” опубликована в монографии – “Encapsulations. Nanotechnology in the Agri-Food Industry” – “Инкапсуляция. Нанотехнологии в агропищевой

A large number of additives (stabilizers, preservatives, vitamins, and nutraceuticals) are scarcely soluble in polar media, and therefore poorly mix with aqueous food dispersion. Besides, they are unstable against light, temperature, pH changing, and oxygen. Therefore, design of effective nanocontainers with controlled binding/release functions toward active components remains a challenge in the food industry. The chapter is oriented on the elucidation of recent trends in the field of engineering of delivery and storage systems for food ingredients. According to modern nanotechnological criteria and the green chemistry approach, food formulations tend to be polycomponent and polyfunctional, with natural and low toxic synthetic materials receiving special attention. Several lines of investigations have been reviewed, including the amphiphile- and polymerbase nanocontainers, supramolecular guest-host strategies involving macrocycle platforms, as well as binding/release behavior of loads.



Доктор химических наук, профессор Люция Ярулловна Захарова.

индустрии”. Подготовлена к печати коллективом авторов во главе с Люцией Ярулловной Захаровой – доктором химических наук, заведующей лабораторией высокоорганизованных сред ИОФХ им. А. Е. Арбузова.

Значительное число пищевых добавок (стабилизаторов, консервантов, витаминов и нутрицевтиков) являются малорастворимыми в полярной среде, и, следовательно, плохо смешиваются с пищевыми продуктами на водной основе. Кроме того, они нестабильны при воздействии света, температуры, к изменению pH и влиянию кислорода. Таким образом, исследование эффективных наноконтейнеров с управляемыми функциями является крайне актуальной проблемой. В главе приводятся последние разработки наносистем для доставки и хранения пищевых ингредиентов и дан анализ нескольких направлений исследований: создание наноконтейнеров на основе амфифилов и полимеров, супрамолекулярные взаимодействия по принципу “гость-хозяин” с участием макроциклической платформы, а также реализация механизмов контроля связывания/высвобождения субстратов.

Изобретательская деятельность в ИОФХ

С целью обеспечения правовой охраны объектов интеллектуальной собственности, созданных в Институте, в 2016 году оформлено и направлено в Федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности 2 заявки на выдачу патента РФ на изобретение, 1 заявка на выдачу патента РФ на полезную модель, получено 4 решения о выдаче патента на изобретение, зарегистрировано 4 патента РФ на изобретение.

Заявки на патент РФ на изобретение, поданные в 2016 году

1. Заявка № 2016136131/04
“Способ получения сульфокатионитов из тяжёлых нефтяных остатков”
Авторы: Якубов М.Р., Грязнов П.И., Якубова С.Г., Милордов Д.В., Борисов Д.Н., Миронов Н.А., Синяшин К.О.
2. Заявка № 2016150784
“Способ получения яичного масла”
Авторы: Пунегова Л.Н., Синяшин О.Г., Шитова Т.С., Курбанова И.И., Набиуллин В.Н.

Заявка на патент РФ на полезную модель, поданная в 2016 году

- Заявка № 2016119836/13
“Линия получения лекарственного средства Na-, Fe-, Ca-полигалактуронат”
Авторы: Минзанова С.Т., Миронов В.Ф., Милюков В.А., Миронова Л.Г., Синяшин О.Г.

Решения о выдаче патента РФ на изобретение, полученные в 2016 году

1. Заявка № 2015101008/04
“ α , ω -Бис(амидо- и гидразидометилсульфинил- и сульфонил)алканы, обладающие противотуберкулёзной активностью, и “ α , ω -Бис(метоксикарбонилметилсульфинил- или сульфонил)алканы для их получения”
Авторы: Фаттахов С.Г., Шулаева М.М., Кравченко М.А., Мингалеев Д.Н., Скорняков С.Н., Синяшин О.Г.

2. Заявка № 2015114957/03
“Устройство физико-химической обработки скважины”
Авторы: Шагеев А.Ф., Романов Г.В., Шагеев М.А., Лукьянов О.В., Семенов А.В., Яруллин Р.С.
3. Заявка № 2015121284/13
“Способ повышения продуктивности бахчевых культур”
Авторы: Байрамбеков Ш.Б., Фаттахов С.Г., Полякова Е.В., Синяшин К.О., Берсенёв А.Г.
4. Заявка № 2015141616/04.
“Соли бензофуросанов с ломефлоксацином, обладающие антибактериальной активностью”
Авторы: Бурилов А.Р., Чугунова Е.А., Акылбеков Н.И., Волошина А.Д., Зобов В.В., Пудовик М.А.

Патенты РФ на изобретение, полученные в 2016 году

1. Патент РФ № 2588267
“Устройство физико-химической обработки скважины”
Авторы: Шагеев А.Ф., Романов Г.В., Шагеев М.А., Лукьянов О.В., Семенов А.В., Яруллин Р.С.
2. Патент РФ № 2591256
“ α , ω -Бис(амидо- и гидразидометилсульфинил- и сульфонил)алканы, обладающие противотуберкулёзной активностью, и “ α , ω -Бис(метоксикарбонилметилсульфинил- или сульфонил)алканы для их получения”
Авторы: Фаттахов С.Г., Шулаева М.М., Кравченко М.А., Мингалеев Д.Н., Скорняков С.Н., Синяшин О.Г.
3. Патент РФ № 2596140
“Способ повышения продуктивности бахчевых культур”
Авторы: Байрамбеков Ш.Б., Фаттахов С.Г., Полякова Е.В., Синяшин К.О., Берсенёв А.Г.
4. Патент РФ № 2602804
“Соли бензофуросанов с ломефлоксацином, обладающие антибактериальной активностью”
Авторы: Бурилов А.Р., Чугунова Е.А., Акылбеков Н.И., Волошина А.Д., Зобов В.В., Пудовик М.А.

Составила И. Г. Васильева



СЪЕЗДЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, НАУЧНЫЕ ВСТРЕЧИ

В 2016 году Институт был в числе организаторов 6 научных конференций (отечественных и международных), самая крупная из которых – XXI Международная конференция по химии фосфора. Сотрудники ИОФХ активно участвовали в научных форумах: 50 международных и

24 российских. Кроме того, как и в предыдущие годы, в Институте успешно прошла итоговая научная конференция, на которой было представлено 85 сообщений (26 устных и 59 стендовых).

Международные и российские конференции и симпозиумы, организованные при участии ИОФХ

XXI International Conference on Phosphorus Chemistry – XXI Международная конференция по химии фосфора



С 5 по 10 июня 2016 года в Казани под патронажем Президента Республики Татарстан с большим успехом прошёл крупнейший научный форум – XXI Международная конференция по химии фосфора (ICPC 2016).

Организаторами конференции выступили:

- Российская академия наук (РАН);
- Федеральное агентство научных организаций (ФАНО России);
- Министерство образования и науки Российской Федерации;
- Правительство Республики Татарстан;
- Академия наук Республики Татарстан (АН РТ);
- Казанский научный центр РАН (КазНЦ РАН);
- Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН;
- Казанский (Приволжский) федеральный университет;
- Казанский национальный исследовательский технологический университет;
- Российский научный фонд (РНФ);
- Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ);
- Республиканское химическое общество им. Д. И. Менделеева РТ.

Эти конференции, как правило, проводятся один раз в два-три года, в крупнейших научных центрах мира. Свою историю конференции начали в 1964 году в Гейдельберге (Германия) и с тех пор местом их проведения традиционно были ведущие научные центры Европы, Америки, Юго-Восточной Азии (Япония, Китай): Иерусалим (Израиль), Сендай (Япония), Бирмингем (Великобритания), Цинциннати (США), Сямынь (Китай), Вроцлав (Польша), Роттердам (Нидерланды), Дублин (Ирландия) и другие города и страны.

В 2012 году Управляющий Комитет по международным конференциям по химии фосфора (Steering Committee of the International Conference on Phosphorus Chemistry), в состав которого входят известные в мире учёные-химики из США, Японии, Польши, Франции, Великобритании, Германии, Нидерландов, Израиля, Чехии, Китая, принимает очень важное для всей научной общественности России решение – провести очередную, XXI Международную конференцию по химии фосфора в 2016 году в Казани. 12 ноября 2012 года Председатель Управляющего комитета (Chairman of the ICPC Steering Committee) прислал директору ИОФХ им. А. Е. Арбузова, академику РАН О. Г. Синяшину подтверждение, что Казань выбрана



Патрон конференции – Президент Республики Татарстан Р. Н. Минниханов и председатель Оргкомитета ICPC 2016 – академик РАН О. Г. Сияшин.

местом проведения XXI Международной конференции по химии фосфора в 2016 году. “Мы с уверенностью вручаем Вам и Вашей команде руководство и организацию этой конференции и не сомневаемся в успешном её проведении” – написал профессор Франк Эбетино (Frank Ebetino, USA).

Так впервые за свою более чем 60-летнюю историю конференция должна была состояться в России, в Казани. С того момента прошло почти четыре года – столько времени понадобилось для организации научного форума такого высокого уровня. Председателем Оргкомитета конференции стал директор ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН академик О. Г. Сияшин, а в состав Ло-

кального организационного комитета вошли сотрудники Института Арбузова: А. А. Карасик, В. Ф. Миронов, Ю. Г. Будникова, А. Р. Бурилов, Т. Д. Кешнер, А. И. Карасик, А. А. Загидуллин.

Конференция прошла под эгидой ИЮПАК – Международного союза теоретической и прикладной химии (International Union on Pure and Applied Chemistry – IUPAC). Она была внесена в план мероприятий ИЮПАК, и такая поддержка дала возможность опубликовать в журнале “Chemistry International” рекламную информацию о предстоящей конференции до начала форума и статью по его итогам (Chemistry International, November-December 2016, Н. Э. Нифантьев), а также материалы докладов пленар-



Струнный квартет “Кантилена” предваряет церемонию открытия произведениями Моцарта, Чайковского, Яхина и китайской народной музыкой.



Церемония открытия конференции в Бальном зале ГТРК “Корстон”.

ных и ключевых лекторов в другом высокорейтинговом журнале ИЮПАК – “Pure and Applied Chemistry”.

Традиционно рабочим языком ICPC 2016 был английский.

В понедельник, 6 июня 2016 г. в Бальном зале ГТРК “Корстон” состоялась церемония открытия конференции.

Открыл торжественное мероприятие председатель Оргкомитета, академик РАН О. Г. Синяшин. Коротко рассказав об истории конференций и о химической школе, созданной в Казани в середине XIX века, которая, по мнению историков, стала “колыбелью российской органической химии”, Олег Герольдович продолжил: “Имена Николая Зинина, Александра Бутлерова, Владимира Марковникова, Александра Зайцева золотыми буквами вписаны в анналы мировой химической науки. Именно в Казани в начале XX века профессор Казанского университета Александр Арбузов, открывший свою знаменитую реакцию, которая сегодня называется реакцией Арбузова-Михаэлиса, начал формировать российскую школу в области химии фосфора. Именно к этой школе принадлежат известные российские учёные: сын Александра Арбузова – Борис Арбузов, Аркадий Пудовик, Мартин Кабачник, Василий

Абрамов, Татьяна Мاستрюкова, Анатолий Петров, Гильм Камай и другие”.

В заключение своего выступления О. Г. Синяшин подчеркнул, что организация такого крупного форума была бы невозможна без поддержки руководства республики, и от имени всех участников конференции поблагодарил присутствующего на церемонии открытия патрона ICPC 2016 – Президента Республики Татарстан Рустама Нургалиевича Минниханова за поддержку и помощь в её организации.

От имени Международного союза теоретической и прикладной химии выступил председатель Комиссии ИЮПАК по органическому синтезу, доктор химических наук, член-корреспондент РАН Н. Э. Нифантьев. Нико-



На церемонии открытия.



От имени IUPAC выступил член-корреспондент РАН Н. Э. Нифантьев (г. Москва).

лай Эдуардович отметил, что “Единодушное решение Комитета о проведении ICPC 2016 в Казани можно рассматривать как международное признание значительного вклада российских учёных и, в первую очередь, представителей нескольких поколений всемирно известной Казанской химической школы в мировую науку. Решение Комитета – это также безусловное признание столицы Республики Татарстан не только крупнейшим научным центром мирового уровня, но и местом, где глубокие исторические корни гармонично сочетаются с активным развитием региона, а религиозная толерантность является гарантом безопасности в современном беспокойном мире”. “Татарстан – лидер в России по количеству изобретений в области химии, – подчеркнул Н. Э. Нифантьев. – Правительство республики и лично Президент Рустам Нургалиевич Минниханов не только поддержали проведение здесь XXI конференции по химии фосфора, но и всячески развивают науку в республике”.

В заключение торжественной церемонии слово было предоставлено Президенту Республики Татарстан Р. Н. Минниханову.

“Химия фосфора и его органических соединений – одно из важнейших направлений в развитии органической химии, – подтвердил Рустам Нургалиевич. – Сегодня учёные Татарстана – и опытные профессора, и молодое поколение – продолжают активную работу в этом направлении. Республика старается максимально поддержать науку. По общему числу учебных учреждений Татарстан сегодня – пятый в России и первый в ПФО. По патентной активности – второй в России. В республике создаются комфортные условия для научной и научно-прикладной деятельности. Активно используются возможности РАН и Академии наук Татарстана, создаются крупные инновационные площадки. Есть положительный опыт сотрудничества институтов с крупными нефтехимическими предприятиями Татар-

стана, – сообщил Президент РТ. – А город-спутник Казани Иннополис должен стать и уже становится магнитом – территорией притяжения молодых амбициозных учёных не только из Татарстана и России. Мы готовы предоставить возможность специалистам и из других стран проявить себя в нашей республике”. Также Рустам Нургалиевич выразил уверенность, что особую роль в решении Управляющего Комитета по международным конференциям по химии фосфора о проведении такого крупного химического форума именно в Казани сыграло то, что химия фосфора – традиционное направление казанских исследователей. Не случайно именно в столице Татарстана вот уже почти 20 лет ведущим учёным мира



“Республика старается максимально поддержать науку”, – заверил Президент Татарстана Р. Н. Минниханов.



“Для меня большая честь получить эту премию” – отметила профессор Юфен Жао (Prof. Yufen Zhao, China).

вручается одна из наиболее престижных химических наград – Международная Арбузовская премия в области фосфорорганической химии.

Завершающим аккордом торжественного открытия XXI Международной конференции по химии фосфора стало вручение Президентом РТ Международной Арбузовской премии в области фосфорорганической химии госпоже Юфен Жао – профессору двух крупнейших университетов Китая – г. Пекина и г. Сямынь, хорошо известному в мире специалисту в области химии фосфорорганических соединений и в смежных областях – биоорганической химии, медицинской химии, химической биологии и науках о происхождении жизни на Земле. “Для меня большая честь получить эту премию. В Казани я впервые. Меня впечатлила красота города, но ещё больше я впечатлена развитием науки в Татарстане и отношением к ней со стороны руководства республики. В Китае имя профессора Арбузова хорошо известно. Не только в профильных вузах, но и в школах. Это великий учёный, и его вклад в мировую науку огромен”, – отметила в ответном слове госпожа Юфен Жао.

И конференция начала свою работу.

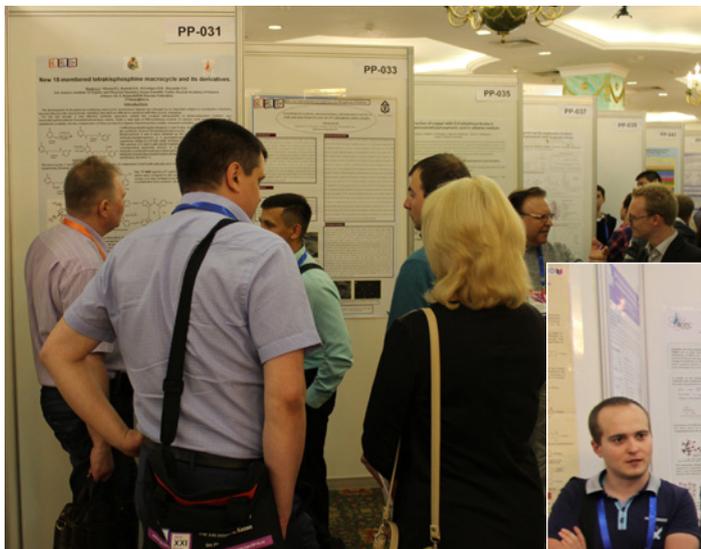
Научная программа стартовала с пленарного доклада нового Арбузовского лауреата. Профессор Жао прочитала лекцию на тему: “Phosphorous Chemistry and Evolution of Biological Molecules”. Думаем, что для Юфен Жао было в равной степени важно не только получить столь престижную награду в присутствии лидеров мировой химической науки, но и иметь возможность рассказать о своих научных результатах, ставших предпосылкой для такого награждения, в широкой аудитории своих коллег.

С пленарными докладами также выступили другие хорошо известные российские и зарубежные учёные: профессор Андрей Анатольевич Карасик (Казань, Россия) сделал доклад на тему: “Cyclic Aminomethylphosphines as Ligands. Balancing between Rational Design and Unpredicted Findings”. Профессор Кристиан Мюллер из Берлинского

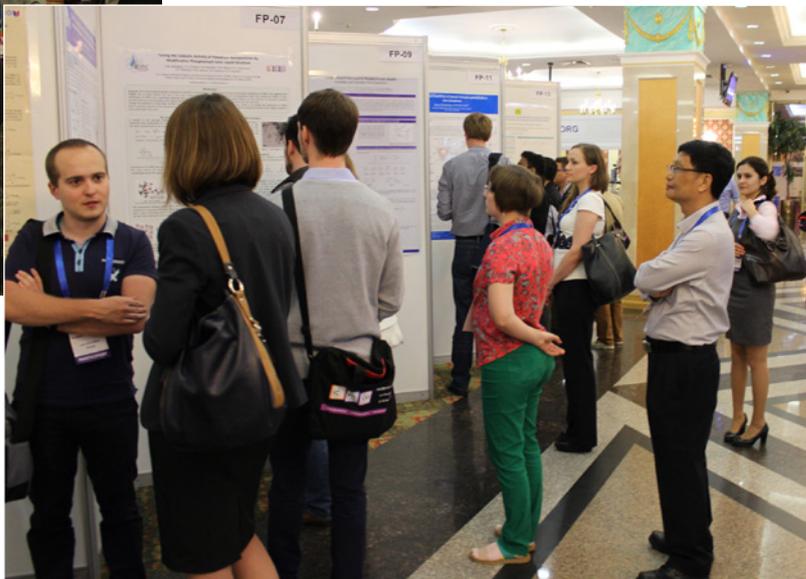
университета (Prof. Christian Müller, Germany) доложил о последних разработках в области низкокоординированного фосфора – “Recent Developments in the Chemistry of Low-Coordinate Phosphorus Heterocycles”.

Профессор Анна-Мария Каминаде из Университета Тулузы (Prof. Anne-Marie Caminade, France) сделала пленарное сообщение на тему: “Cyclotriphosphazene, an Old Compound Applied to the Synthesis of Smart Dendrimers with Tailored Properties”. Лауреат Международной Арбузовской премии за 2011 год профессор Майкл Блекбурн из Великобритании (Prof. G. Michael Blackburn, UK) и Лауреат 2007 года, академик РАН Ирина Петровна Белецкая (Москва, Россия) выступили с пленарными докладами на темы: “Life is about Making and Breaking Phosphate Bonds” и “Catalysis by Transition Metal Complexes in Phosphorus Chemistry” соответственно. Профессор Джорж Кеглевич из Венгрии (Prof. György Keglevich, Budapest University of Technology and Economics) сделал пленарный доклад на тему: “Milestones in Microwave-Assisted Organophosphorus Chemistry”. Пленарный доклад на тему: “Oligonucleotide Synthesis Interfaced with Molecular Biology and Nanotechnology” представил профессор Марвин Карузес (Prof. Marvin H. Caruthers, USA), хорошо известный в мире своими пионерскими работами в области биоорганической химии фосфора и активно сотрудничающий с российскими химиками. Профессор Ева-Мария Ней-Хоккинс из университета г. Лейпциг – многолетний научный партнер Института Арбузова (Prof. E. Hey-Hawkins, Germany), сделала пленарный доклад на тему: “Multifaceted Chemistry with Phosphorus-rich Oligophosphanide Anions”. С пленарным докладом “Development of New Solid-Immobilized Phosphines for Solving Problems in Organic Synthesis” выступил хорошо известный в мире учёный из Японии – профессор Масая Савamura (Prof. Masaya Sawamura, Hokkaido University, Sapporo). Профессор Куп Ламмертсма (Prof. Koop Lammertsma, the Netherlands) – организатор XIX ICPC в 2012 году в Роттердаме, представил пленарный доклад на тему: “P-Chemistry – from Reagents, to Ligands, to P₄-activation, to Catalysis”. С пленарным докладом “Modern Pharmacology: Magic Bullet & Combinatorial Approaches. Mechanisms of Antigen Degradation” выступил доктор химических наук, член-корреспондент РАН Александр Габитович Габитов (Москва, Россия). Пленарный доклад “Activation of A-H Bonds by Electrophilic Terminal Phosphinidene Complexes (A = O, P, C, etc.)” сделал Франсуа Матей (Prof. Francois Mathey), получивший Международную Арбузовскую премию в 2001 году, тогда – профессор Французской Академии наук, а ныне живущий и работающий в Сингапуре (Nanyang Technological University, Singapore).

Конференция проходила в расположенном в центральной части Казани конгресс-центре ГТРК “Корстон” – в одном из лучших комплексов, предназначенных для проведения мероприятий такого высокого уровня. В Бальном зале на 1200 мест роскошного конгресс-центра состоялась церемония открытия конференции, здесь же были заслушаны



На постерной секции.



пленарные доклады. Параллельные научные секции и Школа-конференция проходили в конференц-залах с радующими сердце россиян названиями: Пушкин, Толстой, Достоевский, Лермонтов и Чехов.

Основная задача конференции заключалась в обнаружении новых перспектив развития химии фосфора – как в фундаментальной, так и прикладной области, а также в обучении нового поколения российских и зарубежных исследователей инновационным подходам к созданию новых веществ и материалов, компьютерному моделированию их свойств, разработке эффективных “зелёных” технологий получения соединений фосфора.

Тематика конференции охватила все направления химии фосфора, начиная от синтеза и структуры новых фосфорсодержащих соединений до принципов получения промышленных материалов, инновационных лекарственных препаратов и вопросов экологии. Наряду со сложнейшими фундаментальными вопросами на конференции обсуждались такие практически значимые темы, как создание новых материалов на основе фосфора, направленное на решение проблем медицинской химии и диагностики, сельского хозяйства, промышленности.

Самые крупные и наиболее важные вопросы были представлены на пленарных заседаниях в присутствии всех участников конференции, а детальное обсуждение было продолжено на протекающих параллельно секционных заседаниях.

Научные секции были организованы по следующим направлениям:

1. Progress in Organophosphorus Chemistry Dedicated to the 100th Birthday Anniversary of Arkadii Pudovik;
2. Phosphorus in Life Sciences;
3. Towards New Age Materials Based on Phosphorus Compounds;
4. Phosphorus in Industry, Green Chemistry and Sustainable Development;

5. Phosphorus in Coordination and Inorganic Chemistry;
6. New Phosphorus Reagents in Organic Synthesis;
7. Frontiers of Catalytic Processes.

В рамках конференции на правах специальной секции также прошла Школа-конференция – School-Conference “Rational Design of Phosphorus Substances with Desired Properties”.

В общей сложности на конференции было заслушано 13 пленарных докладов, включая лекцию нового Арбузовского лауреата, и 38 ключевых, сделано 80 устных сообщений и 24 флеш-презентации, а также было представлено 186 постеров. На Школе-конференции доклады сделали известные в мире учёные из Германии, Италии, Испании, Нидерландов, Японии, и, конечно же, из России. У ведущих специалистов обучение прошли аспиранты и студенты академических и вузовских учреждений Татарстана.

347 участников из 26 стран: Китая (25), Германии (22), Франции (11), Японии (9), Польши (8), США (8), Венгрии (7), Ирана (5), Сингапура (5), Австрии (4), Великобритании (4), Швеции (4), Швейцарии (3), Бельгии (2), Ирландии (2), Канады (2), Нидерландов (2), Мексики (2), Вьетнама (1), Индии (1), Италии (1), Испании (1), Казахстана (1), Финляндии (1), Чехии (1), а также 215 участников из России получили прекрасную возможность послушать интересные доклады, сделанные учёными из различных научных центров, обменяться информацией по достигнутым результатам, обсудить важные аспекты сегодняшнего положения дел в области химии фосфора,

определить стратегию дальнейшего развития этой важной области химической науки, а также увидеть Казань и познакомиться с её богатой историей.

Во вторник, 7 июня состоялось заседание Управляющего комитета фосфорных конференций, в котором приняли участие 18(!) членов Комитета из 26, и это очень показательно! Претенденты на организацию следующей фосфорной конференции – проф. Крис Спиллинг (Dr. Chris Spilling, St. Louis, USA) и проф. Джорж Кеглевич (Prof. Gyorgi Keglevich, Budapest, Hungary), представили свои презентации. К обсуждению по скайпу присоединился проф. Франк Эбетино – председатель Комитета. Кроме места проведения XXII ICPC активно обсуждался и интервал между конференциями – 2 или 3 года. В результате голосования большинством голосов был выбран г. Будапешт (Венгрия) с датой проведения следующего фосфорного форума – июль 2018 года.

Трудам ICPC 2016 будет посвящён специальный выпуск журнала “Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements”. Статьи, написанные участниками конференции, будут опубликованы в объединённом томе за ноябрь и декабрь 2016 года.

Но не только насыщенная научная программа отличала конференцию. Экскурсионное и музыкальное сопровождение форума также было организовано на должном уровне. Струнный квартет “Кантилена” под управлением Ларисы Масловой предваряет церемонию открытия произведениями Моцарта, Чайковского, Яхина и китайской народной музыкой... Ансамбль “Доктор Джаз” под управлением Владимира Штейнмана играет на вечернем фуршете – “welcome reception”... Украшением вечера, организованного для пленарных докладчиков, членов Управляющего комитета и Арбузовских лауреатов, стало выступление известной российской певицы и композитора Юлии Зиганшиной, заслуженной артистки Республики Татарстан, замечательной исполнительницы старинных и современных русских романсов, отечественных и зарубежных песен.



Проф. Джорж Кеглевич – председатель Оргкомитета следующей конференции, приглашает всех в Будапешт для участия в XXII ICPC в июле 2018 года.

Незабываемой стала поездка на остров-град Свияжск, возникновение которого относится ко времени царствования Ивана Грозного и чью удивительную историю использовал Александр Сергеевич Пушкин в сказке “О царе Салтане...”. Для сопровождающих лиц была организована дополнительная экскурсионная программа, включавшая посещение дендрария Волжско-Камского государственного заповедника и музеев Казанского Кремля. Незапланированной, но очень интересной оказалась экскурсия в Музей истории Казанского университета, которая была проведена для многочисленных желающих уже после церемонии закрытия конференции. В числе участников этой спонтанной завершающей конференцию экскурсии в КГУ был и профессор Куп Ламмертсма – член Управляющего комитета фосфорных конференций и



На закрытии конференции в конференц-зале “Пушкин”.

организатор XIX ICPC в Роттердаме, приславший такое электронное сообщение:

Dear Oleg, Tanya, Andrey, and Angelika,

Many thanks for hosting ICPC 2016, for your meticulous organization, for the exceptional catering, and for the warm atmosphere and beautiful ambiance. I am glad it went so smooth hosting attendants from about 30 countries. Compliments. I had a wonderful time interacting with many colleagues and seeing Kazan and its rich history.

Warmest regards,
Кооп

(Дорогие Олег, Таня, Андрей и Анжелика!

Огромное спасибо всем вам за прекрасную организацию конференции, за великолепный кейтеринг и тёплую атмосферу. Я очень рад, что вы смогли без проблем и препятствий принять гостей из почти 30 стран! Мои комплименты! Я чудесно провёл время, общаясь с моими коллегами и знакомясь с Казанью, с её богатой историей.

*С самыми тёплыми пожеланиями,
Куп Ламмертсма)*

Нет необходимости говорить, сколько добрых слов мы услышали, сколько благодарностей получили и от других гостей конференции. Кто-то сообщал – как Дерек Гейтс (Derek Gates, USA), что это был его первый визит в Казань и как он наслаждался гостеприимством российских коллег: “It was a pleasure to meet you a few weeks ago at ICPC in Kazan. I really enjoyed the ICPC meeting and my first visit to Russia, especially the wonderful hospitality shown by Russian colleagues”. Кто-то, как Такаюки Кавашима (Takayuki Kawashima, Japan), уже бывавший в Казани ранее, ещё и ещё раз говорил о гостеприимстве нашего города и высоком уровне научной программы: “Thank you very much for your hospitality during my staying in Kazan. I enjoyed very much not only scientific programs but also sightseeing there”. А кто-то, как Ганс-Йорк Грютцмахер из Швейцарии (Hansjörg Grützacher), не только благодарил за гостеприимство и прекрасную дискуссию во время конференции, но также восхищался талантом Юлии Зиганшиной, и просил помочь ему приобрести диск с записями её концертов:

“Thank you very, very much for your hospitality during the ICPC in Kazan. I enjoyed this event really a lot and had a lot of fine and interesting discussions. I especially enjoyed the dinner on Tuesday evening with the steering committee. The singer performing traditional tatarsian and russian songs. If you know by chance where I can buy a CD let me know. Again: Thank you!”

(“Благодарю вас много-много раз за гостеприимство! Я поистине наслаждался этим, а также получал огромное удовольствие от интересных научных дискуссий. Особенно запоминающимся стал вечер, организованный для членов Управляющего комитета с участием великолепной певицы, исполнившей русские и татарские песни. Если бы вы подсказали мне, где купить диск с её записями, то я был бы крайне вам признателен. И вновь: спасибо вам!”)

Завершая этот своеобразный отчёт о проведении XXI Международной конференции по химии фосфора в Казани в июне 2016 года, авторы хотели бы ещё раз отметить, что организация подобного форума была бы невозможной без финансовой и организационной поддержки самого разного уровня. О главном нашем спонсоре – правительстве Республики Татарстан, уже говорил Олег Герольдович Синяшин на открытии конференции, но, кроме того, большой вклад в проведение форума сделали и такие научно-организационные структуры как Российский научный фонд и Российский фонд фундаментальных исследований. В равной мере Организационный комитет благодарит за финансовую и информационную поддержку наших серебряных и бронзовых спонсоров: группу компаний “Галахим”, компании “Реаторг”, “ТатХимПродукт”, “Сольвей”, “Аналит”, “Диаэм”, “Химмед”, “Спарм”, “Акрус”, ООО “Сигма-Алдрич Рус”, а также издательскую группу “Тэйлор энд Фрэнсис”.

Мы уверены, что проведение конференции такого уровня станет дополнительным стимулом к развитию фундаментальных и прикладных исследований в Казани и послужит укреплению имиджа Татарстана как одного из ведущих научных центров России.

А. А. Карасик, Т. Д. Кешнер

Юбилейная научная конференция, посвящённая 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН Аркадия Николаевича Пудовика

14–15 марта в большом конференц-зале ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН прошла Юбилейная научная конференция, посвящённая 100-летию со дня рождения А. Н. Пудовика – члена-корреспондента РАН, директора Института с 1971 по 1989 год. Участие в юбилейных

мероприятиях приняли как ведущие химики Казани, Москвы, Санкт-Петербурга, Иркутска, так и молодые учёные. Более подробную информацию о докладах, представленных на конференции, читатель найдёт на страницах этого выпуска Ежегодника в разделе “История и современность”.



Буклет-приглашение на конференцию.

Научно-практическая конференция молодых учёных Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН и Казанского государственного медицинского университета “Химия и медицина”

31 марта 2016 г. в большом конференц-зале Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН состоялось открытие совместной научно-практической конференции “Химия и медицина”, инициированной Советом молодых учёных ИОФХ им. А. Е. Арбузова и Советом молодых учёных Казанского государственного медицинского университета (КГМУ). 5 апреля 2016 года конференция продолжила свою работу в КГМУ на ул. Бутлерова.

Особенностью проведения конференции стал необычный формат – молодые учёные из КГМУ выступали в стенах ИОФХ, а химики – в КГМУ. Такая особенность позволила обсудить и наметить возможные точки со-

прикосновения научных интересов. “У ИОФХ и КГМУ давние связи в научной работе, но сейчас время, чтобы находить новые точки соприкосновения, рождавать новые междисциплинарные исследования” – отметили в своём приветственном слове директор ИОФХ, академик РАН Синяшин Олег Герольдович и проректор по научной и инновационной работе КГМУ Мустафин Ильшат Ганиевич.

Корифей лекарственного направления в научных исследованиях Института Арбузова – Владимир Савич Резник, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории химии нуклеотидных оснований ИОФХ сделал обзорный доклад на тему: “Химик и биолог в процессе поиска новых лекарственных препаратов”. Ири-



Михаил Хризанфоров



Татьяна Паширова



Антон Миндубаев

на Сергеевна Рыжкина, доктор химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химии супрамолекулярных систем ИОФХ представила доклад на тему: “Разработка физико-химического обоснования биоэффектов высококонцентрированных растворов”.

Доклады молодых учёных медиков были посвящены доклиническим и клиническим исследованиям лекарственных препаратов (к.м.н. Бодрягина Е.С., к.м.н. Измайлов А.Г.), использованию генной терапии в лечении нейродегенеративных заболеваний (аспиранты Измайлов А.А., Исаев Д.Ю.) и исследованию различных биоадгезивных и полимерных систем доставки лекарственных веществ (ассистент кафедры Ситенкова А.В., Гарипова В.Р.)

Молодые учёные Института Арбузова, кандидаты химических наук сделали 15-ти минутные научные сообщения. Так, научные сотрудники лаборатории элементоорганического синтеза ИОФХ Елена Чугунова и Михаил Хризанфоров представили доклады на темы: “Создание новых антимикробных соединений широкого спектра действия на бензофуорксановой платформе” и “Электро-

химическая функционализация органических субстратов биологически важными функциональными группами, в рамках протокола “Зелёной химии” соответственно. Научный сотрудник лаборатории химико-биологических исследований Антон Миндубаев прочитал доклад на тему: “Обезвреживание опасного токсиканта белого фосфора при помощи микроорганизмов”. О научных результатах, полученных в лаборатории высокоорганизованных сред, рассказали Динар Габдрахманов (“Перспективы использования новых амфифильных соединений и полимеров в биомедицине”) и Татьяна Паширова (“Создание новых высокоэффективных препаратов с использованием наноразмерных носителей и стратегии их применения в медицине и фармакологии”).

Исследования, проведённые в лаборатории фосфорсодержащих аналогов природных соединений ИОФХ, были представлены в докладах Дмитрия Татарина (“Синтетический и фармакологический потенциал 4-фосфорилкетонных и их производных”) и Андрея Богданова (“Производные изоиндиго: подходы к синтезу и биологически активные соединения на их основе”).

Для участников конференции были организованы экскурсии по научным подразделениям со-организаторов мероприятия. Так, в ИОФХ был показан, прежде всего, Международный Центр нейробиологии и фармакологии, а также продемонстрирована работа в лабораториях дифракционных методов исследования, радиоспектроскопии, физико-химического анализа.

В свою очередь, КГМУ предоставил возможность познакомиться с работой



В Центральной научно-исследовательской лаборатории КГМУ.

Регионального научно-испытательного центра “Фармэксперт” в лабораториях биологических исследований и химико-аналитических исследований. Кроме того, была показана Центральная научно-исследовательская лаборатория (ЦНИЛ), включающая отдел клеточных технологий и отдел фармацевтической технологии.

В завершении конференции был подписан Меморандум о сотрудничестве между Советами молодых учёных ИОФХ и КГМУ.

Поиском новых лекарственных препаратов в процессе создания химических соединений в ИОФХ занимались практически всегда, а сегодня, в рамках реализации проекта “Формирование на базе ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН международного Центра нейрoхимии и фармакологии” это направление исследований особенно актуально. Есть надежда, что обмен научными результатами и дискуссии молодых химиков и молодых медиков дадут импульс для новых достижений на стыке наук: химии и медицины.

Успехов вам, коллеги!

А. А. Загидуллин

VIII International Symposium “Design and Synthesis of Supramolecular Architectures”. II Youth School on Supramolecular and Coordination Chemistry

VIII Международный Симпозиум “Дизайн и синтез супрамолекулярных архитектур” (“Design and Synthesis of Supramolecular Architectures”, Supra VIII) и II Молодёжная школа по супрамолекулярной и координационной химии состоялись в Казани 25–29 апреля 2016 года.

Организаторы форума:

- Казанский федеральный университет,
- Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН,
- Российский научный фонд (РНФ),
- Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ),
- Российское химическое общество им. Д. И. Менделеева.

Председатель Организационного комитета – член-корр. РАН И. С. Антипин.

Председатель Международного комитета – академик РАН А. И. Коновалов.

Начиная с 2000 года Симпозиум традиционно проводится в Казани и хорошо известен широкому кругу специалистов в области супрамолекулярной химии как в России, так и во всём мире. В разные годы в нём участвовали учёные из ведущих мировых центров супрамолекулярной химии

Франции, Германии, Польши, Австралии, Италии, Китая, Японии, Испании, Великобритании, Нидерландов и России (Москвы, Казани, Новосибирска, Санкт-Петербурга, Екатеринбургa, Уфы, Иваново, Черноголовки, Твери).

В Международный оргкомитет VIII Симпозиума вошли такие авторитетные учёные как Prof. Alexander Konovalov – Chairman, Prof. Vladimir Arslanov (Russia), Prof. Antony Coleman (France), Prof. Vladimir Fedin (Russia), Prof. Olga Fedorova (Russia), Prof. Yulia Gorbunova (Russia), Prof. Sergei Gromov (Russia), Prof. Sylvie Ferlay (France), Prof. Wais Hosseini (France), Prof. Vitaly Kalchenko (Ukraine), Prof. Burkhard Koenig (Germany), Prof. Janush Lipkovsky (Poland), Prof. David Reinhoudt (Netherlands), Prof. Kinga Suvinska (Poland).

В цели и задачи VIII Международного симпозиума “Дизайн и синтез супрамолекулярных архитектур” входило обсуждение с российскими и зарубежными коллегами по-

За столом президиума на открытии Симпозиума. Слева направо: академик РАН А. И. Коновалов (председатель Международного комитета), член-корр. АНТ В. И. Галкин, член-корр. РАН И. С. Антипин (председатель Организационного комитета), академик РАН О. Г. Синяшин.



следних научных достижений, а также выявление “точек роста”, определение современных тенденций развития супрамолекулярной химии и перспектив совместного сотрудничества. Проведение Молодёжной школы-конференции было ориентировано на подготовку и профессиональный рост молодых учёных, аспирантов и студентов, специализирующихся в области супрамолекулярной химии, создания материалов и наноструктур.

В работе Симпозиума, проходившего на территории Гранд-отеля “Казань”, приняли участие более 170 российских и зарубежных учёных, представляющих основные научные центры, в которых развиваются исследования в области супрамолекулярной химии. С пленарными лекциями выступили ведущие зарубежные специалисты: проф. М. В. Хоссейни (M. W. Hosseini, Université de Strasbourg, Institut Le Bel, Strasbourg, France); проф. Б. Кенниг (B. Koenig, Institute of Organic Chemistry, University of Regensburg, Germany), проф. Д. Льюис (D. Lewis, University of Wisconsin-Eau Claire, USA), проф. Э. Колман (A. Coleman, University of Lyon), проф. С. Ферлей (S. Ferlay, Université de Strasbourg, Institut Le Bel, Strasbourg, France), проф. Г. Ионускаускас (G. Jonusauskas, Bordeaux University, France), К. Сувинска (K. Suwinska, Cardinal Stefan Wyszyński University, Warsaw), проф. З. Липковска (Z. Lipkowska, Institute of Organic Chemistry, Polish Academy of Sciences, Warsaw).

Профессор Дэвид Льюис (Devid Lewis) – почётный профессор КФУ, в докладе “From Structural Theory to Stereochemistry: The Critical Role of the Kazan Chemists” в очередной раз подтвердил свой особый интерес к исследованиям Казанской химической школы. К началу проведения Симпозиума и Школы была издана книга – сборник работ Д. Льюиса на русском и английском языках, в которой приведено много интересных и малоизвестных фактов по истории Казанской химической школы.

Не только профессор Льюис, но и многие другие зарубежные участники Симпозиума приехали в Казань не в первый раз. Так, профессора Burkhard Koenig, Mir Wais Hosseini, Sylvie Ferlay, Jonusauskas Gediminas принимали



С докладом “Hexa-Nuclear Clusters as Versatile Building Blocks for Smart Supramolecular Systems” выступает зав. лабораторией физико-химии супрамолекулярных систем ИОФХ им. А. Е. Арбузова, д.х.н. А. Р. Мустафина.

участие в предыдущих симпозиумах, а Antony Coleman и Kinga Suwinska участвовали в Международном семинаре по соединениям включения (X International Seminar on Inclusion Compounds, ISIC-10), который в 2005 году проводил наш Институт. Очередной Семинар – ISIC-16 состоится также в Казани в 2017 году.

Российская школа супрамолекулярной и координационной химии была представлена пленарными докладами академика РАН А. И. Коновалова (Казань), чл.-корр. РАН С. П. Громова (Москва), чл.-корр. РАН И. С. Антипина (Казань), чл.-корр. РАН В. П. Федина (Новосибирск), чл.-корр. РАН И. Л. Федюшкина (Н. Новгород), проф. С. Ю. Зайцева (Москва), проф. РАН Ю. Г. Горбуновой (Москва), проф. О. А. Федоровой (Москва), проф. Я. З. Волошина (Москва), проф. С. З. Вацадзе (Москва), проф. В. В. Горбачука (Казань), д.х.н. А. Р. Мустафиной (Казань), проф. Л. Я. Захаровой (Казань).

На Школе-конференции были сделаны молодёжные устные доклады, которые оценивались авторитетной



А. И. Коновалов представляет книгу Дэвида Льюиса.



Во время заседаний. В центре – профессор М. В. Хоссейни (Франция).



Участники научного форума в Гранд-Отеле “Казань”.

комиссией, возглавляемой профессором М. В. Хоссейни. Решением комиссии были определены победители конкурса – молодые учёные: А. Прохорова (Москва), Е. Сафонова (Москва), А. Латыпова (Казань).

В рамках проведённых мероприятий были рассмотрены фундаментальные и прикладные проблемы супрамолекулярной химии, наиболее интенсивно исследуемые в настоящее время, как в России, так и за рубежом – явление

молекулярного распознавания и химия комплексов гость-хозяин, самосборка и самоорганизация систем, биомиметические функциональные супрамолекулярные системы, неорганическая супрамолекулярная химия, молекулярные машины и устройства, инженерия кристаллов, создание супрамолекулярных и наноматериалов, супрамолекулярные и наносистемы в биологии и медицине.

С. Е. Соловьёва

Семинар “Уникальные аналитические методы исследования в физической химии и биохимии”

26 апреля 2016 года конференц-зале ИОФХ им. А. Е. Арбузова состоялся однодневный семинар “Уникальные аналитические методы исследования в физической химии и биохимии”.

Организаторы семинара: ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН и Компания “Техноинфо”.

Темы семинара:

- Визуализация клеток, тканей, зоологических объектов. Флуоресцентная и конфокальная микроскопия, многопараметрический скрининг.
- Роботизированная селекция клеточных линий продуцентов эукариот и прокариот – высокоэффективный

подход для разработки биотерапевтических белковых препаратов.

- Исследование активации клеточных рецепторов. Электрофизиологические исследования ионных каналов методом Patch Clamp.
- Спектроскопия кругового дихроизма. Изучение структуры и свойств биомолекул, кинетики связывания с лигандами.
- Время разрешённая люминесцентная спектроскопия и микроскопия. Методы FLIM, FRET, STED.
- Электронная микроскопия. Трёхмерная реконструкция, томография, single particle analysis.

– Комбинированные системы монокристалльной и порошковой дифрактометрии и системы малоуглового рассеяния.

Компания Техноинфо, известная на рынке с 1999 года, предлагает широкий спектр уникального аналитического, лабораторного, испытательного и технологического оборудования. Большинство систем производятся на заказ под конкретные задачи каждого пользователя. Компания

также обеспечивает гарантийное и послегарантийное обслуживание, обучение персонала и методическую поддержку. В числе заказчиков Техноинфо – университеты, научно-исследовательские институты Российской академии наук, а также производственные и перерабатывающие предприятия России, Украины и Казахстана.

И. А. Литвинов

Международные и российские конференции и семинары, в которых принимали участие сотрудники ИОФХ

В 2016 году сотрудники Института приняли участие в 50 международных научных форумах – 21, проходившем за рубежом, и 29, проходивших на территории России.

Кроме того, учёные ИОФХ участвовали в 18 Всероссийских конференциях и 6 итоговых и региональных научных мероприятиях.

Международные научные мероприятия, проходившие за рубежом

1. 13th European Workshop on Phosphorus Chemistry, March 7–9, 2016, Berlin, Germany.
2. Symposium U “Materials by Design for Energy Applications”, Spring Meeting of the European Materials Research Society, May 2–6, 2016, Lille, France.
3. 229th ECS Meeting, May 29–June 2, 2016, San Diego, USA.
4. 21st International Symposium on Surfactants in Solution, June 5–11, 2016, Jinan, China.
5. SPE Canada Heavy Oil Technical Conference held in Calgary, June 7–9, 2016, Alberta, Canada.
6. 6th International Colloids Conference, June 19–22, 2016, Berlin, Germany.
7. 12th International Workshop of the Crystal Growth of Organic Material & 47th Annual British Association of Crystal Growth Conference (Joint Conference), June 26–30, 2016, University of Leeds.
8. 16 International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, June 30–July 6, 2016, Albena, Bulgaria.
9. 27th European Colloquium on Heterocyclic Chemistry, July 3–6, 2016, Amsterdam, Netherlands.
10. 42 International Conference on Coordination Chemistry, July 3–8, 2016, Brest, France.
11. 20-th International Symposium on the Homogenous Catalysis, July 10–15, 2016, Kyoto, Japan.
12. Energy, Material & Nanotechnology (EMN) Meeting on Smart and Multifunctional Material, August 23–26, 2016, Berlin, Germany.

13. 30th Conference of the European Colloid and Interface Society (ECIS-2016), September 4–9, 2016, Rome, Italy.
14. International Conference on Diamond and Carbon Materials, September 4–8, 2016, Montpellier, France.
15. 23rd International Workshop on Industrial Crystallization BIWIC 2016, September 6–8, 2016, Magdeburg, Germany.
16. World Heavy Oil Congress, September 6–9, 2016, Calgary, Alberta, Canada.
17. 7th Szeged International Workshop on Advances in Nanoscience (SIWAN7), October 12–15, 2016, Szeged, Hungary.
18. XVth International Symposium on Cholinergic Mechanisms. October 16–20, 2016, Marseille, France.
19. ICREA Conference on Functional Nanocontainers. October 17–20, 2016, Tarragona, Spain.
20. 8th International Conference on Nanomaterials – Research & Application. October 19–21, 2016, Brno, Czech Republic, EU.
21. 5th World Congress on Petrochemistry and Chemical Engineering. December 5–7, 2016, Phoenix, Arizona, USA.

Международные мероприятия, проходившие в России

1. Международная научная экологическая конференция “Совмещённые посевы полевых культур в севообороте агроландшафта”. 29–30 марта 2016 г., Краснодар.
2. IX Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных “Геология в развивающемся мире”. 4–7 апреля 2016 г., Пермь.
3. XX Международный симпозиум имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных “Проблемы геологии и освоения недр”, посвящённый 120-летию со дня основания Томского политехнического университета. 4–8 апреля 2016 г., Томск

4. XV Международная конференция молодых учёных “Пищевые технологии и биотехнологии”, 13–14 апреля 2016 г., Казань.
 5. Международная молодёжная конференция “Биология – наука XXI века”, 18–22 апреля 2016 г., Пушкино.
 6. Международный симпозиум “Магнитный резонанс: от фундаментальных исследований к практическим приложениям”, 21–23 апреля 2016 г., Казань.
 7. VIIIth International Symposium “Design and Synthesis of Supramolecular Architectures”, II-nd Youth School on Supramolecular and Coordination Chemistry, April 25–29, 2016, Kazan.
 8. International School-Seminar on Computer-Aided Molecular Design (CAMD2016), May 18–20, 2016, Kazan.
 9. Международная научно-практическая конференция “Нефтегазопереработка-2016”, 24 мая 2016, Уфа.
 10. 4-rd School-Conference on Atomistic Simulation of Functional Materials (ASFM 2016 Spring), 24–25 мая 2016 г., Москва.
 11. VI Международная научно-практическая конференция “Практические аспекты нефтепромышленной химии”, 25–26 мая 2016 г., Уфа.
 12. Международный междисциплинарный конгресс “Нейронаука для медицины и психологии”, 1–11 июня 2016 г., Судак, Крым.
 13. 21-st International Conference on Phosphorus Chemistry, June 5–10, 2016, Kazan.
 14. 11-th International Symposium on Polyelectrolytes, June 27–30, 2016, Moscow.
 15. Thermal Methods for Enhanced Oil Recovery: Laboratory Testing, Simulation and Oilfields Applications (ThEOR2016), June 28–July 1, 2016, Kazan.
 16. Международная научная школа “Комбинированные топологические и ТФП-методы в прогнозировании новых материалов-2”, 4–10 июля 2016 г., Самара.
 17. Международная конференция “Химическая биология”, посвящённая 90-летию академика Д. Г. Кнорре, 24–28 июля 2016 г., Новосибирск.
 18. Международная научно-практическая конференция “Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений”, 7–8 сентября 2016 г., Казань.
 19. Международная научно-практическая конференция “Внедрение инноваций в сфере газо- и нефтехимии в современных условиях”, 7 сентября 2016 г., Казань.
 20. Международная научно-практическая конференция “Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений”. посвящённая 100-летию со дня рождения В. Д. Шашина, 7–9 сентября 2016 г., г. Казань.
 21. XIII Международная конференция “Спектроскопия координационных соединений”, 11–17 сентября 2016 г., Туапсе.
 22. VII International Conference “High-Spin Molecules and Molecular Magnets”, X Russian-Japanese Workshop “Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices”, I Scientific School for Young Scientists “Design of Magnetoactive Compounds”, September 19–23, 2016, Novosibirsk.
 23. 3-rd RIKEN-KFU Workshop: From International Joint Chemistry Laboratory to New Stage of Interdisciplinary Research, September 23, 2016, Kazan.
 24. II Международная школа-конференция студентов, аспирантов и молодых учёных “Материалы и технологии XXI века”, 23 сентября 2016 г., Казань.
 25. XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, 26–30 сентября 2016 г., Екатеринбург.
 26. Международная научно-практическая конференция молодых учёных, приуроченная к 60-летию высшего нефтегазового образования в Республике Татарстан “Энергия молодёжи для нефтегазовой индустрии”, 26–29 сентября 2016 г., Альметьевск.
 27. X International Conference “Mechanisms of Catalytic Reactions”, October 2–6, 2016, Svetlogorsk.
 28. 5 Международная конференция “Наноявления при разработке месторождений углеводородного сырья: от наноминералогии и нанохимии к нанотехнологиям. NanotechOilgas-2016”, 22–23 ноября 2016 г., Москва.
 29. 5-th School-Conference on Atomistic Simulation of Functional Materials (ASFM 2016 Fall), 29–30 ноября 2016 г., Москва.
- ### Всероссийские мероприятия
1. I Всероссийская молодёжная школа-конференция “Успехи синтеза и комплексообразования”, 25–28 апреля 2016 г., Москва.
 2. 9 Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных с международным участием “Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности”, 18–20 мая 2016 г., Бийск.
 3. VIII Национальная кристаллохимическая конференция, 30 мая–3 июня 2016 г., Суздаль.
 4. 11-й Всероссийской конференции “Химия Фтора”, 26–30 июня 2016 г., Москва.
 5. Кластер конференций по органической химии “Орг-Хим 2016”, 27 июня–1 июля, 2016 г., Репино.
 6. XXIII Всероссийская конференция “Структура и динамика молекулярных систем” и 14-я Школа молодых учёных “Спектроскопия молекулярных систем”, 4–8 июля 2016 г., Яльчик.
 7. III Всероссийская конференция “Фундаментальная гликобиология”, 7–12 сентября 2016 г., Владивосток.
 8. 7-ая Всероссийская научно-практическая конференция “Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа”, 19–23 сентября 2016 г., Томск.
 9. XXVIII Симпозиум “Современная химическая физика”, 19–30 сентября 2016 г., Туапсе.
 10. XXVIII Симпозиум по реологии. 28 сентября–02 октября 2016 г., Москва.
 11. V Съезд физиологов СНГ, 4–8 октября 2016 г., Сочи-Дагомыс.

12. VI Бакеевская Всероссийская с международным участием школа-конференция для молодых учёных “Макромолекулярные нанообъекты и полимерные наноконпозиты”, 9–14 октября 2016 г., Москва.
13. 5-ые Кудрявцевские чтения – Всероссийская конференция по глубинному генезису нефти и газа, 17–19 октября 2016 г., Москва.
14. V Российская конференция с международным участием “Актуальные проблемы нефтехимии”, посвящённая памяти академика В. Н. Ипатьева, 18–21 октября 2016 г., Звенигород.
15. Научно-практическая конференция “Научное приборостроение – современное состояние и перспективы развития”, 15–16 ноября 2016 г., Москва.
16. Научная конференция грантодержателей РФ “Фундаментальные химические исследования XXI-го века”, 20–24 ноября 2016 г., Москва.
17. Открытая конференция-конкурс научно-исследовательских работ по химии элементоорганических соединений и полимеров, 21–23 ноября 2016 г., Москва.
18. VI Всероссийская конференция с международным участием “Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды”, 24–25 ноября 2016 г., Чебоксары.

Итоговые и региональные мероприятия

1. Итоговая конференция КНИТУ 2015, 2–6 февраля 2016 г., Казань.
2. Юбилейная научная конференция, посвящённая 100-летию со дня рождения член-корреспондента РАН Аркадия Николаевича Пудовика, 14–15 марта 2016 г., Казань.
3. Научно-практическая конференция молодых учёных Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН и Казанского государственного медицинского университета “Химия и медицина”, 31 марта–5 апреля 2016 г., Казань.
4. Научно-техническая конференция, посвящённая 60-летию ТатНИПИнефть, 13–14 апреля 2016 г., Бугульма.
5. Итоговая научно-образовательная конференция студентов Химического института им. А. М. Бутлерова КФУ 2016 (Секция “Химия”), 18–20 апреля 2016 г., Казань.
6. Региональная научно-практическая конференция “Развитие региональных научных исследований в рамках взаимодействия РФФИ АН РТ”, посвящённая 25-летию образования Академии наук Республики Татарстан”, 28–30 сентября 2016 г., Казань.

И. П. Романова

Итоговая научная конференция 2016 года

Научная конференция по итогам работы Института в 2016 году состоялась 7, 9 и 10 февраля 2016 года (конференц-зал и библиотека ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН) в рамках Химической секции Итоговой научной конференции КазНЦ РАН. Всего на конференции было представлено 85 докладов (26 устных и 59 стендовых). Приведенный ниже перечень позволяет получить представление о деятельности учёных ИОФХ в 2016 году.

Устные доклады

(фамилии докладчиков подчеркнуты)

9 февраля 2017 года

Заседание 1. Председатель – академик РАН О. Г. Синяшин

1. Будникова Ю.Г. *Электрохимически индуцированные процессы $C(sp^2)$ -H замещения в синтезе фосфор- и фторорганических соединений с участием металлокомплексов как направление “зелёной химии”.*

2. Миронов В.Ф., Гараев Р.С., Бузыкин Б.И., Татарин Д.А., Набиуллин В.Н., Честнова Р.В., Ильясов А.В. *Конъюгаты димефосфона и его P–C-аналогов с изониазидом и никотиновой кислотой – новый класс малотоксичных веществ с высокой антитуберкулёзной активностью.*
3. Якубов М.Р., Абилова Г.Р., Синяшин К.О., Тазеева Э.Г., Якубова С.Г., Милордов Д.В., Борисов Д.В., Борисова Ю.Ю., Миронов Н.А., Грязнов П.И. *Содержание и распределение ванадия, никеля и их порфириновых комплексов в асфальтенах и смолах тяжёлых нефтей.*
4. Мусина Э.И., Виттманн Т.И., Мусин Л.И., Карасик А.А., Синяшин О.Г. *Макроциклические тетракис-фосфиновые лиганды и их комплексы с поздними переходными металлами.*
5. Морозова Ю.Э., Шалаева Я.В., Сякаев В.В., Миронова Д.А., Ермакова А.М., Низамеев И.Р., Кадилов М.К., Волошина А.Д., Зобов В.В., Янилкин В.В., Казакова Э.Х., Коновалов А.И. *Амфифильные каликсрезорцина-*

рены в построении сорбционных, солюбилизирующих и индикаторных супрамолекулярных систем.

6. Садикова Л.М., Садыкова Ю.М., Бурилов А.Р., Пудовик М.А. Синтез новых типов функционально замещённых фосфорсодержащих бициклических соединений.
7. Ощепкова Е.С., Загидуллин А.А., Милуков В.А., Сияншин О.Г., Хей-Хоккинс Е.-М. Синтез и диастереоселективные реакции циклоприсоединения хиральных фосфолов.

Заседание 2. Председатель – д.х.н., проф. И. А. Литвинов

1. Коновалов А.И., Рыжкина И.С. Наука о наноассоциатах.
2. Федоренко С.В., Мухаметшина А.Р., Петров К.А., Жилкин М.Е., Шестопапов М.А., Массон П., Мустафина А.Р. Создание функциональных силикатных наночастиц на основе комплексов лантанидов и возможности их использования в биоанализе.
3. Фосс Л.Е., Николаев В.Ф., Шагеев А.Ф., Романов Г.В. Новые подходы к анализу техногенных и пластовых флюидов при разработке нефтегазовых месторождений.
4. Ибатуллина М.Р., Жильцова Е.П., Лукашенко С.С., Катаева О.Н., Исламов Д.Р., Губайдуллин А.Т., Волошина А.Д., Захарова Л.Я. Самоорганизующиеся металлокомплексы на основе 1-гексадецил-4-аза-1-азониабисцикло[2.2.2]октан бромиды как новая платформа для создания функциональных наносистем.
5. Шамсутдинова Н.А., Подъячев С.Н., Мустафина А.Р. Полиэлектролит-стабилизированные коллоиды на основе комплексов Gd(III) с 1,3-дикетонатами на каликс[4]ареновой и каликс[4]резорцинареновой платформах как потенциальные контрастные агенты.
6. Борисов Д.Н., Косачев И.П., Якубова С.Г., Миронов Н.А., Милордов Д.В., Грязнов П.И., Якубов М.Р., Сияншин К.О., Айнуллово Т.С. (ПАО “Татнефть”). Изменение углеводородного, элементного и компонентного состава сверхвязкой нефти при некаталитическом облагораживании в процессе донорно-сольвентного крекинга.
7. Муравьев А.А., Галиева Ф.Б. (КФУ), Лаишевцев А.И. (КФУ), Соловьева С.Е., Антипин И.С. Синтез и супрамолекулярные свойства гетерофункциональных моно- и мультикаликсаренов с триазольными и терпиридильными фрагментами.
8. Смирнов М.А., Мухтаров А.И., Иванова Н.В., Вахонина Т.А., Балакина М.Ю. Исследование нелинейно-оптических свойств полимерных плёнок на основе метакриловых сополимеров.

10 февраля 2017 года

Заседание 3. Председатель – д.х.н., проф. А. А. Карасик

1. Петров К.А., Семенов В.Э., Зуева И.В., Лушекина С.В., Губайдулина Л.М., Сайфина Л.Ф., Ленина О.В., Резник В.С., Никольский Е.Е. Ингибиторы ацетилхолинэстеразы на основе алкилзамещённых урацилов как потенциальные средства терапии болезни Альцгеймера.
2. Выштакалюк А.Б., Парфенов А.А., Гумарова Л.Ф., Назаров Н.Г., Кондрашина Д.А., Зобов В.В., Семенов В.Э., Галяметдинова И.В., Резник В.С. Влияние производных пиримидина на регенерацию печени при токсическом поражении четырёххлористым углеродом.
3. Бурганов Т.И., Кацюба С.А., Жукова Н.А., Мамедов В.А. Бензимидазолилхиноксалины – флуорофоры, чувствительные к эффектам среды.
4. Замалетдинова А.И., Хафизова Е.А., Сияншин О.Г., Мамедов В.А. Реакция 1-(циклогекс-1-енил)-пиперидина и пирролидина с пируватами и их гетеро-замещёнными аналогами – новый метод синтеза полизамещённых тетрагидроиндолы.
5. Стрекалова С.О., Хризанфоров М.Н., Гриненко В.В., Будникова Ю.Г. Функционализация C-H связей ароматических субстратов в реакциях электрокаталитического фосфорилирования и фторалкилирования при участии комплексов переходных металлов.
6. Аникина Е.А. (КНИТУ), Смолобочкин А.В., Газизов А.С., Бурилов А.Р., Пудовик М.А. Новый подход к синтезу 1-сульфонил-2-арилпирролидинов на основе реакций фенолов с N-(4,4-диэтоксипентил)сульфонамидами.
7. Самаркина Д.А., Габдрахманов Д.Р., Лукашенко С.С., Захарова Л.Я. Катионные амфифилы с имидазолиевым фрагментом: синтез, закономерности самоорганизации и биотехнологический потенциал.
8. Волошина А.Д., Кулик Н.В., Стробыкина А.С., Крылова Е.С., Семенов В.Э., Зобов В.В. Антимикробные, токсические свойства и механизм действия новых производных 1,3-бис(алкил)-6-метилурацила, содержащие 1,2,3- и 1,2,4-триазолиевые фрагменты.

Заседание 4. Председатель – академик РАН О. Г. Сияншин

1. Николаева Ю.А., Балыева А.С., Криволапов Д.Б., Мусина Э.И., Карасик А.А., Сияншин О.Г. Металлокомплексы P,N-содержащих циклофанов различного размера и строения.
2. Азмуханова Р.Р., Гибадуллина Э.М., Бурилов А.Р. Новые азот- и фосфорсодержащие пространственно-затруднённые фенолы. Синтез и свойства.
3. Сахапов И.Ф., Гафуров З.Н., Сияншин О.Г., Яхваров Д.Г. Никельорганические сигма-комплексы: синтез, структура и реакционная способность.

Стендовая сессия:

7 февраля 2017 года

1. Стробыкина И.Ю., Гарифуллин Б.Ф., Волошина А.Д., Стробыкина А.С., Катаев В.Е. *Синтез и антимикробная активность первых конъюгатов тритерпеноида бетулина и глюкозамина.*
2. Андреева О.В., Измestьев Е.С., Шарипова Р.Р., Гарифуллин Б.Ф., Катаев В.Е. *Синтез фосфорилированных гликолипидов на основе глюкозы, глюкуроновой кислоты и глюкозамина.*
3. Шарипова Р.Р., Стробыкина И.Ю., Андреева О.В., Волошина А.Д., Стробыкина А.С., Катаев В.Е. *Синтез и антимикробная активность гликотерпеноидов ряда арабинофуранозы и изостевиола.*
4. Шарипова Р.Р., Гарифуллин Б.Ф., Катаев В.Е. *Синтез тиазоллигидразонов гликозида растения *Stevia rebaudiana* стевиолбиозида.*
5. Шарипова Р.Р., Андреева О.В., Катаев В.Е. *Глюкуронидирование гликозида растения *Stevia rebaudiana* стевиолбиозида.*
6. Григорьева Л.Р., Цепяева О.В., Немтарёв А.В., Абдуллин Т.И., Ахмадишина Р.А., Кузнецова Е.В., Миронов В.Ф. *Синтез и противоопухолевая активность фосфониевых солей на основе тритерпеноида лупанового ряда – бетулина.*
7. Минзанова С.Т., Миронов В.Ф., Милоков В.А., Мирнова Л.Г., Выштакалюк А.Б., Волошина А.Д., Архипова Д.М., Краюшкина А.В., Шушляев Р.В., Синяшин О.Г. *Доклинические исследования лекарственного средства на основе Na-,Fe-, Ca-полигалактуроната для лечения анемии.*
8. Парфенов А.А., Выштакалюк А.Б., Гумарова Л.Ф., Назаров Н.Г., Кондрашина Д.А., Зобов В.В., Семенов В.Э., Галяметдинова И.В., Резник В.С. *Сравнительная оценка терапевтической эффективности производных пиримидина 34Д, 27Д и 29Д.*
9. Гумарова Л.Ф., Выштакалюк А.Б., Парфенов А.А., Кондрашина Д.А., Минзанова С.Т., Мирнова Л.Г., Милоков В.А. *Влияние Na-,Ca-,Fe- полигалактуроната на восстановление морфологических показателей крови крыс при постгеморрагической анемии.*
10. Кондрашина Д.А., Выштакалюк А.Б., Гумарова Л.Ф., Парфенов А.А., Минзанова С.Т., Мирнова Л.Г., Милоков В.А. *Влияние Na-,Ca-,Fe- полигалактуроната на биохимические показатели крови крыс при постгеморрагической анемии.*
11. Любина А.П. (КПФУ), Стробыкина А.С., Волошина А.Д., Кузнецов Д.М., Татаринев Д.А., Миронов В.Ф. *Биологическая активность 2-гидроксиарилфосфониевых солей.*
12. Акылбеков Н.И. (КНИТУ), Чугунова Е.А., Булатова А.А. (КНИТУ), Бурилов А.Р. *Синтез новых биологически активных соединений на основе бензо[1,2-с][1,2,5]оксадиазол N-оксидов.*
13. Антонович О.А., Бредихина З.А., Захарычев Д.В., Бредихин А.А. *Эффективное прямое расщепление хиральной лекарственной субстанции бевантолола гидрохлорид.*
14. Куренков А.В., Бредихина З.А., Криволапов Д.Б., Бредихин А.А. *Синтез всех стереоизомеров антагониста β_3 -адренорецепторов SR 59230, основанный на спонтанном расщеплении его синтетического прекурсора.*
15. Файлуллин Р.Р., Захарычев Д.В., Губайдуллин А.Т., Антонович О.А., Криволапов Д.Б., Бредихина З.А., Бредихин А.А. *Сложное фазовое поведение и особенности кристаллической структуры параметоксифенилового эфира глицерина, образующего непрерывный и ограниченные твёрдые растворы.*
16. Хасиятуллина Н.Р., Вазыхова А.М., Волошина А.Д., Стробыкина А.С., Воронина Ю.К., Миронов В.Ф. *Новый метод синтеза фосфониевых солей на основе пара-хинонов и оценка их антимикробной активности.*
17. Богданов А.В., Вазыхова А.М., Хасиятуллина Н.Р., Волошина А.Д., Миронов В.Ф. *Новые производные изатина и изоиндиго, содержащие пиперазиновый фрагмент: синтез и исследование антимикробной активности.*
18. Вандюков А.Е., Богданов А.В., Ризванов И.Х., Миронов В.Ф. *Особенности синтеза и УФ-спектроскопическое исследование новых производных изатина и изоиндиго, модифицированных фрагментами азо-красителей.*
19. Богданов А.В., Кузьмичёва Т.А., Зарипова И.Ф., Волошина А.Д., Стробыкина А.С., Кулик Н.В., Криволапов Д.Б., Бухаров С.В., Миронов В.Ф. *Новые водорастворимые изатин-3-ацилгидразоны: синтез и оценка антимикробной активности.*
20. Осипова В.И., Татаринев Д.А., Богданов А.В., Миронов В.Ф. *Синтез 3-[4-(диалкил(диарил)фосфорил)-4-метил-2-оксопентил]-3-оксииндолин-2-онов – фосфорсодержащих аналогов конволютамининов.*
21. Никитина К.А., Метлушка К.Е., Садкова Д.Н., Шаймарданова Л.Н., Катаева О.Н., Альфонсов В.А. *Фосфорилирование основания Бетти.*
22. Стрельник И.Д., Даянова И.Р., Мусина Э.И., Карасик А.А. *Гексаядерные комплексы меди(I) на основе 1,5-диаза-3,7-дифосфациклооктанов, содержащих этилпиримидильные заместители при атомах фосфора. Синтез, структура, фотофизические свойства.*
23. Спиридонова Ю.С., Карасик А.А. *Кобальтовые комплексы 1,5-диаза-3,7-дифосфациклооктанов.*
24. Виттманн Т.И., Мусина Э.И., Карасик А.А. *Стереоизомеры 14-, 16- и 18-членных тетракис-фосфинов: правило и его исключения.*
25. Тригулова К.Р., Шамсиева А.В., Мусина Э.И. *Комплексы 1-оксофосфолано-пиримидинов с тетрафтороборатом никеля (II).*
26. Мусин Л.И., Мусина Э.И., Карасик А.А., Синяшин О.Г. *Особенности комплексообразования 16- и 18-членных тетракисфосфинов с солями золота(I).*

27. Гафуров З.Н., Лукони Л., Джамбастиани Д. (Институт химии металлоорганических соединений (ИССОМ-CNR), г. Флоренция, Италия), Синяшин О.Г., Яхваров Д.Г. *Новые хелатные N-гетероциклические карбеновые комплексы палладия и никеля: синтез, структура и свойства.*
28. Добрынин А.Б., Литвинов И.А., Яхваров Д.Г. *Новые σ -комплексы переходных металлов VIII группы с P- и N-содержащими лигандами.*
29. Левицкая А.И., Фазлеева Г.М., Смирнов М.А., Исламова Л.Н., Фоминых О.Д., Вахонина Т.А., Калинин А.А., Балакина М.Ю. *Производные индолизинов как источники нового донорного фрагмента в нелинейно-оптических хромофорах: предсказание свойств, синтез и перспектива применения.*
30. Шарипова С.М., Левицкая А.И., Фоминых О.Д., Калинин А.А., Балакина М.Ю. *Нелинейно-оптические хромофоры с 3,7-дивинилхиноксалиновыми π -электронными мостиками: дизайн, синтез и оптические свойства.*
31. Борисов Д.Н., Якубова С.Г., Милордов Д.В., Тазеев Д.И., Грязнов П.И., Миронов Н.А., Косачев И.П., Якубов М.Р., Синяшин К.О., Амерханов М.И. (ПАО "Татнефть"). *Разработка технологии применения растворителей для увеличения эффективности добычи сверхвязкой нефти.*
32. Косачев И.П., Каюкова Г.П. *Нефтепроявления метаморфизованных пород в зонах различных температурных эманаций Южно-Татарского свода.*
33. Михайлова А.Н., Каюкова Г.П., Вандюкова И.И., Морозов В.И., Бабаев В.М., Косачев И.П., Габдрахманов Д.Т. (КФУ), Носова О.С. (КНИТУ). *Сравнительное исследование состава продуктов гидротермальных превращений органического вещества пород домашиковых и пермских отложений.*
34. Феоктистов Д.А., Каюкова Г.П., Михайлова А.Н., Косачев И.П., Мусин Р.З., Ситнов С.А. (КФУ), Вахин А.В. (КФУ), Петрухина Н.Н. (ИНХС РАН). *Влияние природы металлов и модифицирующих добавок на изменения состава тяжёлой нефти в гидротермально-каталитической системе.*
35. Охотникова Е.С., Барская Е.Е., Ганеева Ю.М., Юсупова Т.Н. *Особенности состава и реологического поведения нефтей из карбонатных коллекторов.*
36. Сергеева Т.Ю., Мухитова Р.К., Низамеев И.Р., Кадилов М.К., Зиганшина А.Ю., Коновалов А.И. *pH-управляемые полимерные нанокapsулы на основе сульфатного производного резорцинарена.*
37. Шалаева Я.В., Морозова Ю.Э., Казакова Э.Х., Ермакова А.М., Низамеев И.Р., Кадилов М.К., Коновалов А.И. *Синтез и свойства наночастиц золота, стабилизированных амидоаминными каликсрезорцинаренами.*
38. Зарипов С.Р. (КФУ), Клешнина С.Р., Смирнов И.В. (Радиевый институт им. В.Г. Хлопина, С.-Петербург), Степанова Е.С. (Радиевый институт им. В. Г. Хлопина, С.-Петербург), Тюпина М.Ю. (Озерский технологический институт, г. Озерск), Ивенская Н.М. (Озерский технологический институт, г. Озерск), Соловьёва С.Е., Антипин И.С. *Экстракция америция и цезия из щелочных сред каликс[8]аренами с трет-бутильными и изо-нонильными заместителями верхнего обода: влияние агрегации.*
39. Овсянников А.С., Соловьёва С.Е., Антипин И.С., Коновалов А.И., Ферлэй С. (Университет Страсбурга), Киритсакас Н. (Университет Страсбурга), Хоссейни М.В. (Университет Страсбурга). *Молекулярная тектоника: координационные полимеры на основе тетрамеркаптоиакаликс[4]арена с карбокси- группами в конформации 1,3-альтернат с катионами марганца (II) и цинка (II).*
40. Исмаев Т.И. (КНИТУ), Князева И.Р., Сафиуллин Р.А. (КНИИТУ), Матвеева В.И., Бурилов А.Р., Будникова Ю.Г., Кадилов М.К., Синяшин О.Г. *Катализаторы восстановления кислорода для топливного элемента на полимерном электролите на основе никелевых комплексов тиофосфорилированных каликс[4]резорцинов.*
41. Коршин Д.Э., Мамедова В.Л., Сякаев В.В., Хикматова Г.З., Базанова О.Б., Ризванов И.Х., Латыпов Ш.К., Мамедов В.А. *Рециклизация оксидов ортонитробензальацетофенонов – удобный метод синтеза хинолинов без заместителя в положении 4.*
42. Хикматова Г.З., Мамедова В.Л., Коршин Д.Э., Кушатов Т.А., Синяшин О.Г., Мамедов В.А. *5-(α -Галогенбензил)- и 5-бензилиден-2,2-диметил-1,3-оксазолидин-4-оны в синтезе α -гидроксикислот.*
43. Хафизова Е.А., Базанова О.Б., Сякаев В.В., Ризванов И.Х., Латыпов Ш.К., Мамедов В.А. *Кислотнокатализируемая перегруппировка 3-(2-аминобензил)хиноксалин-2(1H)-онов – эффективный метод синтеза 2-(индол-2-ил)бензимидазолов.*
44. Кадырова М.С., Жукова Н.А., Бесчастнова Т.Н., Мамедов В.А. *Перегруппировка 3-(бромметил)- и 3-(α -бромэтил)хиноксалин-2(1H)-онов под действием α -пиколина – эффективный метод синтеза 2-(индолизин-2-ил)бензимидазолов.*
45. Мустакимова Л.В., Самигуллина А.И., Кадырова С.Ф., Губайдуллин А.Т., Мамедов В.А. *Синтез, молекулярная и кристаллическая структура производных 2-(дихлорметил)бензодиазепина.*
46. Фазлеева Р.Р., Янилкин В.В., Настапова Н.В., Насретдинова Г.Р., Губайдуллин А.Т., Самигуллина А.И., Евтюгин В.Г. (КФУ), Воробьев В.В. (КФУ), Осин Ю.Н. (КФУ). *Молекулярный кислород в роли медиатора при электросинтезе наночастиц серебра в ДМФА.*
47. Юрко Е.О., Грязнова Т.В., Хризанфорова В.В., Будникова Ю.Г. *Электрохимическое окислительное фосфорилирование бензокса(тия)золов в присутствии солей серебра.*
48. Семенов В.А. (КНИТУ), Низамеев И.Р., Нефедьев Е.С. (КНИТУ), Кадилов М.К. *Способ получения упорядоченных систем нанополос кобальта с использованием мицеллярного шаблона и постоянного магнитного поля.*

49. Хаматгалимов А.Р., Коваленко В.И. *Закономерности в структуре нестабильных фуллеренов, подчиняющихся правилу изолированных пентагонов.*
50. Ризбаева Т.С., Смолобочкин А.В., Газизов А.С., Бурилов А.Р., Пудовик М.А. *Синтез новых 2-пиразолилпирролидинов в результате реакций 1-(4,4-диэтоксипентил) мочевины с 1-арил-3-метил-5-пиразолонами.*
51. Князева И.Р., Абдрафикова Д.К. (КНИТУ), Мухамедьянова К.М. (КНИТУ), Сякаев В.В., Губайдуллин А.Т., Габидуллин Б.М., Хабихер В.Д., Бурилов А.Р., Пудовик М.А. *Новые высокофункционализированные калликс[4]резорцины, содержащие триазольные фрагменты.*
52. Вагапова Л.И., Бурилов А.Р., Воронина Ю.К., Махрус Е.А. (КНИТУ), Пудовик М.А. *Фосфорилированные γ -аминоацетали в синтезе новых фосфорсодержащих арилзамещённых пирролидинов.*
53. Кондрашова С.А. (КФУ), Галяметдинова И.В., Латыпов Ш.К., Семенов В.Э., Резник В.С. *Необычный эффект изотопного обмена алифатических протонов в ксимедоне.*
54. Полянцев Ф.М., Латыпов Ш.К. *Квантово-химические расчёты химических сдвигов ЯМР ^{31}P в комплексах никеля. Возможности и ограничения.*
55. Паширова Т.Н., Петров К.А., Зуева И.В., Бабаев В.М., Лукашенко С.С., Ризванов И.Х., Массон П., Захарова Л.Я., Синяшин О.Г. *Липидные наночастицы как системы доставки пралидоксим хлорида, реактиватора ацетилхолинэстеразы, через гематоэнцефалический барьер.*
56. Кашапов Р.Р., Бекмухаметова А.М., Захарова Л.Я., Попова Е.В., Соловьева С.Е., Антипин И.С., Сякаев В.В., Коновалов А.И. *Супрамолекулярные взаимодействия и структурные превращения в системе 4-сульфонатофенилазокаликс[4]арен–ЦТАБ.*
57. Шарипова А.В., Фоминых О.Д., Балакина М.Ю. *Атомистическое моделирование хромофор-содержащих сополимеров разветвленного строения с квадратичными нелинейно-оптическими свойствами.*
58. Самигуллина А.И., Губайдуллин А.Т., Крутов И.А., Гаврилова Е.Л. *Твёрдофазные переходы между кристаллическими формами тиосемикарбазида дифенилфосфорилуксусной кислоты.*
59. Губайдуллин А.Т., Бадеева Е.К., Батыева Э.С. *Механохимический синтез мультикомпонентных кристаллических систем.*

Заседания Химической секции Итоговой научной конференции КазНЦ РАН завершились процедурой закрытия конференции.

Директор ИОФХ им. А. Е. Арбузова О. Г. Синяшин выразил удовлетворение представленными научными результатами – как по форме, так и по содержанию, и сообщил, что на конференции было сделано 26 устных докладов и 59 стендовых (для сравнения – в прошлом году числа были соответственно: 28 и 48). Из 26 устных сообщений 9 докладов было сделано по результатам, полученным в ходе выполнения работ по грантам Российского научного фонда. При этом 10 докладов было сделано аспирантами, из них один доклад представил аспирант Казанского национального технологического университета.

Из 59 стендовых презентаций 19 было сделано аспирантами и студентами. Из них 7 было представлено аспирантами ИОФХ им. А. Е. Арбузова и 5 – аспирантами Казанского национального технологического университета и Казанского федерального университета. 7 – представили студенты Казанского федерального университета и Казанского государственного медицинского университета.

В заключение своего выступления Олег Герольдович отметил интеграционную составляющую большинства представленных на конференции работ, которые продемонстрировали результаты совместных исследований химиков, биологов, физиков и даже медиков; возросло количество и качество работ, в которых проводился первичный биологический скрининг синтезированных соединений.

Завершающим моментом Итоговой конференции стала небольшая церемония награждения. Совет молодых учёных выступил в качестве экспертов по оценке стендовых докладов Итоговой научной конференции. Комиссия оценивала доклады только молодых учёных – по актуальности и новизне, практической значимости исследования, оформлению стенда и умению отвечать на вопросы.

Дипломами за лучший стендовый доклад были отмечены молодые сотрудники Института: к.х.н. Куренков Алексей Валерьевич (диплом I степени), студент Гафуров Зуфар Нафигуллович (диплом II степени), к.х.н. Файзуллин Роберт Рустемович, к.х.н. Шарипова Радмила Рафисовна и студентка Кондрашова Светлана Андреевна (диплом III степени).

И. П. Романова

ФИЗТЕХПРЕСС
2017

ISBN 978-5-94469-038-8