

بررسی و اندازه گیری خاصیت «تاب گرمالیانی»^۱ بعضی از نرمندان خلیج فارس و دریای عمان برای دزیمتری تابش گاما

حسین غفوریان، محمد ربانی، یاسمن روحی

مرکز تحقیقات هسته‌ای

سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده

کربنات کلسیوم زیست‌زاد^۲ به ویژه پوسته کلسیتی نرمندانی را که به طور طبیعی خاصیت گرمالیانی (ترمولومینسانس) دارند، می‌توان به عنوان دزیمتر «تاب گرمالیان» (رادپرمولومینسنت) بکار برد. در این کار پژوهشی خاصیت تاب گرمالیانی ۸ گونه مختلف از دوکپه‌ای‌های خلیج فارس و دریای عمان، همچنین پوسته آهکی داخلی ماهی مرکب مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهند که پوسته آهکی ماهی مرکب (*Sepia species*)، صدف مروارید (*Pinctada radiata*) و دوکپه‌ای *Cardita bicolor* را می‌توان به خوبی برای دزیمتری شخصی و صنعتی بکار برد، به ویژه پوسته داخلی ماهی مرکب که از حساسیت بیشتری برخوردار است. در برابر تابش گاما دوکپه‌ای‌های *Callista Umbonella* و *Mactra Sp.* خاصیت تاب گرمالیانی ضعیفی دارند و دوکپه‌ای صدف سنگ (*Saccostrea Cocullata*) و *Chlamys ruschenbergerii* فاقد خاصیت تاب گرمالیانی می‌باشند. در دوکپه‌ای‌های *Anadara refescens* و *Anadara sesticostata* با افزایش میزان دُز دریافتی تابش گاما، کاهش خاصیت تاب گرمالیانی مشاهده شد؛ علت عمده این کاهش را می‌توان تخریب شبکه بلوری آنها به وسیله پرتوهای یون‌ساز دانست.

۱- مقدمه:

از انرژی مازاد خود به صورت فوتون ترمولومینسنت (گرمالیان) به تراز پایدار اولیه خود باز می‌گردد. شدت نشر چنین تابشی متناسب با مقدار دُز دریافتی از پرتو یوننده است و می‌توان از آن برای دزیمتری استفاده کرد [۱ و ۲].

به دلیل حساسیت زیاد آشکارسازهای گرمالیانی، تاکنون تحقیقات وسیعی در باره شناسایی مواد گرمالیان طبیعی انجام گرفته است. از جمله این مواد می‌توان کربنات کلسیوم را نام برد که به صورت بلورهای معدنی طبیعی و یا سنتز شده آراگونیت و کلسیت [۳ و ۴]، یا به صورت کربنات کلسیوم با منشأ زیست شناختی [۵]،

همگام با گسترش کاربرد تابش یون‌ساز در پاره‌ای از علوم و صنایع و با توجه به اثرهای زیان بار این تابش بر یاخته‌های بدن انسان و محیط زیست، روشهای متنوعی برای آشکارسازی و سنجش مقدار دُز تابشی ابداع شده که یکی از آنها دزیمتری تاب گرمالیانی (RTL) [۲] است.

تاب گرمالیانی عبارت است از نشر نور در اثر حرارت از جامد دی الکتریکی که قبلاً در معرض تابش یوننده قرار گرفته باشد [۱]. در مورد ساز و کار این پدیده توافق بر این است که الکترونهای آزاد و حفره‌های^۴ الکترونی تولید شده در اثر تابش یون‌ساز، در تقصهای شبکه بلوری و یا ناخالصی‌های بلورها که از لحاظ الکتروستاتیکی مجازند به دام افتاده و مدتی باقی می‌مانند تا این که عاملی مانند حرارت، با انرژی لازم و کافی، امکان فرار آنها از دام^۵ را فراهم نماید. در این صورت الکترونی که از دام آزاد می‌شود با نشر بخشی

- 1- radio - thermo luminescence
- 2- Biogenic
- 3- Radio Thermoluminescent Dosimeter
- 4- Holes
- 5- Trap

KFKI-RMKI ساخت کشور مجارستان (انستیتو تحقیقاتی فیزیک هسته‌ای و ذره‌ای KFKI) است. این دستگاه به وسیله یک برنامه رایانه‌ای به نام MTLD تنظیم و کنترل می‌شود و کلیه تغییرات مربوط به دما، ولتاژ، زمان و غیره به وسیله رایانه قابل تغییر و تنظیم می‌باشند.

نمونه‌ها در آزمایشگاه بخش دُزیمتری استانداردهای ثانویه (SSDL) مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته‌ای کرج با چشمه ^{60}Co پرتو دهی شدند و بازه زمانی بین پرتو دهی و دُزیمتری در همه نمونه‌ها کمتر از ۹۰ دقیقه بوده است.

نمونه برداری از محدوده بین جذر و مد سواحل مناطق مورد نظر (مطابق جدول ۱) انجام گرفت و نمونه‌هایی کاملاً سالم و عاری از هرگونه موجودات حفّار و آفت^{۱۱} مانند اسفنجهای حفّار، ماسلهای^{۱۲} حفّار^{۱۳}، کرمهای لوله‌ای حفّار^{۱۴} و... که تحت تأثیر خوردگی و یا فرسایش قرار نگرفته بودند برای آزمایش انتخاب شدند. مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها شامل شستشو با مواد پاک‌کننده، حرارت دادن در کوره به مدت ۱۵ دقیقه در ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد و در جو نیتروژن، سپس خرد و آسیاب کردن آنها بوده است. برای آزمایشهای دُزیمتری، ذرات بین ۱۰۰ تا ۱۲۰ میکرون انتخاب شده‌اند و در هر آزمایش حدود ۵۰ میلی‌گرم از نمونه بکار رفته است.

۳- یافته‌ها و بررسی آنها:

۳-۱- پوسته داخلی ماهی مرکب *Sepia sp.*

طیفهای شماره ۱ تا ۱۱ (شکل ۱) به ترتیب مربوط به نمونه پرتو داده شده به میزان ۰/۲، ۰/۵، ۰/۸، ۱/۰، ۱/۵، ۲/۰، ۲/۵، ۳/۰، ۳/۵، ۴/۰، ۴/۵ و ۵ راد می‌باشند. بررسی یافته‌ها نشان داد که این نمونه دارای پیک

مانند بقایای آهکی بعضی از موجودات دریایی [۶] و یا فسیل انواع صدفهای آهکی [۷]، خواص گرمالیانی جالب توجهی از خود نشان می‌دهد. این پژوهش، با توجه به گستردگی سواحل دریا در کشور ما و وجود ذخایر فراوان از انواع کربنات کلسیم زیست‌زاد به صورت پوسته نرمتان دریایی، با هدف یافتن فسفر^{۱۵} گرمالیان طبیعی که خواص مطلوبی برای دُزیمتری فردی و صنعتی دارد صورت گرفته است.

بررسی نظری:

کربنات کلسیم در طبیعت معمولاً به دو صورت بلوری کلسیت^{۱۶} و آراگونیت^{۱۷} یافت می‌شود. بلورهای آراگونیت در مقایسه با بلورهای کلسیت ناپایدارترند و در اثر حرارت و رطوبت به مرور زمان به بلورهای کلسیت تبدیل می‌شوند. سرعت تبدیل آنها به درجه حرارت بستگی دارد و در دمای ۴۲۵ درجه سانتی‌گراد آراگونیت به سرعت تبدیل به کلسیت می‌شود [۸].

آراگونیت زیست‌زاد از لحاظ خاصیت گرمالیانی کاملاً بی‌اثر است در حالی که کلسیت زیست‌زاد خاصیت گرمالیانی بالایی نشان می‌دهد [۶و۹].

کربنات کلسیم در جانوران مختلف دارای چند شکلی (پولی مورفیسم)^{۱۸} متفاوت است. اسفنجهای آهکی، مرجانهای سخت و اغلب شکم‌پایان (حلزونها) ذاتاً پوسته‌های آراگونیتی تولید می‌کنند، به همین دلیل، پوسته آنها فاقد خاصیت گرمالیانی است در حالی که دوکپه‌ای‌ها، بسته به جنس و گونه خود، صدفهایی از جنس کلسیت، آراگونیت و یا مخلوطی از هر دو نوع بلور تولید می‌نمایند. به هر حال، ایجاد خاصیت گرمالیانی تابعی از مقدار کلسیت موجود در پوسته آهکی می‌باشد و چند شکلی صدف نیز تابعی از جنس و گونه دوکپه‌ای مورد نظر است [۵].

صدف دوکپه‌ای عموماً از ۳ لایه تشکیل می‌شود. خارجی‌ترین لایه از جنس ماده‌ای آلی به نام کانکیولین^{۱۹} است. لایه میانی شامل بلورهای شفاف و متراکم و منشوری شکل کلسیت در زمینه کانکیولین بوده و لایه داخلی متشکل از ورقهای آراگونیتی است [۹].

۲- وسایل و روشها:

دستگاه قرائت‌کننده دُزیمتر گرمالیانی مورد استفاده مدل

6- Phosphore

(در این مورد، واژه فسفر به ماده ای اطلاق می شود که دارای خاصیت گرمالیانی یا نورالیانی باشد)

7- Calcite

8- Aragonite

9- Polymorphism

10- Conchiolin

11- Boring and fouling Organisms

12- Mussels

13- Lithophaga sp.

14- Tube worm polychaete

ظاهر نمی‌شود. نمودار ۴ روند افزایش ارتفاع پیک چهارم (پیک ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد) را با افزایش دُز دریافتی نمایش می‌دهد.

۳-۵- نمونه دوکپه‌ای *Callista umbonella*

طیفهای شماره ۳۲ تا ۳۵ مربوط به نمونه‌های پرتوده شده به میزان ۱۰،۵/۵،۰ و ۲ راد می‌باشند. پیک درخشش در محدوده دماهای ۲۴۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد واقع است و نمودار شماره ۵ روند افزایش ارتفاع پیک با افزایش دُز دریافتی را نمایش می‌دهد. با توجه به شیب مناسب در محدوده ۰ تا ۲ راد، نمونه برای دُزیمتری شخصی مناسب می‌باشد.

۳-۶- دوکپه‌ای *Anadara secticostata*

طیفهای شماره ۳۶ تا ۳۹ مربوط به نمونه پرتوده شده به ترتیب به میزان ۱۰،۵/۵،۰ و ۱۵ راد می‌باشند. با توجه به این طیفها ملاحظه می‌شود که با افزایش میزان دُز دریافتی ارتفاع پیک بطور غیر منتظره کاهش یافته است و محل پیک نیز به دماهای بالاتر منتقل شده است (از ۳۲۵ به ۳۴۵ درجه سانتی‌گراد). نمودار ۶ روند کاهش ارتفاع پیک را با افزایش میزان دُز دریافتی نشان می‌دهد. کاهش ارتفاع پیک با افزایش دُز دریافتی، احتمالاً به دلیل تخریب و از هم‌پاشی شبکه بلوری در اثر تابش یونساز گاما است.

توجیه احتمالی انتقال محل پیک به دمای بالاتر بر این اساس است که تخریب و از هم‌پاشی دامهای موجود در شبکه بلوری به ترتیب پایداری نسبی آنها اتفاق می‌افتد، بدین معنی که دامهای ناپایدارتر که در حالت عادی در دماهای پایین تری الکترون به دام افتاده را آزاد می‌نمایند زودتر تحت تاثیر تابش گاما تخریب می‌شوند. بنابراین با بالا رفتن میزان دُز، تنها آن دسته از دامها تخریب نشده باقی می‌مانند و قادر به ایجاد خاصیت تاب‌گرمالیانی خواهند بود که پایدارتر باشند و کیفیت شامل آن دسته از دامهایی می‌شود که برای آزادسازی الکترون به دمای بالاتری نیاز دارند و بنابراین در دماهای بالاتر خاصیت گرمالیانی مشاهده می‌شود.

چون مشاهده کاهش شدت تاب‌گرمالیانی با افزایش دُز دریافتی در دوکپه‌ای *Anadara secticostata* جالب و غیر منتظره بود، آزمایش در مورد گونه دیگری از همین جنس و همین خانواده با انتخاب دوکپه‌ای *Anadara refescens* تکرار شد.

راديوگرمالیانی واضحی در محدوده ۲۱۰ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نمودار شماره ۱ روند افزایش ارتفاع قله پیک با افزایش دُز را نشان می‌دهد. در این نمودار (تصحیح شده خطی) دو ناحیه کاملاً متمایز (۲۰ تا ۲ راد و ۱۵ تا راد) قابل تشخیص است که با توجه به حد دُز آستانه تماس کارکنان با پرتوها (۲۰ mSv در سال) کاربرد نمونه در ناحیه اول نمودار، برای دُزیمتری فردی کاملاً مشهود است و با توجه به شیب کم منحنی در ناحیه دوم، نمونه برای دُزیمتری صنعتی قابل استفاده خواهد بود.

۳-۲- نمونه دوکپه‌ای *Cardita bicolor*

طیفهای شماره ۱۲ تا ۲۰ مربوط به نمونه پرتوده شده به ترتیب به میزان ۱۰،۵/۵،۰، ۲،۴/۱،۰، ۶،۴/۱،۰ و ۱۵ راد می‌باشد. ملاحظه می‌شود که در این طیفها، پیک درخشش واضحی در محدوده ۲۵۰ تا ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد وجود دارد. نمودار ۲ مربوط به منحنی تصحیح شده به صورت خطی است و روند افزایش ارتفاع پیک را با افزایش مقدار پرتودهی نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار وجود دو ناحیه متمایز حاکی از کاربرد مختلف نمونه در دُزیمتری فردی و صنعتی مشهود است.

۳-۳- صدف محار یا صدف مروارید *Pinctada radiata*

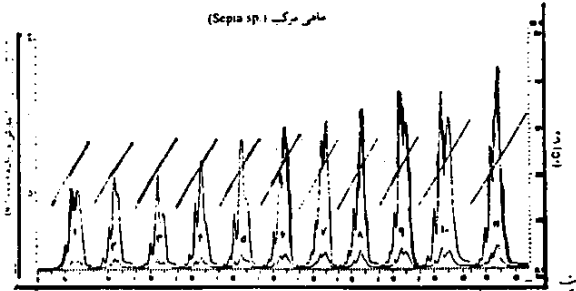
طیفهای شماره ۲۱ تا ۲۸ به ترتیب مربوط به نمونه‌های پرتوده شده به میزان ۱۰،۵/۵،۰، ۱۰،۵/۸،۰، ۱۰،۵/۸،۰ و ۱۵ راد می‌باشند. پیک درخشش در این نمونه در محدوده ۲۳۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد واقع است. نمودار شماره ۳ روند افزایش ارتفاع پیک با افزایش مقدار دُز را نشان می‌دهد. با توجه به وجود دو محدوده متمایز (۰ تا ۲ و ۲ تا ۱۵ راد) در نمودار، دو کاربرد متفاوت دُزیمتری فردی و صنعتی برای این نمونه پیشنهاد می‌شود.

۳-۴- دوکپه‌ای *Maetra sp.*

با توجه به طیفهای شماره ۲۹ تا ۳۱ که به ترتیب مربوط به نمونه‌های پرتودیده به مقادیر ۱۰،۵/۵،۰ راد می‌باشند، ۴ پیک متمایز در منحنی درخشش این نمونه ملاحظه می‌شود که به ترتیب در محدوده دماهای ۱۷۰، ۱۹۰، ۲۱۰، ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد ظاهر شده‌اند. در ۳ پیک اول با افزایش میزان دُز دریافتی تغییر محسوسی

۷-۳- دوکپه‌ای *Anadara refescens*

طیفهای شماره ۴۰ تا ۴۳ به ترتیب مربوط به نمونه پرتوداده شده به میزان ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ راد می‌باشند. با توجه به این طیفها، مشاهده می‌شود که ارتفاع پیک درخشش در این نمونه (که در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد واقع است) نیز با افزایش مقدار پرتو جذب شده کاهش می‌یابد و نمودار ۷ نمایانگر روند این کاهش است. کاهش در ارتفاع پیک نشان می‌دهد که نه تنها این نمونه نسبت به اشعه گاما حساسیت لازم را ندارد بلکه تابش پرتو با از هم پاشیدن تدریجی ساختمان آن موجب کاهش میزان درخشش گرمالیانی می‌شود.



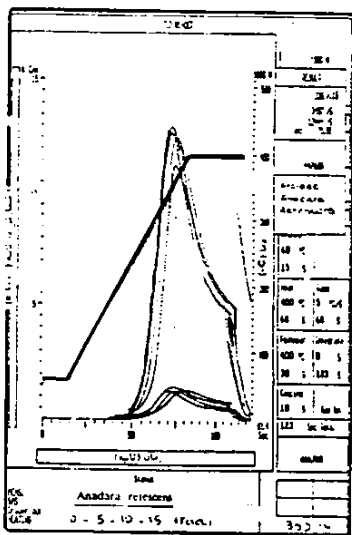
طیفهای شماره ۱ تا ۱۱ مربوط به نمونه شماره ۱ (پوسته داخلی ماهی مرکب)

میزان دُز پرتو دهی گامابه ترتیب: ۱۵، ۱۰، ۵، ۲، ۱، ۰، ۱، ۰، ۱، ۰، ۲، ۰ راد، گرمادهی قبل از قرائت: تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه، گرمادهی قرائت: تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۸ ثانیه، آهنگ افزایش دما: ۵°C/sec، ولتاژ: ۹۰۰ ولت

۸-۳- آزمایشهای انجام شده بر روی دوکپه‌ای‌های *Chlamys ruschenbergeri* (پکستن) و *Saccostrea Cucullata* (صدف سنگ یا صدف خوراکی) نشان داد که این دوکپه‌ای‌ها فاقد حساسیت لازم در مقابل پرتو گاما بوده و با افزایش دُز دریافتی تغییر محسوسی در خاصیت تاب گرمالیانی آنها مشاهده نمی‌شود.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان داد که پوسته آهکی داخلی ماهی مرکب دارای قابلیت خوبی برای دُزیمتری تاب گرمالیانی پرتوگاما بوده و در ۳ نمونه ماهی مرکب، صدف محار و دوکپه‌ای *Cardita bicolor* وجود دو ناحیه متمایز ۲ تا ۲۰ راد و ۲ تا ۱۵ راد در منحنی تغییرات پاسخ دُزیمتر نسبت به دُز دریافتی، نمایانگر ۲ کاربرد مختلف در دُزیمتری فردی و صنعتی می‌باشد. در دو نمونه ونوس و دوکپه‌ای *Mactra* حساسیت چندانی مشاهده نشد، و دو نمونه صدف سنگ و پکتن کاملاً فاقد حساسیت لازم جهت دُزیمتری تابش گاما بودند. در نمونه‌های خانواده *Anadara* پاسخ دُزیمتر با دُز دریافتی نسبت معکوس دارد که ممکن است نمایانگر تلاشی شدن تدریجی ساختار بلوری نمونه مورد نظر در اثر تابش گاما باشد.



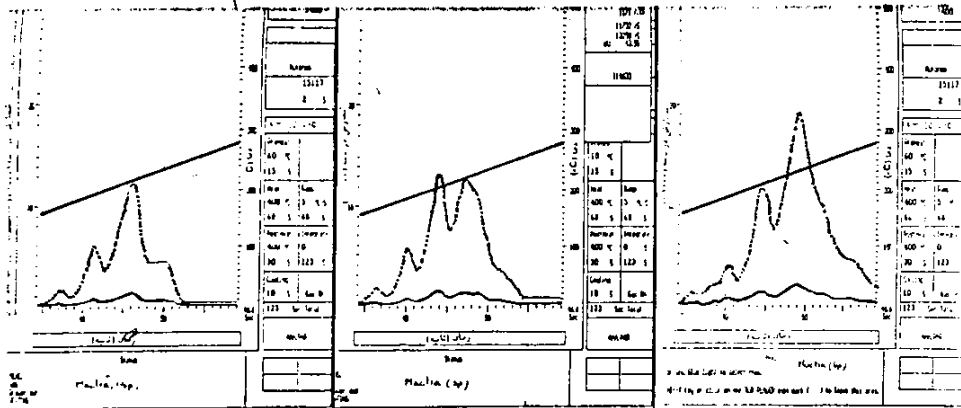
طیفهای شماره ۱۲ تا ۲۰ مربوط به نمونه شماره ۲ (دوکپه‌ای *Cardita bicolor*)

میزان دُز پرتو دهی به ترتیب: ۱۵، ۱۰، ۵، ۲، ۱، ۰، ۱، ۰، ۲، ۰ راد، گرمادهی قبل از قرائت: تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه، گرمادهی قرائت: تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۸ ثانیه، آهنگ افزایش دما: ۵°C/sec، ولتاژ: ۱۰۰۰ ولت

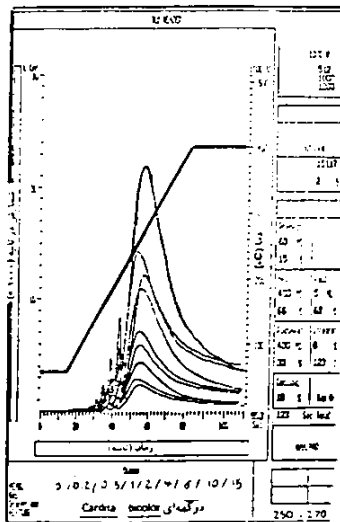
این نتایج را می‌توان حاصل یک کار پژوهشی مقدماتی در زمینه شناسایی گونه‌های مختلف صدفداران با خواص احتمالی گرمالیانی (ترمولومینسانس) در ایران قلمداد کرد. به منظور کسب آمارهای قابل اطمینان در تکرارپذیری نتایج قبل از مرحله کاربرد آنها، پیشنهاد می‌شود که ادامه کار، به ویژه بر روی گونه‌های ماهی مرکب و صدف محار (با توجه به ذخایر هنگفت این دو نمونه در سواحل

مرحله دوم و همچنین در محدوده‌های مختلف دُزهای پایین و بالا و در مقابل پرتوهای متنوع از قبیل ایکس گاما و بتا و غیره مورد پژوهش و بررسی قرار گیرد.

ایران و صرفه اقتصادی مطالعات آینده در مقیاس تجارتي، به صورت قرص و پودر در مرحله اول و با افزودن ناخالصی‌های فعال‌ساز مناسب در شبکه بلوری و تهیه مجدد پودر و قرص در

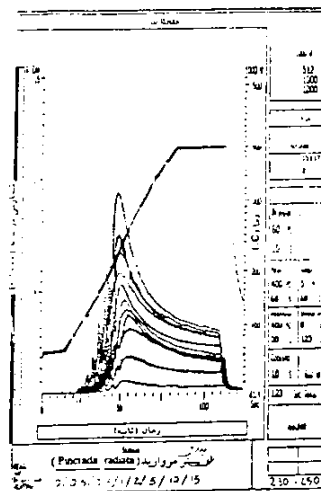


▲ طیفهای شماره ۲۹ تا ۳۱ مربوط به نمونه شماره ۴ (دوکپه‌ای *Mactra* sp.)
 میزان دُز پرتودهی به ترتیب: ۱۰،۵۰۰ راد، گرمادهی قبل از قرائت: تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد
 به مدت ۱۵ ثانیه، آهنگ افزایش دما: $5^{\circ}\text{C}/\text{sec}$
 گرمادهی قرائت: تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۸ ثانیه، ولتاژ: ۹۰۰ ولت



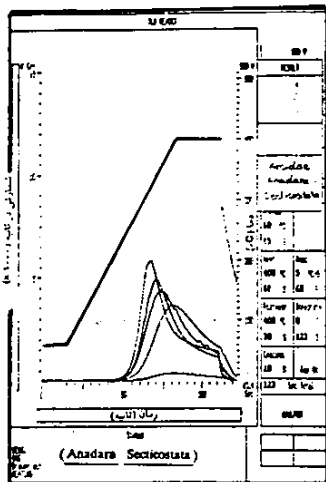
▲ طیفهای شماره ۲۲ تا ۲۵ مربوط به نمونه شماره ۵
 (دوکپه‌ای *Callista Umbonella*)

میزان دُز پرتودهی گاما به ترتیب: ۲،۱۰۰/۵۰۰ راد،
 گرمادهی قبل از قرائت: تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه،
 گرمادهی قرائت: تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۸ ثانیه،
 آهنگ افزایش دما: $5^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ ، ولتاژ: ۱۰۰۰ ولت



▲ طیفهای شماره ۲۱ تا ۲۸ مربوط به نمونه شماره ۳
 (صدف مروارید)

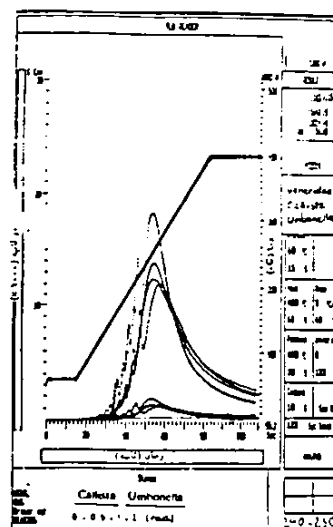
میزان دُز پرتودهی به ترتیب: ۱۵،۱۰۰،۵۰،۲۱۰۰/۸۰۰/۵۰۰ راد،
 گرمادهی قبل از قرائت: تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه،
 گرمادهی قرائت: تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۸ ثانیه،
 آهنگ افزایش دما: $5^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ ، ولتاژ: ۱۰۰۰ ولت



▲ طیفهای شماره ۴۰ تا ۴۳ مربوط به نمونه شماره ۷

(دوکپه‌ای *Anadara Refescens*)

میزان دز پرتوهای گاما به ترتیب: ۵۰، ۱۵۰، ۱۰۰۰ راد،
 گرمادهی قبل از قرائت: تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه،
 گرمادهی قرائت: تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۸ ثانیه،
 آهنگ افزایش دما: ۵°C/sec، ولتاژ: ۱۰۰۰ ولت



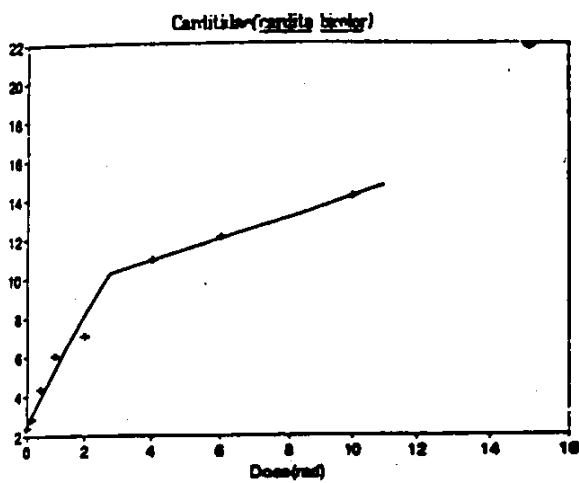
▲ طیفهای شماره ۲۶ تا ۲۹ مربوط به نمونه شماره ۶

(دوکپه‌ای *Anadara Seticostata*)

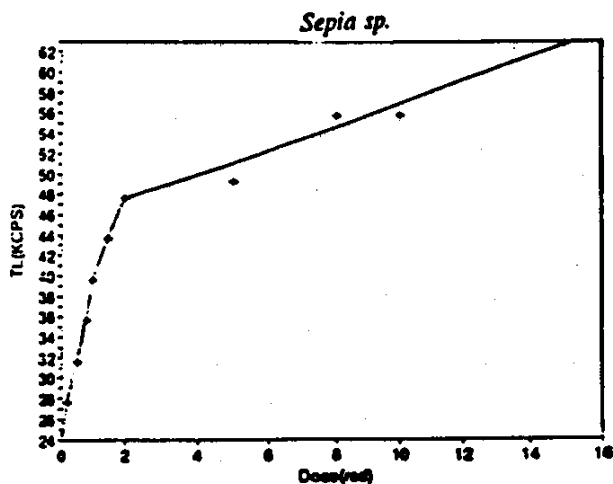
میزان دز پرتوهای گاما به ترتیب: ۵۰، ۱۵۰، ۱۰۰۰ راد،
 گرمادهی قبل از قرائت: تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه،
 گرمادهی قرائت: تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۸ ثانیه،
 آهنگ افزایش دما: ۵°C/sec، ولتاژ: ۱۰۰۰ ولت

جدول (۱) محل نمونه برداری و مشخصات انواع دوکپه‌ای‌های نمونه برداری شده

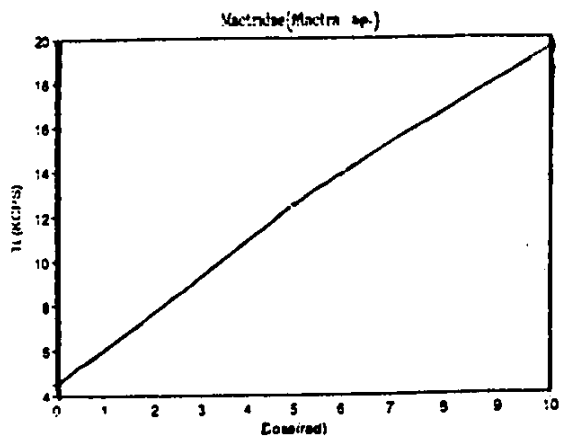
شماره نمونه	خانواده	جنس	گونه	نام عمومی	محل نمونه برداری
۲	Carditidae	Cardita	Bicolor		سواحل چابهار
۳	Pteridae	Pinctada	Radiata	صدف مروارید (صدف محار)	جزیره کیش - سواحل چابهار
۴	Mactridae	Mactra		Surf Clams	بندر چارک - سواحل چابهار
۵	Veneridae	Callista	Umbonella	ونوس	سواحل چابهار
۶	Arcidae	Anadara	Seticostata		سواحل چابهار
۷	Arcidae	Anadara	Refescens		سواحل چابهار
۸	Pectinidae	Chlamys	Ruschenbergerii	پکتین (اسکلوپ)	سواحل اطراف بندر لنگه
	Ostreidae	Saccostrea	Cucullata	صدف سنگ - صدف خوراکی	جزیره کیش - سواحل چابهار



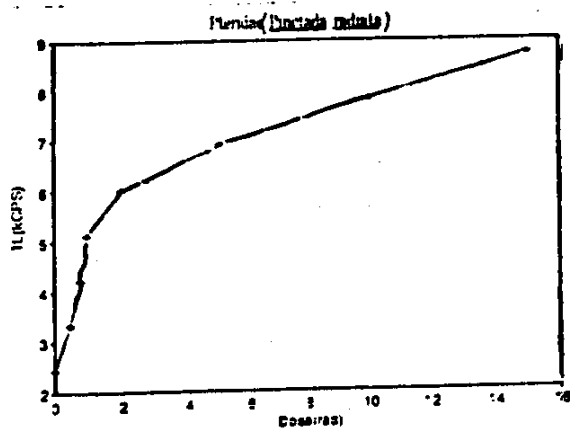
▲ نمودار ۲ مربوط به نمونه شماره ۲
(دوکتهای *Cardita bicolor*) (نمودار تصحیح شده خطی)



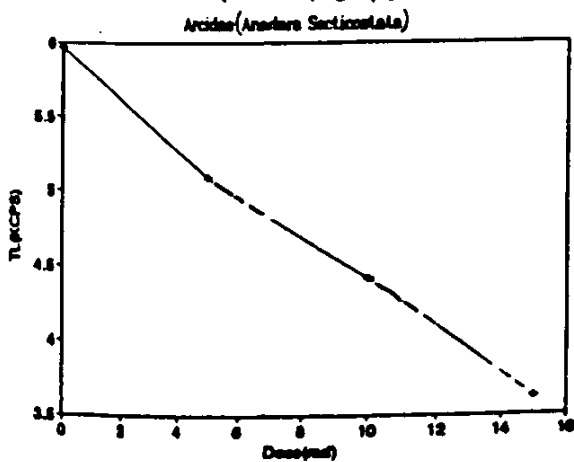
▲ نمودار ۱ مربوط به نمونه شماره ۱
(پوسته داخلی ماهی مرکب) (نمودار تصحیح شده خطی)
روند افزایش ارتفاع پیک درخشش RTL با افزایش مقدار دز



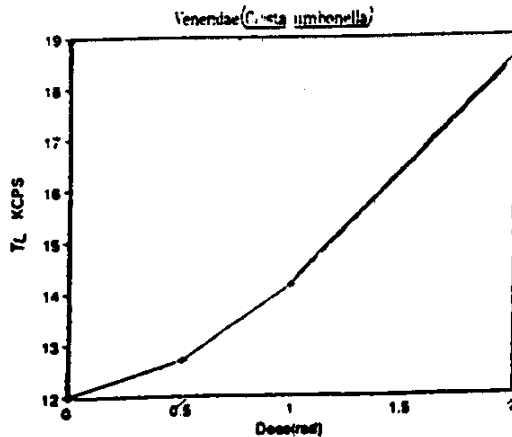
▲ نمودار ۴ مربوط به نمونه شماره ۴
(دوکتهای *Mactra sp.*)



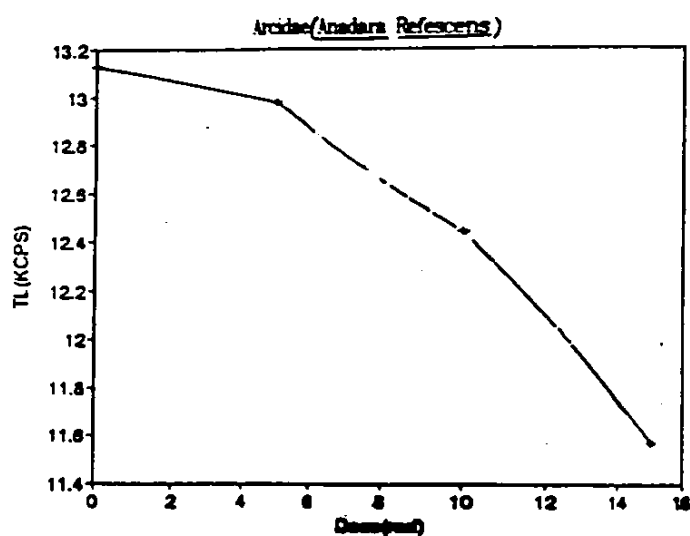
▲ نمودار ۳ مربوط به نمونه شماره ۳
(صدف مروارید) (نمودار تصحیح شده خطی)



▲ نمودار ۶ مربوط به نمونه شماره ۶
(دوکتهای *Anadara secticostata*)



▲ نمودار ۵ مربوط به نمونه شماره ۵
(دوکتهای *Callista umbonella*)



▲ نمودار ۷ مربوط به نمونه شماره ۷

(دوکپهای *Anadara refescens*)

References:

1. Thermoluminescence Dosimetry, A.F.Mckinlay, Medical Physics Handbook(1981).
2. J.R. Cameron, N. Sunthara lingam, and Gardon, N. Kenny. Thermoluminescence Dosimetry(1965).
3. W.L. Medlin, Thermoluminescence in Aragonite and Calsite. J.Phys. Chem. Ithaca. 65, 1172-1177, (1961).
4. N. BAPATV, Thermoluminescence of CaCO₃. Paper No. 110, NSTA(1975).
5. N.M. Johnson, Thermoluminescence in biogenic Calcium Carbonate. J.Sediment. petrology 30,305-313 (1960).
6. N.M. Johnson, Radiation Dosimetry of recent and fossil marine invertebrates. Rpt TLD -20272, USAEC.
7. N.M. Johnson, Radiation Dosimetry from the natural Thermoluminescence of fossil shells. The American Mineralogist, Vol.52,(1967).
8. William H.Blackburn, William H.Dennen, Principels of Mineralogy, Universal Book Stall - newdelhy(1988).
9. IAN Dore, Shellfish, A guide to Oysters, Mussels, Scallops, Clams and similar products (1991).

**Investigation and Measurement of Radio Thermoluminescence properties of some
calcitic mollusc shells of the Persian Gulf and The Oman Sea
(for γ radiation dosimetry)**

*H. Ghafourian, M.Rabbani, U.Rouhi
A.E.O.I., Nuclear Research Centre
P.O.Box 11365-3486
Tehran - Iran*

Abstract:

Biogenic Calcium Carbonate, particularly as naturally thermoluminescent calcitic mollusc shells may serve as excellent radio thermoluminescent dosimeters. In this study the RTL properties of 8 different bivalves of the Persian Gulf, the Oman Sea and the internal calcitic shell of Sepia sp. are investigated. The results of this investigation have shown that the shells of Sepia sp., Pinctata radiata and Cardita bicolor as appropriate dosimeters for both personal and industrial dosimetry purposes, among which Sepia sp. is the most sensitive one. Callista umbonella and Mactra sp. are relatively less thermoluminescent while Saccostrea Cucullata and Chlamys ruschenbergerii are completely inert with respect to γ -thermoluminescence. TL properties of Anadara refescens and Anadara secticostata decrease surprisingly by an increase in the absorbed dose of γ radiation, which can mainly be interpreted as the result of crystal lattice destruction caused by Ionizing radiation.