

**Московский государственный университет  
им. М.В.Ломоносова**

**ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**ЛОМОНОСОВСКИЕ  
ЧТЕНИЯ**

**СЕКЦИЯ «ХИМИЯ»**

17 - 26 апреля 2017 г.

**ПРОГРАММА  
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Москва 2017 год

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

<b>Лунин В.В.</b>	Председатель, академик РАН, декан химического факультета МГУ
<b>Калмыков С.Н.</b>	зам. председателя, профессор, чл.-корр. РАН заместитель декана по научной работе
<b>Якубович Е.В.</b>	Начальник научного отдела
<b>Проценко Н.П.</b>	секретарь
<b>Калачева А.Г.</b>	секретарь

## ЖЮРИ

<b>Калмыков С.Н.</b>	чл.-корр. РАН, профессор
<b>Тишков В.И.</b>	профессор
<b>Анисимов А.В.</b>	профессор
<b>Вацадзе С.З.</b>	профессор
<b>Вербецкий В.Н.</b>	профессор
<b>Юровская М.А.</b>	профессор
<b>Пазюк Е.А.</b>	доцент
<b>Шпигун О.А.</b>	чл.-корр. РАН, профессор
<b>Шевельков А.В.</b>	профессор
<b>Коробов М.В.</b>	профессор
<b>Столяров А.В.</b>	профессор

## СЕКЦИЯ ХИМИИ

**Пленарное заседание**  
**21 апреля 2017 г., пятница, 10.00**  
**Химический факультет, ауд. 446**

1. Высокопроизводительная система поиска и определения механизма действия антибиотиков

Доклад профессора Сергиева П.В., ст.науч. сотр. Остермана И.А., зав.кафедрой ХПС академика РАН Донцовой О.А..

2. Новые электроноакцепторные материалы на основе пирамидализованных полиенов для органической электроники

Доклад вед. науч. сотр. Горюнкова А. А.

3. Молекулярное моделирование биохимических систем: от интерпретации к прогнозированию

Доклад вед.науч.сотр. Хреновой М.Г.

4. Механизмы резонансного отклика фотоактивных биомолекулярных систем.

Доклад доцента Боченковой А.В., доцента Безрукова Д.С., ст.науч.сотр. Щербинина А.В.

5. Металлофильны ли взаимодействия между атомами металлов 11-ой группы в их комплексах?

Доклад вед.науч.сотр. Демьянова П.И.

6. Определение продуктов трансформации отравляющих веществ в биологических объектах и объектах окружающей среды методом жидкостной хромато-масс-спектрометрии

Доклад ст.науч.сотр. Родина И.А.

7. Хиральные *орто*-замещенные 1-фенилэтанаминны в асимметрических синтезах

Доклад доцента Шишкиной И.Н., доцента Демьянович В.М.

# НОВЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОДУКТОВ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ ВЭЖХ-МС/МС

Родин И.А.

*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносов, кафедра аналитической химии*  
[igorrodin@yandex.ru](mailto:igorrodin@yandex.ru)

Конвенция о запрете разработки, производства, хранения и использования химического оружия (КЗХО) вступила в силу 29 апреля 1997. В записке технического секретариата Организации по Запрещению Химического Оружия (ЕС- 42/S/4) указывается, что в КЗХО предусматривается отбор и анализ биомедицинских проб, источником которых являются люди и животные (пробы крови, мочи, кала, тканей и т.д.), при проведении расследований предполагаемого применения химического оружия<sup>1</sup>. Такой анализ имеет целью установить, действительно ли люди или животные, которые, как предполагается, подверглись воздействию боевых отравляющих веществ в ходе нападений с применением химического оружия (ХО), подверглись воздействию отравляющих веществ (ОВ) и, если подверглись, то какими были эти ОВ. В тех случаях, когда доступ к месту предполагаемого применения ХО задерживается или невозможен, анализ биомедицинских проб, взятых у подвергшихся воздействию ОВ людей или животных, может оказаться единственным источником информации.

В данной работе продемонстрированы новые возможности метода жидкостной хромато-масс-спектрометрии при высоких давлениях (ультраВЭЖХ-МС(-МС)), сочетающего в себе возможность проведения высокоселективного экспрессного разделения полярных, нелетучих продуктов трансформации нервно-паралитических и кожно-нарывных отравляющих веществ и высокую чувствительность обнаружения.

Выбраны условия разделения продуктов разложения зарина, зомана, VX, RVX, люизита и иприта в варианте обращенно-фазовой (ультра)ВЭЖХ-МС(-МС), позволяющие проводить экспрессное обнаружение данных веществ, с использованием которых достигнуты рекордно низкие пределы обнаружения продуктов трансформации зомана, RVX, зарина и VX, составляющие 0.1, 0.4, 0.5, 0.8 и 0.9 нг/мл для пинаколил метилфосфоновой кислоты, изобутил метилфосфоновой кислоты, изопропил метилфосфоновой кислоты, этил метилфосфоновой кислоты и метилфосфоновой кислоты, соответственно.

По результатам определения содержания продуктов трансформации ОВ в биологических жидкостях лабораторных крыс после интоксикации нервно-паралитическими ОВ установлен вид распределения концентраций соответствующих продуктов трансформации во времени. Показана высокая ретроспективность разработанных подходов.

В работе впервые представлен экспрессный подход без использования трудоемкой процедуры дериватизации, позволяющий проводить обнаружение и определение продукта трансформации иприта – тиодигликолиевой кислоты – методом ВЭЖХ-МС-МС в водных объектах с пределом обнаружения 0.05 мкг/мл.

Литература

[1] Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on their Destruction, Technical Secretariat of the Organisation for Prohibition of Chemical Weapons, The Hague, 1997, accessible through internet <http://www.opcw.nl>.

## МЕТАЛЛОФИЛЬНЫ ЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ АТОМАМИ МЕТАЛЛОВ 11-ОЙ ГРУППЫ В ИХ КОМПЛЕКСАХ?

Демьянов П. И.

*Химический факультет Московского государственного университета  
им. М. В. Ломоносова, кафедра органической химии*

Представление о металлофильности, то есть притягательных взаимодействиях между атомами переходных металлов (ПМ) в их молекулах, комплексах или кристаллах, является широко распространенным в химии. Наиболее известными являются представления об ауру-, аргенито- и купрофильности. Однако какие-либо данные об энергиях взаимодействия именно между атомами переходных металлов в их дву- или полиядерных комплексах никогда не были получены, и потому о наличии металлофильности судили только по косвенным признакам.

В настоящей работе впервые были теоретически рассчитаны энергии парных  $M \cdots M$  взаимодействий и оценены энергии связывания (сцепления) соседних атомов  $M$  в модельных димерах гидридов и галогенидов металлов 11-ой группы,  $(MX)_2$  ( $M = Cu^I, Ag^I, Au^I$ ;  $X = H, F, Cl$ ) и для сравнения для молекул  $M_2$ . Геометрии всех частиц оптимизировались с использованием CCSD(T) уровня теории. Релятивистские гамильтониан Дугласа-Кролла-Гесса 4-го порядка (DKH4) и полноэлектронные базисы использовались для учета релятивистских эффектов (DKH4-CCSD(T) расчеты). IQA (Interacting Quantum Atom) анализ, основанный на DKH4-CCSD//DKH4-CCSD(T) электронных плотностях, применялся для оценки энергий  $M \cdots M$  взаимодействий.

Впервые найдено, что решающее влияние на характер  $M \cdots M$  взаимодействия оказывают заряды на атомах  $M$ , и существуют критические положительные заряды на них, после превышения которых  $M \cdots M$  взаимодействие становится дестабилизирующим, то есть металлофильное взаимодействие исчезает. Проведен тщательный анализ влияния зарядов на атомах  $M$  на характер  $M \cdots M$  взаимодействий в  $(MX)_2$ . Выявленные закономерности справедливы, очевидно, и для  $(XMY)_n$  ( $n \geq 2$ ,  $X$  и  $Y$  – монодентатные лиганды) комплексов металлов 11-ой группы и других ПМ. Проведенное исследование приводит к новому и более глубокому представлению о природе взаимодействий  $PM \cdots PM$  и границах проявления металлофильности.

1. P. I. Dem'yanov, P. M. Polestshuk and V. V. Kostin, The Nature of Metal–Metal Interactions in Dimeric Hydrides and Halides of Group 11 Elements in the Light of High Level Relativistic Calculations, *Chem. Eur. J.* **2017**, *23*, 3257–3261. DOI: 10.1002/chem.201605519.

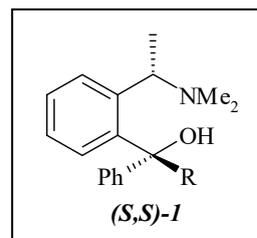
# ХИРАЛЬНЫЕ *ОРТО*-ЗАМЕЩЕННЫЕ 1- АРИЛЭТАНАМИНЫ В АСИММЕТРИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ.

И.Н.Шишкина, В.М.Демьянович

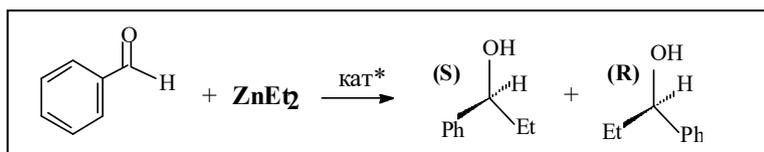
*Химический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, кафедра органической химии*

Синтез хиральных энантимерно чистых соединений (ХС) остается одной из актуальных проблем современной органической химии в связи с тем, что постоянно возрастают потребности в них, особенно теперь, когда в фармакологии четко наметился так называемый “chiral switch”, т.е. переход от использования рацемических к энантимерно чистым лекарственным препаратам.

В настоящее время на первое место в получении ХС вышел асимметрический синтез, эффективность которого определяется доступностью исходного оптически активного вещества и возможностью получения его в виде обоих энантимеров. Одним из таких соединений является 1-фенилэтанамин. Нами разработан метод функционализации его диметильного производного через стадию *орто*-литоирования с последующей конденсацией с различными электрофилами и получены *орто*-замещенные амины, среди которых наиболее полезными оказались  $\delta$ -аминоспирты (**1**).



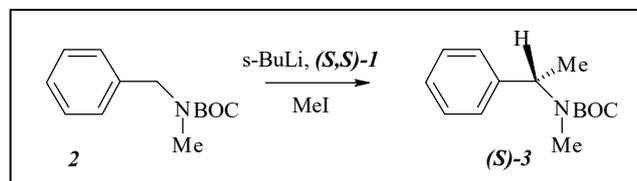
**(S,S)-1** показали высокую асимметризирующую активность как лиганды в каталитическом энантиоселективном присоединении  $ZnEt_2$  к бензальдегидам - был



получен нерацемический 1-фенилпропанол с *ee* до 92%.

**(S,S)-1** также проявили хорошую активность в

качестве хиральных вспомогательных реагентов в асимметрическом депротонировании-алкилировании N-вос-бензиламинов. Так при метилировании **2** были получены **(S)-3** с *ee* 53-67%, сопоставимой со спартеином (*ee* 69%).



При использовании **(R,R)-1**, был получен **(R)-3**. Таким образом, аминоспирты, синтезированные из **(S)-** или **(R)-1**-фенилэтанаминов позволяют получать оба энантиомера целевого соединения.

## МЕХАНИЗМЫ РЕЗОНАНСНОГО ОТКЛИКА ФОТОАКТИВНЫХ БИОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМ

Боченкова А.В., Безруков Д.С., Щербинин А.В.

*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, кафедра физической химии*

Хромофорные группы фотоактивных белков обуславливают чувствительность биологических систем к свету. Особый интерес представляют хромофоры класса арилиденовых производных, структурный мотив которых определяется наличием окисленной боковой цепи аминокислотного остатка тирозина. Флуоресцентные белки на основе этого класса хромофоров широко используются в настоящее время в качестве кодируемых флуоресцентных меток для визуализации различных внутриклеточных процессов. Однако облучение светом также приводит к их фотохимическим превращениям и фотодеструкции, детали механизмы которых еще неизвестны.

С помощью неэмпирических методов квантовой химии высокого уровня точности в работе исследованы механизмы резонансного фотоотклика анионного хромофора зеленого флуоресцентного белка при фотовозбуждении в широком диапазоне энергий. Показано, что сверхбыстрая безызлучательная релаксация из первого возбужденного состояния проходит по двум конкурирующим неадиабатическим каналам, которые включают в себя внутреннюю конверсию через конические пересечения и колебательную автоэмиссию электронов. Впервые установлен механизм избирательного фотоотклика хромофора в условиях селективного возбуждения колебательных мод, участвующих во взаимном избирательном переносе энергии между электронной и ядерной подсистемами.

Впервые разработан общий теоретический подход к моделированию резонансных фотоэлектронных спектров анионов биологических хромофоров. Установлена ключевая роль одного из высоковозбужденных электронных состояний (возбужденного резонанса формы) хромофора зеленого флуоресцентного белка в фотоэлектронной эмиссии при облучении в УФ диапазоне. Показано, что дифтор- и диметоксизамещенные аналоги, обладающие флуоресцентными свойствами при связывании с определенными последовательностями РНК, являются более устойчивыми к фотоокислению.

Работа поддержана совместным грантом РФФИ и Королевского лондонского общества №16-53-10090 КО\_a.

## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

1. A.V. Bochenkova, C.R.S. Mooney, M.A. Parkes, J.L. Woodhouse, L. Zhang, R. Lewin, J.M. Ward, H.C. Hailes, L.H. Andersen, H.H. Fielding. Mechanism of resonant electron emission from the deprotonated GFP chromophore and its biomimetics. *Chem. Science*, **2017**, DOI: 10.1039/C6SC05529J.
2. H.V. Kiefer, H.B. Pedersen, A.V. Bochenkova, L.H. Andersen. Decoupling electronic versus nuclear photoresponse of isolated GFP chromophores using short laser pulses. *Phys. Rev. Lett.*, **2016**, 117, 243004.
3. L.H. Andersen, A.V. Bochenkova, J. Houmoller, H.V. Kiefer, E. Lattouf, and M.H. Stockett. The PYP chromophore acts as a 'photoacid' in an isolated hydrogen bonded complex. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2016**, 18, 9909–9913.
4. H.V. Kiefer, E. Lattouf, N.W. Persen, A.V. Bochenkova, L.H. Andersen. How far can a single hydrogen bond tune the spectral properties of the GFP chromophore? *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2015**, 17, 20056–20060.
5. R.B. Vegh, D.A. Bloch, A.S. Bommarius, M. Verkhovsky, S. Pletnev, H. Iwan, A.V. Bochenkova, K.M. Solntsev. Hidden photoinduced reactivity of the blue fluorescent protein mKalamal. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2015**, 17, 12472–12485.
6. A.V. Bochenkova, B. Klaerke, D.B. Rahbek, J. Rajput, Y. Toker, L.H. Andersen. UV Excited-State Photoresponse of Biochromophore Negative Ions. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2014**, 53, 9797–9801.
7. A.V. Bochenkova, L.H. Andersen. Ultrafast dual photoresponse of isolated biological chromophores: link to the photoinduced mode-specific non-adiabatic dynamics in proteins. *Faraday Discuss.*, **2013**, 163, 297–319.
8. Y. Toker, D.B. Rahbek, B. Klaerke, A.V. Bochenkova, L.H. Andersen. Direct and indirect electron emission from the Green Fluorescent Protein chromophore. *Phys. Rev. Lett.*, **2012**, 109, 128101.

# НОВЫЕ ЭЛЕКТРОНОАКЦЕПТОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПИРАМИДАЛИЗОВАННЫХ ПОЛИЕНОВ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

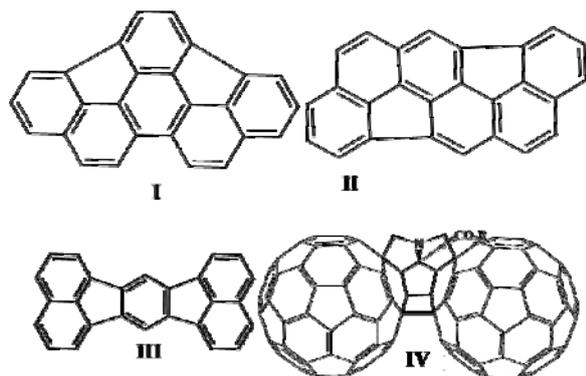
Горюнков А. А

*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, кафедра физической химии  
E-mail: aag@thermo.chem.msu.ru*

Пирамидализованные или геодезические полиарены – редкий класс непланарных полиароматических углеводородов, углеродный каркас которых состоит из сочлененных шести- и пятичленных циклов. Среди представителей данного класса соединений наибольшую известность получил фуллерен. В последние десятилетия активно изучаются чашеобразные «родственники» фуллерена: коранулен, диинденохризен, суманен, гемифуллерен и прочие. Особенности строения каркаса придают этим соединениям необычные химические и электронные свойства, несвойственные другим полициклическим углеводородам. Возможность управления электронным строением пирамидализованного полиена открывает путь к получению новых органических и гибридных материалов с повышенными электроноакцепторными свойствами и электронной подвижностью, подобные соединения могут служить затравкой для направленного синтеза одностенных углеродных нанотрубок с предопределенной хиральностью.

Работа сфокусирована на разработке методов синтеза, определении особенностей молекулярного и электронного строения, а также тестировании в полимерных солнечных фотоэлементах (СФЭ) представителей двух классов пирамидализованных полиенов: чашеобразных пирамидализованных полиенов (I–III) и замкнутых фуллероидных структур (IV, Рис. 1). Впервые реализованы схемы синтеза галогенпроизводных чашеобразных полиенов путем циклизации через дегидрофторирование соответствующих галогенпроизводных фтораренов на безводном  $Al_2O_3$ . Установлено, что бромпроизводные пирамидализованных полиенов легко вступают в реакцию Сузуки, что позволяет региоселективно вводить требуемые группы в периферическую область чашеобразного полиена и настраивать его физико-химические свойства. Впервые методом РСА удалось определить молекулярное строение бисфероидных производных IV. Две фуллереновые сферы связаны компактной и жесткой мостиковой группой, несущей алкильный заместитель. Ключевым отличием этого фуллеренового бисфероида является простота вариации алкильной группы без заметного влияния на фуллереновые сферы, обеспечивающие электроноакцепторные свойства молекулы и транспорт электронов. Методом циклической вольтамперометрии показано, что полиены I–IV являются электроноакцепторными соединениями с энергией уровня НВМО от  $-2.8$  до  $-3.8$  эВ,

что позволяет использовать эти соединения в качестве акцепторных материалов в органической электронике.



**Рис. 1.** Строение исследованных в работе пирамидализованных полиенов.

- [1] O. Papaianina, V.A. Akhmetov, A.A. Goryunkov, F. Hampel, F. Heinemann, K.Y. Amsharov, *Synthesis of Rationally Halogenated Buckybowls via Chemoselective Aromatic C-F Bond Activation*, **Angew. Chem., Int. Ed.** (2017). doi:10.1002/anie.201700814.
- [2] S.N. Spisak, J. Li, A.Y. Rogachev, Z. Wei, O. Papaianina, K. Amsharov, A.V. Rybalchenko, A.A. Goryunkov, M.A. Petrukhina, *From Corannulene to Indacenopicene: Effect of Carbon Framework Topology on Aromaticity and Reduction Limits*, **Organometallics**. 35 (2016) 3105–3111. doi:10.1021/acs.organomet.6b00395.
- [3] V.A. Brotsman, V.A. Ioutsi, A.V. Rybalchenko, V.Y. Markov, N.M. Belov, N.S. Lukonina, S.I. Troyanov, I.N. Ioffe, V.A. Trukhanov, G.K. Galimova, A.A. Mannanov, D.N. Zubov, E. Kemnitz, L.N. Sidorov, T.V. Magdesieva, D.Y. Paraschuk, A.A. Goryunkov, *Tightly bound double-caged [60]fullerene derivatives with enhanced solubility: structural features and application in solar cells*, **Chem. - Asian J.** (2017). doi:10.1002/asia.201700194.
- [4] V.A. Brotsman, V.A. Ioutsi, A.V. Rybalchenko, V.P. Bogdanov, S.A. Sokolov, N.M. Belov, N.S. Lukonina, V.Y. Markov, I.N. Ioffe, S.I. Troyanov, T.V. Magdesieva, V.A. Trukhanov, D.Y. Paraschuk, A.A. Goryunkov, *Alkylated [6,6]-open difluoromethanofullerenes C<sub>60</sub>(CF<sub>2</sub>)R<sub>2</sub>: Facile synthesis, electrochemical behavior and photovoltaic applications*, **Electrochim. Acta.** (2016) 130–142. doi:10.1016/j.electacta.2016.09.106.
- [5] A.V. Rybalchenko, M.G. Apenova, O.O. Semivrazhskaya, N.M. Belov, V.Y. Markov, S.I. Troyanov, I.N. Ioffe, N.S. Lukonina, L.N. Sidorov, T.V. Magdesieva, A.A. Goryunkov, *Electron affinities of [5,6]-open and [5,6]-closed adducts of trifluoromethylfullerene Cs-C<sub>70</sub>(CF<sub>3</sub>)<sub>8</sub>: even one bond matters!*, **Electrochim. Acta.** 191 (2016) 980–986. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2016.01.125.

## МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ: ОТ ИНТЕРПРЕТАЦИИ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ

Хренова М.Г.

*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносов, кафедра физической химии*

С развитием суперкомпьютерных технологий появляются возможности моделировать процессы в ферментах и фоторецепторных белках, используя методы квантовой теории и в то же время включая в рассмотрение большое число молекулярных групп. Это позволяет надёжно интерпретировать экспериментальные данные, также становится возможным решение важной задачи прогнозирования свойств новых биохимических систем и способов их модификации. В работе применяются современные методы суперкомпьютерного молекулярного моделирования, включая методы квантовой химии, комбинированный метод квантовой механики / молекулярной механики (КМ/ММ) и метод молекулярной динамики. Предложенный подход предполагает построение полноатомной модели на основании имеющихся данных рентгеноструктурного анализа, проведение молекулярного моделирования для интерпретации всех известных для рассматриваемой системы экспериментальных данных. Если выбранная модель адекватно описывает экспериментальные данные с требуемой точностью, на следующем этапе предлагаются молекулярные модификации, которые уже впоследствии проверяются экспериментально.

В докладе будут рассмотрены примеры применения выбранных подходов: разработка ингибиторов матричной металлопротеиназы MMP-2, являющихся прототипами терапевтических средств борьбы с онкологическими заболеваниями [1,2] и модификация сенсора на каспазу-3, состоящего из флуоресцентного белка TagRFP и хромопротеина KFP, для улучшения его характеристик [3].

[1] Khrenova M.G., Savitsky A.P., Topol I.A., Nemukhin A.V. Exploration of the zinc finger motif in controlling activity of matrix metalloproteinases // J. Phys. Chem. B – 2014. – V. 118. – P. 13505–13512.

[2] Khrenova M.G., Nemukhin A.V., Savitsky A.P. Computational characterization of ketone-ketal transformations at the active site of matrix metalloproteinases // J. Phys. Chem. B – 2014. – V. 118. – P. 4345–4350.

[3] Khrenova M., Topol I., Collins J., Nemukhin A. Estimating orientation factors in the FRET theory of fluorescent proteins: The TagRFP-KFP pair and beyond // Biophys. J. – 2015. – V. 108. – P. 126–132.

## ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОИСКА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЗМА ДЕЙСТВИЯ АНТИБИОТИКОВ

Сергиев П.В., Остерман И.А., Донцова О.А.

*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносов, кафедра химии природных соединений*

Поиск новых антибиотиков острая необходимость, стоящая перед биоорганической химией [1]. Определение механизма действия новых антибиотиков достаточно сложная задача. Для того, чтобы можно было уже на этапе скрининга определять механизм действия антибиотиков была создана [2], а затем усовершенствована [3], репортерная генно-инженерная конструкция на основе флюоресцентных белков [4-8]. Одна из важнейших мишеней антибиотиков в бактериальной клетке это рибосома, молекулярная машина, занимающаяся синтезом белков. С помощью разработанной репортерной конструкции стало возможным в одном недорогом тесте выявлять антибиотики, подавляющие биосинтез белка, а также вызывающие повреждения ДНК [3]. Система была применена для скрининга нескольких тысяч природных соединений, а также десятков тысяч искусственно созданных органических веществ. Среди обнаруженных антибактериальных соединений, действующих на рибосому, был амикумацин, антибиотик, механизм действия которого не был известен ранее. Изучение особенностей ингибирования амикумацином трансляции у бактерий позволило определить новый механизм действия [9]. Исследование структуры комплекса амикумацина с рибосомой эукариот [10] открывает дорогу усовершенствованию этого антибиотика. Скрининг библиотеки органических соединений позволил выявить несколько новых семейств антибактериальных соединений, действующих на биосинтез белка [3, 11].

[1] Osterman I., Bogdanov A., Dontsova O., Sergiev P. Techniques for screening translation inhibitors. // *Antibiotics*. — 2016. — Vol. 5 — P. 22.

[2] Osterman I.A., Prokhorova I.V., Sysoev V.O., Boykova Y.V., Efremenkova O.V., Svetlov M.S., Kolb V.A., Bogdanov A.A., Sergiev P.V., Dontsova O.A. Attenuation based dual fluorescent protein reporter for screening translation inhibitors. // *Antimicrob Agents Chemother*. 2012 – v. 56 – pp.1774-1783.

[3] Osterman I. A., Komarova E. S., Shiryayev D. I., Korniltsev I.A., Khven I.M., Lukyanov D.A., Tashlitsky V.N., Serebryakova M.V., Efremenkova O.V., Ivanenkov Y.A., Bogdanov A.A., Sergiev P.V. and Dontsova O.A. Sorting out antibiotics' mechanisms of action: a double fluorescent protein reporter for high throughput screening of ribosome and DNA biosynthesis inhibitors. // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*.- 2016 - V.60 - P.7481-7489.

[4] Prokhorova I.V., Osterman I.A., Burakovsky D.E., Serebryakova M.V., Galyamina M.A., Pobeguts O.V., Altukhov I., Kovalchuk S., Alexeev D.G., Govorun V.M., Bogdanov A.A.,

Sergiev P.V., Dontsova O.A.// Modified nucleotides m(2)G966/m(5)C967 of Escherichia coli 16S rRNA are required for attenuation of tryptophan operon. - Sci Rep. – 2013 – v.3 – p. 3236.

[5] Osterman I.A., Evfratov S., Sergiev P.V., Dontsova O.A.// Comparison of mRNA features affecting translation initiation and reinitiation. – Nucleic Acids Res. – 2013 – v. 41 – pp. 474-486.

[6] Osterman I.A., Evfratov S.A., Dzama M.M., Pletnev P.I., Kovalchuk S.I., Butenko I.O., Pobeguts O.V., Golovina A.Y., Govorun V.M., Bogdanov A.A., Sergiev P.V., Dontsova O.A. //A bacterial homolog YciH of eukaryotic translation initiation factor eIF1 regulates stress-related gene expression and is unlikely to be involved in translation initiation fidelity. RNA Biol. - 2015 – v. 12. – p. 966-971.

[7] П.В. Сергиев, И.А. Остерман, А.Я. Головина, Е.С. Андреевна, И.Г. Лаптев, Ф.И. Плетнев, С.А. Евфратов, Е.И. Марусич, М.С. Веселов, С.В. Леонов, Я.А. Иваненков, А.А. Богданов, О.А. Донцова // Высокопроизводительная платформа для скрининга новых ингибиторов биосинтеза белка. - Вестник Московского университета. Серия 2. Химия – 2015 – т. 56 - № 6 - с. 79-82.

[8] Evfratov S.A., Osterman I.A., Komarova E.S., Pogorelskaya A.M., Rubtsova M.P., Zatsopin

T.S., Semashko T.A., Kostyukova E.S., Mironov A.A., Burnaev E., Krymova E., Gelfand M.S.,

Govorun V.M., Bogdanov A.A., Sergiev P.V., Dontsova O.A. Application of sorting and next generation sequencing to study 5'-UTR influence on translation efficiency in Escherichia coli. // Nucleic Acids Res. 2016 Nov 29. pii: gkw1141

[9] Polikanov Y.S., Osterman I.A., Szal T., Tashlitsky V.N., Serebryakova M.V., Kusochek P.,

Bulkley D., Malanicheva I.A., Efimenko T.A., Efremenkova O.V., Konevega A.L., Shaw K.J.,

Bogdanov A.A., Rodnina M.V., Dontsova O.A., Mankin A.S., Steitz T.A., Sergiev P.V.// Amicoumacin A Inhibits Translation by Stabilizing mRNA Interaction with the Ribosome. Mol. Cell. - 2014 – v. 56. – p. 531–540.

[10] Prokhorova I. V., Akulich K. A., Makeeva D. S. Osterman I.A., Skvortsov D.A., Sergiev P.V., Dontsova O.A., Yusupova G., Yusupov M.M., Dmitriev S.E. Amicoumacin a induces cancer cell death by targeting the eukaryotic ribosome // Scientific reports-2016-Vol. 6. — P. 27720.

[11] Komarova Andreyanova E.S., Osterman I.A., Pletnev P.I., Ivanenkov Y.A., Majouga A.G.,

Bogdanov A.A., Sergiev P.V. 2-Guanidino-quinazolines as a novel class of translation inhibitors. //Biochimie-2017 – v. 133-p. 45-55.