

**Т. А. САВИЦКАЯ, И. М. КИМЛЕНКО,
Е. А. МАТЮШЕНКОВ, В. В. ПАНЬКОВ**

**«ЗЕЛЕНАЯ СТРАТЕГИЯ» РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
И ПРОМЫШЛЕННОСТИ В БЕЛАРУСИ**

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

В настоящее время словосочетание «sustainable development» заняло прочное место в лексиконе современного ученого. Оно не имеет дисциплинарной принадлежности и концептуально переводится как продолжающееся развитие, которое не противоречит дальнейшему существованию человечества и развитию его в прежнем направлении, хотя лингвисты трактуют его как устойчивый постоянный рост [1, 2]. Двойное толкование, тем не менее, не мешает использованию термина «устойчивое развитие» для открытия любой научной дискуссии или получения финансирования на проведение научных исследований при условии, что он распространяется на все сферы жизни, включая экономическую, политическую и социальную. В экономической области, как известно [3], основой, обеспечивающей устойчивое развитие, является «экономика знаний». Этот относительно новый термин означает, что в экономику включаются не только собственно технологии, но и весь процесс производства знаний.

Основной движущей силой экономики, основанной на знаниях, является так называемый «треугольник знаний», который отражает взаимодействие между образованием, научными исследованиями и инновациями. В отличие от газа и нефти, являющихся невозобновляемыми ресурсами, использование научного знания и технологических идей не приводит к их истощению, а, скорее способствует наращиванию интеллектуального потенциала нации, что позволяет рассматривать такую стратегию развития экономики как «зеленую», направленную на достижение устойчивого развития. Необходимым условием построения общества знаний является трансфер знаний. Трансфер знаний – это организационные системы и процессы, посредством которых знания и компетенции университетов, включая технологии, опыт и навыки, передаются предприятиям, учреждениям, а также населению, приводя к инновациям в экономике и социальной сфере [4].

В той области экономики, которая связана с химией, особенно четко прослеживается связь между пользой производимых продуктов и ущербом, который это производство наносит окружающей среде и здоровью

человека. Во многих крупных промышленных районах мира наблюдается значительное химическое загрязнение, для снижения которого тратятся немалые средства, идущие на создание очистных сооружений и утилизацию вредных веществ. Такое решение экологических проблем в конце производственного цикла называется подходом «конца трубы».

Наряду с этим подходом в последние два десятилетия все чаще рассматривается так называемый «предупредительный подход», который фокусируется на предотвращении причин, а не на устранении последствий ухудшения экологической обстановки. На практике «предупредительный подход» включает в себя оптимизацию производственных процессов, внедрение энергосберегающих технологий, отбор более экологически чистого сырья, новый дизайн продукции, внутреннюю и внешнюю вторичную переработку отходов, уменьшение использования токсичных и вредных веществ. При таком подходе безопасность химического производства обеспечивается, в первую очередь, тем, что для получения химических продуктов выбираются экологически чистые исходные компоненты, а схемы синтеза исключают образование вредных веществ или их воздействие на окружающую среду минимизируется. Стратегию перехода к «более чистому производству» (БЧП)¹ можно смело назвать революционной, так как она позволяет не просто получить нужное вещество, но получить его таким способом, который не вредит окружающей среде ни на одной стадии технологического процесса и является безопасным для тех, кто занят на этом производстве. Фактически БЧП – это системный подход к охране окружающей среды, включающий и рассматривающий не только все фазы процесса производства продукции, но и её утилизацию, т.е. весь жизненный цикл продукции (lifecycle from “cradle to grave”) с целью предотвращения и/или минимизации как ближайших, так и отдаленных рисков для человека и окружающей среды. Данная тенденция привела к созданию нового направления в химии, которое называли «зеленой химией» и которое, по сути, означает новый подход к производству химических веществ, а, с точки зрения стратегии БЧП, – один из её методов [5].

Сегодня химики «зеленой химией» называют любые усовершенствования химических процессов, которые положительно влияют на состояние окружающей среды. Однако представление о «зеленой химии» будет не совсем точным, если воспринимать ее только как область химической

¹ Термин «более чистое производство» означает системный подход к охране окружающей среды, включающий и рассматривающий все фазы процесса производства или жизненного цикла продукции с целью предотвращения и/или минимизации как ближайших, так и отдаленных рисков для человека и окружающей среды.

науки, внедряющую новые безопасные промышленные процессы. «Зеленая химия» – это революционная философия, призванная уменьшить и предотвратить загрязнение окружающей среды. Не случайно «зеленую химию» называют химией в интересах устойчивого развития, поскольку она призвана улучшить качество жизни не только существующего, но и последующих поколений. Причем сегодня идеи «зеленой химии» выходят за рамки собственно химии и распространяются на различные области от энергетики до устойчивого развития общества.

Впервые концепция «зеленой химии» была сформулирована Полом Анастасом и Джоном Уорнером в 1998 году [6]. Еще раньше, в 1990 году, «зеленая химия» получила законодательную поддержку в виде Закона о предотвращении загрязнения окружающей среды (The Pollution Prevention Act), который был принят в США. В этом законе предусматривалось создание новаторских стратегий защиты здоровья человека и окружающей среды (Synthetic Methodology Assessment for Reduction Techniques Program или SMART Program), сокращение масштабов загрязнения «в зародыше», что «принципиально отличается от всех других подходов и является более приемлемым, чем ликвидация отходов, отведение и очистка сточных вод и борьба с загрязнением». Сразу же после принятия этого закона Агентство США по охране окружающей среды впервые предоставило ученым гранты на разработку исследовательских проектов, направленных на предотвращение загрязнения при синтезе химикатов [7].

В дальнейшем движение ученых навстречу «зеленой химии» не ограничивалось выполнением научно-исследовательских проектов. Их естественным продолжением явилось создание международных ассоциаций сторонников «зеленой химии», проведение международных научных конференций, организация образовательно-просветительской работы. Концепция «зеленой химии» может быть сформулирована в виде 12 принципов, мнемонический вариант которых выражается термином PRODUCTIVELY: **P** – Prevent wastes; **R** – Renewable materials; **O** – Omit derivatization steps; **D** – Degradable chemical products; **U** – Use safe synthetic methods; **C** – Catalytic reagents; **T** – Temperature, pressure ambient; **I** – In-Process Monitoring; **V** – Very few auxiliary substances; **E** – E-factor, maximize feed in product; **L** – Low toxicity of chemical products; **Y** – Yes, it is safe.

Пути, по которым сейчас движется «зеленая химия», можно сгруппировать в три больших направления - новые способы синтеза, замена традиционных органических растворителей и получение химических продуктов на базе возобновляемых сырья (из биомассы, а не из нефти) и энергии [8].

Совершенно очевидно, что в «зеленой химии» и реакции должны быть «зелеными». В литературе их так и называют «green reactions» или чаще «dream reactions». При их проведении избегают применения высоких температур и давлений, используя вместо этого СВЧ-излучение, УФ-излучение, ультразвук², механоактивацию, т. е. активирование веществ при механических воздействиях, и т.п. Помимо нетрадиционных условий для проведения «зеленых» синтезов используют и особое оборудование. В частности, еще в 1980 г. К.Рамшау предложил миниатюризацию как конечную цель стратегии интенсификации технологических процессов. С тех пор появилось много дизайнерских решений химических реакторов: вращающийся дисковый реактор (*spinning disk reactor*; размер диска 50-600 мм, скорость вращения 100-6000 об/мин), мембранный модуль из гофрированных поперечно расположенных мембран (*cross-corrugated membranes module*), позволяющий селективно выводить реагенты из сферы реакции, *высокоэкзотермический реактор (HEX reactor)*, позволяющий удалять тепло мгновенно по мере его образования и др. [9].

В «зеленых» реакциях и реагенты должны быть «зелеными». Известным «зеленым» окислителем является пероксид водорода. Его синтезируют *in situ* из O_2 и H_2 в присутствии платино-палладиевого катализатора, нанесенного на подложку. Синтезированный таким образом пероксид водорода успешно используется, например, для одностадийного «зеленого» синтеза пропиленоксида из пропилена в среде сверхкритического или жидкого диоксида углерода с малыми добавками воды и метанола в качестве сорастворителей. При этих условиях подавляются побочные реакции гидрирования пропилена, метилирования и гидролиза пропиленоксида (рис.1) [10].

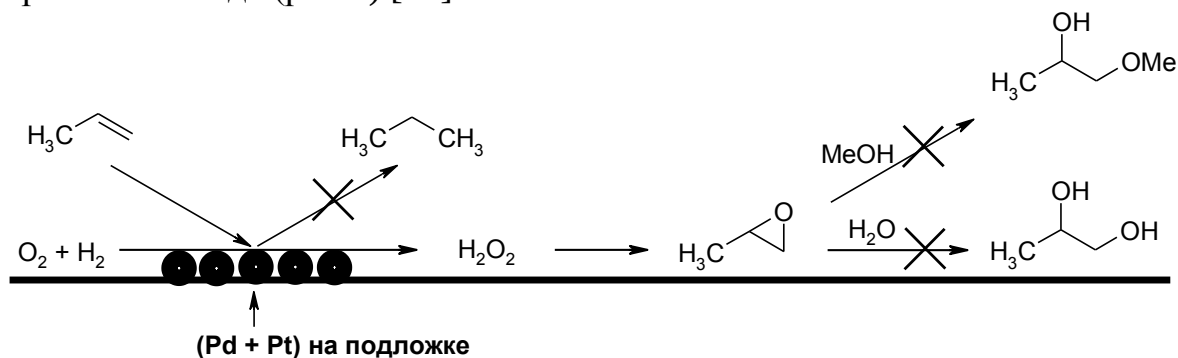


Рис. 1. – Схема синтеза пропиленоксида

Интересным направлением в «зеленом» органическом синтезе является проведение мультикомпонентных реакций, в которых более чем два вещества смешиваются одновременно в одном сосуде и в результате кас-

² Влияние ультразвука на протекание химических реакций изучает сонохимия.

када элементарных реакций непосредственно превращаются в конечный продукт без образования побочных продуктов.

Уменьшение выхода побочных веществ достигается также с помощью катализаторов, в роли которых выступают химические вещества, ферменты, микроорганизмы. Например, некоторые виды бактерий могут синтезировать, накапливать в виде гранул и выделять полиэферы, которые известны под общим названием полигидроксиалканоаты или бактериальные полиэферы (bacterial or microbial polyesters) [11]. Они обладают антиоксидантными свойствами, оптической активностью, биосовместимостью, в почве сами разрушаются до углекислого газа и воды, что делает их перспективными материалами XXI века.

Еще одно направление «зеленой химии» – отказ от растворителей или их замена в технологических процессах. Как альтернатива традиционным растворителям предложены сверхкритические жидкости, ионные жидкости и фторированные бифазные растворители [8].

Третий путь, ведущий к целям «зеленой химии», – широкое использование биомассы вместо нефти для получения углеводородного сырья и топлива [12-14].

Биомасса – это биологически разлагаемые компоненты продуктов и отходов сельского хозяйства (как растительного, так и животного происхождения), лесного хозяйства и связанных с ними производств, а также биологически разлагаемые компоненты промышленных и бытовых отходов.

В настоящее время основными перерабатываемыми компонентами биомассы являются крахмал, целлюлоза, лигнин. Последующая цепочка превращений выстраивается следующим образом: крахмал разлагают, например, до моносахарида – глюкозы, которую затем ферментируют до этанола. Помимо этанола из биомассы можно произвести молочную, янтарную кислоты, фурфурол, ванилин и др.

Возобновляемые источники энергии в Беларуси сегодня на 95% представлены древесиной. На долю биогаза приходится 0,2 % и 0,028 % – на биодизель. В будущем планируется производство древесины сократить до 50%, а биогаза и биодизеля увеличить до 5,0 и 7,0 % соответственно. При этом к числу вопросов, возникающих в связи с производством биотоплива, относится продовольственная безопасность. По этой причине ассортимент источников сырья для биотоплива непрерывно растет и сегодня уже предложено получать его из апельсиновой кожуры, старых газет и даже из влажного воздуха, обогащенного углекислым газом с помощью микроорганизмов *Helioculture*. В нашей республике биодизель производят из рапса на ОАО «Гродно Азот» и планируется организация

производства биоэтанола из сахарной свеклы. Предполагаемый объем выпуска к 2015 году должен составить 450-500 тыс. тонн в год.

«Зеленая стратегия» в области производства требует перехода к новой политике в обращении с химическими веществами. В 2007 году в Европейском союзе вступило в силу новое техническое законодательство, предусматривающее регистрацию (Registration), оценку (Evaluation), разрешение (Authorisation) и ограничение (Restriction) химических веществ (REACH). В настоящее время более 17 белорусских предприятий, в том числе ОАО «Белшина», РУП «СПО Химволокно» прошли предварительную регистрацию в соответствии с REACH. Среди движущих сил перехода к «зеленой стратегии» в области химической промышленности необходимо отметить негативный имидж химии сформировавшийся у населения не без участия средств массовой информации. Озабоченность мировой химической общественности в этой области привела к тому, что крупнейшие предприятия отрасли в более, чем 50 странах объединились в программе «Ответственная забота» (Responsible Care), которая стремится создать для химической промышленности имидж отрасли, применяющей на своих предприятиях строгий режим гигиены труда и охраны окружающей среды. На решение проблемы безопасного обращения с химическими веществами направлена и Система глобальной сертификации (GHS), в соответствие с которой к 2015 году должны быть классифицированы и маркированы все химические соединения и их смеси. Основными элементами информационных систем, подлежащими гармонизации, являются классы опасности, пиктограммы, сигнальные слова, краткая характеристика опасности и меры по её предупреждению. Беларусь пока не вошла в число 65 стран, взявших курс на переход к системе глобальной сертификации.

«Зеленая стратегия» должна коснуться и нанотехнологических производств. При этом помимо вопросов выбора сырья, организации самого процесса производства должен быть решен вопрос о нанотоксикологии полученных продуктов, представленных как отдельными наночастицами, так и структурированными материалами на их основе [15].

В настоящее время в развитии «зеленых технологий» лидирует Республика Южная Корея. Корейская стратегия «зеленого роста» охватывает широкий круг областей, включая новые и возобновляемые источники энергии, переработку отходов, транспорт, очистку пресных вод, предоставление льгот при выполнении природоохранных проектов и т.п. Наша республика находится пока еще в начале пути к «зеленым технологиям», который четко обозначен в государственной стратегии устойчивого развития. Однако успехи, достигнутые, в частности, в области производства

биотоплива, уже сейчас обеспечивают уверенность в достижении намеченных целей.

Внедрение «зеленой стратегии» развития химических производств требует и подготовки нового типа специалистов. В европейских государствах о подготовке специалистов в области охраны окружающей среды задумались раньше, чем в других странах мирового сообщества. Эта идея довольно быстро была воплощена в действительность. В Ноттингемском университете (University of Nottingham, Великобритания) впервые в мире начали читать курс по «зеленой химии» для студентов-химиков и химиков-технологов последнего года обучения. Курсы по «зеленой химии» читают во многих университетах мира, например, в Мидлсекском Университете (Middlesex University, Великобритания), Колумбийском колледже (Columbia College, США), в Университете Скрэнтона (University of Scranton, США), Университете Йорка (York University, Великобритания), Университете Сарагосы (University of Zaragoza, Испания) и др.

В 2006 году в Московском Государственном университете им. М.В. Ломоносова был создан Научно-образовательный центр «Химия в интересах устойчивого развития – зеленая химия».

Вопрос подготовки специалистов в области «зеленой химии» стал рассматриваться сегодня и в Беларуси. На химическом факультете БГУ в этом году впервые прочитан курс «Введение в зеленую химию». Обсуждается вопрос о внедрении представлений и основных идей «зеленой химии» в другие химические дисциплины, преподаваемые на химическом факультете. Это очень важно, поскольку в последнее время глобализация подталкивает химическое сообщество к решению множества этических проблем. «Зеленая химия» как раз и получает поддержку в обществе, потому что она предполагает обучение студентов не только основам специальности, но и диктует необходимость воспитать из них людей, которые будут, создавая новые химические производства, ответственно и бережно относиться к окружающей среде. В перспективе химический факультет планирует участие в международных проектах и программах по «зеленой химии».

ЛИТЕРАТУРА

1. J.Sjostrom // Green. Chem. 2006. V.8. P. 130-137.
2. J.H.Clark // Green. Chem. 2006. V.8. P. 17-21
3. В.П. Тихомиров // Телекоммуникации и информатизация образования. 2007. №1. С. 25-26.
4. А.А. Успенский // Наука и инновации. 2010. № 2. С. 67-70.
5. L.Nilsson, P.O. Persson, L.Ryden etc. Cleaner Production. The Baltic University Press. Uppsala. 2007. 319 p.

6. *P. Anastas, J.C. Warner. Green chemistry: Theory and Practice. Oxford University Press. New York. 1998. P.30.*
7. *Ш. Пелерин //e-Journal USA Глобальные проблемы. 2005. N 6.*
8. *М. Поляков // Химия и жизнь. 2004. № 6. С. 8 – 11.*
9. *J.Clark, D.Macquarrie. Handbook of Green Chemistry and Technology. Blackwell Science. 2002. 536 p.*
10. *Q. Chen, E.Beckman // Green Chemistry. 2008. N 10. P.934 – 938.*
11. *М. Stevens. Polymer chemistry: an introduction. Oxford University Press. 1999. 551 p.*
12. *Г.Я. Кабо, А.В. Блохин, В.В. Смирский, О.А. Ивашкевич // Химические проблемы создания новых материалов и технологий: сборник статей. Вып. 3 / под ред. О.А. Ивашкевича. Минск. 2008. С. 165 – 179.*
13. *В.Л.Квинт // Экология и жизнь. 2007. Т. 6. С.40-43.*
14. *Б.Л. Миркин, Л.Г. Наумова, Р.М. Хазиахметов // Экология и жизнь. 2008, т..4, с.26-31.*
15. *М.А.Albrecht, С.W.Evans, С.L.Raston // Green Chem. 2006. V. 8. P. 417-432.*

Поступила в редакцию 04.06.2010.

УДК 504.064.2

Т.А. Савицкая, И.М. Кимленко, Е.А. Матюшенков, В.В. Паньков

«Зеленая стратегия» развития образования и промышленности в Беларуси. // Свиридовские чтения: Сб. ст. Вып. 6. Минск, 2010. С.

В ближайшем будущем главная стратегия устойчивого развития будет связана с концепцией «зеленой химии». Она призвана помочь химикам улучшить состояние окружающей среды и обеспечить безопасность химических процессов и продуктов, а также уменьшить риск их негативного воздействия на здоровье человека и окружающую среду. В статье обсуждается современная трактовка понятий «экономика знаний», «трансфер знаний», проблемы химических производств и возможности их решения с позиций «зеленой химии», принципы которой в настоящее время распространяются также на социальную и политическую сферы и способствуют выработке «зеленой стратегии» развития государства в направлении устойчивого развития. Рассмотрены основные направления «зеленой химии» в мире и в Беларуси. Обоснована потребность в подготовке специалистов, компетентных в вопросах «зеленой стратегии» как в области химического образования, так и химической промышленности.

Библиогр. 15 назв, 1 ил.

T.A. Savitskaya, I.M. Kimlenka, E. A. Matiushenkov, V.V. Pankov

Green Strategy for Chemical Education and Industry Development in Belarus. Sviridov's Readings: Iss. 6. Minsk, 2010. P.

The main strategy of sustainable development for the nearest future will be connected with the Green Chemistry concept. It seeks to help chemists to improve the environmental performance and safety of chemical processes and to reduce the risks to man and the environment of chemical products. The Green Chemistry concept has emerged and been widely accepted both in technology and in its principles all over the world. The challenges and opportunities that nowadays these drivers offer chemical education and the chemical industries are considered. The situation in Belarus and an increasing demand for chemists with high competence in green technologies and environmental management are discussed. The innovative course "Introduction to Green Chemistry" has been developed for undergraduates and implemented at the Chemical Faculty. It is based on an integrated approach of chemistry towards current and long-term/strategic environmental issues, focusing on green chemical technologies and concepts in environmental management for a sustainable development of industry and society. Experience from Chemical Faculty in implementing of new course in Green Chemistry could be valuable in other universities and regions of Belarus.