

Химия и проблемы устойчивого развития и сохранения окружающей среды

В соответствии с инициативой Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК), поддержанной ЮНЕСКО, 63-я сессия Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций объявила 2011 год Международным годом химии.

В резолюции ООН по Международному году химии подчеркивается, что успехи фундаментальной химии в значительной мере определяют современный уровень понимания устройства материального мира, а химические подходы и технологии играют ключевую роль в решении глобальных проблем устойчивого развития и сохранения окружающей среды, в обеспечении населения планеты чистой водой, пищей, эффективными лекарствами, энергией. Предложенный ИЮПАК девиз года химии «Химия — наша жизнь, наше будущее» должен способствовать пониманию различными слоями общества важной роли химии, повышению востребованности химических знаний и разработок, привлечению способной молодежи в химическую науку и промышленность, углублению международного сотрудничества химиков и их организаций в интересах сохранения нашей планеты и решения глобальных проблем человечества.

Проведение года химии в нашей стране должно содействовать созданию и внедрению новых экологически безопасных, энерго- и ресурсосберегающих процессов химии и химической технологии, содействовать модернизации экономики страны, преодолению ее сырьевого характера и переводу на современный высокотехнологичный путь развития, решению многих экологических и природоохранных проблем.

Серьезным побудительным и объединяющим моментом в борьбе за эти цели являются так называемые «зеленые» движения и «зеленые» технологии. Начало «зеленому» движению было положено еще в 60-е годы XX века, когда общественность Северной Америки и Западной Европы, выступающая за сохранение окружающей среды, добилась ужесточения природоохранного законодательства и усиления контроля за использованием токсичных химикатов в различных областях экономики и социальной сферы. Помимо штрафных санкций и запрещения применения ряда особо опасных химикатов, усилилось внимание к поиску менее токсичных замещающих химических веществ, альтернативным технологиям, энерго- и ресурсосбережению. Более того, законодательно был введен токсикологический контроль получаемых и применяемых химических веществ и материалов.

Большое значение для привлечения внимания к проблемам экологии и устойчивого развития имела Конференция ООН по окружающей среде и развитию 1992 г. в Рио-де-Жанейро с участием глав государств и правительств многих стран мира, которая приняла Повестку дня на XXI век. Подобные конференции на высоких политических уровнях

по различным аспектам сохранения окружающей среды и устойчивого развития, например таким, как проблемы разрушения озонового слоя и глобального потепления, регулярно проводились (правда, с разной степенью успеха) и в последующие годы. Под воздействием этих конференций и принятых ими документов многие международные и национальные научные организации и объединения ученых активизировали свою деятельность в указанных направлениях.

Одним из первых в этом ряду был Международный союз химиков ИЮПАК и его ведущие членские организации. Вице-президент нашей Академии наук В.А.Коптюг, в течение 17 лет возглавлявший ее Сибирское отделение, а в период 1986–1991 гг. являвшийся также одним из наиболее активных руководителей ИЮПАК, инициировал создание ряда международных структур и программ, ориентированных на проблемы окружающей среды и устойчивого развития, учредил научный журнал «Химия в интересах устойчивого развития».

В 1992 г. в Москве состоялась организованная Постоянным Комитетом ИЮПАК по химическим исследованиям в интересах человечества VIII Международная конференция КЭМРОН (CHEMRAWN: Chemical Research Applied to World Needs) «Химия и устойчивое развитие: чистая окружающая среда, безотходные технологии, наивысшая энергоэффективность» (сопредседатели Оргкомитета академики В.А.Коптюг и О.М.Нефедов). В 1993 г. в Минске успешно проходит XV Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, полностью посвященный «Химическим проблемам экологии».

В нашей стране и многих других странах создаются образовательные структуры и программы экологической направленности. Так, в 1983 г. в МХТИ (ныне РХТУ) им. Д.И.Менделеева по инициативе тогдашнего ректора члена-корреспондента Академии наук Г.А.Ягодина создается первая в стране кафедра, а через несколько лет и первый факультет промышленной экологии. В 1996 г. там же организуется первая в мире кафедра проблем устойчивого развития, на базе которой в 2000 г. был создан Институт химии и проблем устойчивого развития.

Позднее на базе Московского института химического машиностроения создается Московский государственный университет инженерной экологии. В университетах и научных центрах активно развиваются фундаментальные и прикладные исследования и разработки по «зеленой» химии или проблемам устойчивого развития.

В 1993 г. в Италии создается Консорциум университетов «Химия для окружающей среды» INCA. В 1994 г. П.Анастас и С.Фаррис публикуют первую книгу серии Американского химического общества «Альтернативные методы синтеза для предотвращения загрязнений окружающей среды» (*Benign by Design, Alternative Synthetic Design for Pollution Prevention*).

(*ACS Symp. Ser., Vol. 557*). (Eds P.T.Anastas, C.A.Farris). American Chemical Society, Washington, DC, 1994). Однако термины «зеленая» химия и «химия для устойчивого развития» появляются в литературе лишь в 1996–1997 гг., а их содержание становится предметом длительных дебатов, несмотря на смысловую близость обоих терминов. Слово «зеленая» для западного обывателя несет весьма выраженную политическую окраску, а определение «химия для устойчивого развития» («sustainable chemistry») является весьма расплывчатым с точки зрения химической науки.

В 1996 г. в ИЮПАК создается рабочая группа по проблемам зеленой химии, а в 2001 г. — Подкомиссия по зеленой химии, в состав которой входят представители практически всех отделений ИЮПАК. Подкомиссия руководит изданием книг в рамках Green Chemistry Series, организует международные конференции по зеленой химии (2-я Международная конференция с большим успехом прошла в России в 2008 г.), координирует проекты ИЮПАК в этой области. В 2009 г. ИЮПАК учреждена премия для молодых ученых из развивающихся стран в области химии атмосферы и зеленой химии. С 2002 г. Российская академия наук присуждает премию имени академика В.А.Коптюга за выдающиеся работы по химии в интересах сохранения окружающей среды и развития.

Определение «зеленой» химии, принятое ИЮПАК (P.Tundo, P.Anastas, D.St.C.Black, J.Breen, T.Collins, S.Memoli, J.Miyamoto, M.Polyakoff, W.Tumas. *Pure Appl. Chem.*, **72**, 1210 (2000)), гласит: «Зеленая химия — это открытие, разработка и применение химических продуктов и процессов, уменьшающих или исключающих использование и образование вредных веществ». Определение прямо указывает на необходимость учета возможных отрицательных последствий еще на стадии создания новых соединений, о чем ранее исследователи часто не задумывались. Поль Анастас и Джон Уорнер сформулировали 12 принципов зеленой химии, ставших ныне классическими (P.T.Anastas, J.C.Warner. In *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press, New York, 1998. P. 30). Эти принципы, раскрывающие практические аспекты определения ИЮПАК, приведены ниже.

— **Упреждение** (лучше не допускать образования отходов, чем заниматься их переработкой или уничтожением).

— **Рациональное (эффективное) использование исходных реагентов** (методы синтеза должны разрабатываться таким образом, чтобы в состав конечного продукта включалось как можно больше атомов применяемых исходных реагентов).

— **Снижение опасности процессов и продуктов синтеза** (во всех возможных случаях следует стремиться к использованию или синтезу веществ, нетоксичных или малотоксичных для человека и окружающей среды).

— **Конструирование «зеленых» материалов** (технологии должны обеспечивать создание новых материалов, обладающих наилучшими функциональными характеристиками и наименьшей токсичностью).

— **Исключение использования опасных вспомогательных реагентов** (следует по возможности избегать использования в процессах синтеза вспомогательных реагентов (растворителей, экстрагентов и т.д.); если же это невозможно, ключевым является параметр токсичности).

— **Энергосбережение** (следует отдавать себе отчет в экологических и экономических последствиях, связанных с затратами энергии в химических процессах; желательно осуществлять процессы синтеза при комнатной температуре и атмосферном давлении).

— **Использование возобновляемого сырья** (во всех случаях, когда это технически возможно и экономически допустимо, следует отдавать предпочтение возобновляемому сырью).

— **Уменьшение числа промежуточных стадий** (следует минимизировать или вообще отказаться от ненужных промежуточных производных и стадий (блокирующие группы, протекторы, промежуточные модификаторы физических и химических процессов), поскольку промежуточные стадии обычно сопряжены с дополнительными отходами и увеличением количества потребляемых реагентов).

— **Использование каталитических процессов** (каталитические процессы с максимально возможной селективностью предпочтительнее стехиометрических реакций).

— **Биоразлагаемость** (следует стремиться к легкой биоразлагаемости исходных и получаемых из них продуктов, не приводящей к опасным для окружающей природной среды соединениям).

— **Обеспечение аналитического контроля в реальном масштабе времени** (для предотвращения образования опасных отходов следует развивать аналитические методы, обеспечивающие возможности мониторинга и контроля в реальном масштабе времени).

— **Предотвращение возможности аварий** (химические соединения, используемые в технологических процессах, должны присутствовать в формах, минимизирующих вероятность химических аварий, таких как выбросы сильно действующих ядовитых веществ, взрывы, пожары).

Включенные в настоящий выпуск журнала «Успехи химии» обзоры, а также обзорная статья С.Г.Злотина и Н.Н.Маховой «Реакции СН-кислот и 1,3-диполей в присутствии ионных жидкостей» (см. выпуск 7 журнала за 2010 г.) посвящены различным аспектам «зеленой» химии: катализу в качестве важнейшего инструмента «зеленой» химии (обзор И.П.Белецкой и Л.М.Кустова), применению ионных жидкостей в нанохимии (обзор Н.П.Тарасовой, Ю.В.Сметанникова и А.А.Занина) и в органическом синтезе (обзор С.Г.Злотина и Н.Н.Маховой), использованию диметилкарбоната в качестве безопасного метилирующего и карбоксиметилирующего реагента и растворителя (статья Ф.Арико и П.Тундо), получению биотоплива из различных видов биомассы (обзорная статья С.Д.Варфоломеева, Е.Н.Ефременко и Л.П.Крыловой), современным методам обезвреживания токсичных техногенных отходов на примере полихлорбифенилов (статья Т.И.Горбуновой, В.И.Салоутина и О.Н.Чупахина), созданию и развитию высокоточных методов определения органических веществ в воздушных средах (обзор В.А.Крылова, П.В.Мосягина, Д.А.Михирева, С.А.Еремина, А.В.Крылова).

Член-корреспондент РАН **Н.П.Тарасова**

Директор Института химии и проблем устойчивого развития Российского химико-технологического университета им. Д.И.Менделеева, член Бюро и Исполкома ИЮПАК

Академик **О.М.Нефедов**

Председатель Высшего химического колледжа РАН
Председатель национального комитета российских химиков

Академик **В.В.Лунин**

Декан химического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, руководитель Научно-образовательного центра «Химия в интересах устойчивого развития — зеленая химия»