

Аспекты химического образования в контексте концепции устойчивого развития

© Н.Н. Двуличанская, Г.Н. Фадеев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

В статье обоснована необходимость введения в курс химии понятия «зеленой химии» как в общеобразовательных, так и профессиональных учебных заведениях. Проведен анализ современного состояния данной проблемы, в том числе, в российском образовании. В качестве методологической основы преподавания «зеленой химии» предложен системно-аксиологический подход, способствующий формированию химико-экологической компетентности обучающихся.

Ключевые слова: концепция устойчивого развития, «зеленая» химия, системно-аксиологический подход, химико-экологическая компетентность.

В 1992 году на Международной конференции в Рио-де-Жанейро, проходившей под эгидой Организации Объединенных Наций (ООН), председатель Сибирского отделения Российской Академии наук академик В.А. Коптюг страстно выступил за «концептуальное изменение в науке» в целях устойчивого развития земной цивилизации. Он убедил руководителей 179 глав государств, участвующих в конференции, принять принципиально новую концепцию развития человечества в XXI веке, получившей название «Концепция устойчивого развития земной цивилизации».

Химия — одна из основных составляющих повседневной жизни современного человека. На протяжении всей жизни химическое образование способствует развитию личностного потенциала, внося вклад в формирование экологической культуры в рамках новой концепции. Однако направление такой деятельности не должно наносить вред окружающей природе и человеку, не нарушать равновесие в системе «природа — общество — человек».

В решении проблем сохранения окружающей среды должны участвовать не только специалисты-химики, но и ученые, и инженеры, владеющие общими химическими знаниями. Их компетентность, способность предвидеть будущее и умение оценивать риски химических производств необходимы для оптимизации и усовершенствования химических процессов, обеспечивающих положительное влияние на окружающую среду. Решения этих задач видится в применении принципов нового научного направления — «Зеленой химии».

Возникновение «зеленой химии». Появление этого направления развития химической науки и технологии обусловлено целым комплексом причин. В первую очередь, это состояние биосферы, близкое к катастрофическому. Только за последние 100 лет в атмосферу Земли выброшено: полтора миллиона тонн соединений мышьяка, около миллиона тонн кобальта, более миллиона тонн кремния. А уж оксидов углерода, азота и серы (не считая пыли, сажи и копоти) — еще больше. Причем большинство выбрасываемых и часто вредных веществ может быть использовано как ценное промышленное сырье. Только из оксида серы (IV), улетевшего с дымом тепловых электростанций, можно получить примерно половину мирового производства серной кислоты [1].

Остановимся лишь на некоторых аспектах загрязнения воздуха в России, которое преимущественно вызвано двумя химическими веществами — диоксидами азота и серы [2]. Конечно, есть и другие, и даже гораздо более опасные вещества, такие как аммиак, бензапирен и проч., однако диоксиды азота и серы составляют львиную долю в массе всех выбросов городской промышленности и автомобилей. Об автомобильном загрязнении воздуха нужно сказать особо: по данным Всемирной организации здравоохранения, до 70% взрослых и особенно детских болезней вызывается выхлопными газами автомобилей. В целом в 1992 г. в воздух в России выброшено до 6,5 млн т оксидов азота и 8,5 млн т серы. Особенности географического положения России приводят к тому, что доминирующими ветрами в Россию переносятся оксиды азота и серы из Украины, Германии, Польши, Белоруссии, Чехии, Словакии, Финляндии и даже Великобритании. В свою очередь, Россия «экспортирует» в Европу выбросы Норильского металлургического комбината и никелевого завода на Кольском полуострове. Норильский комбинат особенно сильно загрязняет северные регионы России. В связи с этим чрезвычайно актуальной задачей является снижение содержания NO_x в выбросах автомобилей и промышленных предприятий [2].

Поэтому именно в России особенно остро стоит вопрос подготовки специалистов, ответственно относящихся к нашему единственному дому — нашей стране. Важно, чтобы сегодняшние студенты — химики, технологи — глубоко осознали, что другой Земли у нас не будет. Если они к тому же ознакомятся с перспективами и уже существующими выполненными разработками в области «зеленой» химии, то можно надеяться, что будут последовательно добиваться снижения экологического ущерба от работы промышленных производств. Только в этом случае появится шанс, что наши внуки и правнуки будут жить в условиях, пригодных для жизнедеятельности человека.

По мере распространения и развития из экологической химии стали выделяться работы, направленные на создание безвредных и без-

опасных производств. Поначалу к ним можно было отнести любое усовершенствование химических процессов, уменьшающих вред или положительно влияющих на окружающую среду. При поддержке международной организации химиков — Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) — был сформулирован общий методологический подход и определено направление развития химии будущего «Зеленая химия — химия в интересах устойчивого развития».

Основу такого подхода составляют принципы, *«позволяющие химикам всех направлений учитывать в своей работе вопросы экологической приемлемости, энергетической и химической эффективности новых методов получения веществ и новых химических технологий»* [3]. Как научное направление, зеленая химия возникла в 90-е годы прошлого века. Официально датой «рождения» зеленой химии можно считать 1998 год, когда в Нью-Йорке издательством Оксфордского университета (Oxford University Press) была выпущена книга «Зеленая химия: теория и практика» [4].

Принципиально важно понять отличия «зеленой химии» от существующей «экологической химии». Экологическая химия представляла собой, по существу, химию окружающей среды и защищала природу тем, что изучала источники, распространение, устойчивость и последствия воздействия химических загрязнителей. При этом основные направления химических решений были такими: уничтожить загрязнители, поступившие в окружающую среду, локализовать их распространение и ограничивать их появление.

«Зеленая химия» — качественно новый поход — химия для сохранения окружающей среды. Казалось бы, это соответствует и прежнему пониманию экологической химии. Однако отличие есть, и принципиальное. При традиционном подходе риски, связанные с химическим производством, стараются минимизировать или каким-то образом нейтрализовать. Новый подход требует получать нужное вещество современным способом так, чтобы не нанести вред окружающей среде ни при его получении, ни при его использовании и, таким образом, не нарушить экологическое равновесие.

Основные направления предлагаемого подхода — подбор исходных материалов и создание таких технологий, которые позволяют вообще исключить использование вредных веществ и появление выброса отходов, небезопасных для окружающей среды [1, 5]. Предполагаются принципиально новые отношения между химией и окружающей средой, главный девиз которых: «Помогая — не навреди!» В статье [1] приводится комплекс элементов, составляющих понятие «зеленая химия»:

- качество жизни;
- благосостояние людей;
- сохранение окружающей среды;
- нанотехнологии;
- устойчивое развитие.

Следует отметить и различие в методах достижения стратегических целей «зеленой химии» и движения Greenpeace — «зеленый мир» [6]. Рассмотрим в качестве примера проблему защиты озера Байкал. Представители и того, и другого движения требуют прекратить нанесение вреда уникальному хранилищу чистой питьевой воды на нашей планете. Требования активистов Greenpeace — не сливать стоки, загрязненные отходами производства, в воду озера. Для удовлетворения этих требований достаточно организовать современную очистку сточных вод целлюлозно-бумажного комбината.

Сторонники «зеленой химии» предлагают в корне изменить технологию производства комбината: внедрить методы, основанные на принципах «зеленой химии», которые позволяют перерабатывать не только саму целлюлозу, но и ее отходы. Примеры такие есть. Так, под Омском создается бионефтехимический комбинат, работа которого будет основана на принципах «зеленой химии».

Принципы и направления «зеленой химии». В 1998 году П.Т. Анастас (глава Института зеленой химии американского химического общества) и Дж. С. Уорнер (президент и главный технолог Института зеленой химии Уорнера Бэбкока, Вуберн, Массачусетс) в своей книге [4] сформулировали 12 принципов, которыми должны руководствоваться исследователи, работающие в данной области. Перечислим их:

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 возмож-

ности, 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, 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.

Декан химфака МГУ имени М.В. Ломоносова академик РАН профессор В.В. Лунин в соавторстве с профессором Е.С. Локтевой к приведенному списку добавили еще один принцип, призывающий исследователей к отказу от привычного и ориентирующий их на поиски нового [7].

13. Если вы делаете все так, как привыкли, то и получите то, что обычно получаете.

Если группировать приведенные выше 13 принципов, то можно выделить главные направления развития химии, по которым призывает двигаться зеленая химия.

- Замена традиционных органических растворителей (которые, как правило, получены из нефти).
- Применение возобновляемых экологически безопасных исходных реагентов (как правило, получающихся не из нефти).
- Разработка новых методов синтеза с использованием высоко селективных катализаторов.
- Применение нетрадиционных способов осуществления химических процессов и необычных растворителей (применение ускорителей электронов, использование в качестве растворителей сверхкритических флюидов и др.).

Практические результаты «зеленой химии». Количество положительных примеров постоянно растет и ширится. Уже применяется углекислый газ CO_2 в сверхкритическом состоянии для извлечения кофеина из кофейных зерен, эфирных масел из растений — процессов, в

которых раньше использовались небезопасные для человека органические растворители. Сверхкритический CO_2 все шире используется в качестве растворителя для целого ряда химических реакций. Так со 100 % выходом идет процесс (разработанный фирмой Монсанто) синтеза уксусной кислоты из метанола и CO , растворенного в CO_2 , в присутствии катализатора на основе металла родия Rh [1].

Кроме углекислого газа, большая надежда возлагается на использование других растворителей в сверхкритическом состоянии — воды, аммиака, этана, пропана и других, которые могут быть использованы в оборотной безотходной технологии. В США работает мощный завод, перерабатывающий отходы целлюлозы. Сначала получается глюкоза, которая затем превращается в молочную кислоту. Производительность этого превращения близка к теоретической: из килограмма глюкозы получается килограмм молочной кислоты. Далее полученная дешевая молочная кислота используется в производстве биоразлагающегося полимера — полилактида. Из него делается одноразовая посуда, например, дешевые одноразовые стаканчики, безопасно разлагающиеся под действием природных факторов.

Вообще последовательное применение принципов «зеленой химии» приводит к снижению производственных затрат. Вдумчивый подбор исходных компонентов и схем процессов не требует вводить конечные стадии уничтожения вредных побочных продуктов, использованных растворителей и других отходов — поскольку их просто нет! При сокращении числа стадий экономится энергия, что также положительно сказывается на экономической и экологической оценке производства. Использование методов «зеленой химии» приводит к снижению затрат на производство, хотя бы уже потому что не требуется вводить стадии уничтожения и переработки вредных побочных продуктов, использованных растворителей и других отходов, поскольку их просто не образуется. Сокращение числа стадий ведет к экономии энергии, и это тоже положительно сказывается на экологической и экономической оценке производства [2].

«Зеленая химия» — следующий фундаментальный этап научно-технического прогресса в XXI веке. В качестве перспективных направлений для достижений целей, поставленных «зеленой химией», нужно рассматривать биоинженерию и биотехнологию, а так же появление нанотехнологий. Длинный список составляют промышленно важные соединения, которые можно получить с высоким выходом при помощи биологических агентов — микроорганизмов, вирусов, трансгенных растений и животных. Сегодня в США биотехнологическим путем получают около 10 000 000 т топлива из кукурузы. В России такого рода бионефтехимический комплекс создается в Омской области и будет

способен выдавать более 100 000 тонн биоэтанола в год. Кроме этого, он сможет выпускать экологически чистые добавки к моторному топливу, полученные из растительного сырья, а также биополимеры, аминокислоты, органические кислоты и другие продукты, имеющие стратегическое значение для развития экономики России.

Системно-аксиологический подход как методологическая основа изучения «зеленой химии». Приведенные примеры реализации идей «зеленой химии» свидетельствуют о том, что в разработке новых материалов и технологий должны быть задействованы специалисты различных специальностей и направлений, которым необходимы не только профессиональные, но и базовые химические знания. Однако необходимо отметить, что в последние 10 — 15 лет качество подготовки выпускников общеобразовательных учреждений по химии стремительно падает. Это следствие уменьшения количества учебных часов (до одного часа в неделю) по химической школьной дисциплине, а в непрофильных классах и школах замена школьного курса химии на интегрированный курс «Естествознание».

Практика преподавания химии показывает, что выпускникам школ, в которых химия не является профильной дисциплиной, недостаточно знаний по химии для обучения и получения качественного образования в профессиональных образовательных учреждениях, в том числе в колледжах и вузах технического направления. К сказанному следует добавить, что выпускники средней школы, планирующие продолжать обучение в технических университетах, основное внимание при подготовке к Единому государственному экзамену (ЕГЭ) уделяют математике и физике. Это сказывается на качестве знаний по химии, так как подготовка по которой отходит на второй план.

Важно отметить, что у выпускников средней школы, в чьи планы не входит продолжение образования в вузе, низкий уровень знаний по химии остается на весь период его активной деятельности. Это способно привести к непредсказуемым последствиям в различных жизненных ситуациях, а иногда и к экологическим катастрофам [8]. Следовательно, одной из ключевых задач курса химии, изучаемого в рамках общеобразовательной подготовки, должно стать формирование химико-экологической компетентности выпускников, необходимой для понимания воздействия различных химических соединений и реакций на организм человека и окружающую среду. Под химико-экологической компетентностью выпускников образовательных учреждений мы понимаем интегральное качество индивида, состоящее в наличии у него выработанных на определенном уровне специальных компетенций, являющихся комплексом химико-экологических знаний, умений, эмотивных реакций и ценностей природосообразного характера [9].

Одним из способов решения возникающих проблем может служить применение в образовательном процессе разработанного нами системно-аксиологического подхода [см., например, 10 — 12]. Данный подход предполагает:

во-первых, определенную систему расположения материала в курсе изучаемой дисциплины по возрастанию ценности информации для будущей профессиональной деятельности;

во-вторых, выработку у обучающихся ценностного отношения к процессу познания и его результату на основе нравственных ориентаций;

в-третьих, свойства химических веществ и особенности химических превращений рассматриваются с позиций их воздействия на человека и окружающую среду;

в-четвертых, вырабатывается методика принятия правильных решений по снижению или полному устранению вредных последствий не только химических, но любых производств.

В рамках системно-аксиологического подхода при повышении образовательного уровня ценности химического образования становятся личностными ценностями. По мере развития субъекта обучения личные ценности расширяются, включая в свой круг все больше социальных ценностей. При реализации в образовательном процессе системно-аксиологического подхода осуществляется логическая цепочка [10, 11]:

Личностные Ценностные Обоснованная Формирование Аксиологическая
смыслы → ориентации → мотивация → компетенций → компетентность

В результате такого подхода к обучению, человек становится социально-активным индивидом, обладающим определенным набором нравственно-аксиологических компетенций [13, 14]. Таким образом, происходит становление профессионально компетентного специалиста, способного использовать приобретенные знания в оценивании последствий своей деятельности по отношению к окружающей среде, здоровью людей [11, 15].

В результате применения предлагаемого подхода повышение мотивации изучения химии происходит не только в появлении перспективы зачета знаний на более высокой ступени обучения [16]. Обучающиеся осознают необходимость применения приобретенных знаний [17 — 20] — фундаментальных законов и свойств веществ — в будущей профессиональной и повседневной деятельности на основе их природосообразности, в решении вопросов по предотвращению экологических катастроф.

«Зеленая химия» в российском образовании. Системно-аксиологический подход должен стать методологической основой внедрения идей «зеленой химии» в российскую образовательную практику. Се-

годня лидирующая роль в развитии движения «Зеленая химия» — химия в интересах устойчивого развития» принадлежит европейским активистам [1]. Это вполне объяснимо: Европа ближе всего подошла к тому пределу, когда природа уже не в силах восстановить ущерб от деятельности человека. В европейских странах действует самое прогрессивное законодательство в области «зеленых» технологий. Это так же не удивительно, ведь в правительства ряда стран Европы входят активисты движения «Greenpeace» — зеленый мир, давно известные своими действиями в защиту природы.

Однако уже немало сделано в отечественном образовании для распространения идей «зеленой химии». Работу на просвещенческом направлении в России возглавляют два научно-образовательного центра (НОЦ). Один из них — «Химия в интересах устойчивого развития — зеленая химия» — организован на химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова. В его образовательной деятельности:

- подготовка химиков-магистров по программе дисциплины, соответствующей задачам НОЦ;
- создание курса лекций;
- проведение специальных семинаров;
- научные исследования в области катализа на принципах зеленой химии и ряд других мероприятий.

Другой НОЦ — «Институт химии и устойчивого развития» — создан в Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева (РХТУ). Директор центра — член-корреспондент РАН Н.Н. Тарасова — входит в состав Международного комитета IUPAC Conference on Green Chemistry (ICGC). В некоторых ведущих региональных университетах (Северный, Казанский, Южный), а также в Марийском, Новосибирском, Таганрогском и других высших учебных заведениях уже несколько лет ведется подготовка специалистов по проблемам «зеленой химии».

В Таганрогском университете на кафедре «Химия и экология» создан Экоцентр. Научно-исследовательская и учебно-методическая работа в нем ведется в двух основных направлениях: «Инженерная экология» и «Общая и химическая экология». Работает воскресная химико-экологическая школа «Зеленая химия» для учащихся с 8-го по 11-й классы. Цель занятий в этой воскресной школе — углубление знаний в области химии, экологии и смежных с ними наук. Для тех школьников, которые собираются стать в дальнейшем профессионалами в области «Химии и экологии», очень важно приобретение умений в системе профессиональных практикумов, в основе которых лежат методы физико-химического анализа и аналитической химии. Акцент при этом делается на усвоение принципов «зеленой химии» и приобретение практических навыков их применения.

В Астраханском государственном университете (АГУ) открыта новая образовательная программа подготовки магистров по направлению «Зеленая химия». Декан химического факультета, на котором в АГУ открыта подготовка магистров по направлению «Зеленая химия», А.Г. Тырков, обосновал появление таких специалистов следующим образом. «Программа подготовки магистров по направлению «Зеленая химия» призвана реализовать задачи разработки химических продуктов и процессов, способствующих снижению и/или исключению использования производства опасных веществ. Решение подобных проблем направлено на любое усовершенствование химических процессов, положительно влияющих на окружающую среду». Во вновь открывшуюся магистратуру принимаются бакалавры химии и экологии.

В Томске в 2009 году была защищена диссертация с обнадеживающим названием «Синтез и свойства реагентов на основе поливалентного йода, соответствующих концепции “зеленая химия”». Ее автор Т.В. Функ решила задачу сложного органического синтеза при помощи легко извлекаемых, регенерируемых и в то же время эффективных окислительных реагентов на основе соединений поливалентного йода. Работа оценена как «неразрывно связанная с перспективным направлением развития органического синтеза на основе принципов «зеленой химии» [17].

Проблемы преподавания «зеленой химии». На Международных конференциях по охране окружающей среды было признано, что вопросы преподавания зеленой химии требуют концептуального обсуждения. Прозвучало мнение, что «Зеленая химия» не должна преподаваться в вузах как отдельный предмет. Ее следует вводить в другие курсы как методологический подход, позволяющий химикам всех направлений учитывать в своей деятельности вопросы экологической преемственности, что соответствует идеям разработанного нами системно-аксиологического подхода.

Относительно курса химии в средней и высшей школах вопрос остается открытым (см. [17 — 19]) и должен, прежде всего, стать предметом обсуждения самых широких кругов педагогической общественности, в первую очередь, — активных сторонников и пропагандистов экологической химии [20]. Особенно в тех средних учебных заведениях — школах, колледжах, гимназиях, — где уже существуют элективные курсы экологической химии и экологии.

На сегодняшний день прослеживаются три перспективных направления развития школьного химического образования в рамках концепции «Зеленая химия — химия в интересах устойчивого развития»:

1) вводить, как было сказано, в состав элективных курсов представления «зеленой химии»;

2) упоминать о принципах этой концепции в соответствующих темах школьного курса химии;

3) создавать отдельные факультативы по примеру упоминавшихся выше «Воскресных школ — зеленая химия».

При широком обсуждении могут быть предложены, рассмотрены и обсуждены другие варианты освоения учащимися принципов и идеологии «зеленой химии», как нового этапа развития экологической химии.

Заключение. Для того чтобы «зеленый подход» стал основой мировоззрения большинства химиков мира, должна быть проделана огромная работа. Нужна специальная «просветительская» деятельность:

- создание программ для химиков-практиков;
- убедительные семинары для химиков-исследователей;
- циклы лекций для школьников и их учителей;
- программы для студентов химиков и будущих специалистов технических направлений (бакалавров и магистров);
- особые программы для будущих педагогов-химиков (бакалавров и магистров).

Проблема осложняется недостаточной разработанностью учебно-методических материалов для студентов и преподавателей.

Положительные результаты могут быть достигнуты только при совместной работе методистов, преподавателей, административных работников учебных заведений различных ступеней образования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Фадеев Г.Н. *Зеленая химия — новый этап экологической химии*. Режим доступа. URL: do.gendocs.ru/docs/index-223256.html (дата обращения 28.03.2012).
- [2] Лунин В.В., Тундо П. ред. *Зеленая химия в России. Сб. ст.* Москва, Изд-во Моск. ун-та, 2004, 230 с.
- [3] *1-я Международная конференция ИЮПАК по зеленой химии — химии в интересах устойчивого развития* (Дрезден, 2006). URL: <http://www.chem.msus.ru/rus/innoed/green-chemistry-2006/welcome.html>.
- [4] Anastas P.T., Warner J.C. *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press, New York, 1998, 30 p.
- [5] Голубина Е.В., Локтева Е.С. *Зеленая химия в вопросах и ответах*. URL: <http://www.greenchemistry.ru>.
- [6] Фадеев Г.Н., Фадеева С.А. Знакомьтесь: «зеленая химия». *Химия: учебно-методический журнал для учителей химии и естествознания*, 2011, № 13 (827), с. 16 — 19.
- [7] Локтева Е.С., Лунин В.В. *Прогресс и роль «зеленой химии» в современном мире*. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1377209>.
- [8] Dvulichanskaya N.N. On the matter of lifelong chemistry education in the scope of stable development. *Lifelong education: Continuous education for sustainable development: proc. of IAEA coop. SPb.: LSU n.a. A.S. Pushkin*, 2010, vol. 8, pp. 400 — 403.
- [9] Тупикин Е.И., Двulichанская Н.Н. Формирование химико-экологической компетентности выпускников технических колледжей в системе непрерывной подготовки колледж-вуз. *Актуальные проблемы химического и естественнонаучного образования: Материалы 56 Всерос. научно-практич.*

- конф. химиков с международным участием. Санкт-Петербург, Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2009, с. 189 — 190.
- [10] Двуличанская Н.Н. *Дидактическая система формирования профессиональной компетентности студентов учреждений среднего профессионального образования в процессе естественно-научной подготовки*: Автореф. дис. ... докт. пед. наук. Москва, 2011. 40 с.
- [11] Двуличанская Н.Н. *Компетентностный подход к обучению естественно-научным дисциплинам в техническом профессиональном образовании: монография*. Москва, НИИ РЛ МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011, 188 с.
- [12] Двуличанская Н.Н. Системно-аксиологический подход к формированию химической компетентности в условиях модернизации образования. *Ярославский педагогический вестник*. 2011, №1, том II, с. 99 — 103.
- [13] Двуличанская Н.Н., Фадеев Г.Н., Матакова С.А. Системно-аксиологическая концепция как основа обучения химии в профессиональных образовательных учреждениях. *Актуальные проблемы химического и естественнонаучного образования: материалы 56 Всерос. научно-практич. конф. химиков с международным участием*, г. Санкт-Петербург, 8-11 апреля 2009 года. Санкт-Петербург, Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2009, с. 99 — 101.
- [14] Dvulichanskaya N.N. Современные подходы в компетентностно ориентированном естественно-научном образовании. *Almanac of Social Communication: Podręcznik akademicki*. Академический учебник. Academic handbook. Redakcja naukowa Aleksandra Dąbrowska. Banska Bystrica [текст], 2011, с. 87 — 92.
- [15] Двуличанская Н.Н. Роль естественнонаучного образования в повышении профессиональной компетентности будущих специалистов технического профиля. *Наука и образование*, 2011, вып. 1. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/164710.html> (дата обращения 19.06.2013)
- [16] Двуличанская Н.Н., Тупикин Е.И. *Теория и практика непрерывной общеобразовательной естественно-научной подготовки в системе «колледж — вуз» (на примере химии): монография*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010, 254 с.
- [17] Двуличанская Н.Н., Фадеев Г.Н. Проблемы непрерывного химического образования в контексте устойчивого развития. *Актуальные проблемы химического и естественно-научного образования: Материалы IV Всерос. научно-практич. конф. химиков с международным участием*. Москва, 11-12 апреля 2013 г. Сб. материалов. Москва, Изд-во МАКС Пресс, 2013, с. 13 — 16.
- [18] Фадеев Г.Н. Зеленая химия — химия в интересах концепции «Устойчивое развитие земной цивилизации». *Актуальные проблемы химического и экологического образования. Сб. научн. тр.* Санкт-Петербург, Изд-во РГПУ, 2013, с. 8 — 11.
- [19] Голубев А.М., Лебедев Ю.А., Фадеев Г.Н. Мотивация изучения химии в технических университетах. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 2011, № 9, с. 27 — 28.
- [20] Двуличанская Н.Н. Аксиологическая компетентность как результат обучения химии в современных условиях. *Актуальные проблемы химического и экологического образования. Сб. научн. тр.* Санкт-Петербург, Изд-во РГПУ, 2013, с. 202 — 205.

Статья поступила в редакцию 26.06.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Двуличанская Н.Н., Фадеев Г.Н. Аспекты химического образования в контексте концепции устойчивого развития. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 6. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/792.html>

Двуличанская Наталья Николаевна — д-р пед. наук, канд. хим. наук, доцент кафедры «Химия» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 130 научных и методических работ, в том числе более 90 трудов в области теории и методики профессионального образования, методики обучения естественно-научным дисциплинам. e-mail: nnikdv@gmail.com

Фадеев Герман Николаевич — д-р пед. наук, канд. хим. наук, профессор кафедры «Химия» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 160 научных и методических работ в области методики преподавания химии. e-mail: gerfard@mail.ru