

УДК 551.521.64:551.513.22:57.045

СЕЗОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ ⁷Be В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ВОЗДУХА Г. РОСТОВА-НА-ДОНУ

^{1,2}Буреаева Е.А., ¹Стасов В.В., ²Малышевский В.С., ^{1,2}Кубрин С.П.,
³Толпыгин И.Е., ⁴Дубоносов А.Д.

¹Научно-исследовательский институт физики ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: buraeva_elena@mail.ru;

²ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону,
e-mail: vsmalyshevsky@sfedu.ru;

³Научно-исследовательский институт физической и органической химии ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: tolpugin@ipoc.sfedu.ru;

⁴Южный научный центр Российской академии наук, Ростов-на-Дону, e-mail: aled@ipoc.rsu.ru

Проведены исследования особенностей сезонного поведения ⁷Be, используемого в качестве трассера при изучении и описании различных экологических и метеорологических процессов в приземной атмосфере г. Ростова-на-Дону. Приведенные данные охватывают вторую половину 23-го (2001–2007 гг.) и первую половину 24-го (2007–2011 гг.) циклов солнечной активности. Установлено, что содержание (объемная активность) ⁷Be в атмосферных аэрозолях варьируется в пределах от 0,025 до 27,0 мБк/м³ при среднем содержании за все время наблюдений 5,107 мБк/м³, при этом наблюдаются максимум в весенне-летний период и минимум – в осенне-зимний. Полученные зависимости подтверждают наличие процессов вымывания радиоактивных аэрозолей из атмосферы осадками и обратную зависимость среднегодовой концентрации ⁷Be от солнечной активности. Данные результаты являются характерными для средних широт и умеренно-континентального климата.

Ключевые слова: ⁷Be, радионуклиды, приземная атмосфера, сезонное поведение, температура, солнечная активность, относительная влажность, осадки

SEASONAL BEHAVIOUR OF ⁷BE IN THE SURFACE AIR IN ROSTOV-ON-DON

^{1,2}Buraeva E.A., ¹Stasov V.V., ²Malyshevsky V.S., ^{1,2}Kubrin S.P.,
³Tolpygin I.E., ⁴Dubonosov A.D.

¹Research institute of Physics, Southern Federal University, Rostov-on-Don,
e-mail: buraeva_elena@mail.ru;

²Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: vsmalyshevsky@sfedu.ru;

³Institute of Physical and Organic Chemistry, Southern Federal University, Rostov-on-Don,
e-mail: tolpugin@ipoc.sfedu.ru;

⁴Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, e-mail: aled@ipoc.rsu.ru

The investigation of the seasonal behavior of ⁷Be, used as a tracer in the study and description of the various environmental and meteorological processes in the surface atmosphere of Rostov-on-Don are carried out. The data presented cover the second half of the 23rd (2001–2007) and the first half of the 24th (2007–2011) cycles of solar activity. It is found the filling (volume activity) ⁷Be in atmospheric aerosols varies, ranging from 0,025 to 27,0 mBq/m³ with an average grade on record 5,107 mBq/m³. There is a maximum at the spring and summer and the minimum at the autumn and winter. The dependences confirm the washout processes of radioactive aerosols from the atmosphere by precipitation and inverse dependence of the average ⁷Be concentration on the solar activity. These results are typical of the mid-latitudes and temperate continental climate. Analysis of these results shows that for a detailed evaluation and interpretation of the annual distribution of ⁷Be in atmospheric aerosols requires a comprehensive account of the mutual influence of solar activity and meteorological factors.

Keywords: ⁷Be, radionuclides, ground atmosphere, seasonal variations, temperature, solar activity, relative humidity, rainfall

⁷Be (период полураспада, $T_{1/2} = 53$ дня) – естественный радионуклид космогенного происхождения. Он образуется в ядерных реакциях на азоте, кислороде и углероде в верхних слоях атмосферы. В приземный слой воздуха, в почву и растительность ⁷Be попадает в результате перемешивания воздушных масс и вымывания осадками. ⁷Be при радиоактивном превращении (двойной К-захват) образует стабильный изотоп ⁷Li.

Образование и поведение ⁷Be в приземной атмосфере связано с солнечной активностью и метеопараметрами региона исследо-

ваний. В поведении ⁷Be отмечается наличие максимума в весенне-летний период и минимума – в осенне-зимний [2, 3]. Длительные измерения объемной активности ⁷Be в приземном слое воздуха показывают наличие обратной зависимости с солнечной активностью (числами Вольфа) [4, 5].

В целом объемная активность ⁷Be варьируется в широких пределах – от 42 до 10 мБк/м³ [1-5]. В настоящее время выявлены зависимости содержания данного радионуклида от температуры воздуха и количества осадков [1, 3].

^7Be используется в качестве трассера при изучении и описании различных экологических и метеорологических процессов, таких как перенос и осаждение атмосферных аэрозолей, а также для оценки их времени жизни.

В связи с этим для изучения процессов переноса данного радионуклида в приземной атмосфере необходимо проведение комплексных исследований, связанных с установлением зависимостей объемной активности (ОА) ^7Be от солнечной активности (числа Вольфа) и основных метеопараметров.

Материалы и методы исследования

Для отбора проб дисперсной фазы атмосферных аэрозолей и осадков в Лаборатории радиоэкологических исследований НИИ физики Южного федерального университета в 2000 году введена в эксплуатацию фильтровентиляционная установка (ФВУ). Атмосферные аэрозоли отбирали на фильтр из ткани Петрянова ФПП-15-1.7 общей площадью 0,56 м². Реальное (чистое) время экспозиции каждой пробы, определяемое электронным хронометром, составляет 168 часов. Расход воздуха ФВУ составляет около

510–630 м³/ч. В целом за 2001–2011 гг. было отобрано более 500 проб атмосферных аэрозолей.

Для оценки удельной активности ^7Be в атмосферных аэрозолях использовали радиометрическую низкофоновую установку на основе коаксиального полупроводникового детектора из особо чистого германия (GeHP) с эффективностью 25% в диапазоне 13–1500 кэВ, отношением пик/комpton 51.7:1.

^7Be определяли по пику с энергией 477 кэВ. По разности весов экспонированного и чистого фильтра определяется запыленность воздуха $P_0 = P/V$ (мкг/м³).

Результаты исследования и их обсуждение

В результате непрерывных измерений ОА ^7Be в приземном слое воздуха г. Ростова-на-Дону за период 2001–2011 гг. установлено, что его содержание в атмосферных аэрозолях варьируется в пределах от 0,025 до 27,0 мБк/м³ при среднем содержании за все время наблюдений 5,107 мБк/м³ (рис. 1). В основном большинство измеренных значений содержания ^7Be попадает в диапазон 3–7 мБк/м³, что согласуется с полученными данными для умеренных широт (40–50° СШ) [2, 5].

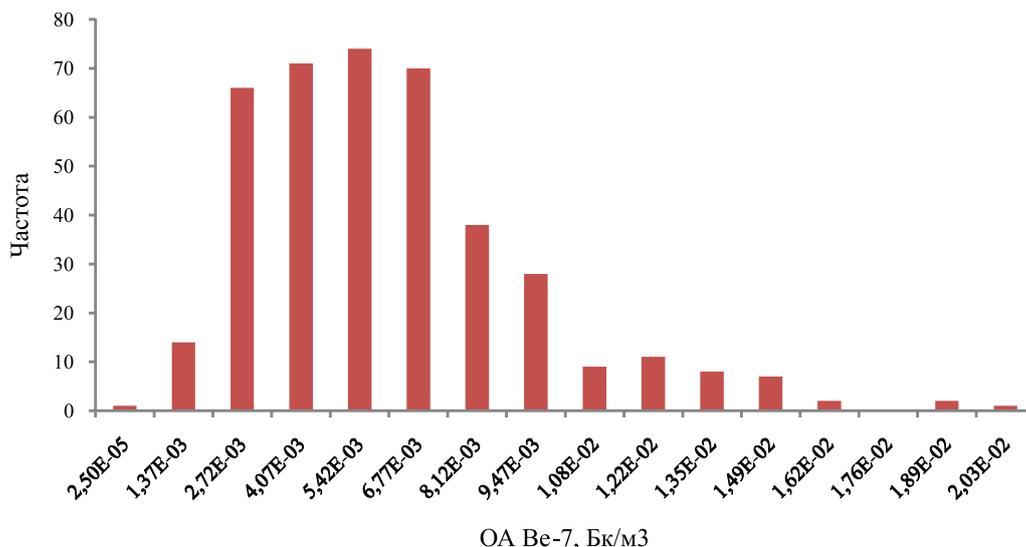


Рис. 1. Частота распределений объемной активности ^7Be (мБк/м³) в приземной атмосфере г. Ростова-на-Дону

В сезонном ходе ^7Be в атмосфере г. Ростова-на-Дону также имеют место максимум в весенне-летний период и минимум – в осенне-зимний. Подобное поведение объемной активности ^7Be связано с весенне-летней перестройкой атмосферы (из-за наличия между стратосферой и тропосферой слоя мощной температурной инверсии) и началом вегетационного периода (рис. 2).

В сезонном поведении ^7Be (см. рис. 2) в 2001–2011 гг. явно выраженные максимумы объемной активности приходятся в основном на июль. Максимальные среднемесячные значения содержания ^7Be зафиксированы в 2009 г. (июль) –

19,5 мБк/м³, а минимум в 2001 г. (февраль) – 1,51 мБк/м³.

Локально-временные изменения концентрации ^7Be связаны с сочетанием солнечной активности и различных метеопараметров (количество осадков, влажность, температура воздуха) в г. Ростове-на-Дону.

Изучение зависимости сезонного поведения объемной активности ^7Be в приземном слое воздуха от количества осадков г. Ростова-на-Дону (по данным Гидрометцентра России) показало, что в большинстве случаев максимумы содержания ^7Be приходятся на минимум количества осадков, что свидетельствует о вымывании радиоактивных аэрозолей из атмосферы осадками (рис. 3).

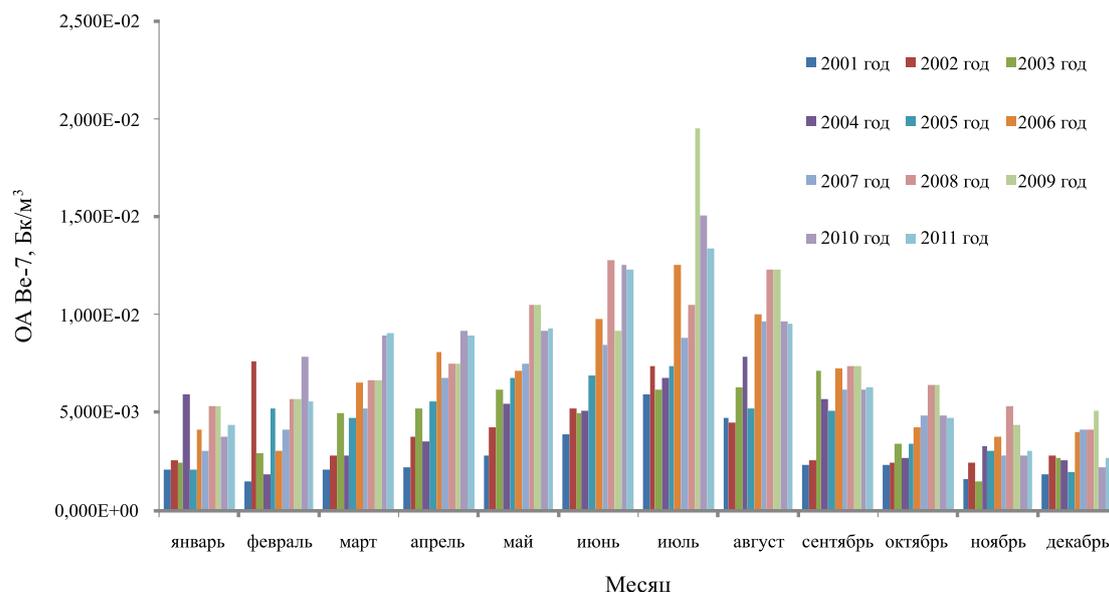


Рис. 2. Сезонное поведение ОА ⁷Ве в приземной атмосфере г. Ростова-на-Дону

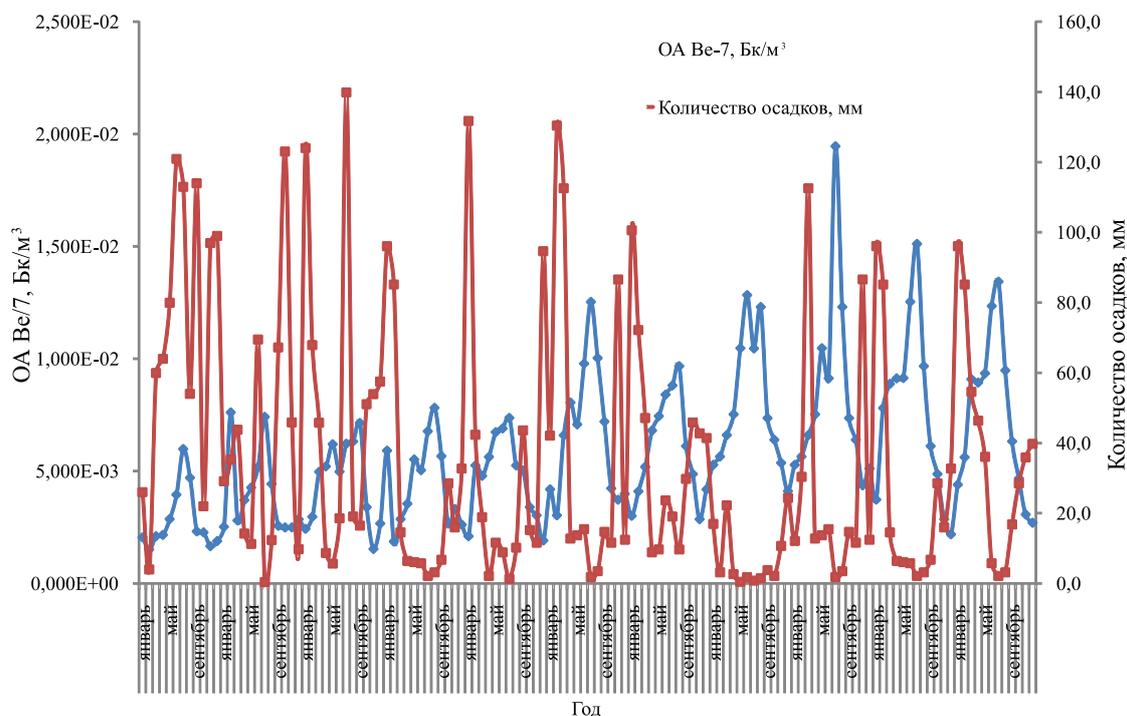


Рис. 3. Сезонное поведение объемной активности ⁷Ве и количества осадков

Исследования радиоактивности приземной атмосферы г. Ростова-на-Дону охватывают вторую половину 23-го (2001–2007 гг.) и первую половину 24-го (2007–2011 гг.) солнечных циклов.

Полученные данные (таблица) подтверждают обратную зависимость среднегодовой ОА ⁷Ве от солнечной активности. На максимум чисел Вольфа (111,0) приходится минимум содержания ⁷Ве (3,2 мБк/м³).

Результаты проведенных исследований согласуются с длительными измерениями

содержания ⁷Ве в приземной атмосфере ряда стран Европы [1–5].

Детальное (среднемесячное) поведение ОА ⁷Ве и чисел Вольфа также демонстрирует их обратную зависимость (рис. 4). При этом явные солнечные вспышки (например, в 2003 г.) не сказываются на годовом поведении ⁷Ве в атмосфере, что, по-видимому, связано с дополнительным совокупным влиянием метеопараметров и времени года на сезонное распределение данного радионуклида.

Выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований сезонного поведения ^7Be в приземном слое воздуха г. Ростова-на-Дону в период 2001–2011 гг. выявлены зависимости его объемной активности от относительного числа солнечных пятен и количества выпавших осадков. Анализ подобных результатов показывает, что для детальной оценки и интерпретации годового распределения ^7Be в атмосферных аэрозолях необходим комплексный учет взаимного влияния солнечной активности и метеорологических факторов. Полученные данные являются характерными для средних широт и умеренно-континентального климата.

Динамика изменения среднегодовой ОА ^7Be в г. Ростов-на-Дону за 2001–2011 гг.

Год	Среднегодовая ОА ^7Be , мБк/м ³	Числа Вольфа (W)
2001	3,2	111,0
2002	4,0	104,0
2003	4,5	63,7
2004	4,2	40,4
2005	4,9	29,8
2006	6,9	15,2
2007	5,9	7,5
2008	7,9	2,9
2009	8,3	3,1
2010	7,7	16,5
2011	7,5	55,7

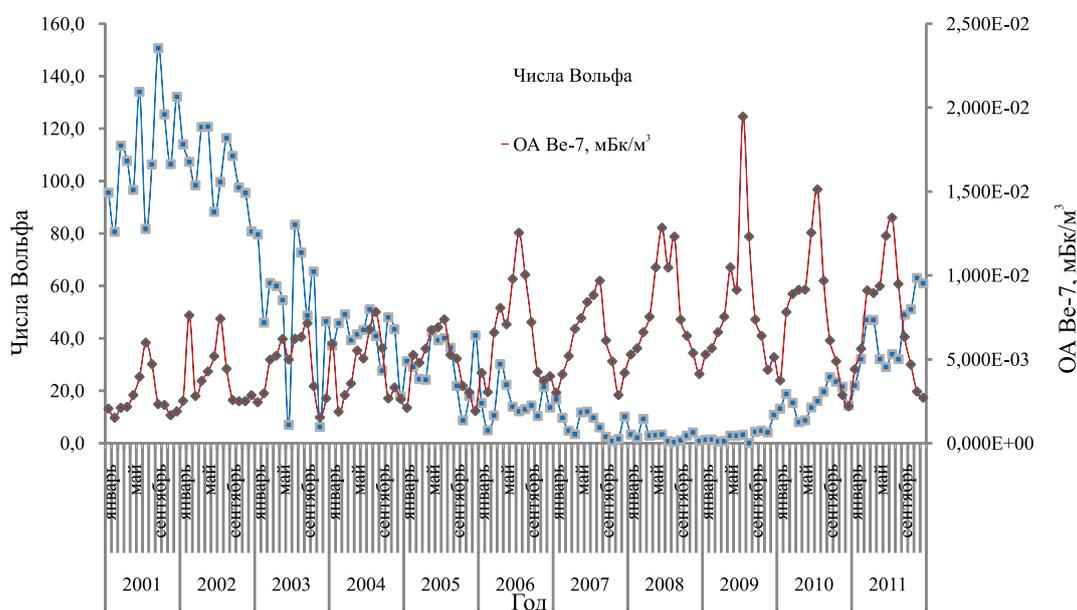


Рис. 4. Сезонное поведение ^7Be и чисел Вольфа в приземной атмосфере г. Ростова-на-Дону

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (№ 14.А18.21.0633).

Список литературы

1. Azahra M., Camacho-Garcia A., Gonzalez-Gomez C., Lopez-Penalver J.J., Bardouni T.El. Seasonal ^7Be concentrations in near-surface air of Granada (Spain) in the period 1993–2001 // *Applied Radiation and Isotopes*. – 2003. – № 59. – P. 159–164.
2. Gerasopoulos E., Zanis P., Stohl A., Zerefos C.S., Papastefanou C., Ringer W., Tobler L., Hubener S., Gaggeler H.W., Kanter H.J., Tositti L., Sandrini S. A climatology of ^7Be at four high-altitude stations at the Alps and the Northern Apennines // *Atmospheric Environment*. – 2001. – № 35. – P. 6347–6360.
3. Ioannidou A., Manolopoulou M., Papastefanou C. Temporal changes of ^7Be and ^{210}Pb concentrations in surface air at temperate latitudes (40°N) // *Applied Radiation and Isotopes*. – 2005. – № 63. – P. 277–284.
4. Kulan A., Aldahan A., Possnert G., Vintersved I. Distribution of ^7Be in surface air of Europe // *Atmospheric Environment*. – 2006. – № 40. – P. 3855–3868.
5. Papastefanou C., Ioannidou A. Beryllium-7 and solar activity. // *Applied Radiation and Isotopes*. – 2004. – № 61. – P. 1493–1495.

References

1. Azahra M., Camacho-Garcia A., Gonzalez-Gomez C., Lopez-Penalver J.J., Bardouni T.El. *App. Rad. and Isot.*, 2003, no. 59, pp. 159–164.
2. Gerasopoulos E., Zanis P., Stohl A., Zerefos C.S., Papastefanou C., Ringer W., Tobler L., Hubener S., Gaggeler H.W., Kanter H.J., Tositti L., Sandrini S. *Atmosph. Env.*, 2001, no. 35, pp. 6347–6360.
3. Ioannidou A., Manolopoulou M., Papastefanou C. *App. Rad. and Isot.*, 2005, no. 63, pp. 277–284.
4. Kulan A., Aldahan A., Possnert G., Vintersved I. *Atmosph. Env.*, 2006, no. 40, pp. 3855–3868.
5. Papastefanou C., Ioannidou A. *App. Rad. and Isot.*, 2004, no. 61, pp. 1493–1495.

Рецензенты:

Цветянский А.Л., д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры общей физики физического факультета Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону;
Бугаев Л.А., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой теоретической и вычислительной физики физического факультета Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 26.11.2012.