

Научная статья
УДК 378+37.09:620.9
DOI: 10.20323/1813-145X_2023_5_134_119
EDN: OEHUYS

Проблемно-модульный подход в подготовке инженеров к повышению климатической безопасности производств

Марина Васильевна Журавлева^{1✉}, Фаузия Равильевна Гариева², Роза Геннадьевна Тагашева³,
Галина Юрьевна Климентова⁴

¹Доктор педагогических наук, профессор кафедры технологии основного органического и нефтехимического синтеза имени профессора Г. Х. Камая, Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68

²Кандидат химических наук, профессор кафедры технологии основного органического и нефтехимического синтеза имени профессора Г. Х. Камая, Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68

³Кандидат химических наук, доцент кафедры технологии основного органического и нефтехимического синтеза имени профессора Г. Х. Камая, Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68

⁴Кандидат химических наук, доцент кафедры технологии основного органического и нефтехимического синтеза имени профессора Г. Х. Камая, Казанский национальный исследовательский технологический университет, 420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68

¹guravleva0866@mail.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0003-2574-173X>

²garievafr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3312-8954>

³roza-ta1982@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8228-7903>

⁴klimentova.galin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2867-2311>

Аннотация. Россия активно поддерживает международный климатический диалог и предпринимает комплекс мер по созданию нормативной базы для регулирования в сфере изменения климата; по научному, информационному и кадровому сопровождению низкоуглеродного развития; по разработке экономических инструментов регулирования углеродных выбросов. Особое внимание уделяется повышению климатической безопасности производственных объектов, что формирует необходимость развития готовности инженерных кадров к углерод-нейтральной технологической трансформации производств (в том числе с использованием цифровизации), экологическому регулированию и управлению низкоуглеродными инновациями. Для решения этих задач в исследовании рассмотрено совершенствование существующей инженерной подготовки с использованием проблемно-модульного подхода. Его применение позволяет оперативно изменять учебный материал в зависимости от развития производства, науки и техники, совершенствовать систему информационного обеспечения, использовать оптимальные формы обучения, повысить вариативность образования, организовать гибкость учебного процесса, обеспечить возможность масштабирования подготовки по конкретной проблеме, повышать мотивацию обучающихся к решению актуальных задач производств.

В результате предпринятого исследования в соответствии со спецификой климатически ориентированной инженерной деятельности определены содержательные характеристики готовности инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств. Разработаны структура и содержание климатически ориентирующего образовательного модуля подготовки инженеров-технологов, раскрывающего актуальные проблемы, задачи, технологии углерод-нейтральной модернизации производственных процессов. В целях масштабирования климатически ориентированной инженерной подготовки рассмотрены варианты встраивания разработанного образовательного модуля в подготовку специалистов разного уровня образования. В статье представлены результаты проведенного педагогического эксперимента, который показал эффективность использования разработанного образовательного модуля в развитии готовности будущих инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств.

Ключевые слова: встраиваемый образовательный модуль; дисциплина; нефтегазохимический комплекс; углерод-нейтральная трансформация; климатическая безопасность; отрасль; инженер; образование

Для цитирования: Журавлева М. В., Гариева Ф. Р., Тагашева Р. Г., Климентова Г. Ю. Проблемно-модульный подход в подготовке инженеров к повышению климатической безопасности производств // Ярославский

Original article

Problem-modular approach in training engineers to improve the climatic safety of production**Marina V. Zhuravleva¹✉, Fauzia R. Garieva², Roza G. Tagasheva³, Galina Y. Klimentova⁴**¹Doctor of pedagogical sciences, professor of department of technology of basic organic and petrochemical synthesis named after professor G. Kh. Kamay, Kazan national research technological university, 420015, Kazan, Karl Marx st., 68²Candidate of chemical sciences, professor of department of technology of basic organic and petrochemical synthesis named after professor G. Kh. Kamay, Kazan national research technological university, 420015, Kazan, Karl Marx st., 68³Candidate of chemical sciences, associate professor of department of technology of basic organic and petrochemical synthesis named after professor G. Kh. Kamay, Kazan national research technological university, 420015, Kazan, Karl Marx st., 68⁴Candidate of chemical sciences, associate professor of department of technology of basic organic and petrochemical synthesis named after professor G. Kh. Kamay, Kazan national research technological university, 420015, Kazan, Karl Marx st., 68¹guravleva0866@mail.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0003-2574-173X>²garievafr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3312-8954>³roza-ta1982@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8228-7903>⁴klimentova.galin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2867-2311>

Abstract. Russia actively supports the international climate dialogue and is taking a set of measures to create a regulatory framework for regulation in the field of climate change; on scientific, information and personnel support for low-carbon development; on the development of economic instruments for regulating carbon emissions. Particular attention is paid to improving the climate safety of production facilities, which creates the need to develop the readiness of engineering personnel for carbon-neutral technological transformation in production (including using digitalization), environmental regulation and management of low-carbon innovations. To solve these problems, the study examines the improvement of existing engineering training using a problem-modular approach. Its use allows you to quickly change educational material depending on the development of production, science and technology, improve the information support system, use optimal forms of training, increase the variability of education, organize the flexibility of the educational process, provide the ability to scale training on a specific problem, increase the motivation of students to solve urgent production problems.

As a result of the undertaken research, in accordance with the specifics of climate-oriented engineering activities, the substantive characteristics of process engineers' readiness to improve the climate safety of production were determined. The structure and content of a climate-oriented educational module for training process engineers have been developed, revealing current problems, tasks, technologies for carbon-neutral modernization of production processes. In order to scale climate-oriented engineering training, options for integrating the developed educational module into the training of specialists at different levels of education were considered. The article presents the results of a pedagogical experiment, which showed the effectiveness of using the developed educational module in developing the readiness of future industrial engineers to improve the climate safety of production.

Key words: embedded educational module; discipline; petrochemical complex; carbon-neutral transformation; industry; engineer; education

For citation: Zhuravleva M.V., Garieva F. R., Tagasheva R. G., Klimentova G.Y. Problem-modular approach in training engineers to improve the climatic safety of production. Yaroslavl pedagogical bulletin. 2023; (5): 119-128. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.20323/1813-145X_2023_5_134_119. <https://elibrary.ru/OEHUYS>

Введение

Изменение климата является мегавывозом нашего времени, влияющим на мировую и национальные экономики. Эта проблема касается экологических и экономических аспектов устойчивого развития общества. Меры по борьбе с изменением климата широко внедряются в национальные и региональные стратегии социально-

экономического развития компаний многих стран мира. Россия не является исключением [Федеральный закон ... , 2021]. Траекторию развития России в области климатической повестки можно представить в виде следующих направлений:

– создание нормативной платформы и разработка национального регулирования в области изменения климата;

– научное, информационное и кадровое обеспечение разработки и реализации мер по адаптации и смягчению антропогенного воздействия на климат;

– разработка экономических механизмов регулирования углеродных выбросов;

– международное сотрудничество в области достижения углеродной нейтральности.

Направления деятельности химико-технологических предприятий по повышению климатической безопасности производств осуществляются несколькими путями. Во-первых, внедрение передовых технологий улавливания, хранения и утилизации парниковых газов (климатические проекты CCS/CCUS). Эти технологии имеют решающее значение для поддержания глобального повышения температуры в пределах от 1,5 до 2°C к 2050 году [Янушанец, 2023]. Во-вторых, углерод-нейтральная, ресурсоэффективная деятельность предприятий, организованная по принципу замкнутого цикла, что обеспечивает создание максимально безотходных производств [Арай, 2022]. Более 1,5 тыс. промышленных компаний заявили о целях достижения нулевого уровня выбросов к 2040–2045 году, в том числе предприятия нефтегазового сектора – «Татнефть», «Роснефть», «Газпром», «Лукойл» и др. Анализ их деятельности свидетельствует, что все определили свою политику в области декарбонизации и циркулярной экономики [Селезнева, 2023].

Необходимость реализации климатической повестки на предприятиях определяет востребованность организации подготовки инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств. Учитывая производственную специфичность инженерного состава предприятий, такая подготовка актуальна для студентов технологических направлений всех образовательных уровней. Традиционно вопросы экологии на предприятиях курируются инженерами-экологами, подготовка которых в вузах включает изучение аспектов экологической политики, инженерных решений в области защиты окружающей среды, экологического менеджмента и управления проектами [Irismetov, 2016]. Аналогичное содержание имеет и инженерно-экологическая подготовка в зарубежных вузах. Однако экологи не разрабатывают и не осуществляют производственные процессы, поэтому совершенствованию экологической культуры будущих инженеров-техников и технологов уделяется большое внимание [Maslennikova, 2019; Shageeva, 2012]. Существенная проблема в их

экологической подготовке – обеспечение оперативности распространения актуальной экологической информации и повышение экологической ориентированности развития инженерно-технологической компетентности. Одним из эффективных способов решения этих задач является совершенствование существующей подготовки с использованием проблемно-модульного подхода. Преимущества проблемно-модульного подхода определяются интеграцией проблемного и модульного обучения [Чошанов, 1996]. Теория и практика модульного обучения разрабатывалась учеными Дж. Д. Расоел, С. Н. Постлетвейт, Б. Гольдшмид, О. Оуэне, И. Прокопенко, П. Юцявичене, В. Пасвянскене, В. Б. Закорюкина, С. И. Куликова, Е. М. Дурко и др. [Юцявичене, 1989; Goldschmidt, 1973; Owens, 1970; Russell, 1974; Postlethwait, 1972]. Ими выделены его признаки: использование в качестве модуля какой-либо автономной единицы, индивидуализация процесса обучения, оперативная замена устаревшего материала, повышение уровня проблемности обучения, развитие способности к самообразованию у обучающихся. Основоположниками теории проблемного обучения являются Д. В. Кудрявцев, И. Я. Лернер, А. М. Матюшкин, М. И. Махмутов [Лернер, 1981; Махмутов, 1975]. Согласно их разработкам проблемное обучение позволяет развивать у обучающихся способность к «видению проблемы», самостоятельность, гибкость и диалектичность мышления, легкость генерирования идей, критичность, способность к оценочным действиям, обобщению. Автор теории проблемно-модульного подхода в обучении – М. А. Чошанов отмечает, что дидактическая система, характеризуется более выраженной нацеленностью на формирование профессиональной компетентности будущего специалиста [Чошанов, 1996]. Проблемно-модульный подход обеспечивает проблемную подачу учебного материала, структурированного в модули [Сандыбаева, 2023]. Его применение в подготовке инженеров позволяет оперативно изменять учебный материал в зависимости от развития производства, науки и техники, совершенствовать систему информационного обеспечения, использовать оптимальные формы обучения, повысить вариативность образования, организовать гибкость учебного процесса, обеспечить возможность масштабирования подготовки по конкретной проблеме, повышать мотивацию обучающихся к решению актуальных задач производств [Khatsrinova, 2022; Лебедева, 2021].

Реализация проблемно-модульного подхода в организации подготовки будущих инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств предусматривает разработку и встраивание в основную образовательную программу *климатически ориентирующего образовательного модуля*. В исследовании модуль рассматривается как блок учебных дисциплин, содержание которых способствует развитию у будущих инженеров готовности к реализации углерод-нейтральной трансформации производств. Цель данного исследования – дать характеристику и оценку эффективности подготовки будущих инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств, организованной с использованием проблемно-модульного подхода. Задачи исследования:

- выявление требований к подготовке инженеров-технологов для повышения климатической безопасности производств;
- разработка структуры и содержания *климатически ориентирующего образовательного модуля* подготовки инженеров-технологов;
- анализ эффективности встраиваемого образовательного модуля при формировании готовности инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств.

Методы исследования

Из обзора литературных источников следует, что наибольшую углеродную эмиссию имеют предприятия энергоемких перерабатывающих отраслей [Декарбонизация в нефтегазовой ... , 2021]. Их деятельность по низкоуглеродному развитию регламентируется Федеральным законом «Об ограничении выбросов парниковых газов». Необходимость комплексного решения задач по улучшению климатической ситуации требует оперативной и масштабной подготовки инженеров для осуществления углерод-нейтральной трансформации производств. [Хацринова, 2022]. Для выявления требований к деятельности специалистов и определения содержания образовательного процесса был проведен опрос представителей профессионального сообщества. Его результаты позволили спроектировать дисциплинарную структуру климатически ориентирующего образовательного модуля. При отборе содержания учебных дисциплин модуля использованы методы сравнения, обобщения передового опыта, научных, нормативных материалов по исследуемой проблеме. При разработке организационных аспектов подготовки

осуществлено договорное взаимодействие с отраслевыми предприятиями-партнерами.

В ходе данного исследования проведен педагогический эксперимент по встраиванию разработанного климатически ориентирующего модуля в основную образовательную программу подготовки магистров, обучающихся по направлению «Химическая технология». Эксперимент проведен на базе ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»). Наблюдение за процессом обучения, анализ успеваемости обучающихся показали эффективность использования климатически ориентирующего образовательного модуля при формировании готовности инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств.

Результаты исследования

Нефтегазохимические компании активно участвуют в реализации «зеленой повестки» страны путем снижения углеродного следа производств. Проведенный опрос представителей профессионального сообщества, включая сотрудников крупнейших предприятий НГХК и преподавателей российских ВУЗов, позволил определить основные задачи профессиональной деятельности инженеров-технологов по обеспечению углеродной нейтральности производств нефтегазового комплекса. В их числе: малоуглеродное совершенствование производственных процессов, внедрение замкнутых технологий, разработка системы регулирования образующихся парниковых газов, цифровизация производств, развитие внутри- и межотраслевого взаимодействия для полезного использования углеродных отходов. Для реализации этих задач необходимо формирование у будущих инженеров способностей к технологической трансформации, включая владение новейшими технико-технологическими приемами перестройки и модернизации производств для уменьшения выбросов парниковых газов; к созданию инновационных проектов с применением IT-технологий; к организации и управлению мероприятиями низкоуглеродной трансформации предприятий.

Учитывая результаты проведенного анкетирования работодателей, на следующем этапе проведено проектирование образовательного модуля «Инжиниринг углерод-нейтральных производств нефтегазохимии» для подготовки инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств. Основными методо-

логическими принципами проектирования выступили:

– *принцип системности* (упорядоченность и логичность, как в содержании модуля, так и при встраивании его в основную образовательную программу) [Капанова, 2016];

– *принцип научности* (содержание модуля включает новейшие научные разработки и достижения);

– *принцип практикоориентированности* (содержание модуля раскрывает пути, способы и методы решения реальных задач низкоуглеродного развития производств) [Khatsrinova, 2021];

– *принцип интеграции* (сетевой образовательный процесс с участием индустриальных партнеров) [Сироткин, 2020];

– *принцип междисциплинарности* (дисциплины модуля синтезируют информацию из разных областей науки и сфер деятельности) [Zhuravleva, 2021, p. 737];

– *принцип вариативности* (содержание и объем дисциплин модуля может изменяться в зависимости от образовательного уровня обучающихся).

Сформированная принципиальная основа и высказанная профессиональным сообществом приоритетность инженерной деятельности по углерод-нейтральной технологической трансформации (в том числе с использованием цифровизации) [Zhuravleva, 2022], экологическому регулированию и управлению низкоуглеродными инновациями обосновывают структуру образовательного модуля. В него включены дисциплины: «Углерод-нейтральные технологии в нефтегазопереработке и нефтехимии», «Мониторинг и сокращение потоков климатически активных газов», «Цифровые технологии для углеродной нейтральности», «Технологическое партнерство низкоуглеродного развития нефтегазохимического комплекса». Общий академический объем образовательного модуля может варьироваться и составляет 8–10 зачетных единиц (з.ед.) в зависимости от ступени образования. Дисциплины, входящие в образовательный модуль, относятся к части, формируемой ВУЗом и обучающей кафедрой. Предлагаемая структура такого модуля включает инвариантную и варьируемую части. Инвариантная часть модуля соотносится с основным содержанием подготовки бакалавров и магистров по направлению «Химическая технология» и включает дисциплины «Углерод-нейтральные технологии в нефтегазопереработке и нефтехимии» и «Мониторинг и сокращение

потоков климатически активных газов». Вариативная часть модуля включает курсы: «Цифровые технологии для углеродной нейтральности», «Технологическое партнерство низкоуглеродного развития нефтегазохимического комплекса».

Формирование умений и навыков по разработке технологических климатических проектов, созданию безотходных и замкнутых технологий в нефтегазопереработке и нефтехимии являются целью освоения учебного курса «Углерод-нейтральные технологии в нефтегазопереработке и нефтехимии». Курс предполагает изучение химических основ и технологий переработки отходящего углекислого газа в качестве сырья в крупнотоннажной химии; изучение классификации и принципов проектирования климатических технологических проектов, предусматривающих «нулевой выброс» парниковых газов, улавливание и секвестрацию углерода; изучение организации эффективного обращения с отходами и внедрения безотходных технологий. Для освоения реальных технологий, применяемых на производстве, лабораторные занятия организуются на базе одного из действующих предприятий ПАО «СИБУР» с привлечением его специалистов к учебному процессу. С целью выработки проектно-технологических навыков на практических занятиях обучающимся предлагается решение кейс-задач по низкоуглеродному развитию в нефтехимии и газопереработке.

Учебный курс «Мониторинг и сокращение потоков климатически активных газов» формирует у студентов готовность к анализу технологических процессов по выявлению выбросов парниковых газов и разработке предложений по сокращению их воздействия на окружающую среду. Содержание дисциплины раскрывает экологические последствия влияния выбросов парниковых газов на климат, функционирование Национальной системы регулирования и мониторинга углеродсодержащих выбросов, создание систем улавливания, хранения климатически опасных газов, формирование отчетности по контролю над выбросами предприятий. Приведены классические и инновационные методы очистки выбросов от парниковых газов, их переработка и утилизация. Для закрепления лекционного материала студенты разрабатывают несколько видов тестов. Задания по практическим занятиям связаны с исследованием деятельности конкретного действующего производства. Некоторые из исследовательских тем: «Возможные

источники выбросов парниковых газов в технологическом процессе, их характеристика»; «Виды мониторинга парниковых газов на предприятии, система расчета выбросов»; «Структура службы контроля предприятия над количеством и качеством выбросов».

Цифровизация производств позволяет решать широкий спектр задач, связанных с низкой производительностью, неэффективным использованием ресурсов, высокой себестоимостью продукции и недостаточной эффективностью производственных мощностей. Ключевую роль в этом процессе играют «цифровые двойники» химических предприятий [Быкова, 2020; Пономарев, 2019], а также цифровые инструменты для четкого регулирования процессов (системы управления производственными процессами MES, системы планирования ресурсов предприятия ERP), для встраивания логистических цепочек (системы по управлению складскими процессами WMS) [Шинкевич, 2023; Юсуфова, 2020]. Инструментальные навыки инженеров формируются при изучении дисциплины «Цифровые технологии для углеродной нейтральности». В рамках этой дисциплины рассматриваются характеристики и виды цифрового двойника нефтегазового производства; области применения цифровых двойников в нефтегазовом комплексе; программные комплексы для моделирования физических и технологических объектов, такие как ChemCad, Aspen Hysys, Unisim. На практических занятиях студенты моделируют реальные технологические объекты в компьютерных системах инженерного анализа (CAE) для тестирования различных мероприятий по снижению углеродоемкости производства, проведения предиктивной аналитики и оптимизации в контексте повышения ресурсо- и энергосбережения.

Задача углерод-нейтрального развития является внутри- и межотраслевой и ее невозможно решить в рамках одного производственного объекта (предприятия). Необходимость формирования у инженеров готовности к организации и эффективной деятельности в условиях партнерского взаимодействия определяет цель учебного курса «Технологическое партнерство низкоуглеродного развития нефтегазохимического комплекса». Тематическая структура курса включает рассмотрение вопросов организации

партнерства, взаимодействия при реализации технологий низкоуглеродного развития, условий и факторов технологического партнерства в нефтегазохимическом комплексе. Для выработки практических навыков организации сотрудничества в производственно-технологической сфере запланирована деловая игра. В процессе самостоятельной работы студенты изучают стратегии технологического партнерства отраслевых предприятий по снижению углеродной нагрузки и проводят SWOT-анализ ресурсов потенциальных партнеров при организации их взаимодействия.

Содержание и академический объем разработанного образовательного модуля является вариативным, что позволяет его трансформировать и включать в подготовку специалистов различных уровней образования. Алгоритм встраивания модуля включает следующие этапы: анализ потенциальной аудитории освоения модуля, анализ ресурса дисциплин основной или дополнительной образовательной программы подготовки по замещению или логическому включению курсов модуля в программу, корректировка структуры (часов) и содержания дисциплин модуля.

Интеграция модуля в учебный план подготовки бакалавров возможна за счет уменьшения количества зачетных единиц и упрощения материала по технологиям. Для более вариативных программ подготовки магистров, аспирантов встраивание спроектированного модуля возможно в полном предлагаемом объеме. Разработанный модуль актуально интегрировать в программы повышения квалификации сотрудников предприятий практически всех отраслей (выбросы парниковых газов есть на всех производствах). В этом случае для встраивания исключаются специфичные нефтехимические технологии из содержания, а объем инвариантной части может быть увеличен.

Результативность реализации образовательного модуля в инженерной подготовке определяется по сформированной готовности инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств. Выделяются следующие компоненты готовности: мотивационный, когнитивный и деятельностный. Их содержательные характеристики для различных уровней готовности инженеров представлены в табл. 1.

Таблица 1

Содержательные характеристики готовности инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств

Мотивационный компонент	Когнитивный компонент	Деятельностный компонент
Низкий уровень		
Отсутствие интереса к климатической проблематике предприятий	Слабое представление об источниках и объемах выбросов парниковых газов в производстве; о климатических технологических проектах, замкнутых технологиях; цифровых инструментах и технологическом взаимодействии для углерод-нейтрального развития предприятий	Частично способен анализировать технологические процессы с выбросами парниковых газов; к созданию и разработке технологических климатических проектов, замкнутых технологий в нефтехимии и нефтегазопереработке; использовать компьютерные системы инженерного анализа (CAE) для разработки цифрового двойника; к анализу взаимодействия в производственно-технологической сфере
Средний уровень		
Заинтересованность проблемами углерод-нейтрального развития предприятий	Базовые знания о мониторинге выбросов парниковых газов, о снижении и регулировании их уровня; химико-технологических основ переработки отходящего углекислого газа, принципов создания низкоуглеродного замкнутого производства; цифровых технологий и программных комплексов для моделирования технологических объектов; условий и принципов организации технологического партнерства предприятий	Имеет базовые навыки анализа состава технологических выбросов, может предлагать методы, снижающие содержание в них парниковых газов; способен к разработке и реализации реальных климатических проектов с нулевым выбросом парниковых газов, с замкнутым производственным циклом; имеются работы в программах инженерного анализа, моделирования и оптимизации реальных объектов; организации технологических партнерств
Высокий уровень		
Устойчивый интерес к изучению проблем углерод-нейтрального развития предприятий, самостоятельность в повышении профессионального уровня	Прочные знания о мониторинге выбросов парниковых газов, пути снижения и регулирования их уровня; химико-технологических основ переработки отходящего углекислого газа, принципов создания низкоуглеродного замкнутого производства; цифровых технологий и программных комплексов для моделирования технологических объектов; условий и принципов организации технологического партнерства для углерод-нейтрального развития предприятий	Способен анализировать состав технологических выбросов и выбирать систему обеспечения экологической безопасности производства; разрабатывать и реализовывать реальные климатические проекты с нулевым выбросом парниковых газов, с замкнутым производственным циклом; работает в программах инженерного анализа, моделирования и оптимизации реальных объектов; способен к организации технологических партнерств

В ходе исследования осуществлен педагогический эксперимент по формированию готовности инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств. В эксперименте приняли участие 64 магистра кафедры технологии основного органического и нефтехимического синтеза, обучающиеся по направлению «Химическая технология» ФГБОУ ВО «КНИТУ»: 31 – в экспериментальной (ЭГ), 33 – в контрольной (КГ) группах. На констатирующем этапе для оценки начальной готовности инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств использовались результаты вступительных испытаний и собеседования студентов при поступлении в магистратуру. На формирующем этапе осуществлено экспериментальное встраивание модуля в программу подготовки магистров и организовано его освоение. На итоговом этапе для

оценки уровня готовности инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств анализировались итоги аттестации студентов по дисциплинам модуля. Результаты формирования готовности инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств представлены в таблице 2. Анализ результатов показывает значительные изменения уровня готовности в экспериментальной группе (количество магистров с высоким уровнем готовности увеличилось с 10 % до 68 %). В контрольной группе число магистров с высоким уровнем готовности к повышению климатической безопасности производств изменилось на 15 %. Это свидетельствует об эффективности использования образовательного модуля «Инжиниринг углерод-нейтральных производств нефтегазохимии» в подготовке будущих инженеров-технологов к по-

вышению климатической безопасности производств.

Таблица 2

Результаты формирования готовности инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств.

Уровни	До эксперимента		После эксперимента	
	ЭГ	КГ	ЭГ	КГ
Низкий	54%	56%	8%	23%
Средний	36%	38%	24%	56%
Высокий	10%	6%	68%	21%

Заключение

При реализации углерод-нейтральной трансформации производств становится актуальной организация подготовки специалистов, обладающих объединенными знаниями и навыками в области экологии и технологии. Для определения характера деятельности будущих специалистов был проведен опрос представителей профессионального сообщества, по итогам которого разработана структура и содержание климатически ориентирующего образовательного модуля. С целью оценки эффективности разработанного модуля проведено его встраивание в основную образовательную программу подготовки магистров. Анализ итогов аттестации студентов по дисциплинам модуля свидетельствует об эффективности подготовки будущих инженеров-технологов к повышению климатической безопасности производств с использованием проблемно-модульного подхода. Образовательный модуль «Инжиниринг углерод-нейтральных производств нефтегазохимии» способствует мобилизации творческого потенциала студентов на решение технических, технологических, экологических, организационных вопросов, способствующих снижению углеродного следа, что позволит будущим специалистам быстрее адаптироваться в условиях декарбонизации нефтехимической промышленности. Полученные знания о внедрении приоритетных направлений инновационного развития отрасли, навыки разработки климатических проектов и систем регулирования парниковых газов, владение технико-технологическими приемами модернизации производств повысят востребованность выпускников на инновационных производствах.

Библиографический список

1. Арай Ю. Н. Создание экономики замкнутого цикла с пластиком и без него: стратегический вызов для компании «СИБУР» / Ю. Н. Арай, А. С. Веселова, Д. М. Кнатко, А. В. Левченко // Вестник Санкт-

Петербургского университета. Менеджмент 2022. № 21 (4). С. 575–600.

2. Быкова В. Н. Применение цифрового двойника в нефтегазовой отрасли / В.Н. Быкова, Е. Ким, М. Р. Гаджиалиев, В. О. Мусиенко, А. О. Оруджев, Е. А. Туровская // Актуальные проблемы нефти и газа. 2020. Вып. 1(28). С. 8.

3. Грушевенко Е. В. Декарбонизация в нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты России // Центр энергетики МШУ «Сколково». 2021. № 1. С. 21–36.

4. Капанова А. Т. Модульные образовательные технологии и компетентностный подход как фактор повышения качества высшего образования / А. Т. Капанова, М.Б. Бисенгалиева // Prospects for the Development of Modern Science: Materials of the international scientific-practical conference. Editorial Board: Chairman of the Board S. Midelski. 2016. P. 345–351.

5. Лебедева М. Б. Модульный подход к проектированию программ повышения квалификации педагогов в условиях цифровой трансформации образования / М. Б. Лебедева, Е. Р. Ядровская // Академический вестник. Вестник Санкт-Петербургской академии постдипломного педагогического образования. 2021. № 2 (52). С. 54–60.

6. Лернер И. Я. Дидактические основы методов обучения. Москва : Педагогика, 1981. 181 с.

7. Махмутов М. И. Проблемное обучение: основные вопросы теории. Москва : Педагогика, 1975. 365 с.

8. Пономарев К. С. Цифровой двойник как инструмент цифровой трансформации предприятия / К. С. Пономарев, М. А. Шутиков, А. Н. Феофанов // Вестник МГТУ. 2019. № 4. С. 19–23.

9. Сандыбаева Д. А. Модульный подход к изучению дисциплин в организациях технического и профессионального образования // Ratio et Natura. 2023. № 1 (7). URL: <https://ratio-natura.ru/sites/default/files/2023-04/modulnyy-podkhod-k-izucheniyu-disciplin-v-organizaciyakh-tekhnicheskogo-i-professionalnogo-obrazovaniya.pdf> (дата обращения 06.09.2023).

10. Селезнева М. А. Направления долгосрочного развития российского нефтегазового сектора в условиях декарбонизации / М. А. Селезнева, А. Р. Волков // Креативная экономика. 2023. Т. 17, № 2. С. 695–712.

11. Сироткин А. С. Инженерное образование на основе интеграции с наукой и промышленностью / А. С. Сироткин, Ю. М. Казаков, Н. Ю. Башкирцева, М. В. Журавлева, Г.О. Ежкова, А. О. Эбель // Высшее образование в России. 2020. Вып. 12. С. 105–118.

12. Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 02.07.2021 № 296-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (дата обращения 06.09.2023).

13. Хацринова О. Ю. Задачная технология в практике подготовки будущих инженеров / О.Ю. Хацринова, В.В. Бронская // VII Международная сетевая научно-практическая конференция по инженерному образованию «Инженерное образование в условиях цифровиза-

ции и перехода к зеленой экономике – СИНЕРГИЯ-2022». 2022. С. 244–250.

14. Чошанов М. А. Теория и технология проблемно-модульного обучения в профессионально школе. Казань, 1996. 34 с.

15. Шинкевич А. И. Вопросы обеспечения технологического суверенитета России: аспекты цифровизации / А. И. Шинкевич, А. Э. Идрисов // Управление устойчивым развитием. 2023. № 3(46). С. 10–15.

16. Юсуфова О. М. Анализ технологий цифровой логистики для автоматизации и сервисной интеграции складских процессов организации / О. М. Юсуфова, В.А. Шиболденков, А. А. Андреева // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10. № 3. С. 1759–1772.

17. Юцявичене П. А. Теория и практика модульного обучения. Каунас. 1989. 271 с.

18. Янушанец С. Н. CCUS-технологии: мировой опыт и перспективы для Российской Федерации / С. Н. Янушанец, М. А. Ветрова // Креативная экономика. 2023. Т. 17, № 6. С. 2205–2222.

19. Goldschmidt B. Modular Instruction in Higher Education / B. Goldschmidt, M.L. Goldschmidt // Higher Education. 1973. Vol. 2. P. 15–32.

20. Zhuravleva M., Bashkirtceva N., Klimentova G., Kotova N., Valeeva E. Interdisciplinary Sustainable Development Module for Engineering Education. In: Auer M. E., Rüttemann T. (eds) Educating Engineers for Future Industrial Revolutions. ICL 2020 // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. Vol. 1328. P. 737–743.

21. Zhuravleva M., Klimentova G., Tagasheva R., Valeeva E., Khatsrinova O.Y. Digital Tools for Competitive Training. In: Auer M. E., Hortsch H., Michler O., Köhler T. (eds) Mobility for Smart Cities and Regional Development – Challenges for Higher Education. ICL 2021 // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 389. P. 329–336.

22. Irismetov A. E. Formation of Professional Competences for Future Environmental Engineers Based on the Interdisciplinary Approach / Engineering Education. 2016. Vol. 20. P. 257–261. URL: https://aeer.ru/filesen/io/m20/art_43.pdf (дата обращения 06.09.2023).

23. Khatsrinova O.Y. Improving the Quality of Training Future Engineering Personnel on the Basis of the Partnership «University-Industrial Enterprise» / O.Y. Khatsrinova, J. Khatsrinova, E. Murtazina, A. Serezhkina // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 390. P. 252–266.

24. Khatsrinova O. Interaction Experience «University-Industrial Enterprise» for Improving Preparation of Engineering Personnel / O. Khatsrinova, Galikhanov M., Khatsrinova J. // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. P. 209–221.

25. Maslennikova N. N. Problems of forming professional meta-qualification of future engineers // Проблемы современного педагогического образования. 2019. № 65 (4). С. 207–209.

26. Owens G. The Module in Universities Quarterly // Universities Quarterly. Higher education and society. 1970. Vol. 25, № 1. P. 20–27.

27. Postlethwait S. N. Novak I., Murray U. T. The audio-Tutorial Approach to Learning. Minneapolis: Burgess Publishing, 1972. P. 184.

28. Russell J. D. Modular Instruction. – Minneapolis, Minn., Burgess Publishing Co., 1974, P. 164.

29. Shageeva F.T. Module technologies in training chemical process engineers / F. T. Shageeva, L.R. Nazmieva // Collaborative Learning and New Pedagogical Approaches in Engineering Education. International Symposium on Engineering Education, IGIP, Villach, Austria. 2012. P. 1.

Reference list

1. Araj Ju. N. Sozdanie jekonomiki zamknutogo cikla s plastikom i bez nego: strategicheskij vyzov dlja kompanii «CIBUR» = Creating a circular economy with and without plastic: a strategic challenge for «SIBUR» / Ju. N. Araj, A. S. Veselova, D. M. Knat'ko, A. V. Levchenko // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Menedzhment 2022. 21 (4). S. 575–600.

2. Bykova V. N. Primenenie cifrovogo dvojnika v neftegazovoj otrasli = Using the digital twin in the Oil and Gas Industry / V.N. Bykova, E. Kim, M. R. Gadzhialiev, V. O. Musienko, A. O. Orudzhev, E. A. Turovskaja // Aktual'nye problemy nefti i gaza. 2020. Vyp. 1(28). S. 8.

3. Grushevenko E.V. Dekarbonizacija v neftegazovoj otrasli: mezhdunarodnyj opyt i priority Rossii = Decarbonization in the oil and gas industry: Russia's international experience and priorities // Centr jenergetiki MShU «Skolkovo». 2021. №1. S. 21–36.

4. Kapanova A. T. Modul'nye obrazovatel'nye tehnologii i kompetentnostnyj podhod kak faktor povyshenija kachestva vysshego obrazovanija = Modular educational technologies and competency as a factor in improving the quality of higher education / A. T. Kapanova, M.B. Bisengalieva // Prospects for the Development of Modern Science: Materials of the international scientific-practical conference. Editorial Board: Chairman of the Board S. Midelski. 2016. P. 345–351.

5. Lebedeva M. B. Modul'nyj podhod k proektirovaniju programm povyshenija kvalifikacii pedagogov v uslovijah cifrovoj transformacii obrazovanija = A modular approach to designing educational development programs in the context of digital transformation of education / M. B. Lebedeva, E. R. Jatrovskaja // Akademicheskij vestnik. Vestnik Sankt-Peterburgskoj akademii postdiplomnogo pedagogicheskogo obrazovanija. 2021. № 2 (52). S. 54–60.

6. Lerner I. Ja. Didakticheskie osnovy metodov obuchenija = Didactic basics of teaching methods Moskva: Pedagogika, 1981. 181 s.

7. Mahmutov M. I. Problemnoe obuchenie: osnovnye voprosy teorii = Problem learning: basic questions of theory Moskva: Pedagogika, 1975. 365 s.

8. Ponomarev K. S. Cifrovoy dvojniki kak instrument cifrovoj transformacii predpriyatija = Digital twin as a tool for enterprise digital transformation / K. S. Ponomarev, M. A. Shutikov, A. N. Feofanov // Vestnik MGTU Stankin. 2019. № 4. S. 19–23.

9. Sandybaeva D. A. Modul'nyj podhod k izucheniju disciplin v organizacijah tehničeskogo i professional'nogo

obrazovaniya = Modular approach to the study of disciplines in technical and vocational education organizations // Ratio et Natura. 2023. № 1 (7). URL: <https://ratio-natura.ru/sites/default/files/2023-04/modulnyy-podkhod-k-izucheniyu-disciplin-v-organizacijakh-tehnicheskogo-i-professionalnogo-obrazovaniya.pdf> (data obrashhenija 06.09.2023).

10. Selezneva M. A. Napravlenija dolgosrochnogo razvitiya rossijskogo neftegazovogo sektora v uslovijah dekarbonizacii = Directions of long-term development of the Russian Oil and Gas Sector under decarbonization conditions / M. A. Selezneva, A. R. Volkov // Kreativnaja jekonomika. 2023. T. 17, № 2. S. 695–712.

11. Sirotkin A. S. Inzhenernoe obrazovanie na osnove integracii s naukoj i promyshlennost'ju = Engineering education based on integration with science and industry / A. S. Sirotkin, Ju. M. Kazakov, N. Ju. Bashkirceva, M. V. Zhuravleva, G.O. Ezhkova, A. O. Jebel' // Vysshee obrazovanie v Rossii. 2020. Vyp. 12. S.105–118.

12. Federal'nyj zakon «Ob ogranichenii vybrosov parnikovyh gazov» ot 02.07.2021 № 296-FZ = Federal Law «On Limiting Greenhouse Gas Emissions» of 02.07.2021 №. 296-FZ.URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (data obrashhenija 06.09.2023).

13. Hacrinova O. Ju. Zadachnaja tehnologija v praktike podgotovki budushhix inzhenerov O.Ju. Hacrinova, V.V. Bronskaja = Problem technology in the practice of training future engineers O. Yu. Khatsrinova, V.V. Bronskaja // VII Mezhdunarodnaja setevaja nauchno-prakticheskaja konferencija po inzhenernomu obrazovaniju «Inzhenernoe obrazovanie v uslovijah cifrovizacii i perehoda k zelenoj jekonomike – SINERGIJA–2022». 2022, S. 244–250.

14. Choshanov M. A. Teorija i tehnologija problemno-modul'nogo obuchenija v professional'no shkole: Theory and technology of problem-modular learning in a professional school. Kazan', 1996. 34 s.

15. Shinkevich A. I. Voprosy obespechenija tehnologicheskogo suvereniteta Rossii: aspekty cifrovizacii = Issues on ensuring the technological sovereignty of Russia: aspects of digitalization / A. I. Shinkevich, A. Je. Idrisov // Upravlenie ustojchivym razvitiem. 2023. № 3(46). S. 10–15.

16. Jusufova O. M. Analiz tehnologij cifrovoj logistiki dlja avtomatizacii i servisnoj integracii skladskih processov organizacii = Analysis of digital logistics technologies for automation and service integration of warehouse processes of the organization / O. M. Jusufova, V.A. Shiboldenkov, A. A. Andreeva // Voprosy innovacionnoj jekonomiki. 2020. T. 10. № 3. S. 1759–1772.

17. Jucjavichene P. A. Teorija i praktika modul'nogo obuchenija = Theory and practice of modular learning Kaunas. 1989. 271 s.

18. Janushanec S. N. CCUS-tehnologii: mirovoj opyt i perspektivy dlja Rossijskoj Federacii = CCUS technologies: world experience and prospects for the Russian Federation / S. N. Janushanec, M. A. Vetrova // Kreativnaja jekonomika. 2023. T. 17, № 6. S. 2205–2222.

19. Goldschmidt B. Modular Instruction in Higher Education / B. Goldschmidt, M.L. Goldschmidt // Higher Education. 1973. Vol. 2. Pp. 15–32.

20. Zhuravleva M., Bashkirtceva N., Klimentova G., Kotova N., Valeeva E. Interdisciplinary Sustainable Development Module for Engineering Education. In: Auer M. E., Rüttemann T. (eds) Educating Engineers for Future Industrial Revolutions. ICL 2020 // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. Vol. 1328. Pp. 737–743.

21. Zhuravleva M., Klimentova G., Tagasheva R., Valeeva E., Khatsrinova O.Y. Digital Tools for Competitive Training. In: Auer M. E., Hortsch H., Michler O., Köhler T. (eds) Mobility for Smart Cities and Regional Development – Challenges for Higher Education. ICL 2021 // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 389. Pp. 329–336.

22. Irismetov A. E. Formation of Professional Competences for Future Environmental Engineers Based on the Interdisciplinary Approach / Engineering Education. 2016. Vol. 20. Pp. 257–261. URL: https://aeer.ru/filesen/io/m20/art_43.pdf (data obrashhenija 06.09.2023).

23. Khatsrinova O.Y. Improving the Quality of Training Future Engineering Personnel on the Basis of the Partnership «University-Industrial Enterprise» / O.Y. Khatsrinova, J. Khatsrinova, E. Murtazina, A. Serezhkina // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 390. P. 252–266.

24. Khatsrinova O. Interaction Experience «University-Industrial Enterprise» for Improving Preparation of Engineering Personnel / O. Khatsrinova, Galikhanov M., Khatsrinova J. // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. P. 209–221.

25. Maslennikova N. N. Problems of forming professional meta-qualification of future engineers // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. 2019. № 65 (4). S. 207–209.

26. Owens G. The Module in Universities Quarterly // Universities Quarterly. Higher education and society. 1970. Vol. 25, № 1. P. 20–27.

27. Postlethwait S. N. Novak I., Murray U. T. The audio-Tutorial Approach to Learning. Minneapolis: Burgess Publishing, 1972. P. 184.

28. Russell J. D. Modular Instruction. – Minneapolis, Minn., Burgess Publishing Co., 1974, P. 164.

29. Shageeva F. T. Module technologies in training chemical process engineers / F. T. Shageeva, L.R. Nazmieva // Collaborative Learning and New Pedagogical Approaches in Engineering. Education, IGIP, Villach, Austria. 2012. P. 1.

Статья поступила в редакцию 28.08.2023; одобрена после рецензирования 18.09.2023; принята к публикации 31.10.2023.

The article was submitted 28.08.2023; approved after reviewing 18.09.2023; accepted for publication 31.10.2023.