

ПОЧЕМУ РАЗВИТАЯ СТРАНА НЕ МОЖЕТ СУЩЕСТВОВАТЬ БЕЗ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

© И.П.Белецкая,^{1@} В.П.Анаников^{2@}

¹Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова
119899, Москва, Воробьевы горы; e-mail: beletska@org.chem.msu.ru

²Институт органической химии им. Н.Д.Зелинского РАН
119991, Москва, Ленинский пр., 47; e-mail: val@ioc.ac.ru

Поступила 22 января 2015 г.

В этом эссе рассматриваются непростые вопросы, стоящие перед отечественной наукой в наши дни, и перспективы развития органической химии в ближайшие годы.

Написать эту статью нас побудили два обстоятельства, которые, как мы надеемся, будут поняты и поддержаны нашими коллегами. Первое – любовь к своей профессии, которой мы посвятили жизнь и которой мы гордимся, считая ее творческой, бесконечно интересной и необходимой людям. Второе – бедственное состояние органической химии в стране, которая дала миру блестящую плеяду химиков-органиков – А.М.Бутлерова, В.В.Марковникова, Н.Н.Зинина, А.Е.Фаворского, А.М.Зайцева, А.Е.Чичибабина, Н.Д.Зелинского, И.Н.Назарова, А.Н.Несмеянова и многих других. Без этих имен невозможно представить историю органической химии.

На наш взгляд, органическая химия, а особенно органический синтез, лежат в самом сердце химии. Достаточно оглянуться вокруг, чтобы убедиться, что без результатов этого синтеза не могла бы существовать современная цивилизация. Качество жизни человека напрямую зависит от развития в стране органической химии и основанной на ней промышленности. Нам нужны лекарства с самым различным спектром действия, нужны ростовые вещества и средства борьбы с вредителями сельского хозяйства. Нам нужны пластические массы, материалы с разнообразными свойствами, волокна, заменяющие шерсть и шелк, а для этого нужны мономеры, синтез которых основан на открытых химиками-органиками реакциях. Нам нужны красители, повсеместное распространение которых для самого различного применения делает наш мир ярким и красочным. Нам нужны взрывчатые вещества и средства для тушения пожаров. Нам много всего нужно, и с каждым днем все больше химических соединений становятся жизненно необходимыми. Но в основе всего этого многообразия лежит синтез молекул, обеспечивающих создание новых нужных человеку веществ и материалов.

На сегодняшний день химики синтезировали более 88 миллионов соединений, и порядка 15000 новых химических соединений регистрируется ежедневно [1]. Это количество значительно больше того, что создала природа, и такая безграничность структур поражает воображение самих исследователей. Практически ученые создали целый химический мир, где можно найти молекулы с ранее неизвестными свойствами.

У органической химии есть проблемы, общие для всех стран. Поскольку она создает молекулы (органические субстанции), а не конечные продукты, ее часто не замечают, или, что еще хуже, обвиняют в загрязнении окружающей среды. Химику-органику трудно объяснить, чем он занимается, поскольку он привык думать на языке формул, малопонятном неспециалисту. Отсюда возникает трудность в популяризации нашей науки. Между тем, пренебрежение органической химией (и вообще химией – а мы часто не видим этой области в государственных программах), может оказаться весьма драматичным.

Мы не без зависти смотрим, как развивается органическая химия не только в индустриально развитых странах (Западная Европа, США, Япония), но и в странах Азиатского региона, таких как Китай, Индия, Южная Корея, Тайвань и др. Достигнуты впечатляющие результаты в целом ряде направлений органической химии, таких как создание новых методов получения связей углерод–углерод и углерод–гетероатом, совершенствование методов C–H функционализации, проведение многокомпонентных реакций, синтез сложных природных соединений и, конечно, развитие асимметрического синтеза и органокатализа. Одновременно достигнуты успехи в создании безотходных (или малоотходных) методов синтеза. Тесное переплетение органического синтеза,

катализа и металлоорганической химии за короткое время изменили лицо органической химии [2]. Причем многие находки химиков-органиков в настоящее время очень быстро переходят в индустрию развитых стран.

Эту небольшую статью, обращенную к нашим коллегам, мы решили написать под впечатлением школы-конференции, проведенной для аспирантов разных университетов и институтов кафедрой органической химии химического факультета МГУ. На это мероприятие в качестве лекторов были приглашены признанные ученые не только из нашей страны, но и наши соотечественники из США и Канады. Нужно было видеть, какой интерес проявило наше молодое поколение к этому мероприятию. Они задавали, действительно, умные вопросы, они участвовали в дискуссиях и выступали с короткими, но яркими докладами. Их энтузиазм заразил и нас, и мы чувствовали свой долг перед ними. Они – наше будущее, и мы должны не только дать им знания, к которым они так стремятся, но и обеспечить возможность для них работать в нашей стране, дать уверенность, что они ей нужны.

Если говорить о современной органической химии, то хотелось бы отметить ряд вопросов, по которым нам интересно узнать мнение химиков-органиков нашей страны. В данный момент отечественная наука получила несомненную поддержку в виде весомых грантов Российского научного фонда [3]. Целенаправленная поддержка фундаментальных исследований, которой в достойном объеме не было уже многие годы, дает шанс для развития науки в стране, и, конечно же, наиболее интересной для нас части химической науки – органической химии. Однако многое зависит от того, насколько успешно нам удастся этим шансом распорядиться, и от того, как мы сможем найти свое место в бурно развивающемся химическом мире после длительного периода выживания и вынужденного простоя (отставания).

Безусловным флагманом, задававшим основной тренд в развитии органической химии последних двух десятилетий, являются фармацевтические, биологические и биохимические приложения. В этой сфере были достигнуты впечатляющие успехи, и на сегодняшний день укрепилось мнение, что с помощью арсенала современного органического синтеза можно за разумное время синтезировать практически любую стабильную органическую молекулу с массой до 1500–2000 Да. Прослеживается тенденция в проведении химических трансформаций с «атомарной точностью» даже для очень сложных органических молекул [4]. Такая концентрация

ресурсов на одном направлении у некоторых химиков-органиков даже вызвала небезосновательное опасение, что яркие и востребованные приложения в какой-то момент могут вытеснить саму науку органической химии на второй план [5].

Эффективные синтетические методики для быстрого получения разнообразных органических молекул, в особенности, асимметрический синтез, будут активно востребованы в науках о жизни и в ближайшее десятилетие. Эта область по-прежнему будет значимой и будет давать работу множеству химиков-органиков. Тем не менее передовой край науки смещает свой центр тяжести, поскольку для обычных скрининговых приложений человека вполне успешно заменили роботизированные синтетические комплексы [6]. Автоматизированный синтез тысяч органических молекул из стандартных билдинг-блоков уже является рутинной процедурой [7].

На наш взгляд, наиболее интересные задачи для органической химии будут поставлены в тех междисциплинарных областях, которые активно выйдут в сферу практического применения. Яркими примерами таких областей являются биотехнологии, геномные технологии для медицины, исследования стволовых клеток, нейробиология, тераностика и ряд других областей [8, 9]. В этой сфере успешно сочетается фундаментальная наука, востребованность научных результатов на уровне стартапов и готовность выделения существенного финансирования из частных и государственных источников по всему миру. Нужно отметить, что такой тесный контакт наук о жизни с химическими науками отнюдь не случаен и благоприятствует развитию обеих областей [10].

Материаловедение является вторым ключевым игроком, оказывающим существенное влияние на химические науки. Эволюция физико-химических методов исследования и развитие нашего понимания сложных процессов, лежащих в основе функционирования материалов нового поколения, позволили связать свойства материалов с их молекулярной структурой. Это достижение закладывает основы для управления свойствами материалов и конечных устройств за счет конструирования нужных молекул – традиционной сферы деятельности органической химии. К примеру, создание множества передовых материалов для молекулярной электроники, солнечных элементов, специализированных устройств поглощения/испускания света, химических сенсоров и интерфейсов основано на применении реакций кросс-сочетания, реакции Хека и других металл-катализируемых превращений. Прогресс в

этой области во многом будет зависеть от доступности сложных органических молекул и стоимости их производства.

Эволюционное развитие методических основ органического синтеза проходило под влиянием концепции Зеленой химии (Green Chemistry) и парадигмы устойчивого развития (Sustainable Chemistry). Ряд жестких требований по экономии природных ресурсов, охране окружающей среды и эффективности химических процессов сориентировал химиков в первую очередь, на каталитические технологии. Беспрецедентно сложные критерии по активности, селективности, стабильности и регенерируемости катализаторов нацелили исследователей на разработку так называемых «идеальных» каталитических систем [11]. И все же надо сказать, что несмотря на значительные успехи, данная область еще далека от достижения поставленной цели.

Есть еще целый ряд областей и достижений органической химии, о которых очень хочется упомянуть. Но такой подробный обзор не является задачей этого короткого эссе. Нам будет интересно услышать отклики читателей по этим непростым вопросам и по возможным планам развития органической химии в нашей стране в ближайшем будущем. Наиболее интересные отклики будут опубликованы для дальнейшей дискуссии. Вне всяких сомнений, в современном мире развитая страна не может существовать без органической химии. И мы считаем, что химики-органики нашей страны не могут находиться в стороне, когда обстоятельства требуют нашего активного участия.

И.П.Б. выражает признательность за поддержку Российскому научному фонду (грант 14-23-00186),

В.П.А. выражает признательность за поддержку Российскому научному фонду (грант 14-50-00126). Авторы благодарят Е.Г.Гордеева за предоставленную иллюстрацию.

Список литературы

1. CAS REGISTRY and CAS Registry Number. Am. Chem. Soc. **2014–2015**. <http://www.cas.org/content/chemical-substances/faqs>
2. Beletskaya I.P., Ananikov V.P. *Organometallics*. **2011**, *30*, 5.
3. Конкурсный отбор научных, научно-технических программ и проектов. Российский научный фонд, **2014–2015**. <http://www.rscf.ru/>
4. Анаников В.П., Хемчян Л.Л., Иванова Ю.В., Бухтияров В.И., Сорокин А.М., Просвирин И.П., Вацадзе С.З., Медведько А.В., Нуриев В.Н., Дильман А.Д., Левин В.В., Коптюг И.В., Ковтунов К.В., Живонитко В.В., Лихолобов В.А., Романенко А.В., Симонов П.А., Ненайденко В.Г., Шматова О.И., Музалевский В.М., Нечаев М.С., Асаченко А.Ф., Морозов О.С., Джеваков П.Б., Осипов С.Н., Воробьева Д.В., Топчий М.А., Зотова М.А., Пономаренко С.А., Борщев О.В., Лупинов Ю.Н., Ремпель А.А., Валеева А.А., Стахеев А.Ю., Турова О.В., Машковский И.С., Сысолятин С.В., Малыхин В.В., Бухтиярова Г.А., Терентьев А.О., Крылов И.Б. *Усп. хим.* **2014**, *83*, 885 [*Russ. Chem. Rev.* **2014**, *83*, 885].
5. Егоров М.П. *Усп. хим.* **2014**, *83* (10), iii [*Russ. Chem. Rev.* **2014**, *83* (10), iii].
6. Peplow M. *Nature*. **2014**, *512*, 20.
7. Woerly E.M., Roy J., Burke M.D. *Nat. Chem.* **2014**, *6*, 484.
8. Agranoff B.W. History of Neurochemistry. Encyclopedia of Life Sciences. N.-Y.: J.Wiley & Sons Ltd, **2001**.
9. Lim E.-K., Kim T., Paik S., Haam S., Huh Y.-M., Lee K. *Chem. Rev.* **2014**, *115*, 327.
10. Arnaud C.H. *Chem. Eng. News*. **2014**, *92*, 28.
11. Beletskaya I.P., Ananikov V.P., *Organometallics*, **2012**, *31*, 1595.