

А.А. Ережепекова, А. Абылайхан
Б.К. Шаихова, З.С. Даутова, С. М. Кусаинова

Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова,
Усть-Каменогорск, Казахстан
(E-mail: ainur_kz@gwu.edu, akerke.plenko@gmail.com, bshaikhova@mail.ru, dautowa@mail.ru)

Почему «зеленая химия» не имеет альтернатив?

Аннотация. Целью статьи является анализ внедрения элементов «зеленой химии» в систему образования и на промышленных предприятиях. Кроме того, статья раскрывает содержание понятия «зеленой химии» и рассматривает ключевые этапы развития. Автор уделяет особое внимание загрязнению окружающей среды промышленными предприятиями. Предлагаются решения проблем на раннем этапе, обучение и знакомство с понятием «зеленая химия» в расширенном формате в средних школах, а также внедрение элементов «зеленой химии» на предприятиях. В результате исследования выявлены следующие проблемы: в настоящее время понятию «зеленая химия» в школьной программе не отведено должного внимания, что требует доработки; согласно данным ОЭСР предприятия, имеющие продукты с элементами «зеленой химии», не вызывают заинтересованности в развитии, кроме того, не существует норм или регламента со стороны государств. В результате сравнительного анализа учебного плана средних школ США и Казахстана, по аналогии, рекомендуется внедрение «зеленой химии» в Казахстан в среднем звене с 7 по 9 классы. Кроме того, необходимо выработать механизм регулирования предприятий по внедрению «зеленой химии» с участием государства. Ключевые слова: «зеленая химия», 12 принципов «зеленой химии», учебный план с элементами «зеленой химии», предприятия с элементами «зеленой химии».

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6895-2022-138-1-329-336>

Введение

Ежегодно население планеты возрастает в геометрической прогрессии, отчет ООН предполагает, что численность населения увеличится с 7,7 миллиардов в 2020 году до 9,7 миллиардов к 2050 году [1]. В целях обеспечения жизнедеятельности человек потребляет огромное количество природных ресурсов. Увеличение людей на планете является прямой угрозой существованию всей планеты. По данным отчета ОЭСР химическая индустрия в мире является наиболее масштабной с бюд-

жетом более EUR 4000 миллиардов в год, ожидается прирост еще на EUR 2200 миллиардов к 2060 году [2].

Согласно данным Всемирного лесного дозора, на сегодня человечество уже разрушило около 104 миллиона гектаров леса на Земле [3]. То же самое происходит и в других областях. Несомненно, мировым сообществом предпринимаются попытки по восстановлению, сокращению и сохранению природных ресурсов. Так, Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН в целях устойчивого развития гласит об улучшении жизни всех людей

и планеты [4]. Выступление подростка Греты Тунберг «о потребительском отношении к планете» свидетельствует о накаляющейся обстановке в мире, которая требует неотъемлемого принятия решений. Таким образом, на сегодня сохранение окружающей среды на этапе производства и утилизации остается актуальным вопросом. Одним из инструментов снижения вреда окружающей среде и достижения устойчивого развития является «зеленая химия». Однако интегрирование «зеленой химии» повсеместно - все еще открытый вопрос.

В данной статье раскрываются основные понятия и принципы «зеленой химии» и рассматривается возможность внедрения элементов «зеленой химии» на предприятиях, а также в учебные планы средних школ.

Методология исследования.

В работе используется эмпирический метод путем сравнительного анализа школьных программ двух стран США и Казахстана, количественный метод, приведены данные опроса, проведенные Организацией экономического сотрудничества и развития (далее-ОЭСР).

Этапы формирования «зеленой химии». В США «зеленая химия» стала широко извест-

на после подписания Акта о предотвращении загрязнения окружающей среды 1990 года [5]. В данном документе прописаны основные понятия «зеленой химии», цели и задачи. Далее международные организации также выразили интерес в развитии «зеленой химии», к примеру, провозглашенные ООН «цели устойчивого развития» непременно касаются сохранения окружающей среды и природных ресурсов, в том числе по средствам «зеленой химии». Позднее, в 1998 году, П.Т. Анастас и Дж.С. Уорнер в своей книге «Зеленая химия: теория и практика» сформируют фундаментальные принципы использования «зеленой химии» [6], которые по сей день являются основными при внедрении или использовании «зеленой химии» повсеместно.

«Одними из первых принципы зеленой химии сформулировали Пол Анастас и Джон Уорнер в вышедшей в 1998 книге «Зеленая химия: теория и практика». Эти принципы стали своего рода заповедями технологов и исследователей, работающих в этой области [6].

Одно из определений «зеленой химии» — это свод принципов по снижению или искоренению использования опасных веществ в производстве, обработке химических продуктов и прочих процессов, загрязняющих окружающую среду. «Зеленая химия» является

1	Потери лучше предотвратить, чем заниматься переработкой и очисткой отходов.
2	Процесс синтеза следует проектировать так, чтобы все реагенты были в максимальной степени переведены в целевой (конечный) продукт.
3	Методы синтеза нужно выбирать таким образом, чтобы реагенты и синтезируемые вещества были как можно менее токсичными в отношении человека и как можно менее вредными для окружающей среды.
4	Разработка технологии получения нового продукта должна сопровождаться как минимум сохранением ранее достигнутой эффективности процесса при безусловном снижении токсичности.
5	Необходимо, насколько это возможно, отказываться от применения растворителей, экстрагентов и иных вспомогательных веществ, если же обойтись без них не получается, их использование должно быть безопасным и безвредным.
6	При разработке технологии нужно учитывать стоимость продукта, энергоемкость процесса и возможное влияние на окружающую среду. Следует стремиться к проведению всех процессов при атмосферном давлении и температуре, близкой к температуре окружающей среды.

7	Используемые в процессе материалы и реагенты во всех случаях, когда это экономически оправдано, должны быть возобновляемыми.
8	При любой возможности следует стараться проводить процесс получения целевого продукта без образования и накопления промежуточных продуктов.
9	Каталистические селективные процессы имеют преимущество перед любыми другими.
10	Химический продукт после использования должен разлагаться на безопасные компоненты, не оставаясь в окружающей среде.
11	Следует всемерно развивать методики анализа в реальном времени, чтобы непрерывно отслеживать образования опасных продуктов.
12	Проектируя химический процесс, реагенты и их форму (агрегатное состояние, температуру, гранулометрический состав и т.п.) нужно выбирать таким образом, чтобы свести к минимуму риск химической опасности, в том числе возможность утечки, взрыва, возгорания.

многопрофильной областью, которая охватывает синтез, катализ, растворы, сырье, материалы и прочие процессы [7].

Стоит отметить, что не только за рубежом, но и в бывшем Советском Союзе уделялось особое внимание развитию «зеленой химии». Так, в «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы» признано развивать комбинированное производство, обеспечивающее полное и комплексное использование природных ресурсов, сырья и материалов, исключаящие или существенно снижающие вредное воздействие на окружающую среду» [8]. Таким образом, во всем мире в разное время была необходимость развития производства, снижающего вредные выбросы. Однако история поэтапного развития и внедрения «зеленой химии» активно продвигается после 1990 года.

«Зеленая химия» в системе образования. Помимо внедрения «зеленой химии» в производственные процессы, немаловажную роль играют образовательные программы, включающие элементы «зеленой химии». Американская ассоциация химиков (далее- Ассоциация) уделяет особое внимание развитию

и интеграции «зеленой химии» в школьную учебную программу К-12 [9]. Ассоциация полагает, что тем раньше повышать интерес молодежи и юных химиков к сохранению окружающей среды и разработке экологически дружелюбных опытов, тем больше вероятности развития «зеленой химии». Кроме того, согласно данным Ассоциации, внедрение курсов на выбор по химии в старших классах в последующем положительно отражается на развитии «зеленой химии». Образовательная программа Республики Казахстан (рис.1), также заявляет о внедрении элементов «зеленой химии» в учебный план средних школ. В этой связи был проведен сравнительный анализ двух стран, Республики Казахстан и США, по наличию и перспективам развития «зеленой химии» в школьной программе.

Таким образом, данные сравнительного анализа демонстрируют, что школьная программа Казахстана, значительно уступает программе США в части просвещения школьников по основам «зеленой химии». Если за рубежом ученики имеют возможность ознакомиться с определением «зеленая химия» еще в средних классах, то казахстанская программа дает такую возможность лишь в 11 классе. Особое внимание стоит уделить тому,

Сравнительная таблица образовательных программ в средних школах двух стран Казахстан и США			
Программа США		Программа Казахстана	
Среднее звено	7-9 классы	Среднее звено	7-9 классы
Химия (Прикладные науки)	Программа имеет элементы «зеленой химии»	Химия	Не имеет в программе элементы «зеленой химии»
Старшее звено	10-11 классы	Старшее звено	10-11 классы
Химия (Прикладные науки)	Программа имеет элементы «зеленой химии», а также имеет курсы на выбор по теме «зеленая химия».	Химия	Только в 11 классе имеется 1 час посвященный «зеленой химии».

Рис.1

что курсы на выбор, в том числе по химии, казахстанская программа в средних школах не предусматривает. Таким образом, казахстанские ученики уже уступают в формировании знаний о «зеленой химии». Исходя из этого следует, что интегрирование элементов «зеленой химии» в школьную программу, начиная со среднего звена, позволит улучшить качество знаний учащихся в отечественных школах. В этой связи необходимо внедрение

методики преподавания химии с элементами «зеленой химии».

«Зеленая химия» на предприятиях. Согласно исследованиям ОЭСР (рис.2) актуальность «зеленой химии» успешна до той поры, пока присутствует рентабельность [10]. Таким образом, затраты на производство продукции по средствам «зеленой химии» должны приносить прибыль. Вышеупомянутый отчет также приводит данные исследования, про-



Рис. 2 «Исследования ОЭСР»

веденные на заводах стран ОЭСР о конкурентоспособности продуктов, производимых по средствам «зеленой химии».

Таким образом, 44% и 34% респондентов положительно отзываються о внедрении зеленой химии. Однако 9% полагает, что данный процесс является затратным и некупаемым. Кроме того, 13% не дали ответа. Несмотря на то, что более половины опрошенных верят в будущее «зеленой химии», остаются 9 и 13 процентов полагающих, что данный процесс сомнителен.

Вместе с тем, несмотря на наличие 12 принципов «зеленой химии», не существует единого руководства по применению «зеленой химии» повсеместно. То есть каждое предприятие индивидуально и должно адаптировать «зеленую химию» в соответствии с их особенностями. Данный процесс занимает время и ресурсы, не каждое предприятие или завод готовы к таковым расходам. Подтверждение тому можно найти в трудах Лунина и Локтевой, где упоминается, что «часто представители промышленности отвергают принципы зеленой химии на основании того, что предлагаемое революционное изменение производства экономически не целесообразно» [11].

Кроме того, в вышеназванном исследовании так же остро поднимается вопрос о необходимости государственного регулирования в процессе внедрения зеленой химии на предприятиях, так как фактор прибыльности значительно важнее, чем сохранение природных ресурсов в индустрии производства.

Обсуждение.

Вследствие чего вопросы остаются открытыми, какова заинтересованность производителей в данных расходах, будут ли разрабатываться законодательные нормы и по какому механизму будет осуществляться государственное регулирование? Возможно ли расширение «зеленой химии» по средствам льготного налогообложения?

Результаты и выводы.

Вследствие проделанной работы очевидно, что внедрение зеленой химии в современном мире весьма актуально. Анализ показывает, что лидирующие страны, к примеру, США и Россия, уже обратили взоры на искоренение потребительского отношения к природным ресурсам и возможности экологических решений. Однако данные также свидетельствуют, что, несмотря на стремительное развитие «зеленой химии» в Казахстане, все еще требуется дополнительная поддержка от государственных структур в лице локальных управлений образований для возможности включения «зеленой химии» в учебный план средних школ, не только в 11 классе, но и в 7-ом (с момента преподавания предмета «химия»). Кроме того, остаются открытыми вопросы регулирования предприятий по внедрению «зеленой химии» и касательно механизма/структуры развития такого типа предприятий.

Список литературы

1. UN report «The World Population Prospects 2019: Highlights». [Электронный ресурс]. – 2019. – URL: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html> (дата обращения: 17.06.2019).
2. OECD report. [Электронный ресурс]. – 2018. – URL: <https://www.oecd.org/newsroom/raw-materials-use-to-double-by-2060-with-severe-environmental-consequences.htm> (дата обращения: 22.10.2018).
3. Harris N., Petersen R., & Minnemeyer S. World Lost 8 Percent of its Remaining Pristine Forests Since 2000. [Электронный ресурс]. – 2014. – URL: <https://www.globalforestwatch.org/blog/data-and-research/world-lost-8-percent-of-its-remaining-pristine-forests-since-2000/> (дата обращения: 04.09.2014).
4. Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года [Электронный ресурс]. – 2015. – URL: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_ru.pdf (дата обращения: 21.10.2015).

5. Акт о предотвращении загрязнения окружающей среды, США. [Электронный ресурс]. – 1990. – URL: <https://www.epa.gov/p2/pollution-prevention-act-1990#def> (дата обращения: 21.10.2015).
6. Anastas P.T., Warner J.C. Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press, New York, 1998.
7. Sambhudevan S. «Green Chemistry and Sustainability». 2018. [Электронный ресурс]. – 2018. – URL: <https://amrita.edu/news/green-chemistry-and-sustainability/> (дата обращения: 01.07.2018).
8. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии. – М.: Издательство Московского университета, 1988.
9. Американская ассоциация химиков [Электронный ресурс]. – 2021. – URL: <https://www.acs.org/content/acs/en/education/outreach/science-coaches.html> (дата обращения: 01.07.2018).
10. The Role of Government Policy in Supporting the Adoption of Green/Sustainable Chemistry Innovations. Series on Risk Management No. 26 [Электронный ресурс]. – 2012. – URL: [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2012\)3&doclanguage=en](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2012)3&doclanguage=en) (дата обращения: 01.07.2018).
11. Лунин В.В., Локтева Е.С. «Зеленая» химия в России [Электронный ресурс]. – 2004. – URL: http://www.greenchemistry.ru/publications/greenchem_rus.htm (дата обращения: 01.07.2018).

References

1. UN report «The World Population Prospects 2019: Highlights». [Electronic resource] Available at: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html> (Accessed: 17.06.2019).
2. OECD report [Electronic resource] - Available at: <https://www.oecd.org/newsroom/raw-materials-use-to-double-by-2060-with-severe-environmental-consequences.htm> (Accessed: 22.10.2018).
3. Harris N., Petersen R., & Minnemeyer S. World Lost 8 Percent of its Remaining Pristine Forests Since 2000. [Electronic resource] Available at: <https://www.globalforestwatch.org/blog/data-and-research/world-lost-8-percent-of-its-remaining-pristine-forests-since-2000/> (Accessed: 04.09.2014).
4. Rezoljucija, prinjataja General'noj Assambleeї 25 sentjabrja 2015 goda [Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015] [Electronic resource]. Available at: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_ru.pdf (Accessed: 21.10.2015).
5. Акт о предотвращении загрязнения окружающей среды, США [Pollution Prevention Act, USA. 1990] [Electronic resource]. Available at: <https://www.epa.gov/p2/pollution-prevention-act-1990#def>. (Accessed: 21.10.2015).
6. Anastas P.T., Warner J.C. Green Chemistry: Theory and Practice (Oxford University Press, New York, 1998).
7. Sambhudevan S. «Green Chemistry and Sustainability». 2018 [Electronic resource]. Available at: <https://amrita.edu/news/green-chemistry-and-sustainability/> (Accessed: 01.07.2018).
8. Mineev V.G. Jekologicheskie problemy agrohimii [Ecological problems of agrochemistry] (Moscow University Press, Moscow, 1988).
9. Amerikanskaja asociacija himikov [American Association of Chemists]. 2021. [Electronic resource]. Available at: <https://www.acs.org/content/acs/en/education/outreach/science-coaches.html> (Accessed: 01.07.2018).
10. The Role of Government Policy in Supporting the Adoption of Green/Sustainable Chemistry Innovations. Series on Risk Management No. 26. 2012. [Electronic resource]. Available at: [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2012\)3&doclanguage=en](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2012)3&doclanguage=en) (Accessed: 01.07.2018).
11. Lunin V.V., Lokteva E.S. «Zelenaja» himija v Rossii [«Green» chemistry in Russia]. 2004. [Electronic resource]. Available at: http://www.greenchemistry.ru/publications/greenchem_rus.htm (Accessed: 01.07.2018).

А.А. Ережепекова, А. Абылайхан, Б.К. Шаихова, З.С. Даутова, С. М. Кусаинова

С.Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан

Негізгі «жасыл химияның» баламасы жоқ?

Аңдатпа. Мақаланың мақсаты - білім беру жүйесіне және өндірістік кәсіпорындарға «жасыл химия» элементтерін енгізуді талдау. Сонымен қатар, мақала «жасыл химия» ұғымының мазмұнын ашып, дамуының негізгі кезеңдерін қарастырады.

Автор бүкіл планетаның жойылуына, соның ішінде өндірістік кәсіпорындардың қоршаған ортаны ластауына ерекше назар аударады. Осы тақырыпты зерттей отырып, проблемаларды ерте кезеңде шешу, орта мектептерде «жасыл химия» ұғымымен таныстыру мен оқытуды, сондай-ақ кәсіпорындарда «жасыл химия» элементтерін енгізу шешімдерін ұсынады.

Зерттеу нәтижесінде мынадай проблемалар анықталды: қазіргі уақытта мектеп бағдарламасында «жасыл химия» ұғымына тиісті назар аударылмаған, Экономикалық ынтымақтастық және даму ұйымы деректеріне сәйкес «жасыл химия» элементтері кездесетін өнімдері бар кәсіпорындардың дамуға мүдделілігі, сонымен бірге мемлекет тарапынан нормалары мен регламенттері жоқ.

АҚШ пен Қазақстанның орта мектептерінің оқу бағдарламасын салыстырсақ «жасыл химияны» АҚШ-та 7-ден 9-сыныпқа дейін орта буында оқытады және Қазақстанда осы сыныптарда енгізу ұсынылады. Сонымен бірге мемлекеттің қатысуымен «жасыл химияны» енгізу жөніндегі кәсіпорындарды реттеу тетігін әзірлеу қажет.

Түйінді сөздер: «жасыл химия», «жасыл химияның» 12 қағидасы, «жасыл химия» элементтері бар оқу жоспары, «жасыл химия» элементтері бар кәсіпорындар.

A.A. Yerezhpekova, A. Abylaikhan, B.K. Shaikhova, Z.S. Dautova, S.M. Kussainova

Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

Why «green chemistry» does not have an alternative?

Abstract. The purpose of this article is to analyze the integration of elements of «green chemistry» into the education system and industrial enterprises. Therefore, the article reveals the content of the concept of «green chemistry» and considers the key stages of development.

The author pays attention to the destruction of the planet, including environmental pollution by industrial enterprises. Having studied this topic, the following solutions are proposed. Teaching and introducing the concept of «green chemistry» in an expanded format in secondary schools. As well as promoting the integration of elements of «green chemistry» at industrial enterprises. As a result of the study, the following issues were identified: currently, there is no focus on the concept of «green chemistry» in secondary schools' curriculum, which needs to be improved; according to the OECD data, industrial enterprises that have products with elements of «green chemistry» have no interest in developing it, in addition, there are no norms or regulations from the states' side.

The comparative analysis results demonstrate that the United States secondary schools' curriculum provides more information about «green chemistry», rather than the kazakhstani curriculum. Therefore, it is recommended to introduce «green chemistry» elements in the kazakhstani schools from the middle school (grades 7 to 9). In addition, it is necessary to develop a mechanism for regulating industrial enterprises to integrate «green chemistry» with the states participation.

Key words: green chemistry, 12 principles of green chemistry, curriculum with elements of green chemistry, enterprises with elements of green chemistry.

Сведения об авторах:

Ережепекова А.А. – автор для корреспонденции, магистр в области образования (США), докторант кафедры химии, факультет естественных наук и технологий, Восточно-Казахстанский университет имени С.Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан.

Абылайхан А. – PhD естественных наук (Германия), советник ректора, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Yerezhepekova A.A. – **Corresponding author**, Master of Education (USA), PhD student, Faculty of Natural Sciences and Technology, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

Abylaikhan A. – PhD of Natural Sciences (Germany), Adviser to the rector of the L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.