

**АППАРАТНАЯ АДАПТАЦИЯ МЕТОДИКИ НТЦ «НИТОН»
К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ «ЭКСПРЕССНОЙ» ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ
ПЛОТНОСТИ ПОТОКА РАДОНА С ПОВЕРХНОСТИ ГРУНТА**

Кургуз С.А.,

Сибирский федеральный университет

Идеи и попытки адаптации методик, основанных на сорбции радона активированным углем, к экспрессным измерениям плотности потока радона (ППР) непосредственно с поверхности почво-грунтов не является чем-то новым в практике радоновых исследований и достаточно часто встречаются в различных литературных источниках под разными названиями у многих авторов. Это аспирационный или т.н. «пылесосный» методы, т.е. методы с активным (принудительным) отбором проб почвенного воздуха [1, 2].

Целью наших исследований в данном случае является лишь адаптация существующей «Методики измерения плотности потока радона с поверхности земли и строительных конструкций», разработанной НТЦ «Нитон» (г. Москва) с минимально возможным технико-методическим вмешательством в существующий порядок выполнения инструментальных измерений с применением стандартной оснастки, используемой в составе комплекта многофункционального измерительного комплекса «Камера» – одного из наиболее массовых средств измерений в практике радоновых исследований на сегодняшний день. Поясним, что методика НТЦ «Нитон» предусматривает выполнение инструментальных измерений в два этапа. Первый – это многочасовое экспонирование регенерированной навески угля массой 5 г в накопительной камере, размещаемой на поверхности грунта в точке наблюдения. Второй – последующее определение в лаборатории количества сорбированного газа радона по интенсивности излучения его дочерних продуктов распада.

При этом конечное техническое решение должно по возможности быть малогабаритным, простым и надежным в эксплуатации в полевых условиях. Отчасти по этой же причине нами не рассматривалась возможность кардинального увеличения скорости потока или расхода воздуха более чем 2 л/мин, поскольку: 1) это позволяет использовать широкий спектр различных вспомогательных устройств (компрессоры, воздуходувки), в т.ч., например, из штатных комплектов ПОУ-02, ПОУ-04 (ООО «НТМ-Защита»), воздуходувка AlphaPUMP (Genitron Instruments GmbH) и пробоотборник воздуха ПВ-2 (НТЦ «Нитон»); 2) увеличение скорости потока требует увеличения мощности и энергообеспечения пробоотборных устройств, что неизбежно сказывается на их габаритах, массе и стоимости; 3) при большей скорости наблюдается нелинейность в процессе накопления активности радона на угле [2]. Последнее, на наш взгляд, наиболее значимо и обусловлено как увеличением доли радона, не осаждаемого на угле, вследствие т.н. эффекта «газового проскока», так и подсосом атмосферного (приповерхностного) воздуха. Подобные обстоятельства обычно сложно учитываются на практике, особенно при работе на различных почво-грунтах и в условиях, где сорбция радона на угле протекает преимущественно при повышенной влажности воздуха.

Для оценки сорбционной способности в различных условиях аспирации влажного воздуха угольным адсорбером СКС-13 (марка угля СКТ-3), входящего в состав оснастки измерительного комплекса «Камера», был проведен эксперимент, конечной целью которого являлось определение оптимальных условий для выбора аспирационного режима.

На рис. 1 показана принципиальная схема эксперимента, где: 1- барботер, 2- сборник конденсата, 3-воздуходувка, 4-герметичный контейнер, 5- образец горной породы, 6- инспекционный радиометр, 7- емкость с водой, 8- адсорберы СКС-13 (А- основной, Б- дополнительный), 9- ротаметр. Эксперимент предусматривал создание условий для достижения равновесной активности радона-222 внутри контейнера емкостью 50 л и поддержания в нем значений относительной влажности газовой среды на уровне 75...80 %.

Результаты эксперимента оценивались долей накопленной активности на угле в дополнительном адсорбере (Б) по отношению к активности основного адсорбера (А), через которые прокачивался заданный объем газовой смеси.

Для предотвращения резкого падения влажности при аспирации и выравнивания ее значений внутри контейнера, рециркуляция воздуха осуществлялась через систему «барботер + сборник конденсата». В качестве инспекционного радиометра использовался многопараметрический радоновый монитор-дозиметр «AlphaGUARD PQ2000» (Genitron Instruments GmbH, Германия), позволяющего также отслеживать и показатели микроклимата среды внутри контейнера. Предусматривалось выполнение трех серий по длительности аспирации (5, 10 и 20 мин) при различных значениях расхода воздуха (0,25...1,8 л/мин). Результаты аспирационных испытаний показаны на рис. 2.

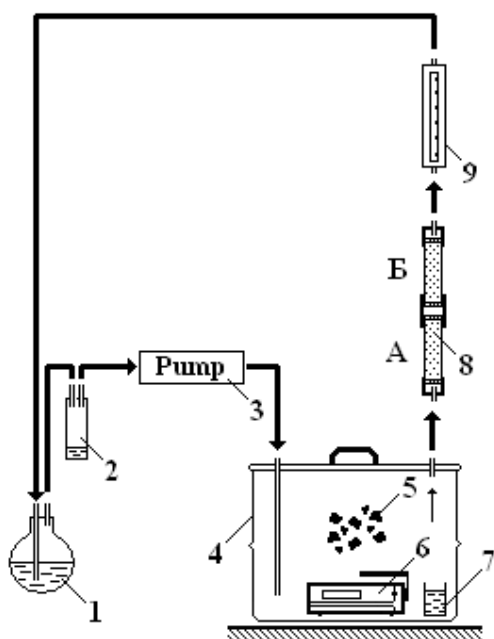


Рис. 1. Схема эксперимента

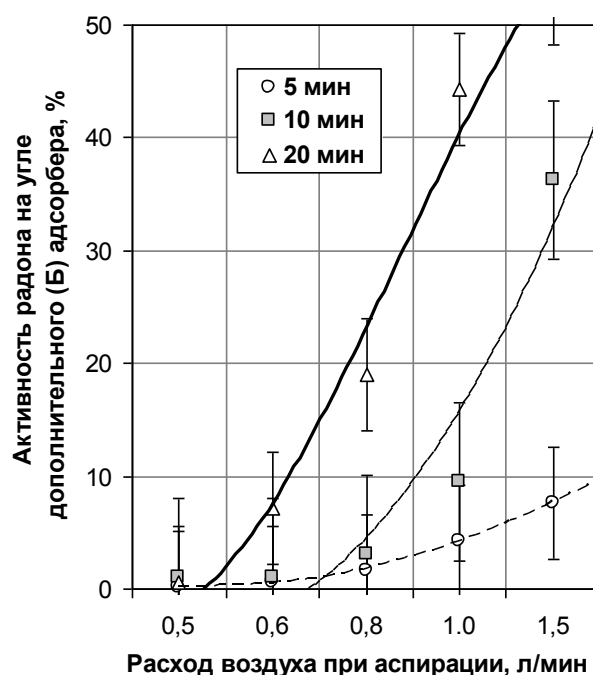


Рис. 2. Результаты аспирационных испытаний

Хорошо видно, что для разной длительности аспирации при расходе воздуха до 0,5...0,6 л/мин заметных отличий в значениях накопленной активности адсорбером (Б) не наблюдается, т.е. практически весь радон поглощается объемом активированного угля основного адсорбера (А). При большем расходе воздуха крайне существенны отличия для длительности аспирации в 20 мин, а при достижении расхода воздуха свыше 1,0 л/мин подобные отличия (30 % и более) уже будут критическими и при длительности аспирации в 10 мин. В то же время для режима пятиминутной аспирации незначительные отличия (около 10 %) от изначальных значений характерны и при расходе воздуха до 1,8 л/мин.

Можно заключить, что оптимальная эффективность сорбционной способности навески угля марки СКТ-3 (масса – 5 г; объем – $12,8 \pm 0,6 \text{ см}^3$ при высоте слоя $45,0 \pm 2,0 \text{ мм}$) в единичном адсорбере СКС-13 ограничивается 10 л прокачиваемого влажного воздуха и может быть эмпирически представлена, как линейная функция:

$$C_V = a \cdot t \leq 10, \quad (1)$$

где C_V – эффективная сорбционная способность навески угля адсорбера СКС-13, л; a – расход воздуха, л/мин; t – время аспирации, мин.

Таким образом, мы имеем необходимые условия и ограничения, соблюдение которых при аспирационном отборе пробы влажного воздуха позволяет получать данные о содержания радона с наибольшей достоверностью.

Вид используемого пробоотборного устройства или воздуходувки (помповый, турбинный) принципиальной роли не играет. Важным здесь является лишь контроль объема выкачиваемого почвенного воздуха (например, при использовании ручного насоса) или его расхода при использовании маломощных компрессоров (0,3...2 л/мин). На рис. 3 в качестве примера показан общий вид установки, адаптированной для экспрессного пробоотбора почвенного воздуха с применением компрессора модели 301 Sonic Battery air pump (Китай) с расходом воздуха до 2 л/мин, дополнительно оснащенного простейшим калиброванным расходомером (ротаметром) и механическим регулятором потока воздуха. Питание осуществляется одним или двумя элементами АА. Общий вес показанного на рис. 3, не превышает 360 г. Из них 90 г – масса транспортировочной кассеты на 5 шт. заполненных колонок СКС-13, показанной на заднем плане (слева), изготовленной из пластикового кабель-канала.



Рис. 3. Общий вид установки, адаптированной для экспрессного пробоотбора почвенного воздуха с поверхности грунта (слева) и внешний вид воздуходувки модели 301 Sonic Battery air pump после модернизации (справа).

Выполнение единичного экспрессного измерения плотности потока радона с поверхности грунта в этом случае выглядит следующим образом. Оператор устанавливает (вдавливает на 1 см в грунт), накопительную камеру НК-32 с площадью сбора 32 см^2 и присоединяет к ее горловине сорбционную колонку СКС-13, заполненную регенерированным углем, предварительно освобожденную от защитных крышек. Поскольку весь объем почвенного воздуха гарантированно в течение короткого времени будет проходить через слой угля сорбционной колонки, то необходимость в рассыпании его внутри накопительной камеры отпадает. Сверху надевается

переходник, подключаемый через шланг к компрессору. После его включения регулятором устанавливают требуемый расход прокачивания почвенного воздуха (0,5...2 л/мин, согласно условию (1)) через сорбционную колонку, и включают секундомер. При необходимости во время пробоотбора оператор нивелирует регулятором возможные вариации в показаниях ротаметра. По истечении времени, определяемого оптимальным для последующего измерений в лабораторных условиях объемом прокачиваемого воздуха, компрессор отключают и снимают переходник с сорбционной колонки с углем, которую затем отсоединяют от накопительной камеры и закрывают защитными крышками. Спустя время, необходимое для достижения радиоактивного равновесия (не менее 3 ч) между газом и его дочерними продуктами распада, начинают аппаратное измерение активности радона, сорбированного навеской угля, с вычислением объемной активности газа в почвенном воздухе, согласно штатным методическим указаниям.

При таком виде пробоотбора объем прокачиваемого воздуха и содержание в нем радона будут существенно выше, чем это обычно предусматривает оригинальная методика. Это позволяет в ряде случаев уменьшить продолжительность единичного аппаратного измерения до нескольких минут при условии достижения приемлемой погрешности у результата, а также позволяет проводить измерение спустя более 12 ч.

Наблюдаемые на практике значения ($C_{\text{почв}} / \text{ППР}$) устойчивы и обычно укладываются в сравнительно небольшой интервал ($0,8 \cdot 10^4 \dots 1,2 \cdot 10^4$ с/м). Это позволяет, на наш взгляд, использовать среднее значение данного интервала, как возможный эмпирический коэффициент (или эквивалент) для пересчета:

$$\text{ППР} = k \cdot C_{\text{почв}}, \quad \text{Бк}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) \quad (2)$$

где, k – эмпирический коэффициент ($\sim 10^{-4}$ м/с, или $\sim 0,1$ для перевода в размерность мБк/ $(\text{м}^2 \cdot \text{с})$), $C_{\text{почв}}$ – содержание радона в порах почвенного воздуха на глубине до 0,3 м от дневной поверхности, Бк/ м^3 .

Предлагаемый способ адаптации позволяет получить достаточно оперативно и с приемлемой точностью, принятой в практике радиэкологических изысканий, первичные результаты для качественной оценки радоновой обстановки при работах, выполнение которых характеризуется дефицитом времени или отсутствием возможности возврата к контрольным точкам наблюдения.

Естественно, что данный способ адаптации нами не рассматривается в качестве полноценной альтернативы, поскольку предполагает возможность получить лишь ориентировочные (или инспекционные) результаты для последующего их подтверждения. Однако простота, мобильность и надежность предлагаемого способа способны заметно дополнить функциональность существующей методики НТЦ «Нитон».

Литература:

1. Виноградов Ю.А. Ионизирующая радиация: обнаружение, контроль, защита. – М.: СОЛОН-Р, 2002. 224 с.
2. Радон: экологический аспект, источники, проблемы / В.Э. Ковдерко// Материалы II Международной конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека», 18-22 октября 2004 г. –Томск: Изд-во «Гантем-Арт», 2004. С. 265-268.