

ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ХИМИЯ»

Аннотация. Авторами показан опыт использования методологии проектно-ориентированного обучения для реализации стандартов Международной инициативы CDIO в дисциплинах 1–2 курсов программы бакалавриата направления «Химия». Подробно рассмотрена исследовательская деятельность студентов в проекте СурГУ «Локальная ферма», направленная на создание системы химического мониторинга состояния и качества растений, выращенных в защищенном (закрытом) грунте. Было показано, что в результате проектной деятельности в дисциплинах «Введение в проектную деятельность» (1–2 семестры) и «Проектная деятельность» (3–4 семестры) наряду с общепрофессиональными у студентов формируются и развиваются личностные и межличностные компетенции (коммуникативность, гибкость, умение работать в команде), а также повышается уровень личной мотивации к инженерным профессиям. Сравнительный анализ показал, что требования к результатам обучения выпускников образовательных программ в области техники и технологий (CDIO Syllabus) хорошо согласуются с компетенциями, изложенными в новых стандартах ФГОС (3++). Это демонстрирует применимость стандартов CDIO к реализации образовательных программ по направлениям бакалавриата «Химия».

Ключевые слова: профессиональное образование; проектная деятельность; проектно-ориентированное обучение; результаты обучения; компетентностный подход; стандарты международной инициативы CDIO.

Сведения об авторах: Юлия Юрьевна Петрова¹, кандидат химических наук, директор института естественных и технических наук, доцент кафедры химии; Екатерина Викторовна Севастьянова², заведующая кафедрой химии, доцент кафедры химии.

Место работы: Сургутский государственный университет^{1,2}.

Контактная информация: ^{1,2}628412, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, д. 1; тел.: 8(3462)76-30-91; ¹e-mail: yyp.71@mail.ru, ²e-mail: sevastyanovaev@gmail.com.

Инициатива CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate) – крупный международный проект по реформированию базового инженерного образования, начатый в октябре 2000 г. в Массачусетском технологическом институте (MIT, США) с участием ученых, преподавателей и представителей промышленности. В начале 2013 г. Агентство стратегических инициатив (АСИ) приступило к работе по содействию ускоренному внедрению стандартов CDIO в российской образовательной системе. Цель инициативы – приведение содержания и результативности образовательных программ в соответствие с уровнем развития современных технологий и ожиданиями работодателей. Сургутский государственный университет присоединился к Международной инициативе инженерного образования CDIO в июне 2017 г. на XIII Международной конференции в Университете Калгари с тремя программами бакалавриата, в том числе «Химия» (Petrova et al. 2018).

12 стандартов CDIO выступают в качестве руководящих принципов для реформы образования и оценки образовательных программ, создавая ориентиры и цели для применения во всем мире, а также обеспечивая возможность для непрерывного совершенствования (Crawley 2013). Стандарты 4 и 5 посвящены вводным курсам в инженерную деятельность и опыту ведения проектно-внедренческой деятельности.

В соответствии со стандартом 4 Международной инициативы CDIO в реформированный учебный план была добавлена новая дисциплина «Введение в проектную деятельность» (1–2 семестры), которая закладывает основы инженерной практики и проектной деятельности в области создания продуктов (химических веществ и материалов) и систем (методов и технологий) и нацелена на обучение основным личностным и межличностным компетенциям. В 1-м семестре студенты-химики погружаются в теорию проектной деятельности, во 2-м семестре выбирают направление проекта (например, создание новых материалов для покрытия кремниевых солнечных батарей или создание системы химического мониторинга за состоянием растений, выращенных в закрытых системах) и собираются в команду. Руководителем проекта студенческой команды является преподаватель, который помогает студентам сформулировать цель и задачи проекта, а также планировать этапы работы в проекте. Куратором проекта преподаватель назначает студентов 5-го курса или аспирантов, которые помогают студентам 1-го курса распределять задачи между членами команды и контролируют выполнение этапов проекта. Кроме того, руководитель и куратор имеют профессиональные компетенции, которые позволяют обучать студентов навыкам создания продуктов и систем. Напри-

мер, студенты получают нанокompозитные материалы с полупроводниковыми свойствами, используя технологию молекулярного импринтинга периленимидных красителей на поверхности наночастиц диоксида титана; или создают систему химического мониторинга за состоянием растений в междисциплинарном проекте «Локальная ферма», реализуемом в Институте естественных и технических наук Сургутского университета. Остановимся подробнее на последнем проекте.

Локальные (вертикальные) фермы представляют собой многоярусные или трубчатые гидропонные установки, в которых выращивают, как правило, целый ряд культур зелени и салата, используя солнечное или искусственное освещение системой ламп. Такие фермы производительностью, более чем в 100 раз превышающей производительность традиционных тепличных хозяйств, появились в США, Японии, Сингапуре и странах Европы. Они способны производить сотни тонн продукции ежегодно, обеспечивая продовольственную безопасность населения городов и целых регионов.

Сущность проекта Сургутского университета заключается в создании автоматизированной технологии выращивания растительных культур в закрытом грунте по принципам агрофотоники в локальных (вертикальных) фермах и интеллектуальной системы управления ресурсами локальной фермы. Технология предусматривает получение готовой продукции из предварительно проращиваемых семян, тем самым она может быть реализована в любых климатических условиях при наличии семенного материала, а также в удаленных и труднодоступных районах Севера и Арктики, обеспечивая коренное население и вахтовиков свежей продукцией, богатой питательными веществами и витаминами.

По сравнению с мировыми аналогами в данном проекте будет создана автоматизированная система управления гидропонными установками локальных ферм с использованием контроллеров, камер видеонаблюдения, датчиков и системы химического мониторинга. Контроль качества и состояния растений каждой выращенной партии проводят с использованием методов химического анализа. Комплекс методик химического анализа, определяемые показатели и полученные данные о качестве растительной продукции и состоянии растений формируют систему химического мониторинга, которая хранится в облачной базе данных. Облачный сервер служит хранилищем для истории наблюдения за параметрами фермы, а

также каналом связи между удаленным клиентом и контроллером. Удаленный клиент представляет собой web-приложение, с помощью которого осуществляется первоначальная настройка фермы, а также наблюдение и управление процессом выращивания растений. Все части системы связаны с помощью глобальной сети Интернет.

Проект «Локальная ферма» в Сургутском университете был запущен в октябре 2018 г. Первая пробная партия растений (14 видов салатных овощных культур и эфиромасличных растений) была получена в декабре 2018 г. Срезанные образцы были переданы для проведения химического анализа. Образцы хранили в холодильнике не более 2 суток. Для формирования системы химического мониторинга была организована команда, состоящая из пяти студентов 1-го курса бакалавриата «Химия», двух аспирантов, двух лаборантов и преподавателя кафедр химии.

Для запуска системы мониторинга были выбраны три методики определения сухого вещества гравиметрическим методом, нитратов методом ионометрии и элементного состава методом рентгенофлуоресцентного анализа. Использовали стандартные методики: ГОСТ 26671-2014 «Продукты переработки фруктов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Подготовка проб для лабораторных анализов», ГОСТ 29270-95 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов» и ГОСТ 28561-90 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги». Студенты выполняли экспериментальные исследования командой под руководством и наблюдением кураторов, которые также обучали их работе с используемым оборудованием: сушильные шкафы, муфельная печь, иономеры с нитрат-селективными электродами, энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализатор. Полученные результаты по нормируемым показателям (нитратам и тяжелым металлам) сравнивали с допустимыми уровнями содержания нитратов для свежего салата, выращенного в защищенном грунте с 1 октября по 31 марта (СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», раздел 1.6 «Плодоовощная продукция»), – 4500 мг/кг, и предельно допустимыми концентрациями (ПДК) тяжелых металлов в растениях (Baker 1981).

Определение сухого вещества проводили в трех образцах салатных культур термогравиметрическим методом предварительно измель-

ченных растиранием в ступке проб. Нитраты извлекали раствором алюмокалиевых квасцов с последующим определением концентрации нитратов с помощью ионоселективного нитратного электрода методом градуировочного графика. Повышение допустимого содержания нитратов в исследованных сортах салата может быть вызвано как индивидуальными особенностями растений (способностью растений аккумулировать нитраты в значительной степени зависит от их вида и сорта), так и низкой освещенностью и влажностью в лаборатории. При снижении освещенности и влажности концентрация нитратов в различных культурах может увеличиться в 2–10 раз (Андрющенко 1983).

Элементный анализ проводили после сухого озоления 14 образцов культур в муфельной печи при температуре 500 °С в течение 4 ч. Полученную золу прессовали в таблетки массой 2,5–2,7 г диаметром 20 мм с борной кислотой (о.с.ч.) в качестве подложки с помощью лабораторного гидравлического пресса. Измерения интенсивности флуоресценции рентгеновского излучения атомов проводили на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре EDX-8000 (Шимадзу, Япония) под вакуумом. Содержание элементов в пробах рассчитывали с использованием программного приложения PCEDX-Pro методом фундаментальных параметров.

Растения – промежуточное звено, через которое переходят элементы из почвы, воздуха, воды в организмы животных и человека. В исследованных образцах растений были найдены как макро- (калий, кальций, магний, фосфор, сера), так и микроэлементы (железо, цинк, медь, стронций и др.). К нормируемым суперэкоотоксикантам относят тяжелые металлы, которые различают по классам опасности (Вакер 1983): свинец – 1-й класс; хром, молибден, медь – 2-й класс; марганец – 3-й класс опасности. Из них в исследованных образцах обнаружены только марганец и медь. Следовательно, растения в защищенном грунте практически не накапливают тяжелые металлы и более безопасны по сравнению с выращенными в открытом (незащищенном) грунте, который подвержен техногенному загрязнению.

Задачи, поставленные студентам в проекте преподавателем и кураторами, можно разделить на пять групп: обзор литературы по методам химического анализа растений, пробоподготовка (измельчение, экстракция, озоление и

др.), измерения, обработка результатов и подготовка отчета, подготовка презентации и защита проекта (см. табл.). Студенты распределяли работы в проекте самостоятельно, придерживаясь принципов этики, честности, справедливости, доверия и лояльности. Каждую экспериментальную задачу в трех определениях (сухих веществ, нитратов и элементного состава) выполняли 1–2 студента. Кроме того, студенты, которые делали литературный обзор по выбранному из трех определений, занимались обработкой результатов и подготовкой отчета, части презентации и доклада по этому определению. Следовательно, каждый из пяти студентов в своей работе выполнял все виды задач проекта.

В конце второго семестра студенты защищают проект на кафедре химии. Представлять результаты проекта могут один или несколько членов команды, в дискуссии принимают участие все студенты группы, а оценивает студентов комиссия из преподавателей кафедры. По итогам защит и представленного отчета студенты получают зачет по дисциплине «Введение в проектную деятельность».

Итогом проектной деятельности студентов-химиков 1-го курса, интегрированной в междисциплинарный проект СурГУ «Локальная ферма», явилось создание системы химического мониторинга состояния и качества растений, выращенных в защищенном (закрытом) грунте. Такая система мониторинга позволяет оптимизировать технологию выращивания различных культур в лабораторных условиях (на стадиях реализации проекта), а также может быть использована в условиях производства продукции растениеводства.

На 2-м курсе команда студентов продолжает работу в проекте по дисциплине «Проектная деятельность». Главная задача второго этапа заключается в подтверждении выдвинутых гипотез (исследование физико-химических свойств веществ и материалов, оптимизация технологий) и апробации созданных продуктов и систем в реальных условиях. На этом этапе студенты не только получают новые знания о методах исследования, но и приобретают опыт работы на аналитическом оборудовании и обработки результатов анализа. Кроме того, апробация продуктов и систем может проходить на предприятиях индустриальных партнеров университета.

Студент	Распределение задач в проекте				
	Обзор литературы	Пробоподготовка	Измерения	Обработка результатов и отчет	Презентация и доклад
1. Определение сухих веществ					
Студент 1	+			+	+
Студент 2		+			
Студент 3		+			
Студент 4			+		
Студент 5			+		
2. Определение нитратов					
Студент 1			+		
Студент 2	+		+	+	+
Студент 3	+			+	+
Студент 4		+			
Студент 5		+			
3. Элементный анализ					
Студент 1		+			
Студент 2		+			
Студент 3			+		
Студент 4	+		+	+	+
Студент 5	+			+	+

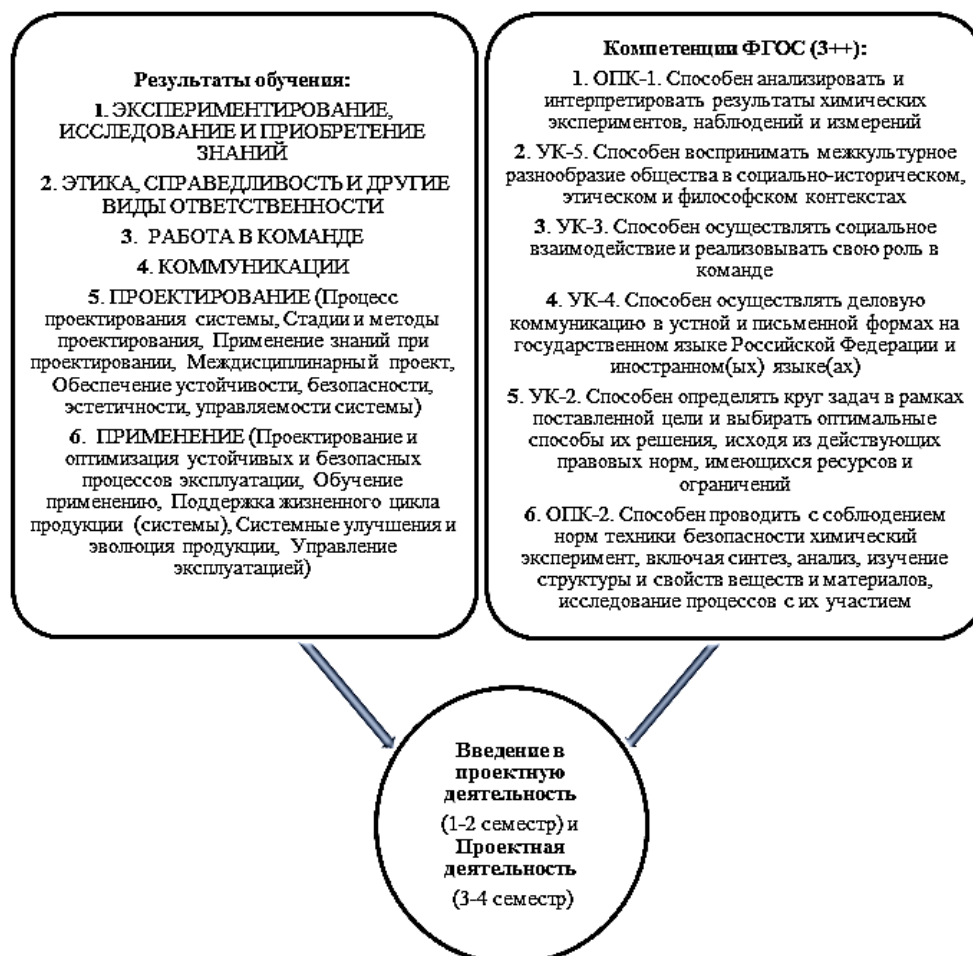


Рис. 1. Результаты обучения CDIO Syllabus и компетенции ФГОС (3++), реализуемые в дисциплинах «Введение в проектную деятельность» и «Проектная деятельность» бакалавриата «Химия»

Следовательно, результат проекта может оценивать представитель индустриального партнера, которого приглашают на защиту проекта. Так, в проекте «Локальная ферма» на 2-м курсе студенты-химики продолжают расширять созданную систему химического мониторинга новыми методами химического анализа растений, апробируют ее в реальных условиях с новыми объектами, оптимизируют технологию выращивания продукции растениеводства, формируют облачную систему данных мониторинга.

В соответствии с перечнем планируемых результатов обучения выпускников образовательных программ в области техники и технологий (CDIO Syllabus), который был выработан участниками Всемирной инициативы CDIO (Crawley 2001), провели сравнительный анализ и согласование содержащихся в нем требований с компетенциями бакалавров направления 04.03.01, изложенными в новых стандартах ФГОС (3++) и реализуемых в дисциплинах «Введение в проектную деятельность» и «Проектная деятельность» (см. рис. 1). Было показано, что требования к результатам обучения хорошо согласуются с компетенциями в категориях общепрофессиональных навыков (ОПК-1 и ОПК-2), межкультурного взаимодействия (УК-5), командной работы и лидерства (УК-3), коммуникации (УК-4), разработки и реализации проектов (УК-2). Это демонстрирует применимость стандартов CDIO к реализации об-

разовательных программ по направлениям бакалавриата 04.00.00 «Химия».

Таким образом, в соответствии со стандартом 5 CDIO студенты 1-го и 2-го курсов в программе бакалавриата «Химия» участвуют в проектной деятельности в двух дисциплинах «Введение в проектную деятельность» (1–2 семестры) и «Проектная деятельность» (3–4 семестры) по проектированию и созданию продуктов (изделий), например, системы химического мониторинга. На 1-м курсе студент выполняет проект на начальном уровне, где формируются теоретические (знание методов химического анализа растений, включая методы пробоотбора и пробоподготовки) и практические компетенции (умение воспроизводить методики химического анализа, навыки работы с лабораторной посудой, реактивами и на специализированном оборудовании), а на 2-м курсе – на продвинутом уровне, где формируются практические компетенции (умение ставить аналитическую задачу, проектировать схему химического анализа, оптимизировать методики анализа, обрабатывать результаты и навыки работы с большими данными, используя облачные технологии). Наряду с профессиональными компетенциями студенты развивают свои личностные и межличностные компетенции (коммуникативность, гибкость, умение работать в команде), а также повышают уровень личной мотивации к инженерным профессиям (инженер-технолог, лаборант химического анализа и др.).

ЛИТЕРАТУРА

Андрющенко В.К. Нитраты в овощах и пути их снижения. Кишинев, 1983.

Baker A.J.M. Accumulators and excluders-strategies in the response of plants to heavy metals // *Journal of plant nutrition*. 1981. Vol. 3. No. 1–4. P. 643–654. URL: <https://doi.org/10.1080/01904168109362867>

Crawley E.F. The CDIO Syllabus // A statement of goals for Undergraduate Engineering Education. 2001.

Petrova Y.Y., Sevast'yanov E.V., Kraynik V.V., Alexey A.A. Experience in the development of bachelor's program "Chemistry". CDIO. 2018. P. 150–159. URL: <http://ds.libol.fpt.edu.vn/handle/123456789/2444>

REFERENCES

Andryushchenko, V. K. (1983). Nitraty v ovoshchakhiputiikhsnizheniya [Nitrates in vegetables and ways to reduce them]. Kishinev. (In Russian).

Baker, A. J. (1981). Accumulators and excluders-strategies in the response of plants to heavy metals. *Journal of plant nutrition*, 3(1-4), 643-654. <https://doi.org/10.1080/01904168109362867>

Crawley, E. F. (2001). The CDIO Syllabus. A statement of goals for Undergraduate Engineering Education.

Petrova, Y. Y., Sevast'yanov, E. V., Kraynik, V. V., & Alexey, A. A. (2018). Experience in the development of bachelor's program "Chemistry". CDIO. 150-159. <http://ds.libol.fpt.edu.vn/handle/123456789/2444>

PROJECT-ORIENTED TRAINING IN PROFESSIONAL LEARNING OF BACHELORS IN CHEMISTRY

Abstract. The authors have shown the experience of using the methodology of project-oriented training for the implementation of the international CDIO initiative standards in the disciplines of 1–2 courses of the bachelor's program in Chemistry. The research activities of students in the SurGU «Local Farm» project aimed at creating a system of chemical monitoring of the state and quality of plants grown in protected (closed) soil are considered in detail. It was shown that as a result of project activity in the disciplines «Introduction to project activity» (1–2 semesters) and «Project activity» (3–4 semesters), along with general professional competences, personal and interpersonal competences were formed and developed (communication skills, flexibility, ability to teamwork), and also the level of personal motivation for engineering professions was increased. A comparative analysis showed that the requirements for the learning outcomes to graduates of educational programs in the field of engineering and technology (CDIO Syllabus) are in good agreement with the competencies outlined in the new standards FGOS (3++). This demonstrates the applicability of CDIO standards to the implementation of Bachelor's programs in Chemistry.

Key words: higher education; project activity; project-oriented training; learning outcomes; competence approach; CDIO initiative standards.

About the authors: Yuliya Yurievna Petrova¹, Candidate of Chemical Sciences, Director of the Institute of Natural and Technical Sciences, Associate Professor of Chemistry Department; Ekaterina Viktorovna Sevast'yanova², Candidate of Chemical Sciences, Head of Chemistry Department, Associate Professor of Chemistry Department.

Place of employment: Surgut State University^{1,2}.

Петрова Ю.Ю., Севастьянова Е.В. Проектно-ориентированное обучение в профессиональной подготовке бакалавров направления «Химия» // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2019. № 4. С. 89–94. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/19-4/13>

Petrova Yu.Yu., Sevast'yanova E.V. Project-oriented training in professional learning of bachelors in chemistry // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 4. P. 89–94. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/19-4/13> (In Russian)

дата поступления
17 мая 2019 г.

дата принятия
23 октября 2019 г.