

Научная статья

УДК 66.01:378.22.014.256

doi: 10.17223/24135542/27/2

Химический инжиниринг и химические технологии: проектирование прикладной магистратуры ТГУ с международными партнерами

Ольга Юрьевна Смоленчук

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия, smolenchuk@gmail.com*

Аннотация. Новые тенденции в мировой экономике и производстве трактуют новые линии поведения для образовательного сектора, в том числе в отрасли химии (как в подготовке будущих специалистов, так и в области химического производства в целом). Цель данной работы – проанализировать существующие возможности в Томском государственном университете при подготовке специалистов-химиков с достаточными цифровыми компетенциями. Для этого был проведен мониторинг университетов и образовательных программ лидеров рейтинга QS с целью проектирования модели взаимодействия ТГУ с партнерами в сфере химического инжиниринга и химических технологий и трансформации профильных образовательных программ ТГУ. Первая задача состояла в том, чтобы проанализировать наиболее подходящие направления международного сотрудничества, исходя из уже налаженной коллаборации с партнерами ТГУ. Вторая задача заключалась в проведении мониторинга курсов по направлению «маркетинговые исследования в области химической технологии и “малотоннажной химии”». В качестве третьей задачи проанализирована модель «обучающей фабрики» и даны рекомендации для взаимодействия с корпоративными промышленными партнерами ТГУ при создании прикладной магистратуры. Представленный анализ явился результатом исследований автора во время работы в САЕ «Институт умных материалов и технологий» Томского государственного университета в 2018–2019 гг.

Ключевые слова: химические технологии, магистратура, Томский государственный университет, обучающая фабрика

Для цитирования: Смоленчук О.Ю. Химический инжиниринг и химические технологии: проектирование прикладной магистратуры ТГУ с международными партнерами // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2022. № 27. С. 20–38. doi: 10.17223/24135542/27/2

Original article

doi: 10.17223/24135542/27/2

Chemical Engineering and Chemical Technologies: Designing an Applied Master's Degree at Tomsk State University with International Partners

Olga Yu. Smolenchuk

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia, smolenchuk@gmail.com

Abstract. New trends in the global economy and production interpret new lines of behavior for the educational sector, including a field of chemistry (both in the training of future specialists and in the area of chemical production in general). The purpose of this work is to analyze the existing opportunities at TSU in the training of chemists with sufficient digital competencies. For this purpose, universities and educational programs of the QS rating leaders were monitored to design a model of interaction between TSU and partners in the field of chemical engineering and chemical technologies and the transformation of specialized educational programs at TSU. The first task is to analyze the most appropriate areas of international cooperation based on the already established collaboration with TSU partners. The second task is to monitor courses in the direction of “marketing research in the field of chemical technology” and “low-tonnage chemistry”. As the third task, the model of the “learning factory” is analyzed and the recommendations are given for interaction with TSU's corporate and industrial partners while creating an applied master's degree. This presented analysis became the result of the author's research while working at the Strategic Academic Unit “Institute of Smart Materials and Technologies” of Tomsk State University in 2018-2019.

Keywords: chemical technology, master's degree, Tomsk State University, “learning factory”

For citation: Smolenchuk, O.Yu. Chemical Engineering and Chemical Technologies: Designing an Applied Master's Degree at Tomsk State University with International Partners // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimia – Tomsk State University Journal of Chemistry*, 2021, 27, 20–38. doi: 10.17223/24135542/27/2

Введение

Новые тенденции в мировой экономике и производстве трактуют новые линии поведения для образовательного сектора, в том числе в отрасли химии (как в подготовке будущих специалистов, так и в области химического производства в целом). В 2019 г. больше половины российских предприятий химической отрасли (52%) приоритетным направлением развития назвали инвестиции в развитие персонала [1. С. 14]. В качестве ключевых навыков сотрудников отмечаются развитие цифровой грамотности, умения совмещать работу в программных продуктах и собственно химической специализации. При этом основными причинами, сдерживающими внедрение передовых технологий, названы недостаток финансирования предприятий (26%) и недостаточная квалификация персонала (17,5%) [Там же. С. 22].

Согласно отчету консалтинговой компании Делойт «Химическая промышленность 4.0. Развитие на основе использования инноваций в эпоху перемен» за 2017 г., «...важные задачи стратегического и структурного характера, стоящие перед химической промышленностью, могут быть решены в эпоху четвертой революции в химической отрасли (химическая промышленность 4.0) с помощью цифровой трансформации и экономики замкнутого цикла» [2. Р. 5]. В соответствии с данным положением авторы отчета определяют две большие категории, которые могут повлечь за собой изменения: первая категория относится к бизнес-моделям на основе цифровых процессов (обеспечение прозрачности и цифровизация бизнес-процессов, операционные модели на основе данных, бизнес-модели на основе цифровых процессов); вторая категория включает в себя экономику замкнутого цикла (проектирование / перепроектирование, обращение химических веществ при производстве товаров, повторная переработка, рекуперация энергии, устранение последствий загрязнений и снижение негативного воздействия на окружающую среду, удаление остаточных продуктов деятельности предприятий) [Ibid.].

Цель данной работы – проанализировать существующие возможности в Томском государственном университете при подготовке специалистов-химиков с достаточными цифровыми компетенциями. Для этого был проведен мониторинг университетов и образовательных программ лидеров рейтинга QS с целью проектирования модели взаимодействия ТГУ с партнерами в сфере химического инжиниринга и химических технологий и трансформации профильных образовательных программ ТГУ. Первая задача состояла в том, чтобы проанализировать наиболее подходящие направления международного сотрудничества, исходя из уже налаженной коллаборации с партнерами ТГУ. Вторая задача заключалась в проведении мониторинга курсов по направлению «маркетинговые исследования в области химической технологии и “малотоннажной химии”». В качестве третьей задачи проанализирована модель «обучающей фабрики» и даны рекомендации для взаимодействия с корпоративными индустриальными партнерами ТГУ при создании прикладной магистратуры.

Представленный анализ явился результатом исследований автора во время работы в САЕ «Институт умных материалов и технологий» Томского государственного университета в 2018–2019 гг. В последующем данное исследование может служить отправной точкой для сборки и реализации программ по направлению «химия» (специализация – «подготовка специалистов для предприятий нефтехимии и химической промышленности»).

1. Мониторинг для организации взаимодействия с действующими и новыми партнерами ТГУ (направление: химический инжиниринг и химические технологии)

Для организации взаимодействия с действующими и новыми партнерами Томского университета были проведены мониторинг и оценка более 50 вузов, включая университеты Европы (32), Азии (13), Южной и Северной

Америки (3). Работа по оценке образовательных программ и модулей включала рассмотрение образовательных единиц (университетов и институтов) с учетом того, с какими учебными заведениями высшего образования у Томского государственного университета уже существуют партнерские взаимоотношения и / или осуществляются программы студенческого, академического обмена, а также тех вузов, которые в настоящее время занимают высокие места в различных рейтингах по химическому инжинирингу (QS, Times Higher Education Ranking¹). При анализе также учитывалось, насколько сам университет / институт интегрирован в международное образовательное, научное и академическое пространство (таблица).

Среди европейских стран необходимо выделить голландское направление. Для основы сборки модулей по химическому инжинирингу можно учитывать опыт образовательных траекторий магистерских программ, предлагаемых голландскими университетами. Ключевыми факторами для рассмотрения являются следующие:

1. Нидерланды занимают лидирующее место среди европейских стран по предложению магистерских программ на английском языке – более 2 100 программ (в стране, где английский язык не является официальным).

2. Химическая промышленность носит экспортный характер, среди приоритетных научных исследований химия также занимает одно из первых мест.

3. Четыре голландских университета имеют высокие рейтинги по химическому инжинирингу (Технологический университет Дельфты (QS = 17), Университет Эйндховена (QS = 51–100), Университет Твенте (QS = 101–150), Университет Гронингена (QS = 101–150), а также осуществляют магистерские программы по химическому инжинирингу на английском языке.

4. Различные курсы по направлению «химия» Лейденского университета могут рассматриваться как базовые. В рамках модулей по «Большим данным» (Big Data) и «Науке о данных» (Data Science) может использоваться опыт Университета Маастрихта. Исследователи и представители профессорско-преподавательского сообщества ТГУ (в том числе рамках САЕ «Институт умных материалов и технологий») получили необходимые компетенции и прошли научные и практические стажировки в Нидерландах; необходимо учитывать предыдущую образовательную и научно-академическую коллаборацию.

5. Деятельность кластера Brightlands Chemelot Campus 2² (Провинция Лимбург) может служить примером сотрудничества университета со стартапами молодых ученых и практиков в области химического инжиниринга.

6. Проблемно-ориентированный подход в обучении (problem-based learning) и подход, основанный на исследованиях (research-based learning).

¹ Рейтинги QS и Times Higher Education Ranking рассмотрены за 2018 г. В скобка приведен рейтинг QS по химическому инжинирингу по указанным в статье университетам.

² Кластер Brightlands Chemelot Campus предлагает современную научно-исследовательскую и производственную инфраструктуру, обучение на кампусе и научную поддержку бизнеса, венчурный капитал и услуги по развитию бизнеса. Партнерами в области образования являются Университет Маастрихта и Университет прикладных наук.

**Оценка и мониторинг университетов
(направление: химический инжиниринг)**

Европа (32 университета)	Азия (16 университетов)	Южная и Северная Америка (3 университета)
Австрия (1): Университет Граца	Малайзия (3): Университет Малайи, Научный Университет Малайзии, Университет Куала-Лумпур	США (2): Университет Сэнт Клауд, Университет штата Аризона
Германия (6): Университет прикладных наук Анхальта, Университет Гумбольдта, Университет Бамберга, Университет Дуйсбург-Эссен, Дегендорфская высшая техническая школа, Технологический институт Карлсруэ		Бразилия (1): Университет Сан-Паоло
Франция (6): Университет Руана, Университет Лилля, Экс-Марсельский университет, Высшая национальная школа передовых технологий, Высшая школа промышленной физики и химии города Париж (ChimieParisTech), Политехническая школа	Китай (9): Шэньянский технологический университет, Цзилиньский университет, Пекинский университет, Университет Цинхуа, Шанхайский университет Цзяо Тонг, Научно-технический университет Китая, Нанкинский университет, Чжэцзянский Университет, Фуданьский университет	
Великобритания (3): Университет Суссекса, Университет Голдсмит, Университет Эдинбурга	Индия (2): Индийский технологический институт Бомбея, Индийский технологический институт Мадраса	
Нидерланды (6): Лейденский университет, Университет Маастрихта, Институт прикладных наук Саксион, Университет Вагенингена, Дельфтский Технологический университет, Университет Твенте, Университет Эйндховена		
Италия (7): Университет Пизы, Университет Вероны, Университет Сьены, Университет Турина, Университет Флоренции, Университет Сапиенсы, Неаполитанский университет им. Фридриха II		
Финляндия (1): Университет «Академия Або»		

Если рассматривать вузы Великобритании, то целые курсы Химической школы (Университет Эдинбурга, Великобритания, QS = 51–100) могут быть встроены в образовательный комплекс.

Среди европейских вузов необходимо выделить также университеты Франции: Высшую школу промышленной физики и химии города Париж, Политехническую школу (QS = 151–200), – с данными университетами уже осуществляется программа двойной магистратуры). Экс-Марсельский университет (Франция) входит в консорциум университетов Италии (Университет Рима «Тор Вергата») и Польши (Вроцлавский университет науки и технологий), на базе которых реализуется магистерская программа Эразмус+ по химическому наноинжинирингу [3].

Особое внимание заслуживает университет Финляндии «Академия Або». В 2018 г. на базе университета была запущена новая международная магистерская программа в области устойчивого химического и технологического инжиниринга (на английском языке) [4].

Среди вузов Германии нужно отметить Технологический институт Карлсруэ (QS = 51–100). Научно-исследовательская деятельность факультета химического инжиниринга и переработки сосредоточена на трех основных темах: технология обработки материалов, био- и пищевые технологии, а также энергетика и экология. В университете Гумбольдта (Германия) нет отдельной образовательной программы по химическому инжинирингу, но сильна исследовательская школа.

В вузах Италии отсутствует программа по химическому инжинирингу на английском языке, но сильна научно-исследовательская база, например в Университете Рима Сапиенсы (QS = 101–150).

Почти все вышеназванные университеты в своих магистерских программах огромное внимание уделяют практической составляющей и наличию обязательной стажировки на предприятии / организации.

Исследователи и профессора из Университета Штата Аризона, США (QS = 151–200) несколько раз принимали участие в научно-академических и образовательных мероприятиях ТГУ.

С развитием общей конъюнктуры сотрудничества на азиатское направление нужно отметить вузы Малайзии, в том числе Научный университет Малайзии (QS = 42), с которым уже установлено научное взаимодействие. Делегация данного университета посещала ТГУ с официальным визитом в 2015 г. Научный университет Малайзии предлагает магистерскую программу и программу PhD по химическому инжинирингу на английском языке [5]. В Университете Малайи (QS = 42) осуществляется международная бакалаврская программа [6]. Одним из следующих шагов после совместных исследований в области гетерогенного катализа и полимерной химии Лаборатории каталитических исследований (ЛКИ) ТГУ и Исследовательского центра нанотехнологий и катализа NANOCAT Университета Малайи могут стать стажировки студентов / слушателей.

На основе проведенного анализа курсов и программ вузов Китая можно сделать вывод: китайские университеты – партнеры ТГУ обладают крайне

низким уровнем открытости. Ни один из партнеров не публикует информацию о читаемых (т.е. уже разработанных) на английском языке курсах по химии, данные исследователей и лекторов. Поэтому установление коллаборации по химическому инжинирингу с китайскими вузами имеет существенные препятствия и может стать вызовом.

Для укрепления диалога в рамках научно-образовательного партнерства БРИКС рекомендуется пригласить в качестве экспертов исследователей по химическому инжинирингу из Университета Сан-Паоло (QS = 51–100), Индийского технологического института Бомбея (QS = 51–100), Индийского технологического университета Мадраса (QS = 101–150). Одна из старейших школ по химическому инжинирингу в университете Сан-Паоло (бакалавриат по данной специальности был введен в 1925 г.) имеет аспирантуру по химическому инжинирингу на уровне магистратуры и докторантуры; среди тем исследований выделяются электрохимия и коррозия, тепловое и механическое разделение, системный инжиниринг в процессах, инжиниринг биопроцессов. Индийский технологический институт Бомбея также имеет программы магистратуры и докторантуры по химическому инжинирингу и в своей научно-исследовательской деятельности специализируется на биотехнологиях и инжиниринге биосистем, катализе и инжиниринге реакции, исследованиях в области коллоидных систем и поверхностных межфазных явлений, материаловедении, инжиниринге технологических систем.

2. Мониторинг курсов «маркетинговые исследования в области химической технологии и “малотоннажной химии”»

Вторая часть работы связана с проведением мониторинга курсов по теме «маркетинговые исследования в области химической технологии и “малотоннажной химии”». Как и в первом случае, проведен анализ университетов Европы и Азии, включая образовательные учреждения, с которыми у Томского государственного университета не существует договоренностей на основе заключенных соглашений о сотрудничестве или меморандумов о взаимопонимании. Были выделены департаменты, школы, исследовательские группы и отдельные ученые, занимающиеся вопросами химических технологий. В качестве источников информации использовались сайты рассматриваемых университетов.

Необходимо отметить, что на декабрь 2018 г. – февраль 2019 г. отдельных курсов или магистратуры по направлению «Маркетинговые исследования в области химической технологии и “малотоннажной химии”» не выявлено. Но существовала программа «Мастер делового администрирования в области химии, продажи и управления маркетингом» в индийском университете Дживайи (г. Гвалиор).

В дальнейшем поиск и анализ производились в рамках междисциплинарного подхода, на стыке химических технологий, экономики и процессинга в целом. Школа химических наук университета Эдинбурга (QS = 51–100)

предлагает курс «Управление проектами» на базе программного обеспечения «Аспен» (преподаватель – доктор Симон Смит) в рамках бакалавриата по химическому инжинирингу [7]. Курс рассматривает принципы в управлении инженерным проектом с упором на гражданское и строительное машиностроение. Он включает в себя оценку жизненного цикла проекта, стороны-участники, планирование, мониторинг, управление командой, стратегию, подбор подрядчиков и управление контрактами. При этом курс, в основном ориентированный на студентов в сфере гражданского строительства, доступен для широкого круга других инженерных дисциплин, например таких, как химическое и машиностроение.

В Дельфтском технологическом университете (Нидерланды; QS = 17) под руководством доктора А.Б. де Хаана и доктора Г.М.Н. Меестерса читается курс «Проектирование продукта и процессов» [8] и предлагается пост-вузовская программа сроком на два года «Проектирование продукции химической промышленности» (язык курса: английский) [9] с возможностью стажировки на предприятии. В рамках магистратуры по химическому инжинирингу существует несколько курсов, которые можно соотнести с областью маркетинга в сфере химической технологии и малотоннажной химии. Доктор Роок проводит специальный курс «Маркетинг передовых технологий» (язык курса: английский) [10], направленный на знакомство студентов с несколькими теоретическими и методологическими подходами в рамках высокотехнологичного маркетинга, который охватывает последние разработки в этой области, такие как нейромаркетинг, технологии на основе Web (2.0) и Mobile (3.0). Летом 2019 г. в рамках научно-академического обмена состоялась личная встреча автора работы с доктором Рооком, где были обсуждены области возможного сотрудничества между ТГУ и Дельфтским технологическим университетом. Курс доктора Г. ван де Каа «Технология, стратегия и предпринимательство» (язык курса: английский) посвящен разработке и внедрению технологических стратегий для крупных фирм и предпринимателей [11]. В курсе под руководством профессора М.Ф.В.Х.А. Янсона «Технологии, политика и управление» (язык курса: английский) [12] иллюстрируются и обсуждаются отношения между стратегией, технологией и бизнес-процессами. Студенты могут изучить методы и инструменты для анализа и улучшения бизнес-процессов, включая ряд статистических методов и методов ИКТ-архитектуры. Основу этого курса составляет анализ влияния современных технологий на характер бизнес-процессов, в частности анализ технологий и их влияния на управление бизнес-процессами и разработку новых решений в организационном контексте фирмы.

Университет Твенте (Нидерланды; QS = 101–150) в рамках магистерской программы по химическому инжинирингу предлагает элективный курс доктора Р. Йостена «Управление себестоимостью» (язык курса: английский) [13]. В рамках самой магистерской программы предполагается стажировка на предприятии.

В Техническом университете Эйндховена (Нидерланды; QS = 51–100) реализуется программа послевузовского образования (после получения степени магистра) «Проектирование продукта и процессов» (язык программы:

английский) [14]. В рамках программы читаются курсы: «Проектирование и расширение производства», «Дизайн продукта», «Экономика процесса». Помимо технических курсов по основному компоненту предлагается ряд нетехнических курсов: «Методы и приемы проектирования», «Профессиональное развитие», «Техническое письмо и редактирование», «Управление проектом». На данных курсах интенсивно используются программные пакеты ASPEN PLUS, Matlab и FLUENT. Интеграция профессиональных знаний происходит в контексте более продвинутых курсов «Проектирование и эксплуатация установок» и «Проектирование продукции». Все курсы специально разработаны для этой программы и в основном проводятся экспертами из отрасли. На втором году обучения выполняются проекты по технологическому проектированию. Задание на проектирование отличается от задания на проведение исследований тем, что упор делается на синтез (а не на анализ), а также учетом технических и экономических особенностей.

Технологический университет Дании предлагает курс доктора К. Ипсен «Технология, экономика, управление и организация» в рамках магистратуры «Химический и биотехнологический инжиниринг» (язык курса: английский) [15]. Общая цель курса – подготовить студента к пониманию взаимосвязи между технологиями, экономикой, управлением и организацией, а также определить конкретную роль инженера в данной организации со стратегической, тактической и операционной точек зрения в компании.

В рамках программ бакалавриата и магистратуры в Университете Бирмингема (Великобритания) предлагается специализация по химическому инжинирингу с фокусом на бизнес [16]. Студентами изучаются следующие дисциплины: «Химическое проектирование и профессиональные навыки», «Организация и управление бизнесом», «Введение в финансовый анализ», «Введение в экономику», «Международная экономика», «Вычислительные системы для проектирования», «Введение в маркетинг», «Управление персоналом», «Глобальный маркетинг», «Дизайн проект», «Управление процессами и проектами», «Управление цепочками поставок», «Корпоративные финансы», «Стратегическое управление», «Международная и промышленная экономика», «Предпринимательство и исследования малого бизнеса».

В Университете Съены (Италия; Times Higher Education Ranking (по химии) – 401–500) существует возможность получения магистерской степени в области инженерно-технического управления [17]. Дисциплины данной программы обеспечивают компетенции высокого уровня для моделирования, оптимизации, принятия решений и управления организациями. Программа обучения ориентирована на изучение промышленной экономики и маркетинга, планирования инновационных процессов и управления проектами. Курс предоставляет основы математического моделирования, анализа данных и решений, оптимизации сложных систем. В ходе программы студенты могут пройти стажировку не только в итальянских компаниях, но и в компаниях международного уровня, где рабочим языком является английский. Сама программа включает в себя дисциплины «Автоматы и системы управления», «Бизнес-интеллект», «Комплексные динамические системы», «Анализ

данных и решения», «Теория игр», «Управление инновациями», «Управление производством и снабжением», «Управление проектами и людскими ресурсами», «Большие данные», «Электрическая система и энергетический рынок», «Промышленная организация и маркетинг», «Промышленная надежность и техника безопасности», «Бережливое управление», «Машинное обучение», «Стратегии производства и операции», «Моделирование для биологических систем», «Модели для финансовых приложений», «Технологии управления экологическими ресурсами» и т.д.

В 2015–2016 гг. Миланский университет (Италия) предлагал возможность получения степени магистра в области промышленной химии [18]. Данная программа была рассчитана на подготовку химиков с хорошими знаниями теории и практическими навыками промышленного производства в различных областях химии, в частности касавшихся отношений между конечным продуктом и процессом. Данный магистерский курс по промышленной химии в Университете дельи Студи ди Милано был одним из первых в Италии, получившим знак Euromaster. Координатором программы являлась профессор Лаура Мария Раймонди.

В Швейцарском технологическом университете Цюриха студенты могут обучаться на программе магистратуры в области управления, технологии и экономики [19]. В ходе программы можно пройти основные курсы для развития компетенций в шести областях: «Общее управление и управление персоналом», «Стратегия, рынки и технологии», «Управление информацией и управление операциями», «Количественные и качественные методы решения сложных задач», «Микро- и макроэкономика», «Финансовый менеджмент». Срок программы составляет 2 года (4 семестра). Стоимость обучения и проживания варьирует от 16 000 до 26 000 швейцарских франков.

В Высшей школе промышленной физики и химии города Париж (ChimieParisTech) студенты могут пройти элективный курс «Управление и экономика» в рамках магистратуры «Материаловедение» (Master Sciences et Genie des Materiaux; язык курса: французский) [20]. Обучающиеся получают шанс выбрать курс отдельно по маркетингу, например «Понимание маркетинга – ценность, удовлетворенность», «Взаимодействие с клиентами», «Промышленный маркетинг и маркетинг услуг – особенности», «Анализ рынка», «Разработка и внедрение маркетинговой стратегии».

Среди вузов Азиатско-тихоокеанского региона стоит выделить Столичный университет Токио (Япония) [21], где ученые и профессора читают следующие курсы: «Разработка новых финансовых инструментов и операционных схем»; «Стохастическая оптимизация» (доцент, доктор Орию Тадао); «Математический инжиниринг», «Исследования операций», «Оптимизация» (профессор, доктор, ведущий исследователь Мурота Казуо); «Исследования операций», «Теория массового обслуживания и ее применение», «Промышленный инжиниринг» (профессор, доктор Ямашита Хидеаки).

В 2014 г. Солвэй открыл новый центр исследований и инноваций (R & I) в Женском университете Эхва в Южной Корее, что позволило данному предприятию тесно сотрудничать с ключевыми азиатскими клиентами и

университетами в разработке продуктов для быстро развивающегося рынка аккумуляторов, электроники и автомобилей. Научно-исследовательский центр в Сеуле является четвертым по счету Солвэй в Азии [22]. На базе кампуса Эхва, старейшего и крупнейшего в мире женского университета, основанного в 1886 г., Солвэй получил доступ к сильной национальной и международной сети с университетами и исследовательскими институтами. Более того, это сблизило компанию с ведущими промышленными игроками и клиентами в стратегически важных странах и регионах. После приобретения Plextronics Центр исследований и разработок имеет в своем распоряжении электронную лабораторию Солвэй для разработки технологий отображения и освещения на органических светодиодах (OLED). Исследования нацелены на создание материалов для быстрорастущих рынков с высокой добавленной стоимостью литий-ионных аккумуляторов, чтобы обеспечить оптимальное накопление энергии, и разработку новых материалов, которые уменьшают потребление энергии автомобилями. Открытие центра произошло после того, как Солвэй и Эхва подписали в 2011 г. соглашение, предусматривавшее в том числе переезд подразделения Глобального химического отдела Солвэя по химическим веществам (Solvay Global Chemical Unit Special Chemicals). Передовые технологии уже обслуживают быстрорастущий рынок электроники в Азии. Солвэй и исследовательский центр в Эхве сотрудничают с другими ведущими университетами для реализации долгосрочных научных проектов. Данное партнерство позиционирует Солвэй среди основных иностранных игроков в научной экосистеме Южной Кореи.

Сингапурский национальный университет (QS = 9 по химическому инжинирингу) предлагает послевузовскую программу в области процессов и системной инженерии сроком на два года [23]. Стоимость курса (при условии 7% НДС) 5 800 долл. США за модуль. Данный курс включает следующие дисциплины: «Математические и вычислительные инструменты для инженеров-химиков», «Усовершенствованная технология химической реакции», «Оптимизация процесса в промышленных приложениях», «Идентификация и оценка опасности» и т.д. Язык обучения: английский.

В Национальном университете технологий Тайбэя (Тайвань) студенты могут получить докторскую и магистерскую степени по химическому инжинирингу [24]. В ходе обучения студенты проходят стажировку на предприятии.

Научный университет Малайзии (QS = 51–100) дает возможность освоить докторскую программу в области химического инжиниринга; возможна стажировка на предприятии [5].

В Школе химического инжиниринга Университета Файсалабада (Пакистан) читается курс «Экономика в инжиниринге» (язык курса: английский) [25]. В рамках курса студенты изучают темы: «Основы инженерной экономики: показатели финансовой эффективности»; «Неденежные факторы и множественные цели»; «Принципы инженерной экономики», «Товары народного потребления и производство»; «Меры экономической ценности»; «Соотношение цены, предложения и спроса»; «Производство»; «Факторы производства»; «Понесенные и альтернативные затраты»; «Фиксированные, переменные и дополнительные затраты»; «Периодические и единовременные

расходы»; «Прямые, косвенные и накладные расходы»; «Стандартные расходы»; «Анализ безубыточности»; «Удельная стоимость продукции»; «Анализ выгоды и затрат»; «Анализ стоимости при проектировании и покупке»; «Исламские и современные системы финансирования и их использование в оценке стоимости»; «Амортизационный учет»; «Экономическая оценка процессов и оборудования»; «Метод окупаемости»; «Метод текущей стоимости»; «Метод единой годовой стоимости»; «Метод регулирования нормы доходности»; «Время выполнения производства»; «Виды собственности»; «Виды акций»; «Партнерство и акционерные общества»; «Банковские и специализированные кредитные учреждения» и т.д.

Выше было упомянуто, что в ходе проведенного мониторинга не удалось выявить отдельных курсов, программ повышения квалификации или магистерских программ в области химической технологии и «малотоннажной химии». Университет Дживайи (г. Гвалиор, Индия) предлагает программу под руководством профессора С.К. Шривастава «Мастер делового администрирования в области химии, продажи и управления маркетингом» на базе Школы в области продаж химической продукции и управления маркетингом [26]. В этой школе также можно пройти курс по программе магистратуры «Промышленная химия». В процессе обучения студенты проходят обязательные стажировки на промышленных предприятиях, и это является неотъемлемой частью программы. Полный срок обучения составляет 2 года / 4 семестра (язык курса: английский). Школа располагает собственным Центром карьеры для организации практик обучающихся.

Помимо обучения в рамках университетских программ существует возможность онлайн-обучения. Роберт Салвин, эксперт с более чем 40-летним опытом в области химического инжиниринга в компаниях LyondellBasell и ARCO Chemical, предлагает свой авторский курс «Проведение экономической оценки для химических инженеров» (язык курса: английский, стоимость на декабрь 2018 г. составляла 1 095,00 долл. США).

3. Рассмотрение определения «обучающая фабрика» в выстраивании прикладной магистратуры (область: химический инжиниринг)

В 2018 г. Томский государственный университет прорабатывал механизм создания «обучающей фабрики» в партнерстве с крупной химической компанией (производство полимеров). Целью являлось внедрение нового практико-ориентированного подхода в обучении, приближенного к промышленному. На момент исследования данный формат находился в стадии проектирования. Подразумевалось, что выпускниками станут специалисты-химики, владеющие английским языком, имеющие междисциплинарную подготовку и настроенные на работу в конкретных регионах.

Рабочая группа, в которую входила автор публикации, анализировала опыт членов Международной ассоциации обучающихся фабрик, практики исполнения этого формата в России. После изучения данного вопроса были предложены рекомендации.

***Историческая и теоретическая основа концепции
«обучающая фабрика»***

В 2011 г. была основана Инициатива по европейским обучающим фабрикам (Initiative on European Learning Factories; IELF) как объединение нескольких европейских обучающих фабрик. В ее базу были заложены следующие темы: обучение и формирование компетенций как фактор конкуренции, обучающие фабрики в оперативном применении, лидеры как учителя. В 2017 г. Инициатива была переименована в Международную ассоциацию обучающих фабрик, чтобы подчеркнуть ее глобальную и долгосрочную ориентацию. С 2011 по 2018 г. прошло несколько конференций в области концепции «обучающая фабрика» [27].

Причинами для создания обучающих фабрик послужили новые подходы, соответствующие современным взглядам на образование:

1) подходы, которые позволяют обучение в реальной производственной среде;

2) подходы, которые модернизируют учебный процесс и делают его ближе к производственной практике, используют промышленную практику через адаптацию новых производственных знаний и технологий;

3) подходы, которые стимулируют инновации в производстве путем развития компетенций молодых инженеров; например, способность решения проблем, креативность или способность системного мышления – инновации, основанные на талантах – являются движущей силой номер один конкурентоспособности производства [27].

Нужно иметь в виду, что одним из ключевых моментов при рассмотрении концепции «обучающая фабрика» является анализ терминов «обучение» и «фабрика». Они должны использоваться для систем, касающихся обеих частей термина и включающих элементы обучения или преподавания, а также производственной среды. Слово «учеба» в определении, в отличие от обучения [людей], подчеркивает важность обучения [себя] на основе своего собственного опыта через практику, а не через «традиционные лекции».

Процессы и технологии внутри обучающей фабрики базируются на реальных промышленных площадках. В качестве развития концепции формата «обучающая фабрика» европейские специалисты выделяют шесть сценариев:

– Обучающая фабрика как сценарий производственных процессов (Learning Factory I: Industrial application scenario).

– Обучающая фабрика как сценарий академической институции и применения знаний (Learning Factory II: Academic application scenario).

– Обучающая фабрика как сценарий дистанционного образования (Learning Factory III: Remote learning scenario).

– Обучающая фабрика как сценарий «изменчивости исследований» (Learning Factory IV: Changeability research scenario).

– Обучающая фабрика как сценарий «консалтинга» (Learning Factory V: Consultancy application scenario).

– Обучающая фабрика как сценарий «демонстрации возможностей» (Learning Factory VI: Demonstration scenario) [28].

Практика

Одним из примеров включения «обучающей фабрики» в учебный процесс может быть служить опыт университета Гронингена (Нидерланды). В рамках программы бакалавриата «Промышленная инженерия и менеджмент» студенты первого курса, которые не имеют опыта работы в производственной сфере, участвуют в проекте «Экспериментальная учебная фабрика», где изучают структуру производственной среды. В модели реального масштаба с автономными транспортными и распределительными блоками, соединенными с производственными станциями и складскими площадками, учащийся сталкивается с реальными и активными системами, которые необходимо контролировать [29].

В Российской Федерации в качестве примера обучающей фабрики можно привести опыт Уральского федерального университета, где в 2015 г. была открыта «одна из первых образцовых фабрик» в области бережливого производства совместно с компанией Мак-Кинзи (McKinsey) и ОАО «Объединенные машиностроительные заводы» [30].

Экспериментальные площадки обучающихся фабрик также работают при Инженерной Школе Интернета вещей (ГУАП), Институте лазерных и плазменных технологий (Институт «ЛаПлаз», НИЯУ МИФИ), МАИ, СПбГУ. Как отмечается в справочных материалах Фонда ЦСР «Северо-Запад», в данных институциях «эксперимент обучающихся фабрик проводится на программах магистерской подготовки [31]. При этом обучающие фабрики в таком формате создаются и функционируют как «автономные подразделения университетов (факультеты, институты, кафедры) в коллаборациях с индустриальным и техническим партнером.

Рекомендации

Исходя из запроса индустриального партнера, возможностей Томского государственного университета и анализа имеющегося опыта зарубежных и российских университетов, можно выдвинуть следующие положения для создания концепции «обучающей фабрики»:

1. Обучающая фабрика рассмотрена прежде всего в сценарии НИОКР (например, наличие у индустриального партнера собственной научной базы и возможность научной и образовательной кооперации с ТГУ).

2. Обучающая фабрика – «центр-экспортер» стажеров для промышленных партнеров в химической отрасли

3. Обучающая фабрика имеет сценарий «изменчивости исследований», она «подстраивается» под нужды промышленного партнера и может видоизменять свои инструменты (курсы, модули, материал для обучения).

Заключение

Таким образом, мы видим, что в Томском государственном университете существуют необходимые условия для внедрения модулей, повышающих цифровые компетенции будущих специалистов-химиков. Разработанные образовательные модули по симуляции технологических процессов могут стать частью учебного плана новых образовательных программ в областях «химический инжиниринг» и «химические технологии».

Во-первых, при создании прикладной магистратуры можно учитывать опыт Европы, уже существующие курсы и наличие практики и стажировок научно-преподавательского состава, а также студентов в европейских университетах. Например, в 2019–2021 гг., выиграв стипендию от Правительства Франции, Урмат Рустамбек прошел обучение по программе двойного диплома и получил дипломы Томского государственного университета и Школы химических наук Chimie ParisTech.

Во-вторых, анализ азиатских университетов и программ (в первую очередь Китая) показал, что с ними возможно установление первоначального научного сотрудничества по отдельным темам в области химического инжиниринга, а использование опыта, например, магистерских программ или отдельных курсов вызывает затруднения из-за высокой степени закрытости и автономности. Это стало для автора ограничением в исследовании.

В-третьих, модель «обучающей фабрики» может быть предложена в качестве нового подхода при обучении студентов с учетом взаимодействия ТГУ с корпоративными индустриальными партнерами. Например, первые шаги апробированы при реализации программ повышения квалификации для сотрудников нескольких томских предприятий (в области химических технологий) по курсу «Математическое моделирование в среде Aspen».

Данные положения при подготовке будущих кадров в областях «химический инжиниринг» и «химические технологии» актуальны в настоящее время, когда осуществляется переход от концепта «химическая промышленность 4.0» к концепту «химическая промышленность 5.0». В будущем «предприятия нефтехимии и химической промышленности станут все более важными для нефтегазовых компаний, и эта масштабная трансформация создает фундаментальные проблемы для бизнес-моделей, операций, активов и набора навыков» [32. С. 17]. Новый концепт химической промышленности будет строиться на углеродной нейтральности, устойчивом развитии, экономике замкнутого цикла, наличии образованных и требовательных клиентов.

Список источников

1. Обзор химической промышленности России – 2020 // Делойт и Туш СНГ. 2020. 24 с. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/manufacturing/russian/obzor-rynka-himicheskoy-promyshlennosti-2020.pdf> (дата обращения: 29.01.2022).
2. Chemistry 4.0. Growth through innovation in a transforming world // Deloitte. 2017. 29 p. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/consumer-industrial-products/gx-chemistry%204.0-full-report.pdf> (accessed: 29.12.2021).

3. Chemical Nanoengineering. Erasmus Mundus Master. 2018. URL: <https://www.master-cne.eu/> (accessed: 10.12.2018).
4. Master's Degree Programme in Sustainable Chemical and Process Engineering // Abo Academy University. 2018). URL: <https://www.abo.fi/en/study-programme/masters-degree-programme-in-chemical-engineering/> (accessed: 10.12.2018).
5. MSc / PhD (Research mode) in Chemical Engineering // Universiti Sains Malaysia. 2018. URL: <https://chemical.eng.usm.my/academic-programs/postgraduate/msc-phd-research-mode> (accessed: 08.12.2018).
6. Bachelor of Chemical Engineering // University of Malaya. 2018. URL: <https://engine.um.edu.my/bachelor-of-chemical-engineering> (accessed: 08.12.2018).
7. Degree regulations & programmes of study 2018/2019. Undergraduate Course: Engineering Project Management 4 (MAEE10005) // University of Edinburgh. 2018. URL: <http://www.drps.ed.ac.uk/18-19/dpt/cxmaee10005.htm> (accessed: 09.10.2018).
8. Product & Process Design // Delft University of Technology. 2018. URL: <https://www.studeersnel.nl/nl/document/technische-universiteit-delft/product-process-design/lab-course-manual-aspen-short-ch3804-v2020/14804732> (accessed: 12.10.2018).
9. DEng-programme "Chemical Product Design" // Delft University of Technology. 2018. URL: <https://www.tudelft.nl/en/faculty-of-applied-sciences/education/master-programmes/post-msc-programmes/chemical-product-design/> (accessed: 23.11.2018).
10. High-Tech Marketing. MOT1533 // Delft University of Technology. 2018. URL: https://studiegids.tudelft.nl/a101_displayCourse.do?course_id=45658 (accessed: 25.11.2018).
11. Technology, Strategy and Entrepreneurship. MOT1435 // Delft University of Technology. 2018. URL: https://studiegids.tudelft.nl/a101_displayCourse.do?course_id=45656 (accessed: 23.11.2018).
12. Digital Business Process Management. MOT1531 // Delft University of Technology. 2018. URL: https://studiegids.tudelft.nl/a101_displayCourse.do?course_id=47283 (accessed: 11.11.2018).
13. Master's in Chemical Science & Engineering (CSE) // University of Twente. 2018. URL: <https://www.utwente.nl/en/education/master/programmes/chemical-engineering/specialization/chemical-and-process-engineering/course-descriptions/> (accessed: 24.11.2018).
14. PDEng Process and Product Design // Eindhoven University of Technology. 2018. URL: <https://www.tue.nl/en/education/graduate-school/pdeng-process-and-product-design/> (accessed: 23.11.2018).
15. Technology, economics, management and organisation 42490 (TEMO) // Technical University of Denmark. 2018. URL: <http://kurser.dtu.dk/course/2018-2019/42490?menulanguage=en> (accessed: 28.11.2018).
16. School of Chemical Engineering // University of Birmingham. 2018. URL: <https://www.birmingham.ac.uk/schools/chemical-engineering/index.aspx> (accessed: 14.10.2018).
17. MSc in Engineering Management // University of Siena. 2018. URL: <https://engineering-management.unisi.it/en> (accessed: 10.10.2018).
18. Master's Degree in Industrial Chemistry // University of Milan. 2018. URL: <http://www.ccdchim.unimi.it/en/corsiDiStudio/2016/F7Yof1/index.html> (accessed: 17.11.2018).
19. Master of Science in Management, Technology, and Economics (MSc ETH MTEC) // Swiss Federal Institute of Technology. 2018. URL: <https://www.mtec.ethz.ch/studies/programme-details.html> (accessed: 20.10.2018).
20. Master Sciences et Genie des Materiaux // ChimieParisTech. 2018. URL: <https://psl.eu/formation/master-sciences-et-genie-des-materiaux> (accessed: 27.10.2018).
21. Graduate School of Social Sciences // Tokyo Metropolitan University. 2018. URL: https://www.tmu.ac.jp/english/researcher/until_2017/graduate/social_science/biz.html (accessed: 02.12.2018).
22. Press Release forging science and industry ties // Solvay opens Research & Innovation Center at Korea's Ewha Womans University. 2014. URL: <https://www.solvay.com/sites/g/files/srpend221/files/tridion/documents/20140603-EWHA-EN.pdf> (accessed: 07.12.2018).

23. Graduate Certificate in Process & Systems Engineering // National University of Singapore. 2018. URL: <https://cde.nus.edu.sg/chbe/graduate/graduate-certificates/graduate-certificate-programme-in-process-system-engineering/> (accessed: 11.12.2018).
24. NTU Chemical Engineering – PhD Program // National Taiwan University. 2018. URL: http://www.che.ntu.edu.tw/che/?page_id=61&lang=en (accessed: 12.12.2018).
25. School of Chemical Engineering // University of Faisalabad. 2018. URL: <https://tuf.edu.pk/school-detail/department-of-chemical-engineering> (accessed: 16.12.2018).
26. School of studies in chemicals sales and marketing management // Jiwaji University. 2018. URL: <http://www.jiwaji.edu/school-of-studies-chemical-sales-marketing.asp> (accessed: 17.12.2018).
27. International Association of Learning Factories. 2019. URL: <https://ialf-online.net/> (accessed: 08.09.2019).
28. Abele E., Metternich J., Tisch M., Chryssolouris G., Sihn W., ElMaraghy H., Hummel V., Ranz F. Learning Factories for Research, Education, and Training // *Procedia CIRP*. 2015. № 32. P. 1–6. doi: 10.1016/j.procir.2015.02.187
29. Learning factories for research, education, and training // University of Groningen. 2018. URL: https://www.rug.nl/research/fse/iem-design-group/design-education/experimental_learning_factory?lang=en (accessed: 20.09.2018)/
30. Образцовая фабрика // Уральский федеральный университет. 2019. URL: <http://inno.urfu.ru/text/show/obrazcovaya-fabrika> (дата обращения: 10.09.2019).
31. Концепция формата Learning Factory : справочные материалы для рабочих семинаров по CAE ТГУ / Фонд ЦСР «Северо-Запад». Томск, 2018.
32. Chemicals 5.0 on the rise: Europe as a strategic blueprint for the world. 2021. 23 p. // Deloitte Global. 2021. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/gx-chemicals.pdf> (accessed: 11.01.2022).

References

1. Deloitte CIS (2020). Overview of the Russian chemical industry - 2020. 2020. 24 p. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/manufacturing/russian/obzor-rynka-himicheskoy-promyshlennosti-2020.pdf> (date of access: 29.12.2021).
2. Deloitte (2017). Chemistry 4.0 Growth through innovation in a transforming world. – 2017. 29 p. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/consumer-industrial-products/gx-chemistry%204.0-full-report.pdf> (date of access: 29.12.2021).
3. Erasmus Mundus Master (2018). Chemical Nanoengineering. URL: <https://www.master-cne.eu/> (date of access: 10.12.2018).
4. Abo Academy University (2018). Master's Degree Programme in Sustainable Chemical and Process Engineering. URL: <https://www.abo.fi/en/study-programme/masters-degree-programme-in-chemical-engineering/> (date of access: 10.12.2018).
5. Universiti Sains Malaysia (2018). MSc / PhD (Research mode) in Chemical Engineering. URL: <https://chemical.eng.usm.my/academic-programs/postgraduate/msc-phd-research-mode> (date of access: 08.12.2018).
6. University of Malaya (2018). Bachelor of Chemical Engineering. URL: <https://engine.um.edu.my/bachelor-of-chemical-engineering> (date of access: 08.12.2018).
7. University of Edinburgh (2018). Degree regulations & programmes of study 2018/2019. Undergraduate Course: Engineering Project Management 4 (MAEE10005). URL: <http://www.drps.ed.ac.uk/18-19/dpt/cxmaee10005.htm> (date of access: 09.10.2018).
8. Delft University of Technology (2018). Product & Process Design. <https://www.studeer-snel.nl/nl/document/technische-universiteit-delft/product-process-design/lab-course-manual-aspen-short-ch3804-v2020/14804732> (date of access: 12.10.2018).

9. Delft University of Technology (2018). DEng-programme “Chemical Product Design”. URL: <https://www.tudelft.nl/en/faculty-of-applied-sciences/education/master-programmes/post-msc-programmes/chemical-product-design/> (data of access: 23.11.2018).
10. Delft University of Technology (2018). 2018/2019. High-Tech Marketing. MOT1533. URL: https://studiegids.tudelft.nl/a101_displayCourse.do?course_id=45658 (data of access: 25.11.2018).
11. Delft University of Technology (2018). Technology, Strategy and Entrepreneurship. MOT1435. URL: https://studiegids.tudelft.nl/a101_displayCourse.do?course_id=45656 (data of access: 23.11.2018).
12. Delft University of Technology (2018). Digital Business Process Management. MOT1531. URL: https://studiegids.tudelft.nl/a101_displayCourse.do?course_id=47283 (data of access: 11.11.2018).
13. University of Twente (2018). Master’s in Chemical Science & Engineering (CSE). URL: <https://www.utwente.nl/en/education/master/programmes/chemical-engineering/specialization/chemical-and-process-engineering/course-descriptions/> (data of access: 24.11.2018).
14. Eindhoven University of Technology (2018). PDEng Process and Product Design. URL: <https://www.tue.nl/en/education/graduate-school/pdeng-process-and-product-design/> (data of access: 23.11.2018).
15. Technical University of Denmark (2018). Technology, economics, management and organisation 42490 (TEMO). URL: <http://kurser.dtu.dk/course/2018-2019/42490?menulanguage=en> (data of access: 28.11.2018).
16. University of Birmingham (2018). School of Chemical Engineering. URL: <https://www.birmingham.ac.uk/schools/chemical-engineering/index.aspx> (data of access: 14.10.2018)
17. University of Siena (2018). MSc in Engineering Management. URL: <https://engineering-management.unisi.it/en> (date of access: 10.10.2018).
18. University of Milan (2018). Master’s Degree in Industrial Chemistry. URL: <http://www.ccdchim.unimi.it/en/corsiDiStudio/2016/F7Yof1/index.html> (date of access: 17.11.2018).
19. Swiss Federal Institute of Technology (2018). Master of Science in Management, Technology, and Economics (MSc ETH MTEC). URL: <https://www.mtec.ethz.ch/studies/programme-details.html> (date of access: 20.10.2018).
20. ChimieParisTech. Master Sciences et Genie des Materiaux (2018). URL: <https://psl.eu/formation/master-sciences-et-genie-des-materiaux> (date of access: 27.10.2018).
21. Tokyo Metropolitan University (2018). Graduate School of Social Sciences. URL: https://www.tmu.ac.jp/english/researcher/until_2017/graduate/social_science/biz.html (date of access: 02.12.2018).
22. Solvay opens Research & Innovation Center at Korea’s Ewha Womans University, forging science and industry ties. Solvay. Press Release. 1 p. URL: <https://www.solvay.com/sites/g/files/srpend221/files/tridion/documents/20140603-EWHA-EN.pdf> (date of access: 07.12.2018).
23. National University of Singapore (2018). Graduate Certificate in Process & Systems Engineering. URL: <https://cde.nus.edu.sg/chbe/graduate/graduate-certificates/graduate-certificate-programme-in-process-system-engineering/> (date of access: 11.12.2018).
24. National Taiwan University (2018). NTU Chemical Engineering – PhD Program. URL: http://www.che.ntu.edu.tw/che/?page_id=61&lang=en (date of access: 12.12.2018).
25. University of Faisalabad (2018). School of Chemical Engineering. URL: <https://tuf.edu.pk/school-detail/departement-of-chemical-engineering> (date of access: 16.12.2018).
26. Jiwaji University (2018). School of studies in chemicals sales and marketing management. URL: <http://www.jiwaji.edu/school-of-studies-chemical-sales-marketng.asp> (date of access: 17.12.2018).
27. International Association of Learning Factories (2019). URL: <https://ialf-online.net/> (date of access: 08.09.2019).

28. Abele E., Metternich J., Tisch M., Chryssolouris G., Sihn W., ElMaraghy H., Hummel V., Ranz F. Learning Factories for Research, Education, and Training. *Procedia CIRP*. 2015, No 32, 2015, p. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.187>.
29. University of Groningen (2018). Learning factories for research, education, and training. https://www.rug.nl/research/fse/iem-design-group/design-education/experimental_learning_factory?lang=en (date of access: 20.09.2018).
30. Ural Federal University (2019). Obraztsovaya Fabrika [Model Factory]. <http://inno.urfu.ru/text/show/obraztcovaya-fabrika> (date of access: 10.09.2019).
31. The concept of the Learning Factory format. Fund "CSR" North-West ". Reference materials for workshops on the StrAU TSU. Tomsk, 2018.
32. Deloitte Global (2021). Chemicals 5.0 on the rise: Europe as a strategic blueprint for the world. 2021. 23 p. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/gx-chemicals.pdf> (date of access: 11.01.2022).

Сведения об авторе:

Смоленчук Ольга Юрьевна – доцент кафедры антропологии и этнологии факультета исторических и политических наук, специалист Центра европейских исследований им. Жана Монне, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия. E-mail: smolenchuk@gmail.com

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about the author:

Smolenchuk Olga Yu. – Associate Professor, Department of Anthropology and Ethnology, Faculty of Historical and Political Sciences, Fellow of Jean Monnet Centre for European Studies, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: smolenchuk@gmail.com

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 07.06.2022; принята к публикации 09.09.2022
The article was submitted 07.06.2022; accepted for publication 09.09.2022