

**ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОГО ЗАГЛУБЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ
¹³⁴Cs И ¹³⁷Cs НА РЕЗУЛЬТАТЫ *IN SITU* ИЗМЕРЕНИЙ**
**EFFECT OF UNSTEADY DEPTH DISTRIBUTION OF ¹³⁴Cs AND ¹³⁷Cs
RADIONUCLIDES ON *IN SITU* MEASUREMENTS**

**А. И. Жуковский¹, А. О. Ничипорчук¹, О. М. Аншаков¹, А. А. Хрущинский²,
М. С. Морозик³, Л. Ф. Бабичев⁴, С. А. Кутень²**
**A. Zhukouski¹, A. Nichiparchuk¹, O. Anshakou¹, A. Khutchinsky², M. Marozik³,
L. Babichev⁴, S. Kutsen²**

¹УП «АТОМТЕХ»

г. Минск, Республика Беларусь

²Институт ядерных проблем БГУ,

г. Минск, Республика Беларусь

³Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,

г. Минск, Республика Беларусь

⁴ОИЭЯИ-Сосны НАН Беларуси,

г. Минск, Республика Беларусь

alexzhukovski@gmail.com

¹SPE ATOMTEX, Minsk, Republic of Belarus

²Institute of Nuclear Problems, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

³Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

⁴Joint Institute for Power and Nuclear Research - SOSNY, NAS of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Обсуждаются результаты Монте-Карло моделирования процесса *in situ* измерений с помощью сцинтилляционного детектора загрязненной радионуклидами цезия почвы. Изучено влияние неравномерного заглубления радионуклидов ¹³⁴Cs и ¹³⁷Cs на функцию отклика детектора. Показана возможность выполнения *in situ* измерений некультивированных почв без проведения предварительного отбора и анализа проб, дополнительных коллимирующих устройств путем определения эффективной толщины загрязненного слоя.

The paper discusses the results of the Monte Carlo modeling of the *in situ* measurements using a scintillation detector of soil contaminated by cesium radionuclides. The effect of non-uniform depth of ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs radionuclides on the detector response function has been analyzed. We have shown the possibility of *in situ* measurements in non-cultivated soils without preliminary sampling, additional collimating devices by determining the effective thickness of the contaminated layer.

Ключевые слова: Монте-Карло моделирование, теоретический аппаратный спектр, *in situ* измерение, эффективная толщина загрязненного слоя участка почвы, неравномерное заглубление радионуклида.

Keywords: Monte Carlo modeling, theoretical spectrum, *in situ* measuring, unsteady radionuclide depth.

За последние годы произошло несколько радиационных аварий с большими радиологическими последствиями. В 2011 г. произошла крупная радиационная авария на АЭС Фукусима (Япония). В результате чего были загрязнены значительные территории региона Тохоку радионуклидами ¹³⁴Cs и ¹³⁷Cs [1]. С момента крупнейшей радиационной аварии, произошедшей на ЧАЭС, прошло уже более 30 лет, тем не менее, проведение периодического радиационного мониторинга почв остается на сегодняшний день одной из приоритетных задач, в том числе и для Беларуси [2].

Использование портативных и легких спектрометров с возможностью проведения измерений методом *in situ* позволяет быстро оценить удельную активность контролируемых радионуклидов и плотность загрязнения с необходимой точностью того или иного участка почвы. Основным условием возможности применения метода *in situ* при обследовании загрязненных территорий является наличие априорной информации об источнике гамма-излучения (радионуклидный состав, толщина загрязненного слоя почвы, размеры загрязненного участка почвы и т. д.). Необходимая информация может быть получена непосредственно в процессе измерения путем определения основных параметров источника гамма-излучения (эффективного радиуса участка и толщины загрязненного слоя), заключающийся в анализе аппаратного спектра в процессе измерения с использованием теоретических энергетических спектров, полученных путем моделирования методом Монте-Карло [3].

В процессе миграции радионуклиды ¹³⁴Cs и ¹³⁷Cs распределяются неравномерно по почвенному профилю, как правило, с уменьшением по мере заглубления. [4–5]. В типичных случаях естественного заглубления радионуклида (до 10–15 см) функция отклика гамма-спектрометра для *in situ* измерений с расположением устройства

детектирования на поверхности почвы формируется эффективным слоем загрязненного участка, в котором содержится более 85 % радионуклидов.

Проведенные теоретические исследования позволили оценить степень отклонения формы расчетных аппаратных спектров, полученных при использовании Монте-Карло модели почвы с равномерно заглубленным в грунте радионуклидом, и для случая, когда распределение радионуклида по почвенному профилю можно описать степенной функцией. В качестве критерия, характеризующего степень эквивалентности рассмотренных моделей, использовалось соотношение значений количества импульсов в низкоэнергетической области теоретических аппаратных спектров.

Принимая во внимание относительное содержание радионуклидов в эффективном слое почвы и степень ослабления гамма-излучения в зависимости от толщины загрязненного слоя при неравномерном загрязнении по почвенному профилю, погрешность, обусловленная неравномерным распределением контролируемых радионуклидов, не будет превышать 15% применительно к *in situ* измерениям в геометрии измерения «устройство детектирования на поверхности загрязненной почвы».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Chino, M.* Utilization of $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ in the environment to identify the reactor units that caused atmospheric releases during the Fukushima Daiichi accident. / M. Chino [et al.] // Scientific reports. – 2016. № 6, 31376. – 14 p.
2. О приоритетных направлениях научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы: постановление совета министров Республики Беларусь 12 марта 2015 г. № 190 // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2015. 5/40254.
3. *Жуковский, А. И.* Измерение радиоактивности почв методом *in situ*. / А. И. Жуковский, К. Моги, С. А. Кутьень // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз-тэхн. навук. – 2016. – № 3. – С. 105–110.
4. *Израэль, Ю. А.* Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия–Беларусь) / Ю. А. Израэль, И. М. Богдевич. – Минск, 2009. – 140 с.
5. *Агеец, В. Ю.* Миграция радионуклидов в почвах Беларуси / В. Ю. Агеец // Весці НАН Беларусі. Сер. аграрн. навук. – 2002. – № 1. – С. 61–65.

ОЦЕНКА ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

ASSESSMENT OF THE THERMAL IMPACT OF THE BELARUSIAN NPP ON THE ENVIRONMENT

В. А. Иванюкович, М. Л. Михайлюк
U. Ivaniukovich, M. Mikhailyuk

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
u.ivaniukovich@gmail.com*

Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Посредством математического моделирования оценивалось влияние градирен на микроклимат территории Белорусской АЭС. Ожидается, что аномалии температуры и влажности, вызванные тепловыми и влажностными выбросами градирен, будут незначительными и достигнут максимальных значений 3 °С для температуры воздуха и 1,4 % для относительной влажности. Таким образом, прогнозируемое значение тепловых выбросов от градирен Белорусской атомной электростанции по микроклимату не окажет существенного влияния на окружающую среду.

By means of mathematical simulation the influence of cooling towers on the microclimate of the territory of the Belarusian NPP was assessed. Temperature and humidity anomalies caused by thermal and humidity emissions of cooling towers are expected to be insignificant and will reach maximum values of 3 °C for air temperature and 1.4 % for relative humidity. Thus, the predicted value of thermal emissions from the cooling towers of the Byelorussian Nuclear Power Plant on the microclimate will not have a significant impact on the environment.

Ключевые слова: Белорусская АЭС, тепловое загрязнение, градирня, математическое моделирование, температурные поля, влажность

Keywords: Belarusian NPP, thermal pollution, cooling towers, simulation, temperature fields, humidity