

К.Н. Орлова, Н.С. Абраменко, А.А. Семенов

(Юргинский технологический институт Томского политехнического университета;
e-mail: kemsur@rambler.ru)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ И КРАТНОСТИ ОСЛАБЛЕНИЯ ОБЛАЧНОСТИ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Представлены исследования фоновых значений мощности эквивалентной дозы гамма-излучения в различную погоду (ясную, облачную и пасмурную). Показано изменение мощности дозы гамма-излучения в зависимости от погоды и способность облачности экранировать гамма-излучение. Разработана методика расчёта коэффициента поглощения и кратности ослабления облачности.

Ключевые слова: радиационная безопасность, экологический мониторинг, гамма-излучение.

K.N. Orlova, N.C. Abramenko, A.A. Semenov

DETERMINATION OF THE ABSORPTION COEFFICIENT AND THE MULTIPLICITY OF REDUCING CLOUDINESS WITH THE PASSAGE OF GAMMA RADIATION

The results of research of background values of power equivalent dose of gamma radiation in different weather (clear, cloudy and overcast) are given. The change of the dose rate of gamma radiation, depending on the weather and the ability to escape the cloud of gamma radiation are presented. The method of calculation of the absorption coefficient and the multiplicity of reducing cloudiness are made.

Key words: radiation safety, environmental monitoring, gamma radiation.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 14 октября 2013 г.

В современном мире есть множество нерешенных проблем, одной из которых является поиск инженерных решений для защиты от радиационного излучения, например, в случае ядерного взрыва или утечки на радиационно-опасном объекте. Как известно, немаловажным фактором распространения радиации является атмосфера, в частности, облачность.

На данном этапе развития общества вполне технически реализуемым является создание или удаление облачных скоплений. Целью проведенного авторами исследования является определение способности облачности задерживать и экранировать гамма-излучение и, следовательно, использовать облачность для защиты от гамма-излучения. Задачи исследования:

- определить мощность дозы гамма-излучения в ясную погоду;
- определить мощность дозы гамма-излучения в облачную погоду;
- определить мощность дозы гамма-излучения в пасмурную погоду;
- рассчитать коэффициент поглощения облачности и кратность ослабления при прохождении гамма-излучения.

По данным Международной комиссии по радиологической защите, в большинстве стран, в том числе России [1, 2], источники ионизирующего излучения природного происхождения создают около 50 % средней дозы облучения человека. При этом, согласно исследованиям, около 30 % естественного фона [3] составляют именно космические частицы.

Космическая радиация врывается в верхние слои атмосферы Земли, которая обеспечивает эффективную защиту для всего живого, не пропуская большую часть радиоактивных частиц. Космические лучи состоят из "галактических" частиц, которые происходят за пределами Солнечной системы, и "солнечных" частиц, испускаемых солнцем. **Солнечная радиация** – энергичные заряженные частицы – электроны, протоны и ядра, инжектированные Солнцем в межпланетное пространство. **Галактическая радиация** – ядра различных химических элементов с кинетической энергией более нескольких десятков $MэВ/нуклон$, а также электронов и позитронов с $E > 10 MэВ$. Космические лучи состоят из атомных частиц высоких энергий, около 87 % которых составляют протоны. Около 11 % из них – альфа-частицы, примерно 1 % – более тяжёлые атомы, а остальные 1 % – электроны. В атмосфере "солнечные" частицы производят каскады ядерного взаимодействия, которые дают много вторичных частиц, играющих важную роль в "производстве" космических радионуклидов. В основном вторичным продуктом распада большинства космических частиц будет являться гамма-излучение.

При прохождении излучения через атмосферу наблюдаются высотный, барометрический и геомагнитный эффекты:

1. **Высотный эффект** – зависимость интенсивности излучения I от высоты точки наблюдения над уровнем моря H . Чем выше точка наблюдения, тем больше будет "вклад" космического излучения. Наблюдения проводились на высоте 200-300 м над уровнем моря. Эта высота соответствует большинству городов на территории России.

2. **Барометрический эффект** – зависимость интенсивности космического излучения I от атмосферного давления P в точке наблюдения.

3. **Геомагнитные эффекты** (широтный и долготный) – зависимость интенсивности и энергетического спектра космического излучения от геомагнитных координат точки наблюдения.

Проведение измерений дозиметрических характеристик производилось в течение весны и осени 2011 г. Замеры производились ежедневно в 14 часов дня, так как это – время наибольшей солнечной активности. Показания снимались на одинаковом расстоянии – 1 м от грунта, строго в горизонтальном положении при величине относительной погрешности не более 10 % [4]. Измерения на высоте 1 м – это своеобразный стандарт, связанный с определенной геометрией и соотношением гамма- и бета-излучений и местоположением наиболее чувствительной части тела стоящего человека. При проведении эксперимента погода условно подразделилась на ясную, облачную и пасмурную. Экспериментальные данные обрабатывались в программе ORIGIN и проводилась аппроксимация результирующей кривой. Результаты показаны на рис. 1 и 2.

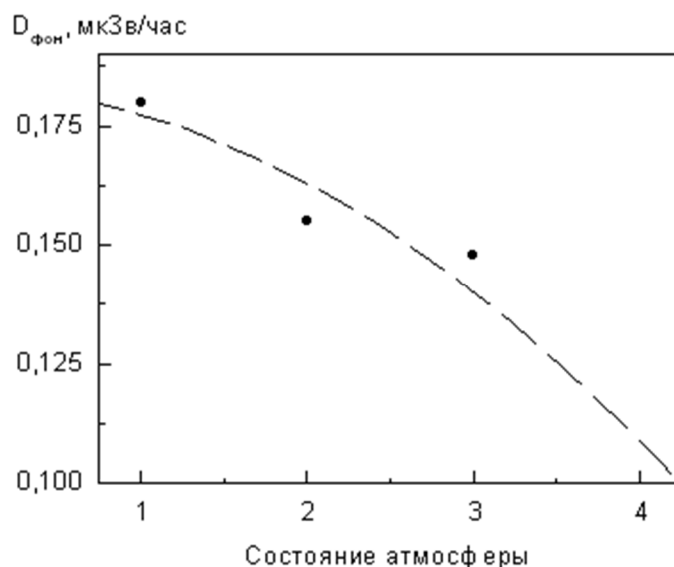


Рис. 1. Зависимость фонового значения излучения от типа погоды, весна 2011:
1 – ясная погода, 2 – облачная погода, 3 – пасмурная погода

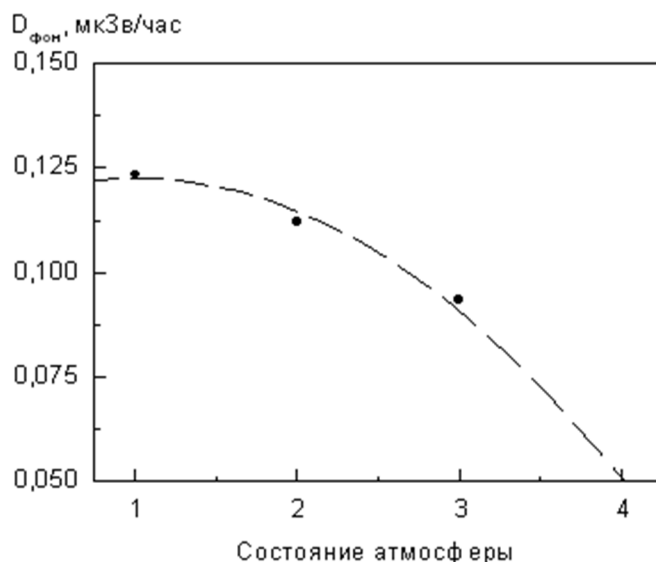


Рис. 2. Зависимость фонового значения излучения от типа погоды, осень 2011:
1 – ясная погода, 2 – облачная погода, 3 – пасмурная погода

Для определения коэффициента поглощения облачности использовалась формула для ослабления интенсивности узкого моноэнергетического пучка гамма-излучения с толщиной слоя в веществе.

$$I = I_0(\exp(-\mu \cdot x)),$$

где I – интенсивность;

I_0 – начальная интенсивность гамма излучения;

μ – линейный (массовый) коэффициент поглощения;

x – толщина слоя.

А для параллельного потока гамма излучения:

$$I = I_0(\exp(1 - \mu \cdot x)).$$

Доза гамма-излучения пропорциональна интенсивности и мощности дозы гамма излучения, значит, будут справедливы следующие выражения:

$$H = H_0(\exp(1 - \mu \cdot x)).$$

Путём математических преобразований получаем выражение для коэффициента поглощения:

$$\mu = \frac{1 - \ln \frac{H}{H_0}}{x}.$$

Подставляя значения мощности дозы гамма-излучения и среднее значение высоты облачных скоплений среднего яруса (2000-3000 м) получаем значение коэффициента поглощения облачности:

$$\mu_{\text{облачности}} = 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1}.$$

Для сравнения: коэффициент поглощения для воздуха и свинца:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{воздуха}} &= 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1}; \\ \mu_{\text{свинца}} &= 1,18 \text{ м}^{-1}. \end{aligned}$$

Коэффициент поглощения свинца, несомненно, больше, но облачность порядка 3000 м может ослабить гамма излучение в два и более раз.

Аналогичным образом была выведена и рассчитана кратность ослабления гамма излучения – как одна из основных характеристик защитных экранов от гамма-излучения, показывающая, во сколько раз необходимо уменьшить мощность экспозиционной дозы, чтобы получить заданные (предельно допустимые) значения мощности дозы гамма-излучения $H_{\text{пред}}$:

$$K = \frac{H}{H_{\text{пред}}};$$
$$\begin{aligned} K_{\text{облачная}} &= 0,90; \\ K_{\text{пасмурная}} &= 0,80. \end{aligned}$$

Выводы

В результате исследования установлено, что средние значения мощностей эквивалентной дозы гамма-излучения в ясную погоду выше, чем в пасмурную погоду. Несомненно, имеет место экранирование и поглощение гамма-излучения в толще облачных скоплений. Рассчитан коэффициент поглощения гамма-излучения и кратность ослабления гамма-излучения для пасмурной и облачной погоды.

В дальнейшем планируется более детальное исследование процессов дезинтеграции космических лучей и влияния солнечной активности на годовую дозу гамма-излучения, получаемую человеком.

Литература

1. СанПиН 2.6.2523-09 "Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009" от 7 июля 2009 г., № 47: Зарегистрировано в МинЮсте РФ 14 августа 2009 г., № 14534.
2. **Федеральный закон** ФЗ "О радиационной безопасности населения" от 9 января 1996 г., № 3.
3. **James E. Martin**. Physics for radiation protection, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2006.
4. **Дозиметр** гамма-излучения ДКГ-03Д "Грач". Руководство по эксплуатации, 2005.