

## **Формирование компетенций выпускников технического университета в области радиоэкологии как фактор устойчивого развития**

*Т.Л. Кушнер,  
заведующий кафедрой физики УО «Брестский государственный  
технический университет», к.ф.-м.н., доцент  
А.А. Гладышчук,  
доцент кафедры физики БГТУ, к.ф.-м.н.  
e-mail: kushnertl@mail.ru*

***Аннотация.** В статье представлены результаты студенческих исследований по радиационной экологии, проводимых в течение ряда лет на кафедре физики Брестского государственного технического университета. Экологическая проблема современного общества – одна из самых злободневных проблем современности. Студентами проведены исследования радиоактивности минералов и продукции на их основе. Полученные результаты подлежат обсуждению с целью снижения дозы облучения человека от некоторых строительных материалов. В статье рассматриваются вопросы формирования компетенций студентов, обучающихся в области радиоэкологии.*

***Ключевые слова:** строительные материалы, радиационная экология, компетенции.*

## **Formation of competencies of graduates of technical university in the field of radioecology as a factor of sustainable development**

*T.L. Kushner,  
Ph.D., Associate Professor,  
Head of Physics Department, Brest State Technical University  
A.A. Gladyschuk,  
Ph.D., Associate Professor of the Department of Physics, BSTU*

***Abstract.** The article presents the results of student research on radiation ecology conducted over a number of years at the Department of Physics of Brest State Technical University. The ecological problem of modern society is one of the most pressing problems of our time. Students conducted research on the radioactivity of minerals and products based on them. The results obtained are subject to discussion in order to reduce the human radiation dose from certain building materials. The article deals with the formation of competencies of students studying in the field of radioecology.*

***Keywords:** building material and mineral, radiation ecology, competence.*

В настоящее время Республика Беларусь активно включена в реализацию Глобальных целей устойчивого развития. Понимание устойчивого развития как принципиально нового этапа в общей истории жизни человеческой цивилизации – этапа заботы, целостности и становления человека-хозяина – позволяет по-другому взглянуть на роль образования.

В эру научно-технического прогресса человечество уже поняло, что его вторжения в механизмы взаимодействия биосферы и среды обитания, складывающиеся на протяжении миллионов лет, становятся все более опасными. Особенно это касается применения радиации в жизни человека.

Республика Беларусь в 2020 году вошла в весьма многочисленную группу стран с атомной энергетикой. Однако она же является страной, «отягощенной» последствиями аварии на Чернобыльской АЭС, с момента которой в апреле 2021 года исполнится 35 лет. Тогда в 1986 году обнаружилось, что не только у руководителей, но и у многих ученых представления о радиации были не полными.

Оказалось, что весомой составляющей образованности жителей Республики Беларусь, должна быть радиоэкологическая грамотность. Особое внимание в Республике Беларусь уделяется повышению этой грамотности в студенческой среде. Решение, принятое в 1990 году Министерством образования, которое привело к введению курса «Радиационная безопасность» во всех вузах республики для студентов всех специальностей, существенно улучшило ситуацию понимания многих радиоэкологических аспектов. На кафедре физики учреждения образования «Брестский государственный технический университет» была открыта лаборатория радиационной безопасности, которой в 2020 году исполнилось 30 лет.

В данной статье обобщены результаты некоторых исследований и разработок в области радиоэкологии, которые проводились на кафедре физики БрГТУ с участием сотрудников кафедры с 1991 года по настоящее время и студентов университета под руководством преподавателей.

В 1990-1991 учебном году в осеннем семестре курс «Радиационная безопасность» был прочитан всем студентам-пятикурсникам. Несмотря на отсутствие в силу объективных обстоятельств в библиотеке университета специальной литературы, предназначенной для учебного процесса, преподавателям кафедры удалось в короткие сроки разработать ряд методических указаний, позволяющих проводить лабораторные работы, на основании элементарных измерений, сделанных дозиметром [1]. С более сложными приборами студентам позволили ознакомиться в Центре гигиены и эпидемиологии г. Бреста. На базе радиометрической лаборатории Центра гигиены и эпидемиологии были проведены занятия, к организации которых привлекались вместе с преподавателями и работники Центра. На тот момент уже были разработаны методики измерения загрязненности радионуклидами почвы, воды, продуктов питания. Чернобыльская авария 1986 года вывела из зоны закрытости такие исследования, однако техническое оснащение лабораторий высших учебных заведений было недостаточным. Тем не менее, кроме дозиметров наш университет изыскал возможность

приобрести первый радиометр РИС ЭНКОН-3, на базе которого была создана лабораторная работа «Измерение удельной активности продуктов питания». В ходе выполнения данной работы студенты осваивают методы измерения и расчета гамма-активности Cs-137 в пищевых продуктах. Установка до сих пор находится в рабочем состоянии.

В 1991 году заведующий кафедрой физики БрГТУ (тогда еще политехнического института) Гладыщук А.А. и доцент кафедры Чопчиц Н.И. прошли научную стажировку в Высшей школе Равенсбург-Вайнгартен (Германия). Данная стажировка состоялась благодаря зародившимся контактам между двумя городами-побратимами Брестом и Равенсбургом, а позже и высшими техническими учебными заведениями этих городов. Инициатором стажировки наших сотрудников являлся ректор Высшей школы Равенсбург-Вайнгартен Г. Цибольд, который курировал научные исследования в области радиоэкологии, проводимые в лаборатории измерения излучений данной школы. Сотрудники кафедры сразу же были включены в экспериментальные и теоретические исследования радиоактивной загрязненности почвы и грибов, так как грибница оказалась хорошо адсорбирующей средой для многих радионуклидов, выпавших в предгорьях Альп с дождевыми осадками, которые стали эхом взрыва на Чернобыльской АЭС. Исследования проводились на спектрометрах марки Canberra, оборудованных NaJ(Tl)-сцинтилляционным и германиевым полупроводниковым детекторами.

Результатом проведенных исследований явилась предложенная доцентом кафедры физики БрГТУ Чопчицем Н.И. теоретическая модель, позволившая объяснить сезонность накопления в мясе диких косуль опасных доз радиоактивного загрязнения. Вторым результатом этого совместного сотрудничества стала дипломная работа студентки Высшей школы Равенсбург-Вайнгартен Сабины Саммет, выполненная в 1992 году на кафедре физики нашего университета. Совместное руководство работой осуществляли Чопчиц Н.И. и профессор Высшей школы Равенсбург-Вайнгартен Р. Краглер. На основе выдвинутых гипотез [2] дипломнице удалось оценить факторы, влияющие на миграцию радионуклидов в цепочке воздух–почва–растение–животное [3].

В 1993 году ассистент кафедры Кушнер Т.Л. также прошла повышение квалификации в Высшей школе Равенсбург-Вайнгартен. В ходе стажировки она участвовала в работе группы, изучающей загрязненность радионуклидами лесных почв, процессов миграции радионуклидов вглубь почвы, их перенос в растения. По результатам проведенных исследований были опубликованы статьи [4, 5], сделан доклад на международной конференции и создана лабораторная работа для студентов БрГТУ «Исследование специфики распределения Cs-137 в почвенных горизонтах». Работа выполняется на радиометре РУГ «ADANI» 91-М, который имеет возможность определить удельную активность пробы по четырем радионуклидам: Cs-137, Ra-226, Th-232, K-40.

Кроме расширения международных контактов, на кафедре большое внимание уделялось техническому оснащению лаборатории радиационной безопасности и методическому обеспечению одноименного курса. На первом этапе был издан ряд методических указаний, а затем коллектив авторов подготовил пособие «Радиационная безопасность: конспект лекций и лабораторный практикум». Пособие было издано дважды в 2005 и 2012 годах. Если в первое издание были включены семь лабораторных работ, то во втором их было уже десять [6]. Преподаватели кафедры всегда акцентировали свое внимание на совершенствовании и адаптации курса «Радиационная безопасность» к различным специальностям. Так на определенном этапе вместо части предмета «Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность» для студентов специальности 1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство» была введена дисциплина «Сельскохозяйственная радиология», в преподавании которой применялись методы многоуровневого обучения и контроля, разработанные и апробированные ранее [7].

Кроме учебного процесса на кафедре физики была организована научно-исследовательская работа студентов, базирующаяся на использовании имеющегося лабораторного оборудования и разработанных методик его применения. Далее приведем результаты некоторых студенческих исследовательских проектов в области радиоэкологии.

При рассмотрении вопросов, связанных с ущербом, который наносит организму человека ионизирующее излучение, необходимо иметь данные об уровне радиационного фона, имеющего кроме природной составляющей и техногенное происхождение. Такой фактор, как простое проживание в доме, может привести к повышенному облучению человека, если в здании накапливаются газообразные радионуклиды и их продукты распада, а также, если при отделке помещений применяются строительные материалы, имеющие повышенную активность радионуклидов. В рамках курса «Радиационная безопасность», в начале семестра среди студентов проведено анкетирование. Лишь 16,3 % студентов, опрошенных на строительном факультете, и 14,3 % – на экономическом сообщили, что знают уровень радиационного фона в своем населенном пункте. С целью получения достоверной информации о радиационной обстановке студентам строительного факультета было предложено измерить мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в квартирах, домах или общежитиях, где они проживают. Цель измерений – закрепить навыки оценки радиационной обстановки, собрать статистическую информацию. По результатам исследований студентом группы ТЭА-7 Куликовским Дмитрием была представлена научная работа «Определение доз ионизирующих излучений, получаемых человеком от естественных и искусственных источников», которой на республиканском конкурсе присвоена третья категория. Основной вывод работы – в условиях техногенного повышения радиационного фона целесообразно проводить измерения концентрации радона во всех помещениях и принимать соответствующие меры по уменьшению его содержания. Это

поможет существенно снизить дозовую нагрузку на человека со стороны естественных источников радиации [8].

Ионизирующие излучения, как и любые другие факторы внешней среды, окружающие нас в повседневной жизни, зачастую не только не безразличны для человека, но и вредны. Основным документом в Республике Беларусь, регламентирующим воздействие ионизирующих излучений – гигиенические нормативы ГН 2.6.1.8-127-2000 «Нормы радиационной безопасности». Нормирование ионизирующих излучений осуществляется по нескольким контролируемым параметрам, один из которых – объемная или удельная активность радионуклидов в воздухе, воде, продуктах питания, строительных материалах. Известно, что эффективная удельная активность в строительных материалах определяется по трем радионуклидам, которые имеют природное происхождение: Ra-226, Th-232, K-40.

В рамках курса «Радиационная безопасность» студентам второго курса строительного факультета была предложена работа в студенческой исследовательской лаборатории. Был реализован проект, тема которого «Исследование эффективной удельной активности природных радионуклидов в строительных материалах в зависимости от их класса». Цель работы – проведение радиационного мониторинга сырья и строительных материалов, применяемых в жилищном строительстве г. Бреста с целью разработки необходимых мер по снижению и смягчению радиационных рисков. В данной области проводятся измерения органами санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения Республики Беларусь (уполномоченный орган РУП «Сертиз»). В установленном порядке на строительный материал выдается сертификат, в котором указывается, что он соответствует НРБ по содержанию природных радионуклидов. Однако численные значения эффективной удельной активности не приводятся. Студенты определяли конкретные значения эффективной удельной активности природных радионуклидов в пробах строительного сырья и материалов. В таблице 1 приведены лишь некоторые результаты измерений.

Измерения проводились на радиометре РУГ «ADANI» 91-М в лаборатории «Радиационная безопасность». Результаты НИРС – представление широкому кругу общественности информации о содержании природных радионуклидов в строительных материалах; улучшение подготовки высококвалифицированных специалистов (инженеров-строителей); внедрение в учебный процесс. Практическая значимость – получение большого набора данных для эффективного статистического анализа. Результаты исследований могут быть использованы для прогнозирования дозовых нагрузок населения при облучении, при выборе материалов потребителями, а также в промышленной строительной отрасли [9, 10]. Снижение доз радиации может достигаться ограничением облучения от природных источников. Например, при строительстве домов, в которых предполагается проживание людей с заболеваниями туберкулезом, «переселенцев» из районов, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС, желательно при-

менение материалов с минимальной природной загрязненностью радионуклидами.

Студентами факультета водоснабжения и гидромелиорации (ныне факультет инженерных систем и экологии) был реализован еще один проект. Ими проведены фрагментарные исследования проб строительных материалов, применяемых в дорожном строительстве Брестской области. Была измерена эффективная удельная активность природных радионуклидов, содержащихся в материалах. Сбор, приготовление проб, измерения проведены согласно ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение эффективной удельной активности естественных радионуклидов» (принят МНТКС 17.06.2000). В ходе научно-исследовательской работы студентов был решен целый ряд задач: изучены основы радиологических знаний; развиты умения и навыки в области радиометрии и дозиметрии; активизирована деятельность по радиологическому мониторингу; усвоены нормы и правила радиационной безопасности (таблица 2).

*Таблица 1. Результаты исследований студенческой лаборатории*

Материал	A(Ra-226)	A(Th-232)	A(K-40)	A <sub>эф</sub> , Бк/кг
Каолин (Гомельская обл.)	168±34	20±4	466±93	236±35
Каолин (Россия)	71±14	73±15	900±180	479±67
Глина (Брестская обл.)	21±4	53±10	618±124	146±18
Глина (Витебская обл.)	124±25	40±8	1288±258	293±35
Гранит (красный) (Микашевичи)	51±28	60±20	1143±450	221±53
Гранит (черный) (Микашевичи)	160±32	118±24	1400±280	445±50
Кирпич (красный) (Минск)	37±7	50±10	652±130	161±19
Кирпич (красный) (Брест)	0	60±23	70±40	135±63
Плитка (керамич.) (Минск)	120±24	55±11	306±62	220±28
Кирпич (силикат) (Брест)	0	13±3	1116±682	117±56
Керамзит (Минск)	125±25	105±21	1120±224	361±41

С помощью доступного и достаточно простого мониторинга выполнен пусть небольшой, но законченный исследовательский проект. В ходе его проведения были затронуты вопросы о необходимости распространения знаний в области радиоэкологии. Реализация научных исследований в этом направлении дала возможность формировать у будущих инженеров, специализация которых «Строительство гидромелиоративных систем и дорог», представления о влиянии некоторых экологических факторов на организм человека [11].

Таблица 2. Результаты измерений в рамках студенческих исследований

Наименование населенного пункта, района	Наименование материала				
	Плитка бетонная тротуарная	Камни бортовые бетонные	Песчано-гравийная смесь	Песок	Щебень
Брестский р-н	57,3±11,5	56,2±11,2	100,8±20,8	36,8±7,4	—
г. Берёза	42,9±8,6	42,2±8,5	72,1±14,4	108,8±21,8	109,8±22,0
г. Барановичи	83,3±16,7	61,9±12,4	109,8±22,0	46,4±9,3	—
г. Дрогичин	91,5±18,3	59,5±12,0	—	79,3±15,9	—
г. Жабинка	75,8±15,2	65,9±13,2	—	47,1±9,4	—
г. Иваново	50,2±9,9	58,6±11,7	111,2±22,2	—	—
г. Кобрин	58,0±11,6	48,9±9,8	—	—	—
г. Лунинец	67,4±13,5	60,2±13,0	—	44,5±8,9	105,4±21,1
г. Ляховичи	—	—	105,2±31,8	71,8±8,4	—
г. Микашевичи	94,9±19,0	—	104,0±20,8	66,8±13,4	112,0±22,4
г. Пинск	—	188,7±37,7	103,3±20,7	143,0±30,7	140,1±28,0
г. Столин	84,8±16,9	—	—	120,2±24,0	95,4±19,1

В последние годы в типовые планы первой ступени высшего образования введена интегрированная дисциплина «Безопасность жизнедеятельности человека», частью которой является дисциплина «Радиационная безопасность». На лекциях студенты узнают о системе радиационного контроля в Республике Беларусь. Некоторые методики контроля изучаются в

лабораторном практикуме. Однако у студентов есть возможность продолжить исследования во внеурочное время в рамках студенческой научной деятельности. Лаборатория радиационной безопасности пополнилась новыми установками: например, гамма-бета-спектрометром МКС АТ1315, которая позволяет вести высокоточные измерения активности проб по многим радионуклидам. Данная установка может использоваться как для оснащения стационарного пункта радиационного контроля в случае возникшей необходимости, так и при реализации радиоэкологических проектов, в том числе и международных. Приведенные оригинальные разработки авторов в этой области, а также результаты их практического применения могут быть использованы для решения конкретных радиоэкологических задач.

Работа студенческой исследовательской лаборатории «Радиационная безопасность в строительстве» получила свое развитие благодаря руководству преподавателей кафедры физики и интересу студентов к предлагаемым исследованиям. В ходе занятий и внеаудиторной исследовательской работы формируются не только компетенции в области радиационной экологии, но и опыт в проведении информационных мероприятий в школах, центрах детей и молодежи, других общественных заведениях.

Мероприятия образовательного сопровождения формального и неформального образования в области радиоэкологии – это не только повышение информированности широкой общественности, но и общественного проявления позиции образования как ведущего механизма поддержки устойчивости развития регионов, общества в целом [12].

Проведение мероприятий, которые содействуют приобретению выпускниками технического университета компетенций в области радиационной безопасности, способствуют формированию теоретического и практического образовательного ответа существующим вызовам глобального общества, пониманию в сфере педагогического и более широкого профессионального сообщества необходимости подготовки специалиста, обладающего знаниями, навыками, умениями, необходимыми для обеспечения экономической устойчивости, экологической целостности и социального благополучия каждого в этом сообществе.

## Литература

1. Гладыщук, А.А., Ракович, Ю.П. Определение эквивалентной дозы внешнего облучения: Тезисы докладов республ. науч.-метод. конф. / Редкол.: А.А. Гладыщук [и др.]. – Брест, БрПИ, 1992. – С. 72.
2. Чопчиц, Н.И., Зыкова, Т.Л. Полуфеноменологические модели миграции радионуклидов в биологических системах, основанные на дифференциальных уравнениях второго порядка: Тезисы докл. XX науч.-техн. конф. / Редкол.: А.А. Гладыщук [и др.]. – Брест, БрПИ, 1992. – С. 19–21.



3. Самме, С. Верификация математических моделей транспорта радионуклидов в биологических системах: Тезисы докл. межд. семинара. – Брест: БрПИИ, 1992. – С. 61–65.

4. Bürmann, W. Drissner, J., Miller, R., Heider, R., Kuschner, T. Migration of cesium radionuclides in the soil of spruce forest : The Fourt Int. Conf. – Charleston, 1993. – P. 122–129.

5. Bürmann, W. Drissner, J., Miller, R., Lindner, G., Heider, R., Kuschner, T. Migration of  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  Radionuclides in the Soil and Uptake by Plants in German Spruce Forests // Radiochimica Acta. – 1994. – № 66–67. – P. 405–412.

6. Русаков, К.И., Ракович, Ю.П., Кушнер, Т.Л. и др. Радиационная безопасность. Конспект лекций и лабораторный практикум: Пособие. – Брест: Изд-во БрГТУ, 2012. – 144 с.

7. Кушнер, Т.Л., Янусик, И.С., Хуснутдинова, В.Я., Швец, М.И. Предмет «Радиационная безопасность» в образовательном процессе: Материалы обл. науч.-метод. конф. – Брест: БрГТУ, 2005. – С.53–56.

8. Кушнер, Т.Л., Куликовский, Д.Г. Мониторинг радиационного фона в жилых помещениях г. Бреста // Вестник БрГТУ. – 2005. – № 5(35): Физика, математика, химия. – С. 21–24.

9. Соколов, П.Э., Сидельников, О.П., Козлов, Ю.Д. Необходимость контроля радиоактивности строительных материалов // Строительные материалы. – 1995. – № 9. – С. 18–19.

10. Кушнер, Т.Л., Волчек, А.А. Радиоэкология градостроительства: студенческие исследовательские проекты: сб. статей II междунар. науч.-практ. конф. – Славутич, 2017. – С. 99–105.

11. Гладышук, А.А., Кушнер, Т.Л. Радиоэкологические проекты на кафедре физики: история и реализация: Сб. науч. статей межд. науч.-практ. конф. / Редкол.: А. А. Волчек [и др.]. – Брест, 2014. – Ч. 1. – С. 60–66.

12. Кушнер, Т.Л. К устойчивому развитию в области радиоэкологии студенческие исследовательские проекты: материалы межд. науч.-метод. конф. / Редкол.: С.А. Маскевич [и др.] – Минск : ИВЦ Минфина, 2020. – 237 с.