

УДК 378.4:378.147:621.039.83

DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2025.1.13>*Оригинальная статья / Original paper*

Создание международной системы обучения и профессиональной подготовки специалистов в области агроядерных технологий

А.В. Панов¹, Г.В. Козьмин²¹ ИАТЭ НИЯУ МИФИ,

249039, Калужская обл., г. Обнинск, тер. Студгородок, д. 1

² НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ

249035, Калужская обл., г. Обнинск, Киевское ш., д. 1, корп. 1

Реферат. Представлен опыт обучения иностранных студентов опорных вузов Госкорпорации «Росатом» в Ресурсном центре НИЯУ МИФИ. Показано, что за период 2018–2024 гг. на базе Ресурсного центра Обнинского института атомной энергетики (ИАТЭ НИЯУ МИФИ) прошли практическую подготовку на английском и русском языках более 500 бакалавров, студентов специалитета и магистров из 33-х стран, обучающихся в пяти крупнейших опорных вузах Госкорпорации «Росатом» (ВГУ, НИЯУ МИФИ, СПбПУ, ТПУ, УрФУ). Обучены студенты по шести образовательным программам 13-ой и 14-ой групп направлений подготовки. В сфере неэнергетического применения ядерных технологий практико-ориентированное обучение в Ресурсном центре проводится в большей степени по радиационным технологиям в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Отмечены высокие результаты сотрудничества по обучению иностранных студентов в сфере агроядерных технологий между ИАТЭ НИЯУ МИФИ и НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ. Практическая подготовка студентов во ВНИИРАЭ ведется на уникальной гамма-установке ГУР-120 по облучению сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции в целях фитосанитарной и микробиологической безопасности, увеличения сроков хранения, радиационной стимуляции. Полученные студентами компетенции в области аграрных радиационных технологий востребованы при трудоустройстве в Центры ядерных наук и технологий. Взаимодействие Ресурсного центра ИАТЭ НИЯУ МИФИ и ведущих НИИ г. Обнинска по обучению иностранных студентов является базисом для развития международного научно-образовательного центра «Обнинск Тех» по подготовке персонала для зарубежных бизнесов Госкорпорации «Росатом» в атомной промышленности и смежных областях применения ядерных технологий.

Ключевые слова: Госкорпорация «Росатом», опорные вузы, экспорт образования, развитие кадрового потенциала, Обнинск Тех, профессиональная подготовка, практико-ориентированный подход, ресурсный центр, аграрные радиационные технологии.

Для цитирования: Панов А.В., Козьмин Г.В. Создание международной системы обучения и профессиональной подготовки специалистов в области агроядерных технологий. *Известия вузов. Ядерная энергетика*. 2025;1:175–188.

DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2025.1.13>

Введение

Более 55-ти лет назад А.И. Лейпунский в работе [1] сформулировал идею о том, что ядерная физика в будущем приведет к развитию не только большой и малой атомной энергетики, но и даст импульс созданию радиационных технологий в смежных областях наук: «позволит опреснять воду, просвечивать изделия изотопными источниками, стерилизовать медицинские инструменты и материалы, консервировать пищевые продукты, использовать изотопы для лечения, заниматься полимерами и др.». Все эти научные направления нашли свое воплощение в г. Обнинске, где кроме Физико-энергетического института (образован в 1946 г.), который является мировым лидером в области атомной энергетики, радиационного материаловедения и радиофармацевтики, были созданы крупные научные и образовательные центры международного уровня:

- в 1953 г. ИАТЭ НИЯУ МИФИ (высшее образование в области атомной энергетики, радиационной медицины, радиофармацевтики, радиационной безопасности, радиобиологии);

- в 1958 г. МРНЦ им. А.Ф. Цыба НМИЦ радиологии (радиационная медицина);

- в 1958 г. НПО «Тайфун» (радиоэкология, радиационная безопасность).

- в 1959 г. АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» (радиационная химия, радиационное материаловедение, радиофармацевтика);

- в 1967 г. Техническая академия Росатома (дополнительное профессиональное образование в области атомной энергетики);

- в 1970 г. НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ (радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности, радиоэкология).

С 1953 г. для атомных электростанций СССР и впоследствии России, Обнинских НИИ и научных направлений применения ядерных технологий в стране готовит кадры крупнейший филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» – Обнинский институт атомной энергетики (ИАТЭ НИЯУ МИФИ), который играет роль научно-образовательного инновационного центра в интересах высокотехнологичных отраслей и прежде всего Госкорпорации «Росатом». Являясь ее опорным вузом в составе НИЯУ МИФИ, ИАТЭ сегодня готовит специалистов для

- российских и зарубежных АЭС (в том числе АЭС с реакторами малой мощности);

- центров ядерных наук и технологий (ЦЯНТ) России и за рубежом, ГМР-заводов;

- ядерной медицины совместно с НМИЦ радиологии, ФМБА, предприятиями Госкорпорации «Росатом» и НИЦ «Курчатовский институт».

В последние годы ИАТЭ НИЯУ МИФИ активно ведет подготовку иностранных студентов для зарубежных проектов Госкорпорации «Росатом». Так по заказу Госкорпорации состоялись крупные выпуски специалистов для ядерных отраслей: в 2017 г. Социалистической Республики Вьетнам, в 2018 г. Турецкой Республики и Монголии, в 2020 г. Народной Республики Бангладеш и Многонационального Государства Боливия. В настоящее время в ИАТЭ НИЯУ МИФИ проходят обучение более 450-ти студентов из

67-ми стран. На основании большого опыта вуза по подготовке иностранных специалистов в августе 2023 г. на встрече Президента РФ В.В. Путина и генерального директора Госкорпорации «Росатом» А.Е. Лихачева было принято решение о создании на базе ИАТЭ НИЯУ МИФИ в сотрудничестве с научными центрами и инновационными предприятиями г. Обнинска международного кластера ядерного образования [2]. Создаваемый международный образовательный центр в области энергетических и смежных ядерных технологий под названием «Обнинск Тех» призван обеспечить высокое качество подготовки российских и иностранных специалистов, а также кадровый суверенитет страны для развития высокотехнологичных и наукоемких отраслей промышленности Российской Федерации. Ключевым элементом «Обнинск Тех» является методический центр по индивидуализации образовательных траекторий студентов опорных вузов Госкорпорации «Росатом», где формируется персональная стратегия обучения с учетом отраслевого заказа, уровня и модульности освоения дисциплин, потребностей и психологических особенностей молодого человека.

В рамках подготовки специалистов в области инжиниринга ядерных технологий неэнергетического направления наряду с ядерной медициной значительное внимание уделяется аграрным радиационным технологиям. Их практическое применение требует знаний основ радиобиологии микроорганизмов, растений и животных, навыков создания и обслуживания облучательной техники, а также умений в использовании современных вычислительных и экспериментальных методов дозиметрии ионизирующих излучений.

Целью статьи является обзор опыта взаимодействия ИАТЭ НИЯУ МИФИ и НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ по подготовке иностранных студентов в области применения радиационных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности в рамках развития международного центра ядерного образования «Обнинск Тех».

Роль ресурсного центра НИЯУ МИФИ в подготовке иностранных специалистов

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» кроме большой и малой ядерной энергетики существенно увеличила использование достижений атомной науки и техники в различных сферах, не связанных с генерированием энергии. Так АО «Русатом Оверсиз» Госкорпорации «Росатом» экспортирует отечественные ядерные технологии в дружественные страны под брендом RIVER (Research Innovative VErsatile Reactor). Данный инновационный продукт неэнергетического применения ядерных технологий включает в себя несколько альтернативных решений, адаптированных под задачи конкретного заказчика. Например, научными центрами Госкорпорации «Росатом» – «Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации» (АО «НИИТФА») и Государственный специализированный проектный институт (АО «ГСПИ») – совместно с НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ был спроектирован многоцелевой центр облучения, входящий в состав Центра ядерных исследований и технологий (ЦЯИТ), расположенного в г. Эль-Альто Многонационального Государства Боливия. В 2023 г. многоцелевой центр облучения и предклинический циклотронно-радиофармацевтический комплекс были введены в эксплуатацию. На этих двух модулях ЦЯИТ началось производство медицинских радиофармпрепаратов (технеций-99, фторглюкоза)

и применение технологий радиационной стерилизации сельскохозяйственной продукции, косметического сырья, изделий медицинского назначения и фармацевтических препаратов от бактерий, грибов и вирусов, вызывающих различные заболевания. На промышленной гамма-установке Центра будет проводиться радиационная обработка сельскохозяйственной и пищевой продукции объемом свыше 70-ти тонн ежедневно, а также медицинских изделий [3].

Для успешной эксплуатации и развития Боливийского ЦЯИТ была необходима подготовка квалифицированных специалистов. Российская Федерация оказывает всестороннюю поддержку коллегам из Боливии в обучении боливийских студентов и профессиональной подготовке кадров. В настоящее время в РФ реализуется образовательная программа подготовки боливийцев по ядерным и смежным специальностям в опорных вузах Госкорпорации «Росатом» [4]. За последние шесть лет в России прошли обучение 132 боливийских студента. Вернувшись на родину, они получили престижную работу в ЦЯИТ и будут использовать свои знания для научного развития Боливии.

Важную роль в подготовке персонала для АЭС и Центров ядерных наук и технологий играет Ресурсный центр НИЯУ МИФИ, расположенный в трех региональных вузах университета: ИАТЭ (г. Обнинск), ВИТИ (г. Волгодонск) и НВПИ (г. Нововоронеж). Ресурсные центры ВИТИ и НВПИ ориентированы на подготовку персонала для АЭС, а ИАТЭ кроме этого направления также проводит обучение специалистов в неэнергетической сфере, взаимодействуя с научными центрами г. Обнинска. Главной особенностью всех трех площадок Ресурсного центра является практико-ориентированный подход в обучении, который включает в себя все виды практик: учебную, производственную, технологическую и преддипломную. За последние семь лет в Ресурсном центре ИАТЭ НИЯУ МИФИ прошли практическую подготовку более 500 иностранных студентов из 33-х стран, которые обучаются в пяти крупнейших опорных вузах Госкорпорации «Росатом» (табл. 1). Студенты бакалавриата, специалитета и магистратуры проходят практики по шести образовательным программам 13-ой и 14-ой групп направлений подготовки на русском и английском языках.

Подготовка российских и иностранных студентов в Ресурсном центре ИАТЭ НИЯУ МИФИ идет по следующему алгоритму: заказ на специалистов от Госкорпорации «Росатом» → обучение в опорных вузах Госкорпорации → практики в Ресурсном центре ↔ научные центры г. Обнинска. К настоящему времени большая часть практик была организована совместно с НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ в области агроядерных технологий, что позволяет обобщить опыт взаимодействия научного и образовательного центров.

Развитие агроядерных технологий в России и мире

Изучение возможностей использования ионизирующих излучений для радиационной обработки сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов началось в середине 40-х годов прошлого века [5]. Позднее в ряде ведущих стран мира, где активно развивались радиационные технологии (РТ), были разработаны соответствующие национальные программы, а в 1970 г. подписана Международная программа таких исследований. Ключевые по данному научному направлению структуры Организации объединенных наций ФАО, ВОЗ и МАГАТЭ инициировали создание межгосударствен-

Таблица 1

Практики иностранных студентов в Ресурсном центре ИАТЭ НИЯУ МИФИ в период 2018 – 2024 гг.

Научный центр	Опорный вуз Госкорпорации «Росатом»	Направления подготовки	Страна	Год	Число студентов
АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»	НИЯУ МИФИ	13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»	Азербайджан Армения Афганистан Бангладеш Боливия Ботсвана Вьетнам Гана Египет Замбия Индия Индонезия Иордания	2018	81
АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова»		13.04.02 «Электроэнергетика и электроника»	Казахстан Камбоджа		
МРНЦ им. А.Ф. Цыба	ТПУ	14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»	Кения Киргизия Конго	2020	122
НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ	СПбПУ	14.03.02 «Ядерная физика и технологии»	Македония	2021	28
	ВГУ		Монголия	2022	26
НПО «Тайфун»		14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»	Ливан	2023	44
		14.04.02 «Ядерная физика и технологии»	Македония Монголия Нигерия Руанда Сербия Сирия Судан Танзания Турция Уганда Узбекистан Чехия Эфиопия ЮАР	2024	74
Всего		5	6	33	7

ного консультативного органа по изучению радиационных технологий в пищевой промышленности [6]. Результаты исследований показали, что использование РТ дает возможность существенно снизить порчу мясной, рыбной и плодоовощной пищевой продукции при ее перевозке и значительно увеличить период ее хранения. При этом снижаются общие затраты на электроэнергию, а также необходимость использования больших количеств консервантов. Пищевые продукты после облучения не содержат высоких концентраций вредных химикатов и не разрушается их органическая структура вследствие отказа от термической обработки [7]. Основные характеристики использования РТ в сельском хозяйстве и пищевой промышленности представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Компетенции радиационных технологий в зависимости
от дозовых характеристик ионизирующих излучений [7, 8]**

Компетенция	Доза (кГр)	Облученные продукты
Низкая доза (до 1 кГр)		
Стимуляция семян сельскохозяйственных культур	0,003 – 0,05	Семена сельскохозяйственных культур
Задержка прорастания корнеклубнеплодов и луковиц, заложенных на хранение	0,03 – 0,15	Картофель, лук, чеснок, корнеплоды, имбирь и т.п.
Уничтожение насекомых-вредителей	0,15 – 1,0	Зерно, крупы, мука, орехи, семена масличных культур и бобовых, свежие и сушеные фрукты и овощи, вяленая рыба и т.п.
Задержка созревания фруктов	0,2 – 1,0	Свежие фрукты
Средняя доза (1 – 10 кГр) (радисидация, радуризация)		
Инактивация отдельных патогенов и/или уничтожение различных паразитарных организмов	0,1 – 3,0	Пищевая продукция животного и растительного происхождения
Увеличение срока годности за счет сокращения численности микроорганизмов, вызывающих порчу пищевых продуктов	0,5 – 3,0	Фрукты, овощи, мясо, мясной фарш, полуфабрикаты и готовые блюда
Инактивация неспорообразующих бактерий (<i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Listeria</i>) в свежей и замороженной пище	3 – 10	Свежие и замороженные продукты животного и растительного происхождения
Стерилизация и улучшение технологических свойств пищи, сокращение времени сушки и кулинарной обработки	3 – 10	Ягоды (повышение выхода сока), сушеные овощи (сокращение времени кулинарной обработки)
Снижение численности микроорганизмов в специях и других сухих ингредиентах	3 – 10	Специи, сушеные пищевые ингредиенты
Высокая доза (10 – 60 кГр)		
Производство микробиологически безопасной пищевой продукции с использованием тепловой инактивации и радиационной стерилизации после замораживания	25 – 60	Мясо, птица, фарш, морепродукты, готовая пища, стерилизованные больничные диеты

По данным МАГАТЭ в последние годы интерес к применению РТ в сельском хозяйстве и пищевой промышленности во всем мире существенно возрос. Так уже в 70-ти странах внедрены разрешающие нормы на облучение более девяноста видов сельскохозяйственной и пищевой продукции. В последние десятилетия бурно развиваются рынки РТ в странах Юго-Восточной Азии и Южной Америки [9]. В этих регионах очень актуально использование радиационных технологий для облучения фруктов с целью замедления их созревания и дезинсекции, что необходимо при их экспорте.

В Китае, где много лет активно развиваются РТ, к середине 90-х годов были разработаны и внедрены 18 стандартов по облучению различных видов сельскохозяйственной продукции. Китайская Народная Республика, активно взаимодействуя с центром ФАО/

МАГАТЭ, в настоящее время приступила к использованию радиационной селекции для создания новых сортов сельскохозяйственных культур. Так сорт пшеницы Луянь-502 устойчив к засухе и болезням, а его урожайность в среднем на 11% выше, чем у традиционных сортов. Сегодня сортом Луянь-502 засеяно более 3,6 млн. га [10].

В Индонезии на постоянной основе идет облучение 12-ти, южной Кореи 26-ти, Бангладеш 18-ти видов пищевых продуктов [9]. За последнее десятилетие радиационная обработка сельскохозяйственного сырья и продуктов питания была одобрена в Монголии, Малайзии, Непале, Мьянме и в странах Евразийского Союза [7]. Из представленных данных видно, что интерес к использованию РТ в области сельского хозяйства и пищевой промышленности существует во всем мире, и с учетом неуклонного роста населения Земли при необходимости обеспечения ее продовольственной безопасности перспективы применения агроядерных технологий будут только возрастать. Это требует развития сети облучательных научных и производственных Центров и подготовки широкого спектра персонала для работы на таких объектах.

Сотрудничество ИАТЭ НИЯУ МИФИ и НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ в области подготовки кадров по агроядерным технологиям

В рамках создания международного научно-образовательного центра «Обнинск Тех» решение вопросов профессиональной подготовки квалифицированных кадров в области агроядерных технологий должно заключаться в создании инфраструктуры обучения, которая обеспечит тесную связь вуза с научными и производственными отечественными и зарубежными учреждениями, специализирующимися в области РТ, и консолидации специалистов разного профиля для образовательной деятельности.

На начальном этапе реализации любой агроядерной технологии первоочередные задачи состоят в дозиметрическом аппаратурно-методическом оснащении и в интерактивном программном обеспечении процесса формирования дозовых полей ионизирующего излучения, позволяющего в on-line-режиме получать значения характеристик доз в облучаемом объекте. Это в конечном итоге дает возможность оперативно определять технологические регламенты облучения различных видов сельскохозяйственной и пищевой продукции. Вся информация, которая используется для разработки модели дозовых полей в объектах облучения, накапливается в базе данных на основе многолетних исследований и расчетов, которые проводятся в НИЦ «Курчатовский институт» - ВНИИРАЭ. На практиках студентов обучают использованию программного обеспечения по трем направлениям [11]:

- оценка доз в совокупности точек в объеме облучаемого объекта при определенной геометрии «источник излучения – объект облучения»;
- оценка характеристик источника излучения и геометрии облучения, при которых достигается необходимый уровень дозы и ее мощности во всех точках объема объекта при его облучении;
- отладка и оптимизация режимов облучения за счет перемещения объектов в облучательном зале.

При обучении студентов на базе НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ используется программный код MCNP5 [12]. По своей универсальности данный код находится вне конкуренции среди программ расчета переноса излучений методом

Монте-Карло, особенно, в задачах с предметной областью относительно небольшой оптической толщины (до 5 – 10 длин свободного пробега). К ним относятся все задачи ядерной медицины и радиобиологии. В качестве библиотеки данных используется многогрупповая библиотека фотонных данных, ориентированная на применение метода Монте-Карло [13].

Под руководством д.ф.-м.н. Ю.А. Кураченко для российских и иностранных студентов читается курс лекций и проводятся практические занятия по изучению вычислительного кода MCNP5 и овладению экспериментальными методами дозиметрии с использованием химического дозиметра Фрикке, а также приборов, основанных на ионизационном методе дозиметрии [14]. В частности, с использованием кода MCNP5 и химических дозиметров Фрикке проводится сравнительный анализ расчетных и экспериментальных данных дозового поля в облучательном зале установки ГУР-120 [15]. Практические занятия со студентами ведутся на уникальной установке ГУР-120 (НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ), предназначенной для гамма-облучения продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности. ГУР-120 включает в себя 8 блоков-облучателей с радиоизотопом ^{60}Co общей активностью $4,47 \cdot 10^{15}$ Бк [16].

Базисом агроядерных технологий являются доказанные закономерности биологического действия радиации. В области малых доз облучения [17] по мере превышения естественного радиационного фона проявляется эффект радиационного гормезиса, который, в частности, реализуется в виде радиационной стимуляции, например, семян сельскохозяйственных культур [18, 19]. Повышение уровня облучения, когда достигается мутагенный эффект, дает возможность использовать этот фактор для проведения селекционной работы с целью разработки новых сортов сельскохозяйственных растений (см. табл. 2). Более высокая доза облучения позволяет добиться угнетения роста, которую можно использовать для задержки прорастания клубней и плодов при их хранении, а также для стерилизации насекомых-вредителей. Дальнейшее увеличение доз дает возможность подавить развитие патогенных организмов [20]. Все эти направления использования агроядерных технологий рассматриваются на практических занятиях со студентами.

На практиках студентов наиболее подробно знакомят с вопросами облучения сельскохозяйственной продукции для ее стерилизации. Поражающее действие облучения связано с повреждением ДНК патогенов за счет разрушения ее межмолекулярных связей, нарушения процессов ее синтеза и инактивации ферментов, которые участвуют в репарации ее поврежденной структуры. Эти процессы выражаются в изменениях белкового синтеза, прохождения фаз клеточного цикла, в образовании хромосомных aberrаций, увеличении частоты мутаций, нарушении систем регуляции, приводящих к подавлению размножения микроорганизмов и даже к их гибели [21].

После практик у студентов формируются знания о том, что облучение пищевых продуктов можно использовать для увеличения периода хранения полуфабрикатов, мясных, рыбных и морепродуктов (в дозах до 7 кГр), корне- и клубнеплодов (до 0,15 кГр), фруктов и ягод (до 3 кГр), соков (до 7 кГр) [22]. Облучение мяса различными видами ионизирующего излучения в дозе от 1 до 5 кГр дает возможность продлить срок хранения при 0 – 5°C в несколько раз при сохранении органолептических характеристик и кулинарных свойств [23].

На практиках студенты изучают результаты исследований влияния ионизирующих излучений на процессы развития и размножения представителей класса *Insecta*, ко-

которые создали предпосылки для создания РТ, направленных на уничтожение насекомых-вредителей в зерне и зернопродуктах, сушеных фруктах, овощах и пищевых концентратах. Наиболее перспективно использование радиационной обработки для уничтожения насекомых-вредителей в зерне сельскохозяйственных культур, таких как амбарный долгоносик, суринамский мукоед и зерновой точильщик [24].

При проведении практик со студентами важно обратить их внимание и на факторы, сдерживающие внедрение РТ в сельское хозяйство и пищевую промышленность, наиболее значимым из которых является многократно усилившаяся после аварий на Чернобыльской АЭС (Украина) и АЭС Фукусима-1 (Япония) радиophobia населения. При обсуждении вопросов безопасности облученных продуктов питания следует отмечать, что в природе повсеместно распределены естественные радионуклиды, и мы постоянно подвергаемся воздействию ионизирующих излучений. Такие природные радионуклиды как ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th и др. присутствуют в продуктах питания и воде, теле человека, грунтах мест, где мы живем и работаем. Данные изотопы определяют естественный радиационный фон, в котором благополучно себя чувствуют все живые организмы, включая человека. В процессе радиационной обработки пищевых продуктов за счет фотоядерных реакций образуются радионуклиды наведенной активности, однако их количество ничтожно мало, а уровень излучения более чем в 10 тыс. раз ниже обычного гамма-фона [25, 26].

Детальная программа практической подготовки в области агроядерных технологий для бакалавров и магистров, а также результаты ее внедрения в НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ представлены в работе [4].

Заключение

Широкие перспективы применения радиационных технологий агропромышленного профиля ставят задачи профессиональной подготовки квалифицированных кадров для Центров облучения в России и за рубежом. Решение этих вопросов возможно за счет привлечения научно-педагогических кадров первого наукограда России – города Обнинска (26.07.2024 г. статус наукограда г. Обнинску продлен до 2040 г.) с его многопрофильными организациями и их научными направлениями, связанными с ядерно-физическими исследованиями (АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»), методическими разработками в области дозиметрии ионизирующих излучений, созданием и практическим применением радиационных технологий стерилизации («Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ, МРНЦ им. А.Ф. Цыба, АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова»), разработкой технологий по радиационной стимуляции посевного материала и радиационной дезинсекции, а также инновационных технологий, основанных на комбинированном воздействии ионизирующего, ультрафиолетового излучений, нетепловой плазмы и ряда других электрофизических факторов (НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ, ИАТЭ НИЯУ МИФИ). Научно-производственный и образовательный опыт представленных организаций является базисом при проектировании лабораторного комплекса университетского кампуса международного центра подготовки специалистов по атомным и смежным ядерным технологиям «Обнинск Тех». Реализация данного проекта позволит создать центр не только ядерного, но и многопрофильного образования, необходимого для реализации задач неэнергетического направления применения радиационных технологий.

Литература

1. Лейпунский А.И. Применение ядерной физики в смежных областях науки и народного хозяйства. *Успехи физических наук*. 1968;95(1):15–23. DOI: <https://doi.org/10.3367/UFN-r.0095.196805b.0015>
2. Встреча с главой Госкорпорации «Росатом» Алексеем Лихачевым. *Сайт Президента России*. 14.08.2023. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/72034> (дата обращения 22.07.2024).
3. «Росатом» ввел в эксплуатацию первые объекты центра ядерных исследований и технологий в Бولیви. *Страна Росатом*. URL: <https://strana-rosatom.ru/2022/08/08/rosatom-vvel-v-ekspluataciju-pervye-ob> (дата обращения 22.07.2024).
4. Панов А.В., Козьмин Г.В. Анализ эффективности обучения иностранных студентов в области неэнергетического применения ядерных технологий. *Известия вузов. Ядерная энергетика*. 2022;3:168–178. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2022.3.15>
5. Каушанский Д.А., Кузин А.М. Радиационно-биологическая технология. М.: Энергоатомиздат, 1984, 151 с.
6. Кодекс Алиментариус. Облученные продукты питания. Совместная программа ФАО/ВОЗ по стандартам на пищевые продукты. М.: Весь Мир, 2007, 21 с.
7. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности (Под общ. ред. Г.В. Козьмина, С.А. Гераськина, Н.И. Санжаровой). М.: Информполиграф, 2015, 400 с.
8. Неменушья Л.А. Методы лазерной, радиационной и других видов обработки сельскохозяйственного сырья и готовой продукции. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015, 56 с.
9. Ihsanullah J.M. Current activities of food irradiation as sanitary and phytosanitary treatment in Asia and the Pacific region and its comparison with advanced countries. Nuclear Institute for Food and Agriculture (NIFA), Peshawar, Pakistan. International Symposium on Food Safety and Quality: Applications of Nuclear and Related Techniques at IAEA Headquarters. Vienna, Austria, 2014. Presentation. 49 p.
10. На переднем крае науки для производства продовольствия и сельского хозяйства. Рим: Совместный центр ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства, 2021, 4 с.
11. Денисова Э.Н., Кураченко Ю.А., Козьмин Г.В., Павлов А.Н. Проблема интерактивной оптимизации сценариев облучения на установке ГУР-120. *Материалы XIII Международной научно-практической конференции «Будущее атомной энергетики – Atomfuture 2017»*. М.: НИЯУ МИФИ, 2018, т. 2, с. 141–143.
12. MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Ver. 5. Vol. I: Overview and Theory. Authors: X-5 Monte Carlo Team. LA-UR-03-1987. April 24, 2003, 484 p.
13. Денисова Э.Н., Снегирев А.С., Кураченко Ю.А., Козьмин Г.В., Бударков В.А., Санжарова Н.И., Матусевич Е.С. Численное моделирование в дозиметрических задачах ядерной медицины и радиобиологии. *Известия вузов. Ядерная энергетика*. 2018;4:138–151. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2018.4.12>
14. Потетня В.И., Корякина Е.В., Трошина М.В., Корякин С.Н. Применение химического дозиметра Фрикке и его модификаций для дозиметрии гамма-нейтронного излучения импульсного реактора. *Известия вузов. Ядерная энергетика*. 2021;2:106–118. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2021.2.10>
15. Дорн Ю.А., Адарова А.И., Чиж Т.В., Нийонсенга Э., Павлов А.Н., Кураченко Ю.А. Расчет дозиметрических характеристик облучательного зала УНУ ГУР-120 с использованием численной модели Монте-Карло для планирования процессов радиационной обработки. *Известия вузов. Ядерная энергетика*. 2024;4:180–190. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2024.4.15>

16. Научно-техническая инфраструктура Российской Федерации. Центры коллективного пользования научным оборудованием и уникальные научные установки. Гамма-установка радиационного облучения ГУР-120. URL: <https://ckp-rf.ru/usu/2795259/> (дата обращения 22.07.2024).

17. Гераськин С.А. Концепция биологического действия малых доз ионизирующего излучения на клетки. *Радиационная биология. Радиоэкология*. 1995;35(5):571–580.

18. Козьмин Г.В., Зейналов А.А., Коржавый А.П., Тихонов В.Н., Цыгвинцев П.Н. Применение ионизирующих и неионизирующих излучений в агробиотехнологиях. Под ред. Г.В. Козьмина. Обнинск: ВНИИРАЭ, 2013, 191 с.

19. Чурюкин Р.С., Гераськин С.А. Проявление эффекта гормезиса у растений ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в контрастных условиях произрастания при γ -облучении семян. *Сельскохозяйственная биология*. 2017;52(4):820–829. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.4.820rus>

20. Чиж Т.В., Козьмин Г.В., Полякова Л.П., Мельникова Т.В. Радиационная обработка как технологический прием в целях повышения уровня продовольственной безопасности. *Вестник РАН*. 2011;4:44–49.

21. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения). Под ред. В.К. Мазурика, М.Ф. Ломанова. М.: Физматлит, 2004, 448 с.

22. Общий стандарт на пищевые продукты, обработанные проникающим излучением. CODEX STAN 106-1983, Rev. 1–2003. 3 с.

23. Исамов Н.Н., Санжарова Н.И., Кобялко В.О., Козьмин Г.В., Павлов А.Н., Губарева О.С., Полякова И.В., Урсу Н.В., Алешкина Е.Н. Применение радиационных технологий для безопасности продуктов животного происхождения. *Все о мясе*. 2017;1:11–15.

24. Лой Г.Н., Губарева О.С., Санжарова Н.И., Гулина С.Н., Щагина Н.И., Миронова М.Л. Влияние ионизирующего излучения на жизнеспособность насекомых вредителей, качество зерна и зернопродуктов. *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. 2016;6:53–55.

25. Dosimetry for food irradiation. Technical report series, ISSN 0074-1914. Vienna: IAEA, 2002, 161 p.

26. Natural and induced radioactivity in food. IAEA-TECDOC-1287. Vienna: IAEA, 2002, 136 p.

Поступила в редакцию 14.11.2024

После доработки 28.01.2025

Принята к опубликованию 06.02.2025

Авторы

Панов Алексей Валерьевич, исполняющий обязанности директора, д.биол.н., профессор РАН,

E-mail: riar@mail.ru

Козьмин Геннадий Васильевич, ведущий научный сотрудник,

E-mail: kozmin@obninsk.ru

UDC 378.4:378.147:621.039.83

**Development of an International System of Education and Professional Training
of Specialists in the Field of Nuclear Technologies for Food and Agriculture****Panov A.V.¹, Koz'min G.V.²**¹ IATE MEPhI,

1 Studgorodok, 249039 Obninsk, Kaluga reg., Russia

² NRC "Kurchatov Institute" – RIRAE,

1 Kievskoe sh., 249035 Obninsk, Kaluga reg., Russia

Abstract

The article presents the experience of training foreign students of Rosatom State Corporation's flagship universities at the MEPhI Resource Center. It is shown that over the period 2018-2024, more than 500 bachelors, specialist and masters students from 33 countries studying at the five largest flagship universities of the state corporation (VSU, MEPhI, SPbPU, TPU, UrFU) underwent practical training in English and Russian at the Resource Center of Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering (IATE MEPhI). Students were trained in six educational programs of 13 and 14 specialty groups. In the field of non-energy application of nuclear technologies, practice-oriented training at the Resource Center is carried out to a greater extent on radiation technologies in agriculture and the food industry. High results of cooperation in training foreign students in the field of agro-nuclear technologies between the IATE MEPhI and the National Research Center "Kurchatov Institute" - RIRAE were noted. Practical training of students at RIRAE is carried out on a unique gamma-installation GUR-120 for irradiation of agricultural raw materials and food products for the purposes of phytosanitary and microbiological safety, increase in shelf life, radiation stimulation. The competencies acquired by students in the field of agricultural radiation technologies are in demand by them when applying for jobs in the Centers of Nuclear Science and Technology. The interaction of the Resource Center of the IATE MEPhI and the leading research institutes of Obninsk in training foreign students is the basis for the development of the international scientific and educational center "Obninsk Tech" for training personnel for foreign businesses of the State Corporation "Rosatom" in the nuclear industry and related areas of application of nuclear technologies.

Keywords: State Corporation "Rosatom", flagship universities, education export, development of human resources, Obninsk Tech, professional training, practice-oriented approach, resource center, agricultural radiation technologies.

For citation: Panov A.V., Koz'min G.V. Development of an International System of Education and Professional Training of Specialists in the Field of Nuclear Technologies for Food and Agriculture. *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. 2025;1:175–188. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2025.1.13> (in Russian).

References

1. Leipunsky A.I. Application of nuclear physics in related fields of science and national economy. *Physics-Uspekhi (Advances in Physical Sciences)*. 1968;95(1):15–23 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.0095.196805b.0015>
2. Meeting with the head of the state corporation Rosatom Alexey Likhachev. *Website of the President of Russia*. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/72034> (accessed Jul. 22, 2024) (in Russian).

3. Rosatom commissioned the first facilities of the nuclear research and technology center in Bolivia. *Strana Rosatom*. URL: <https://strana-rosatom.ru/2022/08/08/rosatom-vvel-v-ekspluatsiju-pervye-ob> (accessed Jul. 22, 2024) (in Russian).
4. Panov A.V., Koz'min G.V. Analysis of the efficiency of training for foreign students in the field of non-power applications of nuclear technologies. *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. 2022;3:168–178. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2022.3.15> (in Russian).
5. Kaushansky D.A., Kuzin A.M. *Radiation-biological technology*. Moscow, Energoatomizdat, 1984, 151 p. (in Russian).
6. The Codex Alimentarius. *General Standard for Irradiated Foods, Codex standard*. Moscow, 2007, 21 p. (In Russian).
7. Radiation technologies in agriculture and food industry (Ed. Koz'min G.V., Geraskin S.A., Sanzharova N.I.) Obninsk, RIRAE Publ., 2015, 400 p. (in Russian).
8. Nemenushchaya L.A. Methods of laser, radiation and other types of processing of agricultural raw materials and finished products. Moscow. Federal State Budgetary Scientific Institution "Rosinformagrotech", 2015, 56 p. (in Russian).
9. Ihsanullah J.M. Current activities of food irradiation as sanitary and phytosanitary treatment in Asia and the Pacific region and its comparison with advanced countries. Nuclear Institute for Food and Agriculture (NIFA), Peshawar, Pakistan. *International Symposium on Food Safety and Quality: Applications of Nuclear and Related Techniques at IAEA Headquarters*. Vienna. Austria, 2014. Presentation. 49 p.
10. At the forefront of science for food and agriculture. Rome. Joint FAO/IAEA Centre for Nuclear Techniques in Food and Agriculture, 2021, 4 p. (in Russian).
11. Denisova E.N., Kurachenko Yu.A., Koz'min G.V., Pavlov A.N. The problem of interactive optimization of irradiation scenarios at the GUR-120 facility. *Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference "The Future of Nuclear Energy– Atomfuture 2017"*. Moscow. MEPhI Publ., 2018, vol. 2, p. 141–143 (in Russian).
12. MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Ver. 5. vol. I: Overview and Theory. Authors: X-5 Monte Carlo Team. LA-UR-03-1987. April 24, 2003.
13. Denisova E.N., Snegirev A.S., Kurachenko Yu.A., Koz'min G.V., Budarkov V.A., Sanzharova N.I., Matusevich E.S. Numerical modeling in dosimetric problems of nuclear medicine and radiobiology. *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. 2018;4:138–151. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2018.4.12> (in Russian).
14. Potetnya V.I., Koryakina E.V., Troshina M.V., Koryakin S.N. Application of the Fricke chemical dosimeter and its modifications for dosimetry of gamma-neutron radiation of a pulsed reactor. *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. 2021;2:106–118. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2021.2.10> (in Russian).
15. Dorn Yu.A., Adarova A.I., Chizh T.V., Niyonsenga E., Pavlov A.N., Kurachenko Yu.A. Calculation of Dosimetric Characteristics for the UNU GUR-120 Irradiation Hall Using a Numerical Monte Carlo Method for Planning Radiation Treatment Processes. *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. 2024;4:180–190. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2024.4.15> (in Russian).
16. Scientific and technical infrastructure of the Russian Federation. Centers for the collective use of scientific equipment and unique scientific installations. Gamma radiation exposure unit GUR-120. URL: <https://ckp-rf.ru/usu/2795259/> (accessed Jul. 22, 2024) (in Russian).
17. Geraskin S.A. Concept of biological action of small doses of ionizing radiation on cells. *Radiation biology. Radioecology*. 1995;35(5):571–580 (in Russian).
18. Koz'min G.V., Zeynalov A.A., Korzhavy A.P., Tikhonov V.N., Tsygvintsev P.N. *Application of ionizing and non-ionizing radiation in agrobiotechnology*. (Ed. G.V. Koz'min). Obninsk, VNIIRAE Publ., 2013, 191 p. (in Russian).

19. Churyukin R.S., Geraskin S.A. Manifestation of the hormesis effect in barley plants (*Hordeum vulgare* L.) under contrasting growing conditions with γ -irradiation of seeds. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2017;52(4):820–829. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiolgy.2017.4.820rus> (in Russian).
20. Chizh T.V., Koz'min G.V., Polyakova L.P., Melnikova T.V. Radiation processing as a technological method for increasing the level of food security. *Vestnik RAEN*. 2011;4:44–49 (in Russian).
21. Kudryashov Yu.B. Radiation biophysics (ionizing radiation). (Ed. V.C. Mazurik, M.F. Lomanov). Moscow, Fizmatlit Publ., 2004, 448 p. (in Russian).
22. General standard for foods treated with irradiated radiation. CODEX STAN 106-1983, Rev. 1–2003, 3 p. (in Russian).
23. Isamov N.N., Sanzharova N.I., Kobyal'ko V.O., Koz'min G.V., Pavlov A.N., Gubareva O.S., Polyakova I.V., Ursu N.V., Aleshkina E.N. Application of radiation technologies for the safety of animal products. *Vse o myase*. 2017;1:11–15 (in Russian).
24. Loy G.N., Gubareva O.S., Sanzharova N.I., Gulina S.N., Shchagina N.I., Mironova M.L. The influence of ionizing radiation on the viability of insect pests, the quality of grain and grain products. *Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2016;6:53–55 (in Russian).
25. Dosimetry for food irradiation. Technical report series, ISSN 0074–1914. Vienna: IAEA. 2002, 161 p.
26. Natural and induced radioactivity in food. IAEA-TECDOC-1287. Vienna: IAEA, 2002, 136 p.

Authors

Aleksei V. Panov, Acting Director, Dr. Sci. (Biology), professor RAS,

E-mail: riar@mail.ru

Gennady V. Koz'min, Leading researcher,

E-mail: Koz'min@obninsk.ru