

«Зелёная» химия — образовательная платформа для «зелёной» экономики Республики Беларусь

Т. А. Савицкая,
кандидат химических наук, доцент,
И. М. Кимленко,
кандидат химических наук, доцент,
Д. Д. Гриншпан,
кандидат химических наук, профессор;
Белорусский государственный университет

«Зелёная экономическая инициатива», которую сегодня поддерживает более 20 стран, была выдвинута Программой развития ООН по окружающей среде (UNEP) в 2008 г. В ней было дано определение «зелёной экономики» как низко углеродсодержащей, ресурсоэффективной и социально инклюзивной. Спустя три года Генеральный директор ООН Ирина Бокова, подводя итоги 2011 года и намечая приоритеты на 2012 г., подчеркнула, что необходимо строить не только «зелёную» экономику, но и «зелёное» общество.

С тех пор прошло не так много времени, однако можно уже не сомневаться в том, что поворот к «зелёному» укладу происходит во всех сферах жизни людей, причем в планетарном масштабе. Вся идеология современности имеет оттенок «зелёного». Так, на конференции ООН по устойчивому развитию (Rio + 20) в Рио-де-Жанейро (Бразилия) 20–22 июля 2012 г. была обозначена острая необходимость осуществления технологических инноваций и сформулированы требования к «зелёным» технологиям. В этом же году в Национальном сообщении [1] были указаны направления и принципы перехода Республики Беларусь к «зелёной» экономике, которая рассматривалась в качестве важного инструмента обеспечения устойчивого развития и экологической безопасности нашей страны. В 2014 г. в рамках международного проекта «Зелёная экономика в Беларуси» Евросоюз выделил республике 12 млн евро на решение проблемных вопросов по охране окружающей среды.

Об актуальности идеи «зелёной» экономики можно судить даже по статистике запросов в поисковых системах: интерес к этой теме в последние годы постоянно растёт, в то время как число запросов на словосочетание «устойчивое развитие» падает, хотя и остается достаточно высоким. Причина заключается не в противопоставлении этих понятий, а в том, что «зелёная» экономика — это, по сути, практический подход к достижению устойчивого развития, указание пути, который позволит сформировать экономику завтрашнего дня.

«Зелёный» вектор экологизации просматривается во всех сферах деятельности общества. Так, в последнее время в различных публикациях и даже в стандар-

тах все чаще появляется термин «зелёное» строительство. В мировой практике это особая система оценки тех или иных строительных решений. Например, при строительстве здания в районе, где есть проблемы с чистой водой, любое решение, которое позволит экономить воду, будет иметь более высокий рейтинг. В Евросоюзе даже введена Директива 2010/31/EU от 19 мая 2010 г. об энергопотреблении зданий: страны-члены ЕС должны до 31 декабря 2020 г. обеспечить все вводимые в строй здания близким к нулевому значению потреблением энергии. Приветствуются решения, которые предполагают многократное использование материалов. Значительное внимание в «зелёном» строительстве уделяется методам математического моделирования, которые позволяют провести комплексный анализ воздействия различных факторов (ветер, солнечный свет, излишнее тепло, охлаждение зимой, работа системы вентиляции и кондиционирования и др.) уже на стадии концепции здания. Система «зелёного» строительства была востребована и использована на Олимпийских объектах в Сочи-2014. Сегодня развивается даже направление эконографити, где вместо обычных красок используется настоящий мох. После нанесения на стену он постепенно разрастается, принимая заданную форму. У таких зеленых украшений есть и практическая польза: они предохраняют здания от сырости и коррозии.

В повседневной жизни мы также сталкиваемся с различными оттенками «зелёного», и это прежде всего «зелёные» продукты. Так, по данным опроса [2], 95 % респондентов готовы приобретать «зелёные» товары, 75 % знают, что это такое, 63 % стараются найти «зелёные» товары на полках магазинов.

Современное образование пусть медленно, но поворачивается в сторону «зелёного». Если отойти от конкретных видов трудовой деятельности, то по содержанию, подходам и методам «образование для зелёной экономики» — это то же самое, что «образование для устойчивого развития». Это образование, от которого требуется эффективная подготовка творческих личностей, способных решать сложные проблемы инновационными способами. Для достижения такой модели образования необходим переход от репродуктивного подхода к креативному в организации образовательной системы и образовательного процесса, а также в содержании и методах преподавания. Иногда образование для «зелёной» экономики трактуется в более узком смысле, как образование, которое должно быть ориентировано на изменение структуры занятости, в частности, на повышение спроса на специалистов в секторе экологических технологий, товаров и услуг и, соответственно, на подготовку специалистов новых профессий, так называемых «зелёных

воротничков», а также специалистов специфических квалификаций, например, специалистов по производству биотоплива и т. п. [3].

Концепция «зелёного» университета – «зелёного» кампуса (green campus) широко реализуется в зарубежных вузах. Международная программа UNEP в своем издании «*Greening Universities Toolkit*» определила цели и задачи «зелёных» университетов [4]. «Зелёный» университет ведет деятельность, направленную на защиту окружающей среды, включая снижение объёмов выбросов углекислого газа, раздельный сбор отходов, экономию воды и электричества, развитие экологической инфраструктуры, ведение просветительских программ. Его студенты участвуют в экопроектах и акциях, занимаются исследовательской и проектной работой по вопросам охраны окружающей среды. В 2009 г. американское интернет-издание «*Grist (Grist)*» определило страны, где самые «зелёные» университеты и колледжи планеты. В «зелёную когорту» вошли учебные заведения США, Великобритании, Канады, Коста-Рики и Шотландии. Так, Гарвардский университет, Лондонская школа экономики, Университет Копенгагена уже долгое время применяют принципы зелёной экономики и устойчивого развития в своей деятельности. В России стартовал проект «*Зелёные университеты для зелёной экономики*» Центра биоэкономики и экоинноваций экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова при поддержке компании «Тетра пак» и Всемирного фонда дикой природы (WWF) России. Главная цель проекта – воспитать специалистов нового поколения, которые в своей деятельности будут учитывать экологические факторы.

Существует даже «зелёный» рейтинг вузов (UI GreenMetric World University Ranking), цель которого – привлечение внимания академической общественности к решению проблем экологии. В 2013 г. в рейтинге принял участие 301 вуз из 61 страны. В лидирующей группе преимущество, как и в академических рейтингах, у вузов Великобритании и США. В ТОП-10, например, попали Ноттингемский университет (Великобритания), Университетский колледж Корка Национального университета Ирландии, Северо-Восточный университет (США), Университет Брэдфорда (Великобритания), Университет Коннектикута (США) и др. Однако по своему составу ТОП-10 «зелёного» рейтинга серьезно отличается от лидирующих групп наиболее авторитетных глобальных академических рейтингов университетов. Оценка в этом рейтинге осуществляется по критериям, среди которых специфические «экологические» индикаторы, характеризующие, например, общее отношение кампуса к природной среде, использование энергоэффективных приборов, программу утилизации университетских отходов и др.

Следует понимать, что когда говорят о «зелёных» университетах, то имеют в виду не содержание и методы обучения, а практический аспект, т. е. университет рассматривается как опытная площадка, организован-

ная по принципам устойчивости (ресурсоэффективность зданий и оборудования, рациональное потребление материалов и т. п.). Но, на наш взгляд, понятие «зелёный» университет следует рассматривать шире, принимая во внимание, что именно университеты, которые готовят специалистов, способных к инновационной деятельности, имеют также и высокий научный потенциал, и университетская наука сегодня – это потенциальный источник «зелёных» технологий и продуктов. Кроме того, именно в университетах, где ведется преподавание основ разнообразных наук, и существуют научные школы с многолетними традициями, могут быть созданы инновационные центры по сходящимся технологиям, т. е. таким технологиям, которые взаимодействуют друг с другом в процессе разработки новых продуктов. Например, нанотехнологии, биотехнологии, информационные и коммуникационные технологии, а также когнитивная наука – «сходящиеся технологии», которым принадлежит будущее.

Научные исследования и разработки относятся к факторам, стимулирующим развитие «зелёной» экономики. В Республике Беларусь в соответствии с Указом Президента от 22 июля 2010 г. № 78 определены приоритетные направления научно-технической деятельности, включая энерго-, ресурсосбережение, рациональное природопользование. При этом направление «*химические технологии*» заслуживает особенно пристального внимания ученых, поскольку на долю химической промышленности приходится около 12 % всей промышленной продукции республики и 10 % промышленно-производственного персонала. В химическом секторе экономики особенно четко прослеживается связь между пользой производимых продуктов и ущербом, который их 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 он включает 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) 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 тех-нологического 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 ее 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 назвали «*зелёной химией*», и которое, по сути, означает новый подход к производству химических веществ, а с точки зрения стратегии БЧП – один из ее методов [5].

Сегодня химики «*зелёной*» химией называют любые усовершенствования химических процессов, которые положительно влияют на состояние окружающей среды. Однако представление о «*зелёной*» химии будет не совсем точным, если воспринимать ее только как область химической науки, внедряющей новые безопасные промышленные процессы. «*Зелёная*» химия – это революционная философия, призванная уменьшить и предотвратить загрязнение окружающей среды. Не случайно «*зелёную*» химию называют химией в интересах устойчивого развития, поскольку она призвана улучшить качество жизни не только существующего, но и последующих поколений. «*Зелёная*» химия должна занять место традиционной опасной «*коричневой*» химии.

Впервые концепция «*зелёной*» химии была сформулирована П. Анастасом и Дж. Уорнером в 1998 г. [6]. Сегодня «*зелёная*» химия развивается не только в США и развитых европейских странах. С недавнего времени и в развивающихся странах к ней проявляется повышенный интерес. Так, на прошедшей в ноябре 2010 г. конференции по «*зелёной*» химии в Аддис-Абебе (Эфиопия) при непосредственном участии П. Анастаса была создана Панафриканская химическая сеть.

Пути, по которым сейчас движется «*зелёная*» химия, можно сгруппировать в три больших направления:

- 1) новые способы синтеза;
- 2) замена традиционных органических растворителей;
- 3) использование возобновляемых, т. е. полученных не из нефти, исходных реагентов.

Ученые всего мира, в том числе и ученые БГУ, активно принимают участие в исследовательских проектах, направленных на создание и разработку «*зелёных*» технологий и их внедрение в производство [7; 8]. При этом движение ученых навстречу «*зелёной*» химии не ограничивается только выполнением таких проектов и проведением международных научных конференций, но и включает организацию образовательно-про-

светительской работы, чтение специальных курсов по «*зелёной*» химии. В Ноттингемском университете (Великобритания) впервые в мире начали читать курс по «*зелёной*» химии для студентов-химиков и химиков-технологов последнего года обучения. В настоящее время такие курсы читают во многих университетах мира, например, в Мидлсекском университете, Университете Йорка (Великобритания), Колумбийском колледже, в Университете Скрэнтона (США), Университете Сарагосы (Испания) и др. В 2006 г. в МГУ имени М. В. Ломоносова был создан научно-образовательный центр «*Химия в интересах устойчивого развития – зелёная химия*».

В 2009 г. вопрос о необходимости подготовки специалистов в области «*зелёной*» химии стал рассматриваться и в Беларуси. В 2010 г. на химическом факультете БГУ впервые был прочитан курс «*Введение в "зелёную" химию*». В 2012 г. этот курс стал уже международным с привлечением для чтения лекций специалистов из Словакии, Польши, Чехии и Венгрии в рамках гранта Международного Вышеградского Фонда (www.visegradfund.org). Цель преподавания дисциплины «*Введение в "зелёную" химию: Беларусь и страны Вышеградской четверки*» – на основе ее двенадцати принципов показать возможность организации безопасного производства химических продуктов, ознакомить студентов с уже реализованными «*зелёными*» технологиями и стратегией действий на пути к устойчивому развитию.

Материал, включенный в программу данного курса, дает четкое представление об основах этой достаточно новой области химического знания в ее современном состоянии. Показано большое значение «*зелёной*» химии для развития не только химии, но и других естественных наук: биологии, экологии, геологии и др., а также социальной сферы. Программа разработана специалистами в области физической, органической химии, химической технологии, экологии, охраны труда и гуманитарных наук. Таким образом, в ней воплотился принцип межпредметной коммуникации, который важен для подготовки специалистов, способных интегрировать идеи из различных областей науки, оперировать междисциплинарными категориями, комплексно воспринимать инновационный процесс. Модульное построение материала [9] соответствует европейским тенденциям болонизации учебного процесса. Преподавание дисциплины предполагает тесное сотрудничество с другими университетами, научными центрами и промышленностью, что соответствует идее университета третьего поколения, или 3G University [10; 11]. Такой университет отличается от классических, появившихся в Европе в XI–XII вв. и ориентированных на трансляцию знаний, и от исследовательских, возникших в XIX в. по модели В. фон Гумбольдта и предназначенных для генерации научных знаний и подготовки исследователей, а также от индустриальных вузов, сложившихся в начале XX в. для обеспече-

ния бурного роста промышленности. Университет третьего поколения – это «проблемно-ориентированный», или «инновационный», университет, предназначенный для подготовки специалистов, способных мыслить вне общепринятых представлений, решать задачи при отсутствии алгоритма, принимать решения в ситуации неопределенности, ограниченности ресурсов и персонального риска, доказывать свою эффективность реальными достижениями и результатами. В 3G университете предполагается гармонизация образовательного процесса и научных исследований, с одной стороны, по принципу «новое в науке – новое в образовании», с другой – путем реализации потенциала преподавателей и студентов для развития фундаментальной науки и внедрения инновационных разработок. Именно по такому принципу в БГУ и организовано преподавание «зелёной» химии.

Программа курса «Введение в “зелёную” химию: Беларусь и страны Вышеградской четверки» предпо-

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 «Белизна», РУП «Светлогорск Химволокно» прошли предварительную регистрацию в соответствии с REACH. Среди движущих сил перехода к «зелёной» стратегии в области химической промышленности необходимо отметить негативный имидж химии, сформировавшийся у населения не без участия СМИ. Озабоченность мировой химической общественности в этой области привела к тому, что крупнейшие предприятия отрасли в более чем 50 странах объединились в программе «Ответственная забота», которая стремится создать для химической промышленности имидж отрасли, применяющей на своих предприятиях строгий режим гигиены труда и охраны окружающей среды. Студенты знакомятся также с Системой глобаль-

Таблица 1

Модульный принцип построения дисциплины [9]

Раздел 1. «Зелёная» химия – химия в интересах устойчивого развития	<p>Модуль 1-1. «Зелёная» химия как наука и мировоззрение.</p> <p>Модуль 1-2. Концепция устойчивого развития и роль химии в его осуществлении.</p> <p>Модуль 1-3. Законодательство в природоохранной деятельности.</p> <p>Модуль 1-4. Основы токсикологии химических продуктов и экологический риск.</p> <p>Модуль 1-5. «Зелёная» химия и нанотоксикология.</p> <p>Модуль 1-6. Менеджмент знаний в условиях постиндустриального общества.</p>
Раздел 2. Основные направления развития «зелёной» химии	<p>Модуль 2-1. Химический синтез и «зелёная химия».</p> <p>Модуль 2-2. Нетрадиционные методы активации химических реакций.</p> <p>Модуль 2-3. Катализ и «зелёная» химия».</p> <p>Модуль 2-4. «Зелёный» дизайн химических процессов.</p> <p>Модуль 2-5. «Зелёные» растворители.</p> <p>Модуль 2-6. Возобновляемые источники энергии и сырья.</p> <p>Модуль 2-7. «Зелёная» химия в Республике Беларусь и странах Вышеградской четверки.</p>

лагает изучение студентами двух основных разделов, которые включают 6 и 7 модулей соответственно (таблица 1).

В рамках курса значительное внимание уделено изучению вопросов общемировоззренческого характера, включая концепцию устойчивого развития и менеджмент знаний в условиях постиндустриального общества.

Поскольку «зелёная» стратегия в области производства требует перехода к новой политике в обращении с химическими веществами, программа предполагает рассмотрение современного законодательства в природоохранной области в целом и в химической отрасли в частности. Так, в 2007 г. в Евросоюзе вступило в силу

ной сертификации, в соответствии с которой к 2015 г. 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 ее предупреждению.

В программе учтено, что формирование мировоззрения современного специалиста-химика – достаточно сложная задача, поскольку ее приходится решать в условиях, когда появляется много новых объектов химического знания (например, наноматериалы, квазикристаллы и т. п.). Данные объекты в классических учебниках еще не описаны всесторонне, а в последних

методических изданиях сведения о них большей частью не структурированы и, как правило, отсутствуют информация об экологических последствиях их использования. В такой ситуации представляется актуальным изучение студентами нанотоксикологии [12]. Наночастицы (диапазон размеров менее 100 нм) и наноматериалы обладают комплексом свойств и биологическим действием, которые радикально отличаются от свойств этих же веществ в форме сплошных фаз или макроскопических дисперсий. При этом, отмечая несомненные преимущества наноматериалов, следует принимать во внимание возможность возникновения потенциального риска для здоровья человека, поскольку вследствие наноразмеров частицы могут не только связываться с нуклеиновыми кислотами, белками, но и встраиваться в мембраны, проникать в клеточные органеллы и тем самым изменять функции биоструктур. Программа курса предполагает ознакомление студентов с прогнозно-аналитической процедурой выявления наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека.

Возвращаясь к истокам, необходимо констатировать, что «зелёная» химия впервые в республике стала преподаваться именно в БГУ, поскольку здесь были разработаны настоящие «зелёные» технологии. Например, сотрудниками НИИ физико-химических проблем БГУ, которыми вместе с химическим факультетом образует уникальный научно-образовательный комплекс, было предложено решение актуальной для Республики Беларусь проблемы замены экологически опасного вискозного процесса получения гидратцеллюлозных волокон, необходимых народному хозяйству [7]. Разработанный процесс исключает использование таких токсичных веществ, как сероуглерод, сероводород, исключает вредные газовые выбросы в атмосферу, сокращает в сотни раз объем сточных вод и в настоящее время внедряется на предприятии «СветлогорскХимволокно». Кроме того, к последним достижениям института относится разработка съедобных пленок для упаковки пищевых продуктов. Такие пленки являются следующим после создания биоразлагаемой упаковки шагом по сокращению отходов упаковочных материалов.

В заключение отметим, что для «зелёной» экономики необходимо готовить не только экологов, но и «зелёных» химиков. Целесообразно также внедрение ее представлений и основных идей в другие дисциплины, а также чтение лекций для студентов иных специальностей, не связанных непосредственно с химией, поскольку в последнее время глобализация подталкивает общество к решению множества экологических и этических проблем. «Зелёная» химия как раз и предполагает обучение студентов не только ее основам и принципам, но и диктует необходимость воспитать из них людей, которые будут ответственно и бережно относиться к окружающей среде. Кроме того, вовлечение студентов не только вузов, но и других типов учебных

заведений (сузов, школ, дошкольных учреждений) в изучение идей «зелёной» химии будет способствовать формированию имиджа БГУ в международном образовательном пространстве как передового «зелёного» кампуса, а также позволит рассматривать БГУ как стартовую площадку для модельного решения важных для страны задач на пути к «зелёной» экономике.

Список литературы

1. Устойчивое развитие Республики Беларусь на принципах «зеленой» экономики: национальное сообщение / НИЭМ М-ва экономики Респ. Беларусь. – Минск, 2012. – 53 с.
2. Finding the Green in today's Shoppers: Sustainability trends and new shopper insights // GMA [Electronic resource]. – Deloitte Green Shopper Study, 2009. – Mode of access: http://www.greenbiz.com/sites/default/files/document/US_CP_GMADeloitteGreenShopperStudy_2009.pdf. – Date of access: 30.06.2014.
3. Игнатъева, А. А. «Зеленая» экономика: практический вектор устойчивого развития или политический компромисс? / А. А. Игнатъева // Россия в окружающем мире [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: http://www/academia.edu/4987434_. – Дата доступа: 30.06.2014.
4. Greening Universities Toolkit: Transforming Universities into Green and Sustainable Campuses: A Toolkit for Implementers. – UNEP, 2013. – 93 p.
5. «Зеленая» стратегия развития образования и промышленности в Беларуси / Т. А. Савицкая [и др.] // Свиридовские чтения: сб. тр. – Минск: БГУ, 2011. – Вып. 7. – С. 236–242.
6. Anastas, P. Green chemistry: Theory and Practice / P. Anastas, J. C. Warner. – N. Y.: Oxford University Press, 1998. – 135 p.
7. Green Approach to Hydrocellulose Fiber Production / D. Grinshpan [et al] // The 2nd Workshop «Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymer Chemistry»: Abstract of lectures, Riga, Latvia, 5–6 May 2011. – Latvia, 2011. – P. 10–13.
8. Использование растительной биомассы для производства различных видов топлива в Республике Беларусь / Г. Я. Кабо [и др.] // Химические проблемы создания новых материалов и технологий: сб. ст. / под ред. О. А. Ивашкевича. – Минск: БГУ, 2008. – Вып. 3. – С. 165–179.
9. Введение в «зеленую химию»: Беларусь и страны Вышеградской четверки: учеб. программа для специальности 1-31 05 01 «Химия» / Т. А. Савицкая [и др.]. – Минск: Изд. центр БГУ, 2013. – 43 с.
10. Wissema, J. G. Towards the Third University Generation: Managing the University in Transition / J. G. Wissema. – Edward Publishing, 2009. – 252 p.
11. Savitskava, T. The Greening of the Chemistry Curriculum: International Cooperation «Belarus-V4 Countries» / T. Savitskava, I. Kimlenka, A. Ryttau // CNS – La Chimica nella Scuola, XXXIV – 3, 2012. – P. 319–326.
12. Савицкая, Т. А. Нанотоксикология как обязательный компонент системы химических знаний в университете / Т. А. Савицкая, И. М. Кимленко // Медико-социальная экология личности: материалы X Междунар. конф., Минск, апрель 2012 г. – Минск: БГУ, 2012. – С. 212–213.