

## **Влияние дождевых осадков на радиационный фон окружающей среды**

Одной из основных задач контроля за радиационным фоном приземной атмосферы (в основном, гамма-фоном) является обеспечение радиационной безопасности населения и окружающей среды посредством индикации случаев радиационных аварий и раннего оповещения. Контролем атмосферных полей ионизирующих излучений (ИИ) разных видов занимаются также с целью изучения динамики атмосферных процессов и литосферно-атмосферных связей.

Мониторинг мощности дозы  $\gamma$ -излучения производят уже не одно десятилетие и к настоящему моменту накоплена солидная база данных как в России, так и за рубежом [1–5]. Получено, что атмосферный  $\gamma$ -фон не является постоянной величиной, а изменяется в зависимости от географического расположения места наблюдения, высоты над земной поверхностью, сезона года и времени суток. Некоторые вариации  $\gamma$ -фона связывают с атмосферным радоном, суточной динамикой температуры и атмосферной турбулентностью [6], и объясняют их следующим образом. Радон, выходящий ночью из грунта остается около земной поверхности пока воздух холодный, при этом  $\gamma$ -излучающие дочерние продукты распада (ДПР) радона увеличивают общий  $\gamma$ -фон приземной атмосферы. Днем, под действием солнечных лучей воздух нагревается, что приводит к снижению концентрации радона у земной поверхности и, соответственно,  $\gamma$ -фона.

Осадки (дождь и снег), как отмечено в работах [3–6] играют главную роль в вариациях атмосферного  $\gamma$ -фона и приводят к кратковременным скачкообразным увеличениям (всплескам) в регистрируемых характеристиках поля  $\gamma$ -излучения на 125 % [3] и даже до 7 раз [5]. Для описания этого феномена за рубежом даже придумали специальный термин «radon washout» (вымывание радона), означающий вымывание  $\gamma$ -излучающих ДПР радона и торона осадками на земную поверхность. Однако, ожидаемой значимой связи между интенсивностью осадков и мощностью дозы  $\gamma$ -излучения до сих пор не было выявлено [3, 5]. Более того, ни в одной из этих работ не приведено неоспоримых доказательств выдвинутой версии.

До сих пор никем не изучалась реакция полей ионизирующих излучений других видов ( $\beta$  и  $\alpha$ ), а также реакция всей системы «грунт-атмосфера» на дождевые осадки. Исследованию этих вопросов и посвящена настоящая работа. Детально цели, задачи и методология и аппаратура для проведения исследований изложены в [7, 8]. Данные об осадках взяты с сайта ООО «Расписание погоды» <http://rp5.ru/8218/ru>.

В ходе исследований были обнаружены всплески, синхронно проявляющиеся в различные сезоны года в рядах данных о потоках  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучений, измеренных на разных высотах от 10 см и до 25 м. Время существования зарегистрированных синхронных всплесков колеблется от единиц часов до полусуток.

Анализ данных 2009–2011 гг. на предмет случаев появления синхронных всплесков на внутрисуточном масштабе вариаций  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучений и динамики метеорологических и актинометрических величин, а также активности изотопов радона и их ДПР, плотности потоков  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучений в грунте и приземной атмосфере показал, что большинство всплесков, появляющихся в «теплый» сезон года, коррелируют именно с периодами выпадения дождевых осадков. Некоторые всплески регистрируются в отсутствие осадков, однако при этом наблюдается резкое снижение атмосферного давления, либо возрастание турбулентного обмена и усиление вертикальной скорости ветра, направленного к земле.

Июль 2011 г. отмечался интенсивным выпадением осадков, интенсивность которых достигала 47 мм в ночь на 13 июля. В рассматриваемый период хорошо видны синхронные всплески в атмосферном  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -фоне и их связь с периодами выпадения осадков разной интенсивности.

К сожалению, данные об осадках собираются с частотой всего 2 раза в сутки, поэтому невозможно проанализировать внутри суточные связи всплесков и интенсивности осадков. Выпадение 47 мм осадков сопровождалось двумя наложенными всплесками в 1,5–1,8 раза и 2,1–2,4 раза в зависимости от высоты. Детекторы  $\gamma$ -излучения, расположенные на высотах 24 м внутри помещения и 25 м на мезонине здания, гораздо слабее отреагировали на осадки с повышением всего на 15–30 %. Хотя плотность потока  $\beta$ -излучения на той же высоте (25 м) увеличилась до 2 раз.

Почвенные поля  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучений, измеряемые в скважинах на глубинах 0,5 и 1 м отреагировали на осадки интенсивностью 47 мм аномальным скачкообразным повышением. Причем, на глубине 0,5 м повышение потока  $\alpha$ -излучения началось вместе с ростом атмосферных полей ИИ и немного раньше, чем на глубине 1 м. Величина аномального скачка ОА радона составила  $\sim 4,5$  раза, потоки  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучений на глубине 1 м увеличились в  $\sim 2,5$  и  $\sim 1,6$  раз, соответственно. Поток  $\alpha$ -излучения на глубине 0,5 м вырос в  $\sim 2,8$  раз.

Форма и длительность аномалии полей ИИ в грунте на разных глубинах и атмосферном воздухе сильно различаются. Поток  $\alpha$ -излучения на глубине 0,5 м восстановился до своего первоначального значения через 2 суток, а на глубине 1 м, так же как и поток  $\beta$ -излучения, и ОА радона, только через 5 суток. Логично предположить, что на небольших глубинах до 50 см длительность аномалии еще короче.

Анализ влияния атмосферных осадков на почвенные поля ИИ показал, что только осадки интенсивностью более 20 мм могут вызвать аномальный рост почвенных потоков  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучений. Замечено также, что менее интенсивные ( $< 20$  мм) осадки, могут исказить стандартный «суточный ход» почвенных полей ИИ, однако закономерностей в их влиянии не было выявлено.

## Литература

1. Силантьев К.А. Автоматизированные спектрометрические системы контроля радиационной обстановки. <http://www.atom.nw.ru/atc/obninsk/spektrpost.html> (дата обращения: 07.05.2011).
2. Соболев А.И., Тихомиров В.А., Вербова Л.Ф., Митронова Ю.Н., Жунов И.К. Актуальные проблемы анализа результатов радиационно – экологического мониторинга Москвы // *Фундаментальные исследования*. 2005. № 6. С. 74–75.
3. J L Burnett, I W Croudace and P E Warwick Short-lived variations in the background gamma-radiation dose // *Journal of Radiological Protection* Volume 30 N.3. – P. 525–532.
4. <http://www.rpii.ie/getdoc/3bf303c0-6f5e-4dcb-9155-1b74b187550d/Continuous-Monitoring.aspx#s923> **Radon washout**
5. J.-F. Mercier, B.L. Tracy, R. d'Amours, F. Chagnon, I. Hoffman, E.P. Korpach, S. Johnson, R.K. Ungar Increased environmental gamma-ray dose rate during precipitation: a strong correlation with contributing air mass // *Journal of Environmental Radioactivity* Volume 100, Issue 7, July 2009, Pages 527–533
6. Radiation protection 106. EURADOS report, 1999. [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection/doc/publication/rp106.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/rp106.pdf) Отчет.
7. Яковлева В.С., Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Нагорский П.М., Фирстов П.П., Каратаев В.Д., Вуколов А.В., Смирнов С.В., Паровик Р.И. Скоординированный многофакторный эксперимент по анализу процессов поступления почвенного радона в приземный слой атмосферы // *АНРИ*. 2009. № 4. С. 55–60.
8. Yakovleva V.S., Ippolitov I.I., Kabanov M.V. et al. Complex experiment methodology on analysis of processes of soil radon entry into atmosphere // *Intern. Conf. Radon in Environment: Book of abstr. Poland, Krakow: Polish Academy of Sciences*. 2009. С. 76.

*Научный руководитель: В.С. Яковлева, доктор технических наук, профессор ТПУ, Россия  
Выполнено при поддержке гранта ФЦП*