

نشریه تابش و فناوری هسته ای، سال دوم، شماره 1، تابستان 1394

بررسی افزایش مقدار T_2O در فرایند غنی سازی آب سنگین

رضا پور ایمانی^{1*}، مهرداد آقامحمدی²

¹ استادیار گروه فیزیک دانشکده علوم پایه، دانشگاه اراک، اراک، استان مرکزی، ایران

² کارشناس ارشد فیزیک هسته ای، گروه فیزیک، دانشگاه اراک، اراک، مرکزی، ایران

(تاریخ دریافت مقاله 1393/11/11 - تاریخ پذیرش مقاله 1394/3/20)

چکیده

در این تحقیق، تغلیظ آب تریتیومی در فرایند تولید و غنی سازی آب سنگین مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور در مراحل مختلف تغلیظ آب سنگین در مجتمع آب سنگین اراک نمونه برداری و فعالیت ویژه تریتیوم با استفاده از شمارنده سوسوزن مایع (LSC¹) بر مبنای بتای گسیل شده اندازه گیری گردید. تقطیر آزوتروپ بعنوان یک روش آماده سازی نمونه جهت تمیز سازی قبل از اندازه گیری مقدار تریتیوم در آب سنگین مورد استفاده و نمونه برداری تحت شرایط خاص و مواظبت های ویژه انجام شد. فعالیت ویژه تریتیوم در نمونه های با درصد غنای آب سنگین 0/35%، 13/50%، 35/20%، 56/16%، 58/20%، 77/50% و 99/80% تعیین گردید. مقادیر به دست در این تحقیق از $14/86 \pm 0/80$ تا $52/19 \pm 1/01$ واحد TU^2 تغییر میکند. ضریب همبستگی 0/853 بین فعالیت ویژه تریتیوم و درجه غنای آب سنگین بدست آمد. در نمونه آب سنگین با غلظت 99/8%، یک انحراف از خط راست مشاهده شد که موجب کاهش ضریب همبستگی (R^2) گردید.

واژه های کلیدی: T_2O ، LSC، تقطیر آزوتروپ، آب سنگین

* استان مرکزی، اراک، دانشگاه اراک، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک، کد پستی 38156 - 88349

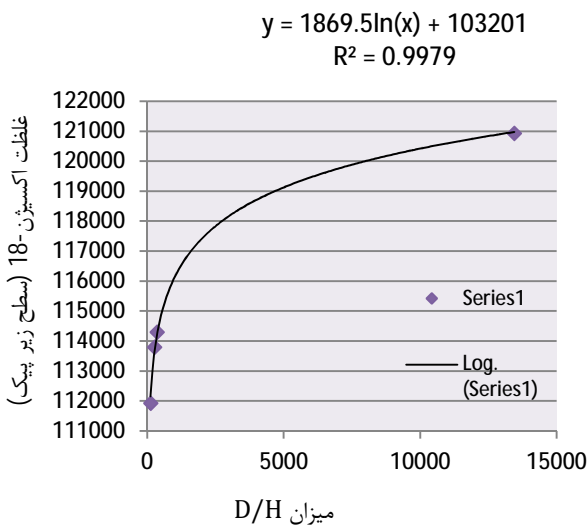
پست الکترونیکی: r-pourimani@araku.ac.ir

1 - Liquid Scintillation Counter

2- Tritium Unit

1. مقدمه

محسوسی در ویژگی‌های شیمیایی ترکیب هایشان می‌شود. از اینرو، معمولاً کمتر از تریتیوم نسبت به دوتریوم، به عنوان ردیاب در واکنش‌های شیمیایی استفاده می‌شود. با داغ کردن مخلوط دوتریوم و تریتیوم در دما و فشار معین، واکنش گداخت گرماسته‌ای رخ می‌دهد. این فرآیند نوترون‌های با انرژی $14/3\text{MeV}$ تولید می‌کند که در حال حاضر به عنوان چشمه نوترون‌های تک انرژی در مطالعات هسته‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل 1. نمودار تغییر شمارش سطح زیر پیک بر حسب نسبت

D/H نمونه‌های آب سنگین [1]

انجام این واکنش در ساخت سلاح‌های شکافت هسته‌ای پیشرفته ضروری می‌باشد [3-4]. تریتیوم با گسیل بتا (انرژی متوسط ذرات بتا $5/7\text{keV}$ ، انرژی واپاشی $18/6\text{keV}$) به ^3He تبدیل می‌شود که به آسانی آشکار می‌شود یا می‌تواند علت فلونورسانس بعضی از ترکیبات دیگر شود. تریتیوم به عنوان یک عنصر ردیاب به شکل آب تریتیوم دار (HTO یا T_2O) در تحقیقات زیست‌شناسی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. و همچنین در کپسول‌های پوشیده شده با یک ترکیب

در فرایند تولید آب سنگین به نظر می‌رسد که آب سخت با فرمول شیمیایی H_2^{18}O با جرم مولی 20 و آب تریتیومی با فرمول شیمیایی $^3\text{H}_2\text{O}$ و جرم مولی 22 نیز تغلیظ گردد. در بررسی‌های انجام شده مشخص شد که مقدار آب سخت در طول فرایند تولید D_2O به صورت یک تابع نمایی از نوع اشباع افزایش پیدا می‌کند در شکل 1 نمودار این همبستگی نشان داده شده است [1]. از آنجایی میزان ناخالصی در آب سنگین از نقطه نظر بحرانی شدن راکتورهای آب سنگین از اهمیت زیادی برخوردار است میبایست مطالعات دقیقی در مورد تولیدات مجتمع آب سنگین به عمل آید. راکتورهای آب سنگین با سوخت اورانیوم طبیعی با بیش از یک درصد ناخالصی در غنای آب سنگین هرگز بحرانی نمی‌شوند. تریتیوم (^3H یا T)، یکی از ایزوتوپ‌های ناپایدار هیدروژن با عدد جرمی 3 است. نیمه عمر این رادیو ایزوتوپ $12/32$ سال می‌باشد. تریتیوم در سال 1934 توسط فیزیکدانانی به نام‌های ارنست رادرفورد³، اولیفانت⁴ و هارتک⁵ زمانی که دوتریوم را با دوترون (هسته اتم دوتریوم)‌های دارای انرژی بالا بمباران کردند، کشف شد. ویلارد فرانک لیبی⁶ و گرس⁷ نشان دادند که تریتیوم در آب طبیعی وجود دارد و احتمالاً بر اثر اندرکنش بین پرتوهای کیهانی و نیتروژن موجود در اتمسفر تولید می‌شود [2]. همچنین تریتیوم به طور مؤثر از طریق واکنش بین ^6Li و نوترون‌های حاصل از شکافت هسته‌ای در راکتور، مطابق واکنش $^6\text{Li}(n,\alpha)\text{T}$ تولید می‌شود. اگرچه تریتیوم درست شبیه هیدروژن معمولی با مواد دیگر واکنش می‌دهد، ولی اختلاف زیاد بین جرمشان، گهگاهی موجب اختلاف

3- Ernest Rutherford

4- M.L. Oliphant

5- Paul Harteck

6- Willard Frank Libby

7- Aristid V. Grosse

فلوئورسانس دار، لومینسانس و روشنایی را جدا از منبع الکتریکی، فراهم می کند. برای نمونه از آن در هشدار دهنده های خروج اضطراری، خود افروز باند پرواز فرودگاه، پرتو افکن های معبر هلیکوپترها و قلم های نوری استفاده میگردد و در هدایت ترافیک ها، به کار می رود [4-5]. از آنجا که تریتیوم تابش با انرژی خیلی کم ساطع می کند و پس از وارد شدن به بدن به سرعت بدن را ترک می کند، یکی از رادیونوکلیدهای کم خطر به حساب می آید [6-8]. گاهی غلظت تریتیوم بر حسب TU که معادل یک اتم تریتیوم به ازای 10^{18} اتم هیدروژن، یا معادل 7/17 واپاشی بر دقیقه در هر کیلوگرم از آب معمولی، و یا هم ارز 0/118 Bq/l می باشد بیان میگردد. حد اکثر فعالیت ویژه تریتیوم در آب آشامیدنی نباید بیشتر از 100 Bq/l باشد [6]. تریتیوم با واپاشی بتامنی به 3He تبدیل میشود که دارای سطح مقطع گیراندازی بالا در حدود 5500 بارن برای نوترونهای حرارتی است. از اینرو، تعیین درجه غلظت تریتیوم در رآکتورهای آب سنگین، مجتمع های تولید آب سنگین و در رآکتورهایی که از آب سنگین به عنوان خنک کننده و کند کننده نوترون ها استفاده می شود، خیلی مهم می باشد. در طول فرآیند تولید آب سنگین و بهره برداری رآکتورهای آب سنگین، درجه غلظت تریتیوم افزایش می یابد که یک سم برای راکتور به حساب می آید. مقدار تریتیوم آزاد شده در هوا و آب بستگی به نوع رآکتور دارد، اگرچه حتی در میان رآکتورهای با طراحی کلی شبیه به هم نیز این آزاد سازی و پخش شدن تا اندازه ای تغییر می کند. در رآکتورهای با آب تحت فشار ($PWRs^8$) تریتیومی که در محیط آزاد می شود بیشتر بر اثر اندر کنش نوترون ها با لیتیوم و بور است. در ضمن چنین مشکلی برای رآکتورهای آب

جوشان ($BWRs^9$) به دلیل اینکه بور یا لیتیوم به مدار اولیه آب اضافه نمی شود، وجود ندارد [6]. تریتیوم به مقدار زیادی بر اثر شکافت سه گانه در میله های سوخت رآکتورهای آب تحت فشار و هم رآکتورهای آب جوشان که از اورانیوم غنی شده استفاده میگردد نیز تولید می شود. جهت کنترل حجم و کاهش رآکتیویته، آب خنک کننده در رآکتورهای آب تحت فشار دائما تصفیه شیمیایی می شوند. بعضی از پاره های شکافت که به داخل آب خنک کننده مدار اولیه نشت می کنند با عبور آب از رزین های تبادل یونی حذف می شوند. با وجود این، این فرآیند بر روی آب تریتیوم دار که از نظر شیمیایی شبیه به آب است، تأثیر نمی گذارد [7-10]. نیروگاه های هسته ای در دوره بهره برداری هم در اتمسفر و هم در آب های زیر زمینی، تریتیوم آزاد می کنند [9-12]. در صنایع هسته-ای، بعد از تصفیه و رقیق سازی، مقدار حد ایمن درجه غلظت تریتیوم آزاد شده در محیط زیست به صورت دوره ای، توسط کمیسیون مقررات و ایمنی هسته ای (NRC^{10}) تعیین و گزارش می شود.

2. روش کار

در ابتدا برای این تحقیق هفت نمونه آب سنگین با درصد غناهای مختلف 0/35%، 13/5%، 35/20%، 56/16%، 58/20% و 77/50% از مجتمع آب سنگین اراک در مراحل مختلف تولید تهیه گردید. درصد غنای نمونه ها با استفاده از روش $FT-IR^{11}$ در آزمایشگاه مجتمع آب سنگین اراک تعیین شد. 250 میلی لیتر از هر کدام از نمونه ها با کاغذ صافی وات-من فیلتر گردید. به منظور عاری کردن نمونه ها از آنیون ها و کاتیون ها و سایر ناخالصی احتمالی 100 mL از آب فیلتر

9 - Boiler Water Reactor

10- Nuclear Regularity Commission

11- Fourier Transformation- Infrared method

8- Pressure Water Reactor

طیف جذبی در ناحیه ماوراء بنفش تا مرئی (در ناحیه 190 الی 1100 نانومتر) توسط دستگاه UV-Vis مدل UV-2100 ساخت شرکت SHIMADZO، مدل UV-1200 گرفته شد و برای حصول از صحت تمیز سازی مواد آلی موجود در نمونه ها با یک دستگاه لومینسنس اسپکترومتر¹³ مدل LS50B ساخت شرکت PerKin Elmer، طیف فلورسانسی ثبت شد. همه مواد و معرف های مورد استفاده در این کار با درصد خلوص بالا و ساخت شرکت مرک آلمان می باشند. ظروف شیشه ای آزمایشگاه با آب بدون یون شسته شده اند. مواد و معرف های شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق شامل پتاسیم پرمنگنات، سود، استون، متانول، سیکلوهگزان، اسید سولفوریک و آب یون زدوده بودند. کوکتیل مورد استفاده با مارک تجاری Ultima Gold مبتنی بر اتوکسیلیت-آلکیل فنول با حلال نفتالین، که فشار بخار خیلی پایین و نقطه اشتعال بالا دارد از شرکت PerKin Elmer تهیه گردید. برای نمونه برای نمونه در شکل 2 و 3 طیف فلورسانس اب سنگین با غنای 99/8% و طیف جذبی در ناحیه فرابنفش در نمونه تقطیر شده مشاهده میگردد.

3. محاسبات عددی و تجزیه و تحلیل داده ها

فعالیت تریتیوم، AC، برای هر یک از نمونه با استفاده از رابطه (1) محاسبه میگردد [12-13].

$$AC = \frac{R_a - R_b}{\epsilon \times F \times V \times e^{-\lambda t}} \quad (1)$$

که در این رابطه، R_a آهنگ شمارش (cps^{14}) برای هر نمونه آب سنگین، R_b آهنگ شمارش (cps) نمونه شاهد یا بلانک (مقدار تریتیوم در آن ناچیز می باشد)، t به ترتیب ثابت واپاشی تریتیوم و مدت زمان تا اندازه گیری (بر حسب روز) است و V ، حجم نمونه (بر حسب میلی لیتر) می باشد. برای

شده برداشته و 0/5 گرم سود (NaOH) به خاطر تشکیل هیدروکسیدهای فلزی نظیر CaOH، MgOH و... که رسوب می‌گردند اضافه گردید. این عمل در ضمن مانع خروج ایزوتوپ های هیدروژن بصورت گاز شده و رادیو ایزوتوپ های دیگر، مثل ید و کربن را از بین می‌برد. به منظور تخریب مولکول های آلی 0/1 گرم پرمنگنات پتاسیم (KMnO_4) به علت اینکه اکسنده قوی است اضافه کرده و به مدت 20 دقیقه با همزن، مخلوط می شود. 10ml سیکلوهگزان (عامل ایجاد آزتروپ در آب) به آن اضافه گردیده و سپس در دمای 75 درجه سانتیگراد تقطیر میشود تا نمونه در مخزن آزتروپ جمع شود. شماتیکی از دستگاه تقطیر ازوتروپ در شکل 2. نمایش داده شده است. از نمونه آب تقطیر شده، 20 ml بر داشته و در دمای اتاق خنک میگردد. 10 ml از آن را بر داشته و داخل Vial (ظرف) ریخته و با 10 ml کوکتیل Ultima Gold مخلوط نموده و به مدت 15 دقیقه به شدت تکان داده میشود. به منظور حد اکثر کردن راندمان انتقال انرژی از رادیو اکتیو گسیلنده بتا به حلال و سپس فلورفور (عامل ایجاد فلورسانس) به مدت یک ساعت در یخچال قرار داده میشود. در نهایت از هر نمونه به مدت 120 دقیقه، با شمارنده سوسوزن مایع (LSC) طیف نگاری انجام و سطح خالص زیر پیک تعیین گردید. طیف ها توسط دو دستگاه شمارنده سوسوزن مایع (LSC) با نام تجاری مالیسا استار کانتر¹² ساخت شرکت مالیسا مدل ST003-2 که در یک حفاظ سربی به ضخامت 10 cm قرار داشتند و به طور همزمان آشکار سازی فوتون را انجام می دادند، ثبت شد. برای اطمینان از عدم حضور ناخالصی های آلی و معدنی در نمونه ها که موجب خاموش سازی می شوند، بعد از اینکه تمام نمونه های آب سنگین تقطیر شدند و در مخزن آزتروپ جمع شدند،

13- Luminescence Spectrophotometer

14 - Count per second

12 - Malisa Star Counter

تعیین عدم قطعیت $u_{CC}(AC)$ غلظت تریتیوم از رابطه (2) استفاده میگردد.

شکل 4. طیف جذبی در ناحیه ماوراء بنفش - مرئی، نمونه تقطیر شده

$$u_{CC}(AC) = \frac{\sqrt{\frac{R_a}{t_a} + \frac{R_b}{t_b}}}{\epsilon \times F \times V \times e^{-\lambda t}} \quad (2)$$

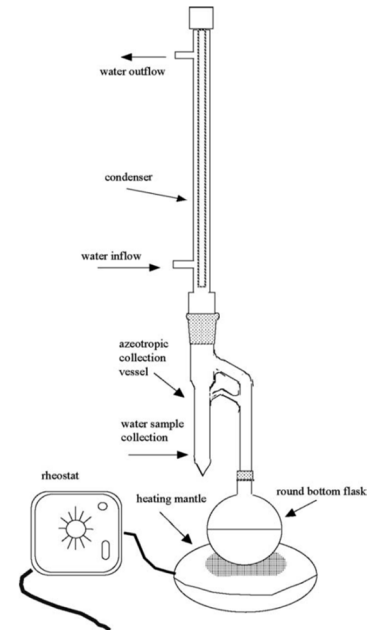
در رابطه فوق، t_a زمان اندازه گیری هر نمونه آب سنگین و t_b زمان اندازه گیری نمونه شاهد یا بلانک بر حسب ثانیه می باشند. به منظور محاسبه پارامترهای راندمان شمارش ϵ و فاکتور تصحیح بازده (F) در روابط فوق و عدم قطعیت آنها روابط (3) و (4) میبایست لحاظ گردد.

$$\epsilon = \frac{R_{DWTS} - R_b}{A_{DWTS}} \quad (3)$$

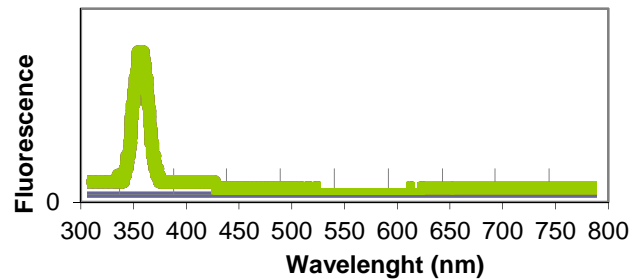
که R_{DWTS} ، آهنگ شمارش (cps) نمونه استاندارد تریتیوم تقطیر شده بر حسب (S^{-1}) ، A_{DWTS} فعالیت نمونه استاندارد تریتیوم تقطیر شده بر حسب Bq، t_{DWTS} زمان اندازه گیری نمونه استاندارد تریتیوم تقطیر شده بر حسب (s)، $u(A_{DWTS})$ عدم قطعیت فعالیت نمونه استاندارد تریتیوم تقطیر شده بر حسب Bq می باشند. مقادیر راندمان شمارش و عدم قطعیت آن مطابق روابط فوق به ترتیب برابر $2/107$ و $0/003$ محاسبه شدند [12]. فاکتور تصحیح بازده (F) از رابطه (5) بدست می آید:

$$F = \frac{R_{DWTS} - R_b}{\epsilon \times A_{RWTS}} \quad (5)$$

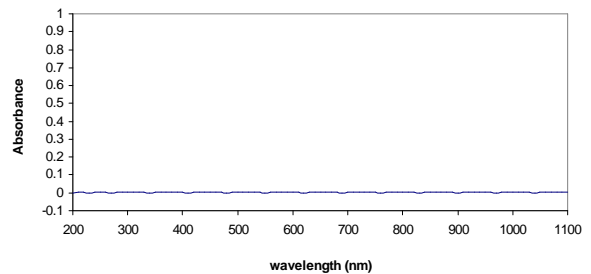
که در این رابطه، A_{RWTS} فعالیت نمونه استاندارد تریتیوم قبل از تقطیر بر حسب Bq می باشد [14]. با توجه به محاسبات صورت گرفته، مقدار فاکتور تصحیح برابر $0/986$ شد.



شکل 2. شماتیکی از سیستم تقطیر آزتروپ



شکل 3. طیف فلوئورسانسی در ناحیه مرئی نمونه آب سنگین با درجه خلوص 99.8%



4. نتایج و بحث

به منظور تشخیص کفایت فرآیند تمیز سازی، از نمونه با درجه خلوص 99.80% طیف جذبی و فلورسانسی گرفته شد. طیف فلورسانسی با طول موج تحریکی 250nm در گستره طول موج های 400nm تا 800 nm ثبت شد. نتیجه لومینسانس در نمونه با درجه غنای 99/80% در شکل 3 نمایش داده شده است. همان طوریکه در شکل 4 مشاهده میشود لومینسانس بعد از تقطیر و تمیز سازی تقریباً صفر است، بنابراین تقطیر آزتروپ منجر به حذف تمام مواد مزاحم در آنالیز تریتیوم گردیده است نتایج فعالیت ویژه تریتیوم و محاسبه MDA به ترتیب در جداول 1 و 2 ارائه شده است. شکل 5 روند خطی از تغییرات مقدار T₂O در فرایند تولید آب سنگین را نشان میدهد. داده ها موبداین مطلب است که در طول فرایند غنی سازی آب سنگین مقدار T₂O نیز افزایش پیدا میکند.

جدول 2. مقادیر محاسبه شده کمترین فعالیت قابل اندازه گیری

تریتیوم (MDA)	
MDA (Bq/ml)	درصد غنای آب سنگین (%)
	چشمه استاندارد تریتیوم در آب
0/0122	0/35
0/0014	13/50
0/0022	35/20
0/0029	56/16
0/0029	58/20
0/0032	77/50
0/0029	99/80

1.3. کمترین فعالیت قابل اندازه گیری تریتیوم (MDA¹⁵)

معمولاً به منظور تمیز دادن اندازه گیری از پس زمینه استفاده می شود که به کمک رابطه (6) تعیین می شود [15].

$$MDA = \frac{2.71 + 3.29 \sqrt{R_b \times t_a \times \left(1 + \frac{t_a}{t_b}\right)}}{\epsilon \times t_a \times F \times V \times e^{-\lambda t}} \quad (6)$$

که در رابطه بالا، پارامترها قبلاً تعریف شده اند.

2.3. ضریب شایستگی

یکی از مهمترین ارقام شایستگی روش اندازه گیری تریتیوم (FOM¹⁶) می باشد که به طور مرسوم نشان دهنده برتری نسبت سیگنال به نویز است، که این این پارامتر توسط رابطه (7) محاسبه می شود. در این تحقیق نتایج محاسبات انجام شده در مورد ضریب شایستگی به مقدار 3/29 منتهی شد [17-16].

جدول 1. نتایج اندازه گیری فعالیت ویژه تریتیوم در آب سنگین

Ucc (TU)	TU	Ucc(AC) 1000×	AC(Bq/l)	D ₂ O (%)
21/19	14077/55	88/36	1661/15	Tritium standard water (DWS)
6/78	14/86	4/66	1/75	0/35
7/63	23/81	4/69	2/81	13/50
7/63	30/99	4/73	3/66	35/20
7/63	38/32	4/77	4/52	56/16
7/63	42/18	4/79	4/98	58/20
8/47	52/19	4/84	6/16	77/50
7/63	44/59	4/80	5/26	99/80

$$FOM = \frac{\epsilon^2}{R_b} \quad (7)$$

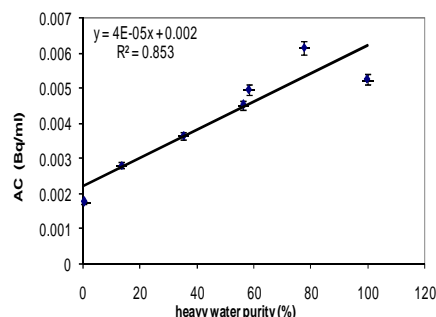
15 - Minimum Detectable Activity

16 - Figure Of Merit

- [2] L.L. Lucas, M.P. Unterweger, Comprehensive Review and Critical Evaluation of the Half-Life of Tritium, *J. of Res. of the NIST*, 105 (4), 541, 2000
- [3] E.L. Fireman, J. Defelice, and D.Tilles, Solar flare tritium in a recovered satellite, *Phys. Rev.* 123, 135-141, 1961
- [4] A. Nir, S.T. Kruger, R.E. Lingenfelter, and E.J. Flamm, Natural tritium, *Rev. Geophys.*, 4 (4), 441, 1966
- [5] R.C. Thompson and J.E. Ballou, Studies of metabolic turnover with tritium as a tracer: IV Metabolically inert liquid and protein fractions from the rat, *J. Biol. Chem.*, 208-228, 1954
- [6] Glasstone and Sesonske, Nuclear Reactor Engineering, 3rd Edition, Van Nostrand Reinhold, New York, 1981
- [7] National Council on Radiation Protection and measurements, Tritium in the environment, recommendations of NCRP, report no.62, NCRP, Bethesda, MD, 1979
- [8] Dyadin, Yu.V AND et al., Measurement of tritium concentration in heavy- water reactor, *Trans. Atomnaya Energiya*, 47(5), 321-323, 1979
- [9] *Radioactive Effluent and Environmental Reports*, <http://www.nrc.gov/reactors/operating/opsexperience/tritium/plant-info.html>.
- [10] T. Harold, B. Peterson and A. David, tritium production, releases and population doses of nuclear power reactors, *Fusion Technology* 8(2), 2544-2550, 1985
- [11] NAS-NRC, Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, BEIR VII-Phase2, national research Council of the national academies, 2006.
- [12] A. Makhijani, the Use of Reference Man in Radiation Protection Standards and Guidance with Recommendations for Change, *Science for Democratic Action*, 15(4), 2008
- [13] A. Moghissi, E.W. Bretthauer, and E.H. Compton, Separation of Water from Biological and Environmental Samples for Tritium Analysis, *Anal. Chem.*, 15, 45-65, 1973
- [14] Annual Book of ASTM Standards, Part 31, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pennsylvania. 1979
- [15] Hilmen Eva-Katrine, Separation of Azeotropic Mixtures, Tools for Analysis and Studies on Batch Distillation Operation, PHD thesis, *Norwegian University of Science and Technology*, 2000

متوسط مقدار فعالیت ویژه تریتیوم اندازه گیری شده در محصول نهایی مجتمع آب سنگین اراک، $5/26$ Bq/l بدست آمد که حدود 13 برابر بیشتر از مقدار آن در آب طبیعی می باشد. مقدار تریتیوم در آب طبیعی تقریباً $3/5$ TU است در حالی که، مقدار اندازه گیری شده فعالیت ویژه تریتیوم در این نمونه آب سنگین تقریباً 45 TU می باشد. از آنجایی که مطابق با ضوابط و مقررات $NIPDWR^{17}$ بیشترین میزان آلودگی مجاز تریتیوم در آب آشامیدنی، pCi/L 20000 است [16] و اینکه 1 TU معادل $3/23$ pCi/l هست، لذا، طبق نتایج حاصله، مقدار تریتیوم موجود در مجتمع آب سنگین اراک در حال حاضر کمتر از مقدار تعیین شده توسط $NIPDWR$ ، نظام ایمنی هسته ای آمریکا (NRC) و اتحادیه اروپا بوده و خطرات رادیولوژیکی برای محیط زیست ندارد.

در رآکتور های آب سنگین توجه به غلظت تریتیوم از اهم مسائل است به طوری که تغییر آن در طول بهره برداری رآکتور به عنوان سم رآکتور عمل می کند.



شکل 5. نمودار فعالیت ویژه تریتیوم در آب سنگین بر حسب غنای آب سنگین

مراجع:

- [1] ر. پورایمانی، ف. محمد امینی، بررسی روند تغلیظ اکسیژن 18 در جریان تولید آب سنگین، کنفرانس فیزیک ایران 1392 ص 1809-1812

17-National Interim Primary Drinking Water Regulations

[[17] EPA Drinking Water Regulations, *Federal Register*, 41(133), 9, Title 40, Part 141,1976

[16] Standard Methods for the Examination of Water and Waste water, 14th Edition *American Public Health Association*, Washington,1979

Investigation of T₂O production in heavy water enrichment process

R. Pourimani^{1*}, **M. Aghamohammadi**²

1. Assistant professor, Department of Physics, Faculty of Science, Arak University, Arak, Iran

2. MSc student, Department of Physics, Faculty of Science, Arak University, Arak, Iran

* Corresponding author's E-mail: r-pourimani@araku.ac.ir

(Received: 31/1/2015 - Accepted: 10/5/2015)

ABSTRACT

In this research, we investigated the concentration of tritiated water in heavy water enrichment in production process. For this purpose sampling were taken in different stage of heavy water enrichment process in Arak Heavy Water Plant. Tritium concentration was measured using Liquid Scintillation Counter (LSC) based on β -decay of tritium isotope. Azeotropic distillation was applied as a sample preparation method to clean up of samples before measurement of tritium concentration in heavy water. In the specific condition and special care out prepared different samples of heavy water. Tritium specific activity determined in heavy water enrichment 0.35%, 13.5%, 35.20%, 56.16%, 58.20%, 77.5% and 99.8%. The obtained specific activity varied from 14.86 ± 0.80 to 52.19 ± 1.01 TU in the samples. Coefficient correlation between tritium specific activity and enrichment degree of D₂O obtained 0.853. In the case of heavy water with 99.8% enrichment of D₂O a deviation was observed from direct line which cause to decrease of R²

Keywords: LSC, T₂O, Azeotropic distillation, heavy water