

УДК 539.165/166

**ОСОБЕННОСТИ КАЛИБРОВКИ ДЕТЕКТОРОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ
ИЗЛУЧЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА
ПОЧВЕННОГО РАДОНА ***

В.С. Яковлева¹, П.М. Нагорский²

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина 30,

² Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический, 10 / 3.

E-mail: vsyakovleva@tpu.ru

В работе изложены и проанализированы результаты калибровки детекторов α -, β - и γ -излучений, установленных внутри скважин на глубины 0,5 and 1 м, которые используются мониторинга почвенного радона. Получено, что вариации плотности потока α -излучения на глубине 1 м плохо отражают, а γ -излучений – совсем не отражают динамику объемной активности радона как в плане суточных вариаций, так и их амплитуды.

Ключевые слова: радон, грунт, мониторинг, детектор

© Яковлева В.С., Нагорский П.М., 2015

MSC 81V35

**SPECIAL ASPECTS OF CALIBRATION OF IONIZING RADIATION
DETECTORS USED FOR SOIL RADON MONITORING**

V.S. Yakovleva¹, P.M. Nagorskiy²

¹ National Research Tomsk Polytechnic University, 634050, Tomsk, Lenin st., 30 Russia,

² Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 634055, Tomsk,
Akademicheskaya st., 10 / 3., Russia

E-mail: vsyakovleva@tpu.ru

The results of calibration of α -, β - and γ -radiation detectors mounted into borehole at depths of 0.5 and 1 m, which are destined for soil radon monitoring, are represented and analyzed. The radon isotopes radiometer RTM 2200 (SARAD GmbH, Germany) was used for the calibration aim.

Key words: radon, soil, monitoring, detector

© Yakovleva V.S., Nagorskiy P.M., 2015

*Работа выполнена при поддержке ФЦП №14.575.21.0105.

Введение

Методы контроля почвенного радона по α -, β - или γ -излучению непосредственно в скважинах являются наиболее распространенными в целях прогноза землетрясений, при изучении вопросов газообмена между литосферой и атмосферой [1]-[7]. В этих методах детекторы ионизирующих излучений, работающие в счетном режиме, опускают в скважину на определенную глубину, при этом не нарушаются процессы переноса газа в грунте, в отличие от методов с принудительной откачкой воздуха из скважины для последующего анализа.

Причинами замены радиометров радона на детекторы α -, β - или γ -излучений, устанавливаемых непосредственно в скважины, является их простота в обслуживании и пригодность для организации длительного автоматизированного непрерывного мониторинга почвенного радона. К тому же, они на 1–2 порядка дешевле методов с использованием α -спектрометрии, что позволяет их массовое использование. При этом можно существенно увеличить количество пунктов одновременного мониторинга и расширить тем самым зону наблюдений. Главным их достоинством является то, что они позволяют в квазиреальном масштабе получать, обрабатывать и анализировать данные.

Однако, достоверность результатов и надежность методов прямой регистрации радона в скважине с использованием детекторов ионизирующих излучений детально и длительно ранее не исследовались. Перевод измеренной детекторами скорости счета импульсов в величину объемной активности (ОА) радона осуществляют посредством умножения на поправочный коэффициент, определяемый, обычно, косвенным методом сравнения данных с результатами однократных (в лучшем случае, не длительных) измерений аттестованными радиометрами радона.

Очень часто, анализ динамики почвенного радона на предмет «аномалий» в целях прогноза землетрясений производят по результатам мониторинга без перевода измеренной скорости счета импульсов в величину ОА радона, аргументируя тем, что в такого рода задачах важны лишь относительные вариации.

Тем не менее, анализ результатов численного моделирования [8], [9] позволил предположить, что поправочные коэффициенты для перевода плотности потоков (ПП) ионизирующих излучений (ИИ) не будут пропорциональны ОА радона в почвенном воздухе, и, возможно, будут представлять собой функции от одного или нескольких параметров. Кроме того, перевод результатов измерений в абсолютные величины может быть полезным в последующих расчетах переноса радона в системе грунт-атмосфера и уточнении коэффициентов модели, а также для исследований вопросов газообмена, переноса воздушных масс, атмосферного электричества и пр.

Для проверки возможности измерения радона методом прямой регистрации в грунте (скважине) по одному или нескольким ИИ, а также для определения поправочных коэффициентов, была проведена серия длительных калибровочных экспериментов в Томской обсерватории радиоактивности и ионизирующих излучений (ТОРИИ).

Приборы и методы

Для мониторинга почвенного радона выбрали высокочувствительные интеллектуальные блоки детектирования БДПА-01 (2 шт.), 2 БДПБ-01 (2 шт.) и БДКГ-03

(АТОМТЕХ, Беларусь), которые были установлены на экспериментальной площадке ТОРИИ в 5 отдельных скважин глубиной 0,5 и 1 м, согласно схеме, приведенной на рис. 1а.

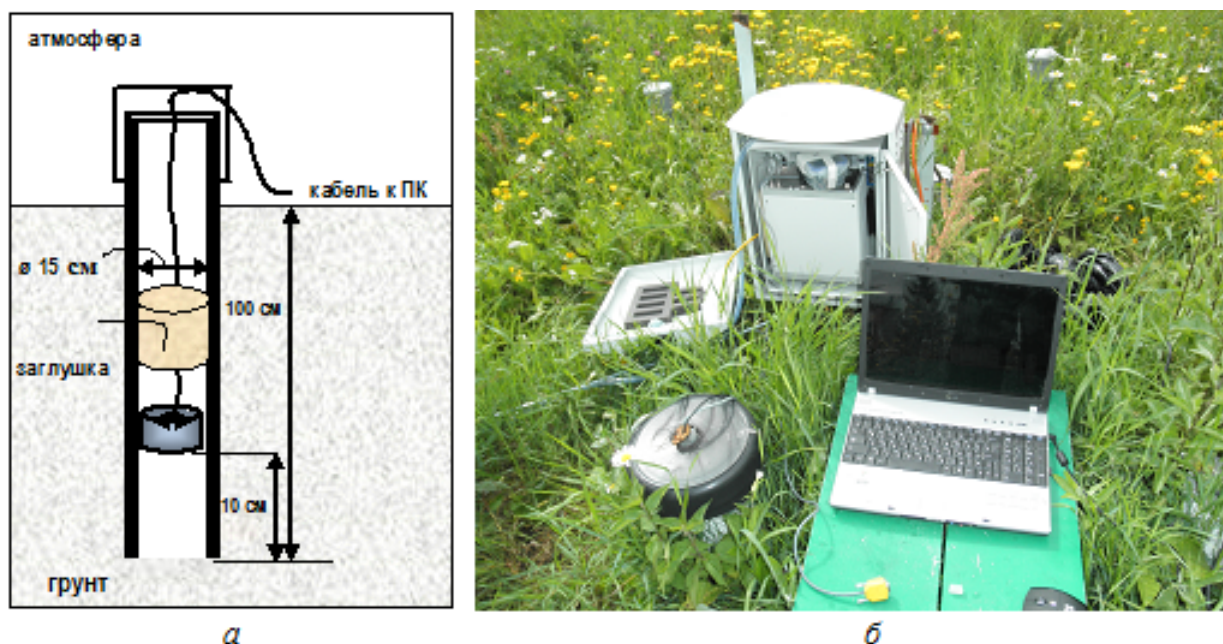


Рис. 1. Схема установки почвенных детекторов ИИ (а) и внешний вид (б) комплекса для их калибровки с помощью радиометра радона RTM 2200

Внешний вид комплекса для калибровки почвенных детекторов ионизирующих излучений с помощью радиометра радона и торона RTM 2200 (фирма SARAD, Германия) представлен на рис. 1б. Калибровку почвенных детекторов производили в периоды с 28 мая по 28 июля и с 5 октября по 21 ноября 2011 г.

Для осуществления калибровки в верхней части пластиковой трубы (рис. 1а), выступающей над поверхностью грунта, сделали 2 отверстия для подвода соединительных трубок с радиометром. Воздух вместе с накопленными внутри скважины почвенными газами посредством встроенной в радиометр воздушной помпы постоянно (со скоростью 1 л/мин.) откачивался через 1-ю соединительную трубку из нижней части скважины и попадал внутрь измерительного объема радиометра. За время движения газов из скважины внутрь радиометра торон почти полностью успевал распадаться. Поэтому, разработанная схема позволила анализировать только почвенный радон. После измерительного объема воздух вместе с радоном отводился обратно в скважину через 2-ю соединительную трубку в верхнюю часть скважины.

Результаты и их анализ

Сначала проанализируем различия в области сбора информации фотонов γ -излучения, β - и α -частиц, образующихся при радиоактивном распаде почвенных радионуклидов, изотопов радона и их дочерних продуктов распада (ДПР). Для этого рассмотрим схемы установки детекторов фотонов (рис. 2а) и заряженных частиц (рис. 2б и в).

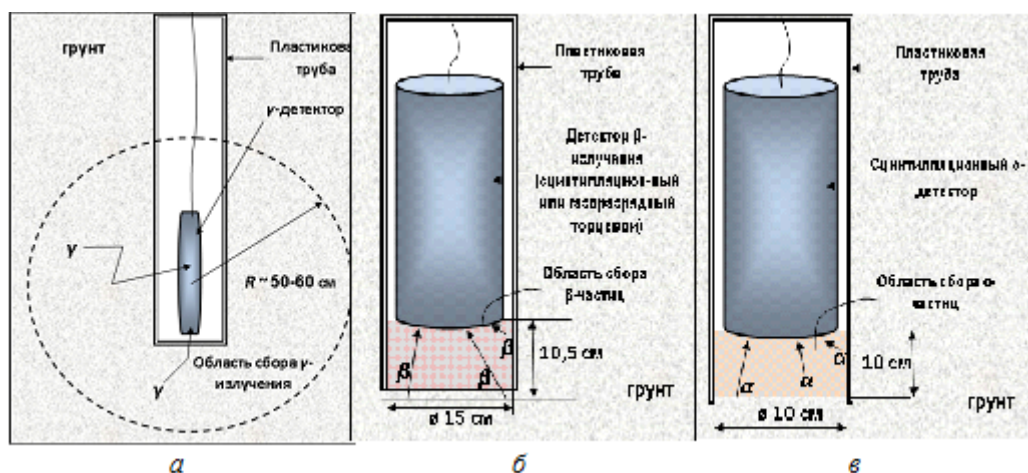


Рис. 2. Область сбора фотонов γ -излучения (а), β -частиц (б) и α -частиц (в), образующихся при радиоактивном распаде почвенных радионуклидов и изотопов радона и их ДПР

Из приведенных схем следует, что области сбора заряженных частиц и фотонов существенно различаются.

Сбор фотонов γ -излучения детектором происходит в пределах радиуса 50–60 см, в зависимости от размеров скважины. Учитывая, что скважина для γ -детектора герметично закрыта снизу, детектор регистрирует только фотоны, образованные в грунте. Сбор α -частиц происходит из небольшого воздушного объема, ограниченно-го стенками пластиковой трубы с открытым основанием и расстоянием до грунта, соответствующим длине максимального пробега α -частиц в воздухе, определяемой размером чувствительной области детектора, максимальной энергией α -частиц (8,8 МэВ) и энергетическим порогом сцинтилляционного детектора (3 МэВ).

β -частицы попадают в детектор из того же воздушного объема плюс из слоя грунта толщиной около 0,5 см. Изменение погодных условий приводит к изменению концентрации радона в грунте, при этом возможна временная задержка отклика реакции как всей системы «грунт-воздух внутри скважины», как и отдельных ее частей, которая будет определяться различиями во времени установления радиоактивного равновесия между радоном и α -, β -излучающими продуктами распада.

Таким образом, различия в областях сбора ИИ, характеризующихся отличающимися размерами и характеристиками включенных сред, позволяют ожидать различия в динамике различных видов ИИ, характеризующих изменения концентрации радона в грунте.

Результаты калибровки в скважине 1 м с α -детектором приведены на рис. 3.

На верхней диаграмме изображен экспериментальный ряд ОА радона (R_n 1 м) и восстановленный умножением на рассчитанный поправочный коэффициент $K_{\alpha 1}$ ряд ОА радона (Альфа 1 м). На нижней диаграмме рис. 1 приведены изменения температуры на земной поверхности.

Поправочный коэффициент $K_{\alpha 1}$ определяли делением среднего за период измерений значения ОА радона на среднюю скорость счета импульсов, регистрируемую детектором.

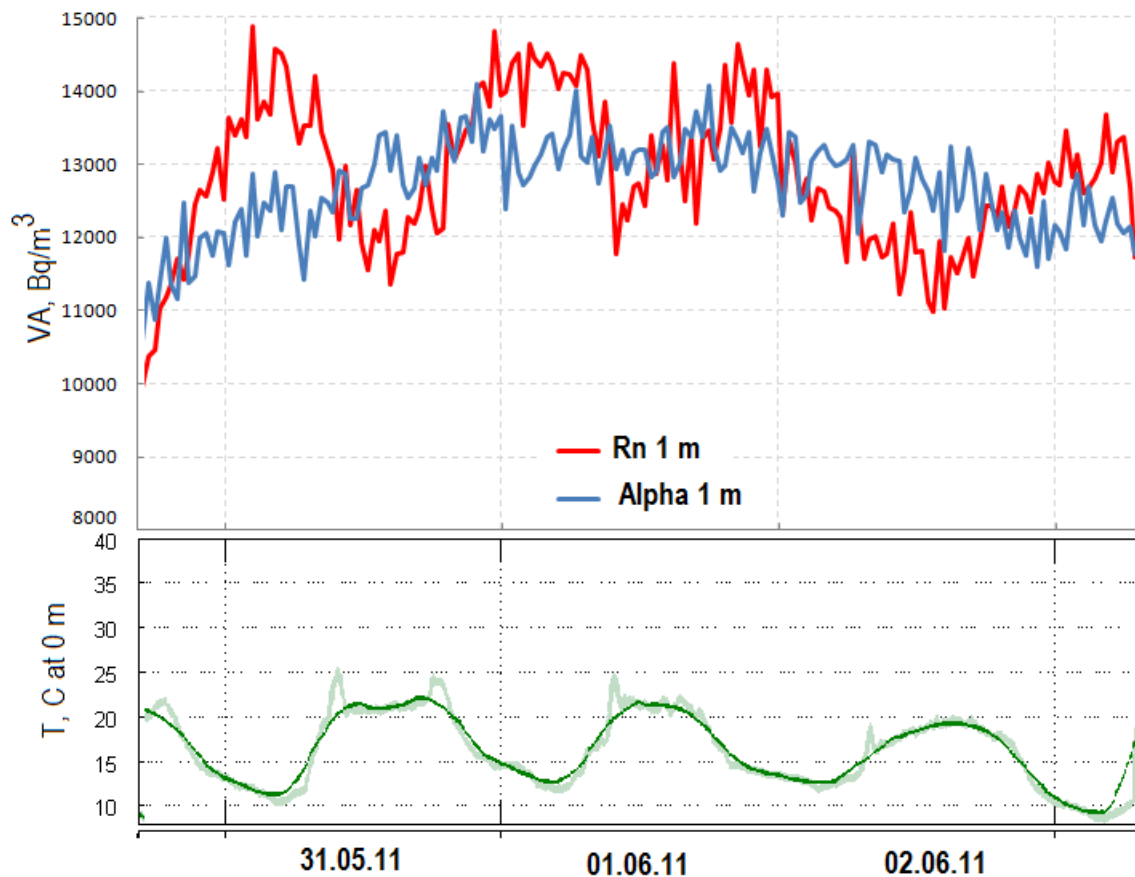


Рис. 3. Динамика температуры и ОА радона на глубине 1 м

Анализ реального и восстановленных рядов ОА радона показал, что α -детектор на глубине 1 м неадекватно отображает реальное изменение ОА радона в скважине, отсутствуют суточные вариации, которые регистрирует радиометр радона.

Следующей производили калибровку α -детектора в скважине 0,5 м с 3 по 10 июня. Результаты калибровки в скважине 0,5 м с α -детектором приведены на рис. 4.

Здесь изображен измеренный радиометром ряд ОА радона (Rn 0,5 м) и восстановленные умножением на рассчитанные поправочные коэффициенты ряды ОА радона (Альфа 0,5 м и Бета 0,5 м), а также температура грунта на поверхности грунта.

Восстановление β -ряда на 0,5 м простым умножением на поправочный коэффициент не получилось. В итоге, поправочные коэффициенты для перевода данных измерений из имп./с в единицы ОА радона ($\text{Бк}/\text{м}^3$) были определены для α - и β -детекторов различными способами. Для определения поправочного коэффициента K_β потребовалась более сложная схема с восстановлением β -ряда. Значения скорости счета импульсов β -детектора (N_β) были разделены на 2 части: а) постоянная (N_{β_s}), обусловленная почвенными радионуклидами, не относящимися к радоновой компоненте; и б) переменная ($N_{\beta Rn}$), обусловленная β -излучающими радионуклидами радоновой цепочки распада, содержащимися в воздухе скважины и 5 см слое грунта в нижнем открытом основании скважины.

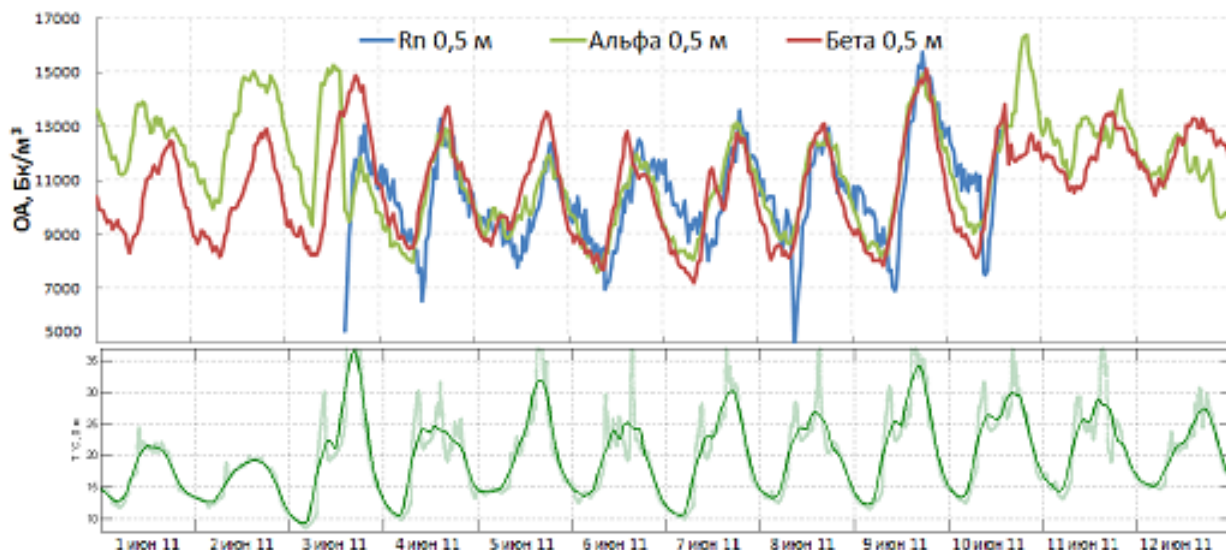


Рис. 4. Результаты калибровки α -детектором в скважине 0,5 м

Таким образом, суммарная скорость счета импульсов определялась как $N_{\beta} = N_{\beta_s} + N_{\beta_{Rn}}$, а ОА радона рассчитывали из выражения

$$OA_{Rn}(i) = (N_{\beta}(i) - N_{\beta_s}) \cdot K_{\beta}.$$

Постоянная составляющая N_{β_s} , величина которой составила 47% от средней скорости счета импульсов для исследуемой скважины, зависит от физико-геологических характеристик исследуемого участка, расстояния от детектора до поверхности грунта и диаметра скважины.

Анализ результатов калибровки скважины 0,5 м с α -детектором показал, что временные изменения ОА радона, а также потоков α - и β -излучений, измеренных на одной глубине 0,5 м, но в разных скважинах, практически синхронны, имеют близкую к пилообразной форму. Амплитуда вариаций ПП α -излучения изменяется во времени в согласии с радоновым полем. Динамика ПП β -излучения на той же глубине практически совпадает с динамикой радона и α -поля для рассматриваемого периода.

Временные вариации ОА радона, ПП α - и β -излучений на глубине 0,5 м хорошо коррелируют с динамикой температуры поверхности грунта.

Для того, чтобы оценить каким образом система циклической прокачки воздуха при процедуре калибровки влияет на поведение α и β -полей на рис. 3 представлен немного больший период, т.е. около 2 суток до калибровки и после. После подключения системы прокачки воздуха через радиометр радона средний α -фон на глубине 0,5 м снизился на 20%. Амплитуда вариаций, при этом, заметно не изменилась. Такая реакция α -фона связана с частичным удалением из воздуха в скважине торона и α -излучающих продуктов распада радона и торона. При отключении прокачки воздуха α -фон в скважине быстро восстановился.

На β -фон системы прокачки воздуха повлияла гораздо сильнее. 10 июня систему прокачки воздуха с радиометром RTM 2200 подключили к скважине 0,5 м с установленным внутри β -детектором, при этом амплитуда вариаций снизилась почти в 2 раза (рис. 4). Результаты калибровки β -детектора в скважине 0,5 м приведены на рис. 5.

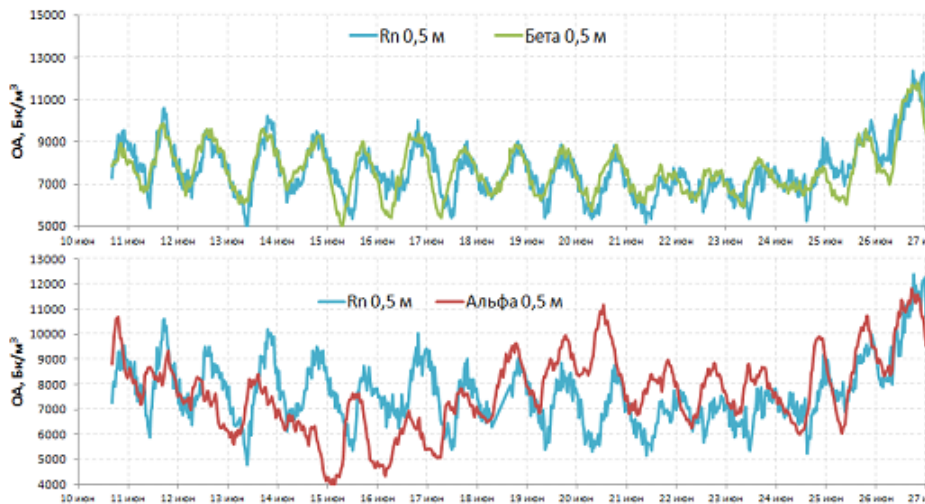


Рис. 5. Результаты калибровки β -детектора в скважине 0,5 м

На верхней диаграмме изображен измеренный радиометром ряд ОА радона в 0,5 м скважине (Rn 0,5 м) и восстановленный умножением на поправочный коэффициент ряд ОА радона, измеренной β -излучению (Бета 0,5 м). На нижней диаграмме рис. 5 приведен для сравнения восстановленный умножением на поправочный коэффициент ряд ОА радона, измеренной α -излучению (Альфа 0,5 м).

Получено, что динамика ПП β -излучения на глубине 0,5 м хорошо повторяет динамику радона на той же глубине, в отличие от ПП α -излучения, измеряемой в соседней скважине на расстоянии всего 1,5 м.

В этом калибровочном эксперименте также было получено, что ПП α -излучения на глубине 0,5 м не совсем корректно динамику радонового поля, как в плане суточного хода, так и амплитуды вариаций. В некоторые периоды наблюдается опережение суточного хода радона вплоть до асинхронного (период с 14 по 17 июня 2011 г).

Последней калибровочной процедурой летнего сезона была калибровка β -детектора в скважине 1 м. В период калибровки наблюдалось аномальное повышение ОА радона на глубине 1 м (рис. 6) с 13 по 15 июля, которое, как показал анализ, было вызвано выпадением интенсивных осадков (47 мм).

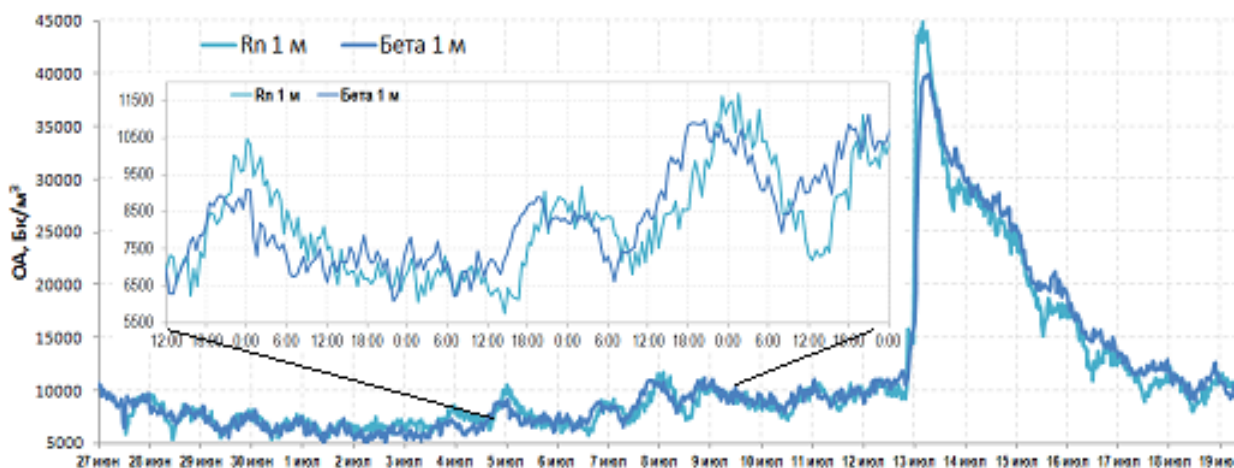


Рис. 6. Результаты калибровки β -детектора в скважине 1 м

В это же время было зарегистрировано практически синхронное аномальное увеличение ПП α -излучения на глубинах 0,5 и 1 м и β -излучения на 1 м.

Восстановление ряда ОА радона по данным β -детектора на глубине 1 м осуществляли по такой же схеме, как описано выше. Получено хорошее совпадение с измеренными радиометром радона значениями, однако в некоторые периоды наблюдается опережение суточного хода β -фона на 1 м по сравнению ОА радона приблизительно на 2–3 часа. Суточный ход ПП α -излучения на глубине 1 м в период калибровки не был выявлен, хотя ОА радона на этой же глубине показывала отчетливые суточные вариации. Таким образом можно заключить, что α -поле на глубине 1 м не отражает суточные вариации ОА радона, хотя реагирует на сильные внешние воздействия, но с меньшей чувствительностью. Суточный ход ПП α - и β -излучений на глубине 0,5 м показал приблизительно 6-ти часовое запаздывание в наступлении максимумом по сравнению с ходом ОА радона на глубине 1 м.

Анализ результатов калибровки показал, что суточный ход температуры за период наблюдений можно описать функцией $T(t) = T_0 + T_1 \cdot \cos(\omega(t - t_m))$, где $T_0 = 18,9$ °С – средняя температура, $T_1 = 4,78$ °С – максимальное отклонение от среднего значения, $\omega = 0,261799$ – частота, t_m – время наступления максимума, которое составило 17:00. Радоновое поле также хорошо описывается подобной функцией с отставанием на 2 часа во времени наступления максимума, т.е. $t_m = 19$ ч. Вариации температуры в течение суток составили около 25%, а ОА радона – 18%. При этом, если положить, что вариации температуры единственный источник вариаций радонового поля, то увеличение температуры на 1 °С приводило бы к увеличению ОА радона (на глубине 0,5 м) на 300 Бк/м³, и наоборот, соответственно.

Процедуру калибровки детекторов частично повторили осенью 2011 г. Особое внимание было уделено вопросам влияния прокачки скважин, поскольку из-за больших размеров «эталонных» радиометров радона калибровку почвенных детекторов ионизирующих излучений можно осуществить только методом откачки воздуха из скважины для последующего анализа.

Полученные в осеннем калибровочном эксперименте измеренный радиометром ряд ОА радона в 1 м скважине (Rn 1 м) и восстановленные умножением на поправочные коэффициенты ряды ОА радона по α - и β -излучениям на глубине 1 м изображены на рис. 7.

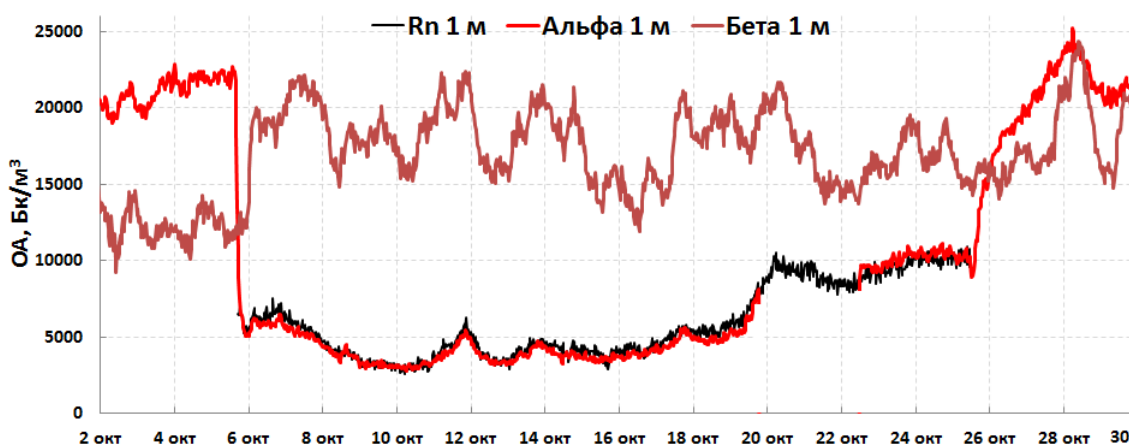


Рис. 7. Динамика измеренной радиометром ОА радона на глубине 1 м и восстановленных рядов ОА радона на 1 м по β - и α -излучениям

Получено, что динамика ПП α -излучения на глубине 1 м хорошо повторяет динамику ОА радона на той же глубине, в отличие от ПП β -излучения. Однако, выявлено сильное влияние процесса циклической прокачки воздуха через скважину и радиометр на величину и динамику плотности потока α -излучения в калибруемой скважине.

Скорость счета импульсов от α -излучения в скважине после подключения схемы циклической продувки снизилась почти в 4 раза. При этом существенно увеличилось стандартное отклонение. Хотя после окончания прокачки скважины α -фон (в единицах ОА радона) увеличился и сравнялся с β -фоном.

Сильное влияние системы прокачки в осеннем калибровочном эксперименте, по сравнению с летним экспериментом, когда после подключения системы прокачки средний α -фон в скважине 0,5 м снизился всего на 20%, можно объяснить нарушением герметичности в местах соединения трубок с пластиковой трубой, которой обсажена скважина, из-за больших перепадов температуры.

Анализ результатов проведенных калибровочных экспериментов показал следующее. Некоторые поправочные коэффициенты, определенные для одного детектора в повторных экспериментах имели сильное расхождение. Для β -фона это можно объяснить тем, что детектор при подсоединении системы прокачки воздуха был передвинут на другое расстояние от грунта, что привело к изменению значения N_{β_s} , которое изменилось с 2,1 до 3,1 имп./с (с 47% до 65% от общей скорости счета импульсов). Таким образом, изменение высоты установки β -детектора в скважине сильно повлияло как на поправочный коэффициент для перевода скорости счета в объемную активность, так и на постоянную (N_{β_s}) составляющую скорости счета, обусловленную β -излучающими почвенными радионуклидами, не относящимися к ДПР радона и торона.

Получено также, что при вычислении поправочных коэффициентов для перевода измеренного значения в единицы ОА радона в почвенном воздухе следует учитывать тот факт, что принудительная откачка воздуха из скважины снижает поток β - и α -излучений. При этом существенно снижается размах суточных вариаций.

Анализ реальных и восстановленных рядов ОА радона показал следующее.

ПП α -излучения на глубине 1 м, в основном, не адекватно отображает реальное изменение ОА радона в скважине, отсутствуют суточные вариации. Согласованность динамики ОА радона и ПП α -излучения на 1 м зарегистрирована только в осенний период. В основном, ПП α -излучения отражает лишь изменения средних за 1–2 сут. значений ОА радона с погрешностью $\sim 30\%$. Однако, при аномальных выбросах радона ПП α -излучения на глубине 1 м реагирует заметным образом, что делает этот параметр допустимым для использования в целях прогнозирования опасных явлений, например, изменения напряженно-деформированного состояния земной коры, но с некоторыми ограничениями.

ПП α -излучения на глубине 0,5 м показывает задержку во времени моментов наступления максимумов в ОА радона по сравнению с глубиной 1 м, задержка может составлять до 8 ч. По времени задержки оценена скорость движения радона в грунте $17 \cdot 10^{-4}$ см/с, что почти в 3 раза выше скорости движения радона только за счет молекулярной диффузии $6 \cdot 10^{-4}$ см/с.

ПП β -излучения на глубинах 0, 5 и 1 м довольно хорошо отражает динамику радонового подпочвенного поля, при положительных температурах атмосферного воздуха и в не дождливые дни четко прослеживается суточный ход. Однако, суточный ход β -поля в некоторые периоды имеет сдвиг по сравнению с суточным ходом

радонового поля, т.е. время наступления максимума в динамике β -поля в разные периоды времени опережает/запаздывает на несколько часов.

ПП γ -излучения на глубине 1 м не отражает динамику ОА радона на той же глубине. По результатам калибровки разработаны рекомендации по процедуре калибровки почвенных детекторов.

Рекомендации по проведению калибровки детекторов ИИ для контроля динамики почвенного радона

Рекомендации к условиям и процедуре проведения калибровки детекторов ионизирующих излучений, устанавливаемых в скважины и используемых для контроля динамики почвенного радона в режиме мониторинга, можно сформулировать следующим образом.

- При использовании метода откачки воздуха из скважины при процедуре калибровки не рекомендуется использовать скважины с уже установленными детекторами, а следует бурить дополнительную скважину с аналогичными характеристиками (глубина, диаметр) на расстоянии не менее 70 см и не более 3 м. Таким образом, не будут нарушены условия естественного воздухообмена между грунтом и атмосферой.

- Если в результате обслуживания скважин с детекторами производилось перемещение, удаление и замена детекторов ИИ, необходимо провести повторную калибровку и определение нового поправочного коэффициента. Особенно чувствительны к перемещениям β -сцинтилляционные детекторы.

- В случае, если калибровка производилась в скважинах с установленными внутри детекторами ИИ, то необходимо помимо определения самого поправочного коэффициента определять также поправку на снижение размаха суточных вариаций после начала откачки воздуха из скважины. Для этого следует регистрировать данные с детектора ИИ, как минимум, за несколько дней до начала процедуры калибровки и после ее завершения.

- Детекторы ИИ во время калибровки не должны выниматься из скважины или перемещаться в ней, поскольку это приводит к искажению временного ряда данных.

- Скважины с установленными внутри детекторами ИИ во время калибровки не должны открываться, т.е. трубки для откачки воздуха из скважины, которые циклически подсоединяются к радиометру радона, должны быть установлены, как минимум, за день до начала эксперимента, что достаточно для восстановления равновесной активности радона в скважине.

Заключение

Анализ результатов калибровочных экспериментов показал, что для мониторинга почвенного радона лучше всего подходят детекторы β -излучений, которые можно устанавливать на глубины 0,5–1 м. Детекторы α -излучений могут быть использованы для мониторинга радона только при их установке на глубине около 0,5 м. Детекторы γ -излучения вообще не пригодны для целей мониторинга почвенного радона.

По результатам калибровки разработаны рекомендации к условиям и процедуре калибровки почвенных детекторов ИИ.

В случае, если мониторинг радона производится с целью прогноза землетрясений или изучения опасных природных явлений, то замена параметра измерения ОА

радоны на ПП β -излучения является вполне оправданной, а на ПП α -излучения – может привести к большим сложностям в расшифровке данных мониторинга, однако может быть использована с некоторыми ограничениями и допущениями.

Авторы выражают глубокую благодарность А.В. Вуколову за помощь в проведении экспериментов.

Библиографический список

1. Адушкин В.В., Спивак А.А., Кожухов С.А., Кукушкин Ю.В. Резонансные особенности эсхалации природного радона // Доклады РАН. 2005. Т.400. №4. С.369-371.
2. Авдуалиев А.К., Войтов Г.И., Рудаков В.П. Радоновый предвестник некоторых сильных землетрясений Средней Азии // ДАН СССР. 1986. Т. 291. №4. с. 924-927.
3. Уткин В.И., Юрков А.К. Радон и проблема тектонических землетрясений // Вулканология и сейсмология. 1997. №4. С.84-92.
4. Segovia, N., Mena, M., Pena, P., Tamez, E., Seidel, J.L., Monnin, M., Valdes, C. Soil radon time series: surveys in seismic and volcanic areas // Radiation Meas. 1999. V. 31, P. 307-312.
5. Steinitz, G., Begin, Z.B. and Gazit-Yaari, N. A. Statistically Significant Relation between Rn Flux and Weak Earthquakes in the Dead Sea Rift Valley // Geology, 2003. V. 31. P. 505–508.
6. Zmazek, B., Vaupotic, J., Zivcic, M., Premru, U., Kobal, I. Radon monitoring for earthquake prediction in Slovenia // Fizika B (Zagreb). 2000. V. 9. N. 3. P.111-118.
7. Firstov P.P., Yakovleva V.S., Shirokov V.A., Rulenko O.P., Filippov Yu.A., Malysheva O.P. The nexus of soil radon and hydrogen dynamics and seismicity of the northern flank of the Kuril-Kamchatka subduction zone // Annals of Geophysics. 2007. V. 50. №4. P. 547–556.
8. Яковлева В.С., Каратаев В.Д., Зукау В.В. Моделирование атмосферных полей γ - и β -излучений, формирующихся почвенными радионуклидами // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2011. №1(2). С. 64–73.
9. Яковлева В.С., Нагорский П.М., Черепнев М.С. Формирование α -, β - и γ -полей приземной атмосферы природными атмосферными радионуклидами // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2014. №1(8). – С. 86–96.

Поступила в редакцию / Original article submitted: 25.05.2015