

УДК 66.02

DOI: 10.18384/2310-7219-2017-4-45-55

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ С ПОЗИЦИЙ ЗЕЛЕННОЙ ХИМИИ В СРЕДНИХ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Матвеева Э.Ф.¹, Тупикин Е.И.²

¹ Астраханский государственный университет

414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, Российская Федерация

² Московский технологический институт

119334, г. Москва, Ленинский проспект, д. 38а, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются особенности изучения химических производств с позиций зелёной химии в учебных организациях, дающих химическое образование. Раскрывается значимость принципов зелёной химии в освоении химико-технологических знаний, показаны образовательные возможности их использования в ходе освоения системы понятий «Основы химического производства». Предложена методика изучения химического производства. Приводятся некоторые задания, позволяющие интегрировать специальные химико-технологические знания, умения и понятия зелёной химии.

Ключевые слова: система химико-технологических понятий, принципы зелёной химии, общие и частные научные принципы химического производства.

CHARACTERISTICS OF STUDYING CHEMICAL PRODUCTION FROM THE STANDPOINT OF GREEN CHEMISTRY AT SECONDARY EDUCATIONAL ORGANIZATIONS

E. Matveeva, E. Tupikin

¹ Astrakhan State University

20a, Tatischev Str., Astrakhan, 414056, Russian Federation

² Moscow Technological Institute

38a, Leninskiy prospect, Moscow, 119334, Russian Federation

Abstract. The article deals with the peculiarities of studying chemical industries from the standpoint of green chemistry in educational organizations providing chemical education. The author reveals the importance of the principles of green chemistry in the development of chemical and technological knowledge. The educational opportunities for using them in the course of mastering the system of concepts "Basics of chemical production" are shown. The article suggests a technique for studying chemical production. Some tasks are given that allow the integration of special chemical and technological knowledge and skills and concepts of green chemistry.

Key words: system of chemical and technological concepts, principles of green chemistry, general and special scientific principles of chemical production.

В настоящее время интерес к проблемам зелёной химии очевиден и востребован не только в освоении вузовских курсов химии, но и реальном использовании исследований на химическом производстве. Сначала назначение зелёной химии видели в усовершенствовании химических процессов с целью оказания положительного влияния на окружающую среду. В дальнейшем проявились направления, связанные с: 1) переработкой, утилизацией, уничтожением экологически опасных побочных и отработанных продуктов химической и других отраслей промышленности; 2) разработкой новых промышленных процессов, которые позволяли бы обойтись вовсе без экологически опасных продуктов (в том числе побочных) или свести их использование и выделение к минимуму [3, с. 42]. Одновременно в процесс обучения, сначала в вузе, стали внедряться новые термины: зелёная химия, принципы зелёной химии, атомная эффективность, E-фактор, выход целевого продукта и т. д.; затем в системе среднего общего образования уточнялись ранее известные химико-технологические понятия: сырьё, продукт, теоретически возможный выход продукта реакции и т. д.

Проблема формирования химико-технологических знаний у учащихся не только средней школы, но и колледжей, техникумов является актуальной, что связано с:

– наличием противоречия между требованиями контрольно-измерительных материалов выпускных экзаменов по химии и фактическим содержанием учебного материала в учебниках;

– отсутствием системного изучения теоретических основ химических про-

изводств в школьной программе и неспособностью выпускника определить назначение химии как науки и её роль в развитии промышленности.

Изучению химических производств в школе уделялось достаточно внимания в 70–80-е гг. XX в. Данная образовательная область считалась методически разработанной и не вызывала трудностей в обучении как у учащихся средних общеобразовательных организаций, так и у студентов химических и педагогических специальностей. Труды А.А. Кавериной, А.С. Корощенко, Т.З. Савич, С.Г. Шаповаленко, Г.И. Шелинского, Л.А. Цветкова, И.Н. Черткова, Д.А. Эпштейна, Г.М. Чернобельской заложили основы методики обучения химическим производствам в школе и колледжах, системного ознакомления с химическими процессами на производстве. Химико-технологические понятия целесообразно формировать в рамках реализации задач экологического обучения и воспитания при формировании химико-экологической компетентности обучающихся [4]. Подобный комплексный подход позволяет повысить эффективность образовательного процесса в учебном заведении и реализовать интеграцию формируемых понятий, создать целостную картину реальной действительности.

Необходимо отметить, что содержание химико-технологического материала находится в закономерной связи с развитием общества; если уменьшается внимание общества к производствам, в школьных учебниках исчезает соответствующий этому материал. Так, в 60–70-е гг. XX в. в нашей стране стала развиваться полимерная промышленность, соответственно, в

школьный учебник был введён раздел по изучению высокомолекулярных соединений. Учителя химии на курсах повышения квалификации и переподготовки выделяют в качестве сложных темы химических производств и закономерности протекания химических реакций. Сложность изучения химико-технологического материала обусловлена не только отсутствием в школьном учебнике системного материала, но и невозможностью проведения экскурсий на химические производства или в химические цеха предприятий. В лучшем случае есть выход на виртуальные экскурсии и просмотр фильмов.

Настоящая статья посвящена рассмотрению теоретических проблем и методики обучения химическим производствам с позиции зелёной химии, их влияния на экологические процессы и снижения их отрицательного воздействия. Изучение основ химической технологии повышает экологическую и экономическую грамотность обучающихся, позволяет адекватно оценить затраты на производство нужных химических соединений, сформировать природосообразное отношение к окружающей среде, к экономному расходованию природных ресурсов и т. д. Следует отметить, что в обществе проблеме технологической грамотности в настоящее время уделяется пристальное внимание, которое выражается не только в наличии заданий, включающихся в ОГЭ и в ЕГЭ, но и в выполнении учебных проектов исследовательского характера.

С первых уроков химии формируем представление у обучающихся о технологических понятиях: сырьё, принципы его выбора для получения необхо-

димого продукта, качество продукта, физико-химические характеристики реакций, требования к катализаторам, чистота получаемых веществ и т. д. Обучающиеся готовятся рассуждать об экономических затратах на производства, анализировать способы очистки и подготовки сырья к переработке, определять оптимальные условия проведения химических реакций на производстве и т. п. Д.А. Эпштейн в 1983 г. так определил задачу своего учебного пособия «Химия в промышленности» по факультативному курсу для учащихся старших классов: «Задача этого труда – дать в руки ключ к пониманию инженерно-химических проблем, показать, как применяется теоретическая химия для решения практических вопросов, познакомить с основными идеями химической технологии, вооружить первоначальными инженерно-химическими знаниями и умениями» [6, с. 3]. Он предлагает такие темы для изучения: 1. Как оценивают работу химических заводов. 2. Какие проблемы решает наука – химическая технология и др. В качестве сырья Д.А. Эпштейн называет воздух («Воздух – важнейшее химическое сырьё») и воду («Значение воды в химическом производстве. Проблема экономии воды») и заостряет внимание на проблеме вычисления практического выхода продукта реакции.

Рассмотрим принципы зелёной химии и возможности их использования в ходе освоения системы понятий «Основы химического производства» [3, с. 31, 32]. Содержание 12 принципов зелёной химии следующее:

1. Лучше предотвратить опасные 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 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 окружающей среде, и при атмосферном давлении.

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

8. Где возможно, надо избегать получения промежуточных продуктов (присоединение блокирующих групп в процесс синтеза, создание 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 следить в реальном времени за образованием опасных продуктов.

12. Вещества и формы веществ, используемые в химических процессах, нужно выбирать так, чтобы риск химической опасности, включая утечки, взрывы и пожар, были минимальны.

Е.С. Локтева и В.В. Лунин предлагают дополнить данный список принципом: «Если вы делаете всё так, как привыкли, то и получите то, что обычно получаете» [3, с. 20]. Принципы зелёной химии ориентируют обучающегося на всесторонний анализ химических свойств вещества, «его потенциал как опасного вещества или загрязнителя» [3, с. 21].

Рассмотрим основные блоки системы понятий о химическом производстве, учитывая ориентирующий вектор на зелёную химию.

Система понятий «Основы химического производства»

Блок 1. Сырьё и его свойства.

Понятия: Вещества как сырьё для производства и как продукт производства. Проблема сырья и его комплексное использование. Выбор сырья. Подготовка сырья (Принципы 7, 10).

Блок 2. Продукт производства и его свойства.

Понятия: Качество продукта. Выход продукта. Качество ГОСТа. Потери производства. Способ отвода продукта. Отделение и очистка продукта (Принципы 10, 12).

Блок 3. Химические реакции, используемые в производстве продукта, и их закономерности.

Понятия: Химические реакции и их закономерности – теоретическая

основа изучения химического производства. Элементами химико-технологического процесса являются: подвод реагирующих компонентов в зону реакции; химические реакции синтеза продуктов; отвод реагентов из зоны реакции; оптимальные условия проведения реакции; химизм процесса; стадийность химико-технологического процесса; общие принципы организации производства (непрерывность, противоток, использование теплоты, энергии и т. д.) (Принципы 2, 3, 4).

Блок 4. Технологический режим и его оптимизация.

Понятия: Совокупность факторов, влияющих на скорость процесса, выход и качество продукта, воздействие разных факторов: температуры, давления, катализатора, концентрации веществ, поверхности соприкосновения. Способы смещения равновесия. Энергетика процесса (Принципы 1, 5, 6).

Блок 5. Материалы и конструкция аппаратов.

Понятия: Специфика химических аппаратов. Универсальность аппаратов. Механизация трудоемких процессов. Автоматизация и дистанционное управление. Замена периодических процессов непрерывными (Принципы 7, 8, 9).

Блок 6. Техника безопасности, охрана труда и окружающей среды.

Понятия: Конкретные меры, обеспечивающие безопасность труда: герметичность аппаратов, хорошая вентиляция, изоляция горячих поверхностей и т. д. Меры по охране окружающей среды и здоровья человека: система очистных сооружений, санитарный надзор, организация безотходного производства. Профилактика (Принципы 11, 12).

Блок 7. Понятия о рабочих профессиях.

Понятия: Инженер, технолог, химик-аналитик, эколог, врач санэпидстанции, оператор, рабочий химического цеха (Принципы 11, 12).

При изучении химических производств особое внимание необходимо обратить на основные принципы химического производства, которые подразделяют на общие и частные.

Общими принципами являются:

1. Создание условий для оптимального проведения процессов.
2. Полное и комплексное использование сырья и отходов.
3. Непрерывность процесса.
4. Оптимальное использование энергии химических реакций.
5. Защита окружающей среды.

Общие принципы научного химического производства реализуются через частные принципы химических производств. К ним относят: противоток (холодные газы проходят через горячие теплообменники, нагретые теплом отходящих из реактора газов, при этом они движутся во взаимно противоположных направлениях); этот пример характеризует и три других частных принципа: принцип оптимального использования энергии химических реакций, принцип теплообмена и принцип увеличения поверхности реагирующих веществ (последний достигается также диспергированием или измельчением реагентов). Важными частными принципами являются принципы применения катализаторов, циркуляции, изменения концентрации реагентов и продуктов реакции, изменения давления, механизации и автоматизации производства [4].

Общие принципы характерны для всех химических производств, а некоторые частные принципы присущи только отдельным производствам. Так, производство аммиака было бы нерентабельным без реализации частного принципа циркуляции из-за громадных потерь смеси азота и водорода (здесь не происходило бы реализации общего принципа комплексного и полного использования сырья и отходов). Некоторые химические производства не требуют катализаторов (например, производство суперфосфата из фосфорита и серной кислоты) и т. д.

Важным аспектом изучения химических производств является их химизм. Приведём пример работы обучающихся с информационными картами с целью формирования у них умений прогнозировать технологию получения веществ.

Сравнение технологической схемы производства аммиака и метанола (информация по производству аммиака): $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3 + Q$.

Характеристика реакции: обратимая, экзотермическая ($\Delta H^\circ = -92$ кДж), каталитическая (губчатое железо с добавлением оксидов алюминия, калия, кальция, кремния), гетерогенная, с уменьшением объёма.

Азотоводородная смесь засасывается компрессором и сжимается до необходимого давления, поступает в маслоотделитель и фильтры, заполненные прокаленным углём. Очищенная смесь поступает в контактный аппарат. Установка синтеза состоит из двух основных узлов: колонны синтеза и системы охлаждения смеси газов после катализа, основное назначение которой – наиболее полное отделение аммиака из циркулирующей смеси.

Свежая смесь вместе с циркулирующей поступают в верхнюю часть колонны, отсюда через кольцевое пространство (щель) между корпусом и стенками катализаторной коробки в межтрубное пространство теплообменника в нижней части колонны. Смесь газов нагревается до $300^\circ C$ за счёт тепла прореагировавшей смеси, т. е. свежая холодная азото-водородная смесь всё время охлаждает корпус колонны, предотвращая её перегрев. Это необходимо, так как при $200^\circ C$ водород начинает взаимодействовать с металлом, разрушая сталь стенки. Оптимальные условия: катализатор «губчатое железо», давление 15–100 МПа, температура 400 – $500^\circ C$.

При производстве аммиака используются следующие принципы научного химического производства: противотока, теплообмена, наибольшей поверхности соприкосновения реагентов, непрерывности процесса, оптимальных условий (температур, давления), использования катализаторов, циркуляции (состоит в том, что азот и водород, не вступившие в реакцию, отделяются от аммиака и при помощи циркуляционного насоса возвращаются в колонну синтеза). Можно также отметить принципы: автоматизации процессов управления и механизация, охраны окружающей среды, герметичности трубопровода, по которому аммиак поступает на склад, а водород и азот в колонну синтеза [4; 5; 6].

Дополнительная информация: производительность одной колонны в сутки составляет 1000–2000 т, катализатор меняют каждые 5–6 лет. Наиболее распространено производство с использованием среднего давления (25–35 МПа). Выход достигается 10–

20%. Проведение процесса при условии отвода образующегося аммиака из реакционной смеси и возвращения непрореагировавших N_2 и H_2 в реактор позволяет достигнуть почти полного связывания азота [4, с. 55]. Авторы справочного издания по химии отмечают, что с целью выделения аммиака из смеси её охлаждают до $-10^\circ C$, при этих условиях аммиак сжижается. Иногда вместо стадии сжижения смесь газов (15% NH_3 , 85% $N_2 + H_2$) пропускают через воду для поглощения аммиака [5, с. 342].

Синтез аммиака – многостадийное производство, включающее процессы получения технологической азото-водородной смеси, реакцию синтеза аммиака и его выделение. Азото-водородную смесь производят на основе синтез-газа [4, с. 53–56; 5, с. 340–342]. Приведём в качестве примера некоторые уравнения реакции получения синтез-газа:



Информация по производству метанола:

В настоящее время метанол получают экономически выгодным способом из синтез-газа:

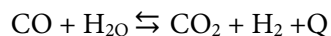
1. Синтез-газ получают взаимодействием метана (природного газа) с водяным паром в присутствии катализатора (см. выше).

2. Из синтез-газа получают метанол: $CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH + Q$

Основным аппаратом для производства метилового спирта из монооксида углерода и водорода является колонна синтеза. Колонны обычно изготавливают из высоколегированной стали, хорошо сопротивляющейся коррозионному действию H_2 и CO ,

или из низколегированных конструкционных сталей с футеровкой стенок медью или её сплавами.

А.В. Великородов обращает внимание на трудности в установлении истинных механизмов химических реакций в синтезе метанола [1, с. 65, 66]. Здесь возможно образование промежуточных поверхностных соединений монооксида углерода: гидрирование хемосорбированного на катализаторе CO ; внедрение монооксида углерода в связь металл-водород с образованием поверхностного формильного производного, дальнейшее гидрирование приводит к образованию гидроксиметиленового производного; образование диоксида углерода и его участие в синтезе метанола:



Суммарная реакция образования метанола: $CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH + Q$.

Краткая характеристика реакции:

1. Эта реакция обратимая, экзотермическая.

2. Реакция сопровождается уменьшением объёма, поэтому *повышение давления* будет способствовать образованию метанола.

3. Реакция экзотермическая, следовательно, особенно сильно нагревать вещества нельзя.

Из-за обратимости процесса исходные вещества реагируют не полностью, поэтому образовавшийся спирт необходимо отделять, а непрореагировавшие газы снова направлять в реактор, т. е. осуществлять *циркуляцию газов*.

Оптимальные условия: температура $250\text{--}300^\circ C$, давление 10 МПа, применение катализаторов (оксидов цинка, хрома, меди) [5, с. 476].

Приведённая информация по производству аммиака и метанола позволяет провести работу по творческому анализу текстов, их возможному дополнению и выработке рекомендаций по организации производства двух веществ на одной территории. Тем самым подчёркивается универсальность аппаратов. Отсюда следует важный вывод: учитель химии должен сам хорошо разбираться в системе химико-технологических понятий, правильно (грамотно) конструировать методику обучения, избегая поверхностных суждений. Изучение химических производств целесообразно вести на основе знаний о закономерностях течения химических реакций, что способствует осознанному восприятию материала: обучающиеся не просто заучивают свойства веществ и условия течения химических процессов, а прогнозируют их на основе знания теории. Появляется возможность многократного повторения с обучающимися основного материала. Можно предложить такую последовательность изучения прикладного материала:

– Свойства и области применения вещества (сырьё, продукт).

– Наличие и запасы природных сырьевых источников, их география.

– Принципы выбора сырья и возможные пути его переработки.

– Физико-химические особенности реакций, лежащих в основе промышленного получения продукта. Оптимальные условия осуществления этих реакций.

– Материалы и конструкция аппаратов.

– Организация производства, его рентабельность.

– Научные принципы управления производственными реакциями того

или иного типа. Роль зелёной химии на всех этапах производства.

– Краткая история создания технологии производства.

Такая последовательность изучения учебного материала воспроизводит логику научного исследования, принятую в химической технологии, и показывает, что закономерности управления производственными процессами едины для всего многообразия химических производств, открывает возможности для ознакомления с проблемами, возникающими в процессе развития производства.

Так как идёт обсуждение методики изучения химических производств на уровне школы и с выходом на вузовское образование, на занятиях так или иначе выявляется степень обученности студентов в данной области знаний. Например, магистранты программы «Зелёная химия» выполняли задания-проекты, позволяющие продемонстрировать специальные химико-технологические знания и умения. Цель: сформировать у обучающихся представление о потенциальных возможностях «зелёной химии» в современном химическом производстве. Основные понятия, лежащие в основе обучения: рациональное использование национальных природных ресурсов, экономия энергии, защита окружающей среды, предотвращение технологических аварий, профессиограмма химика-технолога и химика-эколога.

Задание:

1. Осуществить выбор химического производства.

2. Дать качественную и количественную характеристику (оценку) химическому производству с помощью понятий: E-фактор, атомная эффек-

тивность, выход продукта, научные принципы химического производства и т. д.

3. Сформулировать цели обучения выбранной теме и предложить краткий сценарий методики изучения данного производства в школе и вузе.

4. Сделать вывод – сравнительный анализ методики изучения данного производства в школе и вузе.

В феврале 2017 г. прошла защита заданий, магистранты подготовили сценарии занятий по изучению производств Астрахани и Астраханской области, включающих химико-технологические процессы: производственно-торговой компании «ВЕС» по переработке (посол, вяление, копчение) рыбы частиковых и океанических пород; ОАО «Астраханское стекловолоконно»; кондитерской фабрики; судостроительного и судоремонтного завода и т. д. Моделируя сценарий занятия для обучающихся, магистранты акцентируют внимание на воспитывающих целях и задачах: формировать бережное отношение к природе и природным ресурсам; искать альтернативные способы безотходного производства или способы максимального сокращения вредных выбросов в окружающую среду. Ссылаясь на труды В.В. Лунина, Е.С. Локтевой, Е.В. Голубиной, А.В. Великородова, А.Г. Тыркова [1; 2; 3] и других ученых, разрабатывающих научную область «Зелёная химия», магистранты подчёркивают роль каждого принципа зеленой химии, например:

– Лучше предотвратить потери, чем перерабатывать и чистить отходы.

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

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

Таким образом, химическое образование занимает одно из ведущих мест в системе общего образования, что определяется безусловной практической значимостью химии, её возможностями в познании основных методов изучения природы, фундаментальных научных теорий и закономерностей. Нужны особые программы для обучения студентов-химиков и студентов – будущих учителей химии, ориентированных на изучение химических производств с позиции зелёной химии.

Профориентация и понимание глобальных проблем (экологических, энергетических и сырьевых), стоящих перед человечеством, способствует осознанию значимости роли инженеров-химиков и химиков-исследователей в реальном химическом производстве с позиции принципов зелёной химии. Фрагментарность и несистематичность изучения производственного материала в школьном курсе химии объясняет слабые знания обучающихся в данной области, отсюда появляется необходимость поиска форм и методов обучения для поддержания у них осознанного восприятия теоретических основ химических производств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Великородов А.В. Зеленая химия. Методы, реагенты и инновационные технологии: монография. Астрахань, 2010. 258 с.
2. Великородов А.В. Экологически безопасный органический синтез: учебно-методическое пособие. Астрахань, 2012. 226 с.
3. Лунин В.В., Локтева Е.С., Голубина Е.В. Инновационные образовательные программы в области химии. М., 2007. 117 с. «Химия в интересах устойчивого развития – зеленая химия».
4. Матвеева Э.Ф. Первоначальные знания по химическим производствам: учебное пособие. Астрахань, 2017. 180 с.
5. Химия: справ. изд. / В. Шретер и др. 2-е изд., стереотип. М., 2000. 648 с.
6. Эпштейн Д.А. Химия в промышленности: учеб. пособие по факультатив. курсу для учащихся 9–10 кл. 3-е изд., перераб. М., 1983. 190 с.

REFERENCES

1. Velikorodov A.V. Zelenaya himiya. Metody, reagenty i innovacionnye tekhnologii [Green chemistry. Methods, reagents and innovative technologies]. Astrakhan, 2010. 258 p.
2. Velikorodov A.V. Ekologicheski bezopasnyj organicheskiy sintez [Environmentally friendly organic synthesis]. Astrakhan, 2012. 226 p.
3. Lunin V.V., Lokteva E.S., Golubina E.V. Innovacionnye obrazovatel'nye programmy v oblasti himii [Innovative educational programs in the field of chemistry. Scientific-educational center]. Moscow, 2007. 117 p.
4. Matveeva E.F. Pervonachal'nye znaniya po himicheskim proizvodstvam [Basic knowledge in chemical plants]. Astrakhan, 2017. 180 p.
5. Schroeter V. et al. Himiya [Chemistry]. Moscow, 2000. 648 p.
6. Epshtein D.A. Himiya v promyshlennosti [Chemistry in industry]. Moscow, 1983. 190 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Матеева Эльвира Фаридовна – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры органической, неорганической и фармацевтической химии Астраханского государственного университета;
e-mail: Elvira107@rambler.ru

Тупикин Евгений Иванович – доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры естественнонаучных дисциплин Московского технологического института;
e-mail: tei67@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elvira F. Matveeva – PhD in Pedagogical sciences, associate professor, associate professor of the Department of Organic, Non-organic and Pharmaceutical Chemistry, Astrakhan State University;
e-mail: Elvira107@rambler.ru

Evgeny I. Tupikin – Doctor of Pedagogical sciences, professor, professor of the Department of Natural Sciences, Moscow Technological Institute;
e-mail: tei67@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Матвеева Э.Ф., Тупикин Е.И. Особенности изучения химических производств с позиций зеленой химии в средних общеобразовательных организациях // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2017. № 4. С. 45–55.
DOI: 10.18384/2310-7219-2017-4-45-55

FOR CITATION

Matveeva E.F., Tupikin E.I. Characteristics of studying chemical production from the stand-point of green chemistry at secondary educational organizations. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Pedagogics*, 2017, no. 4, pp. 45–55.
DOI: 10.18384/2310-7219-2017-4-45-55