

УДК 613.648.4

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОЛОТВАЛА**Соловьев В.Н., Плещанков И.Г., Левчук А.С., Фокина Г.И., Кузьмина Н.Д.**

Выполнены измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, плотности потока бета-частиц на территории промышленного полигона зольных отходов ТЭЦ на местных видах топлива. Измерена удельная активность радионуклида ^{137}Cs в пробах зольных отходов и воды, отобранных на золоотвале. Выявлены локальные участки с содержанием ^{137}Cs выше минимально значимой удельной активности (МЗУА). На этих участках обнаружено перераспределение радионуклида ^{137}Cs по глубине насыпей с обогащением поверхностных слоев. Такое перераспределение ^{137}Cs может приводить к превышению МЗУА для ^{137}Cs в поверхностных слоях зольных отходов при нормативно допустимых начальных удельных активностях ^{137}Cs в золе.

Ключевые слова: древесное топливо, торф, зола, золоотвал, радионуклид ^{137}Cs .

(Поступила в редакцию 26 мая 2017 г.)

Введение. В Беларуси реализуется программа оптимального использования в топливном балансе местных видов топлива, в том числе возобновляемых источников энергии, базирующаяся, в основном, на технологии сжигания в энергетических и теплогенерирующих установках древесного топлива (топливной щепы, дров, древесных отходов, пеллет), лигнина, торфа, торфобрикетов и их смесей. Энергетический потенциал местных видов топлива по оценке составляет более 4 млн. т у.т. в год. Сжигание местных видов топлива сопровождается высокотоннажным (более 300 тыс. тонн в год) потоком зольных отходов. Древесное топливо и торф в той или иной мере загрязнены радионуклидами либо чернобыльского происхождения, либо глобальных выпадений (контроль ведется по содержанию радионуклида ^{137}Cs).

Действующие в Беларуси технические условия на щепу топливную [1] ограничивают удельную активность ^{137}Cs в щепе уровнем 300 Бк/кг. Для топливного торфа и торфобрикета допустимый уровень удельной активности ^{137}Cs составляет 1220 Бк/кг [2]. Такие уровни содержания ^{137}Cs в топливе позволяют на объектах энергетики – ТЭЦ и мини-ТЭЦ, сжигающих древесное топливо, торф, торфобрикет и смесевые композиции, практически исключить вероятность образования подовой золы с удельной активностью ^{137}Cs более 10000 Бк/кг (выше уровня МЗУА ^{137}Cs) [3]. Однако в последнее время было введено в эксплуатацию современное котельно-топочное оборудование с высокоэффективными системами газоочистки (преимущественно электрофильтрами). Даже при уровнях удельной активности ^{137}Cs в топливе ниже нормативных, зола, улавливаемая в электрофильтрах, может иметь удельную активность ^{137}Cs выше уровня МЗУА. Риски выхода золы с удельной активностью ^{137}Cs выше уровня МЗУА не учитываются техническими нормативами и правилами и требуют дополнительного рассмотрения. Поэтому к местным видам топлива необходим взвешенный подход с оценкой уровня содержания ^{137}Cs в исходном топливе и в зольных отходах, а также оценкой радиационной безопасности при обращении с зольными отходами на котельной. Дополнительным источником радиационной опасности могут служить промышленные полигоны для хранения (захоронения) зольных отходов. В данной работе приведены результаты исследования радиационных характеристик золоотвала в Гомельской области с оценкой мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения на территории золоотвала, а также на отдельных участках с измерением плотности потока β -частиц и удельной активности ^{137}Cs в зольных отходах по глубине до 0,5 м.

Результаты исследования золоотвала. Золоотвал имел форму прямоугольной площадки размером около 100 м на 70 м, обнесенной обваловкой высотой около 2 м. Золоотвал, в соответствии с проектом, оборудован системой дренажа и системой пылеподавления, обнесен забором. Зольные отходы на золоотвале расположены слоями с небольшими насыпями, преимущественно шлакосодержащими. В центральной части золоотвала зольные отходы выровнены для проезда автомобиля. Масса сухих зольных отходов на золоотвале на момент исследований составляла ~ 6000 т, часть из хранящихся отходов являлись отходами электрофильтров с высокой вероятностью удельной активности ^{137}Cs выше 10000 Бк/кг.

В процессе исследований были выполнены измерения мощности эквивалентной до-

зы гамма-излучения на территории золоотвала, отбор проб и измерения содержания ^{137}Cs в пробах золы и воды. Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения измерялась в точках сетки шагом в 20 м в режиме вычитания фона (фон составил 0,047 мкЗв/ч). Среднее значение МЭД по всем измерениям в точках сетки составило:

- на высоте 1,0 м от поверхности золоотвала 0,066 мкЗв/ч над фоном;
- на высоте 0,1 м от поверхности золоотвала 0,054 мкЗв/ч над фоном.

Удельная активность ^{137}Cs в объединенной пробе зольных отходов по всему золоотвалу составила $1045,4 \pm 243,9$ Бк/кг.

Удельная активность ^{137}Cs в воде из дренажной системы (колодец) составила 11 ± 3 Бк/кг. Удельная активность ^{137}Cs в воде из места скопления атмосферных осадков составила < 2 Бк/кг.

Было выявлено пять участков: P1, P2, P3, P4, P5, на которых мощность эквивалентной дозы гамма-излучения у поверхности (0,1 м) превышала уровень 1 мкЗв/ч, на этих участках проведены измерения также плотности потока β -частиц (табл. 1).

Таблица 1. – Результаты измерений мощности эквивалентной дозы гамма-излучения и плотности потока бета-частиц на участках P1, P2, P3, P4, P5

| Место измерения | МЭД, мкЗв/ч | Плотность потока бета-частиц, частиц/(см ² ·мин) |
|-------------------------------------|-------------|---|
| участок P1: южная сторона насыпи | 0,96±0,29 | 47±15 |
| северная сторона насыпи | 1,8±0,6 | 121±37 |
| участок P2 | 4,2±1,3 | 538±162 |
| участок P3 | 3,7±1,2 | 193±58 |
| участок P4: западная сторона насыпи | 1,01±0,31 | 69±21 |
| восточная сторона насыпи | 0,70±0,21 | 69±21 |
| участок P5: южная сторона насыпи | 1,09±0,33 | 88±27 |
| северная сторона насыпи | 1,25±0,38 | 80±24 |

На участках: P1, P2, P3, P4, P5 проведены исследования удельной активности ^{137}Cs в зольных отходах по глубине до 0,5 м. Отбор проб в глубину проводился специальным пробоотборником с шагом 0,1 м. Дополнительно проводился отбор объединенных проб золы с поверхности на каждом участке.

Результаты измерений удельной активности ^{137}Cs в объединенных пробах золы с поверхности каждого участка показаны в табл. 2.

Таблица 2. – Результаты измерений удельной активности ^{137}Cs в объединенных пробах золы с поверхности участков P1, P2, P3, P4, P5

| Место отбора проб | Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг |
|-------------------|---|
| участок P1 | 18700±4400 |
| участок P2 | 76500±17800 |
| участок P3 | 23900±5600 |
| участок P4 | 8200±1900 |
| участок P5 | 12200±2800 |

Удельные активности ^{137}Cs в объединенных пробах золы с поверхности каждого участка достаточно хорошо согласуются с удельными активностями ^{137}Cs в поверхностном слое мест отбора проб в глубину. Результаты измерений удельной активности ^{137}Cs в пробах золы по глубине на каждом из участков показаны на рисунках 1 – 5.

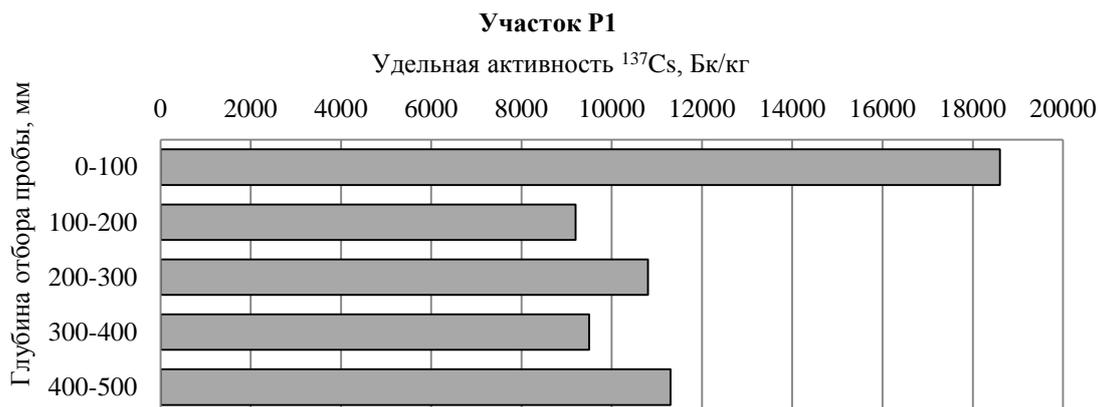


Рисунок 1. – Распределение удельной активности ^{137}Cs по глубине на участке Р1

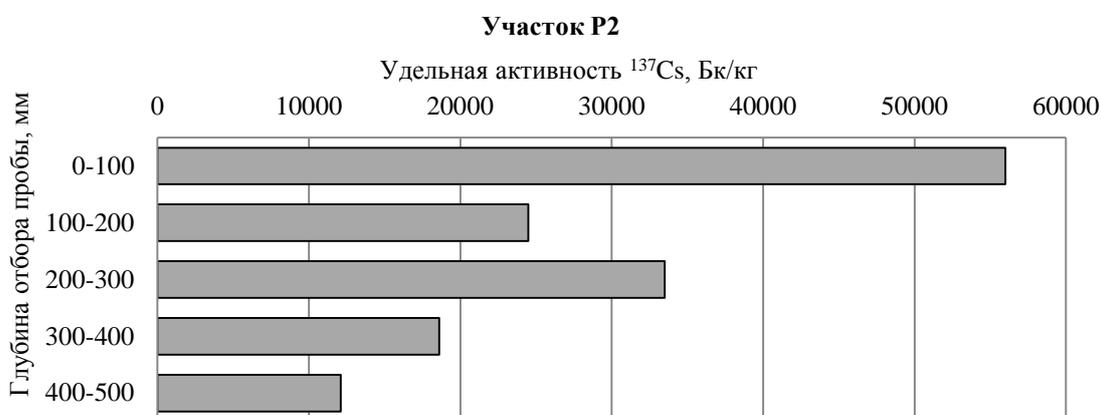


Рисунок 2. – Распределение удельной активности ^{137}Cs по глубине на участке Р2

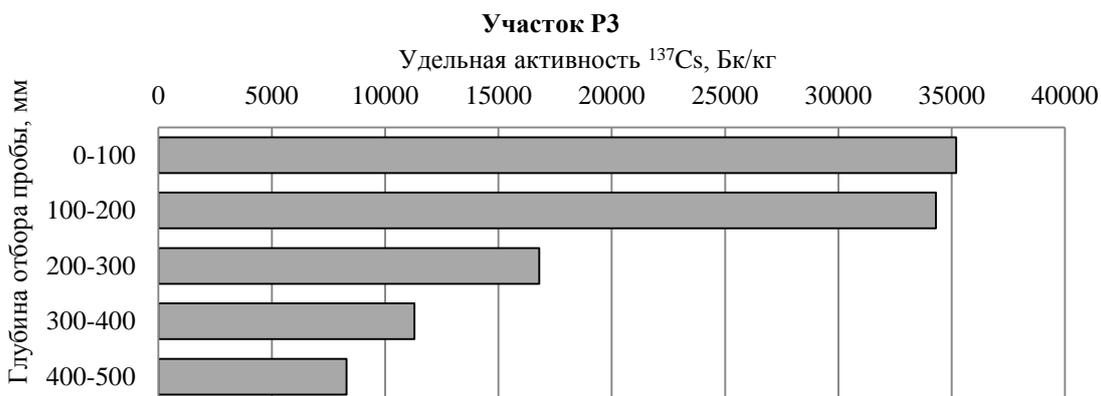


Рисунок 3. – Распределение удельной активности ^{137}Cs по глубине на участке Р3



Рисунок 4. – Распределение удельной активности ^{137}Cs по глубине на участке Р4

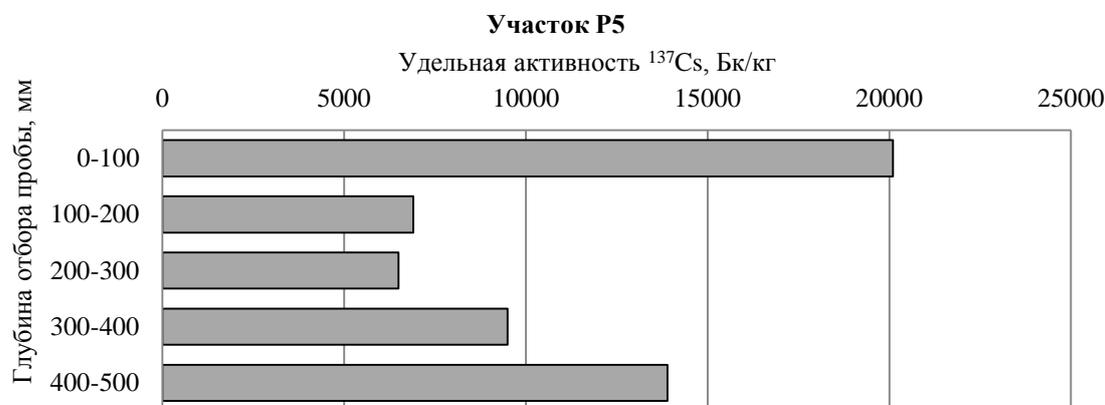


Рисунок 5. – Распределение удельной активности ^{137}Cs по глубине на участке Р5.

Наблюдалось увеличение удельной активности ^{137}Cs в поверхностном слое на всех участках, особенно резко выраженное в поверхностных слоях глубиной до 0,2 м. Относительное распределение удельной активности ^{137}Cs по глубине в среднем по всем исследованным участкам с аппроксимацией степенной функцией показано на рисунке 6.



Рисунок 6. – Относительное осредненное распределение удельной активности ^{137}Cs по глубине

Подобное распределение радионуклида ^{40}K наблюдалось на золотвале Хабаровской ТЭЦ-3 [4]. Такое накопление радионуклида ^{137}Cs в поверхностном слое золы, по-видимому,

связано с эффектом капиллярного подъема водорастворимых солей цезия с водой и последующим испарением воды с поверхности. Такой эффект возможен для мелкодисперсной золы (например уловленной в электрофилт্রে) при поступлении дождевой воды под основание насыпей. Для полуметрового слоя зольных отходов в 20 % золы на поверхности было сконцентрировано около 36 % радионуклида ^{137}Cs . Перераспределение радионуклида на золоотвалах с течением времени может приводить к превышению МЗУА ^{137}Cs в поверхностных слоях зольных отходов при нормативно допустимых начальных удельных активностях ^{137}Cs в золе.

Выводы. Проведенные исследования на золоотвале показали, что основная территория золоотвала заполнена зольными отходами с удельной активностью ^{137}Cs (в объединенной пробе по всему золоотвалу) на уровне около 1000 Бк/кг. Содержание радионуклидов в пробах дренажной воды системы пылеподавления и в пробе дождевых осадков незначительное и близко к допустимому уровню для питьевой воды. Практически на всей территории золоотвала значения МЭД гамма-излучения незначительно превышают фоновые значения МЭД (~ 0,05 мкЗв/ч), в тоже время на отдельных участках фиксировались уровни МЭД более 1 мкЗв/ч. Часть золы на пяти локальных участках (по структуре – зола, уловленная в электрофилтрах) имеет удельную активность выше уровня МЗУА. На данных участках зафиксировано также более высокая плотность потока бета-частиц. Измерения содержания ^{137}Cs по глубине слоя золы на локальных участках показали существенное обогащение радионуклидом ^{137}Cs поверхностных слоев, что, видимо, связано с эффектом капиллярного подъема водорастворимых солей цезия с водой и последующим испарением воды с поверхности. Такое перераспределение ^{137}Cs может приводить к превышению МЗУА для ^{137}Cs в поверхностных слоях зольных отходов при нормативно допустимых начальных удельных активностях ^{137}Cs в золе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щепы топливная. Технические условия: ТУ ВУ 100145188.003-2009. – Введ. 07.04.09. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2009. – 6 с.
2. Допустимые уровни содержания Цезия-137 в продукции на основе торфа: утв. Мин-вом энергетики Респ. Беларусь от 30.12.2006. – Минск, 2006.
3. Критерии оценки радиационного воздействия: гигиенический норматив: утв. постановлением Мин-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 28.12.2012 № 213 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2013. – 8/26850.
4. Черенцова, А.А. Эколого-технологическая оценка состава и свойств золошлаковых отходов (на примере Хабаровской ТЭЦ-3) / А.А. Черенцова // Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. – 2014. – Т. 19, Вып. 5. – С. 1733-1736.

INVESTIGATION OF RADIATION CHARACTERISTICS OF ASH DUMP

Vitaliy Solovyev, Candidate of Technical Sciences

Ihar Pleshchankou

Natallia Kuzmina

Alaida Liauchuk

Halina Fokina

State Scientific Institution «The Joint Institute for Power and Nuclear Research – Sosny», Minsk, Belarus

Purpose. The paper is devoted to study radiation characteristics of ash dump of wood and peat fuel-burning power plant on contaminated territories of Belarus.

Methods. Measurements of the equivalent gamma radiation dose and the beta-particles flux density in the territory of the industrial landfill of the ash waste of wood and peat fuel-burning power plant were performed. The specific activity of ^{137}Cs was measured in the samples of ash and water collected at the ash dump.

Application field of research. The results must be taken into account in the assessment of radiation safety of ash dump of wood and peat fuel-burning power plant on contaminated territories of Belarus.

Conclusion. Abnormally high values of the specific activity of ^{137}Cs were obtained in the ash dump areas with fly ash in the surface layers of ash waste which can create additional exposure of workers serving the ash dump.

Keywords: wood fuel, peat, ash, ash dump, radionuclide ^{137}Cs .

(The date of submitting: May 26, 2017)

REFERENCE

1. *Shchepa toplivnaya. Tekhnicheskie usloviya* [Fuel chips. Technical conditions]: TU BY 100145188.003-2009. Vved. 07.04.09. Minsk: Belarusian State Institute of Standardization and Certification, 2009. 6 p. (rus)
2. *Dopustimye urovni sodержaniya tseziya-137 v produktsii na osnove torfa* [Acceptable levels of cesium-137 in peat products]: utv. Ministerstvom energetiki Resp. Belarus' ot 30.12.2006. Minsk, 2006. (rus)
3. *Kriterii otsenki radiatsionnogo vozdeystviya: gigenicheskiy normativ* [Radiation impact assessment criteria]: utv. postanovleniem Min-va zdravookhraneniya Resp. Belarus' ot 28.12.2012 No. 213. Nats. reestr pravovykh aktov Resp. Belarus'. 2013. 8.6850. (rus)
4. Cherentsova A. A. *Ekologo-tehnologicheskaya otsenka sostava i svoystv zoloshlakovykh otkhodov (na primere Khabarovskoy TETs-3)* [Ecological and technological assessment of the composition and properties of ash and slag wastes (for the example of Khabarovsk TPP-3)]. *Vestnik Tambovskogo universiteta*. Ser. Estestvennyye i tekhnicheskie nauki. 2014. Vol. 19, Iss. 5. Pp. 1733-1736. (rus)