

# АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ В ОБЛАСТИ НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**А.В. Панов\*, \*\*, Г.В. Козьмин\***

\* *Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии 249032, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км*

\*\* *ИАТЭ НИЯУ МИФИ*

*249039, Калужская область, г. Обнинск, Студгородок, 1*



Представлен опыт проведения практического курса для иностранных студентов ресурсного центра ИАТЭ НИЯУ МИФИ по использованию ядерных технологий в неэнергетической сфере. Обучение организовано на базе ФГБНУ ВНИИРАЭ по направлению применения аграрных радиационных технологий. Учебный план включал в себя два модуля с лекциями и практическими занятиями. На практиках использована уникальная установка гамма-облучения ГУР-120. Обучено 64 бакалавра и магистра из Вьетнама, Боливии и Замбии. Для контроля знаний до и после проведения курса студентов тестировали. Оценка эффективности обучения показала, что уровень компетенций студентов в области аграрных радиационных технологий повысился на 62 – 98% от исходного. Практико-ориентированный подход позволил сформировать у студентов навыки работы на установке гамма-облучения ГУР-120, обучить методам дозиметрии и оценке микробиологической безопасности пищевой продукции. Средняя оценка курса обучения в рамках обратной связи от студентов составила 4,6 из 5. Отмечены сильные стороны практического курса и вопросы, требующие улучшения.

**Ключевые слова:** экспорт образования, развитие кадрового потенциала, бакалавриат, магистратура, профессиональная подготовка, практико-ориентированный подход, ресурсный центр, аграрные радиационные технологии.

## ВВЕДЕНИЕ

Российская Федерация является одним из мировых лидеров по развитию и внедрению ядерных технологий преимущественно в области атомной энергетики. Госкорпорация «Росатом» обладает богатым опытом строительства энергоблоков АЭС, отличающихся высокой надёжностью в эксплуатации и отвечающих современным требованиям ядерной, радиационной и экологической безопасности, что позволяет активно экспортировать отечественную атомную энергетику за рубеж [1]. В настоящее время строятся АЭС российского дизайна в Бангладеш, Венгрии, Индии, Китае, Турции. За последние годы продвижение ядерных технологий в другие страны наряду с АЭС включает в себя ряд направлений неэнергетической сферы: ядерную медицину и радиационную химию, радиофармацевтику, аграрные радиационные технологии. В создании центров ядерных

© *А.В. Панов, Г.В. Козьмин, 2022*

наук и технологий, где планируется реализовать неэнергетические направления, заинтересованы многие государства Азии, Африки, Латинской Америки. Это обуславливает необходимость подготовки для ряда стран высококвалифицированных кадров различного профиля [2, 3].

В нашей стране наиболее значимые компетенции в области ядерного образования наработаны в НИЯУ МИФИ, который является базовым вузом Госкорпорации «Росатом» [4]. Располагая разветвленной сетью филиалов, университет обучает как российских, так и иностранных студентов. При этом доля учащихся из-за рубежа с каждым годом растет [5, 6]. Выпускники МИФИ составляют основу специалистов, работающих на АЭС и на предприятиях ядерной неэнергетической сферы. С учетом сложности и специфики работы радиационно опасных объектов наиболее эффективной формой взаимодействия университета и предприятий атомной отрасли является развитие ресурсных центров, в которых реализована практико-ориентированная модель подготовки специалистов [7, 8].

Обучение иностранных студентов ядерного профиля требует от них языковой подготовки (аудирования, устной и письменной речи), овладения коммуникативными и социокультурными особенностями, необходимыми для иноязычного общения в профессиональной среде [9, 10]. Важным фактором является и психологическая подготовка кадров к применению профессиональных знаний с учетом радиационного риска, связанного с использованием радиационной техники [11]. Все это требует от профессорско-преподавательского состава необходимости тщательного отбора учебного материала, его структурирования и адаптации к наилучшему восприятию студентами-инофонами, подготовки адекватной системы контроля переданных знаний.

Одним из наиболее востребованных на мировом рынке направлений в области неэнергетического применения ядерных технологий являются радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности [12, 13]. В ведущих зарубежных и отечественных научных центрах проводятся исследования влияния ионизирующих излучений, как регламентированных ВОЗ и ФАО ООН для облучения пищевых продуктов (электронного излучения с энергией не более 10 МэВ; гамма-излучения изотопов  $^{60}\text{Co}$  или  $^{137}\text{Cs}$ ; рентгеновского или тормозного излучений от ускорителей электронов с энергией не более 5 МэВ), так и перспективных источников воздействия (например, неионизирующие излучения) на свойства и пищевую ценность облученной продукции, а также на различные паразитарные организмы, определяющих сохранность и санитарно-эпидемиологическую безопасность продуктов питания [14, 15]. Основные направления исследований, как правило, сконцентрированы на отработке режимов облучения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов с целью обеспечения их микробиологической безопасности [16, 17].

В июне – июле 2019 г. для иностранных студентов, обучающихся по направлениям «Ядерная энергетика и теплофизика» и «Ядерная физика и технологии», был проведен практический курс в ресурсном центре ИАТЭ НИЯУ МИФИ по направлению «Выработка навыков работы с оборудованием, используемым на ядерных установках и объектах неэнергетического применения ядерных технологий». Целью работы является представление опыта организации курса на базе профильного НИИ и анализ эффективности практического обучения иностранных студентов в области применения аграрных радиационных технологий.

### **ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО КУРСА ОБУЧЕНИЯ**

Практический курс был организован для 64-х студентов из Вьетнама, Боливии и Замбии, обучающихся в бакалавриате и магистратуре по двум направлениям (табл. 1).

Обучение проводили на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» (ФГБНУ ВНИИРАЭ) с применением оборудования по использованию радиа-

ционных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. ВНИИРАЭ исторически является ведущим в России НИИ по изучению аграрных радиационных технологий в области обеспечения микробиологической безопасности сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов, снижения их потерь при хранении, стимулирования созревания овощей и фруктов, фитосанитарной обработки, дезинсекции и ряда других направлений [12, 18].

Таблица 1

**Характеристика групп иностранных студентов ИАТЭ НИЯУ МИФИ на практическом обучении в ФГБНУ ВНИИРАЭ**

Группа	Направление подготовки	Форма обучения	Страна	Число студентов
1	Ядерная энергетика и теплофизика	Бакалавриат	Вьетнам	28
2	Ядерные физика и технологии	Бакалавриат	Вьетнам	27
3	Ядерная энергетика и теплофизика	Магистратура	Боливия, Замбия	9

В число ключевых задач курса входило обучение иностранных студентов физическим и радиобиологическим основам аграрных радиационных технологий, методам дозиметрии, оценке микробиологической безопасности облученного сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции, а также отработка ими практических навыков работы на установке гамма-облучения ГУР-120. В учебном процессе (разработка курса, подготовка учебных материалов и преподавание) приняли участие ученые ВНИИРАЭ, имеющие большой опыт работ в области создания и применения аграрных радиационных технологий. Часть специалистов высшей квалификации входят в профессорско-преподавательский состав ИАТЭ НИЯУ МИФИ и имеют многолетний опыт педагогической работы.

Разработанный курс состоит из двух модулей, каждый из которых включает в себя лекционный блок и практические работы в лабораториях ВНИИРАЭ (табл. 2). Структура курса для бакалавров и магистров является общей. Для студентов бакалавриата большая часть времени (около 70%) отводится на лекции. С учетом более высокого уровня теоретической подготовки магистров основой их обучения стали практические работы. Теоретическая часть курса подготовлена на базе оригинальных методик исследований, обзоров и монографий, научных публикаций и патентов в области аграрных радиационных технологий. Учебный план лекционных занятий ориентирован на обучение с изложением презентационных материалов. Для самостоятельной работы студентов готовился раздаточный материал в виде распечаток презентаций и файлов на информационных носителях.

Для доброкачественного проведения практических занятий студенты распределялись на подгруппы по четыре – пять человек. Практика была организована на основе отработанных методов облучения сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции. Радиационную обработку продукции проводили на гамма-установке ГУР-120, обеспечивающей облучение с мощностью поглощенной дозы от 10 Гр/ч до 1 кГр/ч [19, 20]. Аппаратурно-методическое обеспечение дозиметрических измерений основывалось на использовании ионизационного, термолюминесцентного и химического методов дозиметрии. Безопасность облученной продукции определяли с помощью микробиологических, энтомологических методов контроля и биотестирования на токсичность. Одновременно проводили гамма-спектрометрический анализ, результаты которого служат важным аргументом безопасности облученной продукции в борьбе с фобией когорты населения, негативно воспринимающей любые радиационные факторы в сфере жизнедеятельности человека. Более подробно учебная программа с основными элементами практического курса представлена в [12].

Таблица 2

**Содержание программы практического обучения  
по работе с оборудованием, используемым на установках и объектах  
неэнергетического применения ядерных технологий  
(аграрные радиационные технологии)**

Форма обучения	Лекция	Практика
	Модуль 1. Физические и радиобиологические основы аграрных радиационных технологий	
	1. Физические основы аграрных радиационных технологий. История развития аграрных радиационных технологий	1. Режимы облучения сельскохозяйственного сырья на установке ГУР-120
	2. Радиобиологические основы использования ионизирующих излучений в агротехнологиях	2. Режимы облучения пищевой продукции на установке ГУР-120
	3. Применение радиационных технологий для обработки сельскохозяйственной и пищевой продукции. Современные направления применения аграрных радиационных технологий	3. Дозиметрические системы (радиохромные пленки, ТЛД-дозиметрия, ионизационные камеры)
	4. Обзор гамма-установок и ускорителей для обработки сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции	4. Оценка радиационной безопасности облученного сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции
Бакалавриат	14 часов	5 часов
Магистратура	6 часов	10 часов
	Модуль 2. Оценка микробиологической безопасности сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции при использовании аграрных радиационных технологий	
	1. Микробиологическая порча пищевых продуктов. Санитарно-показательные микроорганизмы и их нормирование	1. Основы техники лабораторных работ с микроорганизмами
	2. Радиационная обработка пищевой продукции и природа микробной резистентности к ионизирующему излучению	2. Основы работ с микроскопом
	3. Влияние радиационной обработки на качество различных продуктов питания	3. Подготовка микробиологических препаратов
	4. Определение санитарно-показательных микроорганизмов в пищевых продуктах	4. Определение санитарно-показательных микроорганизмов в пищевых продуктах
Бакалавриат	8 часов	5 часов
Магистратура	4 часа	12 часов

Преподавание практического курса велось преимущественно на русском языке. Отдельные технические аспекты применения аграрных радиационных технологий, включая международную терминологию, дублировали на английском языке. Коммуникация преподавателей со студентами на лекционных и практических занятиях показала, что некоторые из обучающихся недостаточно хорошо владеют русским языком. Это в определенной степени сказалось на качестве восприятия ими учебного материала «на слух». Для решения данной проблемы был снижен темп изложения лекций, а также велась более детальная проработка методик и выполняемых операций на практических занятиях.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ**

Для оценки уровня подготовки студентов, контроля знаний и эффективности обучения перед началом практического курса и по его окончании учащимся было предложено за 30 минут выполнить тест, состоящий из 20-ти вопросов и задач по всем изучаемым темам.

I. Цели, задачи и направления применения радиационных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности, история развития агроядерных технологий (вопросы 1 – 8).

II. Характеристики различных видов ионизирующих излучений и физические основы применения аграрных радиационных технологий (вопросы 9 – 14).

III. Радиобиологические основы агроядерных технологий (вопросы 15 – 17).

IV. Оценка микробиологической безопасности пищевой продукции (вопросы 18 – 20).

За каждый верный ответ обучающемуся начислялось по одному баллу (в случае, если вариантов ответа было несколько – при указании всех верных). Результаты входного теста помогли оценить общий уровень знаний студентов в данной предметной области и определить темы, которые необходимо было изучить более подробно. После завершения практического курса тестирование по тем же вопросам было проведено повторно.

Анализ результатов первого теста показал достаточную эрудированность студентов (в среднем 48 – 55% правильных ответов) с учетом того, что большинство вопросов не были связаны с их основной специальностью (табл. 3). Первоначальный уровень знаний бакалавров оказался в среднем на 5 – 7% выше, чем у магистров. Возможно, это связано с соотношением обучающихся (бакалавров – 86%, магистров – 14%) и большей статистикой, характеризующей студентов первой ступени обучения. В то же время после окончания практического курса магистры значительно улучшили свои результаты, что говорит об их способности к быстрой мобилизации в меняющихся условиях и высоком потенциале освоения знаний в новых научных областях.

Таблица 3

**Результаты контроля знаний иностранных студентов при проведении обучения, % правильных ответов**

Группа	Входной тест			Итоговый тест		
	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.
1	55	35	75	89	75	90
2	53	30	95	98	90	100
3	48	40	60	95	95	95

При первичной оценке знаний все студенты показали наиболее высокие результаты (среднее 54 – 63% правильных ответов) по вопросам 9 – 14, касающимся физических основ агроядерных технологий. Это объясняется направлением их профессиональной подготовки. Наиболее низкие результаты (29 – 43% правильных ответов) были получены при ответах на вопросы 15 – 17 по биологии (рис. 1). Акцентирование в ходе проведения курсов внимания студентов на радиобиологических аспектах агроядерных технологий позволило значительно улучшить их знания. На итоговом тестировании по биологическим вопросам студентами было дано уже 67 – 91% правильных ответов, т.е. в два раза больше.

В целом, по итогам оценки знаний студентов «на входе и выходе» можно заключить, что уровень компетенций учащихся всех групп в области аграрных радиационных технологий после проведения практических курсов повысился на 62 – 98% от исходного.

**Обратная связь по эффективности обучения**

Для получения обратной связи от студентов, в конце курса им предложили заполнить анонимную анкету, состоящую из 10-ти вопросов. По каждому из них необходимо было поставить оценку по пятибалльной шкале.

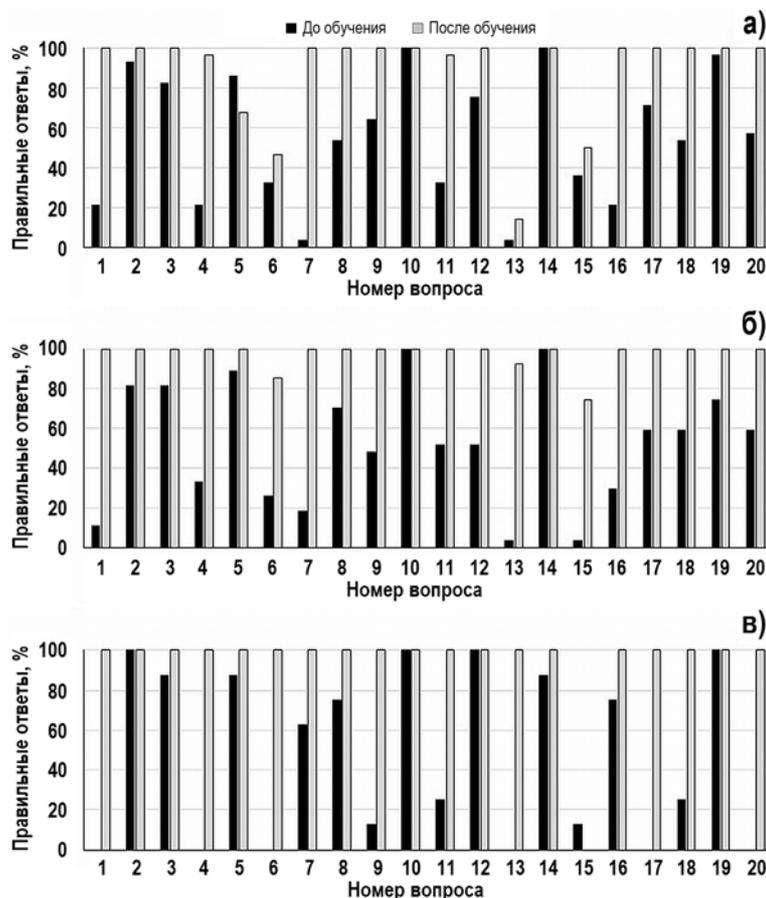


Рис. 1. Результаты входного и итогового тестирования иностранных студентов: а) – группа 1; б) – группа 2; в) – группа 3

В анкете также имелась возможность написать свое мнение о курсе и предложения по его улучшению. Для определения общей оценки учебного курса  $Q$  по каждой анкете был подсчитан средний оценочный балл  $q$ , который варьировался от 3,9 до 5,0. Общую оценку курса рассчитывали по формуле

$$Q = \frac{(\sum_{j=1}^m q_j) - q_{\max} - q_{\min}}{m - 2}. \quad (1)$$

Анализ результатов анкетирования показал, что студенты охарактеризовали курс на достаточно высоком уровне (табл. 4). По каждому из вопросов средние оценки варьировали в пределах 4,1 – 4,9. Максимальный средний балл получил вопрос о полезности практик и уровне их проведения, а минимальный – вопрос о соответствии содержания курса их будущей профессии. В то же время в комментариях ряд студентов отметили, что практический курс способствовал расширению их профессионального кругозора, а полученные знания будут полезны для дальнейшего профессионального роста. В итоге, общий средний балл за весь курс практического обучения составил 4,6.

По окончании курса был проведен круглый стол, целью которого стало обсуждение студентами и преподавателями их впечатления о содержании и организации процесса обучения. В ходе дискуссии учащиеся отметили востребованность полученных теоретических и практических знаний в их будущей работе. Тем не менее, была обозначена

необходимость более активного вовлечения студентов в процесс обучения не только на практиках, но и в лекционном блоке. Также студенты высказали ряд предложений по улучшению курса. Бакалаврами было предложено увеличить общую продолжительность курса и большую долю часов в учебном плане отвести на практики. На практических занятиях было рекомендовано больше внимания уделять техническим аспектам работ на приборной базе. Все пожелания являются точками роста для дальнейшей корректировки программы обучения.

Таблица 4

**Отзыв иностранных студентов ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
о практическом обучении в ФГБНУ ВНИИРАЭ**

Вопрос обратной связи	Оценка студентов, % ответов					Средний балл
	1	2	3	4	5	
1. Как в целом Вы оцениваете организацию практического курса?	–	–	–	22	78	4,8
2. Были ли цели и задачи практического курса ясными и определенными?	–	–	2	21	77	4,8
3. Были ли сделаны акценты на том, что важно прояснить в процессе обучения?	–	–	–	33	67	4,7
4. Насколько полно были достигнуты цели обучения?	–	–	–	35	65	4,7
5. Оцените содержание курса в целом.	–	–	–	17	83	4,8
6. Насколько соответствовало содержание курса Вашей будущей профессиональной деятельности?	–	3	16	48	33	4,1
7. Общая продолжительность курса была достаточной для достижения целей обучения?	–	–	10	37	53	4,4
8. Время для изучения каждого модуля было адекватным?	–	2	10	44	44	4,3
9. Оцените степень понятности лекций и уровень их подготовки.	–	–	2	57	41	4,4
10. Оцените степень полезности практик и уровень их проведения.	–	–	–	14	86	4,9

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организация и проведение курса обучения по использованию ядерных технологий в неэнергетической сфере показали эффективность практико-ориентированного подхода в подготовке иностранных студентов для атомной отрасли в рамках сотрудничества ресурсного центра ИАТЭ НИЯУ МИФИ и профильного НИИ. Полученные студентами базовые знания по аграрным радиационным технологиям, ознакомление с международным опытом и стандартами в данной области повысят их конкурентоспособность в будущей профессиональной деятельности и расширят возможности по трудоустройству в своих странах. Обобщение итогов проведения практического курса, анализ оценки эффективности обучения и обратной связи от студентов позволили выявить сильные стороны учебной программы и определить мероприятия по улучшению курса.

## Благодарности

Авторы признательны сотрудникам ФГБНУ ВНИИРАЭ, принимавшим участие в подготовке и проведении курса: С.А. Гераськину, В.О. Кобялко, А.Н. Павлову, Н.А. Васильевой, И.В. Поляковой, В.С. Бондаренко, А.И. Морозовой, Е.П. Пименову, Л.И. Ратниковой, А.С. Снегиреву, С.В. Коровину, Т.В. Чижу, Н.А. Фроловой, С.Н. Нуштаеву. Авторы также благодарны сотруднику ИАТЭ НИЯУ МИФИ И.П. Царапкину за организацию обучения.

**Литература**

1. World Nuclear Performance. Report 2021. COP26 Edition. World Nuclear Association, 2021. – 68 p. Электронный ресурс: <https://world-nuclear.org/our-association/publications/global-trends-reports/world-nuclear-performance-report.aspx> (дата доступа 30.04.2022).
2. Волков Ю.Н., Гераскин Н.И., Косилов А.Н. Ядерное образование в России и в зарубежных странах. // Высшее образование в России. – 2019. – Т. 28. – № 11. – С. 105-116. DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-11-105-116>.
3. Путилов А.В., Стриханов М.Н., Тихомиров Г.В. Подготовка кадров для развивающейся атомной энергетики. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2019. – № 2. – С. 208-218. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2019.2.18>.
4. Ткаченко В.В., Саакян С.П. Подготовка кадров на факультете повышения квалификации и профессиональной переподготовки ИАТЭ НИЯУ МИФИ. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2012. – № 1. – С. 164-170. Электронный ресурс: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17681671> (дата доступа 30.04.2022).
5. Дмитриев Н.М., Арефьев П.А. Подготовка специалистов для атомной промышленности зарубежных стран в НИЯУ «МИФИ». – М.: ЦСПиМ, 2018. – 264 с. Электронный ресурс: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39554045> (дата доступа 30.04.2022).
6. Леонова Т.Н. Экспорт российского ядерного образования: стратегический подход НИЯУ МИФИ. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2019. – № 2. – С. 230-235. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2019.2.20>.
7. Руденко В.А., Василенко Н.П. Особенности современной реализации практико-ориентированного подхода подготовки кадров для атомной отрасли в условиях ресурсных центров предприятий. // Глобальная ядерная безопасность. – 2015. – № 2 (15). – С. 111-116. Электронный ресурс: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24274959> (дата доступа 30.04.2022).
8. Дмитриев С.М., Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г. Опыт работы технического университета с базовыми кафедрами. // Высшее образование в России. – 2014. – № 2. – С. 73-81. Электронный ресурс: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21176430> (дата доступа 30.04.2022).
9. Аврамова Е.А. Обучение профессионально-ориентированному иноязычному общению студентов ядерно-энергетических специальностей. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2011. – № 2. – С. 181-187. Электронный ресурс: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16907976> (дата доступа 30.04.2022).
10. Захарова Л.В., Гунина Л.А., Зарочинцева И.В., Лупиногина Ю.А. Особенности социальной адаптивности студентов технического вуза в поликультуральных средах (на примере работы с иностранными студентами в рамках производственной практики в ресурсном центре на базе предприятий Росатома). // Глобальная ядерная безопасность. – 2018. – № 2 (27). – С. 98-106. Электронный ресурс: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35450044> (дата доступа 30.04.2022). DOI: <https://doi.org/10.26583/gns-2018-02-11>.
11. Аврамова В.Н. Методологические основы психологической подготовки персонала промышленных предприятий к работе в условиях повышенного риска. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2013. – № 3. – С. 79-87. Электронный ресурс: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21074644> (дата доступа 30.04.2022). DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2013.3.10>.
12. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. / Под общ. ред. Г.В. Козьмина, С.А. Гераськина, Н.И. Санжаровой. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2015. – 400 с.
13. Чиж Т.В., Козьмин Г.В., Полякова Л.П., Мельникова Т.В. Радиационная обработка как технологический приём в целях повышения уровня продовольственной безопасности. // Вестник Российской академии естественных наук. – 2011. – № 4. – С. 44-49. Электронный ресурс: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23640449> (дата доступа 30.04.2022).
14. Алимов А.С., Близняк У.А., Борщеговская П.Ю. и др. Применение пучков ускоренных электронов для радиационной обработки продуктов питания и биоматериалов. // Известия РАН. Серия физическая. – 2017. – Т. 81. – № 6. – С. 819-823. DOI: <https://>

doi.org/10.7868/S0367676517060035 .

15. Близнюк У.А., Авдюхина В.М., Борщеговская П.Ю. и др. Инновационные подходы к развитию радиационных технологий обработки биообъектов. // Известия РАН. Серия физическая. – 2018. – Т. 82. – № 6. – С. 824-828. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367676518060297> .

16. Черняев А.П., Розанов В.В., Беклемишев М.К. и др. Применение низкоэнергетических электронов для антимикробной обработки мяса птицы. // Известия РАН. Серия физическая. – 2020. – Т. 84. – № 11. – С. 1617-1622. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0367676520110071> .

17. Черняев А.П., Авдюхина В.М., Близнюк У.А. и др. Исследование эффективности радиационной обработки форели электронным и рентгеновским излучениями. // Известия РАН. Серия физическая. – 2020. – Т. 84. – № 4. – С. 501-507. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0367676520040055> .

18. Полякова И.В., Кобялко В.О., Саруханов В.Я. и др. Исследование эффективности холодной стерилизации рыбных пресервов электронным излучением в зависимости от дозиметрических параметров облучения. // Радиация и риск. – 2017. – Т. 26. – № 2. – С. 97-106. DOI: <https://doi.org/10.21870/0131-3878-2017-26-2-97-106> .

19. Пименов Е.П., Павлов А.Н., Козьмин Г.В., Спиринов Е.В., Санжарова Н.И. Исследование эффективности радиационной стерилизации растительного сырья с использованием установки гамма-излучения ГУР-120 // Радиация и риск. – 2013. – Т. 22. – № 4. – С. 37-42. Электронный ресурс: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20872794> .

20. Научно-техническая инфраструктура Российской Федерации. Центры коллективного пользования научным оборудованием и уникальные научные установки. Гамма-установка радиационного облучения ГУР-120. Электронный ресурс: <https://scrf.ru/usu/2795259/> (дата доступа 30.04.2022).

Поступила в редакцию 18.04.2022 г.

#### Авторы

Панов Алексей Валерьевич, профессор РАН, главный научный сотрудник, д-р биол. наук  
E-mail: [riar@mail.ru](mailto:riar@mail.ru)

Козьмин Геннадий Васильевич, ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук  
E-mail: [kozmin@obninsk.ru](mailto:kozmin@obninsk.ru)

UDC 378.4:378.147:621.039.83

## **ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF TRAINING FOR FOREIGN STUDENTS IN THE FIELD OF NON-POWER APPLICATIONS OF NUCLEAR TECHNOLOGIES**

Panov A.V.\*,\*\*, Koz'min G.V.\*

\* Russian Institute of Radiology and Agro Ecology  
109 km Kievskoye Sh., 249032 Obninsk, Kaluga Reg., Russia

\*\* IATE MPhI  
1 Studgorodok, 249039 Obninsk, Kaluga Reg., Russia

#### ABSTRACT

The paper presents the experience of conducting a practical course for foreign students at the IATE MPhI's resource center on the use of nuclear technologies in the non-power sector. The training was organized on the basis of the RIRAE in the field of using agricultural radiation technologies. The curriculum included two modules involving lectures and practical studies. In practice, a unique GUR-120 gamma irradiation unit was used. Sixty-four bachelors and masters from Vietnam, Bolivia and Zambia were trained. The students were tested prior to and after the course

to assess their knowledge. It was shown as the result of evaluating the effectiveness of training that the level of the students' competencies in the field of agricultural radiation technologies increased by 62 to 98% against the initial level. A practice-oriented approach allowed students to develop skills in operating an irradiation unit, using dosimetry techniques, and assessing the microbiological safety of food products. The course average grade in the framework of feedbacks from students was 4.6 out of 5. The strengths of the practical course and issues for improvement have been noted.

**Key words:** export of education, development of human resources, bachelor's degree course, master's degree course, vocational training, practice-oriented approach, resource center, agrarian agricultural radiation technology.

## REFERENCE

1. World Nuclear Performance. Report 2021. COP26 Edition. World Nuclear Association, 2021. 68 p. Available at: <https://world-nuclear.org/our-association/publications/global-trends-reports/world-nuclear-performance-report.aspx> (accessed Apr. 30, 2022).
2. Volkov Yu.N., Geraskin N.I., Kosilov A.N. Nuclear Education in Russia and Abroad. *Vysshee obrazovanie v Rossii*. 2019, v. 28, no. 11, pp. 105-116; DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-11-105-116> (in Russian).
3. Putilov A.V., Strikhanov M.N., Tikhomirov G.V. Training for the Developing Nuclear Power. *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. 2019, no. 2, pp. 208-218. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2019.2.18> (in Russian).
4. Tkachenko V.V., Saakyan S.P. Training for Faculty Training and Retraining INPE NRNU MEPhI. *Izvestia Vysshikh Uchebnykh Zawedeniy. Yadernaya Energetika*. 2012, no. 1, pp. 164-170. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17681671> (accessed Apr. 30, 2022) (in Russian).
5. Dmitriev, P.A. Arefiev. N.M. *Training of Specialists for the Nuclear Industry of Foreign Countries at NRNU MEPhI*. Moscow. TsSPiM Publ., 2018, 264 p. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39554045> (accessed Apr. 30, 2022) (in Russian).
6. Leonova T.N. Export of Russian Nuclear Education: Strategic Approach of National Research Nuclear University MEPhI. *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. 2019, no. 2, pp. 230-235. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2019.2.20> (in Russian).
7. Roudenko V.A., Vasilenko N.P. Modern Realization Features of Practice-Oriented Training Approach for Nuclear Branch in the Conditions of the Enterprise Resource Centers. *Global'naya Yadernaya Bezopasnost'*. 2015, no. 2 (15), pp. 111-116. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24274959> (accessed Apr. 30, 2022) (in Russian).
8. Dmitriev S.M., Ermakova T.I., Ivashkin E.G. Interaction Between a Technical University and the Departments Under Enterprises. *Vysshee Obrazovanie v Rossii*. 2014, no. 2, pp. 73-81. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21176430> (accessed Apr. 30, 2022) (in Russian).
9. Avramova E.A. Teaching Professionally-Oriented Foreign Language Communication to Students of Nuclear Power Specialties. *Izvestia Vysshikh Uchebnykh Zawedeniy. Yadernaya Energetika*. 2011, no. 2, pp. 181-187. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16907976> (accessed Apr. 30, 2022) (in Russian).
10. Zakharova L.V., Gunina L.A., Zarochintseva I.V., Lupinogina Yu.A. Social Adaptability Features of Technical University Students in Polycultural Environments (on the Example of Working with Foreign Students within the Work Practice in the Resource Center on the Basis of Rosatom Enterprises). *Global'naya Yadernaya Bezopasnost'*. 2018, no. 2 (27), pp. 98-106. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35450044> (accessed Apr. 30, 2022); DOI: <https://doi.org/10.26583/gns-2018-02-11> (in Russian).
11. Abramova V.N. Methodological Principles of Industrial Enterprises Personnel's Psychological Education for Work in High-Risk Conditions. *Izvestia Vysshikh Uchebnykh Zawedeniy. Yadernaya Energetika*. 2013, no. 3, pp. 79-87. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21074644> (accessed Apr. 30, 2022); DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2013.3.10> (in Russian).

12. Koz'min G.V., Geraskin S.A., Sanzharova N.I., Eds. *Radiation Technologies in Agriculture and Food Industry*. Obninsk. RIRAE Publ., 2015. 400 p. (in Russian).
13. Chizh T.V., Koz'min G.V., Polyakova L.P., Mel'nikova T.V. Radiation Treatment as a Technological Approach to Increasing the Food Security Level. *Vestnik Rossiyskoy Akademii Estestvennykh Nauk*. 2011, no. 4, pp. 44-49. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23640449> (accessed Apr. 30, 2022) (in Russian).
14. Alimov A.S., Bliznyuk U.A., Borchegovskaya P.U., Varzar S.M., Elansky S.N., Ishkhanov B.S., Litvinov U.U., Matveychuk I.V., Nikolaeva A.A., Rozanov V.V., Studenikin F.R., Chernyaev A.P., Shvedunov V.I., Yurov D.S. Using Accelerated Electron Beams for the Radiation Processing of Foodstuffs and Biomaterials. *Izvestiya RAN. Seriya Fizicheskaya*. 2020, v. 84, no. 11, pp. 1380-1384; DOI: <https://doi.org/10.3103/S106287381706003X>.
15. Bliznyuk U.A., Avdyukhina V.M., Borchegovskaya P.U., Rozanov V.V., Studenikin F.R., Chernyaev A.P., Yurov D.S. Innovative Approaches to Developing Radiation Technologies for Processing Biological Objects. *Izvestiya RAN. Seriya Fizicheskaya*. 2018, v. 82, no. 6, pp. 740-744. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1062873818060072>.
16. Chernyaev A.P., Rozanov V.V., Beklemishev M.K., Bliznyuk U.A., Ipatova V.S., Avdyukhina V.M., Borchegovskaya P.Yu., Gordonova I.K., Rukosueva E.A., Khankin V.V., Yurov D.S. Using Low-Energy Electrons for the Antimicrobial Processing of Poultry Meat. *Izvestiya RAN. Seriya Fizicheskaya*. 2020, v. 84, no. 11, pp. 1380-1384. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1062873820110076>.
17. Chernyaev A.P., Avdyukhina V.M., Bliznyuk U.A., Borchegovskaya P.Yu., Ipatova V.S., Leontiev V.A., Studenikin F.R., Yurov D.S. Study of the Effectiveness of Treating Trout with Electron Beam and X-Ray Radiation. *Izvestiya RAN. Seriya Fizicheskaya*. 2020, v. 84, no. 4, pp. 385-390. DOI: <https://doi.org/10.3103/S106287382004005X>.
18. Polyakova I.V., Kobyalko V.O., Sarukhanov V.Ya., Koz'min G.V., Frolova N.A., Lykov I.N., Voronin L.A. Influence of Dose Characteristics on Efficiency of Electron Beam Sterilization of Fish Preserves. *Radiatsiya i Risk*. 2017, v. 26, no. 2, pp. 97-106; DOI: <https://doi.org/10.21870/0131-3878-2017-26-2-97-106> (in Russian).
19. Pimenov E.P., Pavlov A.N., Kozmin G.V., Spirin E.V., Sanzharova N.I. A Study Into the Effectiveness of Radiation Sterilization of Vegetable Materials Using Gamma-Emitter GUR-120. *Radiatsiya i Risk*. 2013, v. 22, no. 4, pp. 37-42. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20872794> (accessed Apr. 30, 2022) (in Russian).
20. 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*. Available at: <https://ckp-rf.ru/usu/2795259/> (accessed Apr. 30, 2022).

#### Authors

Panov Aleksei Valerievich, Professor RAS, Chief Researcher, Dr. Sci. (Biology)

E-mail: [riar@mail.ru](mailto:riar@mail.ru)

Koz'min Genady Vasilievich, Leading Researcher, Cand. Sci. (Biology)

E-mail: [kozmin@obninsk.ru](mailto:kozmin@obninsk.ru)



#### От редакции

В статье «Причины жесткого гамма-излучения в цепочке распада  $^{232}\text{U}$ , защищающей уран от неконтролируемого использования», опубликованной в журнале «Известия вузов. Ядерная энергетика» № 1 (2022), замечена опечатка на рис. 4 (стр. 146). Вместо размерности **Вт/кг U-232**, приведенной на шкале энерговыделения, следует использовать размерность **кВт/кг U-232**.