

3. Ступень, Н.С. Прессованные вяжущие на основе каустического доломита Полесья / Н.С. Ступень // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: зб. навук. прац. / Рэдкал.:М.В. Міхальчук (адк. рэд.). – У 2–х тамах. – Брэст: Акадэмія, 2006. – Т.1.– С. 180–183.

УДК [537.86:574]:(083.9)

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ НА КАФЕДРЕ ФИЗИКИ: ИСТОРИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ

Гладышук А.А., Кушнер Т.Л.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет» г. Брест, Республика Беларусь, phys@bstu.by

The article shows the results of student's and teacher's researches in radiation ecology at the physics department. The ecological problem of a modern society is one of the burning issues of the present time. These problems can be discussed with students during extracurricular activity.

Введение

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. С момента аварии на Чернобыльской АЭС прошло уже 28 лет. Оказалось, что не только у руководителей, но и у многих ученых представления о радиации были не полными. Однако решение, принятое в 1990 году, которое привело к введению курса «Радиационная безопасность» во всех вузах республики для студентов всех специальностей, существенно улучшило ситуацию понимания многих радиоэкологических аспектов. В данной статье обобщены результаты некоторых исследований и разработок в области радиоэкологии, которые проводились на кафедре физики БрГТУ или с участием сотрудников кафедры с 1991 года по настоящее время.

Основная часть

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 ЦГиЭ были проведены занятия, к организации которых привлекались вместе с

преподавателями и работниками 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 два сотрудника кафедры физики БрГТУ (тогда еще политехнического института) Гладыщук А.А. и Чопчиц Н.И. оказались в предгорьях швейцарских Альп в районе озера Бодензее на научной стажировке 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 Грегор 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) – сцинтилляцион-ным 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 козлов 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 Роберт Краглер. На основе выдвинутых гипотез [2,3] дипломнице удалось оценить факторы, влияющие на миграцию радионуклидов в цепочке воздух–почва–растение–животное [4].

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 в глубь почвы, их перенос в растения. По результатам проведенных исследований были опубликованы статьи [5,6], 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-M, 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 [7], 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 [8]. 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 [9].

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 так же если при отделке помещений применяются строительные материалы, содержащие повышенное количество 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 [10]. 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. В 2004-2005 учебном году по результатам исследований студент группы ТЭА-7 Куликовский Дмитрий представил на республиканский конкурс научную работу «Определение доз ионизирующих излучений, получаемых человеком от естественных и искусственных источников», которой 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 [11].

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» в 2007-2008 учебном году студентам второго курса строительного факультета была предложена работа в студенческой исследовательской лаборатории. Был реализован один 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.

Таблица 1 – Результаты исследований студенческой лаборатории

Материал	A(Ra-226)	A(Th-232)	A(K-40)	A _{эф} , 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

Материал	A(Ra-226)	A(Th-232)	A(K-40)	A _{эф} , Бк/кг
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

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 [12]. 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. 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 применение материалов с минимальной природной загрязненностью радионуклидами.

В 2011/2013 учебных годах был реализован еще один проект. Студентами факультета водоснабжения и гидромелиорации (ныне факультет инженерных систем и экологии) 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 радиэкологических знаний; развиты умения и навыки в области радиометрии и дозиметрии; активизирована деятельность по радиологическому мониторингу; усвоены нормы и правила радиационной безопасности. Результаты измерений приведены в таблице 2.

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	—

Наименование населенного пункта, района	Наименование материала				
	Плитка бетонная тротуарная	Камни бортовые бетонные	Песчано-гравийная смесь	Песок	Щебень
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

С помощью доступного и достаточно простого мониторинга выполнен пусть небольшой, но законченный исследовательский проект [13]. В ходе его проведения были затронуты вопросы о необходимости распространения знаний в области радиэкологии. 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 [14].

Заключение

В 2013/2014 учебном году в типовые планы первой ступени высшего образования введена интегрированная дисциплина «Безопасность жизнедеятельности человека». «Радиационная безопасность» является частью интегрированного курса. 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 в последние годы пополнилась еще одной установкой, 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 радиэкологических 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 радиэкологических задач.

Список литературы

1. Гладышук, А.А. Определение эквивалентной дозы внешнего облучения / А.А. Гладышук, Ю.П. Ракович // Методика преподавания дисциплин физического профиля в высших учебных заведениях: тезисы докладов Республиканской научно-методической конференции, Брест, май 1992 г. / Брестский политехнический институт. – Брест: БПИ, 1992. – С. 72.
2. Чопчиц, Н.И. Фрактальные механизмы транспорта радионуклидов в биологических системах / Н.И. Чопчиц, И.А. Сатиков // Открытые системы –

избранные вопросы теории и эксперимента: тезисы докладов Международного семинара, Брест, 20-24 января 1992 г. / Брестский политехнический институт. – Брест: БПИ, 1992. – С. 14–16.

3. Чопчиц, Н.И. Полуфеноменологические модели миграции радионуклидов в биологических системах, основанные на дифференциальных уравнениях второго порядка / Н.И. Чопчиц, Т.Л. Зыкова // Наука и мир: тезисы докладов XX науч.-техн. конф., Брест, 2-3 октября 1992 г.: в 2 ч. / Брестский политехнический институт. – Брест: БПИ, 1992. – Ч. 2. – С. 19–21.

4. Саммет, С. Верификация математических моделей транспорта радионуклидов в биологических системах / С. Саммет // Открытые системы – избранные вопросы теории и эксперимента: тезисы докладов Международного семинара, Брест, 20-24 января 1992 г. / Брестский политехнический институт. – Брест: БПИ, 1992. – С. 61–65.

5. Bürmann, W. Migration of cesium radionuclides in the soil of spruce forest / W.Bürmann, J.Drissner, R.Miller, R.Heider, T.Kuschner // The Fourth Int. Conf. on the Chemistry and migration Behaviour of the Actinides and Fission Product in the Geosphere, Charleston, 12-17 December 1993. – Charleston, 1993. – P. 122–129.

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

7. Чопчиц, Н.И. Методические указания к лабораторной работе Р-2 «Радиоактивный распад. Комплексный расчет основных закономерностей» / Чопчиц, Н.И., Гладыщук А.А., Ракович Ю.П., Кушнер Т.Л.; БПИ. – Брест, 1998. – 20 с.

8. Русаков, К.И. Радиационная безопасность. Конспект лекций и лабораторный практикум: пособие. / Русаков, К.И., Ракович Ю.П., Кушнер Т.Л., Русакова З.В., Пинчук А.И. – Брест: Изд-во БрГТУ, 2012. – 144 с.

9. Кушнер, Т.Л. Методы многоуровневого обучения и контроля в курсе «Сельскохозяйственная радиология» / Т.Л.Кушнер // Актуальные проблемы профессиональной подготовки специалистов с высшим и средним специальным образованием: сб. науч. статей Межд. науч.-практ. конф., Горки, 19-21 июня 2008 г.: в 2 ч. / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; редкол.: А.С.Чечёткин [и др.]. – Горки: БГСХА, 2008. – Ч. 1. – С. 322–325.

10. Кушнер, Т.Л. Предмет «Радиационная безопасность» в образовательном процессе / Т.Л. Кушнер, И.С. Янусик, В.Я. Хуснутдинова, М.И. Швец // Новые образовательные технологии в экологической подготовке студентов: материалы обл. науч.-метод. конф., Брест, 3-4 июня 2005 г. / Брестский государственный технический университет. – Брест: БрГТУ, 2005. – С.53–56

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

12. Кушнер Т.Л. Исследования студенческой лаборатории «Радиационная безопасность в строительстве» / Т.Л. Кушнер // Новое в методике преподавания химических и экологических дисциплин в региональном вузе: сб.

ст. регион. науч.-метод. конф., Брест, 21 ноября 2008 г. / БрГТУ; редкол.: В.А.Халецкий [и др.]. – Брест, 2008. – С. 75–78.

13. Кушнер, Т.Л. Мониторинг радиоактивности некоторых материалов в рамках студенческих исследований / Т.Л. Кушнер, А.Ф. Михалевич // Методика преподавания химических и экологических дисциплин: сб. науч. статей Межд. науч.-метод. конф., Брест, 14-15 ноября 2013 г. / БрГТУ, БрГУ им. А.С. Пушкина; редкол.: А.А. Волчек [и др.]. – Брест, 2013. – С. 261–263.

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

УДК 502.3 : 504. 5 : 574.4

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИАВТОМАГИСТРАЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ АВТОДОРОГИ «КИЕВ-КОВЕЛЬ-ЯГОДИН» М-07

Голуб В.А. *, Волощинська С.С. *, Голуб С.М. *, Голуб Г.С. **

* Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки, Украина, golub_2006@ukr.net , sgolub10@gmail.com

** Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина

It is discovered natural distribution of heavy metals in soils of motorway side's zone of the road «Kyiv-Kovel-Yahotyn» depending on the distance of road-bed and wind-rose. It is determined a specific accumulative tendency to plants in respect of heavy metals. It is substantiated and recommended for plantations the plants' assortment with the purpose of diminution the negative influence of pollutants on environment.

Введение

Техногенный пресс на окружающую среду возрастает с каждым годом, и одной из его причин является урбанизация. В урбоэкосистемах продолжается накопление несвойственных для биосферы химических веществ – ксенобиотиков, в том числе и тяжелых металлов, которые существенно меняют устоявшуюся структуру и естественные функции биоценозов.

Объемы и глубина масштабных исследований техногенного загрязнения биосферы тяжелыми металлами (Вернадский, 1965; Виноградов, 1952, 1957; Плынов, 1953; Перельман, 1975, 1989; Власюк, 1974; Ковда, 1987; Глазовская, 1967, 1989; Добровольский, 1980, 1990; Алексеенко, 2000, 2003, Чертков, 2008) обусловлены спецификой их химической природы и экологическими воздействиями, которые представляют большую опасность в случае включения этих экотоксикантов в природные циклы, появления в водах, пищевых цепях, в продуктах питания человека. Выяснение закономерностей загрязнения тяжелыми металлами имеет важное значение как для понимания процессов, происходящих в природных и искусственных экосистемах, так и