



## بررسی تغییرات بریلیوم-۷ ( ${}^7\text{Be}$ ) طبیعی در هوای مجاور سطح زمین در دو ایستگاه اندازه‌گیری در ایران

فروزان ارکیان<sup>\*</sup>، جمشید عمیدی

امور حفاظت در برابر اشعه، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۴۴۹۴-۱۴۱۵۵، تهران - ایران

**چکیده:** آزمایشگاه تابش‌سنجی (مونیتورینگ) آلودگی رادیولوژیکی هوا در امور حفاظت در برابر اشعه، غلظت رادیونوکلئید طبیعی بریلیوم-۷ ( ${}^7\text{Be}$ ) موجود در هوا را در فاصله یک متری از سطح زمین، به مدت چهار سال در دو ایستگاه تهران (N 35° 41' و Zاهدان (N 29° 28') اندازه‌گیری کرده و مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. در این کار پژوهشی تغییرات فصلی پرتوزایی رادیونوکلئید  ${}^7\text{Be}$  در هوا اندازه‌گیری شده و تغییرات آن نسبت به عرض جغرافیایی مورد بررسی قرار گرفته است. میزان رادیونوکلئید  ${}^7\text{Be}$  در ماههای گرم سال بیشتر بوده است، زیرا پایداری هوای گرم کاهش می‌یابد، در نتیجه اختلاط لایه‌های هوا در راستای قائم افزایش یافته و رادیونوکلئید  ${}^7\text{Be}$  که منشأ اصلی ایجاد آن ناحیه استراتوسفر و تروپوسفر بالا است بیشتر به سطح زمین می‌رسد. غلظت  ${}^7\text{Be}$  در ایستگاه تهران، که عرض جغرافیایی بیشتری نسبت به ایستگاه زاهدان دارد، کمتر است زیرا با پیشروی از ناحیه استوایی به سوی ناحیه قطبی، هوای تروپوسفری پایدارتر و از اختلاط قائم آن کاسته می‌شود، در نتیجه رادیونوکلئید  ${}^7\text{Be}$  کمتر به سطح زمین می‌رسد.

**واژه‌های کلیدی:** بریلیوم-۷، پرتوزایی طبیعی، طیف‌سنجی گاما، پخش جوی

## Long-Term Variation of Atmospheric Beryllium-7 in Iran

F. Arkian<sup>\*</sup>, J. Amidi

National Radiation Protection Department, AEOL, P.O. Box: 14155-4494, Tehran - Iran

**Abstract:** Iran Radiological Air Monitoring Center has measured the concentration of atmospheric  ${}^7\text{Be}$  at two stations located in Iran: Tehran (35° 41'), and Zahedan (29° 28') for duration of 4 years. The gamma emitting nuclides have been collected by high-volume air samplers and measured by gamma spectrometry. The results of the measured gamma emitting nuclides have shown that the cosmogenic  ${}^7\text{Be}$  is the only nuclide found in the air of Iran.  ${}^7\text{Be}$  is one of radioactive products of the bombardment of atmosphere by the cosmic rays. The data for the two sampling sites show seasonal variations in the concentration of  ${}^7\text{Be}$ . The  ${}^7\text{Be}$  concentrations are the highest at each of these sites during the warm mid-year months. An important factor in producing the peak concentrations of  ${}^7\text{Be}$  during the warmer month is the increased rates of the vertical transport within the troposphere that occurs during the warm seasons. The concentration of  ${}^7\text{Be}$  in air shows some difference between the obtained data in Tehran and Zahedan stations, with the respective values of  $10.41 \pm 1.50\text{E}+00$  mBqm<sup>-3</sup> in Tehran and  $17.10 \pm 1.90\text{E}+00$  mBq m<sup>-3</sup> in Zahedan. But the seasonal variations of  ${}^7\text{Be}$  concentration behavior is the same. We believe that  ${}^7\text{Be}$  concentration decreases poleward from the middle latitudes, because of the stability of the tropospheric air is the highest toward the cold polar region and decreases in the rate of vertical mixing within the troposphere.

**Keywords:** Beryllium-7, natural radioactivity, gamma spectroscopy, atmospheric dispersion

\*email: farkian@aeoi.org.ir



## ۱- مقدمه

پرتوزایی در جو ناشی از واپاشی مواد پرتوزای طبیعی، تولیدات ناشی از پرتوهای کیهانی، آزمایشها و حوادث هسته‌ای است. در بررسی‌های محیطی، نحوه تغییرات دراز مدت و کوتاه مدت مواد پرتوزا یا غیر پرتوزا در جو حائز اهمیت است. با این دانش می‌توان اطلاعات با ارزشی درباره تغییرات جوی از گذشته تا حال بدست آورد که به عنوان اطلاعات پایه، در مونتوری محیط بکار می‌روند.

رادایونوکلئید  $^{7}\text{Be}$  در اثر برخورد پرتوهای کیهانی به اتمهای اکسیژن و نیتروژن موجود در قسمت فوقانی جو ایجاد می‌شود [۱] و همواره با پرتوزایی طبیعی در تجزیه و تحلیل صافی‌های هوا مشاهده شده است.  $^{7}\text{Be}$  با نیمه عمر ۵۳/۲۸ روز، تابش کننده پرتو گاما در انرژی ۴۷۷/۶ keV می‌باشد. حدود ۷۰٪ از  $^{7}\text{Be}$  در استراتوسفر و ۳۰٪ آن در بالای تروپوسفر تولید می‌شود [۲].  $^{7}\text{Be}$  در همان ابتدای تشکیل، به ذرات خیلی کوچک موجود در هوا می‌چسبد. در واقع این رادیونوکلئید معمولاً با هوامیزهایی به قطر ۰/۳ میکرومتر همراه است. در این بررسی، تغییرات فصلی پرتوزایی رادیونوکلئید  $^{7}\text{Be}$  در هوا، در فاصله یک متری از سطح زمین، همچنین تغییرات آن نسبت به عرض جغرافیایی در دو ایستگاه تهران و زاهدان بررسی شده است.

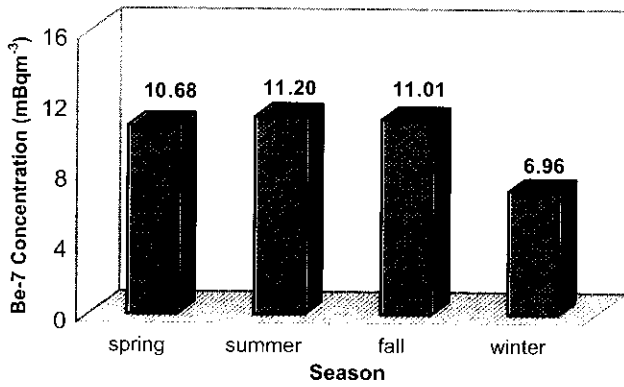
در ایستگاه اندازه‌گیری تهران واقع در منطقه امیرآباد، با استفاده از دستگاههای نمونه‌بردار هوا با حجم‌های ۱۴۴۰ و ۱۹۲۰۰ متر مکعب در روز، ذرات معلق در هوا در فاصله یک متری از سطح زمین گردآوری و با روش اسپکترومتری گاما رادیونوکلئیدهای موجود در هوا بطور کیفی و کمی در حد میکرو بکرل تعیین شده‌اند.

هدف اصلی از این تابش‌سنجی دائمی، تعیین و مطالعه توزیع رادیونوکلئیدهای طبیعی و مصنوعی در جو پائین است. در این مقاله اثرهای پرتوزایی طبیعی و مصنوعی بر انسان و محیط زیست مورد بررسی قرار نمی‌گیرد، بلکه اطلاعات بدست آمده به بررسی توزیع رادیونوکلئیدها و پارامترهای مهمی که در انتقال آنها در جو مؤثر هستند کمک می‌کند. همچنین غلظت رادیونوکلئیدهای طبیعی به عنوان معیاری از میزان پخش آتمسفری از بالای تروپوسفر تا سطح زمین بکار می‌رود. از این رو مقدار روزانه آنها در هوای مجاور سطح زمین، در تعیین انتقال ازن و هوامیزها به سطح زمین مؤثر است.

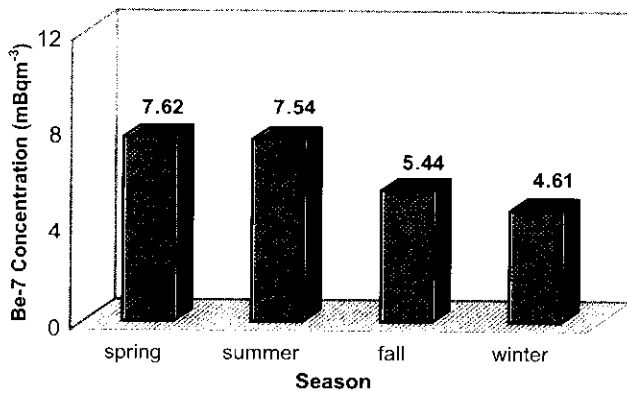
## ۲- روش اندازه‌گیری

برای اندازه‌گیری پرتوزایی اندک موجود در ذرات معلق در هوا، معمولاً از دستگاههای نمونه‌گیر از هوا با حجم بالا استفاده می‌شود. در این روش حجم زیادی از هوا، از صافی‌های ویژه با دبی ثابت عبور داده می‌شود و مقدار بیشتری مواد پرتوزا روی صافی جمع‌آوری می‌گردد. با توجه به حجم زیاد هوا و افزایش مواد پرتوزای جمع شده، بررسی کیفی و کمی رادیونوکلئیدها حتی با پرتوزایی اندک، در حد میکرو بکرل در متر مکعب ( $\mu\text{Bqm}^{-3}$ )، امکان‌پذیر است.

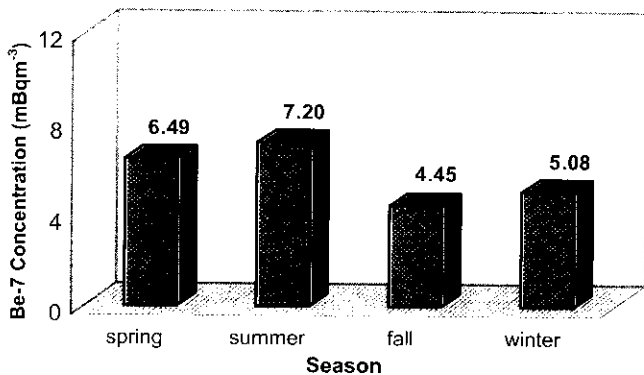
دستگاه نمونه‌برداری از ذرات معلق در هوا از نوع ASS-500 است و برای تابش‌سنجی محیط به طور دائم بکار می‌رود. فلوی ثابت در طی مدت نمونه‌برداری، همچنین کارکردن دستگاه در شرایط جوی متفاوت امکان استفاده دائمی از آن را فراهم آورده است. این دستگاه از یک پمپ پرتوان مکنده هوا با فلویی در حدود ۸۰۰ متر مکعب در ساعت و یک صافی تشکیل شده است. صافی بکار رفته در این دستگاه، کلورینات وینیل پلی کلراید، پتریانف<sup>(۱)</sup>، از نوع الیاف پنبه‌ای می‌باشد. صافی پتریانف قابلیت اندازه‌گیری طیف وسیعی از رادیونوکلئیدهای طبیعی و مصنوعی در هوا از جمله  $^{131}\text{I}$ ،  $^{40}\text{K}$ ،  $^{137}\text{Cs}$ ،  $^{138}\text{La}$ ،  $^{139}\text{La}$ ،  $^{140}\text{La}$ ،  $^{147}\text{Sm}$ ،  $^{148}\text{Sm}$ ،  $^{152}\text{Eu}$ ،  $^{154}\text{Eu}$ ،  $^{159}\text{Gd}$ ،  $^{160}\text{Gd}$ ،  $^{170}\text{Yb}$ ،  $^{176}\text{Lu}$ ،  $^{177}\text{Lu}$ ،  $^{187}\text{Re}$ ،  $^{232}\text{Th}$ ،  $^{235}\text{U}$ ،  $^{238}\text{U}$ ،  $^{240}\text{Pu}$ ،  $^{241}\text{Am}$ ،  $^{242}\text{Am}$ ،  $^{243}\text{Am}$ ،  $^{244}\text{Cm}$ ،  $^{245}\text{Cm}$ ،  $^{246}\text{Cm}$ ،  $^{247}\text{Cm}$ ،  $^{248}\text{Cm}$ ،  $^{252}\text{Cf}$ ،  $^{253}\text{Cf}$ ،  $^{254}\text{Cf}$ ،  $^{255}\text{Cf}$ ،  $^{256}\text{Cf}$ ،  $^{257}\text{Cf}$ ،  $^{258}\text{Cf}$ ،  $^{259}\text{Cf}$ ،  $^{260}\text{Cf}$ ،  $^{261}\text{Cf}$ ،  $^{262}\text{Cf}$ ،  $^{263}\text{Cf}$ ،  $^{264}\text{Cf}$ ،  $^{265}\text{Cf}$ ،  $^{266}\text{Cf}$ ،  $^{267}\text{Cf}$ ،  $^{268}\text{Cf}$ ،  $^{269}\text{Cf}$ ،  $^{270}\text{Cf}$ ،  $^{271}\text{Cf}$ ،  $^{272}\text{Cf}$ ،  $^{273}\text{Cf}$ ،  $^{274}\text{Cf}$ ،  $^{275}\text{Cf}$ ،  $^{276}\text{Cf}$ ،  $^{277}\text{Cf}$ ،  $^{278}\text{Cf}$ ،  $^{279}\text{Cf}$ ،  $^{280}\text{Cf}$ ،  $^{281}\text{Cf}$ ،  $^{282}\text{Cf}$ ،  $^{283}\text{Cf}$ ،  $^{284}\text{Cf}$ ،  $^{285}\text{Cf}$ ،  $^{286}\text{Cf}$ ،  $^{287}\text{Cf}$ ،  $^{288}\text{Cf}$ ،  $^{289}\text{Cf}$ ،  $^{290}\text{Cf}$ ،  $^{291}\text{Cf}$ ،  $^{292}\text{Cf}$ ،  $^{293}\text{Cf}$ ،  $^{294}\text{Cf}$ ،  $^{295}\text{Cf}$ ،  $^{296}\text{Cf}$ ،  $^{297}\text{Cf}$ ،  $^{298}\text{Cf}$ ،  $^{299}\text{Cf}$ ،  $^{300}\text{Cf}$ ،  $^{301}\text{Cf}$ ،  $^{302}\text{Cf}$ ،  $^{303}\text{Cf}$ ،  $^{304}\text{Cf}$ ،  $^{305}\text{Cf}$ ،  $^{306}\text{Cf}$ ،  $^{307}\text{Cf}$ ،  $^{308}\text{Cf}$ ،  $^{309}\text{Cf}$ ،  $^{310}\text{Cf}$ ،  $^{311}\text{Cf}$ ،  $^{312}\text{Cf}$ ،  $^{313}\text{Cf}$ ،  $^{314}\text{Cf}$ ،  $^{315}\text{Cf}$ ،  $^{316}\text{Cf}$ ،  $^{317}\text{Cf}$ ،  $^{318}\text{Cf}$ ،  $^{319}\text{Cf}$ ،  $^{320}\text{Cf}$ ،  $^{321}\text{Cf}$ ،  $^{322}\text{Cf}$ ،  $^{323}\text{Cf}$ ،  $^{324}\text{Cf}$ ،  $^{325}\text{Cf}$ ،  $^{326}\text{Cf}$ ،  $^{327}\text{Cf}$ ،  $^{328}\text{Cf}$ ،  $^{329}\text{Cf}$ ،  $^{330}\text{Cf}$ ،  $^{331}\text{Cf}$ ،  $^{332}\text{Cf}$ ،  $^{333}\text{Cf}$ ،  $^{334}\text{Cf}$ ،  $^{335}\text{Cf}$ ،  $^{336}\text{Cf}$ ،  $^{337}\text{Cf}$ ،  $^{338}\text{Cf}$ ،  $^{339}\text{Cf}$ ،  $^{340}\text{Cf}$ ،  $^{341}\text{Cf}$ ،  $^{342}\text{Cf}$ ،  $^{343}\text{Cf}$ ،  $^{344}\text{Cf}$ ،  $^{345}\text{Cf}$ ،  $^{346}\text{Cf}$ ،  $^{347}\text{Cf}$ ،  $^{348}\text{Cf}$ ،  $^{349}\text{Cf}$ ،  $^{350}\text{Cf}$ ،  $^{351}\text{Cf}$ ،  $^{352}\text{Cf}$ ،  $^{353}\text{Cf}$ ،  $^{354}\text{Cf}$ ،  $^{355}\text{Cf}$ ،  $^{356}\text{Cf}$ ،  $^{357}\text{Cf}$ ،  $^{358}\text{Cf}$ ،  $^{359}\text{Cf}$ ،  $^{360}\text{Cf}$ ،  $^{361}\text{Cf}$ ،  $^{362}\text{Cf}$ ،  $^{363}\text{Cf}$ ،  $^{364}\text{Cf}$ ،  $^{365}\text{Cf}$ ،  $^{366}\text{Cf}$ ،  $^{367}\text{Cf}$ ،  $^{368}\text{Cf}$ ،  $^{369}\text{Cf}$ ،  $^{370}\text{Cf}$ ،  $^{371}\text{Cf}$ ،  $^{372}\text{Cf}$ ،  $^{373}\text{Cf}$ ،  $^{374}\text{Cf}$ ،  $^{375}\text{Cf}$ ،  $^{376}\text{Cf}$ ،  $^{377}\text{Cf}$ ،  $^{378}\text{Cf}$ ،  $^{379}\text{Cf}$ ،  $^{380}\text{Cf}$ ،  $^{381}\text{Cf}$ ،  $^{382}\text{Cf}$ ،  $^{383}\text{Cf}$ ،  $^{384}\text{Cf}$ ،  $^{385}\text{Cf}$ ،  $^{386}\text{Cf}$ ،  $^{387}\text{Cf}$ ،  $^{388}\text{Cf}$ ،  $^{389}\text{Cf}$ ،  $^{390}\text{Cf}$ ،  $^{391}\text{Cf}$ ،  $^{392}\text{Cf}$ ،  $^{393}\text{Cf}$ ،  $^{394}\text{Cf}$ ،  $^{395}\text{Cf}$ ،  $^{396}\text{Cf}$ ،  $^{397}\text{Cf}$ ،  $^{398}\text{Cf}$ ،  $^{399}\text{Cf}$ ،  $^{400}\text{Cf}$ ،  $^{401}\text{Cf}$ ،  $^{402}\text{Cf}$ ،  $^{403}\text{Cf}$ ،  $^{404}\text{Cf}$ ،  $^{405}\text{Cf}$ ،  $^{406}\text{Cf}$ ،  $^{407}\text{Cf}$ ،  $^{408}\text{Cf}$ ،  $^{409}\text{Cf}$ ،  $^{410}\text{Cf}$ ،  $^{411}\text{Cf}$ ،  $^{412}\text{Cf}$ ،  $^{413}\text{Cf}$ ،  $^{414}\text{Cf}$ ،  $^{415}\text{Cf}$ ،  $^{416}\text{Cf}$ ،  $^{417}\text{Cf}$ ،  $^{418}\text{Cf}$ ،  $^{419}\text{Cf}$ ،  $^{420}\text{Cf}$ ،  $^{421}\text{Cf}$ ،  $^{422}\text{Cf}$ ،  $^{423}\text{Cf}$ ،  $^{424}\text{Cf}$ ،  $^{425}\text{Cf}$ ،  $^{426}\text{Cf}$ ،  $^{427}\text{Cf}$ ،  $^{428}\text{Cf}$ ،  $^{429}\text{Cf}$ ،  $^{430}\text{Cf}$ ،  $^{431}\text{Cf}$ ،  $^{432}\text{Cf}$ ،  $^{433}\text{Cf}$ ،  $^{434}\text{Cf}$ ،  $^{435}\text{Cf}$ ،  $^{436}\text{Cf}$ ،  $^{437}\text{Cf}$ ،  $^{438}\text{Cf}$ ،  $^{439}\text{Cf}$ ،  $^{440}\text{Cf}$ ،  $^{441}\text{Cf}$ ،  $^{442}\text{Cf}$ ،  $^{443}\text{Cf}$ ،  $^{444}\text{Cf}$ ،  $^{445}\text{Cf}$ ،  $^{446}\text{Cf}$ ،  $^{447}\text{Cf}$ ،  $^{448}\text{Cf}$ ،  $^{449}\text{Cf}$ ،  $^{450}\text{Cf}$ ،  $^{451}\text{Cf}$ ،  $^{452}\text{Cf}$ ،  $^{453}\text{Cf}$ ،  $^{454}\text{Cf}$ ،  $^{455}\text{Cf}$ ،  $^{456}\text{Cf}$ ،  $^{457}\text{Cf}$ ،  $^{458}\text{Cf}$ ،  $^{459}\text{Cf}$ ،  $^{460}\text{Cf}$ ،  $^{461}\text{Cf}$ ،  $^{462}\text{Cf}$ ،  $^{463}\text{Cf}$ ،  $^{464}\text{Cf}$ ،  $^{465}\text{Cf}$ ،  $^{466}\text{Cf}$ ،  $^{467}\text{Cf}$ ،  $^{468}\text{Cf}$ ،  $^{469}\text{Cf}$ ،  $^{470}\text{Cf}$ ،  $^{471}\text{Cf}$ ،  $^{472}\text{Cf}$ ،  $^{473}\text{Cf}$ ،  $^{474}\text{Cf}$ ،  $^{475}\text{Cf}$ ،  $^{476}\text{Cf}$ ،  $^{477}\text{Cf}$ ،  $^{478}\text{Cf}$ ،  $^{479}\text{Cf}$ ،  $^{480}\text{Cf}$ ،  $^{481}\text{Cf}$ ،  $^{482}\text{Cf}$ ،  $^{483}\text{Cf}$ ،  $^{484}\text{Cf}$ ،  $^{485}\text{Cf}$ ،  $^{486}\text{Cf}$ ،  $^{487}\text{Cf}$ ،  $^{488}\text{Cf}$ ،  $^{489}\text{Cf}$ ،  $^{490}\text{Cf}$ ،  $^{491}\text{Cf}$ ،  $^{492}\text{Cf}$ ،  $^{493}\text{Cf}$ ،  $^{494}\text{Cf}$ ،  $^{495}\text{Cf}$ ،  $^{496}\text{Cf}$ ،  $^{497}\text{Cf}$ ،  $^{498}\text{Cf}$ ،  $^{499}\text{Cf}$ ،  $^{500}\text{Cf}$ ،  $^{501}\text{Cf}$ ،  $^{502}\text{Cf}$ ،  $^{503}\text{Cf}$ ،  $^{504}\text{Cf}$ ،  $^{505}\text{Cf}$ ،  $^{506}\text{Cf}$ ،  $^{507}\text{Cf}$ ،  $^{508}\text{Cf}$ ،  $^{509}\text{Cf}$ ،  $^{510}\text{Cf}$ ،  $^{511}\text{Cf}$ ،  $^{512}\text{Cf}$ ،  $^{513}\text{Cf}$ ،  $^{514}\text{Cf}$ ،  $^{515}\text{Cf}$ ،  $^{516}\text{Cf}$ ،  $^{517}\text{Cf}$ ،  $^{518}\text{Cf}$ ،  $^{519}\text{Cf}$ ،  $^{520}\text{Cf}$ ،  $^{521}\text{Cf}$ ،  $^{522}\text{Cf}$ ،  $^{523}\text{Cf}$ ،  $^{524}\text{Cf}$ ،  $^{525}\text{Cf}$ ،  $^{526}\text{Cf}$ ،  $^{527}\text{Cf}$ ،  $^{528}\text{Cf}$ ،  $^{529}\text{Cf}$ ،  $^{530}\text{Cf}$ ،  $^{531}\text{Cf}$ ،  $^{532}\text{Cf}$ ،  $^{533}\text{Cf}$ ،  $^{534}\text{Cf}$ ،  $^{535}\text{Cf}$ ،  $^{536}\text{Cf}$ ،  $^{537}\text{Cf}$ ،  $^{538}\text{Cf}$ ،  $^{539}\text{Cf}$ ،  $^{540}\text{Cf}$ ،  $^{541}\text{Cf}$ ،  $^{542}\text{Cf}$ ،  $^{543}\text{Cf}$ ،  $^{544}\text{Cf}$ ،  $^{545}\text{Cf}$ ،  $^{546}\text{Cf}$ ،  $^{547}\text{Cf}$ ،  $^{548}\text{Cf}$ ،  $^{549}\text{Cf}$ ،  $^{550}\text{Cf}$ ،  $^{551}\text{Cf}$ ،  $^{552}\text{Cf}$ ،  $^{553}\text{Cf}$ ،  $^{554}\text{Cf}$ ،  $^{555}\text{Cf}$ ،  $^{556}\text{Cf}$ ،  $^{557}\text{Cf}$ ،  $^{558}\text{Cf}$ ،  $^{559}\text{Cf}$ ،  $^{560}\text{Cf}$ ،  $^{561}\text{Cf}$ ،  $^{562}\text{Cf}$ ،  $^{563}\text{Cf}$ ،  $^{564}\text{Cf}$ ،  $^{565}\text{Cf}$ ،  $^{566}\text{Cf}$ ،  $^{567}\text{Cf}$ ،  $^{568}\text{Cf}$ ،  $^{569}\text{Cf}$ ،  $^{570}\text{Cf}$ ،  $^{571}\text{Cf}$ ،  $^{572}\text{Cf}$ ،  $^{573}\text{Cf}$ ،  $^{574}\text{Cf}$ ،  $^{575}\text{Cf}$ ،  $^{576}\text{Cf}$ ،  $^{577}\text{Cf}$ ،  $^{578}\text{Cf}$ ،  $^{579}\text{Cf}$ ،  $^{580}\text{Cf}$ ،  $^{581}\text{Cf}$ ،  $^{582}\text{Cf}$ ،  $^{583}\text{Cf}$ ،  $^{584}\text{Cf}$ ،  $^{585}\text{Cf}$ ،  $^{586}\text{Cf}$ ،  $^{587}\text{Cf}$ ،  $^{588}\text{Cf}$ ،  $^{589}\text{Cf}$ ،  $^{590}\text{Cf}$ ،  $^{591}\text{Cf}$ ،  $^{592}\text{Cf}$ ،  $^{593}\text{Cf}$ ،  $^{594}\text{Cf}$ ،  $^{595}\text{Cf}$ ،  $^{596}\text{Cf}$ ،  $^{597}\text{Cf}$ ،  $^{598}\text{Cf}$ ،  $^{599}\text{Cf}$ ،  $^{600}\text{Cf}$ ،  $^{601}\text{Cf}$ ،  $^{602}\text{Cf}$ ،  $^{603}\text{Cf}$ ،  $^{604}\text{Cf}$ ،  $^{605}\text{Cf}$ ،  $^{606}\text{Cf}$ ،  $^{607}\text{Cf}$ ،  $^{608}\text{Cf}$ ،  $^{609}\text{Cf}$ ،  $^{610}\text{Cf}$ ،  $^{611}\text{Cf}$ ،  $^{612}\text{Cf}$ ،  $^{613}\text{Cf}$ ،  $^{614}\text{Cf}$ ،  $^{615}\text{Cf}$ ،  $^{616}\text{Cf}$ ،  $^{617}\text{Cf}$ ،  $^{618}\text{Cf}$ ،  $^{619}\text{Cf}$ ،  $^{620}\text{Cf}$ ،  $^{621}\text{Cf}$ ،  $^{622}\text{Cf}$ ،  $^{623}\text{Cf}$ ،  $^{624}\text{Cf}$ ،  $^{625}\text{Cf}$ ،  $^{626}\text{Cf}$ ،  $^{627}\text{Cf}$ ،  $^{628}\text{Cf}$ ،  $^{629}\text{Cf}$ ،  $^{630}\text{Cf}$ ،  $^{631}\text{Cf}$ ،  $^{632}\text{Cf}$ ،  $^{633}\text{Cf}$ ،  $^{634}\text{Cf}$ ،  $^{635}\text{Cf}$ ،  $^{636}\text{Cf}$ ،  $^{637}\text{Cf}$ ،  $^{638}\text{Cf}$ ،  $^{639}\text{Cf}$ ،  $^{640}\text{Cf}$ ،  $^{641}\text{Cf}$ ،  $^{642}\text{Cf}$ ،  $^{643}\text{Cf}$ ،  $^{644}\text{Cf}$ ،  $^{645}\text{Cf}$ ،  $^{646}\text{Cf}$ ،  $^{647}\text{Cf}$ ،  $^{648}\text{Cf}$ ،  $^{649}\text{Cf}$ ،  $^{650}\text{Cf}$ ،  $^{651}\text{Cf}$ ،  $^{652}\text{Cf}$ ،  $^{653}\text{Cf}$ ،  $^{654}\text{Cf}$ ،  $^{655}\text{Cf}$ ،  $^{656}\text{Cf}$ ،  $^{657}\text{Cf}$ ،  $^{658}\text{Cf}$ ،  $^{659}\text{Cf}$ ،  $^{660}\text{Cf}$ ،  $^{661}\text{Cf}$ ،  $^{662}\text{Cf}$ ،  $^{663}\text{Cf}$ ،  $^{664}\text{Cf}$ ،  $^{665}\text{Cf}$ ،  $^{666}\text{Cf}$ ،  $^{667}\text{Cf}$ ،  $^{668}\text{Cf}$ ،  $^{669}\text{Cf}$ ،  $^{670}\text{Cf}$ ،  $^{671}\text{Cf}$ ،  $^{672}\text{Cf}$ ،  $^{673}\text{Cf}$ ،  $^{674}\text{Cf}$ ،  $^{675}\text{Cf}$ ،  $^{676}\text{Cf}$ ،  $^{677}\text{Cf}$ ،  $^{678}\text{Cf}$ ،  $^{679}\text{Cf}$ ،  $^{680}\text{Cf}$ ،  $^{681}\text{Cf}$ ،  $^{682}\text{Cf}$ ،  $^{683}\text{Cf}$ ،  $^{684}\text{Cf}$ ،  $^{685}\text{Cf}$ ،  $^{686}\text{Cf}$ ،  $^{687}\text{Cf}$ ،  $^{688}\text{Cf}$ ،  $^{689}\text{Cf}$ ،  $^{690}\text{Cf}$ ،  $^{691}\text{Cf}$ ،  $^{692}\text{Cf}$ ،  $^{693}\text{Cf}$ ،  $^{694}\text{Cf}$ ،  $^{695}\text{Cf}$ ،  $^{696}\text{Cf}$ ،  $^{697}\text{Cf}$ ،  $^{698}\text{Cf}$ ،  $^{699}\text{Cf}$ ،  $^{700}\text{Cf}$ ،  $^{701}\text{Cf}$ ،  $^{702}\text{Cf}$ ،  $^{703}\text{Cf}$ ،  $^{704}\text{Cf}$ ،  $^{705}\text{Cf}$ ،  $^{706}\text{Cf}$ ،  $^{707}\text{Cf}$ ،  $^{708}\text{Cf}$ ،  $^{709}\text{Cf}$ ،  $^{710}\text{Cf}$ ،  $^{711}\text{Cf}$ ،  $^{712}\text{Cf}$ ،  $^{713}\text{Cf}$ ،  $^{714}\text{Cf}$ ،  $^{715}\text{Cf}$ ،  $^{716}\text{Cf}$ ،  $^{717}\text{Cf}$ ،  $^{718}\text{Cf}$ ،  $^{719}\text{Cf}$ ،  $^{720}\text{Cf}$ ،  $^{721}\text{Cf}$ ،  $^{722}\text{Cf}$ ،  $^{723}\text{Cf}$ ،  $^{724}\text{Cf}$ ،  $^{725}\text{Cf}$ ،  $^{726}\text{Cf}$ ،  $^{727}\text{Cf}$ ،  $^{728}\text{Cf}$ ،  $^{729}\text{Cf}$ ،  $^{730}\text{Cf}$ ،  $^{731}\text{Cf}$ ،  $^{732}\text{Cf}$ ،  $^{733}\text{Cf}$ ،  $^{734}\text{Cf}$ ،  $^{735}\text{Cf}$ ،  $^{736}\text{Cf}$ ،  $^{737}\text{Cf}$ ،  $^{738}\text{Cf}$ ،  $^{739}\text{Cf}$ ،  $^{740}\text{Cf}$ ،  $^{741}\text{Cf}$ ،  $^{742}\text{Cf}$ ،  $^{743}\text{Cf}$ ،  $^{744}\text{Cf}$ ،  $^{745}\text{Cf}$ ،  $^{746}\text{Cf}$ ،  $^{747}\text{Cf}$ ،  $^{748}\text{Cf}$ ،  $^{749}\text{Cf}$ ،  $^{750}\text{Cf}$ ،  $^{751}\text{Cf}$ ،  $^{752}\text{Cf}$ ،  $^{753}\text{Cf}$ ،  $^{754}\text{Cf}$ ،  $^{755}\text{Cf}$ ،  $^{756}\text{Cf}$ ،  $^{757}\text{Cf}$ ،  $^{758}\text{Cf}$ ،  $^{759}\text{Cf}$ ،  $^{760}\text{Cf}$ ،  $^{761}\text{Cf}$ ،  $^{762}\text{Cf}$ ،  $^{763}\text{Cf}$ ،  $^{764}\text{Cf}$ ،  $^{765}\text{Cf}$ ،  $^{766}\text{Cf}$ ،  $^{767}\text{Cf}$ ،  $^{768}\text{Cf}$ ،  $^{769}\text{Cf}$ ،  $^{770}\text{Cf}$ ،  $^{771}\text{Cf}$ ،  $^{772}\text{Cf}$ ،  $^{773}\text{Cf}$ ،  $^{774}\text{Cf}$ ،  $^{775}\text{Cf}$ ،  $^{776}\text{Cf}$ ،  $^{777}\text{Cf}$ ،  $^{778}\text{Cf}$ ،  $^{779}\text{Cf}$ ،  $^{780}\text{Cf}$ ،  $^{781}\text{Cf}$ ،  $^{782}\text{Cf}$ ،  $^{783}\text{Cf}$ ،  $^{784}\text{Cf}$ ،  $^{785}\text{Cf}$ ،  $^{786}\text{Cf}$ ،  $^{787}\text{Cf}$ ،  $^{788}\text{Cf}$ ،  $^{789}\text{Cf}$ ،  $^{790}\text{Cf}$ ،  $^{791}\text{Cf}$ ،  $^{792}\text{Cf}$ ،  $^{793}\text{Cf}$ ،  $^{794}\text{Cf}$ ،  $^{795}\text{Cf}$ ،  $^{796}\text{Cf}$ ،  $^{797}\text{Cf}$ ،  $^{798}\text{Cf}$ ،  $^{799}\text{Cf}$ ،  $^{800}\text{Cf}$ ،  $^{801}\text{Cf}$ ،  $^{802}\text{Cf}$ ،  $^{803}\text{Cf}$ ،  $^{804}\text{Cf}$ ،  $^{805}\text{Cf}$ ،  $^{806}\text{Cf}$ ،  $^{807}\text{Cf}$ ،  $^{808}\text{Cf}$ ،  $^{809}\text{Cf}$ ،  $^{810}\text{Cf}$ ،  $^{811}\text{Cf}$ ،  $^{812}\text{Cf}$ ،  $^{813}\text{Cf}$ ،  $^{814}\text{Cf}$ ،  $^{815}\text{Cf}$ ،  $^{816}\text{Cf}$ ،  $^{817}\text{Cf}$ ،  $^{818}\text{Cf}$ ،  $^{819}\text{Cf}$ ،  $^{820}\text{Cf}$ ،  $^{821}\text{Cf}$ ،  $^{822}\text{Cf}$ ،  $^{823}\text{Cf}$ ،  $^{824}\text{Cf}$ ،  $^{825}\text{Cf}$ ،  $^{826}\text{Cf}$ ،  $^{827}\text{Cf}$ ،  $^{828}\text{Cf}$ ،  $^{829}\text{Cf}$ ،  $^{830}\text{Cf}$ ،  $^{831}\text{Cf}$ ،  $^{832}\text{Cf}$ ،  $^{833}\text{Cf}$ ،  $^{834}\text{Cf}$ ،  $^{835}\text{Cf}$ ،  $^{836}\text{Cf}$ ،  $^{837}\text{Cf}$ ،  $^{838}\text{Cf}$ ،  $^{839}\text{Cf}$ ،  $^{840}\text{Cf}$ ،  $^{841}\text{Cf}$ ،  $^{842}\text{Cf}$ ،  $^{843}\text{Cf}$ ،  $^{844}\text{Cf}$ ،  $^{845}\text{Cf}$ ،  $^{846}\text{Cf}$ ،  $^{847}\text{Cf}$ ،  $^{848}\text{Cf}$ ،  $^{849}\text{Cf}$ ،  $^{850}\text{Cf}$ ،  $^{851}\text{Cf}$ ،  $^{852}\text{Cf}$ ،  $^{853}\text{Cf}$ ،  $^{854}\text{Cf}$ ،  $^{855}\text{Cf}$ ،  $^{856}\text{Cf}$ ،  $^{857}\text{Cf}$ ،  $^{858}\text{Cf}$ ،  $^{859}\text{Cf}$ ،  $^{860}\text{Cf}$ ،  $^{861}\text{Cf}$ ،  $^{862}\text{Cf}$ ،  $^{863}\text{Cf}$ ،  $^{864}\text{Cf}$ ،  $^{865}\text{Cf}$ ،  $^{866}\text{Cf}$ ،  $^{867}\text{Cf}$ ،  $^{868}\text{Cf}$ ،  $^{869}\text{Cf}$ ،  $^{870}\text{Cf}$ ،  $^{871}\text{Cf}$ ،  $^{872}\text{Cf}$ ،  $^{873}\text{Cf}$ ،  $^{874}\text{Cf}$ ،  $^{875}\text{Cf}$ ،  $^{876}\text{Cf}$ ،  $^{877}\text{Cf}$ ،  $^{878}\text{Cf}$ ،  $^{879}\text{Cf}$ ،  $^{880}\text{Cf}$ ،  $^{881}\text{Cf}$ ،  $^{882}\text{Cf}$ ،  $^{883}\text{Cf}$ ،  $^{884}\text{Cf}$ ،  $^{885}\text{Cf}$ ،  $^{886}\text{Cf}$ ،  $^{887}\text{Cf}$ ،  $^{888}\text{Cf}$ ،  $^{889}\text{Cf}$ ،  $^{890}\text{Cf}$ ،  $^{891}\text{Cf}$ ،  $^{892}\text{Cf}$ ،  $^{893}\text{Cf}$ ،  $^{894}\text{Cf}$ ،  $^{895}\text{Cf}$ ،  $^{896}\text{Cf}$ ،  $^{897}\text{Cf}$ ،  $^{898}\text{Cf}$ ،  $^{899}\text{Cf}$ ،  $^{900}\text{Cf}$ ،  $^{901}\text{Cf}$ ،  $^{902}\text{Cf}$ ،  $^{903}\text{Cf}$ ،  $^{904}\text{Cf}$ ،  $^{905}\text{Cf}$ ،  $^{906}\text{Cf}$ ،  $$



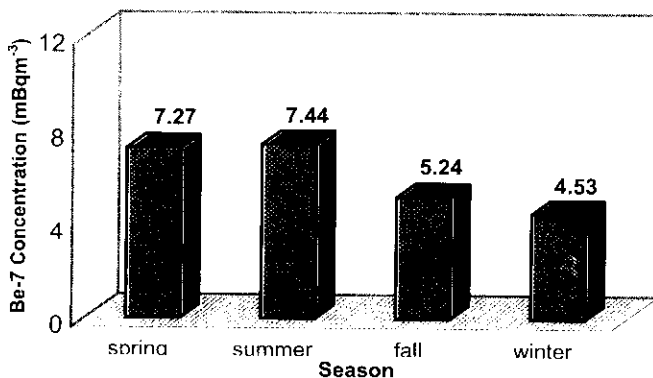
شکل ۲- تغییرات فصلی غلظت پرتوزایی <sup>۷</sup>Be، سال ۱۳۸۰، ایستگاه تهران.



شکل ۳- تغییرات فصلی غلظت پرتوزایی <sup>۷</sup>Be، سال ۱۳۸۱، ایستگاه تهران.



شکل ۴- تغییرات فصلی غلظت پرتوزایی <sup>۷</sup>Be، سال ۱۳۸۲، ایستگاه تهران.



شکل ۵- تغییرات فصلی غلظت پرتوزایی <sup>۷</sup>Be، سال ۱۳۸۳، ایستگاه تهران.

<sup>۷</sup>Be نشان داده شده است. کالیبره کردن انرژی و بازده دستگاه برای این وضعیت هندسی صافی هوا، به وسیله نمونه‌ای از آژانس بین‌المللی انرژی اتمی با پرتوزایی استاندارد (RGU-1)، انجام گرفته است.

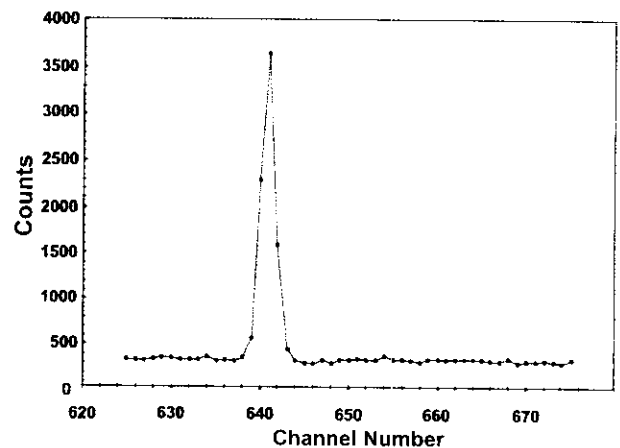
#### ۴- بررسی نتایج

با تجزیه و تحلیل تعداد ۳۰۰ صافی هوا به روش گاما اسپکترومتری در مدت ۴ سال، تغییرات غلظت پرتوزایی <sup>۷</sup>Be در هوا به صورت نمودار ستونی (هیستوگرام) رسم شد. شکل‌های ۲ تا ۵، تغییرات فصلی غلظت پرتوزایی <sup>۷</sup>Be را در ایستگاه تهران بترتیب برای سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۳ نشان می‌دهند. شکل‌های ۶ و ۷ متوسط تغییرات فصلی پرتوزایی <sup>۷</sup>Be را در ایستگاه‌های تهران و زاهدان نشان می‌دهند.

با توجه به این شکل‌ها، حداکثر غلظت پرتوزایی <sup>۷</sup>Be در فصل بهار یا تابستان و حداقل آن در فصل زمستان بوده است؛ و تغییرات فصلی پرتوزایی <sup>۷</sup>Be در ایستگاه زاهدان روند مشابهی با ایستگاه تهران دارد.

متوسط سالیانه غلظت‌های <sup>۷</sup>Be در دو ایستگاه تهران و زاهدان در جدول ۱ آورده شده است: مشاهده می‌شود که با افزایش عرض جغرافیایی یعنی پیشروی به سوی قطب، مقدار غلظت پرتوزایی <sup>۷</sup>Be کاهش می‌یابد.

با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده، غلظت پرتوزایی <sup>۷</sup>Be در ماه‌های گرم سال بیشترین مقدار و در ماه‌های سرد کمترین مقدار را دارا است. این روند در هر دو ایستگاه تهران و زاهدان مشاهده شده است و نتایج با اندازه‌گیری‌های انجام شده در



شکل ۱- طیف اسپکترومتری گامای رادیونوکلئید <sup>۷</sup>Be.

غلظت  $^{7}\text{Be}$  در ایستگاه تهران، که در عرض جغرافیایی بالاتری نسبت به ایستگاه زاهدان قرار دارد، کمتر است زیرا با پیشروی از عرض‌های جغرافیایی میانه به سمت قطب، پایداری در هوای تروپوسفری افزایش یافته و از اختلاط قائم کاسته می‌شود و رادیونوکلئید  $^{7}\text{Be}$  کمتر به سطح زمین می‌رسد.

عوامل مؤثر دیگر در میزان غلظت  $^{7}\text{Be}$  در مجاورت سطح زمین، تغییرات در انتقال افقی توده‌های هوا و ایجاد بارندگی می‌باشد [۴]. اما در اینجا به علت عدم وجود ایستگاه‌های متعدد در شرایط اقلیمی متفاوت، به بررسی این موارد پرداخته نشده است.

#### ۵- نتیجه‌گیری

میزان غلظت  $^{7}\text{Be}$  در هوا در دو ایستگاه تهران و زاهدان با هم متفاوت است. در تهران بطور متوسط  $10/41$  میلی بکرل بر متر مکعب و در زاهدان  $17/10$  میلی بکرل بر متر مکعب اندازه‌گیری شده است. تغییرات فصلی غلظت  $^{7}\text{Be}$ ، روند مشابهی در دو ایستگاه تهران و زاهدان دارد. در هر دو ایستگاه در ماه‌های گرم سال، غلظت  $^{7}\text{Be}$  مقدار بیشینه را دارد. تغییرات فصلی غلظت  $^{7}\text{Be}$  در دو ایستگاه تهران و زاهدان ناشی از تغییر آن در اثر انتقال قائم در جو است.

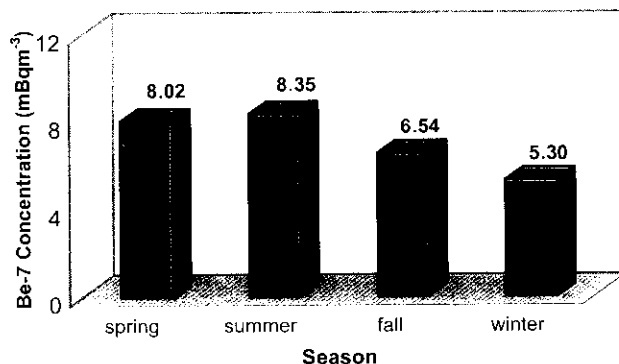
با اندازه‌گیری غلظت برتوزایی  $^{7}\text{Be}$  در دو ایستگاه زاهدان و تهران مشاهده شد که غلظت  $^{7}\text{Be}$  در تهران که در عرض جغرافیایی بالاتری نسبت به ایستگاه زاهدان واقع است دارای میزان کمتری است زیرا با پیشروی از عرض‌های میانه به سمت قطب، پایداری در هوای تروپوسفری افزایش یافته و از اختلاط قائم کاسته می‌شود و رادیونوکلئید  $^{7}\text{Be}$  کمتر به سطح زمین می‌رسد. این مسأله، عامل اصلی در اختلاف میزان  $^{7}\text{Be}$  در دو ایستگاه مورد نظر می‌باشد [۵].

#### تشکر و قدردانی

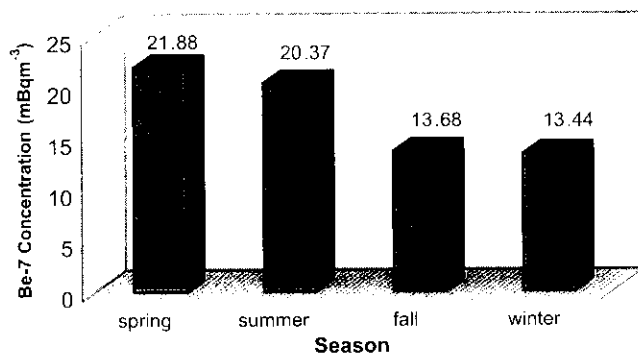
از آقایان فتحی‌وند و نجفی بخاطر آنالیز اسپکترومتری گامای نمونه‌های هوا و از آقای پیروز شهرستانی برای آماده‌سازی و جمع‌آوری صافی‌های هوا تشکر می‌شود.

#### پی‌نوشت‌ها:

۱- Petrianov



شکل ۶- متوسط تغییرات فصلی غلظت برتوزایی  $^{7}\text{Be}$ ، سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۳ ایستگاه تهران.



شکل ۷- متوسط تغییرات فصلی غلظت برتوزایی  $^{7}\text{Be}$ ، سالهای ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ ایستگاه زاهدان.

#### جدول ۱- متوسط غلظت‌های $^{7}\text{Be}$ .

ایستگاه	عرض جغرافیایی	متوسط پنج ساله غلظت برتوزایی بر حسب میلی بکرل بر متر مکعب ( $\text{mBq m}^{-3}$ )
تهران	$35^{\circ} 40'$	$10/41 \pm 1/5$
زاهدان	$29^{\circ} 28'$	$17/10 \pm 1/9$

کشورهای دیگر مطابقت خوبی را نشان می‌دهد [۳]. در طی ماه‌های گرم، تابش خورشید، سطح زمین و در نتیجه هوای مجاور آنرا در اثر تبادل حرارت گرم می‌کند. هوای گرم به سمت بالا رفته و هوای سرد از ارتفاع بالاتر به سمت پایین نزول می‌کند. بدین ترتیب یک جریان همرفتی ایجاد می‌گردد. هوای موجود در سطح زمین در اثر این جریان همرفتی به سمت بالا و هوای موجود در ارتفاعات به سمت پایین می‌آید. این انتقال قائم باعث می‌شود که  $^{7}\text{Be}$  تولید شده در تروپوسفر بالا، به لایه‌های هوای نزدیک زمین انتقال یابد.

**References:**

1. J.R. Arnold and H.A. Al-Salih, " $^7\text{Be}$  produced by cosmic rays," *Science*, Vol. **121**, 451-453 (1995).
2. W.B. Johnson and W. Viczee, "Stratospheric ozone in the lower troposphere – I. Presentation and interpretation of aircraft measurements," *Atmos. Environ.*, Vol. **15**, 1309-1323 (1981).
3. H.W. Feely, R.J. Larson, Sanderson, "Factors that cause seasonal variation in  $^7\text{Be}$  concentrations in surface air," *J. Environ. Radioactivity.*, Vol. **9**, 223-249 (1988).
4. W. Graustein, " $^7\text{Be}$  and  $^{210}\text{Pb}$  indicate an upper troposphere source for elevated ozone in the summertime subtropical free troposphere of the eastern North Atlantic," *Geophys. Res. Lett.*, Vol. **23**, 539-542 (1996).
5. K.B. Schnelle and R. Partha, "Atmospheric dispersion modeling compliance guide," New York: McGraw- Hill Companies Press, Ch. 5, 1-24 (2000).