

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ НЕЗАВИСИМОГО ОБЩЕСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННООПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

А. А. Екидин¹, А. В. Васильев¹, М. Е. Васянович^{1,2}, Е. И. Назаров¹, М. Д. Пышкина¹

¹ *Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

² *Кафедра экспериментальной физики, Физико-технологический институт, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия*

В статье представлен опыт проведения независимого общественного контроля объектов использования атомной энергии. Предлагаемый формат взаимодействия высшей школы, академии наук и объектов использования атомной энергии значительно расширяет категории участников проведения общественного контроля деятельности радиационно опасных объектов. Такое объединение усилий позволяет формировать новые пути получения объективной информации любым заинтересованным сторонам, включая общественность. Показан пример обоснования фоновых значений радиационного воздействия в районе расположения скважин для добычи урана методом подземного выщелачивания. Приводятся результаты специальных исследований в районе размещения Белорусской атомной электростанции в предэксплуатационный период, получены данные, характеризующие радиозоологическую ситуацию.

Ключевые слова: радиационная безопасность, атомная энергия, дозиметрия, радиационноопасные объекты, общественный контроль.

1. Введение

Технологии на основе радиоактивных веществ и ядерных материалов стали неотъемлемой частью современного общества. Их широкое применение определяется уникальными возможностями или альтернативностью получения востребованных услуг или продукции. Экологические, политические, социальные и экономические последствия использования ядерной энергии вызывают большую обеспокоенность и полемику среди населения. Дальнейшее развитие и расширение использования атомной энергии не должно угрожать потребности будущих поколений в сохранении благоприятной окружающей среды [1–5].

Радиационная безопасность считается обеспеченной, если соблюдаются основные принципы радиационной безопасности (обоснование, оптимизация, нормирование) и требования радиационной защиты, установленные федеральными законами, действующими нормами радиационной безопасности и санитарными правилами. Обязательная реализация основных принципов эксплуатирующими организациями, а также постоянная оценка соответствия деятельности органами регулирования и надзора обеспечивает приемлемый уровень рисков на всех этапах жизненного цикла радиационных и ядерных технологий. В число ключевых вопросов устойчивого развития применения атомной энергии, наряду с риском для человека и компонентов окружающей среды, а также экономической оправданностью, входит

проблема общественной приемлемости текущей и планируемой деятельности [6]. Участие общественности в принятии решений способствует лучшему пониманию и более здравой оценке рисков от осуществляемой и намечаемой деятельности.

Часто население переоценивает вероятность и серьезность последствий возможных аварий и недооценивает усилия регулирующих органов и эксплуатирующих организаций по предупреждению или уменьшению радиационных рисков [7]. Представители общественности могут иметь субъективные взгляды на радиационные риски, сформированные под влиянием разных факторов. Существенную роль в формировании общественного мнения играют средства массовой информации, общественные объединения и авторитетные лица. Заявлений представителей государственных органов надзора или экспертов по вопросам радиационной безопасности часто бывает недостаточно для получения доверия общественности к оценкам радиационных рисков или к мерам контроля таких рисков. Общественность неоднозначно воспринимает информацию о развитии и совершенствовании технологий в атомной отрасли. В ряде исследований показаны психологические и психометрические факторы, которые могут влиять на восприятие риска, а также различия между экспертной или технической оценкой рисков по сравнению с общественным восприятием [8–11]. Недостоверная, неполная информация, а также объективные данные, представленные в сложной форме, недоступной для понимания широкой общественности, усиливают недоверие к деятельности объектов использования атомной энергии и формируют почву для паники, стресса и протестного движения. Источники информации с противоречивыми оценками радиационных рисков усиливают негативное восприятие общественностью деятельности объектов использования атомной энергии. В таких случаях население с большим доверием относится к завышенной оценке существующей опасности.

Для решения проблемы недостаточной осведомленности и информированности населения о влиянии радиации на здоровье и окружающую среду необходима полная, своевременная информация, основанная на фактах и изложенная в простой и понятной форме [12, 13]. Помимо сведений по вопросам радиационной и ядерной безопасности, предоставляемых регулируемыми организациями и специалистами промышленных предприятий, огромное значение для повышения уровня осведомленности населения в вопросах ядерной безопасности и радиационной защиты играют образовательные учреждения [10].

Представители высших учебных заведений априори обладают компетенциями сбора, анализа и передачи информации в доступном для понимания виде. Участие высших учебных заведений как независимых экспертов в диалоге общественности и эксплуатирующих организаций способствует повышению осведомленности населения и адекватному восприятию им рисков. Одним из способов позиционирования высших учебных заведений как независимой стороны может стать организация преподавательским составом и проведение силами студентов старших курсов, молодыми учеными независимого общественного контроля деятельности радиационно опасных объектов. Эксплуатирующие организации заинтересованы в участии компетентного, независимого участника, пользующегося доверием как со стороны предприятия, так и со стороны общественности.

2. Приборы и методы общественного контроля радиационно опасных предприятий

Методы, применяемые в рамках общественного контроля, как правило, отличаются от используемых эксплуатирующими организациями. Те радиационные факторы, которые вызывают интерес у общественности, могут не учитываться

эксплуатирующими организациями по причине пренебрежимо малого воздействия или по причине отсутствия достоверных сведений. Основанием для выбора средств измерения и процедур проведения инструментального контроля являются способы детектирования – прямые измерения или отбор проб с последующей подготовкой счетного образца и его лабораторные испытания.

Существенное влияние на объем и качество результатов оказывают тщательность анализа исходных данных и планирование исследований, в рамках которого необходимо рассмотреть [14]:

- характеристики действующих или планируемых источников выбросов, сбросов и радиоактивных отходов, включая состав радионуклидов, их физическую и химическую форму;
- механизмы переноса радионуклидов в природных средах, особенности окружающей среды, влияющие на перенос, а также их сезонные изменения.

Так, в рамках выполненных программ общественного контроля разработана методология проведения предэксплуатационной радиоэкологической оценки состояния окружающей среды в районе строительства АЭС. Разработанная методология позволяет корректно оценивать воздействие на окружающую среду; определять дозы облучения населения и персонала в период эксплуатации АЭС; определять участки и методы мониторинга радиоэкологической ситуации в районе расположения АЭС; предупреждать ошибочную интерпретацию данных радиационного мониторинга. Алгоритм проведения предэксплуатационной радиоэкологической оценки состояния окружающей среды приведен на рис. 1.



Рис. 1. Алгоритм проведения предэксплуатационной радиоэкологической оценки состояния окружающей среды

В качестве аппаратного обеспечения представленного подхода был выбран спектрометр МКС-АТ6101ДР (рис. 2а) на основе сцинтилляционного детектора из NaI(Tl). Для исследования in situ содержания гамма-излучающих радионуклидов в воде и донных отложениях применялся погружной гамма-спектрометр МКС-АТ6104ДМ (рис. 2б). В состав МКС-АТ6101ДР и МКС-АТ6104ДМ входил блок обработки информации (БОИ), позволяющий визуализировать спектр гамма-

излучения в измеряемой точке местности (рис. 2в).



Рис. 2. Средства измерения для проведения исследования in situ:
а – МКС-АТ6101ДР, б – МКС-АТ6104ДМ, в – БОИ

Расширить площадь обследования позволяет автомобильная гамма-съемка при помощи спектрометра для радиационного сканирования МКС-АТ6101С или МКС АТ6103 (рис. 3).



Рис. 3. Мобильный комплекс радиационного сканирования МКС АТ6103

Оценка фонового содержания радиоактивных аэрозолей в приземных слоях атмосферного воздуха выполнялась при помощи воздухофильтрующих установок ВФУ-1200 (рис. 4) и последующего лабораторного исследования содержания радионуклидов в счетных образцах.



Рис. 4. ВФУ-1200

Радиоактивные аэрозоли улавливали на аналитическом фильтрующем материале ФПС-ВГ, который был разработан специально для проведения низкоуровневого радионуклидного мониторинга атмосферы. Материал обладает высокой эффективностью улавливания аэрозолей, что позволяет сконцентрировать их большие количества. В качестве сорбционно-фильтрующих материалов для улавливания радиоактивного газообразного йода использовались материалы СФМ-2И-ПС. Импрегнированный сорбент, содержащийся в материале, имеет высокие показатели эффективности улавливания газообразного радиоактивного йода в любых химических формах. Выбранная воздухофильтрующая установка ВФУ-1200 и фильтрующий материал позволяют прокачивать десятки тысяч кубометров воздуха для аэрозольного и сорбционно-фильтрующего материала соответственно.

3. Результаты

3.1. Исследования радиозэкологической ситуации в районе размещения Белорусской АЭС в предэксплуатационный период

Инструментальные исследования в районе размещения Белорусской АЭС проведены в августе 2019 г. Площадки для измерений *in situ* наиболее часто используются в случае проведения экспрессных оценок и обеспечивают оперативность информации о свежих выпадениях. Проведение полевой гамма-спектрометрической съемки территории вокруг Белорусской АЭС планировалось провести по регулярной сетке 100 на 200 м (рис. 5).



Рис. 5. Точки полевой гамма-спектрометрической съемки

Корректность оценки содержания радионуклидов *in situ* подтверждалась путем отбора проб поверхностного слоя грунта глубиной до 30 см для последующих лабораторных исследований содержания радионуклидов. Местоположение точек отбора проб почвы представлено на рис. 6.

Для исследования береговой линии на трех участках р. Виляя, протяженностью 1 км каждый, применялся метод полевой спектрометрии. На каждом участке выполнено по 11 гамма-спектрометрических измерений дна. Гамма-спектрометрическое измерение воды оказалось возможным только в четырех точках, где глубина реки превышала 1,5 м, что позволило провести измерения в геометрии 4π. На каждом участке обследования реки выполнено не менее 11 гамма-

спектрометрических измерений береговой линии, отобрано по одной пробе воды и донных отложений, а также взяты пробы доминирующей водной растительности (клатофора, рдест, элодея) для дальнейшего анализа концентрации углерода-14 методом ускорительной масс-спектрометрии (УМС).



Рис. 6. Расположение точек отбора проб почвы

На береговых участках отобраны 5 образцов доминирующей древесной растительности (ольха, липа, сосна, береза, дуб) для лабораторных исследований содержания радиоуглерода методом УМС. Отбор проб для определения фонового содержания радиоактивных аэрозолей в приземном слое воздуха выполнялся на штатном пункте наблюдений на метеорологической станции Маркуны (рис. 7).



Рис. 7. Сбор и установка воздухофильтрующей установки (ВФУ-1200) и пробоотборного стенда для углерода и трития

Через фильтрующий материал с помощью воздухофильтрующей установки было прокачано 32 000 м³ и 27 000 м³ воздуха для аэрозольного и сорбционно-фильтрующего материала соответственно. Там же одновременно проводился и отбор проб для определения объемной активности радиоактивного углерода и трития в воздухе. На полупроводниковом спектрометре с детектором из особо чистого германия был определен радионуклидный состав аэрозолей, осевших на материале. Для всех радионуклидов была рассчитана удельная активность. Результаты измерения активности ⁷Ве, ⁶⁰Со представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Активности ^7Be , ^{60}Co на СФМ-2И-ПС

Р/н	А, Бк	Время прокачки, ч	Ср. расход воздуха, м ³ /ч	Объемная активность, Бк/м ³
^7Be	81,34 ± 12,20	53	515	$(2,98 \pm 0,45) \cdot 10^{-3}$
^{60}Co	3,37 ± 0,51	53	515	$(1,23 \pm 0,18) \cdot 10^{-4}$

Таблица 2. Активности Ве-7, Со-60 на ФПС-ВГ

Р/н	А, Бк	Время прокачки, ч	Ср. расход воздуха, м ³ /ч	Объемная активность, Бк/м ³
^7Be	122,26 ± 18,34	53	600	$(3,86 \pm 0,58) \cdot 10^{-3}$
^{60}Co	7,27 ± 1,09	53	600	$(2,29 \pm 0,34) \cdot 10^{-4}$

На рис. 8 представлены результаты автомобильной гамма-съемки при помощи спектрометра для радиационного сканирования МКС-АТ6101С (на основании измеренного значения амбиентного эквивалента дозы).

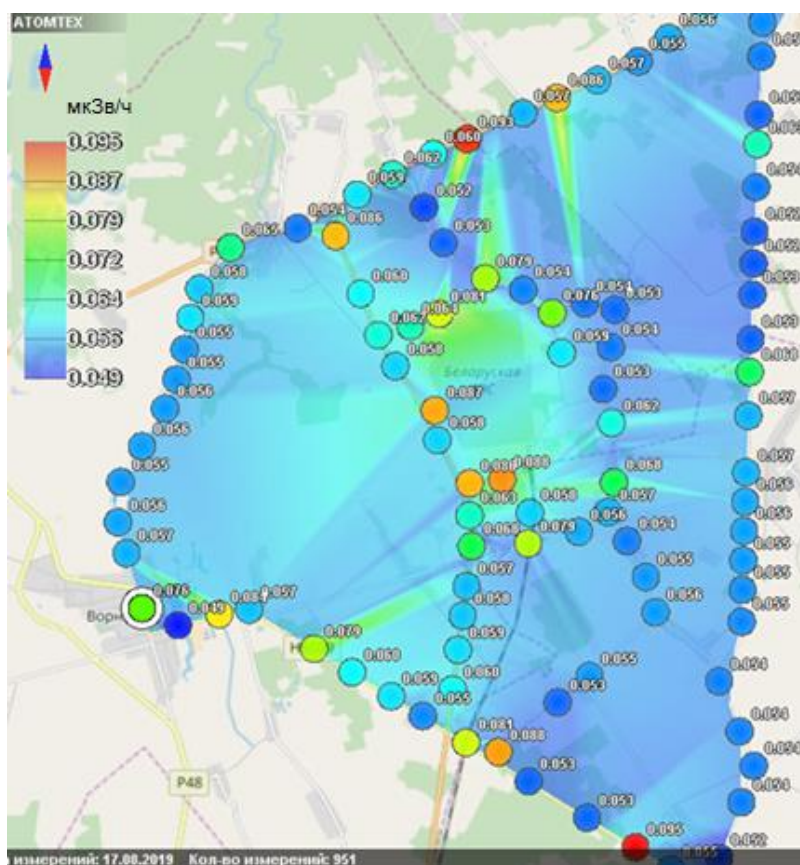


Рис. 8. Результаты автомобильной гамма-съемки

Распределение полученных результатов может быть представлено в виде суммы двух логнормальных распределений (рис. 9). Данная мультимодальность может быть объяснена различиями в покрытии автомобильных дорог (грунтовая и асфальтированная). Так, второй пик распределения может быть обусловлен повышенным содержанием ^{40}K на удобренных землях, предназначенных для сельскохозяйственного пользования.

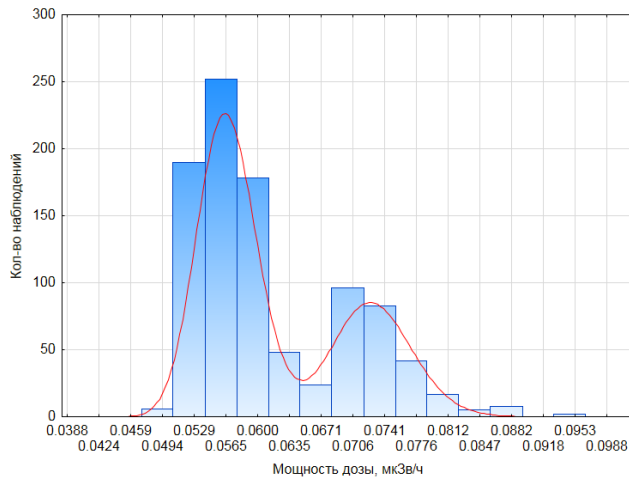


Рис. 9. Распределение полученных результатов автомобильной гамма-съемки

Результаты пешеходной гамма-съемки в районе расположения Белорусской АЭС представлены на рис. 10.

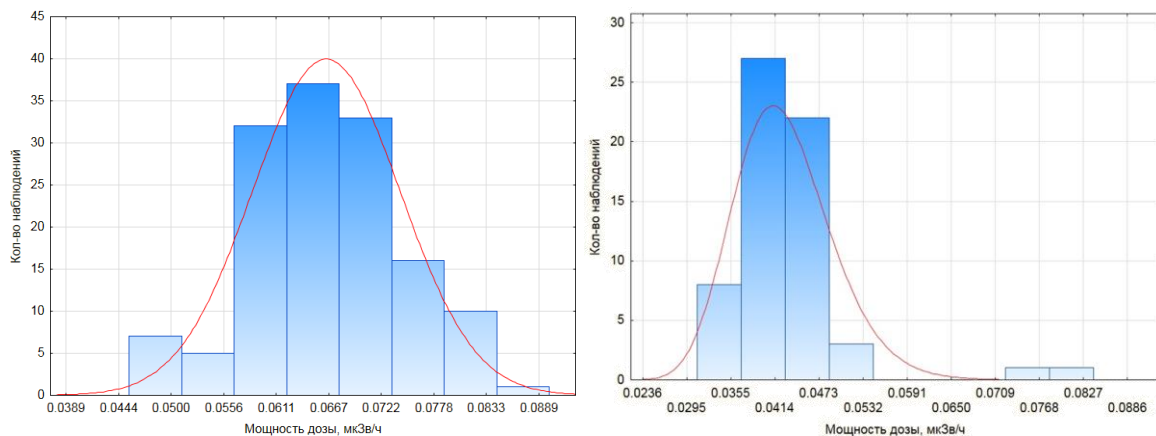


Рис. 10. Распределение полученных результатов пешеходной гамма-съемки вокруг периметра площадки Белорусской АЭС (слева) и по береговой линии р. Вилия (справа)

В результате пешеходной гамма-спектрометрической съемки вокруг периметра площадки Белорусской АЭС (включая контрольный участок) и береговой линии р. Вилия установлено среднее значение мощности дозы на уровне 67 ± 8 нЗв/ч. Мощность дозы формируется за счет космического излучения (~ 32 нЗв/ч), природных радионуклидов в земной коре и воздухе (до 30 нЗв/ч), техногенных радионуклидов (менее 10^{-4} нЗв/ч) (рис. 11).

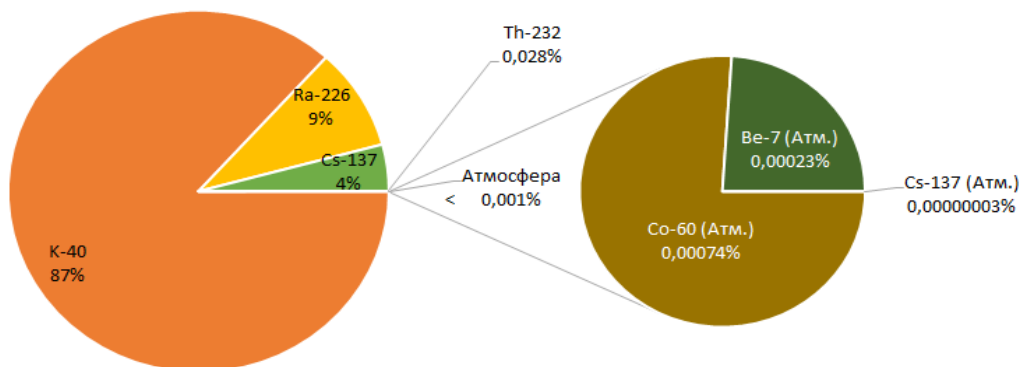


Рис. 11. Вклад отдельных радионуклидов в почве и атмосфере в формирование дозовой нагрузки на население

Результаты измерения удельной активности радионуклидов в пробах почвы и донных отложений представлены в табл. 3. Полученные значения удельной активности ^{137}Cs в отобранных образцах почвы на прилегающей к Белорусской АЭС территории находятся существенно ниже порога обнаружения данного радионуклида использованными в работе полевыми средствами измерения (50 Бк/кг).

Таблица 3. Результаты измерения активности ^{40}K , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th в пробах почвы и донных отложений

Участок	№	Наименование пробы	$A_{\text{удел}}$, Бк/кг			
			^{40}K	^{137}Cs	^{226}Ra	^{232}Th
Крит. точка	1	0–10 см	555,6 ± 21,7	7,6 ± 3,3	33,3 ± 3,2	19,5 ± 2,5
	2	10–20 см	580,9 ± 22,7	7,3 ± 3,5	35,6 ± 3,4	21,5 ± 2,8
	3	20–30 см	580,2 ± 23,2	8,2 ± 3,8	36,7 ± 3,5	19,3 ± 2,9
	4	Нижний правый участок	598,8 ± 22,2	7,4 ± 3,4	33,4 ± 3,2	26,6 ± 2,6
	5	Нижний левый участок	572,1 ± 27,4	8,3 ± 4,3	35,3 ± 4,2	20,9 ± 3,3
Непахан. поле	6	Непаханое поле	679,0 ± 22,4	5,2 ± 3,5	37,4 ± 3,4	29,3 ± 2,7
Паханое поле	7	Паханое поле	685,6 ± 28,1	6,2 ± 3,8	51,3 ± 4,2	31,6 ± 2,9
р. Виляя	8	Выше сбросного канала	666,4 ± 22,0	6,7 ± 3,5	44,6 ± 3,3	37,1 ± 2,7
	9	Ниже сбросного канала	411,4 ± 20,1	8,4 ± 3,4	36,9 ± 3,1	17,2 ± 2,6
	10	д. Маркуны, ниже по течению р. Полпе	558,9 ± 19,1	6,1 ± 3,5	35,9 ± 3,2	27,6 ± 2,2

Выполнение комплексной программы полевых исследований на территории потенциального воздействия Белорусской АЭС позволило сделать оценку радиационной обстановки в районе размещения в предэксплуатационный период. В настоящей работе оценка «нулевого фона» означала определение важных параметров, характеризующих радиационную ситуацию до начала эксплуатации Белорусской АЭС. В качестве таких ключевых параметров были выбраны:

- мощность дозы фотонного излучения (мкЗв/ч) на прилегающей к АЭС территории, на участке расположения критической точки, на участках береговой линии р. Виляя;
- содержание гамма-излучающих радионуклидов (удельная активность, Бк/кг) в почве исследуемой территории, воде и донных отложениях обследованных участков р. Виляя.

Установлены диапазоны изменения измеряемых параметров [15]:

- мощность дозы от 0,048 до 0,085 мкЗв/ч;
- удельная активность ^{40}K от 460 до 1100 Бк/кг;
- удельная активность ^{226}Ra от 6,3 до 30,4 Бк/кг;
- удельная активность ^{232}Th от 15,1 до 53,6 Бк/кг;
- удельная активность ^{137}Cs (техногенный радионуклид) во всех измеренных точках достоверно меньше 50,0 Бк/кг.

Результаты автомобильной гамма-съемки в 951 точке территории, удаленной от промышленной площадки Белорусской АЭС, в целом совпадают по диапазону значений мощности дозы (от 0,049 ч до 0,093 мкЗв/ч) с результатами пешеходной, но отличаются бимодальностью формы функции распределения повторяемости

результатов (рис. 8). Наличие двух мод объясняется различием в покрытии автомобильных дорог (грунтовая и асфальтированная), по которым передвигался автомобиль в ходе гамма-съемки.

Полевая гамма-спектрометрическая съемка в 33 точках, выбранных на береговой линии р. Виляя, позволила достоверно определить содержание ^{40}K (природный радионуклид) в диапазоне от 220 до 701 Бк/кг, мощность дозы от 0,033 до 0,082 мкЗв/ч. Определение значений удельной активности ^{226}Ra , ^{232}Th на выбранных участках в ходе полевого этапа измерений было затруднено по причине обводненности территории, значения были получены позднее, по результатам лабораторных исследований отобранных проб. Гамма-спектрометрическая съемка донных отложений в 33 точках русла р. Виляя на выбранных трех участках позволила достоверно определить содержание ^{40}K (природный радионуклид) в диапазоне от 357 до 745 Бк/кг. Удельная активность ^{137}Cs (техногенный радионуклид) во всех измеренных точках береговой линии и дна достоверно меньше 50,0 Бк/кг. Результаты измерения концентрации углерода-14 в пробах доминирующей растительности методом УМС представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты измерения концентрации углерода-14 в пробах доминирующей растительности

№	Участок	Образец	Концентрация ^{14}C , рМС*
1	Критический участок	Береза повислая	111,5 ± 4,4
2		Крапива двудомная	104,0 ± 4,3
3		Люпин	103,8 ± 3,0
4		Зверобой продырявленный	103,4 ± 4,8
5		Дуб	102,8 ± 2,1
6	Участок сброса	Дуб	115,0 ± 3,0
7		Ольха	106,9 ± 4,5
8		Липа	112,0 ± 1,0
9		Сосна	98,1 ± 2,4
10		Береза повислая	93,0 ± 0,7
11	р. Виляя выше и ниже участка сброса	Кладофора	83,3 ± 3,6
12		Элодея	82,2 ± 3,9
13		Рдест	78,9 ± 1,1
14	р. Виляя в месте впадения р. Полпе	Кладофора	83,4 ± 2,5
15		Элодея	75,8 ± 1,9
16		Рдест	74,4 ± 0,8

* Percentage modern carbon, процентное содержание современного углерода.

Для наземных растений содержание ^{14}C близко к современному уровню – 100 рМС (0,227 Бк/г С). Отклонение от этого значения может быть вызвано различными физиологическими процессами внутри самого растения. Для водных растений эти значения могут быть ниже из-за наличия большого количества карбонатов в воде.

Обработка полученных данных в полевой период экспедиции позволила получить функции распределения мощности дозы и активности радионуклидов для всех обследованных участков. Изменение установленных диапазонов значений или изменение установленных форм функций распределений мощности дозы полученных величин будет означать изменение радиозэкологической ситуации, вызванной внешним фактором.

3.1. Исследования радиозоологической ситуации в районе добычи урана методом подземного выщелачивания

Общественный контроль деятельности АО «Далур» по добыче урана методом подземного выщелачивания проведен в сентябре 2020 г. Выполнен осмотр 42 скважин на двух участках, отличающихся сроком эксплуатации. На участках длительного срока эксплуатации скважин для добычи урана методом подземного выщелачивания расход технологического раствора, поступающего в систему трубопроводов с продуктовым раствором, контролируется визуально по рискам на оргстекле (рис. 12).



Рис. 12. Контроль расхода продуктового раствора на скважинах длительного срока эксплуатации

Новые участки оснащены приборами автоматизированного контроля технологических параметров. Осмотр системы трубопроводов не выявил участков со следами протечек технологического раствора на поверхности труб или угнетения растительности вдоль протяженной системы трубопроводов с технологическими растворами (рис. 13).



Рис. 13. Внешний вид системы трубопроводов технологических растворов

Использованные инструментальные методы контроля в рамках текущего проекта включали радиометрические исследования участков добычи и прилегающих участков с целью определения диапазона значений мощности дозы, характерного для «фоновых» участков. Радиометрические исследования выполнены методом пешеходной и автомобильной гамма-съемки. Маршрут пешеходной гамма-съемки выбирался так, чтобы получить значения мощности дозы как на участке добычи, так и прилегающей территории (фоновый участок). Перемещаясь по выбранному маршруту, оператор выполнил гамма-сканирование на участке добычи, прилегающем к участку поля и ближайшему лесному массиву. Поле и лесной массив принимаются в качестве фоновых участков. Взаимное расположение указанных участков представлено на рис. 14.

В результате пешеходной гамма-съемки получено:

- 61 значение мощности дозы на фоновом участке «Лес»;
- 125 значений мощности дозы на фоновом участке «Поле»;
- 625 значений мощности дозы на участке добычи.

Выборки полученных значений мощности дозы на указанных участках характеризуются специфическими значениями центральных тенденций и размаха (табл. 5).

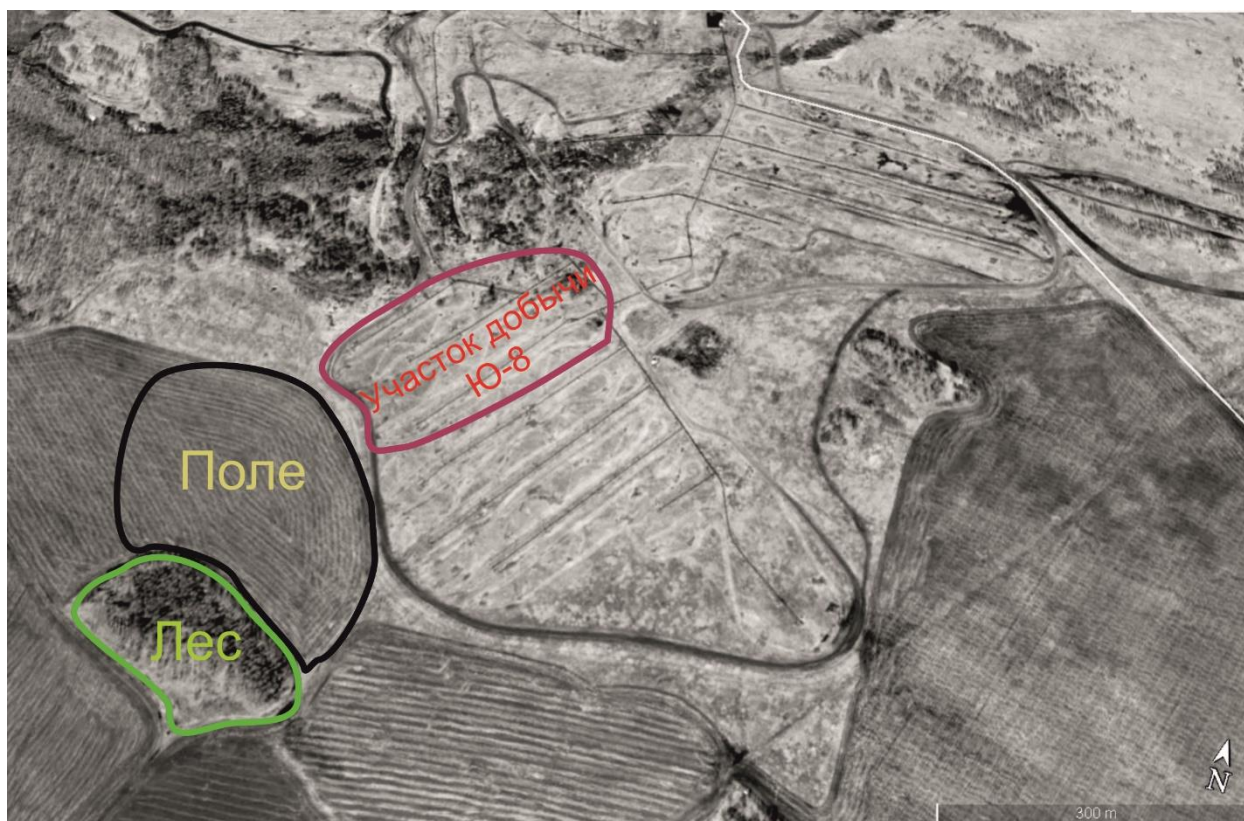


Рис. 14. Взаимное расположение обследованных участков: добыча, поле, лес

Таблица 5. Центральные тенденции и размах результатов измерения мощности дозы методом пешеходной гамма-съемки

Участок обследований	Фоновый		Добыча
	Лес	Поле	Добыча Ю-8
Сред. значение, мкЗв/ч	0,051	0,058	0,115
Медиана, мкЗв/ч	0,052	0,057	0,075
Стандартное отклонение, мкЗв/ч	0,0022	0,0046	0,0057

Несмотря на близкие значения результатов измерения мощности дозы на фоновых участках «Лес» и «Поле», их центральные тенденции статистически значимо различаются, что подтверждает результат сравнения выборок по t-критерию ($p < 0,05$). Визуальный результат такого сравнения представлен на рис. 15.

Значения мощности дозы гамма-излучения в районе размещения участков добычи урана специфичны для различных ландшафтных условий. Аномальные значения мощности дозы для лесного ландшафта превышают 0,053 мкЗв/ч. Аномальные значения мощности дозы для сельскохозяйственного ландшафта превышают 0,078 мкЗв/ч.

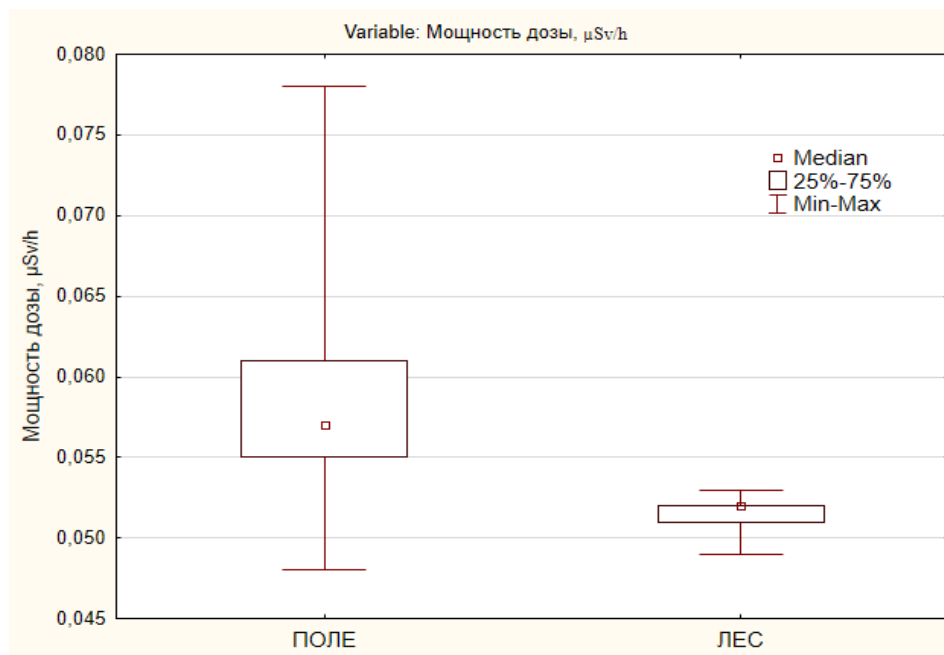


Рис. 15. Визуализация различия значений мощности дозы выборок «Лес» и «Поле»

Для определения причины существенного отличия чистых участков с различными ландшафтными условиями требуется представительное спектрометрическое исследование. Для сравнения значений мощности дозы на участках добычи урана в качестве фоновых необходимо выбирать результаты измерений на чистых ландшафтах со схожими экологическими условиями.

4. Выводы

Выполненные пилотные проекты общественного контроля инструментальными методами в районах размещения Белорусской АЭС и деятельности АО «Далур» на участках добычи урана методом подземного выщелачивания в Курганской области показали, что общественный контроль силами молодых ученых и студентов – реально действующий инструмент повышения осведомленности общественности о состоянии окружающей среды в районах размещения объектов использования атомной энергии.

Проведение общественного контроля инструментальными методами на стадии строительства Белорусской АЭС позволило определить «фоновое» содержание гамма-излучающих радионуклидов в отдельных компонентах окружающей среды. Основной массив результатов измерений мощности дозы в полосе шириной 500 м от границы строительной площадки АЭС находится в интервале от 0,048 до 0,089 мкЗв/ч. Внешнее облучение на обследованной территории формируется на 96 % за счет ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th . Удельная активность радионуклидов в поверхностном слое почвы на этой территории находится в

диапазоне: ^{40}K от 460 до 1100 Бк/кг; ^{226}Ra от 6,3 до 30,4 Бк/кг; ^{232}Th от 15,1 до 53,6 Бк/кг; ^{137}Cs меньше 10 Бк/кг. Мощность дозы в пойме р. Вилия находится в интервале от 0,033 до 0,082 мкЗв/ч. Удельная активность радионуклидов в поверхностном слое почвы обследованных участков поймы р. Вилия находится в диапазоне: ^{40}K от 220 до 702 Бк/кг; ^{226}Ra от 3,8 до 10,4 Бк/кг; ^{232}Th от 13,5 до 48,6 Бк/кг; ^{137}Cs меньше 10 Бк/кг. Результаты исследований могут служить основой программы радиационного мониторинга, обоснования требований к приборам и методам мониторинга, а также для оценки рисков при нормальной эксплуатации Белорусской АЭС.

Проведение общественного контроля инструментальными методами участков добычи урана методом подземного выщелачивания показало, что значения мощности дозы гамма-излучения в районе размещения участков добычи урана специфичны для различных ландшафтных условий. Аномальные значения мощности дозы, указывающие на признаки техногенного загрязнения почвы или грунта, превышают 0,078 мкЗв/ч. Значения мощности дозы на обследованных участках добычи, не превышающие величину 0,078 мкЗв/ч, могут обоснованно относиться к неизменным фоновым значениям.

Предлагаемый формат взаимодействия высшей школы, академии наук и объектов использования атомной энергии значительно расширяет категории участников проведения общественного контроля деятельности радиационноопасных объектов. Такое объединение усилий позволяет формировать новые пути получения объективной информации любым заинтересованным сторонам, включая общественность.

Привлекая к участию в инструментальных методах общественного контроля представителей высшей школы и академических институтов, эксплуатирующие организации получают возможность применения уникальных средств и методов измерения физических и химических факторов воздействия на окружающую среду, не включенных в программу производственного мониторинга, но представляющих интерес общественности. Участие студентов старших курсов в инструментальных методах контроля способствует приобретению ими навыков (компетенций) планирования, организации, выполнения целеориентированных задач, знакомит их со спецификой производственных процессов обследуемых предприятий, а также расширяет возможности для обоснованного выбора места работы.

5. Список литературы

1. Атомная энергетика как важный элемент национальных проектов России / Н. В. Горин, О. С. Головихина, А. А. Екидин, С. В. Нечаева // XXII Уральские социологические чтения. Национальные проекты и социально-экономическое развитие Уральского региона : материалы Всероссийской научно-практической конференции (Екатеринбург, 17–18 марта 2020 года). — Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2020. – С. 125–130.
2. Екидин, А. А. Современные технологии управления воздействием на окружающую среду как инструмент соблюдения принципа ALARA / А. А. Екидин, А. В. Васильев, М. Е. Васянович // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2017. – № 2(18). – С. 67–74.
3. Guidance for the application of an assessment methodology for innovative nuclear energy systems, INPRO. Manual. Vol. 1–9, IAEA-TECDOC-1575/Rev.1, IAEA, Vienna (2008).
4. INPRO Methodology for sustainability assessment of nuclear energy systems: Environmental impact of stressors, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-3.15, IAEA, Vienna (2016).

5. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, 1990.
6. UNITED NATIONS. Our Common Future (Report to the General Assembly). World Commission on Environment and Development. UN, New York (1987).
7. Привлечение заинтересованных сторон к решению ядерных вопросов. INSAG-20. Доклад Международной группы по ядерной безопасности. Международное агентство по атомной энергии, ВЕНА, 2015.
8. Communication and stakeholder involvement in environmental remediation projects. IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-3.5. IAEA, Vienna (2014).
9. *Патраков, Э. В.* Особенности потребностей населения по улучшению качества жизни в условиях радиационных рисков / Э. В. Патраков, А. Ю. Степанова, А. А. Екидин // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2018. – Т. 7, № 4(25). – С. 230–232.
10. *Степанова, А. Ю.* Выявление информационных потребностей и компетенций студенческой молодежи по обеспечению радиационной безопасности / А. Ю. Степанова, А. А. Екидин // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2018. – Т. 7, № 3(24). – С. 233–236.
11. Информационные интересы общества и объектов атомной отрасли: уроки конфликтов // Н. В. Горин, А. А. Екидин, С. В. Нечаева, О. С. Головихина // Государственное управление. Электронный вестник. – 2020. – № 83. – С. 47–61.
12. К вопросу формирования радиационной грамотности населения / Н. В. Горин, Н. П. Волошин, Д. В. Шмаков [и др.] // Здоровоохранение, образование и безопасность. – 2018. – № 4(16). – С. 137–145.
13. Гармонизация информационного взаимодействия общественности и предприятий атомной отрасли // Н. В. Горин, А. А. Екидин, С. В. Нечаева [и др.] // Динамика взаимоотношений государства, общества и крупного бизнеса в современной России: практики диалога и разрешения конфликтов на примере регионов присутствия предприятий атомной отрасли: Монография / под общей ред. А. Ю. Шутова, А. Л. Демчука, И. И. Кузнецова. – Москва, 2020. – С. 58–67.
14. Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты МАГАТЭ. Серия норм безопасности МАГАТЭ. – № RS-G-1.8. – Вена, 2016.
15. Полевые методы исследования радиационной обстановки в районе размещения Белорусской АЭС в предэксплуатационный период / А. А. Екидин, А. В. Васильев, М. Е. Васянович [и др.] // АНРИ. – 2020. – № 2(101). – С. 31–44.

Сведения об авторах:

Екидин Алексей Акимович, к. ф.-м. н., в. н. с. Радиационной лаборатории Института промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия. Эл. почта: ekidin@mail.ru.

Васильев Алексей Владимирович, к. т. н., заведующий Радиационной лабораторией Института промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия.

Васянович Максим Евгеньевич, к. ф.-м. н., н. с. Радиационной лаборатории Института промышленной экологии УрО РАН.

Назаров Евгений Игоревич, м. н. с. Радиационной лаборатории Института промышленной экологии УрО РАН.

Пышкина Мария Дмитриевна, к. т. н., м. н. с. Радиационной лаборатории Института промышленной экологии УрО РАН.

EXPERIENCE IN REALIZATION INDEPENDENT PUBLIC CONTROL OF RADIATION-HAZARDOUS FACILITIES

A. A. Ekidin, A. V. Vasilyev, M. E. Vasyanovuch, E. I. Nazarov, M. D. Pyshkina

Institute of Industrial Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia

The article presents the experience of realization independent public control of nuclear energy facilities. The proposed format of cooperation between the higher school, the Academy of Sciences and facilities for the use of atomic energy significantly expands the categories of participants in the public control of the activities of radiation-hazardous facilities. Such a community of efforts makes it possible to form new ways of obtaining objective information to any interested parties, including the public. An example of justification of background values of radiation exposure in the area of the location of drill holes for uranium extraction by underground desalination is shown. The results of special studies in the area of the Belarusian nuclear power plant location in the pre-operational period are presented; data characterizing the radioecological situation are obtained.

Key words: radiation safety, nuclear energy, dosimetry, radiation-hazardous facilities, public control.

References

1. Gorin, N. V. Nuclear Power Engineering as an Important Element of Russia's National Priority Projects / N. V. Gorin, A. A. Ekidin, O. S. Golovikhina // *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. – 2021. – No. 1. – P. 5-15; DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2021.1.01> (in Russian).
2. Ekidin, A. A. Modern Technologies of Environmental Impact Management as a Tool for Compliance with the ALARA Principle / A. A. Ekidin, A. V. Vasiliev, M. E. Vasyanovich // *Biosfernaya Sovmestimost': Chelovek, Region, Tekhnologii*. – 2017. – No. 2(18), – P. 6774 (in Russian).
3. Guidance for the application of an assessment methodology for innovative nuclear energy systems, INPRO. Manual. Vol. 1–9, IAEA-TECDOC-1575/Rev.1, IAEA, Vienna (2008).
4. INPRO Methodology for sustainability assessment of nuclear energy systems: Environmental impact of stressors, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-3.15, IAEA, Vienna (2016).
5. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, 1990.
6. UNITED NATIONS. Our Common Future (Report to the General Assembly). World Commission on Environment and Development. UN, New York (1987).
7. Stakeholder Involvement. Nuclear Issues. INSAG and IAEA perspective BASIS FOR KNOWN PUBLIC CONCERN. INSAG-20 Stakeholder Involvement in. IAEA, Vienna, 2015.
8. Communication and stakeholder involvement in environmental remediation projects. IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-3.5. IAEA, Vienna (2014).
9. Patrakov, E. V. The Needs of the Population for Improving the Quality Life in Terms of

- Radiation Risks / E. V. Patrakov, A. Y. Stepanova, A. A. Ekidin // Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration. – 2018. – Vol. 7, № 4(25). – P. 230–232.
10. *Stepanova, A. Y.* Identification of Information Needs and Competencies of Young Students to Ensure Radiation Safety / A. Y. Stepanova, A. A. Ekidin // Azimuth of Scientific Research: Pedagogy and Psychology. – 2018. – Vol. 7, № 3(24). – P. 233-236.
 11. Society and atomic industry enterprises information interests: experience of conflicts / N. V. Gorin, A. A. Ekidin S. V. Nechaeva [et al.] // Publ. Admin. E-J. 83. – 2020. – P. 47–61. (in Russian).
 12. To the Question of the Formation of Radiation Literacy of the Population / N. V. Gorin, N. P. Voloshin, D. V. Shmakov [et al.] // Zdravookhraneniye, Obrazovanie i Bezopasnost'. – 2018. – № 4(16). – P. 137–146 (in Russian).
 13. Garmonizaciya informacionnogo vzaimodejstviya obshchestvennosti i predpriyatij atomnoj otrasli / N. V. Gorin, A. A. Ekidin, S. V. Nechaeva [et al.] // Dinamika vzaimootnoshenij gosudarstva, obshchestva i krupnogo biznesa v sovremennoj Rossii: praktiki dialoga i razresheniya konfliktov na primere regionov prisutstviya predpriyatij atomnoj otrasli. Monograph. Moscow. – 2020. – P. 58-67.
 14. Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection, IAEA Safety Standards. – № RS-G-1.8. – Vienna, 2016.
 15. Field Methods for Studying the Radiation Situation in the Area of the BelarusianNPP in the Pre-Operational Period / A. A. Ekidin, A. V. Vasiliev, M. E. Vasyanovich // ANRI. – 2020. – No 2(101). – P. 31–44. (In Russian).