

Шишова Л. С.¹, Санжаровский А. Ю.²

¹Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Москва, Российская Федерация

²Федеральное государственное автономное учреждение «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»

ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация. В данной статье речь пойдёт о перспективах ресурсосберегающих технологий в России. Такая работа актуальна, потому что существует потребность объективной оценки и комплексного анализа перспектив зелёной химии и ресурсосберегающих технологий в России с использованием исследовательского, сравнительного и статистического материалов. Основное внимание акцентируется на возможностях и перспективах современной зелёной химии в России, на основных принципах зелёной химии, современных достижениях в сфере зелёной химии и ресурсосберегающих технологий.

Ключевые слова: зелёная химия, ресурсосберегающие технологии, экология, переработка, безотходное производство.

Shishova L. S.¹, Sanzharovsky A. Yu.²

¹Russian State University of Tourism and Service, Moscow, Russian Federation

²Federal State Autonomous Institution "Scientific Research Institute "Center for Environmental Industrial Policy"

GREEN CHEMISTRY AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

Abstract. This article will focus on the prospects of resource-saving technologies in Russia. Such work is relevant because there is a need for an objective assessment and comprehensive analysis of the prospects of green chemistry and resource-saving technologies in Russia using research, comparative and statistical materials. The main attention is focused on the opportunities and prospects of modern green chemistry in Russia, on the basic principles of green chemistry, modern achievements in the field of green chemistry and resource-saving technologies.

Key words: green chemistry, resource-saving technologies, ecology, recycling, waste-free production.

Введение.

Любое государство стремится использовать в своей деятельности передовые современные технологии. Их соответствие международным стандартам качества и повсеместное применение является одним из наглядных показателей уровня развития государства. В настоящее время человечество всё чаще сталкивается с негативными последствиями химической промышленности.

Химическое производство в том виде, в котором оно есть сейчас, недопустимо для существования, отрасли необходима полномасштабная экологическая модернизация. Внедрение в химическую и другие промышленности нововведений, благоприятствующих сохранению экологии, в первую очередь безотходных и ресурсосберегающих.

Актуальность.

За двадцать первый век планета Земля увидела самое большое количество экологических и техногенных катастроф, что является результатом постепенного и необдуманного потребления природных ресурсов, увеличивающегося со временем в силу глобализации и общедоступности устаревшей информации.

В настоящий момент большая часть используемых технологий в области ресурсосбережения – придуманные ещё в советские времена методы. Данные подходы уже не применимы к текущему положению вещей. Российская Федерация сильно уступает в вопросах ресурсосбережения Америке и странам Европы, где к этому вопросу привлекают больше как государственного, так и общественного внимания. Отечественная промышленность и люди продолжают производить все больше отходов – как промышленных, так и бытовых.

Дальнейшее движение в данном направлении приведёт к систематичному выпуску неэффективной и неконкурентоспособной продукции, непригодной для использования ни в одной из областей, а также ухудшению среднестатистического уровня жизни россиян. Такие изменения повлекут за собой необратимые последствия в виде отрицательного воздействия на здоровье населения и потери текущего статуса страны на мировой арене.

Методы исследования. Сравнение, анализ, обобщение, статистический метод.

Цель. Проведение объективной оценки и комплексного анализа перспектив зелёной химии и ресурсосберегающих технологий в России с использованием исследовательского, сравнительного и статистического материалов.

Основная часть.

Зелёная химия является новым научным направлением в химии, появившееся около тридцати лет назад. К зелёной химии можно отнести любое усовершенствование уже существующих химических процессов, которое имеет положительное воздействие на экологию и окружающую среду [1].

Зелёная химия направлена на изобретение инновационных схем химических реакций и процессов, призванных максимально сократить отрицательное влияние химических токсичных производств. Также она направлена на обдуманный отбор первичных материалов, а также схем, подходов и процессов, которые, по возможности, полностью исключают использование вредных веществ.

Основной целью данного научного направления является не простое получение нужного для производственного процесса вещества, а также разработка максимально экологичного способа его добычи и/или производства [4].

В своей основе зелёная химия содержит двенадцать основных принципов, их последовательное использование приводит к постепенному снижению общих затрат на производство и экономию энергии (в силу вывода из основных

стадий производства этапов уничтожения и/или переработки побочных веществ).

Упомянутые выше принципы были описаны в 1998 году П. Т. Анастас и Дж. С. Уорнер в своей книге «Зеленая химия: теория и практика», которыми следует руководствоваться исследователям, работающим в данной области [2]:

1. Лучше предотвратить потери, чем перерабатывать и чистить остатки.

2. Методы синтеза надо выбирать таким образом, чтобы все материалы, использованные в процессе, были максимально переведены в конечный продукт.

3. Методы синтеза по возможности следует выбирать так, чтобы используемые и синтезируемые вещества были как можно менее вредными для человека и окружающей среды.

4. Создавая новые химические продукты, надо стараться сохранить эффективность работы, достигнутую ранее, при этом токсичность должна уменьшаться.

5. Вспомогательные вещества при производстве, такие, как растворители или разделяющие агенты, лучше не использовать совсем, а если это невозможно, их использование должно быть безвредным.

6. Обязательно следует учитывать энергетические затраты и их влияние на окружающую среду и стоимость продукта. Синтез по возможности надо проводить при температуре, близкой к температуре окружающей среды, и при атмосферном давлении.

7. Исходные и расходуемые материалы должны быть возобновляемыми во всех случаях, когда это технически и экономически выгодно.

8. Где возможно, надо избегать получения промежуточных продуктов (блокирующих групп, присоединение и снятие защиты и т. д.).

9. Всегда следует отдавать предпочтение каталитическим процессам (по возможности наиболее селективным).

10. Химический продукт должен быть таким, чтобы после его использования он не оставался в окружающей среде, а разлагался на безопасные продукты.

11. Нужно развивать аналитические методики, чтобы можно было следить в реальном времени за образованием опасных продуктов.

12. Вещества и формы веществ, используемые в химических процессах, нужно выбирать таким образом, чтобы риск химической опасности, включая утечки, взрыв и пожар, были минимальными.

Основной метрикой в зелёной химии является E-фактор - соотношение массы произведенного вещества и отходов. Он помогает проанализировать, насколько много отходов приходится на одну единицу произведенного вещества. По такой метрике оценивают множество отраслей, выясняя, какая из них является наиболее экологичной по отношению к людям и окружающей среде.

Данная метрика легко применима в промышленных масштабах из-за своей несложной измеримости – производство без труда может измерить,

сколько материала попадает на площадку и сколько остается в виде продукта и отходов, напрямую выдавая точный E-фактор для площадки.

E-фактор, включающий выход, стехиометрию и использование растворителя, является отличным показателем. E-факторы могут быть как объединены для оценки многоступенчатых реакций шаг за шагом, так и в одном вычислении (табл.1.)

Таблица 1

E-Факторы в химической промышленности

Промышленный сектор	Годовая добыча (т)	E-фактор	Произведено отходов (т)
Нефтепереработка	$10^6 - 10^8$	Ок. 0,1	$10^5 - 10^7$
Массовые химикаты	$10^4 - 10^6$	<1–5	$10^4 - 5 \times 10^6$
Тонкие химикаты	$10^2 - 10^4$	5–50	$5 \times 10^2 - 5 \times 10^5$
Фармацевтические препараты	$10 - 10^3$	25–100	$2,5 \times 10^2 - 10^5$

Также метриками зелёной химии являются: процентный выход, эффективность реакционной массы, эффективная массовая эффективность, EcoScale, BioLogicTool plots. Все они существуют для того, чтобы позволить сравнение различных производств, отраслей. Если существует несколько экономически целесообразных способов производства продукта, рациональнее будет выбрать именно тот, что наносит наименьший вред окружающей среде.

6-8 декабря 2021 года в Перми в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Ресурсосберегающие и эколого-безопасные процессы в химии и химической технологии» было представлено множество потенциальных технологий, относящихся к направлению зелёной химии и стремящихся значительно снизить пагубное влияние промышленности на окружающую среду, но увеличить ресурсо- и материалоемкость производства, экологическую чистоту и возможность утилизации, переработки и вторичного использования материалов [3]. Например: химико-каталитическое осаждение сплава Ni-Mo-P; синтез нового мультирадикального соединения – 1,3,5-три-3'-(1,5-дифенилвердазил) бензола; фенолформальдегидные смолы для теплоизоляционных материалов с увеличенным сроком хранения; плоды перца сладкого оранжевой окраски как источник зеаксантина; формирование супергидрофобных покрытий на меди с применением электрохимических методов; водные расслаивающиеся системы, содержащие антипирин, салициловую (сульфосалициловую) и неорганические кислоты для извлечения макроколичеств солей металлов; дизайн экстракционных систем на основе поверхностно-активных веществ; сорбция ионов молибдена(vi) и рения(vii) на кремнеземах, модифицированных диметилгидразидами и пр. [5].

Все они имеют огромный потенциал для того, чтобы производство химических веществ, расширяясь, снижало количество отраслевых отходов [7].

Для большинства населения рост и развитие зелёной химии может остаться незамеченным, но люди потребляют большое количество химической продукции, она присутствует во всём, что нас окружает. К сожалению, в России на данный момент промышленные предприятия совсем не торопятся массово внедрять зеленые химические технологии.

Однако уже сейчас многие организации инвестируют в молодые умы: продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO) и международный союз по теоретической и прикладной химии (IUPAC) финансируют исследования молодых ученых в области зеленой химии [6].

Активное развитие и разработка зелёных технологий является хорошей предпосылкой для построения «Зелёного» государства в будущем, но пока что экономия на зеленой химии для большинства производств не слишком очевидна и изменение технологических процессов сопряжено с очень большими рисками и потерями.

Выводы.

Подводя итоги, современные инновационные технологии дают производителям возможность совершить качественный технологический скачок в развитии отечественной промышленности и снизить негативное воздействие на экологию. Уже сейчас производители могут заменять растворные связующие на расплавные, использовать по возможности натуральные наполнители, автоматизированные и энергосберегающие технологии, сокращать количество стадий разработки различных веществ, заменять токсичные элементы.

Заключения.

Для устойчивого развития России нужны четко сформулированная государственная политика и поддержка зеленых технологий. Когда зелёное производство станет выгоднее обычного и затраты производителя при той же цене на его продукцию окажутся ниже, начнётся рост зелёных технологий. Бесконечный рост промышленности невозможен, миру нужны новые безвредные и безотходные технологии. То, что еще 20 лет назад казалось фантастикой – реакции в воде, сверхкритические условия – сейчас внедряется на крупных предприятиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферова Н.А. Зеленая химия и тенденция ее развития / Н. А. Алферова, А. М. Минакова, Ю. М. Аверина, В. В. Меньшиков // Успехи в химии и химической технологии. – 2017. – Т. 31. – № 15(196). – С. 84-85. – EDN ZWUMIH.
2. P.T.Anastas, J.C.Warner, Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press, New York, 1998, p.30
3. Доронкина, И. Г. Эволюция технологических подходов при решении проблемы твердых бытовых отходов / И. Г. Доронкина, О. Н. Борисова // Сервис в России и за рубежом. – 2015. – Т. 9. – № 4(60). – С. 102-111. – DOI 10.12737/16089. – EDN VDALEZ.
4. Nur, A. K. Green chemistry and its role in human life / A. K. Nur // Herald of the Pedagogical University. Natural Sciences. – 2019. – No 3-4(3-4). – P. 236-242. – EDN NZIATK.

5. Ресурсосберегающие и экологобезопасные процессы в химии и химической технологии [Электронный ресурс] : тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Пермь, 6–8 декабря 2021 г.) / отв. за вып. А. М. Елохов ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2021. – 5,5 Мб; 101 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/resursosberelayushchie-i-ekologobezopasnyeprocessy-v-himii.pdf>.
6. Тимофеева, Т. С. Зеленая химия: принципы и перспективы / Т. С. Тимофеева // Современные условия взаимодействия науки и техники : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции: в 3 частях, Омск, 13 декабря 2017 года. – Омск: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2017. – С. 7-9. – EDN XIJVDX.
7. Шубов, Л. Я. Стратегия оптимизации комплексного управления твердыми бытовыми отходами в Российской Федерации / Л. Я. Шубов, О. Н. Борисова, И. Г. Доронкина // Экология промышленного производства. – 2017. – № 4(100). – С. 16-25. – EDN ZVRVBT.