

КОРРЕКТИРОВКА ДАННЫХ О СОДЕРЖАНИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ СОДЕРЖАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ

М.В. Прописнова, В.М. Ким

ГУНПО «Тайфун», г. Обнинск



Представлен метод корректировки результатов измерений объемных активностей радионуклидов в приземном слое атмосферы по измерениям объемной активности ^7Be на соседних пунктах наблюдения.

На территории России государственной наблюдательной сетью Росгидромета проводятся систематические наблюдения за объемной активностью техногенных и природных радионуклидов в приземной атмосфере. Пробы аэрозолей отбираются с помощью воздухофилтрующих установок (ВФУ) на фильтр ФПП-15-1,5. Методики отбора проб, подготовки счетных образцов и их анализа описаны в [1–3]. Объем прокаченного за время экспозиции воздуха зависит от мощности электродвигателя ВФУ и колеблется на различных пунктах наблюдения от 24000 до 100000 м³/сут. При отборе конкретной пробы объем прокаченного воздуха определяется по средней скорости потока, которая измеряется с помощью самолетного указателя скорости (УС) в начале и в конце экспозиции пробы. Погрешность используемой методики измерения объемного расхода составляет 20%. В некоторых случаях в результате различных причин (смена электродвигателя на ВФУ, несвоевременная калибровка УС) возникает систематическая ошибка при измерении скорости потока в ВФУ с помощью УС и, следовательно, систематическая ошибка в определении объемной активности радионуклидов.

Анализ данных сетевой лаборатории Курского ЦГМС-Р по объемным активностям природных и техногенных радионуклидов, полученных по единым методикам [1, 2] и на одной и той же измерительной аппаратуре, показал, что начиная с 1995 г. в приземном слое атмосферы г. Курчатова, расположенного в 2 км от Курской АЭС, объемные активности техногенных радионуклидов, источником которых является Курская АЭС, ниже, чем в г. Курске [4–6], несмотря на то, что Курск расположен дальше от АЭС – в 40 км. При этом, согласно розе ветров [7–10], среднегодовая повторяемость направлений ветра от АЭС для городов Курска и Курчатова примерно одинакова.

Такая же картина наблюдалась и для радионуклидов природного происхождения, в частности, для ^7Be . ^7Be – природный радионуклид космогенного происхождения ($T_{1/2} = 53,39$ сут) образуется при расщеплении кислорода (^{16}O) и азота (^{14}N) частицами космических лучей [11]. Путем захвата электрона ^7Be превращается в

стабильный изотоп лития. При этом 11% распадов сопровождается испусканием гамма-квантов с энергией 478 кэВ. Образование ^7Be происходит, в основном, в стратосфере (~ 70%), оставшаяся часть (~ 30%) образуется в верхней тропосфере. Часть ^7Be , которая образуется в стратосфере, обычно находится там в течение года, прежде чем поступит в тропосферу, где остается в течение примерно 6 недель [12–14]. Скорость образования космогенных радионуклидов и их концентрации в верхних слоях атмосферы относительно постоянны [15–17]. Объемная активность ^7Be в приземном слое атмосферы зависит от многих параметров: географических координат (широты и долготы), высоты над поверхностью земли, времени года (сезонный ход, связанный с высотой тропопаузы), солнечной активности (скорость образования ^7Be), местных метеорологических условий (количество осадков и пр.). Однако в пунктах, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга и имеющих схожие географические и метеорологические условия, среднемесячные и среднегодовые концентрации ^7Be в приземном слое воздуха должны находиться примерно на одном уровне.

С учетом вышеизложенных свойств ^7Be был предложен и опробован метод уточнения и восстановления значений объемных активностей радионуклидов в воздухе, полученных с помощью ВФУ, по измерениям и сопоставлениям объемной активности ^7Be на соседних станциях, расположенных в городах Курск и Курчатов.

На рис. 1, 2 представлены среднемесячные объемные активности ^7Be в приземном слое воздуха городов Курска и Курчатова за период 1995–2007 гг. Из рисунков видно, что среднемесячные объемные активности ^7Be в Курске и Курчатове коррелируют друг с другом (прослеживается четкая зависимость между объемной активностью данного изотопа в воздухе и временем года: зимой и осенью – низкие значения, летом и весной – высокие, что связано с сезонными колебаниями тропопаузы), но до 2004 г. значения объемных активностей данного радионуклида в воздухе этих городов отличались почти в два раза (см. рис. 1). Средняя величина отношений среднемесячных значений объемной активности ^7Be в воздухе Курска к соответствующим значениям в Курчатове в период с июля 1995 г. (начало работы ВФУ в г. Курчатове) по ноябрь 2003 г. (вышел из строя двигатель на ВФУ в г. Курчатове) составила $2,1 \pm 0,57$. Коэффициент корреляции между среднемесячными значениями объемных активностей ^7Be в приземном воздухе в городах Курске и Курчатове за этот период составил 0,76.

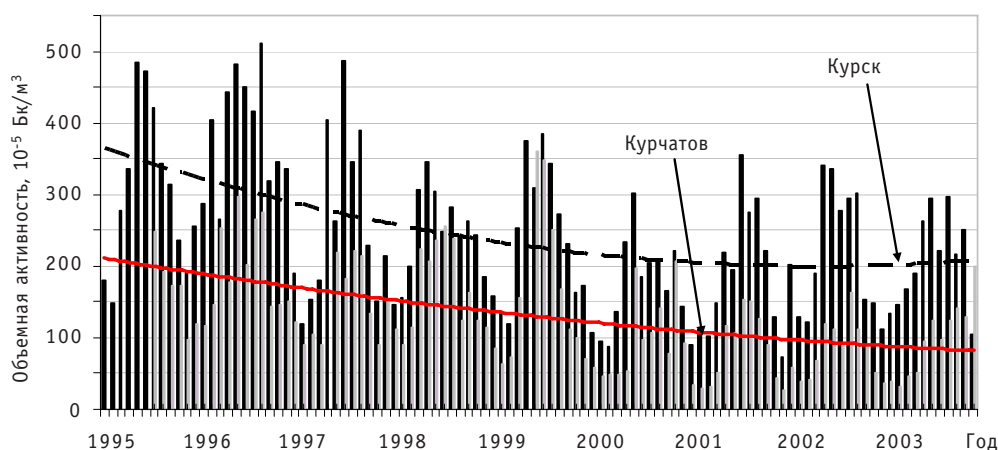


Рис. 1. Объемная активность ^7Be в приземном воздухе городов Курска и Курчатова за период 1995–2003 гг.: ■ – Курск; □ – Курчатов

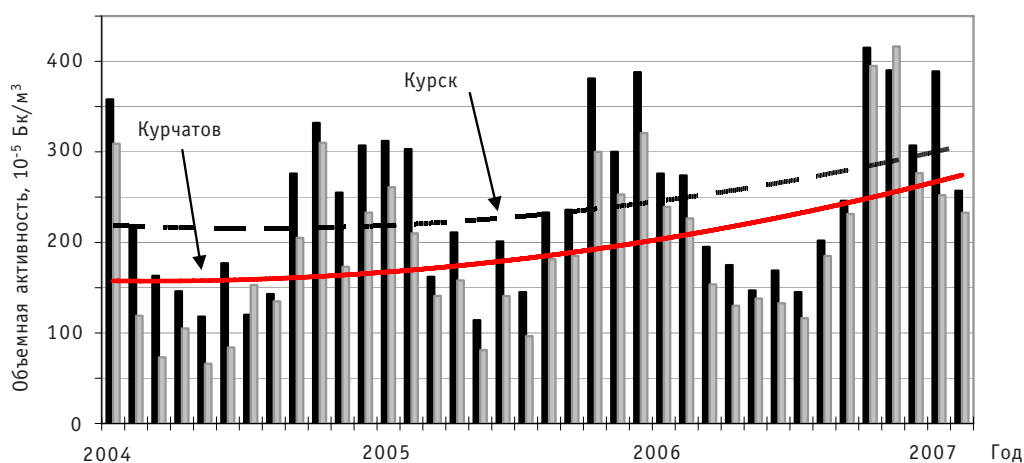


Рис. 2. Объемная активность ^7Be в приземном воздухе городов Курска и Курчатова за период с августа 2004 г. по сентябрь 2007 г.: ■ – Курск; ■ – Курчатов

После замены двигателя на станции г. Курчатова, в период с августа 2004 г. по октябрь 2007 г. разница между среднемесячными объемными активностями ^7Be в приземном слое воздуха Курска и Курчатова уменьшилась, но, по-прежнему, в Курске значения объемной активности ^7Be были выше. Коэффициент корреляции среднемесячных значений в городах Курск и Курчатов составил 0,93. Средняя величина отношений среднемесячных значений объемных активностей ^7Be составила $1,4 \pm 0,29$ (см. рис. 2).

Таким образом, измерения объемных активностей радионуклидов в приземном воздухе городов Курск и Курчатова с 1995 г. по октябрь 2007 г. можно разделить на два периода, для которых получены поправочные коэффициенты, характеризующие систематическую ошибку измерений объемной активности радионуклидов в г. Курчатове, обусловленную систематической ошибкой в измерении объемного расхода воздуха при отборе проб с помощью ВФУ: для периода с 1995 г. по 2003 г. значение поправочного коэффициента $2,1 \pm 0,57$; для периода с августа 2004 г. по сентябрь 2007 г. – $1,4 \pm 0,29$. Полученные поправочные коэффициенты были использованы для восстановления значений объемных активностей техногенных радионуклидов, измеренных в г. Курчатове за указанные периоды наблюдений.

Предлагаемый метод корректировки данных о содержании радионуклидов в приземном слое атмосферы, измеренных на соседних станциях с помощью ВФУ, по значениям объемных активностей космогенного ^7Be прост и не требует дополнительных затрат. Его также можно применять для оперативного контроля работы ВФУ. Однако в случае, когда анализы проб проводятся в разных лабораториях, при сравнении полученных результатов необходимо учитывать погрешности работы измерительной аппаратуры.

В ноябре 2007 г. ВФУ в Курчатове была модернизирована силами ГУ НПО «Тайфун». В усовершенствованной установке ВФУ был использован сертифицированный измерительный участок с принципиально новым счетчиком расхода воздуха ВРСГ-1, основанный на измерении частоты образования вихрей, возникающих в потоке воздуха при обтекании неподвижного тела специальной формы, и позволяющий измерять расходы воздуха в диапазоне $12\text{--}5000\text{ м}^3/\text{ч}$ с относительной погрешностью не более $\pm 2\%$ [18]. За три месяца измерений (с декабря 2007 г. по февраль 2008 г.) средняя величина отношений среднемесячных объемных активностей ^7Be составила $0,72 \pm 0,04$. Этот массив данных недостаточен для того,

чтобы сделать выводы о правильности выбора ВФУ в г. Курске в качестве эталонной установки. После опытной эксплуатации ВФУ в г. Курчатове в течение года, возможно, возникнет необходимость корректировки значений объемных активностей радионуклидов в г. Курске.

Авторы выражают благодарность начальнику региональной радиометрической лаборатории Курского ЦГМС-Р А.Г. Богучарскому за помощь в предоставлении данных.

Литература

1. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 12. Наблюдения за радиоактивным загрязнением природной среды (изд. 2-е, перераб. и доп.)/Под ред. К.П. Махонько. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 60 с.
2. Методика контроля радиоактивного загрязнения воздуха (МВИ.01-8/96)/Под ред. К.П. Махонько. – Обнинск: НПО «Тайфун», 1996.
3. Методика определения содержания плутония-239, 240 в пробах и материалах окружающей среды с радиохимической концентрацией на альфа-спектрометре (МВИ.01-5/95). – Обнинск: НПО «Тайфун», 1995.
4. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 1996 году. Ежегодник/Под ред. К.П. Махонько. – С-Пб.: Гидрометеиздат, 1998. – 168 с.
5. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 1998 году. Ежегодник/Под ред. К.П. Махонько. – С-Пб.: Гидрометеиздат, 2000. – 256 с.
6. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2005 году. Ежегодник/Под ред. С.М. Вакуловского. – М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. – 274 с.
7. Стасенко В.В., Чекалин Б.С., Воронин М.М., Чершинцев А.И. О состоянии радиационной обстановки в районе расположения Курской АЭС за 1996 г./Отчет. – Курчатова: Курская АЭС, 1997.
8. Стасенко В.В., Чекалин Б.С., Воронин М.М., Трубников А.А. О состоянии радиационной обстановки в районе расположения Курской АЭС за 1998 г./Отчет. – Курчатова: Курская АЭС, 1999.
9. Стасенко В.В. и др. О состоянии радиационной обстановки в районе расположения Курской АЭС за 2001 г./Отчет. – Курчатова: Курская АЭС, 2002.
10. Стасенко В.В., Полянских С.А. О состоянии радиационной обстановки в районе расположения Курской АЭС за 2005 г./Отчет. – Курчатова: Курская АЭС, 2006.
11. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
12. Кароль И.Л. Количественное изучение планетарного обмена в тропосфере и нижней стратосфере с помощью радиоактивных трассеров/Труды ИЭМ. – Вып. 17. – 1970. – С. 60-99.
13. Малахов С.Г. и др. О некоторых закономерностях глобальных радиоактивных выпадений из атмосферы в 1967 – 1969 гг./Труды ИЭМ. Вып. 1 (32). – 1972. – С. 3-15.
14. Стыро Б.И., Луянас В.Ю., Шопанускас К.К. Радиоактивность атмосферы и метеорология. – Вильнюс: Минтис, 1975. – 271 с.
15. Луянас В. Космогенные радионуклиды в атмосфере. – Вильнюс: Мокслас, 1979. – 196 с.
16. Benioff P.A. Cosmic-ray production rate and mean removal time of beryllium-7 from the atmosphere//Phys. Rev. – 1956. – V. 104. – № 4. – P. 1122-1130.
17. Lal D., Peters B. Cosmic ray produced radioactivity on the Earth. In: Handbuch der Physik. Berlin e. a., Springer-Verlag, 1967, B. 46/2, S. 551-612.
18. Усовершенствование промышленных образцов радиометрической и воздухофильтрующей установок/Отчет о НИР (заключ.): УДК 504.054:621.039.586 / ГУ «НПО «Тайфун»; рук. С.М. Вакуловский; испол.: В.М. Ким, В.Н. Яхрюшин, Б.И. Петров и др. – Обнинск, 2007. – 62 с. – Инв. № 0-887.

Поступила в редакцию 17.04.2008

УДК 621.039.58

The Automated Ultrasonic Device of Removal of Residual Pressure in Welded connections of the atomic power station \A.I. Trofimov, S.I. Minin, M.G. Kalenishin, A.I. Romantsov; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yademaya energetica» (Communications of Hight Schools. Nuclear power engineering). – Obninsk, 2008. – 7 pages, 7 illustrations. – References – 9 titles.

The method of removal residual pressure is submitted by influence of ultrasound a wave on welded connection during welding. Advantage of the submitted method before traditional methods is shown. The description of the automated ultrasonic device of removal of the residual pressure moving synchronously with the welding automatic device is given.

УДК 539:551.508

Correction of Data on Radionuclide Contents in the Atmospheric Boundary Layer as Inferred from the Measurements of Natural Radionuclide Contents \M.V. Propisnova, V.M. Kim; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yademaya energetica» (Communications of Hight Schools. Nuclear power engineering). – Obninsk, 2008. – 4 pages, 2 illustrations. – References – 18 titles.

Presented is a method used for correction of radio nuclide volumetric activities in the atmospheric boundary layer based on the measurements of ^7Be volumetric activity made at the neighboring observation sites.

УДК 621.039.51:004

Verification of SCALE 5 code package: Nuclear Safety \A.V. Egorov, S.N. Filimonov, V.V. Artisyuk, A.N. Shmelev; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yademaya energetica» (Communications of Hight Schools. Nuclear power engineering). – Obninsk, 2008. – 11 pages, 7 illustrations. – References – 13 titles.

The purpose of present paper is verification of licensed computer code package SCALE 5, used in INPE for criticality safety and burnup calculations. This verification oriented on fundamental problems of nuclear safety, constrained with criticality analysis. Criticality calculations of classical uranium and plutonium experiments (GODIVA, JEZEBEL) and heterogeneous spherical assembly for accurate definition of critical mass of transuranics (^{244}Cm , ^{237}Np , ^{238}Pu) has been done. Also sensitivity analysis of obtained results for nuclear data was presented. On the basis of sensitivity and uncertainly analysis suggested model for experiment with ^{234}U for specification its critical mass.

УДК 621.039.548

Creation of Neutron-Physical Conditions in the MIR Reactor Suitable for Testing VVER Fuel Rods under Local Accidental Conditions \V.V. Kalygin, I.V. Kiseleva, A.P. Malkov, V.N. Shulimov; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yademaya energetica» (Communications of Hight Schools. Nuclear power engineering). – Obninsk, 2008. – 8 pages, 1 table, 3 illustrations. – References – 13 titles.

Considered are issues of creation of conditions for safe testing of VVER fuel rods in the MIR reactor core under conditions characteristic of the LOCA accidents. The design of experimental devices was defined, core configuration and position of control rods were chosen so that the required parameters can be reached at a minimum reactor power and safety of the experiments can be provided. Data on the reactor testing results are presented.

УДК 621.039.548

Testing of VVER Fuel Rods in the MIR Reactor under Power Ramping Conditions \A.V. Burukin, A.F. Grachev, V.V. Kalygin, A.B. Ovchinnikov, V.P. Smirnov; Editorial board of Journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yademaya energetica» (Communications of Hight Schools. Nuclear power engineering). – Obninsk, 2008. – 8 pages, 2 tables, 7 illustrations. – References – 9 titles.

The testing methodology of standard and refabricated VVER fuel rods in the loop facility of research reactor MIR is considered at different fuel burnups under power ramping conditions. Taking account of the analysis of main requirements to such tests, methodical approaches to the tests were presented including peculiar features of the reactor core configuration and provision of a fast power increase. Summarized data on the performed in-pile experiments, where the above methodology was used, and results of post-irradiation material science experiments are presented.