

سن یابی رسوبات حاشیه جنوبی دریای خزر و مرداب انزلی با روش ^{210}Pb

فاطمه وهابی اصیل^{۱*}، مسعود وهابی مقدم^۱، جمشید عمیدی^۲، سیما حافظی^۲، علی عطاری لر^۲

۱. دانشکده علوم، دانشگاه گیلان

۲. امور حفاظت در برابر اشعه کشور

چکیده:

در مطالعات محیطی، تعیین روند رسوب گذاری حوضه های آبی نقش مهمی را در بررسی وقایع رخ داده در محیط پیرامون آن ایفا می کند. این مقاله با استفاده از تعیین موجودی ^{210}Pb در ۸۰ نمونه رسوبی تهیه شده از حاشیه جنوبی دریای خزر و تالاب انزلی، برای نخستین بار از این روش به برآورد آهنگ انباشت رسوب در این مناطق پرداخته است. رسوبات به صورت سه ستون استوانه ای (Sampler Core) جمع آوری، آماده سازی و جهت تعیین موجودی رادیونوکلید های مورد نظر تحت آنالیز رادیو شیمیایی و طیف سنجی آلفا و گاما قرار گرفتند. همچنین علاوه بر تکنیک ^{210}Pb ، آهنگ رسوب گذاری با استفاده از تکنیک ^{137}Cs نیز تعیین شده و داده های حاصل با مقادیر بدست آمده از روش ^{210}Pb مقایسه شده است. بر اساس آهنگ رسوب گذاری، تعیین سن مقاطع مختلف رسوبی انجام می پذیرد.

مقادیر محاسبه شده برای آهنگ رسوب گذاری در $core1$ ، $core2$ و $core3$ با استفاده از مدل CIC (Constant Initial Concentration)، به ترتیب عبارتند از: $1/4 \text{ cm y}^{-1}$ ، $0/7 \text{ cm y}^{-1}$ و $0/5 \text{ cm y}^{-1}$. با اندازه گیری موجودی ^{137}Cs در $core1$ و $core2$ و مشاهده پیک مربوط به سانحه چرنوبیل، آهنگ رسوب گذاری در آنها به ترتیب $1/4 \text{ cm y}^{-1}$ و $0/8 \text{ cm y}^{-1}$ بدست آمد که سازگار با مقادیر بدست آمده از تکنیک ^{210}Pb می باشد.

کلید واژه: سن یابی رسوب، تکنیک سرب-۲۱۰، آهنگ رسوب گذاری، سزیم-۱۳۷، ردیابهای پرتوی، دریای خزر.

مقدمه:

به واسطه افزایش فعالیتهای کشاورزی و صنعتی بشر به ویژه در در دهه های اخیر، تغییراتی در آهنگ رسوب گذاری حوضه های دریایی ایجاد شده است. نهشت آلاینده های ناشی از فعالیتهای انسانی به همراه مواد حاصل از فرسایش حوضه های آبریز در بستر دریاها و دریاچه ها تاریخچه خشکی پیرامون آنها و فرایندهای داخل دریا را در خود ثبت می کند. تکنیک ^{210}Pb که برای نخستین بار در سال ۱۹۶۳ توسط Goldberg برای سن یابی مواد یخبندان مورد استفاده قرار گرفت. امروزه یکی از دقیق ترین و رایج ترین روشهای سن یابی رسوبات رودخانه ای و دریاچه ای می باشد. با توجه به نیمه عمر این رادیونوکلید (۲۲/۳ سال)، امکان تخمین سن رسوبات تا گستره زمانی ۱۵۰-۱۰۰ سال فراهم می شود. ^{210}Pb یکی از رادیونوکلیدهای زنجیره

^{238}U و دختر ^{222}Rn است که در پی نفوذ از خاک، به جو زمین راه می‌یابد. ^{210}Pb از طریق نهشت های اتمسفری به صورت خشک یا تر (باران و برف) و یا توسط جریان های فرسایشی حاصل از حوضه های آبریز، وارد حوضه آبی (دریا ها، دریاچه ها و ...) می‌شود. منبع دیگر ^{210}Pb موجود در آب، فروپاشی ^{222}Rn محلول در آب است. ^{210}Pb پس از ورود به آب، با مواد معلق موجود در آن ترکیب شده و در رسوبات بستر آن نهشت پیدا می‌کند. از سوی دیگر ^{226}Ra موجود در رسوبات بستر دریاچه ها، که بخشی از آن ناشی از ورود مواد حاصل از فرسایش حوضه های آبریز است، خود می‌تواند منبع دیگری برای ^{210}Pb باشد. به ^{210}Pb موجود در رسوب که از طریق فروپاشی ^{226}Ra موجود در آن تولید می‌شود اصطلاحاً ^{210}Pb ذاتی (Supported) گفته می‌شود. معمولاً فرض می‌شود که ^{210}Pb ذاتی موجود در رسوب با ^{226}Ra آن در تعادل است. به ^{210}Pb مازاد بر این میزان اصطلاحاً ^{210}Pb غیرذاتی (Unsupported) گفته می‌شود که غلظت آن با افزایش عمق به دلیل فروپاشی پرتوزا کاهش می‌یابد. از بررسی روند کاهش موجودی ^{210}Pb غیر ذاتی در رسوبات بستر دریاچه ها می‌توان برای تخمین آهنگ انباشت و سن مقاطع رسوبی استفاده کرد [۱].

^{137}Cs یک رادیونوکلید مصنوعی است. مهمترین منبع این رادیو نوکلید واکنش شکافت هسته ای است و به عنوان یکی از پاره های شکافت طی آزمایش جنگ افزارهای هسته ای در دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ در جو و نیز در پی بروز سوانح هسته ای نظیر حادثه چرنوبیل (در آوریل ۱۹۸۶) مقادیر قابل توجهی از این رادیو نوکلید وارد اتمسفر شده و سپس طی سالها از طریق نهشت خشک و تر در اجزای مختلف محیط نهشت نموده است. ^{137}Cs با نهشت بر سطح آب و نیز حوضه آبریز و جذب توسط ذرات معلق در آب همراه آنها رسوب می‌کند. از طریق اندازه گیری موجودی این رادیو نوکلید در رسوبات بستر حوضه آبی می‌توان آهنگ رسوب گذاری و سن رسوبات آن را تخمین زد. همچنین با توجه به جغرافیای منطقه مورد مطالعه می‌توان از این تکنیک به عنوان یک روش سن یابی مستقل جهت بررسی کیفی نتایج بدست آمده از تکنیک ^{210}Pb استفاده کرد [۲].

روش کار :

با استفاده از نمونه بردار استوانه ای گرانشی (به قطر داخلی ۴/۷ سانتی متر) سه ستون نمونه از رسوبات بستر دریای خزر در مختصات جغرافیایی معین، تهیه شده اند. core1 به طول ۱۴۴ سانتی متر از حاشیه جنوبی دریای خزر (واقع در قسمت شرقی مصب سفیدرود) و مختصات جغرافیایی [۴۹/۹°، ۲۶°، ۳۷° N و ۱۰/۲°، ۱۰°، ۵۰° E]، core2 به طول ۴۸ سانتی متر از نزدیکی مصب سفیدرود و مختصات جغرافیایی [۴۵/۶°، ۳۱°، ۳۷° N و ۳°، ۵۰°، ۴۹° E] و core3 به طول ۱۷۰ سانتی متر از قسمت شرقی تالاب انزلی و مختصات جغرافیایی [۵۶/۶°، ۲۶°، ۳۷° N و ۸°، ۴۹/۸°، ۲۲°، ۴۹° E] تهیه شده اند. نمونه های رسوبی پس از تقسیم به برشهای دو سانتیمتری به مدت ۲۴ ساعت درون کوره با درجه حرارت ۸۵ °C خشک شده و سپس مورد همگن سازی واقع شدند. برای برآورد کل موجودی ^{210}Pb از طیف سنجی تابش آلفای دختر آن، ^{210}Po ،

استفاده شده است. برای این منظور ۵ گرم از نمونه رسوبی پس از افزودن محلول ^{208}Po با اکتیویته مشخص به عنوان ردیاب بهره، طی مراحل رادیوشیمیایی با استفاده از اسید نیتریک غلیظ و اسید کلریدریک شستشوگردیده و در نهایت تمام موجودی ^{210}Po از طریق نهشت خود بخودی بر روی دیسک های مسی نشانده شد. نمونه های آماده سازی شده در پایان با استفاده از آشکارساز سد سطحی سیلیکون مدل ortec-142 جهت طیف سنجی آلفا مورد شمارش قرار گرفتند. راندمان شمارش سیستم ۲۷ درصد و قدرت تفکیک انرژی بسته به ضخامت لایه ^{210}Po نشانده شده بین ۴۰ تا ۵۰ کیلو الکترون ولت بوده است. نمونه ها در فاصله ۰/۵ سانتیمتری از آشکارساز درون محفظه خلا قرار گرفته و به مدت ۶۰۰۰۰ ثانیه شمارش شدند. برای تعیین میزان پرتوزایی ^{210}Po و ^{208}Po به ترتیب از پیک های انرژی ۵/۳۰۵ MeV و ۵/۱۱۶ استفاده شده و کالیبراسیون انرژی سیستم نیز با استفاده از چشمه های ^{239}Pu و ^{241}Am انجام گرفته و حداقل اکتیویته قابل آشکارسازی سیستم (MDA) نیز 2 Bq kg^{-1} بوده است.

اکتیویته ^{210}Pb ذاتی موجود در برشهای رسوبی با شمارش گامای ^{214}Bi (از محصولات فروپاشی ^{226}Ra) و اکتیویته ^{137}Cs نیز با شمارش گامای ۶۶۲ keV آن در نمونه های رسوبی تعیین شده است. جهت طیف سنجی گاما ۲۰ گرم از نمونه های رسوبی توسط سیستم گاما اسپکترومتري با استفاده از آشکارسازهای ژرمانیوم فوق خالص (HPGe) حداقل به مدت ۱۰۰۰۰ ثانیه شمارش شده اند. در این سیستم از MCA مدل Canberra 1510 استفاده شده است. قدرت تفکیک انرژی این سیستم حدود ۲ keV برای انرژی ۱۳۳۲ keV ^{60}Co می باشد. جهت کالیبراسیون بازده سیستم آشکارسازی، از نمونه استاندارد RGU-1 تهیه شده از بخش کنترل کیفی آژانس بین المللی انرژی اتمی (IAEA) استفاده شده است. MDA سیستم نیز در ساختار هندسی مورد استفاده برای ^{137}Cs ، ^{232}Th ، ^{226}Ra و ^{40}K به ترتیب $1/5$ ، $2/6$ ، $2/4$ و ۳۸ بوده است.

محاسبه آهنگ انباشت رسوبی با استفاده از مدل غلظت اولیه ثابت (CIC) انجام شده است. در این مدل فرض می شود که در گستره زمانی مورد مطالعه غلظت اولیه ^{210}Pb در مرز مشترک آب و رسوب ثابت است. از تفاضل ^{210}Pb ذاتی و ^{210}Pb کل نمودار اکتیویته ^{210}Pb غیرذاتی برحسب عمق به دست می آید. شیب نمودار نیمه لگاریتمی اکتیویته ^{210}Pb غیرذاتی بر حسب عمق آهنگ رسوب گذاری برحسب سانتی متر در سال را بدست می دهد. بنابراین سن رسوب در هر عمق توسط معادله فروپاشی رادیواکتیو به صورت زیر محاسبه می شود:

$$C_z = C_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

که در آن C_z ، غلظت ^{210}Pb غیرذاتی در عمق Z برحسب Bq kg^{-1} ، C_0 غلظت ^{210}Pb غیرذاتی در سطح مشترک آب و رسوب برحسب Bq kg^{-1} ، λ ثابت فروپاشی برای ^{210}Pb و t سن رسوب در عمق Z می باشد. سن در عمق Z به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$t_z = \lambda^{-1} \text{Ln} (C_0 C_z^{-1}) \quad (2)$$

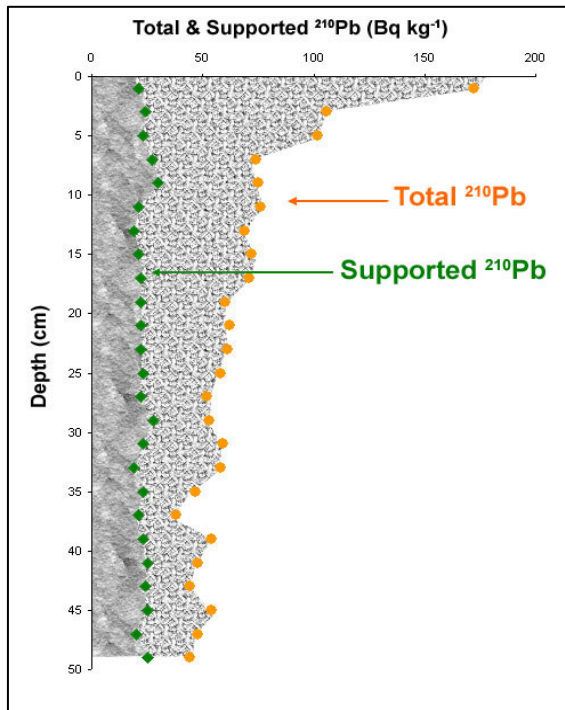
$$\ln C_z = \ln C_0 - \left(\frac{\lambda}{R}\right)Z \quad (3)$$

نمودار این رابطه نموداری خطی با شیب منفی یعنی همان نمودار نیمه لگاریتمی اکتیویته ^{210}Pb غیرذاتی برحسب عمق است. از آنجائیکه $\left(\frac{\lambda}{R}\right)$ شیب نمودار و λ نیز ثابت فروپاشی ^{210}Pb است، آهنگ رسوب گذاری (R) از رابطه زیر بدست می آید: [۳] و [۴]

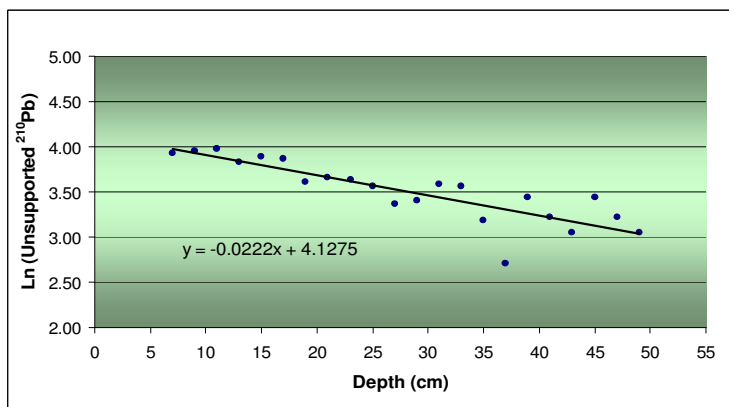
$$\text{Rate} = \frac{\lambda}{\text{Slope}} \quad (4)$$

نتایج :

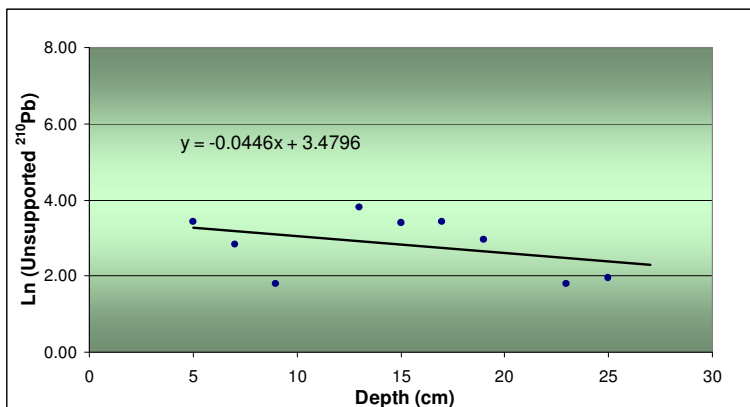
شکل (۱) تغییرات میزان ^{210}Pb غیر ذاتی و ^{226}Ra (در تعادل با ^{210}Pb ذاتی) نسبت به عمق در core1 را نشان می دهد. نمودار نیمه لگاریتمی اکتیویته ^{210}Pb غیرذاتی بر حسب عمق مربوط به core1 و core2، core3 در شکل‌های (۲) و (۳) و (۴) رسم شده است.



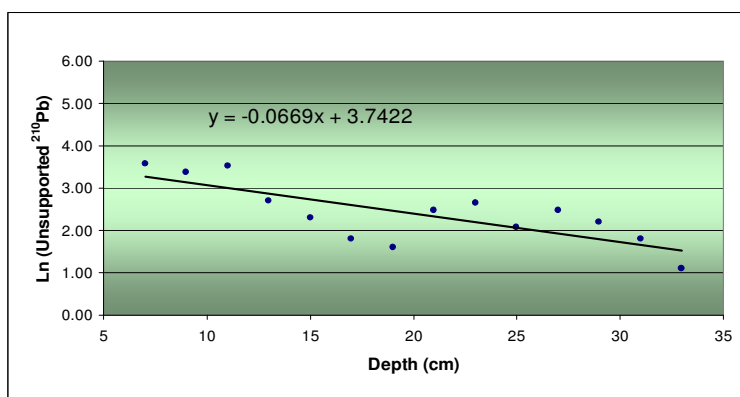
شکل (۱): تغییرات میزان ^{210}Pb کل و ^{226}Ra (در تعادل با ^{210}Pb ذاتی) نسبت به عمق در core1



شکل (۲) : نمودار نیمه لگاریتمی اکتیویته ^{210}Pb غیرذاتی بر حسب عمق مربوط به core 1

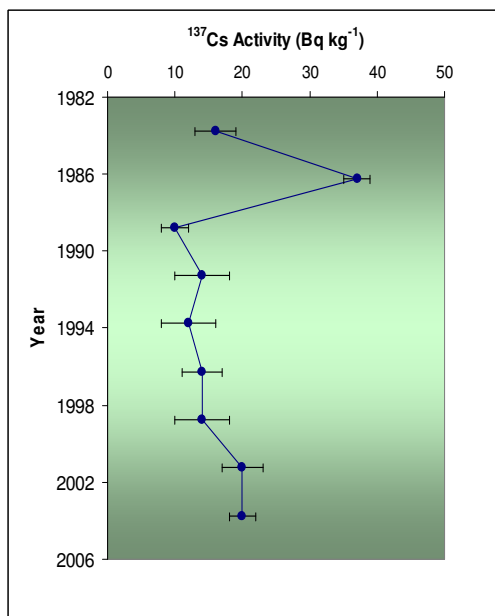
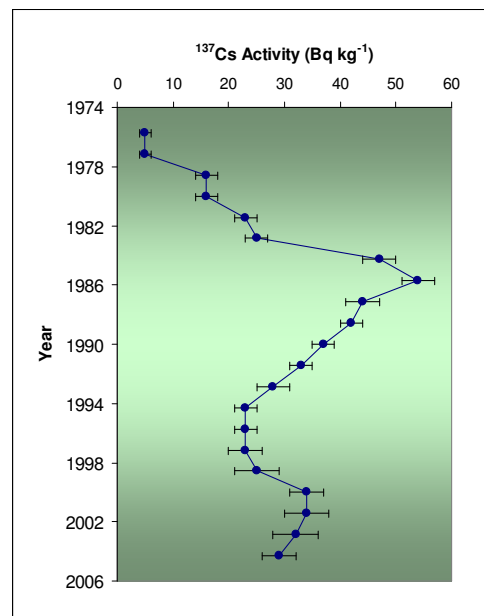


شکل (۳): نمودار نیمه لگاریتمی اکتیویته ²¹⁰Pb غیرذاتی بر حسب عمق مربوط به core 2



شکل (۴): نمودار نیمه لگاریتمی اکتیویته ²¹⁰Pb غیرذاتی بر حسب عمق مربوط به core 3

همانطور که مشهود است میزان اکتیویته ²¹⁰Pb غیرذاتی کاهش یکنواخت تری را بر حسب عمق در ستون های نمونه ۱ و ۳ نسبت به ستون نمونه ۲ نشان می دهد که حاکی از همگونی آهنگ رسوب گذاری در ستون یاد شده در بازه زمانی مورد بررسی می باشد. ناهمگونی مشاهده شده در core2 می تواند ناشی از نزدیکی محل نمونه برداری به جریان های فرسایشی حوضه آبریز باشد. آهنگ رسوب گذاری بر طبق روابط گفته شده در core1، core2 و core3 به ترتیب عبارتند از: $1/4 \text{ cm y}^{-1}$ ، $0/7 \text{ cm y}^{-1}$ و $0/5 \text{ cm y}^{-1}$. با توجه به داده های به دست آمده آهنگ رسوب گذاری در core1، که از قسمت شرقی مصب سفیدرود تهیه شده است نسبت به core2 (تهیه شده از بخش غربی مصب سفید رود) بیشتر می باشد. این امر با توجه به جهت غالب جریان های آبی در بخش جنوبی دریای خزر کاملاً توجیه پذیر می باشد [۵]. نمودار تغییرات اکتیویته ¹³⁷Cs بر حسب عمق مربوط به core1 و core2 در شکل (۵) و (۶) رسم شده اند.


 شکل (۶): اکتیویته ¹³⁷Cs بر حسب عمق مربوط به core2

 شکل (۵): اکتیویته ¹³⁷Cs بر حسب عمق مربوط به core1

به دلیل کم بودن جرم برشهای رسوبی مربوط به core3 در مقایسه با ساختار هندسی مورد استفاده برای شمارش گاما در سیستم اسپکترومتری، تعیین موجودی ¹³⁷Cs در این نمونه‌های رسوبی با دقت بیشتر امکان پذیر نبوده است. با در نظر گرفتن عمقی که در آن اکتیویته ¹³⁷Cs بیشینه است به عنوان یک شاخص، آهنگ رسوب گذاری در core2 و core1 به ترتیب $1/4 \text{ cm y}^{-1}$ و $0/8 \text{ cm y}^{-1}$ بدست می آید. این مقادیر با نتایج بدست آمده از روش ²¹⁰Pb سازگار بوده و معیاری در اعتبار بخشیدن به روش مورد استفاده به شمار می رود.

مراجع:

1. Eakins, J. D. The ²¹⁰Pb technique for dating sediments and some applications. Environmental and Medical Sciences Division, AERE – R 10821, Harwell, (1983).
2. Ritchie, J. C. & McHenry, J. R. Application of radioactive fallout ¹³⁷Cs for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns, J. Environ. Qual., 19:215-233, (1990).
3. Fitzpatrick, F. A., et al. Nutrient, Trace-Element, and Ecological History of Musky Bay, Lac Courte Oreilles, Wisconsin, as Inferred from Sediment Cores, U.S. Geology Survey Water Resources Investigations Report 02-4225, (2003).
4. Turner, L. J. & Delorme, L. D. Assessment of ²¹⁰Pb data from Canadian lakes using the CIC and CRS models, Environmental Geology, (1996).

۵. علیزاده، حمید. مقدمه ای بر ویژگی های دریای خزر، انتشارات نوربخش، تهران (۱۳۸۳).