

**НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

УДК 699.887.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ДАМБЕ  
ХВОСТОХРАНИЛИЩА «СУХАЧЕВСКОЕ»**

БЕЛИКОВ А. С.<sup>1</sup>, *д. т. н., проф.*,  
АНДРЕЕВА А. В.<sup>2\*</sup>, *асп.*,  
ПИЛИПЕНКО А. В.<sup>3\*</sup>, *к. т. н., доц.*,  
ШАЛОМОВ В. А.<sup>4</sup>, *к. т. н., доц.*

<sup>1</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепр, 49600, Украина, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепр, 49600, Украина, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [a.v.andreeva8888@gmail.com](mailto:a.v.andreeva8888@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-0361-5346

<sup>3</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепр, 49600, Украина, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [avpilipenko79@mail.ru](mailto:avpilipenko79@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-9644-3118

<sup>4</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепр, 49600, Украина, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [shalomov\\_v\\_a@mail.ru](mailto:shalomov_v_a@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

**Аннотация.** *Постановка проблемы.* Повышение радиационной безопасности в Украине является одной из главных государственных задач в связи со значительным количеством отходов радиоактивного загрязнения, содержащихся на бывших предприятиях промышленного комплекса по переработке урановых руд. *Методика.* Использовали стандартные методы исследований радиационной опасности, рекомендованные НРБУ и МКРЗ. *Результаты.* На первом этапе произведены исследования на дамбе, разделяющей первую и вторую секции Сухачевской промышленной площадки. Длина участка составляет приблизительно 1,5 км, где был выполнен 21 замер с шагом порядка 50 м. В процессе исследований выделено три участка, изменения МЭД  $\gamma$ -излучения на дамбе с характерными признаками нарастания (участки 1 и 2) и спада (участок 3). После обработки полученных данных на ЭВМ (программа Numeri) были получены математические зависимости. Установленные зависимости на участках 1, 2, 3 хорошо описывают распределение МЭД  $\gamma$ -излучения на дамбе. На втором этапе были произведены исследования по маршруту движения от дамбы вокруг первой секции Сухачевской промышленной площадки в сторону дороги Днепр – Каменское, а потом от дороги вдоль первой секции в сторону дамбы. Длина участка составляет приблизительно около 7,5 км, где были произведены 85 замеров с шагом порядка 80...100 м. На третьем этапе выполнены исследования по маршруту движения от дамбы вокруг второй секции Сухачевской промышленной площадки в сторону полей, а потом от полей вдоль второй секции в сторону КПП. Длина участка составляет приблизительно около 5 км, где были произведены 65 замеров с шагом 70...80 м. *Научная новизна.* Впервые на основе проведенных исследований установлены закономерности изменения радиационной опасности на маршрутах охраны хвостохранилищ в зависимости от времени года и климатических условий. *Практическая значимость.* Проведены комплексные исследования на территории бывшего уранового производства ПО ПХЗ, согласно Государственной программе приведения опасных объектов ПО ПХЗ в экологически безопасное состояние и обеспечения защиты населения от вредного влияния ионизирующего излучения, что позволило оценить радиационную опасность на маршрутах движения охраны, примыкающих к хвостохранилищам, – первой и второй секции Сухачевской промышленной площадки.

*Ключевые слова:* радиационная опасность; радиационное загрязнение; дозиметрия; ионизирующие излучения; радионуклиды, доза облучения

**ДОСЛІДЖЕННЯ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ДАМБИ  
ХВОСТОСХОВИЩА «СУХАЧІВСЬКЕ»**

БЕЛІКОВ А. С.<sup>1</sup>, *д. т. н., проф.*,  
АНДРЕЄВА А. В.<sup>2\*</sup>, *асп.*,  
ПИЛИПЕНКО О. В.<sup>3\*</sup>, *к. т. н., доц.*,  
ШАЛОМОВ В. А.<sup>4</sup>, *к. т. н., доц.*

<sup>1</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (0562) 756-34-57, e-mail: [a.v.andreeva8888@gmail.com](mailto:a.v.andreeva8888@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-0361-5346

<sup>3\*</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [avpilipenko79@mail.ru](mailto:avpilipenko79@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-9644-3118

<sup>4</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [shalomov\\_v\\_a@mail.ru](mailto:shalomov_v_a@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

**Анотація. Постановка проблеми.** Підвищення радіаційної безпеки в Україні – одне з головних державних завдань у зв'язку зі значною кількістю відходів радіоактивного забруднення, що містяться на колишніх підприємствах промислового комплексу з переробки уранових руд. **Методика.** Застосували стандартні методи досліджень радіаційної небезпеки, рекомендовані НРБУ і МКРЗ. **Результати.** На першому етапі проведено дослідження на дамбі, що розділяє першу і другу секції Сухачівського промислового майданчика. Довжина ділянки становить приблизно 1,5 км, де був виконаний 21 замір із кроком близько 50 м. У процесі досліджень виділено три ділянки, зміни ПЕД  $\gamma$ -випромінювання на дамбі з характерними ознаками наростання (ділянки 1 і 2) і спаду (ділянка 3). Після обробки отриманих даних на ЕОМ (програма Numeri) отримано математичні залежності. Встановлені залежності на ділянках 1, 2, 3 добре описують розподіл ПЕД  $\gamma$ -випромінювання на дамбі. На другому етапі проведено дослідження по маршруту руху від дамби навколо першої секції Сухачівського промислового майданчика у бік дороги Дніпро – Кам'янське, а потім від дороги вздовж першої секції в бік дамби. Довжина ділянки становить близько 7,5 км, де були проведені 85 замірів з кроком близько 80...100 м. На третьому етапі проведено дослідження по маршруту руху від дамби навколо другої секції Сухачівського промислового майданчика у бік полів, а потім від полів уздовж другої секції в бік КПП. Довжина ділянки становить приблизно 5 км, де проведено 65 замірів із кроком 70...80 м. **Наукова новизна.** Вперше на основі проведених досліджень встановлено закономірності зміни радіаційної небезпеки на маршрутах охорони хвостосховищ залежно від пори року і кліматичних умов. **Практична значимість.** Проведено комплексні дослідження на території колишнього уранового виробництва ВО ПХЗ згідно з Державною програмою приведення небезпечних об'єктів ВО ПХЗ в екологічно безпечний стан і забезпечення захисту населення від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання, що дозволило оцінити радіаційну небезпеку на маршрутах руху охорони, які примикають до хвостосховища, – першої та другої секції Сухачівського промислового майданчика.

*Ключові слова:* радіаційна небезпека; радіаційне забруднення; дозиметрія; іонізуюче випромінювання; радіонукліди; доза опромінення

## INVESTIGATION OF RADIATION TAILINGS DAM "SUKHACHEVSKOYE"

BELIKOV A.S.<sup>1</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

ANDREEVA A.V.<sup>2\*</sup>, *graduate*,

PILIPENKO O.V.<sup>3\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. of Prof.*,

SHALOMOV V.A.<sup>4</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. of Prof.*

<sup>1</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-34-57, e-mail: [a.v.andreeva8888@gmail.com](mailto:a.v.andreeva8888@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-0361-5346

<sup>3\*</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [avpilipenko79@mail.ru](mailto:avpilipenko79@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-9644-3118

<sup>4</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [shalomov\\_v\\_a@mail.ru](mailto:shalomov_v_a@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

**Abstract. Statement of the problem.** Improving Radiation Safety in Ukraine, which is one of the main tasks of the state in connection with a significant amount of radioactive contamination of waste, located on the former industrial complex enterprises for the processing of uranium ores. **Method.** In conducting research using the standard methods of radiation hazard studies recommended by the ICRP and NRB. **Results.** At the first stage we were made studies on the dam that separates the first and second sections "Sukhachevskoye" industrial site. The length is about half a kilometer, which was performed 21 measured in increments of 50 m. In the process of research has been allocated 3 sites, changes in  $\gamma$ -radiation dose rate at the dam with its characteristic signs of growth (section 1 and 2) and recession (section 3). After processing the data on a computer (Numeri program) mathematical relationships

were obtained. Installed according to sections 1, 2, 3 describe well the distribution of  $\gamma$ -radiation dose rate at the dam. In the second phase were carried out research on the movement route from the dam around the first section "Sukhachevskoye" industrial area in the side of the road Dnipro – Kam'yanske, and then the road along the first section of the side of the dam. The length is approximately about seven and a half kilometers, where 85 measurements in increments of about 80...100 m were produced. In the third phase were carried out research on the movement route from the dam around the second section "Sukhachevskoye" industrial site in the direction of the fields, and then from the fields along the second section in the direction of the checkpoint. The length is approximately about five kilometers where 65 measurements in increments of 70...80 m were made. **Scientific novelty.** For the first time, based on studies the regularities of changes in radiation hazard protection on routes tailings, depending on the time of year and weather conditions. **Practical meaningfulness.** Complex investigations on the territory of the former uranium production PA "PCP", according to the State program of bringing dangerous objects PA "PCP" in an environmentally safe condition and to ensure protection of the population from the harmful effects of ionizing radiation, which allowed us to estimate the radiation hazard on the route protection, adjacent to the tailings : the first and the second section "Sukhachevskoye" industrial site.

*Keywords:* radiation hazard; radiation contamination; dosimetry; ionizing radiation; radionuclides; radiation dose

### Постановка проблеми

После распада СССР и закрытия специализированных предприятий, перерабатывающих уран, в нашей стране накопилось большое количество отходов уранового производства. К таким относится и бывшее предприятие уранового цикла – производственное объединение «Приднепровский химический завод», в г. Каменское Днепропетровской области [1–4; 10–12].

### Анализ последних исследований, выделение не решенных ранее частей общей проблемы

Наиболее применимыми методами мониторинга на радиационно загрязненных территориях, таких как хвостохранилища и прилегающие к ним территории для анализа состояния загрязненности окружающей среды являются отбор проб и регистрация (мониторинг) фактических значений и изменений в течение всего календарного года [5; 7–9; 13]:

- отбор проб:
  - воздуха (наличие аэрозолей, пыли и т. п.);
  - воды, атмосферных осадков и т. п.;
  - грунтов (поверхностный, приповерхностный и глубинный);
  - травы, кустарников, деревьев, продуктов питания;
  - донных отложений рек, ручьев;
  - водорослей и рыб;
- определение радионуклидного состава:
  - воздуха;
  - воды;
  - почв;
  - гамма-фона;
- определение:
  - мощности поглощенной дозы;
  - мощности экспозиционной дозы;
  - скорости эксхалляции из грунта;
  - скорости эксхалляции из ограждающих конструкций;
  - объемной концентрации;
  - объемной активности;
  - эквивалентной равновесной объемной активности;

- внешней, внутренней дозы облучения;
- суммарной эффективной дозы облучения.

### Цель работы

Исследование радиационной безопасности в Украине, повышение которой является одной из главных государственных задач в связи со значительным количеством отходов радиоактивного загрязнения, содержащихся на бывших предприятиях промышленного комплекса по переработке урановых руд [1–2; 6].

### Изложение основного материала исследований

На первом этапе нами выполнены исследования на дамбе, разделяющей первую и вторую секции Сухачевской промышленной площадки. Длина участка составляет приблизительно 1,5 км, где был выполнен 21 замер с шагом порядка 50 м (табл. 1 и рис. 1).

Таблица 1

**Данные МЭД  $\gamma$ -излучения на дамбе на маршруте движения между I и II секциями хвостохранилища «Сухачевское» / These gamma-radiation dose rate at the dam on the route between the sections I and II of the tailings "Sukhachevskoye"**

№ точки	МЭД $\gamma$ -излучения мкЗв/ч	№ точки	МЭД $\gamma$ -излучения мкЗв/ч
1	0,15	12	0,63
2	0,21	13	0,71
3	0,19	14	0,46
4	0,27	15	0,32
5	0,29	16	0,27
6	0,33	17	0,39
7	0,39	18	0,17
8	0,75	19	0,15
9	0,31	20	0,12
10	0,43	21	0,10
11	0,47		

По данным таблицы 1 построен график распределения значений МЭД  $\gamma$ -излучения на дамбе в точках замера (рис. 2).

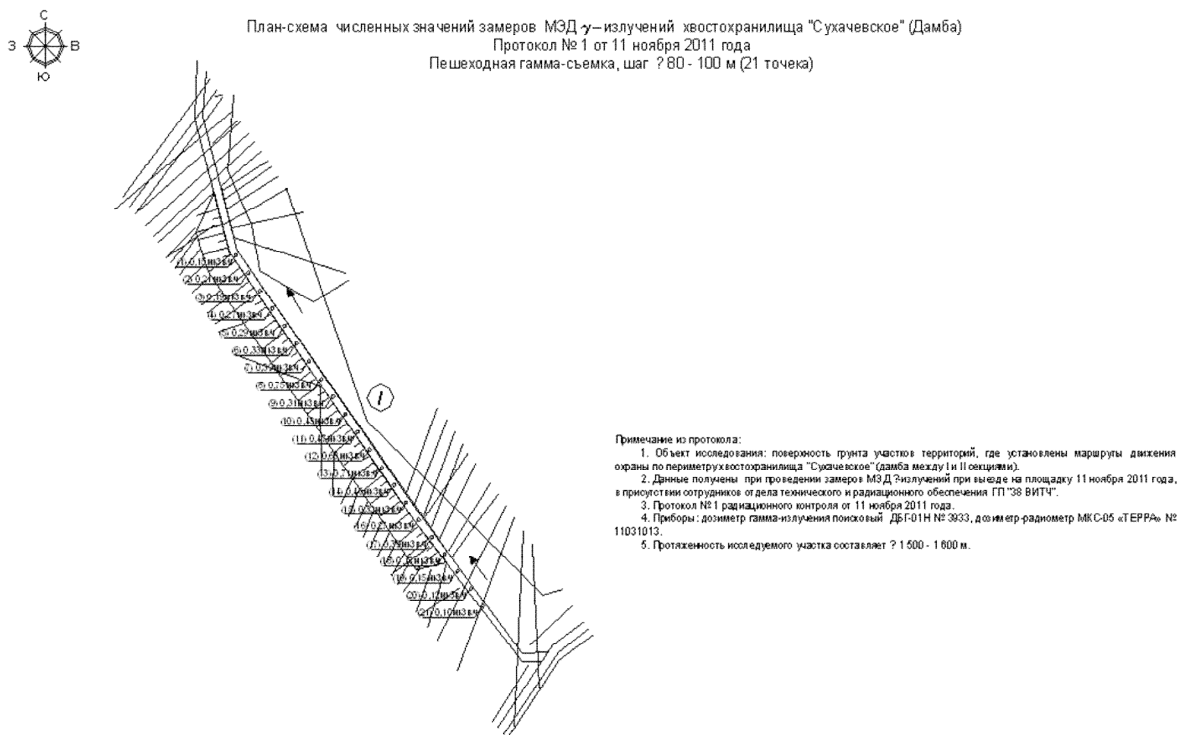


Рис. 1. Схема численних замірів МЭД γ-випромінювання на дамбі по тропі наряду между I и II секціями хвостохранилища «Сухачевське» / Fig. 1. Driving numerical measurements DER gamma-radiation on the dike along the path between the dress I and II sections of the tailings "Sukhachevskoye"

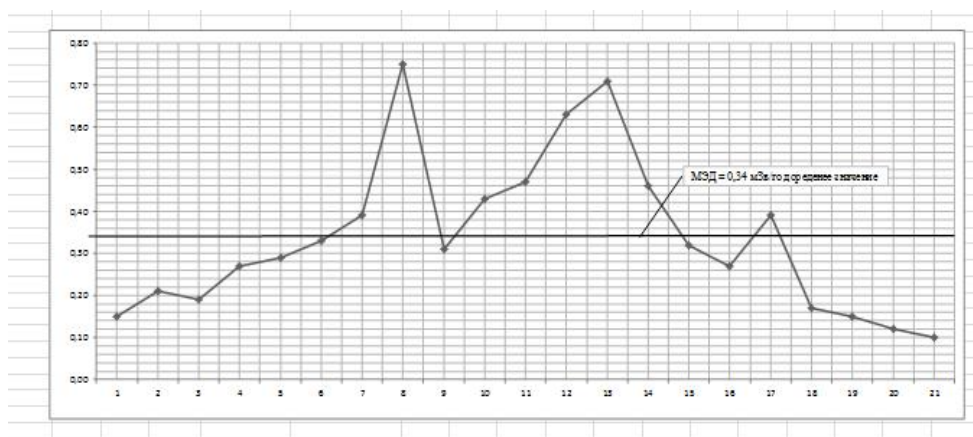


Рис. 2. График распределения значений МЭД γ-випромінювання на дамбі / Fig. 2. Schedule distribution of values of DER γ-radiation dose rate at the dam

В процессе исследований было выделено три участка, изменения МЭД γ-випромінювання на дамбі с характерными признаками нарастания (участки 1 и 2) и спада (участок 3). После обработки полученных данных на ЭВМ (программа Numer1) были получены следующее зависимости:

участок I

$$y = 0,104 + 0,049 x - 0,005 x^2 + 0,0005 x^3; \quad (1)$$

участок II

$$y = 0,23 + 0,0828 x + 0,003 x^2; \quad (2)$$

участок III

$$y = 0,496 - 0,067 x + 0,002 x^2. \quad (3)$$

Установленные зависимости на участках 1, 2, 3 хорошо описывают распределение МЭД γ-випромінювання на дамбі. Было определено, что в начальной (точка № 1) и конечной (точка № 21) точках, на краях дамбы, значения МЭД минимальны, в диапазоне от 0,1 до 0,21 мкЗв/ч, а в средней части дамбы наблюдаются максимальные значения МЭД в точке № 8 – 0,75 мкЗв/ч, в точке № 12 – 0,63 мкЗв/ч в точке № 13 – 0,71 мкЗв/ч. Среднее значение на участке I – дамба, составляет  $MЭД_{ср} = 0,34$  мкЗв/ч, что значительно превышает допустимое значение.

*Проведение натурных замеров в 2011 году по периметру хвостохранилища «Сухачевское» (секция I)*

На втором этапе произведены исследования по маршруту движения от дамбы вокруг первой секции Сухачевской промышленной площадки в сторону дороги Днепр – Каменское, а потом от дороги вдоль первой секции в сторону дамбы. Длина участка составляет приблизительно 7,5 км. Здесь произведены 85 замеров с шагом порядка 80...100 м (табл. 2 и рис. 3).

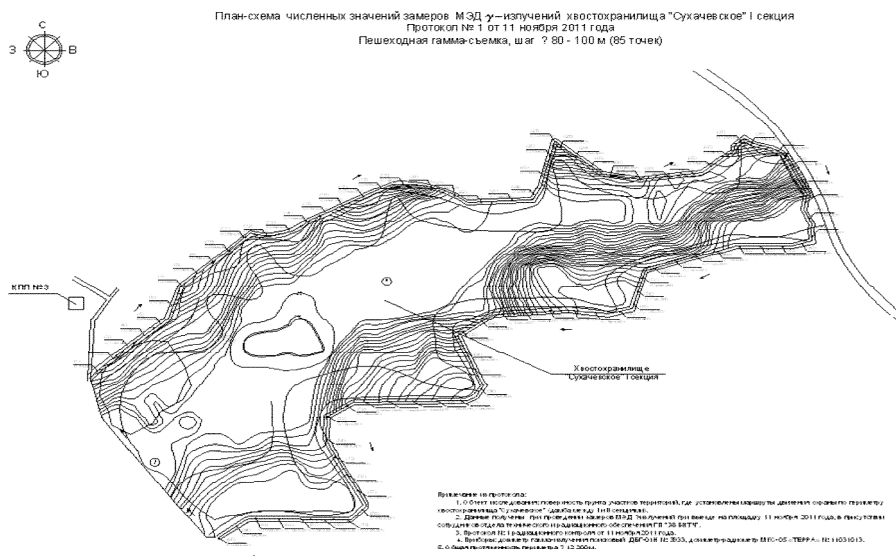
Таблица 2

**Данные МЭД  $\gamma$ -излучения по тропе наряда вокруг I секции хвостохранилища «Сухачевское» / These gamma-radiation dose rate on the trail attire around the I section of the tailings "Sukhachevskoye"**

№ точки	МЭД $\gamma$ -излучения мкЗв/ч	№ точки	МЭД $\gamma$ -излучения мкЗв/ч
1	0,10	44	0,08
2	0,09	45	0,06
3	0,11	46	0,06
4	0,09	47	0,09
5	0,08	48	0,09
6	0,08	49	0,11
7	0,09	50	0,11
8	0,09	51	0,11
9	0,08	52	0,15
10	0,09	53	0,12
11	0,08	54	0,11
12	0,08	55	0,11
13	0,08	56	0,10
14	0,10	57	0,14
15	0,07	58	0,13

16	0,09	59	0,13
17	0,09	60	0,14
18	0,09	61	0,15
19	0,12	62	0,16
20	0,10	63	0,12
21	0,08	64	0,10
22	0,11	65	0,11
23	0,13	66	0,12
24	0,12	67	0,11
25	0,11	68	0,11
26	0,09	69	0,10
27	0,12	70	0,11
28	0,09	71	0,09
29	0,12	72	0,12
30	0,14	73	0,10
31	0,11	74	0,10
32	0,09	75	0,09
33	0,10	76	0,07
34	0,10	77	0,09
35	0,10	78	0,10
36	0,09	79	0,07
37	0,12	80	0,08
38	0,09	81	0,09
39	0,09	82	0,10
40	0,09	83	0,09
41	0,07	84	0,11
42	0,07	85	0,09
43	0,10		

По данным таблицы 2 построен график распределения значений МЭД  $\gamma$ -излучения по тропе наряда вокруг секции I хвостохранилища «Сухачевское» с указанием в каждой точке замера (рис. 4).



*Рис. 3. Схема численных замеров МЭД  $\gamma$ -излучения по тропе наряда вокруг I секции хвостохранилища «Сухачевское» / Fig. 3. Driving numerical measurements DER gamma-radiation on a track attire around the I section of the tailings "Sukhachevskoye"*

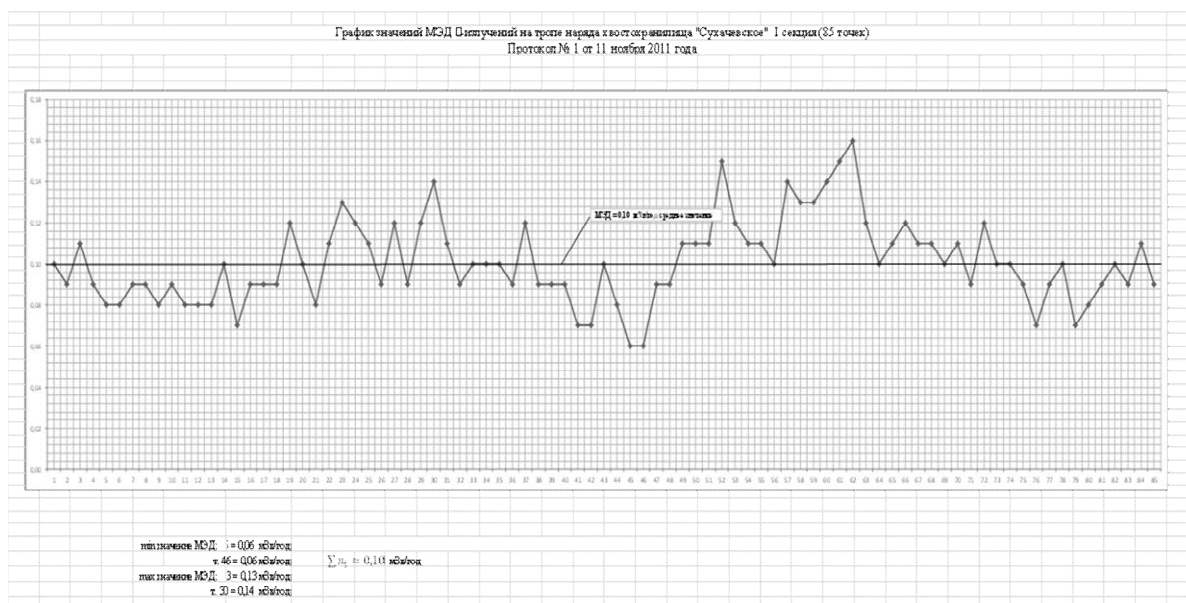


Рис. 4. График распределения значений МЭД  $\gamma$ -излучения вокруг I секции хвостохранилища «Сухачевское» / Fig. 4. Schedule distribution of values of  $\gamma$ -radiation dose rate around the I section of the tailings "Sukhachevskoye"

Установлено, что нет четкой зависимости спада или повышения значений по длине участка II, имеются различные всплески и падения значений МЭД в диапазоне от 0,06 мкЗв/ч в точках (точка № 45, № 46) до 0,14 мкЗв/ч в точках (точка № 30, № 57, № 60). Среднее значение на участке II – секция I, составляет МЭД<sub>ср</sub> = 0,11 мкЗв/ч.

*Проведение натурных замеров в 2011 году по периметру хвостохранилища «Сухачевское» (секция II)*

На третьем этапе выполнены исследования по маршруту движения от дамбы вокруг второй секции «Сухачевской» промышленной площадки в сторону полей, а потом от полей вдоль второй секции в сторону КПП. Длина участка составляет приблизительно 5 км. Здесь произведены 65 замеров с шагом 70...80 м (табл. 3 и рис. 5).

Таблица 3

**Данные МЭД  $\gamma$ -излучения по тропе наряда вокруг II секции хвостохранилища «Сухачевское» / These gamma-radiation dose rate on the trail around the dress II section of the tailings' Sukhachevskoye "**

№ точки	МЭД $\gamma$ -излучения мкЗв/ч	№ точки	МЭД $\gamma$ -излучения мкЗв/ч
1	0,09	34	0,10
2	0,11	35	0,11
3	0,09	36	0,09
4	0,10	37	0,10
5	0,10	38	0,11
6	0,11	39	0,10
7	0,09	40	0,09
8	0,07	41	0,09

9	0,11	42	0,09
10	0,10	43	0,12
11	0,08	44	0,10
12	0,10	45	0,07
13	0,10	46	0,10
14	0,10	47	0,10
15	0,10	48	0,09
16	0,10	49	0,06
17	0,11	50	0,10
18	0,11	51	0,10
19	0,11	52	0,09
20	0,06	53	0,11
21	0,09	54	0,12
22	0,09	55	0,11
23	0,10	56	0,10
24	0,09	57	0,11
25	0,10	58	0,10
26	0,06	59	0,10
27	0,07	60	0,11
28	0,09	61	0,08
29	0,07	62	0,09
30	0,08	63	0,09
31	0,10	64	0,12
32	0,09	65	0,10
33	0,10		

По данным таблицы 3 построен график распределения значений МЭД  $\gamma$ -излучения по тропе наряда вокруг II секции хвостохранилища «Сухачевское» с указанием в каждой точке замера (рис. 6).

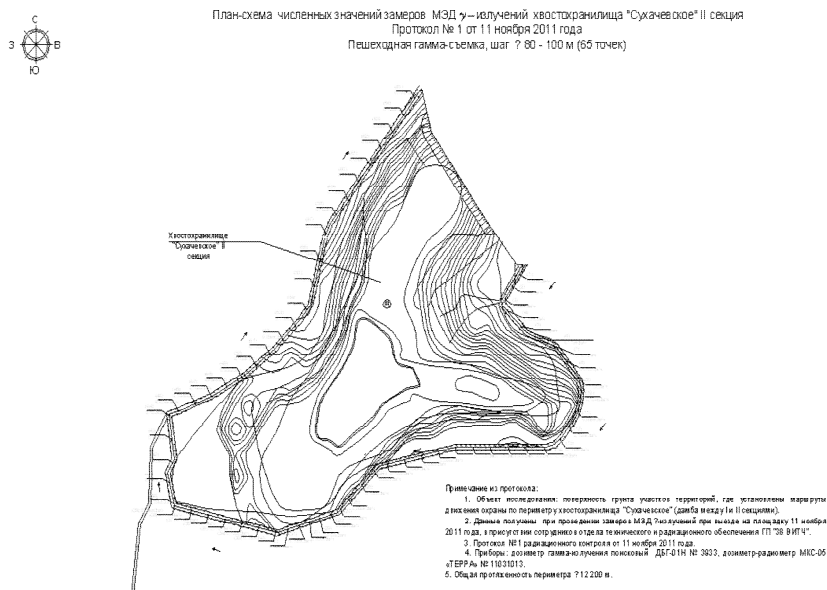


Рис. 5. Схема численных замеров МЭД  $\gamma$ -излучения по тропе наряда вокруг II секции хвостохранилища «Сухачевское» / Fig. 5. Driving numerical measurements DER gamma-radiation on the path around the dress II section of the tailings "Sukhachevskoye"



Рис. 6. График распределения значений МЭД  $\gamma$ -излучения вокруг II секции хвостохранилища «Сухачевское» / Fig. 6. Schedule distribution of values of  $\gamma$ -radiation dose rate around the II section of the tailings "Sukhachevskoye"

### Выводы

В результате исследований установлено, что нет четкой зависимости спада или повышения значений по длине участка III, имеются различные всплески и падения значений МЭД в диапазоне от 0,06 мкЗв/ч в точках (точка № 20, № 26, № 46) до 0,12 мкЗв/ч в

точках (точка № 34, № 54, № 64). Среднее значение на участке III – секция II, составляет  $MЭД_{ср} = 0,10$  мкЗв/ч. По результатам проведенных замеров МЭД гамма-излучений за 2011 год построена сводная карта значений.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Радиационная безопасность зданий и сооружений с учетом инновационных направлений в строительстве : учебник для студентов вузов / А. С. Беликов, Г. С. Калда, А. В. Пилипенко и др.; под общ. ред. А. С. Беликова. – Днепропетровск : «Середняк Т. К.», 2013. – 367 с.
2. Радиационная безопасность зданий с учетом инновационных направлений в строительстве : учебник для студентов вузов / В. Ф. Запрудин, А. С. Беликов, О. С. Гупало и др.; под общ. ред. А. С. Беликова. – Днепропетровск : Баланс-Клуб, 2009. – 352 с.

3. Лисиченко Г. В. Мировой опыт реабилитации урановых производств / Г. В. Лисиченко, В. Е. Ковач // Техногенно-экологическая безопасность и гражданская защита. – Кременчуг, 2011. – Вып. 6. – С.4–12.
4. Коваленко Г. Д. Радиоэкология Украины : монография / Г. Д. Коваленко. – Харьков : ИД «ИНЖЕК», 2013. – 344 с.
5. Rosnick R., 2013, «CAP88-PC Version 3.0 User Guide» available at: URL: [http://www.epa.gov/radiation/docs/cap88/V3userguide\\_020913.pdf](http://www.epa.gov/radiation/docs/cap88/V3userguide_020913.pdf)
6. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) : Державні гігієнічні нормативи. – Київ : Відділ поліграфії укр. центру держсанепідемнагляду МОЗ України, 1998. – 125 с.
7. Sources and effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. – New York. – 2000.
8. Radiation protection. ICRP Publication 60 1990 Recommendations of the International Commission on Radioecological Protection (ICRP). – N.Y. : Pergamon Press, 1991. – 197 p.
9. Bennett B. G. Exposures from worldwide release of radionuclides. Proceeding of an international symposium on environment impact of radioactive release, IAEA, Vienna 8–12 May 1995. – Pp. 3–32.
10. Danielle A. H. Rasolonjatovo, Hiroyuki Suzuki, Naoya Hirabayashi, Tomoya Nunomiya, Takashi Nakamura and Noriaki Nakao. Measurement for the Dose-rates of the Cosmic-ray Components of the Ground. – J. Radiat. Res. – 2002. – 43, SUPPI, S27–33.
11. Hiroyuki Sagawa, Itsumasa Urabe. Estimation of Absorbed Dose Rates in Air Based on Densities of Cosmic Ray Muons and Electrons on the Ground Levels in Japan. – J. of Nuclear Science and Technology. – 2001.– Vol. 38. – № 12. – Pp. 1103–1108.
12. Обращение с отработанными источниками ионизирующего излучения в Украине : монография / [А. А. Кретинин, А. Н. Животенко, О. К. Авдеев, А. Н. Летучий, Л. В. Широков]. – Киев : Куприянова, 2006. – 320 с.
13. Алёшин Ю. Г. Безопасность урановых хвостохранилищ в долговременном аспекте / Ю. Г. Алёшин, И. А. Тороев // Проблемы радиоэкологии и управления отходами уранового производства в Центральной Азии. – Бишкек, 2011. – С. 15–18.

## REFERENCES

1. Belikov A.S., Kalda G.S. and Pilipenko A.V. *Radiatsionnaya bezopasnost zdaniy i sooruzheniy s uchetom innovatsionnykh napravleniy v stroitelstve* [Radiation safety of buildings and structures taking into account the innovative trends in construction]. Dnepropetrovsk : Serednyak T.K., 2013, 367 p. (in Russian).
2. Zaprudin V.F., Belikov A.S. and Gupalo O.S. *Radiatsionnaya bezopasnost zdaniy s uchetom innovatsionnykh napravleniy v stroitelstve* [Radiation safety of buildings taking into account the innovative trends in construction]. Dnepropetrovsk : Balans-Klub, 2009, 352 p. (in Russian).
3. Lisichenko G.V. and Kovach V.E. *Mirovoy opyt reabilitatsii uranovykh proizvodstv* [World experience of rehabilitation of uranium production]. *Texnogenno-ekologicheskaya bezopasnost i tsivilnaya zaschita* [Technogenic and ecological safety of civilian protection]. Kremenchug, 2011, issue 6, pp. 4–12. (in Russian).
4. Kovalenko G.D. *Radioekologiya* [Radioecology]. Harkiv : ID INZHEK, 2013, 344 p. (in Russian).
5. Rosnick R., 2013, «CAP88-PC Version 3.0 User Guide» available at: URL: – [http://www.epa.gov/radiation/docs/cap88/V3userguide\\_020913.pdf](http://www.epa.gov/radiation/docs/cap88/V3userguide_020913.pdf)
6. MOZ Ukraini. *Normi radiatsiyanoi bezpeki Ukraini (NRBU-97)* [State hygiene standards. Radiation Safety Standards of Ukraine]. Kyiv : Viddil poligrafii ukr. tsentru derzhsanepidemnaglyadu, 1998, 125 p. (in Ukrainian).
7. Sources and effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York, 2000.
8. Radiation protection. ICRP Publication 60 1990 Recommendations of the International Commission on Radioecological Protection (ICRP). N.Y. : Pergamon Press, 1991, 197 p.
9. Bennett B.G. Exposures from worldwide release of radionuclides. Proceeding of an international symposium on environment impact of radioactive release, IAEA, Vienna 8–12 May 1995, pp. 3–32.
10. Danielle A.H. Rasolonjatovo, Hiroyuki Suzuki, Naoya Hirabayashi, Tomoya Nunomiya, Takashi Nakamura end Noriaki Nakao. Measurement for the Dose-rates of the Cosmic-ray Components of the Ground. J. Radiat. Res., 2002, 43, SUPPI, pp. 27– 33.
11. Hiroyuki Sagawa, Itsumasa Urabe. Estimation of Absorbed Dose Rates in Air Based on Densities of Cosmic Ray Muons and Electrons on the Ground Levels in Japan. J. of Nuclear Science and Technology, 2001, vol. 38, no. 12, pp. 1103–1108.
12. Kretinin A.A., Zhivotenko A.N., Avdeev O.K., Letuchiy A.N. and Shirokov L.V. *Obraschenie s otrabotannymi istochnikami ioniziruyushchego izlucheniya v Ukraine* [Management of spent sources of ionizing radiation in Ukraine]. Kyiv : Kupriyanova, 2006, 320 p. (in Russian).
13. Alyoshin Yu.G. and Torogev I.A. *Bezopasnost uranovykh hvostokhranilishch v dolgovremennom aspekte* [Security of uranium tailings in the long-term aspect]. *Problemy radioekologii i upravleniya othodami uranovogo proizvodstva v Tsentralnoy Azii* [Problems of radioecology and waste management of uranium production in Central Asia]. Bishkek, 2011, pp. 15–18. (in Russian).

*Статья рекомендована к публикации докт. биолог. наук, проф. Г. Г. Шматковым (Украина); докт. техн. наук, проф. С. З. Полищуком (Украина)*

Поступила в редакцию 11.01.2017

Принята к печати 17.01.2017