ارائه روشی برای اندازه‌گیری آلفا/ بتای کل در نمونه‌های خاک محیطی

علی همتی، میثم[1]* – طاهری ، علیرضا[1] – علی آبادی فراهانی، مرتضی[1]
دانشگاه اراک، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

چکیده:

هدف اصلی این مقاله، تعیین آلفا/ بتای کل (Gross α/β) در نمونه‌های خاک محیطی می‌باشد. در روش معمول اندازه‌گیری آلفا/ بتای کل، حل کردن نمونه خاک در اسید یکی از مراحل آماده‌سازی می‌باشد که این مسئله خود می‌تواند باعث اضافه شدن ناخالصی‌های موجود در اسید به نمونه‌ی مورد بررسی شود. ولی طبق روش استفاده شده در این مقاله، نمونه‌های خاک مورد بررسی پس از آماده‌سازی به ۲ گروه؛ خاک رسی و خاک ماسه‌ای تقسیم‌بندی شده‌اند که این تقسیم‌بندی منجر به بدست آوردن دو نوع منحنی کالیبراسیون یکی برای گروه خاک رسی و دیگری برای گروه خاک ماسه‌ای شده است. برای شمارش آلفا/ بتای کل از شمارشگر تناسبی گازی سطح پایین مدل FH 770 T استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که روش بکار گرفته شده برای اندازه‌گیری آلفا/ بتای کل در نمونه‌های محیطی خاک از دقت و صحت خوبی برخوردار می‌باشد.

کلمات کلیدی: آلفا/ بتای کل– خاک رسی– خاک ماسه‌ای– منحنی کالیبراسیون– شمارشگر تناسبی گازی سطح پایین.

۱– مقدمه

آلودگی رادیواکتیو محیط زیست می‌تواند بصورت هرگونه افزایشی در تابش زمینه‌ی طبیعی ناشی از فعالیتهای انسانی شامل استفاده از مواد رادیواکتیو تولید شده بصورت مصنوعی یا طبیعی تعریف شود که معمولا در نتیجه‌ی از دست دادن کنترل رهاسازی مواد رادیواکتیو به محیط ایجاد می‌شود که می‌تواند گهگاه، اتفاقی و یا مستمر باشد [1]. خاک به عنوان منبع اصلی در انتقال عناصر بخصوص عناصر رادیواکتیو به آب، گیاهان و جانداران زنده نقش مهمی در بررسی‌های محیطی دارد [2]. دفن زباله‌های هسته‌ای در خاک و یا رهاسازی‌های کنترل نشده‌ی مواد رادیواکتیو به محیط که اقدامات حفاظتی لازم را به دنبال نداشته باشد می‌تواند آلودگی‌های سطحی و زیرزمینی خاک را منجر شود. بنابراین پایش هرگونه رهاسازی مواد رادیواکتیو به محیط زیست از جمله خاک ضروری می‌باشد [3]. آنالیز و تعیین هر کدام از رادیونوکلوئیدهای حاضر در خاک نیاز به صرف زمان و هزینه‌ی زیاد دارد. اما بطور کلی، روش آنالیز آلفا/ بتای کل از نظر زمانی و اقتصادی روشی بهینه جهت بررسی

عناصر رادیواکتیو در نمونه‌های مورد بررسی می‌باشد که تصویری کلی از وجود عناصر رادیواکتیو در آنها را نشان می‌دهد [4-6]. حداقل نمونه خاک مورد بررسی باید به اندازه‌ای باشد که بتواند حساسیت لازم جهت بدست آوردن مقدار صحیح از شمارش را ایجاد نماید. لذا کافیست مقدار نمونه خاکی که مورد آنالیز قرار می‌گیرد از حداکثر مجاز بیشتر نباشد. بر اساس مرجع [7]، حداکثر مقدار خاکی را که می‌توان برای شمارش از آن استفاده کرد $20\ mg/cm^2$ می‌باشد.

این تحقیق به آماده‌سازی اطلاعات پایه برای آلفا/ بتای کل در نمونه‌های خاک محیطی کمک خواهد کرد که می‌توان از آنها برای مقایسه سطح رادیواکتیویته استفاده نمود.

۲- روش کار

۲-۱- آماده‌سازی نمونه خاک

نمونه‌های خاکی که قرار است آنالیز شوند در ابتدا از غربالی با دانه‌بندی $212\ \mu m$ عبور داده شده و خروجی غربال بر اساس جنس خاک، به ۲ گروه؛ خاک رسی و خاک ماسه‌ای تقسیم‌بندی می‌گردد. سپس خاک غربال شده جهت خشک شدن به بشر منتقل و به مدت ٢٤ ساعت درون آون (Oven) در دمای 105^oC قرار داده می‌شود.

۲-۲- شمارش خاک

جهت شمارش هر نمونه خاک (خاک رسی یا ماسه‌ای)، مقداری از نمونه خاک که نباید از حداکثر مجاز بیشتر باشد به یک پلانچت از جنس استنلس استیل که از قبل وزن شده منتقل و بطور یکنواخت بر روی سطح آن پخش می‌شود. عدم پخش یکنواخت نمونه بر روی سطح پلانچت می‌تواند باعث عدم دقت و صحت کافی در شمارش گردد. لذا، برای پخش یکنواخت نمونه بر روی سطح پلانچت، مقداری آب مقطر به خاک درون پلانچت اضافه شده و با ابزار مناسب آب و خاک با هم مخلوط و بر روی سطح پلانچت پخش می‌شوند. سپس پلانچت بر روی هیتر با دمای ٨٠-٦٠ درجه سانتیگراد قرار داده می‌شود تا بطور کامل خشک گردد. اکنون پلانچت حاوی نمونه خشک، پس از سرد شدن درون دسیکاتور، وزن و برای شمارش به دستگاه منتقل می‌گردد. اکنون با در دست داشتن میزان شمارش خالص آلفا و بتای نمونه خاک و همچنین راندمان شمارش دستگاه برای آلفا و بتا، اکتیویته مربوط به نمونه خاک شمارش شده از رابطه (۱) قابل محاسبه خواهد بود.

$$\text{Activity= Net Count / Efficiency} \qquad (1)$$

که در این رابطه، شمارش خالص برابر است با میزان شمارش بدست آمده از پلانچت حاوی نمونه منهای میزان شمارش بدست آمده از پلانچت خالی.

۲-۳- تعیین منحنی کالیبراسیون و محاسبه راندمان شمارش

برای محاسبات اکتیویته کل، به راندمان شمارش دستگاه برای نمونه‌های خاک نیاز است. از آنجا که با افزایش ضخامت لایه‌ی پخش شده بر روی سطح پلانچت، میزان پرتوهای آلفا و بتایی که به سطح آشکارساز دستگاه شمارش می‌رسند متفاوت خواهد بود بنابراین لازم است تاثیر ضخامت لایه‌ی خاک پخش شده در پلانچت بر روی میزان ذرات آلفا و بتایی که به سطح آشکارساز می‌رسند بررسی و در نظر گرفته شوند، که این موضوع با رسم منحنی کالیبراسیون (راندمان شمارش بر حسب دانسیته‌ی سطحی) انجام‌پذیر خواهد بود. در نهایت با در دست داشتن منحنی کالیبراسیون و معادله منحنی مربوط به آن به سادگی می‌توان راندمان شمارش را برای هر میزان خاکی که به داخل پلانچت منتقل شده تعیین و در محاسبات مربوط به اکتیویته از آن استفاده نمود.

برای بدست آوردن منحنی کالیبراسیون ابتدا ٤ عدد پلانچت کاملا تمیز (مساحت هر پلانچت $28.26\ cm^2$ می‌باشد) بر روی هیتر با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده می‌شوند تا عاری از هر گونه رطوبت باشند. درادامه پلانچت‌ها در دسیکاتور سرد وتوزین می‌گردند. سپس برای بدست آوردن شمارش زمینه (BKG)، ۲ عدد از پلانچت‌های خالی با استفاده از دستگاه، شمارش می‌شوند. حال به ۲ پلانچت دیگر، به یکی مقداری اکتیویته مشخص از چشمه‌ی استاندارد Am-241 بعنوان چشمه‌ی آلفازا و به دیگری، مقداری اکتیویته مشخص از چشمه‌ی استاندارد Sr-90 بعنوان چشمه‌ی بتازا اضافه می‌شود. سپس برای پخش یکنواخت ماده رادیواکتیو بر روی سطح پلانچت، کمی آب مقطر به آن افزوده و با ابزاری مناسب مخلوط و پخش می‌گردد. پس از آن، هر ۲ پلانچت بر روی هیتر در دمای ۸۰-٦۰ درجه سانتیگراد قرار داده می‌شوند تا کاملا خشک شوند. سپس پلانچت‌ها درون دسیکاتور سرد و توزین می‌شوند تا وزن رسوب تشکیل شده درون آنها بدست آید. در نهایت، پلانچت‌ها توسط دستگاه شمارش می‌شوند و با داشتن اکتیویته‌ای که از قبل به پلانچت‌ها اضافه شده، راندمان دستگاه از رابطه (۲) تعیین می‌گردد.

$$\text{Efficiency}=\text{Net Count}/\text{ Activity} \qquad (2)$$

که در این رابطه، شمارش خالص برابر است با میزان شمارش بدست آمده از پلانچت‌های اکتیو توسط دستگاه منهای میزان شمارش بدست آمده از پلانچت‌های غیراکتیو.

از این مرحله به بعد، حداکثر مقدار نمونه خاکی که می‌تواند به پلانچت افزوده شود ($20\ mg/cm^2$) طی ٤ مرحله به هر ٤ پلانچت اضافه شده و بطور یکنواخت بر روی سطح پلانچت پخش می‌شود. فقط در این بخش از

کار، در هنگام پخش نمونه بر روی سطح پلانچت‌ها با هر ابزاری، باید توجه داشت که از ابزار پخش مربوط به پلانچت‌های اکتیو برای پلانچت‌های غیراکتیو استفاده نشود. همچنین ابزار پخش پلانچت حاوی چشمه آلفازا باید متفاوت از ابزار پخش پلانچت حاوی چشمه بتازا باشد. در غیر اینصورت، نتایج درستی از اندازه‌گیری بدست نخواهد آمد. سپس، پلانچت‌ها روی هیتر با دمای ۸۰-۶۰ درجه سانتیگراد خشک شده و پس از سرد شدن داخل دسیکاتور، بوسیله دستگاه شمارش می‌شوند.

توجه: لازم به ذکر است که هدف از اضافه نمودن خاک به ۲ عدد پلانچت غیراکتیو در هر مرحله، بدست آوردن زمینه (BKG) مربوط به همان مقدار نمونه‌ای است که به پلانچت‌های اکتیو افزوده شده است تا در نهایت بتوان شمارش خالص دستگاه در هر مرحله را تعیین نمود.

حال با در دست داشتن شمارش خالص نمونه‌ها و اکتیویته‌ای که از ابتدا به پلانچت‌ها افزوده شده بود به سادگی می‌توان راندمان شمارش را در هر کدام از مراحل تعیین و منحنی کالیبراسیون دستگاه را ترسیم نمود. با استفاده از معادله‌ی مربوط به این منحنی، می‌توان راندمان شمارش دستگاه را برای هر نمونه خاکی که قرار است توسط دستگاه شمارش شود تعیین نمود و در نهایت اکتیویته‌ی نمونه را بدست آورد.

۳- نتایج

در جداول (۱) و (۲) داده‌های حاصل از شمارش نمونه‌های خاک ماسه‌ای و رسی، برای پلانچت‌های حاوی چشمه‌ی آلفازا و چشمه‌ی بتازا آورده شده است.

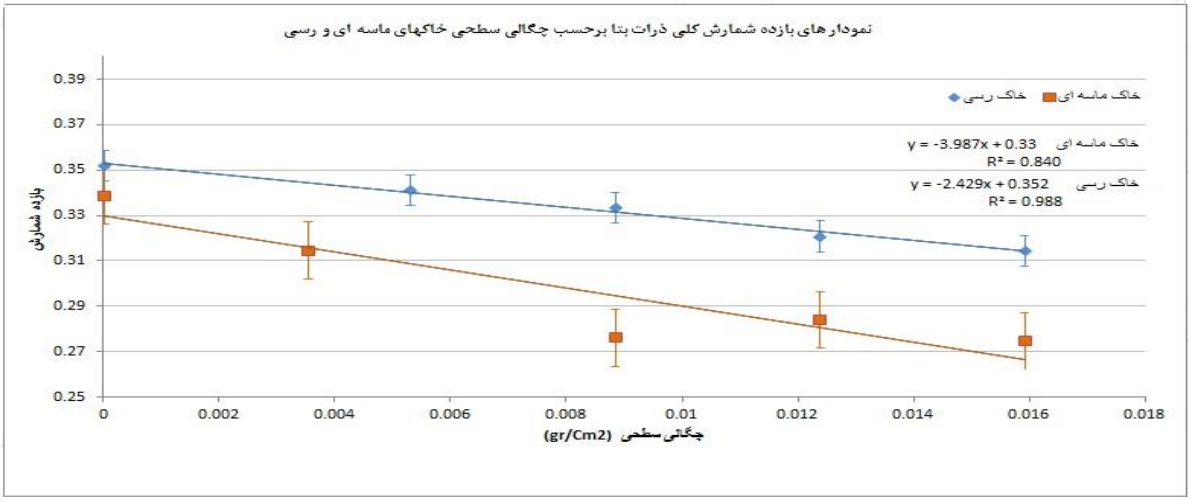
جدول (۱): نمونه خاک ماسه‌ای حاوی چشمه بتازا با اکتیویته 1.905 Bq و چشمه آلفازا با اکتیویته 0.909 Bq

مرحله	شمارش خالص (CPS)		جرم خالص (gr)	چگالی سطحی (mg/cm^2)	راندمان (%)	
	بتا	آلفا	آلفا و بتا	آلفا و بتا	بتا	آلفا
1	0.645	0.184	0.0007	۰,۰۲۴۷۷	33.9	۲۰,۲
2	0.599	0.131	0.10	3.54	31.4	۱۴,۴
3	0.526	0.073	0.25	8.85	27.6	۸,۰
4	0.524	0.045	0.35	12.39	28.4	۵,۰
5	0.523	0.053	0.45	15.92	27.5	۵,۸

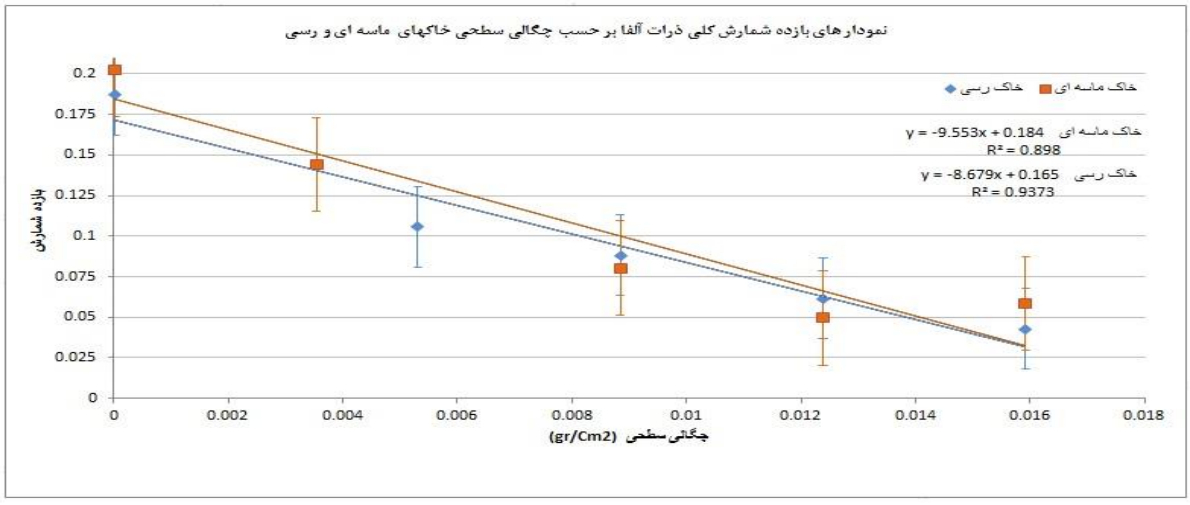
جدول (۲): نمونه خاک رسی حاوی چشمه بتازا با اکتیویته 1.905 Bq و چشمه آلفازا با اکتیویته 0.909 Bq

مرحله	شمارش خالص (CPS)		جرم خالص (gr)	چگالی سطحی (mg/cm^2)	راندمان (%)	
	بتا	آلفا	آلفا و بتا	آلفا و بتا	بتا	آلفا
1	0.670	0.170	0.0007	۰,۰۲۴۷۷	۳۵,۲	۱۸,۷

2	0.650	0.096	0.15	۳,٥٤	۳٤,۱	۱۰,٦
3	0.635	0.080	0.25	۸,۸٥	۳۳,۳	۸,۸
4	0.611	0.056	0.35	۱۲,۳۹	۳۲,۱	٦,۲
5	0.599	0.039	0.45	۱٥,۹۲	۳۱,٤	٤,۳



نمودار (۱): منحنی‌های مربوط به راندمان شمارش ذرات بتا برای ۲ نمونه خاک ماسه‌ای و رسی



نمودار (۲): منحنی‌های مربوط به راندمان شمارش ذرات آلفا برای ۲ نمونه خاک ماسه‌ای و رسی

از منحنی‌های کالیبراسیون مربوط به نمونه‌های خاک ماسه‌ای و رسی و معادلات راندمان مربوط به چشمه‌های بتازا در نمودار (۱) پیداست شیب دو منحنی متفاوت از هم بوده و لذا راندمان شمارش دستگاه برای

این دو نوع خاک کمی متفاوت می‌باشند. از طرفی، از منحنی‌های کالیبراسیون مربوط به نمونه‌های خاک ماسه‌ای و رسی و معادلات راندمان مربوط به چشمه‌های آلفازا در نمودار (۲) پیداست شیب دو منحنی تقریبا با هم یکسان است و لذا راندمان شمارش دستگاه برای این دو نوع خاک تقریبا مشابه بوده و تفاوتی نمی‌کند که برای هر یک از نمونه‌های خاک ماسه‌ای یا رسی کدام یک از این معادلات بکار برده شوند.

بمنظور اطمینان از صحت نتایج حاصله، مقداری از یک نمونه خاک (۰,۲۷۶۰ gr) جهت شمارش با دستگاه آماده شده و نتیجه شمارش آن با دستگاه بعنوان زمینه ثبت می‌گردد. سپس مقداری اکتیویته‌ی مشخص از چشمه‌ی بتازا (3.81 Bq) به آن افزوده شده و پس از آماده‌سازی مجدد، توسط دستگاه شمارش می‌گردد. تفاضل نتیجه‌ی حاصل از شمارش پلانچت‌های اکتیو و غیراکتیو، شمارش خالص نمونه خواهد بود (1.320 CPS). با توجه به نوع نمونه‌ی خاک استفاده شده جهت تست (ماسه‌ای)، و استفاده از معادله‌ی منحنی کالیبراسیون مربوطه، راندمان دستگاه برای نمونه خاک مذکور تعیین می‌شود (۳۲,۸ ٪). در نهایت، با بکارگیری رابطه (۱)، اکتیویته مربوط به نمونه خاک مورد بررسی بدست می‌آید (4.02 Bq). همانطور که از نتایج بدست آمده پیداست خطای نسبی تست انجام گرفته حدود ۵/۵ ٪ می‌باشد که نتیجه‌ای با دقت و صحت قابل قبول می‌باشد.

٤- بحث و نتیجه‌گیری

در روشهای معمول اندازه‌گیری آلفا/ بتای کل در نمونه‌های خاک محیطی از روش حل کردن نمونه خاک در اسید نیتریک و یا تیزاب (ترکیب مشخصی از اسید نیتریک و اسید کلریدریک) استفاده می‌شود که به دلیل وجود برخی ناخالصی‌های آلفازا و بتازا در ترکیب این مواد (هر چند بسیار کم)، این موضوع سبب می‌شود که نتایج شمارش نمونه‌ی مورد نظر دارای دقت و صحت درستی نباشد. اما نتایج بدست آمده از بکارگیری روش ارائه شده در این تحقیق، با توجه به اینکه قسمت استفاده از اسید بمنظور حل کردن نمونه خاک و به تبع آن اضافه شدن ناخالصی‌ها حذف شده و وجود ندارد، دارای دقت و صحت بالاتری نسبت به روشهای معمول می‌باشد. علاوه بر این، زمان و هزینه‌های اقتصادی مورد نیاز جهت آنالیز و اندازه‌گیری نمونه‌ها در این روش به مراتب کمتر از روشهای معمول مورد استفاده می‌باشد (از جمله هزینه‌ی مربوط به استفاده اسید یا تیزاب).

مراجع

1- Patel, B., Management of environment, pp. 506-509 (1980).
2- A. Jabbar, M. Tufail, W. Arshed, A. S. Bhatti, S. S. Ahmad, P. Akhter, and M. Dilband, Transfer of radioactivity from soil to vegetation in Rechna Doab, Pakistan, Isotopes in Environmental and Health Studies 46, 495 (2010).
3- Yalcin and Gurler, The radioactivity measurements in soil, coal and water in south Marmara region of Turkey, Radiation Measurements, 42, 281-285 (2007).

4- L. S. Silva and B. R. S. Pecequilo, Radioprotection 46, S63 (2011).
5- Zorer, O.S., Ceylon, H., Dogru, M., Gross alpha and beta radioactivity concentration in water, soil and sediment of the Bendimahi River and Van lake (Turkey), Environ. Monit. Assess, 148, 39-46 (2009).
6- Lu, X., Li, X., Yun, P., Luo, D., Wang, L., & Ren, C., Measurement of natural radioactivity and assessment of associated radiation hazards in soil around Baoji second coal-fired thermal power plant, China, Radiation Protection Dosimetry, 148 (2), 219-226 (2012).
7- ISO 18589-2, Measurement of radioactivity in the environment- Soil, 2015.