

В. В. Снопков

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕХОДА ОТ УДЕЛЬНОЙ К ПЛОЩАДНОЙ АКТИВНОСТИ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК

Научный руководитель канд. мед. наук, доц. А. Р. Аветисов

Кафедра радиационной медицины и экологии,

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

***Резюме.** В данной работе доказана возможность использования формулы Гавшина В. Н. при переводе удельной активности в площадную на примере радионуклида Cs-137 в различных методах компьютерного моделирования радиоэкологической ситуации.*

***Ключевые слова:** cs-137, удельная активность, площадная активность, формула Гавшина В. Н.*

***Resume.** In the present study we proved the possibility of using Gavchin's formula in conversion of the specific activity to the area activity (based on the example of the radionuclide Cs-137) in the various methods of computer simulation of the radioecological situation is proved.*

***Keywords:** cs-137, specific activity, area activity, Gavshin's formula.*

Актуальность. В настоящее время метод компьютерного моделирования является точным, оперативным и дешевым дополнительным инструментом мониторинга радиоэкологической ситуации, так как не всегда представляется возможным измерение доз и рисков на практике из-за существенных затрат времени и средств.

Но для применения данного метода на практике требуются специфические данные, которые отсутствуют в открытом доступе. Примером может служить программный комплекс RESRAD, использующий значения удельной активности в размерности pCi/g . При этом большинство научно-исследовательских центров располагают данными площадной активности в размерности Ки/км^2 или Бк/м^2 .

Поэтому возникла необходимость поиска не только точной, но и удобной в применении формулы перевода площадной активности в удельную, которая корректно бы отражала реальные данные.

Цель: обоснование использования доступных в литературе математических моделей пересчета поверхностной активности радионуклида в удельную для корректного компьютерного моделирования дозовых нагрузок и рисков.

Задачи:

1. Проанализировать распределение Cs-137 в почвах по данным литературных источников.
2. Сравнить различные подходы к расчету поверхностной активности в различающихся по типу распределения Cs-137 почвах.
3. Найти наиболее адекватную модель пересчета удельной активности в площадную.

Материал и методы. В исследовании были использованы результаты наблюдений радиометрической обстановки по данным Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС) подразделения ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» за 2015 год на ландшафтно-геохимических полигонах Вылево-3 и Жуковец. Применены различные математические модели пересчета удельной активности в площадную с учетом неравномерного распределения Cs-137 в исследуемых почвах. В расчетах также используются данные о послойном содержании Cs-137 на различных глубинах залегания в точках отбора проб почв. Использована программа компьютерного моделирования радиационного загрязнения, доз и рисков облучения RESRAD Onsite v.7.2. Результаты различных методов пересчета активностей были обработаны и сопоставлены с результатами расчетов НСМОС (рисунок 1).

Результаты и их обсуждение. В конце 80-х годов на территории БССР не было общепринятого стандарта глубины керна. Известны экземпляры как менее 10 см, так и более полуметра глубиной. В настоящее время стандартная глубина керна в РБ, используемая НСМОС, равняется 20 см. Для сравнения в соседней Украине используется керн глубиной в 30 см (рисунок 1).

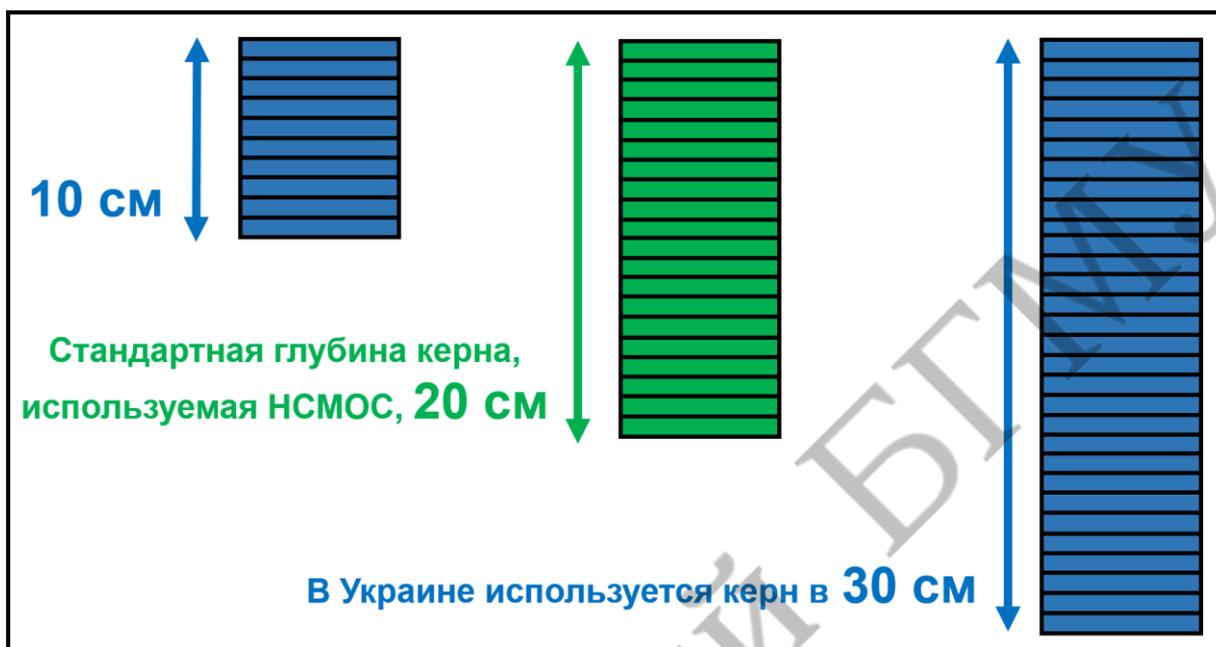


Рисунок 1 – Сравнение глубины кернов

Для проведения расчетов были использованы данные с двух различных по типу почв ландшафтно-геохимических полигонов (ЛГХП), а именно пахотная и лесная почвы. Также было проанализировано процентное распределение Cs-137 в этих почвах, где равномерность и глубина залегания существенно отличаются.

В случае ЛГХП Вылево-3 на глубине до 15 см распределение Cs-137 равномерное, затем наблюдается постепенное уменьшение его содержания с глубиной вплоть до полного отсутствия на глубине более 30 см. В случае ЛГХП Жуковец основное содержание Cs-137 в почве приходится на глубину до 7 см. Глубже содержание Cs-137 в почве резко уменьшается. Глубже 30 см Cs-137 не наблюдался.

В результате было обнаружено, что в верхних 5 см почвы на Вылево-3 процентное содержания Cs-137 различаются более чем в 2 раза. На глубине 10 см в полтора раза. Но на глубине 20 см заметной разницы не наблюдалось. Такая же ситуация для 25 см соответственно (Таблица 1).

Таблица 1. Процентное распределение Cs-137 в исследуемых почвах

(см)	Вылево-3 (%)	Жуковец (%)
5	24,20	51,10
10	53,00	83,10
15	83,30	93,20
20	96,60	98,00

25	99,35	99,30
30	100,00	100,00

Также на распределение Cs-137 в почве влияет его миграция. На сегодняшний день её скорость снизилась с 0,8 до 0,2-0,3 см/год. Из этого можно сделать вывод, что в ближайшие годы ситуация принципиально не изменится, и можно использовать имеющиеся данные для проведения дальнейших расчетов.

В литературных источниках имеется достаточно большое количество формул для перевода одних видов активностей в другие. Нами было выделено несколько формул: Формула Гавшина В. Н. и формула ослабления активности в почве, где A – удельная активность керна, D и ρ – плотность почвы, H – глубина керна, d – глубина залегания исследуемого слоя, e – экспонента (рисунок 2).

$$P = A \cdot D \cdot H \quad A = A_0 \cdot e^{-\mu \rho d}$$

Рисунок 2 – Формула Гавшина В. Н. и формула ослабления активности

Формула Гавшина В. Н. математически не учитывает коэффициент экранирования почвы (т. е. ослабления) в отличие от формулы ослабления активности. Коэффициент ослабления почвы означает, что вклад в площадную активность глубоко залегающего Cs-137 будет меньше, чем более поверхностно расположенного. Поэтому мы решили проверить соответствие результатов по формуле Гавшина В. Н. и расчетов с использованием коэффициента ослабления, а также его влияние на вклад в площадную активность.

Для расчетов мы использовали единичную активность керна (1 Ки/кг). Отсюда была найдена масса всего Cs-137 в керне. С учетом распределения активности в керне, была найдена ослабленная активность по формуле с учетом коэффициента ослабления и глубины залегания слоя. Все активности были просуммированы, а также построены графики зависимости активности от глубины залегания слоя.

Несмотря на достаточно высокое содержание Cs-137 в почве на глубине от 10 до 20 см, реальный вклад в поверхностную активность заметно снижен. Но он достаточно велик, чтобы его вклад не учитывать в поверхностную активность. На глубине более 20 см вклад Cs-137 в поверхностную активность составляет менее 1-2% от общего вклада (рисунок 3).



Рисунок 3 – Распределение активности на ЛГХП Вылево-3

Схожая картина наблюдается и в случае с ЛГХП Жуковец, но резкое падение вклада в поверхностную активность с учетом распределения Cs-137 наблюдается уже на глубине более 10 см (рисунок 4).



Рисунок 4 – Распределение активности на ЛГХП Жуковец

Из этого следует, что оптимальная глубина керна для проведения радиобиологических исследований составляет 20 см.

В отчетах НСМОС определено, что для проведения исследований почв также используется стандартный керн в 20 см глубиной, а содержание Cs-137 почве сильно разнится даже на достаточно однородных по типу почвы ЛГХП. Также определена формула по которой производятся расчеты (рисунок 5).

$$Q = A \cdot P / S$$

Рисунок 5 – Формула, используемая НСМОС

В формуле не учитывается плотность почвы в пробе. Расчет ведется по параметрам, определенным опытным путем для каждой измеренной пробы (глубина керна

20 см – стандарт, измеренные масса и активность керна). Также используется вне зависимости от типа почвы, и является общепринятым стандартом определения поверхностной активности почв в Республики Беларусь.

При сравнении формул выяснилось, что формула Гавшина В. Н. является являеся полным отражением формулы, используемой в НСМОС, т.е. используются схожие физические величины (рисунок 6).

$$Q = [\cancel{\text{Bq/kg}}] \cdot [\cancel{\text{kg}}] / [\cancel{\text{m}^2}] = [\text{Bq/m}^2]$$
$$P = [\cancel{\text{Bq/kg}}] \cdot [\cancel{\text{kg/m}^3}] \cdot [\cancel{\text{m}}] = [\text{Bq/m}^2]$$

Рисунок 6 – Соразмерность величин

Расчетные и реальные измерения совпадают при использовании плотности почвы 1,35 г/см³ (совпадает с данными РУП НПЦ "Института почвоведения и агрохимии") и глубины 20 см (совпадает с керном, используемым в НСМОС).

Выводы:

1 Оптимальная глубина керна составляет 20 см, что и принято за стандарт как в НСМОС, так и в расчетах для использования в программе RESRAD.

2 Для пересчета данных НСМОС с помощью формулы Гавшина В. Н. необходимо использовать плотность почвы, равную 1,35 г/см³ (среднее значение для пахотных земель Республики Беларусь по данным РУП НПЦ "Института почвоведения и агрохимии").

3 Так как формула, используемая НСМОС, и формула Гавшина В. Н. по физическому смыслу не отличаются, то погрешности расчетов будут минимальны при использовании рекомендуемых параметров.

4 Формулу Гавшина В. Н. можно рекомендовать к использованию для компьютерного моделирования радиоэкологической ситуации.

V. V. Snopkov

THE RATIONALE FOR THE USE OF THE COEFFICIENTS OF THE TRANSITION FROM THE SPECIFIC TO THE AREAL ACTIVITY FOR COMPUTER SIMULATION OF RADIATION DOSES

Tutors: associate professor A. R. Avetisov

*Department of Radiation Medicine and Ecology,
Belarusian State Medical University, Minsk*

Литература

1. Лещенко, В. Г., Ильич, Г. К. Медицинская и биологическая физика : учеб. пособие / В. Г. Лещенко, Г. К. Ильич. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2012. – 522 с.

2. Рихванов, Л. П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиоэкологии : учебное пособие / Л. П. Рихванов. – Томск: SST, 2009. – 430 с.

3. Белорусский научно-исследовательский центр «Экология» [Электронный ресурс] : результаты наблюдений НСМОС, 2015 г. – Электрон. дан. – Минск: БЕЛ НИЦ Экология, 2015. – Режим доступа: <http://www.ecoinfo.by/> (дата обращения: 04.04.17).