

# КОМПЛЕКС АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ

Г.Ф. Батраков, В.В. Семенов

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
*E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net*

*Разработан и изготовлен комплекс аппаратуры для измерений концентраций радиоактивных изотопов в приземной атмосфере. Комплекс состоит из воздухофильтрационной установки и гамма-спектрометра. Воздухофильтрационная установка включает в себя электровентилятор и цилиндрический фильтродержатель, на который помещается тонкоХолокнистый фильтр ФПП-15. Для определения концентраций свинца-214, висмута-214, свинца-212, висмута-212 и таллия-208 измерения активности фильтра проводятся на низкофоновом гамма-спектрометре с сцинтилляционным или полупроводниковым детектором. Определения концентраций радона-222 проводятся непосредственно в процессе фильтрации воздуха гамма-спектрометром с сцинтилляционным датчиком, расположенным внутри фильтродержателя.*

**Введение.** В последние годы достаточно большое внимание уделяется исследованием поведения в атмосфере различных радиоактивных изотопов: радона-222, бериллия-7, свинца-214, висмута-214 и других. С помощью этих изотопов проводятся: исследования обмена между тропосферой и атмосферой [1]; тестирование моделей, описывающих транспорт континентального воздуха над океаном [2]; исследования влияния транспортных траекторий и выпадающих осадков на состав морских аэрозольных частиц [3]; исследования вертикального транспорта аэрозолей [4] и т.д. Измерения содержания этих изотопов проводятся обычно путем концентрирования аэрозольных частиц из атмосферного воздуха, подготовкой проб и последующего измерения активности на различных лабораторных установках. Имеются лишь отдельные попытки автоматизировать измерения содержания радона-222 в приземном воздухе [5].

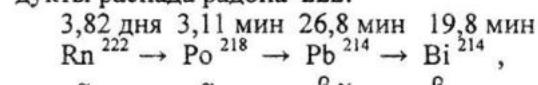
В предлагаемой работе представлен комплекс аппаратуры, который позволяет в автоматическом режиме измерять содержание

радона-222 и в режиме отбора проб следующих гамма-излучающих изотопов: свинец-214, висмут-214, свинец-212, висмут-212, таллий-208.

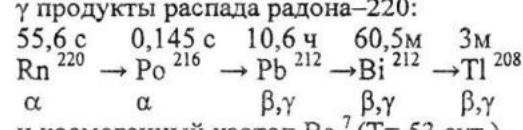
**Воздухофильтрационная установка.** Воздухофильтрационная установка состоит из электровентилятора и фильтродержателя (рис.1). Фильтродержатель изготовлен в виде герметичной металлической коробки размером 1000x600x500 мм. Коробка имеет крышку, которая герметично закрывается. При открытой крышке производится смена фильтра. В коробке располагается цилиндр диаметром 245 мм и длиной 650 мм из металлических стержней. Цилиндр покрывается фильтровальной тканью ФПП-15. Внутрь цилиндра с одной торцевой стороны может помещаться сцинтилляционный датчик БДЭГ2-23 для детектирования гаммаизлучения фильтра в процессе фильтрации воздуха. Вторая торцевая сторона состыкована с входом электровентилятора. В коробку воздух подается через воздухопровод, вход в который находится на крыше нижнего корпуса МГИ НАНУ в г. Севастополе, что соответствует примерно 20 м над уровнем моря. Производительность воздухофильтрационной установки с установленным фильтром составляет около 0,8 м<sup>3</sup>/сек. Время экспозиции фильтра определяется поставленной задачей.

После снятия фильтра производится его прессование, т.е. ему придается форма, аналогичная имеющимся эталонных источников. Мы располагаем эталонами в виде таблетки диаметром 48 мм и высотой 10 мм и в виде цилиндра диаметром 20 мм и высотой 60 мм. После прессования фильтр поступает на измерение на низкофоновый гамма-спектрометр с сцинтилляционным или полупроводниковым детектором. Вся процедура снятия фильтра и прессования занимает 3 минуты.

**Измерение гамма-активности.** В приземной атмосфере содержится шесть гамма-излучающих изотопов, концентрации которых обычно можно определять путем фильтрации воздуха через фильтр и измерение его активности без какой-либо дополнительной обработки пробы. Это продукты распада радона-222:



γ продукты распада радона-220:



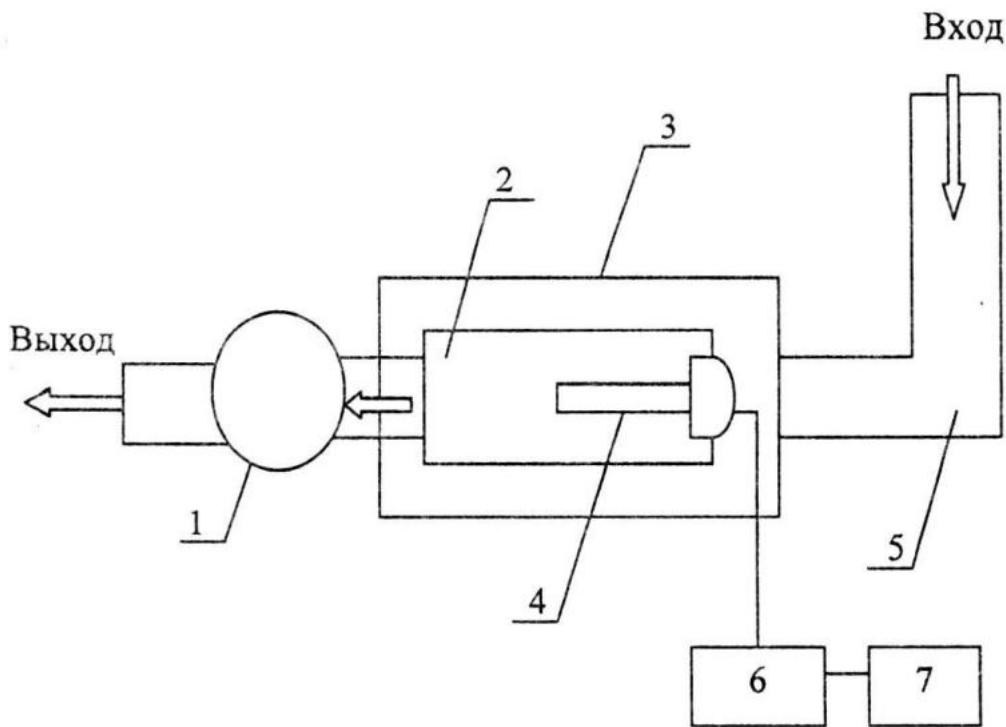


Рисунок 1 – Комплекс аппаратуры для измерения концентрации радиоактивных изотопов в приземной атмосфере:

1 – электровентилятор; 2 – фильтр; 3 – герметичная коробка; 4 – сцинтилляционный датчик;  
5 – воздухопровод; 6 – спектрометрическое устройство с платой сопряжения; 7 – ПЭВМ

Определение концентрации этих изотопов (кроме бериллия-7) в атмосфере этим методом требует определенных допущений. Активность свинца-214 определяется по гамма – линии 352 Кэв, висмут – 214 по 609 Кэв, свинец – 212 по 238 Кэв, висмут – 212

по 727 Кэв и таллий – 208 по 2610 Кэв (рис.2). Концентрация бериллия – 7 определяется непосредственно путем измерения активности фильтра после распада в нем короткоживущих продуктов по линии 477 Кэв.

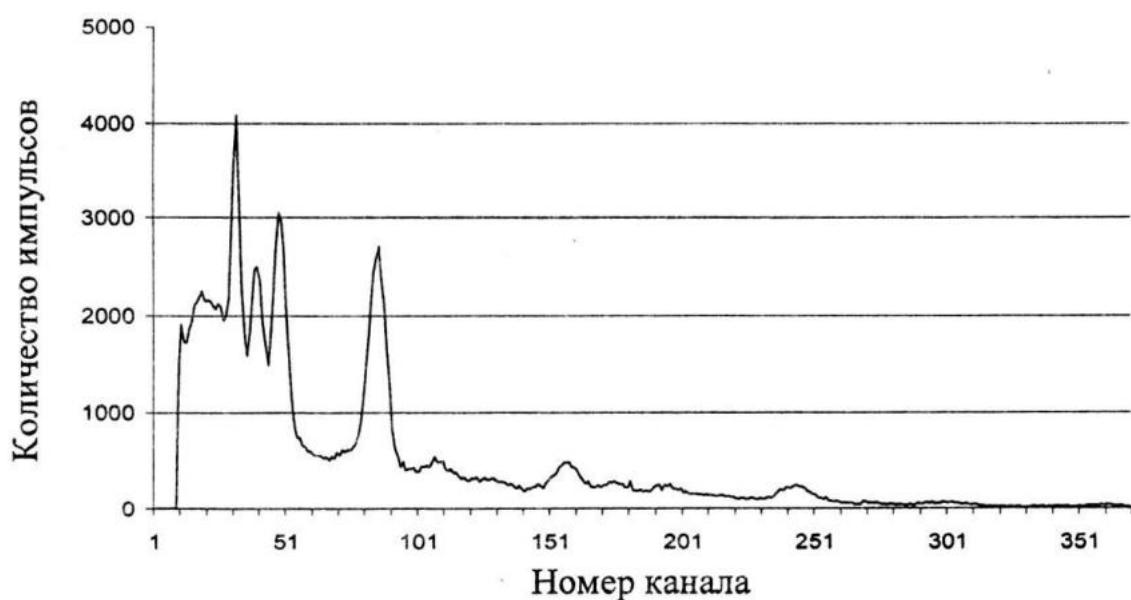


Рисунок 2 – Гамма-спектр пробы воздуха. Время экспозиции фильтра 180 мин. Поставлена на измерение через 5 минут после окончания экспозиции. Время набора гамма-спектра – 50 минут

Если допустить, что радон – 222 находится в приземной атмосфере в равновесии со своими гамма-излучающими продуктами распада, то концентрацию его можно определять непосредственно, проводя измерения активности фильтра в процессе фильтрации воздуха. На гамма-спектрах, полученных в процессе фильтрации, четко выделяется фотопик 609 Кэв, обусловленный распадом висмута – 214. Площадь этого фотопика и служит исходной величиной для расчета абсолютной концентрации радона – 222 в приземной атмосфере. В этом случае градуировка комплекса осуществляется следующим образом. Выбирается период времени, когда содержание в приземной атмосфере продуктов распада радона – 222 находится примерно на одном уровне. После записи спектра с детектора, находящегося внутри фильтродержателя, фильтр снимался, и из него изготавливалась таблетка такого же размера и формы, как имеющийся эталон. После определения абсолютной активности таблетки на стационарном низкофоновом гамма-спектрометре рассчитывается эффективность регистрации детектора, находящего в фильтродержателе.

**Заключение.** Предварительные исследования содержания некоторых радиоактивных изотопов (бериллий – 7, висмут – 214, свинец – 214, таллий – 208) в приземной атмосфере севастопольского региона позволили определить пределы изменчивости содержания этих изотопов и оценить величины отношений между ними.

В нижнем корпусе МГИ НАНУ в конце 2000 г. установлен специальный пробоотборник, представляющий металлическую кювету с размерами 70 x 70 x 15 см, на дно которой помещается лист фильтровальной бумаги, пропитанной техническим маслом. Каждая проба отбирается в течение 2 – 3 суток, затем бумага извлекается, озоляется и поступает на измерение гамма-

активности. Таким образом определяется плотность сухих выпадений бериллия–7 из атмосферы.

Запуск воздухофильтрационной установки значительно расширил измерительные возможности радиоактивных изотопов в севастопольском регионе. Т.е. сейчас имеется возможность одновременно измерять поток бериллия–7 на земную поверхность и концентрацию целого ряда изотопов в приземной атмосфере.

Следует отметить, что с запуском фильтрационной установки появилась возможность проводить определение абсолютного содержания аэрозолей в приземной атмосфере и концентрацию различных химических элементов в аэрозолях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Dibb J.E., Meeker L.D., Fiukel R.C. et.al. Estimation of stratospheric input to the Arctic troposphere:  $^{7}\text{Be}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in aerosols at Alert, Canada. – J. Geophys. Res. 1994. – V.99. – P. 12,855 – 12,864.
2. Balkanski Y.J., Jacob D.J., Gardner C.M., et.al. Transport and residence times of tropospheric aerosols inferred from a global three-dimensional simulation. – J. Geophys. Res. 1993. – V.98. – P. 20,573 – 20,586.
3. Arimoto R., Snow J.A., Graustein W.C., et.al. Influences of atmospheric transport pathways on radionuclide activities in aerosol particles from over the North Atlantic. – J. Geophys. Res. 1999. – V.104, No D 17. – P. 21301 – 21316.
4. Koch D.M., Jacob D.J., and Graustein W.C. Vertical transport of tropospheric aerosols as indicated by  $^{7}\text{Be}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in a chemical tracer model. – J. Geophys. Res. 1996. – V.101. – P. 18,651 – 18,666.
5. Батраков Г.Ф., Еремеев В.Н., Земляной А.Д. Радон – 222 в океане. – Севастополь: «ЭКОСИ-Гидрофизика», 1995. – 152 с.