

**Т. А. Савицкая<sup>1</sup>, И. М. Кимленко<sup>2</sup>**

УДК 004: 372.854

<sup>1</sup> Кафедра физической химии, химический факультет, Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup> Кафедра радиационной химии и химико-фармацевтических технологий, химический факультет, Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОГО САЙТА «ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ» В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

В статье обсуждаются основные задачи «зеленой» химии в современном обществе, структурные разделы специализированного сайта и его роль в преподавании дисциплины «Зеленая химия».

**Ключевые слова:** «зеленая» химия; сайт; видеоконтент; технологии обучения.

**Образец цитирования:** Савицкая Т. А. , Кимленко И. М. Использование предметного сайта «Зеленая химия» в образовательном процессе / Т. А. Савицкая, И. М. Кимленко // София: электрон. науч.-просветит. журн. – 2023. – № 1 – С. 107–115.

**T. Savitskaya<sup>1</sup>, I. Kimlenka<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Department, Chemical Faculty, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup> Radiation Chemistry and Chemical and Pharmaceutical Technologies Department, Chemical Faculty, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

## SUBJECT WEBSITE “GREEN CHEMISTRY” IN EDUCATION

The article discusses the main objectives of “green” chemistry in modern society, the structural sections of a specialized site and its role in teaching the discipline “Green chemistry”.

**Keywords:** green chemistry; website; video content; teaching technologies.

**For citation:** Savitskaya T. & Kimlenka I. Subject Website “Green Chemistry” in Education. Sophia. 2023;1;107–115. Russian.

**Авторы:**

**<sup>1</sup> Татьяна Александровна Савицкая** – доктор химических наук, профессор кафедры физической химии химического факультета Белорусского государственного университета.

<https://orcid.org/0000-0003-4151-3614>  
[savitskayata@bsu.by](mailto:savitskayata@bsu.by)

**Authors:**

**<sup>1</sup> Tatsiana Savitskaya** – Dr. Sc. in Chemistry, Professor at the Physical Chemistry Department, Chemical Faculty, Belarusian State University.



<sup>2</sup> **Ирина Михайловна Кимленко** – кандидат химических наук, доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета Белорусского государственного университета.

<https://orcid.org/0000-0001-5035-2993>  
[kimlenka@bsu.by](mailto:kimlenka@bsu.by)

<sup>2</sup> **Iryna Kimlenka** – PhD in Chemistry, Associate Professor at the Radiation Chemistry and Chemical and Pharmaceutical Technologies Department, Chemical Faculty, Belarusian State University.



**В** современном обществе существуют два мнения о химии: с одной стороны, неопределима польза продуктов, которые производят с помощью химии, а с другой – громаден ущерб, который наносит химия окружающей среде и здоровью человека. К настоящему времени для решения возникающих экологических проблем предложены две стратегии: «конца трубы» (*end of pipe strategy*), когда проблемы решаются после их возникновения, т. е. в конце технологического цикла (например, очистка сточных вод, газовоздушных выбросов, захоронение твердых отходов), и предотвращения загрязнения (*pollution prevention*), когда устанавливаются и устраняются сами причины возникновения загрязнения. Именно такой путь решения экологических проблем предлагает «зеленая» химия. По определению Международного союза чистой и прикладной химии (ИЮПАК) «Зеленая химия – это изобретение, разработка и применение химических продуктов и процессов, уменьшающих или исключаящих использование и образование опасных веществ» [7].

В Национальном сообщении «Устойчивое развитие Республики Беларусь на принципах “зеленой” экономики» [4] указаны направления перехода страны к «зеленой» экономике как важному инструменту обеспечения устойчивого развития и экологической безопасности. Такая трансформация предполагает создание «зеленых» технологий и «зеленой» продукции, а это в нашей республике невозможно без развития «зеленой» химии, поскольку химическая отрасль является важнейшей отраслью промышленности. Таким образом, стратегия «зеленой» химии – это создание и использование новых технологических схем, которые безопасны для окружающей среды и человека.

С точки зрения химического образования роль «зеленой» химии среди множества химических дисциплин, составляющих базисную основу профессиональных знаний химиков, можно рассматривать как этико-философскую надстройку, без которой невозможно сформировать мировоззрение будущего специалиста, готового к деятельности в рамках достижения целей устойчивого развития. Особенность «зеленой» химии в том, что она вооружает химиков не только революционной философией, направленной на предотвращение загрязнения окружающей среды, но и указывает новые способы синтеза, включающие новые методы активации и конструкцию реакторов, новые безопасные «зеленые» растворители и предлагает перейти к использованию сырья, полученного из биомассы, а не из нефти.

Прошло уже более тридцати лет с тех пор, как сформированное в конце 90-х годов XX в. направление «“зеленая” химия» стало одной из ведущих научных парадигм, лежащих в основе развития современных промышленных производств. Соответствующие

технологии, процессы и продукты внедряются не только в химической, но и в других отраслях, использующих химикаты, например, в легкой и пищевой промышленности. Поэтому неудивительно, что сегодня «зеленая» химия как учебная дисциплина преподается во многих университетах мира, выступая главным компонентом образования для устойчивого развития [5].

Белорусский государственный университет стал первым университетом в Республике Беларусь, в котором с 2009 г. «зеленая» химия включена в учебные планы подготовки студентов химического факультета и в настоящее время преподается на двух ступенях высшего образования. Задачи учебной дисциплины «Введение в “зеленую” химию» для студентов первой ступени образования – показать большое значение «зеленой» химии для развития не только химии, но и других естественных наук: биологии, экологии, геологии и др., а также социальной сферы; продемонстрировать, что зеленая химия сегодня – это не просто имиджевый фактор и научное направление в химии, направленное на усовершенствование химических процессов, положительно влияющих на состояние окружающей среды, но и важный элемент корпоративной культуры крупных химических компаний, демонстрирующих свою ответственность за обеспечение экологической безопасности нашей планеты. Дисциплины «“Зеленые” технологии в химической промышленности» и «“Зеленые” технологии в интересах устойчивого развития» дают студентам магистратуры уже не базовые знания по «зеленой» химии, а углубленное представление о соотношении понятий «зеленая» экономика и «зеленая» промышленность, современных тенденциях использования принципов «зеленой» химии в промышленности на конкретных примерах инновационных разработок в области «зеленых» технологий в мире и Республике Беларусь.

Следует отметить, что преподавание «зеленой» химии в университетах нашей страны осложняется недостаточной разработанностью учебно-методических комплексов по данной учебной дисциплине. Кроме того, необходимо принимать во внимание тот факт, что общество сегодня становится все более зависимым от такого социального феномена, которое в научной литературе определяется как «цифровое поколение» (сетевое поколение, iGen) [3]. Социологи так называют поколение детей и молодежи, рожденное после 1996 г., которое сегодня составляет основную часть студенчества. Организация образования молодежи «цифрового поколения» является вызовом для системы образования. Ранее нами была показана высокая эффективность использования в современной образовательной среде технологий лекционного подкастинга и видео лабораторных работ [2]. В дополнение к имеющимся разработкам нами предложена концепция и создан специализированный сайт «Зеленая химия», баннер которого размещен на сайте химического факультета БГУ (<https://chemistry.bsu.by/index.php/ru/zelenaya-khimiya>). Основопологающей целью сайта является позиционирование в сети Интернет дисциплины «Зеленая химия», преподаваемой на химическом факультете, как уникальной в своем роде, обладающей выраженным креативным компонентом в виде разнообразных творческих заданий, а также как дисциплины, имеющей мировоззренческую значимость для студентов-химиков, в которой в полной мере воплотился принцип межпредметной коммуникации. Последний важен для подготовки специалистов, способных интегрировать идеи из различных областей науки, оперировать междисциплинарными категориями, комплексно воспринимать инновационные процессы.

Отличительной особенностью преподавания «зеленой» химии в БГУ является ее билингвальность. Поэтому в дополнение к версии сайта на русском языке функционирует и англоязычная версия (рис. 1). В перспективе – создание версии на китайском языке, что актуально с учетом того, что программа по «зеленой» химии была апробирована в Чжецзяньском Шужен университете (г. Ханчжоу, КНР), а также того, что в 2021 г. нами в сотрудничестве с китайскими (и некоторыми другими) коллегами было издано учебное пособие на английском и китайском языках «Green Chemistry: Process Technology and Sustainable Development» [6] (рис. 2).



Рис. 1. Главные страницы сайта на русском и английском языках.



Рис. 2. Учебное пособие на английском и китайском языках «Green Chemistry: Process Technology and Sustainable Development» (2021), внедренное в образовательный процесс в Чжецзяньском Шужен университете.

На главной странице сайта дано описание «зеленой» химии и ее основных направлений, демонстрируется видеофильм о разработанной в Научно-исследовательском институте физико-химических проблем БГУ «зеленой» технологии получения гидрат-целлюлозных волокон.

Структура сайта включает в себя шесть рубрик, среди которых:

- «Описание курса», где размещены учебные программы для специальностей «Химия» и «Фундаментальная химия», персональные страницы преподавателей, основные публикации авторов курса;
- «Учебные материалы», включающие презентацию обзорной лекции, вопросы к экзамену, правила написания эссе, экскурс в гендерную историю концепции устойчивого развития;
- «Международное сотрудничество»;
- «Работы студентов».

Последний раздел заслуживает особого внимания, так как в нем находит отражение концепция «учения с вовлечением», которая предполагает вовлечение учащихся в интерактивное обучение, в творческие практические занятия. Такая система обучения, внедренная в БГУ в практику преподавания, позволяет повысить эффективность образовательного процесса, в котором реализуется принцип диалога и сотрудничества «студент – преподаватель» [1].

Например, одно из заданий, которое предлагается выполнить студентам при изучении дисциплины, включает в себя написание эссе на тему «“Зеленая” химия – это...», лучшие из которых размещаются на сайте (рис. 3). Отметим, что, несмотря на разное эмоциональное видение и восприятие «зеленой» химии, студенты едины во мнении:

«зеленая» химия – это новая философия химии, новый язык, помогающий взглянуть на химическую отрасль не только с позиции получения прибыли и производства продуктов, но и с гуманитарных позиций.



Рис. 3. Страница сайта с лучшими эссе студентов на тему «“Зеленая” химия – это...».

Еще одним творческим заданием является создание собственного мнемонического символа 12-ти принципов «зеленой» химии. Мнемоника – это искусство запоминания через создание ассоциаций или связей между запоминаемыми фактами. Классический мнемонический вариант «зеленой» химии выражается термином PRODUCTIVELY:

- P** – *Prevent wastes* (предотвращать отходы);
- R** – *Renewable materials* (возобновляемые материалы);
- O** – *Omit derivatization steps* (исключать промежуточные стадии);
- D** – *Degradable chemical products* (деструктурируемые химические продукты);
- U** – *Use safe synthetic methods* (использовать безопасные методы синтеза);
- C** – *Catalytic reagents* (каталитические реагенты);
- T** – *Temperature, pressure ambient* (температура и давление окружающей среды);
- I** – *In-Process Monitoring* (мониторинг в процессе производства);
- V** – *Very few auxiliary substances* (мало побочных веществ);
- E** – *E-factor, maximize feed in product* (E-фактор, максимально увеличивать количество целевого продукта)
- L** – *Low toxicity of chemical products* (низкая токсичность химических продуктов);
- Y** – *Yes, it is safe* (да, это безопасно).

Студенты химического факультета уже создали большое количество собственных мнемонических вариантов на разных языках (рис. 4).

Успешно выполняется также задание по поиску ссылок на видеоматериалы о «зеленой» химии и подготовку к ним рекламы, которая могла бы вызвать интерес студентов и побудить их к просмотру. Студенты отмечают, что, к сожалению, сегодня качественные видео по «зеленой» химии сложно найти в Интернете, однако рекомендуют друг другу посмотреть передачу «“Зеленая” химия. Истории из будущего с М. Ковальчуком» в формате диалога ведущего с создателями в России Центра по зеленой химии – первым президентом химического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в 2018–2020 гг. академиком Российской академии наук В. В. Луниным и доктором химических наук Е. С. Локтевой. На сайте также представлена

лекция профессора Томаса Махмейера на английском языке, но при желании на платформе можно включить субтитры. Интерес вызывает и лекция о Йельском университете и отцах-основателях «зеленой» химии – Поле Анастасе и Джоне Уорнере, а также, конечно, лекция самого Пола Анастаса.

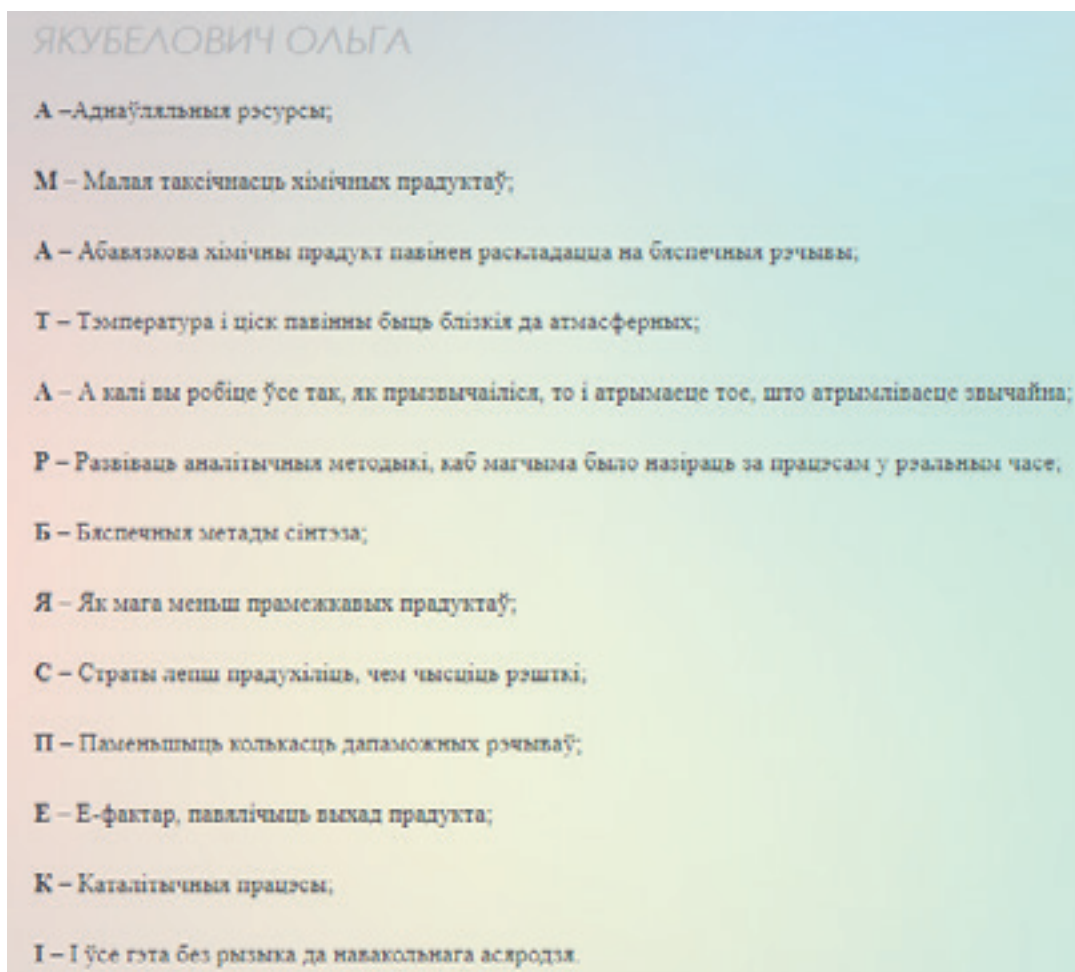


Рис. 4. Пример мнемонического варианта принципов «зеленой» химии на белорусском языке.

Особого внимания заслуживают и отличающиеся новизной методические видеоматериалы – 9 видеофильмов на тему «“Зеленые” метрики». Каждый из видеофильмов дает объяснение одной из «зеленых» метрик (количественных критериев эффективности химических реакций и процессов). Во всех видеофильмах сняты магистранты химического факультета, для которых такое задание являлось новым и интересным опытом (рис. 5).

Фильмы прошли успешную апробацию на занятиях со студентами, которые отметили высокую степень усвоения материала, что во многом связано с тем, что обучение проводилось лидером из сверстников, т. е. магистрантом – таким образом в процессе преподавания дисциплины «“Зеленая” химия» реализуется образовательная технология «Обучение лидером из сверстников» (*Peer-led team learning*).

Отметим, что к созданию видеофильмов привлекались профессиональные операторы из Центра корпоративных коммуникаций БГУ, что позволило создать качественный

образовательный продукт, который можно ориентировать не только на студентов БГУ, но и на зарубежный образовательный рынок.



Рис. 5. Примеры видеофильмов о «зеленых» метриках, созданных магистрантами.

Наряду с сайтом при преподавании учебной дисциплины «“Зеленая” химия» используется образовательный портал химического факультета (Educhem.bs.u.by), на котором размещено презентационное сопровождение лекций, вопросы и задания, оригинальные статьи для подготовки к семинарским и практическим занятиям. Возможности портала используются для проверки контрольных работ и выполненных студентами письменных заданий, а также при необходимости проведения занятий в режиме онлайн.

Необходимо подчеркнуть, что размещенный на сайте и портале цикл методических материалов может быть использован для преподавания дисциплины «“Зеленая” химия» при обучении не только студентов и магистрантов, но и школьников. В частности, с 2021 г. более 150 школьников, которые проходили обучение по образовательному направлению «“Зеленая” химия» в Учреждении образования «Национальный детский технопарк», смогли таким образом ознакомиться с основами этой дисциплины. Такая направленность образовательного контента создает условия для обеспечения преемственности образования по «зеленой» химии.

В заключении отметим, что созданный предметный сайт «“Зеленая” химия» является уникальным информационным ресурсом, по своему контенту не имеющим аналогов в данной области. Составляющие его компоненты могут быть использованы представителями различных целевых групп, включая преподавателей, студентов, школьников, а также всех интересующихся вопросами «зеленой» химии и устойчивого развития.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. *Король, А. Д.* Основы эвристического обучения : учеб. пособ. / А. Д. Король, И. Ф. Китурко. – Минск : БГУ, 2018. – 207 с. (Межвузовская серия «Креативное образование»).

2. *Савицкая, Т. А.* Медиатехнологии в учебном процессе химического факультета как ключевой аспект повышения качества образования и медиаграмотности молодежи [Электронный ресурс] / Т. А. Савицкая, И. М. Кимленко // Как развивать медиаграмотность студента и преподавателя университета : стратегии и техники : сб. ст. – Вып. 10 / Редкол. : Д. И. Губаревич (отв. ред.) [и др.] ; под общ. ред. В. В. Самохвала. – Минск : БГУ, 2017. – С. 169–179. (Современные технологии университетского образования).



3. *Третьякова, В. С.* Цифровое поколение : потери и приобретения / В. С. Третьякова, Н. Г. Церковникова // Профессиональное образование и рынок труда. – 2021. – № 2. – С. 53–65.
4. Устойчивое развитие Республики Беларусь на принципах «зеленой» экономики : национальное сообщение / НИЭИ Мин-ва экономики Респ. Беларусь. – Минск, 2012. – 53 с.
5. Green chemistry teaching : Belarusian view through world tendencies / Т. Savitskaya [et al.] // Journal of the Belarusian State University. Chemistry. – 2022. – № 2. – P. 83–94.
6. Green Chemistry : Process Technology and Sustainable Development / Т. Savitskaya [et al.]. – Singapore : Springer jointly published with Zhejiang University Press, 2021. – 149 p.
7. IUPAC Gold Book [Electronic resource]. – Mode of access : <https://goldbook.iupac.org/>. – Date of access : 12.03.2023.