

### 0.1. Яковлев Г. Моделирование реакции радиационного фона приземной атмосферы на ливневые осадки

Радон и его дочерние продукты распада являются природными радионуклидами, распространенными в атмосфере по всему земному шару. Изотоп радона  $^{222}\text{Rn}$  образуется в результате радиоактивного распада  $^{226}\text{Ra}$  в цепочке  $^{238}\text{U}$ , содержащегося в земной коре. Будучи инертным газом с периодом полураспада в 3.8 дня  $^{222}\text{Rn}$  покидает литосферу и легко рассеивается в атмосфере, не взаимодействуя с ее компонентами. Гамма-излучающие продукты распада радона  $^{214}\text{Pb}$  и  $^{214}\text{Bi}$  имеют короткий период полураспада 26.8 и 19.9 минут, соответственно, поэтому могут накапливаться в атмосфере в достаточно больших активностях. Они могут присоединяться к существующим в атмосфере аэрозолям. При выпадении жидких атмосферных осадков дождевые капли осаждают на поверхность земли, как нерадиоактивные аэрозоли, так и  $^{214}\text{Pb}$  и  $^{214}\text{Bi}$ . Хотя фундаментальная физика образования облаков и осадков известна давно [1], всесторонняя количественная модель этого явления до сих пор не разработана из-за недостаточной точности знания параметров процессов в облаках. В настоящее время активно ведется наблюдение за динамикой радиоактивных выпадений, в том числе и с целью верификации существующих моделей и корректировки их параметров [1–5]. Наблюдение за динамикой продуктов распада радона является полезным инструментом в изучении химии и физики аэрозолей атмосферы, образования облаков и переноса атмосферных масс. Исследования естественного атмосферного излучения имеют большое значение в таких областях применения, как охрана здоровья человека и радиационная безопасность атомных станций.

Для моделирования динамики гамма-фона в периоды выпадения жидких атмосферных осадков, создаваемого осажденными на земную поверхность изотопами  $^{214}\text{Pb}$  и  $^{214}\text{Bi}$ , было сделано допущение о том, что радионуклиды вымываются только из подоблачного пространства. Это позволяет для воздушного столба определенной высоты (принимаемой равной высоте нижней границы облака) и основания в  $1 \text{ м}^2$  использовать интегральное значение функции распределения (от высоты) объемной активности каждого радионуклида. В периоды выпадения осадков интегральные значения активности радионуклидов в столбе высотой определенной высоты можно определить исходя из предложенной системы уравнений с учетом начальных условий радиоактивного равновесия.

Для проверки описанной модели было использовано несколько случаев ливневых осадков зарегистрированных в г. Томске на территории геофизической обсерватории ИМКЭС СО РАН.

В работе рассматривается разработанная мате-

матическая модель восстановления мощности дозы, учитывающая плотность потока радона с поверхности грунта, продолжительность и интенсивность осадков. Модель прошла проверку сопоставлением экспериментальных и восстановленных данных. Ее эффективность подтверждена высоким коэффициентом детерминации ( $R^2 = 0.81\text{--}0.99$ ) измеренной и восстановленной мощности амбиентного эквивалента дозы во время одиночных и серии ливней.

Предложенная модель удобна для программной реализации в качестве алгоритма восстановления суммарной мощности дозы гамма-излучения.

#### Список литературы

- [1] Takeuchi N., Katase A. Rainout-washout model for variation of environmental gamma-ray intensity by precipitation // Journal of Nuclear Science and Technology. 1982. Т. 19. №. 5. С. 393–409.
- [2] Bottardi C., Alberi M., Baldoncini M. et al. Rain rate and radon daughters' activity // Atmospheric Environment. 2020. Т. 238. С. 117728.
- [3] Ambrosino F. et al.  $^{214}\text{Bi}/^{214}\text{Pb}$  radioactivity ratio three-year monitoring in rainwater in Prague // Nukleonika. 2020. Т. 65. №. 2. С. 115–119.
- [4] Яковлева В.С., Нагорский П.М., Черепнев М.С. Формирование  $\alpha$ -,  $\beta$ -и  $\gamma$ -полей приземной атмосферы природными атмосферными радионуклидами // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2014. №. 1 (8). С. 86–96.
- [5] Takeyasu M., Iida T., Tsujimoto T., Yamasaki K. Measurements of concentrations and its ratio of radon decay products in rainwater by gamma-ray spectrometry with a low background germanium detector // International Congress Series. Elsevier, 2005. Т. 1276. С. 289–290.