

УДК 551.510.7+551.577.7

**ДИНАМИКА ЕСТЕСТВЕННОГО РАДИОАКТИВНОГО ФОНА
И РАДИОАКТИВНОСТЬ ОСАДКОВ****¹Г.А. Ситников, ¹А.В. Леухин, ²А.Р. Сазонов**¹Марийский государственный университет, Йошкар-Ола
²Лаборатория радиационного контроля ООО «Висан», Йошкар-Ола

В работе приведены результаты длительных экспериментов по динамике изменения значений естественного радиоактивного фона. Показано, что значительное изменение его значения при выпадении естественных осадков обусловлено многократным по сравнению с поверхностными водами увеличением активности за счет вымывания из атмосферы ^{214}Bi , являющегося продуктом распада радона.

The article presents the results of the experiments on the dynamics of natural radioactivity changes that have been carried out over a long period of time. It is shown, that the significant change of its value during rain and snow is caused by the increase in activity due to the fact that ^{214}Bi – the yield of radon decay is washed away from the atmosphere.

В работе приведены результаты длительных экспериментов по динамике изменения значений естественного радиоактивного фона. Показано, что значительное изменение его значения при выпадении естественных осадков обусловлено многократным по сравнению с поверхностными водами увеличением активности за счет вымывания из атмосферы ^{214}Bi , являющегося продуктом распада радона.

Где бы ни находился человек – на предприятии или в доме, в самолете или в поезде, в горах или на поверхности океана, он всегда подвержен воздействию радиации. Все живые существа, населяющие нашу планету, в том числе и человек, развивались и развиваются в условиях постоянного контакта с радиоактивными веществами.

Все источники радиации можно разделить на три группы:

- природные или естественные, к которым относятся космическое излучение и излучение от естественных радионуклидов, содержащихся в земной коре и объектах окружающей среды;
- техногенные, образовавшиеся за счет локального изменения распределения естественных источников радиации в результате деятельности человека (например, за счет сжигания каменного угля);
- антропогенные – источники, созданные человеком, например, рентгеновские аппараты, реакторы, термоядерное оружие и т. д.

В настоящее время эффективная доза, обусловленная естественными, техногенными и антропогенными радиоактивными источниками составляет 4,12 мЗв/год. При этом 65% приходится на естественные источники. На рентгенодиагностические процедуры приходится 34% дозы, а на остальные антропогенные

источники приходится примерно 1% от суммарного лучевого воздействия.

Естественный фон сильно зависит от географического месторасположения и его значение может испытывать существенные изменения вследствие, в основном, изменения солнечной активности. Однако особую тревогу у населения вызывают часто недостоверные сведения о резком увеличении радиоактивного фона, связанные с авариями на различных объектах.

В целях контроля радиационной обстановки и для изучения колебаний значения естественного радиационного фона на кафедре общей физики МарГУ была создана автоматизированная установка, позволяющая производить измерения в течение длительного времени. Эксперименты по измерению естественного радиационного фона начали проводиться с 2003 года.

Установка размещена в лаборатории кафедры общей физики, находящейся в корпусе «Е» МарГУ по адресу ул. Машиностроителей, д. 15.

Предварительно был налажен выносной датчик, который подключается к детектору излучения. В качестве детектора излучения использован зарегистрированный в Государственном реестре широкодиапазонный профессиональный дозиметр ДРГ01-Т1 с выносным датчиком, в котором использованы четыре газоразрядных счетчика СБМ-20 с корректирующими свинцовыми фильтрами для выравнивания энергетической зависимости чувствительности. Выносной датчик был установлен на улице примерно на высоте 10 метров от Земли, где непосредственно велось измерение фона. Накопление и обработку данных вел компьютер по специальной программе. Измерение естественного фона велось следующим образом. На до-

зиметр посылается инициализирующий импульс, после чего ожидается сигнал о том, что дозиметр закончил измерение и выставил данные. Результат снимается и посылается следующий инициализирующий импульс. Промежуток времени между двумя импульсами составляет примерно 22-23 с. Эта процедура проводится пять раз. По полученным пяти точкам проводится усреднение. Все это занимает около 1 мин 50 с. Процедура повторяется до окончания часа, после чего проводится усреднение за час. Точка записывается в суточный файл и выставляется на графике, на экране монитора. В конце суток почасовые точки переписываются в постоянный файл, после чего суточный файл стирается.

В результате длительных многолетних наблюдений было обнаружено, что значение естественного радиоактивного фона слабо меняется со временем и составляет 10-12 мкР/час.

На фоне длительной стабильности значений были обнаружены кратковременные существенные увеличения значения фона на несколько мкР/час, которые наблюдались в течение нескольких часов. Анализ показал, что такое увеличение связано с выпадением осадков, особенно в начальный момент.

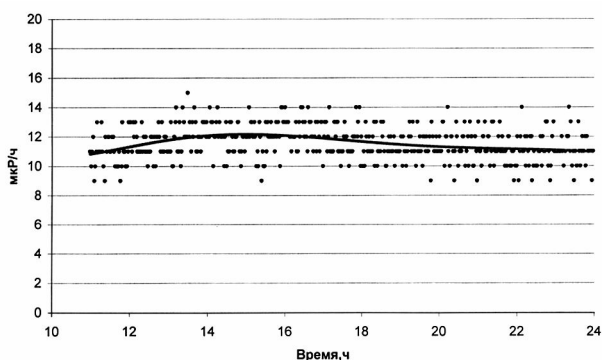


Рис. 1. Зависимость фона от времени выпадения осадков

Это обстоятельство нас крайне заинтересовало, поскольку, на первый взгляд, в период осадков естественный фон должен уменьшаться вследствие увеличения плотности окружающей датчик среды и соответствующего эффекта экранировки.

Для уточнения причин увеличения естественного фона было предложено детально исследовать радиоактивность дождевой воды.

Для сборки дождевой воды была сделана воронка площадью в квадратный метр, которая устанавливалась на крыше учебного корпуса. Под воронку прикреплялась ёмкость, представляющая собой пластиковую бутылку. По мере наполнения ёмкости вода поступала на гамма-спектрометр с программным обеспечением «ПРОГРЕСС» для определения гамма-излучающих радионуклидов. Прибор проходит еже-

годную госпроверку и внесён в Госреестр средств измерений РФ. Особенности программного обеспечения «ПРОГРЕСС» являются: автоматический учёт плотности пробы, многофакторный контроль за работоспособностью измерительного тракта и стабильностью его метрологических характеристик, высокая точность обработки спектров проб рутинного радионуклидного состава (матричный метод обработки), автоматический учёт погрешности измерений, помещение результатов измерения в базу данных. Измерения проводятся в геометрии Маринелли. При этом перед измерением счётный образец взвешивается, затем устанавливается на детектор, закрывается крышка свинцовой защиты и запускается программа. При запуске программы устанавливается время измерения счётного образца. По истечении установленного времени экспозиции происходит автоматическая остановка набора с переходом к обработке набранной программы матричным методом с использованием матрицы эффективности. По окончании обработки спектра матричным методом на экран выводятся активности гамма-излучающих радионуклидов и семейств нуклидов. Так же на экран выводятся соответствующие им значения статистической составляющей абсолютной погрешности измерения. Все данные, в том числе и спектр измерения, записываются в файл в виде протокола. В протоколе записывается наименование пробы, время отбора, наименование показателя, результат измерения с погрешностью. Так же записываются дополнительные сведения, где проводились измерения, в какой кювете, «Кювета D70, Маринелли».

В результате неоднократного измерения дождевой воды у спектров чётко проявляются линии с энергиями: 172,2 кэВ; 204,3 кэВ; 247,2 кэВ; 297,1 кэВ; 350,7 кэВ; 611,2 кэВ; 793,3 кэВ; 932,5 кэВ; 1136 кэВ; 1407 кэВ; 1462 кэВ; 1771 кэВ; 2207 кэВ. При сравнении этих энергий со спектрограммой гамма-излучения от различных изотопов видно, что энергия 172,2 кэВ соответствует ^{226}Ra , энергия 247,2 кэВ и 350,7 кэВ соответствуют ^{214}Pb , остальные энергии: 611,2 кэВ; 793,3 кэВ; 932,5 кэВ; 1136 кэВ; 1407 кэВ; 1462 кэВ; 1771 кэВ; 2207 кэВ соответствуют ^{214}Bi . Следовательно, в протоколах были зарегистрированы не ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs и ^{90}Sr , а ^{214}Bi , который является дочерним продуктом распада ^{226}Ra с периодом полураспада 19,9 мин. На рисунке 2 изображён спектр, который измерен в начальный момент дождя. Его активность достигала 114 ± 27 Бк/л. Затем по истечении 1 ч 17 мин проводились повторные измерения этой же воды (рис. 3). Активность пробы спала до 14 ± 4 Бк. По закону радиоактивного распада был подсчитан примерный период полураспада, значение которого соответствовало периоду полураспада ^{214}Bi .

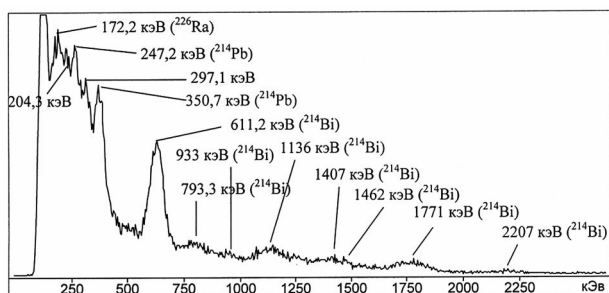


Рис. 2. Гамма спектр пробы дождевой воды в начальный момент дождя

После 6 ч проливного дождя вода снова измерялась на спектрометре, при этом активность её составляла $49,4 \pm 9,7$ Бк/л (рис. 3). Это свидетельствовало о том, что концентрация продуктов распада Rn в атмосфере уменьшилась из-за вымывания потоками воды и стала ниже равновесной во всей области формирования дождевого потока.

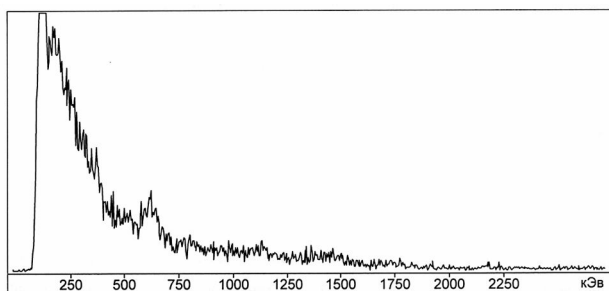


Рис. 3. Гамма спектр повторного измерения пробы дождевой воды (после истечения 1 ч 17 мин)

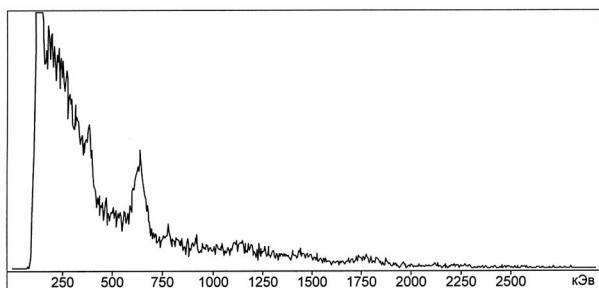


Рис. 4. Гамма спектр пробы дождевой воды (после 6 ч., от начала дождя)

Таким образом, было установлено, что увеличение естественного радиоактивного фона атмосферы вызвано увеличенной радиоактивностью дождевых осадков по сравнению с активностью обычных поверхностных вод (< 10 Бк/л). Из спектров дождевой воды с высокой степенью достоверности следует, что она в основном обусловлена радиоактивностью ^{214}Bi , а также других радиоактивных элементов, которые являются дочерними по отношению к Rn. Повышенная

активность дождевой воды в начальный момент осадков по сравнению с осадками, выпавшими через достаточно большой срок после начала дождя свидетельствует о том, что дочерние элементы, возникающие в процессе распада радона, активно участвуют в начальном формировании центров конденсации в грозном облаке или фронтальной зоне циклона. Механизм участия можно предположить в следующем виде: В результате распада естественных радионуклидов в почве (U, Th) промежуточный элемент Rn, который является инертным газом, диффундирует в приземный слой атмосферы, скапливаясь в силу своей высокой плотности в основном на высоте < 100 м. В процессе распада образуется ^{214}Bi , который химически является достаточно активным элементом, и поэтому сразу после образования абсорбируются взвешенными в воздухе частичками аэрозоля. При прохождении грозного фронта или циклона, кроме горизонтального движения воздуха, наблюдается активное перемещение масс воздуха в вертикальном направлении, и эти частицы аэрозоля с абсорбированными радиоактивными элементами возносятся в верхнюю часть облака, где становятся центрами конденсации водяных паров. А затем вместе с осадками вновь возвращаются к поверхности Земли. В пользу этой модели свидетельствует то, что на спектре гамма-излучения воды практически отсутствуют энергетические линии, которые могли бы быть связаны с другими элементами из радиоактивного ряда урана и тория.

Колебания радиоактивного фонового излучения связаны не только с космогенными факторами и техногенным воздействием, но и с метеорологическими факторами. При этом циклоническая деятельность и грозные факторы, которые двигаются со значительными скоростями, оказывают существенное влияние на перераспределение радиоактивных элементов по поверхности Земли. Поскольку период полураспада Rn составляет 3,9 суток, то продукты распада U и Th, которые диффундируют в атмосферу в основном в зонах разломов земной коры, активно переносятся за счёт вертикально-горизонтального движения воздуха на значительные расстояния, усредняя тем самым естественный радиоактивный фон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коган, Р.М. Основы гамма-спектрметрии природных сред / Р.М. Коган, Н.М. Назаров, Ш.Д. Фридман. – 2-е изд. – М.: Атомиздат, 1976. – 368 с.
2. Кузин, А.М. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли / А.М. Кузин. – М.: Наука, 1991.
3. Шмидт, Х. Измерительная электроника в ядерной физике: пер. с нем. / Х. Шмидт. – М.: Мир, 1989. – 192 с.
4. Вартапов, В.А. Прикладная сцинтилляционная гамма-спектретрия / В.А. Вартапов, П.С. Самойлов. – 2-е изд., доп. – М.: Атомиздат, 1975. – 408 с.