



۱۳۸۶ / ۷ / ۲۳

۲۹۸۲۱

دانشکده علوم پایه

گروه فیزیک

(گرایش فیزیک هسته ای)

بررسی میزان رادیوم- ^{226}Ra و سایر رادیونوکلیدهای
مطرح در چشمه های آب شمال البرز

از

صدیقه جوزائی

استاد راهنما

دکتر مسعود وهابی مقدم

استادان مشاور

مهندس سیما حافظی

مهندس علی عطاری لر

۱۳۸۶/۷/۲۳

مرداد ۱۳۸۶



۷۹۸۲۸

این پیشکش را به همه شما تقدیم می‌کنم

که آنچه می‌دانم به من آموخته‌اید.

تقدیر و تشکر

سپاس بیکران پروردگارم را که توانایی تفکر و یادگیری به من بخشید و صمیمانه ترین تشکرها تقدیم به پدر و مادر و خانواده عزیزم که در تمام مراحل، همراه و پشتیبان من بودند و تقدیر از تمام افرادی که فروغ وجودشان، مسیر را برای پیمودن هموار ساخت.

از آقای دکتر مسعود وهابی مقدم که مسئولیت راهنمایی این پروژه را به عهده داشتند، صمیمانه قدردانی می نمایم. همچنین از آقای دکتر عباس قاسمی زاد، مدیر محترم گروه فیزیک و دکتر علیرضا صدر ممتاز که مطالعه و داوری پایان نامه را عهده دار بودند و نیز تمامی اساتید محترم گروه فیزیک دانشکده علوم پایه گیلان بسیار متشکرم.

از همکاری صمیمانه سازمان آب منطقه ای استان گیلان بویژه آقای مهندس فاتحی که در شناسایی چشمه های آب منطقه یاری ام نمودند، سپاسگزارم.

از پرسنل محترم بخش رادیو اکولوژیک سازمان انرژی اتمی به ویژه خانم مهندس سیما حافظی و آقای مهندس علی عطاری لر که مشاورت این پروژه را به عهده گرفتند و نیز از آقای مهندس مرتضی علی آبادی و خانم سعیده حسینی که در پیشبرد این پروژه مساعدت داشتند، بسیار قدردانی می نمایم.

از آقای دکتر L. Kaihola از شرکت Perkin Elmer و خانم دکتر L. Salonen از کشور فنلاند و آقای دکتر M. Forte از کشور ایتالیا به سبب راهنمایی های بی دریغشان، صمیمانه سپاسگزارم.

در پایان از خانم ها فاطمه وهابی اصیل، رویا روحی و بهناز قنبرمقدم و تمامی دوستانم که در جریان این تحقیق با من همراهی نمودند، صمیمانه تشکر می نمایم و برای همه عزیزان، موفقیت آرزو مندم.

صدیقه جوزائی

مرداد ۱۳۸۶

۱	مقدمه
۳	فصل اول: چشمه های آب
۳	۱-۱- تشکیل چشمه ها
۴	۲-۱- انواع چشمه ها
۶	۳-۱- چشمه های آب گرم
۸	۴-۱- چشمه های آب معدنی
۹	۵-۱- خواص فیزیکی و شیمیایی آب های معدنی
۹	۱-۵-۱- درجه حرارت
۱۰	۲-۵-۱- مواد شیمیایی
۱۰	۶-۱- دسته بندی آب های معدنی
۱۰	۱-۶-۱- آب های معدنی بیکربناته
۱۱	۲-۶-۱- آب های معدنی گوگردی
۱۱	۳-۶-۱- آب های معدنی کلروره
۱۲	۴-۶-۱- آب های معدنی آهن دار
۱۲	۵-۶-۱- آب های معدنی پرتوزا
۱۴	فصل دوم: رادیونوکلید ها در محیط
۱۴	۱-۲- پرتوزایی طبیعی
۲۱	۲-۲- پرتوزایی مصنوعی
۲۲	۳-۲- پرتوزایی در چشمه های آب
۲۴	فصل سوم: رادیونوکلید های مطرح در آب
۲۵	۱-۳- آیین نامه ها و استانداردهای آب آشامیدنی
۲۶	۱-۱-۳- رادیوم
۳۲	۲-۱-۳- رادون
۳۵	۳-۱-۳- اورانیوم
۳۸	فصل چهارم: روش های اندازه گیری رادیونوکلید ها در آب
۳۸	۱-۴- شیوه نمونه برداری
۳۹	۲-۴- روش اسپکترومتري گاما
۳۹	۱-۲-۴- آشکار ساز های نیمه هادی
۴۱	۳-۴- سنجش رادون-۲۲۲
۴۱	۱-۳-۴- روش اسپکترومتري گاما
۴۲	۲-۳-۴- روش آزاد سازی گاز رادون
۴۳	۳-۳-۴- روش شمارنده ستیلاسیون مایع
۴۳	۱-۳-۳-۴- ساختار ستیلاتور های آلی
۴۴	۲-۳-۳-۴- فرایند ستیلاسیون در ستیلاتور مایع

۴۵	اجزا دستگاه شمارنده سنتیلاسیون مایع ۳-۳-۳-۴
۴۸	اندازه گیری گاز رادون در آب به روش شمارنده سنتیلاسیون مایع ۴-۳-۳-۴
۴۹	سنجش آلفا و بتا کل ۴-۴
۵۰	روش EPA 900 ۱-۴-۴
۵۰	آشکار ساز های گازی ۱-۱-۴-۴
۵۲	روش ISO ۲-۴-۴
۵۲	روش شمارنده سنتیلاسیون مایع ۳-۴-۴
۵۳	سنجش رادیوم-۲۲۶ ۵-۴
۵۳	روش آزاد سازی گاز رادون ۱-۵-۴
۵۴	روش شمارنده سنتیلاسیون مایع ۲-۵-۴
۵۴	سنجش اورانیوم ۶-۴
۵۵	روش فلوریمتری لیزری ۱-۶-۴
۵۶	روش اسپکترومتری آلفا برای اندازه گیری ایزوتوی اورانیوم ۲-۶-۴
۵۷	روش شمارنده سنتیلاسیون مایع ۳-۶-۴
۵۸	فصل پنجم: جغرافیای منطقه مورد مطالعه
۵۸	مسیر های نمونه گیری ۱-۵
۶۲	فصل ششم: روش های تجربی
۶۷	سنجش ^{222}Rn ۱-۶
۶۷	نمونه گیری آب برای آنالیز رادون ۱-۱-۶
۷۰	شمارش نمونه ها ۲-۱-۶
۷۱	کالیبراسیون انرژی سیستم شمارنده سنتیلاسیون مایع ۳-۱-۶
۷۲	تعیین اکتیویته ^{222}Rn در نمونه آب ۴-۱-۶
۷۲	کمترین سطح پرتو زایی قابل آشکار سازی ۵-۱-۶
۷۳	خطای آماری شمارش نمونه ۶-۱-۶
۷۴	سنجش آلفا و بتا کل ۲-۶
۷۴	آماده سازی و شمارش نمونه ها به روش EPA 900 ۱-۲-۶
۷۶	تعیین اکتیویته آلفا و بتا کل در نمونه آب ۱-۱-۲-۶
۷۶	آماده سازی و شمارش نمونه ها به روش شمارنده سنتیلاسیون مایع ۲-۲-۶
۷۷	کالیبراسیون انرژی سیستم شمارنده سنتیلاسیون مایع ۱-۲-۲-۶
۷۸	تعیین اکتیویته آلفا و بتا کل در نمونه آب ۲-۲-۲-۶
۷۹	سنجش ^{226}Ra ۳-۶
۷۹	آماده سازی و شمارش نمونه ها به روش آزاد سازی گاز رادون ۱-۳-۶
۸۰	تعیین اکتیویته ^{226}Ra در نمونه آب ۱-۱-۳-۶
۸۲	آماده سازی و شمارش نمونه ها به روش شمارنده سنتیلاسیون مایع ۲-۳-۶
۸۲	تعیین اکتیویته ^{226}Ra در نمونه آب ۱-۲-۳-۶

۸۳	۴-۶- سنجش U_{tot}
۸۳	۶-۴-۱- آماده سازی و شمارش نمونه ها به روش فلوریمتری لیزری
۸۴	۶-۴-۱-۱- تعیین جرمی U_{tot} در نمونه آب
۸۵	۶-۴-۲- آماده سازی و شمارش نمونه ها به روش شمارنده سنتیلاسیون مایع
۸۵	۶-۴-۲-۱- کالیبراسیون انرژی سیستم LSC
۸۷	۶-۴-۲-۲- تعیین اکتیویته U_{tot} در نمونه آب
۸۸	فصل هفتم: یافته ها و نتایج
۸۸	۷-۱- نتایج اندازه گیری ^{222}Rn
۹۲	۷-۲- نتایج اندازه گیری آلفا و بتا کل
۹۲	۷-۲-۱- نتایج اندازه گیری آلفا و بتا کل به روش شمارنده سنتیلاسیون مایع
۹۶	۷-۲-۲- نتایج اندازه گیری آلفا و بتای کل به روش EPA 900
۱۰۰	۷-۳- نتایج اندازه گیری ^{226}Ra
۱۰۰	۷-۳-۱- نتایج اندازه گیری ^{226}Ra به روش شمارنده سنتیلاسیون مایع
۱۰۳	۷-۳-۲- نتایج اندازه گیری ^{226}Ra به روش آزاد سازی گاز رادون
۱۰۵	۷-۴- نتایج اندازه گیری U_{tot}
۱۰۵	۷-۴-۱- نتایج اندازه گیری U_{tot} به روش شمارنده سنتیلاسیون مایع
۱۰۸	۷-۴-۲- نتایج اندازه گیری U_{tot} به روش فلوریمتری لیزری
۱۱۸	۷-۵- پیشنهادات
۱۱۹	منابع و مراجع

۱۵	جدول ۱-۲: رادیونوکلید های منفرد طبیعی با منشأ زمینی
۱۸	جدول ۲-۲: هسته های سری توریم
۱۹	جدول ۳-۲: هسته های سری اورانیوم
۱۹	جدول ۴-۲: هسته های سری اکتینوم
۲۰	جدول ۵-۲: رادیونوکلید های منفرد طبیعی ناشی از پرتوهای کیهانی
۲۷	جدول ۱-۳: استانداردها و آیین نامه نهایی آلاینده های پرتوزا در آب آشامیدنی
۳۶	جدول ۲-۳: مشخصات ایزوتوپ های اورانیوم
۶۰	جدول ۱-۵: لیست چشمه های نمونه گیری شده و برخی از ویژگی های آن ها
۸۸	جدول ۱-۷: پارامتر های مورد استفاده در دستگاه شمارنده ستیلاسیون مایع برای آنالیز ^{222}Rn
۸۹	جدول ۲-۷: غلظت ^{222}Rn در نمونه آب چشمه های مورد مطالعه منطقه شمال البرز بر حسب (Bq/l)
۹۱	جدول ۳-۷: نتایج بدست آمده از آنالیز رادون در ویال های از جنس مختلف
۹۲	جدول ۴-۷: پارامتر های مورد استفاده در دستگاه شمارنده ستیلاسیون مایع برای آنالیز آلفا و بتا کل
۹۳	جدول ۵-۷: غلظت آلفا و بتا کل در نمونه آب چشمه های مورد مطالعه به روش LSC بر حسب (mBq/l)
۹۶	جدول ۶-۷: برخی از پارامتر های مورد استفاده در سیستم شمارنده تناسبی
۹۷	جدول ۷-۷: غلظت آلفا و بتا کل در نمونه آب چشمه های مورد مطالعه به روش EPA 900 بر حسب (mBq/l)
۱۰۰	جدول ۸-۷: پارامتر های مورد استفاده در دستگاه شمارنده ستیلاسیون مایع برای آنالیز ^{226}Ra
۱۰۱	جدول ۹-۷: غلظت ^{226}Ra در نمونه آب چشمه های مورد مطالعه به روش LSC بر حسب (mBq/l)
۱۰۳	جدول ۱۰-۷: پارامتر های مورد استفاده در روش آزادسازی گاز رادون برای آنالیز ^{226}Ra
۱۰۳	جدول ۱۱-۷: غلظت ^{226}Ra در نمونه آب چشمه های مورد مطالعه به روش آزادسازی گاز رادون بر حسب (mBq/l)
۱۰۵	جدول ۱۲-۷: پارامتر های مورد استفاده در دستگاه شمارنده ستیلاسیون مایع برای آنالیز U_{tot}
۱۰۶	جدول ۱۳-۷: غلظت اورانیوم کل در نمونه آب چشمه های مورد مطالعه به روش LSC بر حسب (mBq/l)
۱۰۸	جدول ۱۴-۷: پارامتر های مورد استفاده در روش فلوریمتری لیزری برای آنالیز U_{tot}
۱۰۸	جدول ۱۵-۷: موجودی U_{tot} در نمونه آب چشمه های مورد مطالعه به روش فلوریمتری لیزری بر حسب ($\mu\text{g/l}$)
۱۱۱	جدول ۱۶-۷: نتایج بدست آمده از آنالیز رادیونوکلیدهای مطرح در چشمه های آب مورد مطالعه در منطقه شمال البرز

۳	شکل ۱-۱: نمایی از یک چشمه آب زیرزمینی
۵	شکل ۲-۱: چشمه جزیان یافته از شکاف صخره ها در کشور روسیه
۵	شکل ۳-۱: آبفشانی در پارک ملی Yellowstone آمریکا
۶	شکل ۴-۱: نحوه شکل گیری چشمه های آب گرم
۷	شکل ۵-۱: رسوبات سفید رنگ کربنات کلسیم شکل گرفته از چشمه آهکی در پارک ملی Yellowstone آمریکا
۱۶	شکل ۱-۲: اکتیویته هسته های مادر و دختر در تعادل دیرپا
۱۷	شکل ۲-۲: اکتیویته هسته های مادر و دختر در تعادل گذرا
۲۲	شکل ۳-۲: چشمه های پرتوگیری تابشی
۲۳	شکل ۴-۲: استفاده مردم از مناطق با پرتو زایی طبیعی بالا
۲۸	شکل ۱-۳: بررسی میزان اکتیویته آلفا کل در آب آشامیدنی
۲۹	شکل ۲-۳: زنجیره واپاشی ^{238}U
۳۰	شکل ۳-۳: زنجیره واپاشی ^{232}Th
۳۴	شکل ۴-۳: نمودار ضریب انحلال پذیری رادون بصورت تابعی از دمای آب
۳۵	شکل ۵-۳: آسیب ژنتیکی رادون به ریه ها
۴۰	شکل ۱-۴: یک پیوند p-n با پیش ولت وارون که به عنوان یک آشکارساز عمل می کند
۴۲	شکل ۲-۴: نمایی از آشکارساز HpGe و خنک کننده
۴۲	شکل ۳-۴: نحوه قرار گرفتن مارینلی روی آشکارساز HpGe
۴۳	شکل ۴-۴: ساختار مولکولی تولوین و آنتراسین
۴۵	شکل ۵-۴: فرآیند سنتیلاسیون در سنتیلاتور مایع
۴۶	شکل ۶-۴: اجزاء یک دستگاه شمارنده سنتیلاسیون مدل Quantulus 1220
۴۷	شکل ۷-۴: ویال های شیشه ای، پلی اتیلنی و تفلونی
۴۸	شکل ۸-۴: نمونه ای از ترکیب همگن و دو فاز ایجاد شده برای نمونه های آب به کمک مایع سنتیلاسیون
۴۹	شکل ۹-۴: روش گزینشی آنالیز رادیونوکلیدها در آب آشامیدنی
۵۱	شکل ۱۰-۴: رابطه بین ولتاژ اعمال شده بر شمارنده و بار جمع آوری شده برای سه نوع ذره مختلف
۵۶	شکل ۱۱-۴: شدت و طول موج فلورسانس حاصل از اورانیوم و ماده آلی
۵۹	شکل ۱-۵: جغرافیای مناطق نمونه برداری شده
۶۲	شکل ۲-۵: چشمه های مسیر (۱) مربوط به منطقه ماسال
۶۳	شکل ۳-۵: چشمه های مسیر (۲)، سیاهکل - دیلمان
۶۵	شکل ۴-۵: چشمه های مسیر (۳)، رحیم آباد - گرمابدهشت
۶۹	شکل ۱-۶: مراحل نمونه گیری آب برای آنالیز رادون
۷۰	شکل ۲-۶: نحوه قرار گرفتن ویال های محتوی نمونه های آماده شده در سینی دستگاه شمارنده سنتیلاسیون مایع

- شکل ۳-۶: طیف مربوط به نمونه استاندارد آماده شده برای آنالیز ^{222}Rn ۷۱
- شکل ۴-۶: نمایی از آماده سازی نمونه برای اندازه گیری آلفا و بتا کل در زیر لامپ مادون قرمز ۷۵
- شکل ۵-۶: صفحه های فولادی آماده شده پس از شکل گیری رسوب ۷۵
- شکل ۶-۶: تغلیظ نمونه های آب بر روی حمام شنی ۷۷
- شکل ۷-۶: سیستم آزاد سازی گاز رادون و اجزای آن ۸۱
- شکل ۸-۶: سیستم شمارنده مدل SAC-R5 و سلول لوکاس ۸۱
- شکل ۹-۶: دستگاه فلوریمتری لیزری مدل UA-3 ۸۴
- شکل ۱۰-۶: نگهداری نمونه های آماده شده در قیف های جدا کننده به منظور دو فاز شدن برای آنالیز U_{tot} ۸۶
- شکل ۱۱-۶: انتقال فاز مایع ستیلاسیون استخراجی به ویال ۸۶
- شکل ۱-۷: نمودار ستونی غلظت ^{222}Rn در نمونه آب چشمه های مورد مطالعه ۹۰
- شکل ۲-۷: نمودار فراوانی موجودی ^{222}Rn در چشمه های آب مورد مطالعه شمال البرز ۹۰
- شکل ۳-۷: نمودار ستونی موجودی آلفا کل نمونه آب چشمه های مورد مطالعه ۹۴
- شکل ۴-۷: نمودار ستونی موجودی بتا کل نمونه آب چشمه های مورد مطالعه ۹۴
- شکل ۵-۷: نمودار فراوانی موجودی آلفا کل در چشمه های آب مورد مطالعه شمال البرز ۹۵
- شکل ۶-۷: نمودار فراوانی موجودی بتا کل در چشمه های آب مورد مطالعه شمال البرز ۹۵
- شکل ۷-۷: مقایسه نتایج بدست آمده موجودی آلفا کل نمونه ها به دو روش EPA 900 و LSC ۹۸
- شکل ۸-۷: مقایسه نتایج بدست آمده موجودی بتا کل نمونه ها به دو روش EPA 900 و LSC ۹۸
- شکل ۹-۷: مقایسه نتایج بدست آمده موجودی آلفا و بتا کل نمونه ها به دو روش EPA 900 و LSC ۹۹
- شکل ۱۰-۷: نمودار ستونی غلظت ^{226}Ra در نمونه آب چشمه های مورد مطالعه ۱۰۲
- شکل ۱۱-۷: نمودار فراوانی موجودی ^{226}Ra در چشمه های آب مورد مطالعه شمال البرز ۱۰۲
- شکل ۱۲-۷: مقایسه نتایج بدست آمده غلظت ^{226}Ra نمونه ها به دو روش LSC و Emanation ۱۰۴
- شکل ۱۳-۷: نمودار ستونی موجودی اورانیوم کل نمونه آب چشمه های مورد مطالعه ۱۰۷
- شکل ۱۴-۷: نمودار فراوانی موجودی U_{tot} در چشمه های آب مورد مطالعه شمال البرز ۱۰۷
- شکل ۱۵-۷: مقایسه نتایج بدست آمده موجودی U_{tot} نمونه ها به دو روش فلوریمتری لیزری و LSC ۱۰۹
- شکل ۱۶-۷: نمودارهای دایره ای نتایج بدست آمده از چشمه های مورد مطالعه در مناطق نمونه برداری شده ۱۱۳
- شکل ۱۷-۷: ساختار زمین شناسی منطقه ماسال ۱۱۵
- شکل ۱۸-۷: ساختار زمین شناسی منطقه سیاهکل - دیلمان ۱۱۶
- شکل ۱۹-۷: ساختار زمین شناسی منطقه رحیم آباد - گرمابدشت ۱۱۷

بررسی میزان رادیوم-۲۲۶ (^{226}Ra) و سایر رادیونوکلیدهای مطرح در چشمه های آب شمال البرز
صدیقه جوزانی

آب یکی از مهمترین منابع محیط زیست می باشد. بنابراین بررسی میزان موجودی آلاینده های مختلف در آن، همواره توسط سازمان های بین المللی از جمله سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان های ملی همچون سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) صورت می گیرد. مواد پرتوزای طبیعی و مصنوعی، از دسته آلاینده هایی هستند که در منابع آبی یافت می شوند. از اینرو تعیین موجودی مواد پرتوزا، بویژه رادیونوکلیدهایی که بیشتر موجب پرتوگیری انسان از مصرف آب می شوند از اهمیت ویژه ای برخوردار است. تعیین میزان آلفا و بتا کل و موجودی ^{226}Ra ، ^{222}Rn و ایزوتوپ های اورانیوم طبیعی، از مطرح ترین سنجش هایی است که در مورد نمونه های آب انجام می شود.

در این پروژه، ۲۷ نمونه از چشمه های آب گرم و معدنی شمال البرز تهیه شده و توسط تکنیک شمارنده سنتیلاسیون مایع، تحت آنالیز قرار گرفته اند. بررسی موجودی رادیونوکلیدها در تعدادی از نمونه ها توسط روش های قدیمی و متداول نیز صورت گرفته و مقایسه بین نتایج بدست آمده از این روش ها، توافق و هماهنگی خوبی را نشان داده است.

مقادیر بدست آمده برای میزان اکتیویته ^{226}Ra و ^{222}Rn به ترتیب در دامنه کمتر از 0.548 Bq/l تا $53/83 \text{ Bq/l}$ و کمتر از $13/73 \text{ mBq/l}$ تا $297/21 \text{ mBq/l}$ قرار دارند. موجودی آلفا و بتا و همچنین اورانیوم کل نمونه های تهیه شده نیز به ترتیب در دامنه $15/94 \text{ mBq/l}$ تا $1050/60 \text{ mBq/l}$ ، کمتر از $22/26 \text{ mBq/l}$ تا $630/34 \text{ mBq/l}$ و $2/98 \text{ mBq/l}$ تا $66/08 \text{ mBq/l}$ می باشند.

علاوه بر ارزش ذاتی اندازه گیری موجودی این رادیونوکلیدها در چشمه های مورد مطالعه، تکنیک جدید و نسبتاً ساده شمارنده سنتیلاسیون مایع برای آنالیز های گسترده نمونه های محیطی، مورد استفاده قرار گرفت و برای نخستین بار در کشور، سنجش اورانیوم کل در نمونه های آب به کمک این روش انجام شد.

واژه های کلیدی: رادیونوکلید های موجود در آب؛ رادیوم-۲۲۶؛ رادون-۲۲۲؛ شمارنده سنتیلاسیون مایع؛ چشمه های آب؛ منطقه شمال البرز

از حجم کل آب های موجود در کره زمین، ۹۷٪ آن در دریاها و اقیانوس ها و ۲٪ آن بصورت یخ در قطب ها متمرکز است و از یک درصد باقیمانده، مقدار قابل توجهی در زیر زمین و در اعماق می باشد. موجودی آب کره زمین پس از تغییرات مختلف همواره به چرخه آب باز می گردد.

آب یکی از مهمترین منابع محیط زیست می باشد و نقش مهمی در حفظ سلامت انسان دارد. از اینرو بررسی آن از نظر موجودی آلاینده های متعدد از جمله مواد پرتوزای طبیعی و مصنوعی از اهمیت خاصی برخوردار است. فرسایش زمین، انحلال ترکیبات معدنی و مواد آلی ناشی از تجزیه گیاهان و تخلیه فاضلاب ها سبب شده است تا منابع آبی به درجات مختلف به آلاینده های متعدد معدنی، آلی و میکروبی آلوده گردند. همچنین وجود رگه های اورانیوم، توریوم و دختران آن ها در لایه های زیر زمینی و انحلال برخی از ترکیبات آن ها در آب می تواند آلودگی آب های زیرزمینی را به مواد پرتوزای طبیعی موجب گردد. بعلاوه ریزش رادیونوکلید های دارای منشا کیهانی نظیر ^3H و ^{14}C نیز سبب آلودگی آب ها به مواد پرتوزای طبیعی می گردد. در اثر فعالیت های هسته ای نیز، مقادیری از مواد پرتوزای مصنوعی وارد محیط شده که نهشت آن ها بر روی آب و خاک می تواند سبب آلودگی آب ها به مواد پرتوزای مصنوعی شود. بنابراین سازمان های بین المللی و ملی کنترل کیفی آب به منظور بررسی میزان آلاینده ها در منابع آبی، استانداردهای متفاوتی برای رادیونوکلیدهای موجود در آب مطرح کرده اند. یکی از پارامتر های مورد توجه در کنترل کیفی آب، رعایت استانداردهای تعیین شده در رابطه با عناصر پرتوزای موجود در آن می باشد.

بدلیل آنکه منابع آبی بطور مستقیم و غیر مستقیم می تواند منجر به پرتوگیری انسان شود، از اینرو رادیونوکلید های مطرح در آب توسط سازمان های جهانی، آن هایی عنوان شده اند که خطرات بیشتری برای سلامت انسان به همراه دارند. ^{222}Rn ، ^{226}Ra و ایزوتوپ های اورانیوم طبیعی از مهمترین رادیونوکلید های مطرح در آب هستند. روش های متفاوتی برای سنجش این رادیونوکلید ها در آب وجود دارد اما بیشتر آن ها بدلیل مراحل آماده سازی طولانی، بسیار زمان بر می باشند. یکی از روش هایی که امروزه برای بسیاری از آنالیز ها مورد استفاده قرار می گیرد، تکنیک شمارنده ستیلاسیون مایع است. استفاده از این روش، آنالیز تعداد زیادی از نمونه ها را در مدت زمان بسیار کوتاه امکان پذیر می سازد. این تکنیک برای بیشتر آنالیز ها به مراحل آماده سازی نیاز نداشته و بررسی نمونه ها با حساسیت و دقت کافی صورت می گیرد. همچنین بدلیل بازده آشکار سازی نزدیک به ۱۰۰٪ برای ذرات آلفا و بازده متغیر از ۱۰۰-۲۰٪ برای ذرات بتا و امکان ثبت همزمان تابش آلفا و بتا در کانال های شمارش مجزا، استفاده از آن بطور گسترده ای افزایش یافته است.

این پایان نامه به تعیین موجودی رادیونوکلید های مطرح در ۲۷ نمونه آب چشمه های منطقه شمال البرز با استفاده از تکنیک شمارنده سستیلایسون مایع و مقایسه آن با روش های قدیمی رایج پرداخته است. برای این منظور، ابتدا چگونگی شکل گیری چشمه های آب و انواع مختلف آن مورد بحث قرار گرفته و سپس رادیونوکلید های موجود در محیط و مسئله پرتوزایی چشمه های آب بررسی گردیده است. پس از آن به رفتار محیطی رادیونوکلید هایی که در آب نقش مهم تری داشته و خطرات بیشتری را به همراه دارند، پرداخته شده است. سپس روش های متفاوت اندازه گیری رادیونوکلید های مطرح در نمونه های آب بطور اجمالی مورد بررسی قرار گرفته و به دنبال آن، روش های اجرایی کار تشریح و نتایج حاصل از آن گزارش شده است.

• فصل اول

چشمه های آب

هرگاه آب های زیرزمینی از راههای طبیعی به خارج راه پیدا کنند چشمه‌ها را تشکیل می‌دهند (شکل ۱-۱). بعضی از چشمه‌ها برای تمام سال و بعضی برای مدت کوتاه و یا بطور متناوب جاری هستند. مقدار آب چشمه‌ها بویژه آنهایی که در تمام طول سال جریان دارند، در فصول سال متغیر بوده و بستگی به آب و هوا و شرایط زمین شناسی ناحیه دارد. غالب چشمه‌ها دارای مواد معدنی محلول در آب بوده و این مواد پس از رسیدن به مظهر چشمه، در کناره های آن رسوب می‌کند. چشمه‌های آهکی و گوگردی در اطراف چشمه، رسوبی از این مواد را بر جا می‌گذارند.



شکل ۱-۱: نمایی از یک چشمه آب زیرزمینی. [http://almashriq.hiof.no]

۱-۱- تشکیل چشمه ها

معمولاً چشمه‌ها وقتی تشکیل می‌شوند که رسوبات نفوذپذیر مانند شن، ماسه و ماسه سنگ، روی رسوبات غیر قابل نفوذ قرار گرفته باشند. در این حالت، آب های زیرزمینی از محل هایی که دارای مقاومت کمتری می باشد مانند درز، شکاف و یا گسل ها خارج می‌شوند. البته نوع گسل و وضع زمین شناسی در تعیین این مسیر، اهمیت بسیاری دارد. اکثر چشمه‌ها در دامنه کوهها و یا در کف دره‌ها تشکیل می‌شوند. گاهی اوقات ممکن است چشمه‌هایی که دارای فشار خیلی زیادی هستند، در کف دریاها ظاهر شوند و قبل از اینکه آب این چشمه‌ها با آب شور دریا مخلوط شود، به سطح دریا برسد. بدین طریق یک محوطه آب شیرین در داخل آب دریا بوجود می‌آید؛ چنین چشمه هایی بسیار نادر می باشند.

۱-۲- انواع چشمه ها

چشمه‌ها انواع مختلفی دارند که آنها را بطور کلی می‌توان به سه دسته تقسیم کرد.

۱- چشمه‌هایی که در جهت امتداد دامنه کوه به طرف پایین جریان دارند و دارای انواع مختلفی هستند.

۱-۱- در نوع اول این چشمه‌ها که بیشتر از انواع دیگر دیده می‌شود، آب از طبقات سست رسوبی خارج می‌گردد. این

طبقات رسوبی ممکن است به صورت افقی یا دارای شیب کمی باشند.

۱-۲- نوع دیگر از این چشمه‌ها، چشمه‌های مطبق می‌باشد. در این حالت در فصل مشترک دو سری از طبقات نفوذپذیر،

چشمه‌های متعددی ظاهر می‌شوند.

۱-۳- چشمه‌هایی که در اثر زیاد شدن و یا بالا آمدن سطح آب، به خارج راه پیدا می‌کنند و بیشتر در محل‌هایی که

ناودیس شکل بوده و همچنین سنگهای زیرین، غیر قابل نفوذ باشند بوجود می‌آیند. در اینجا آب تا سطح ناودیس بالا آمده و سپس به صورت چشمه ظاهر می‌گردد.

۱-۴- چشمه‌هایی که در اثر وقوع گسل بوجود می‌آیند. در نتیجه وقوع گسل‌های عمودی و یا کمی زاویه‌دار که باعث

قرار گرفتن لایه‌های نفوذپذیر در مقابل لایه‌های نفوذ ناپذیر می‌شود، آب وارد گسل شده و از آن خارج می‌گردد.

۱-۵- چشمه‌هایی که از درزها و یا شکافها خارج می‌شوند. در سنگهای غیر قابل نفوذ که دارای شکاف می‌باشند، آب

از بین این شکافها عبور کرده و از یک نقطه به صورت چشمه ظاهر می‌گردد (شکل ۱-۲).

۲- چشمه‌هایی که در اثر فشار ایستایی (Hydrostatic) به طرف بالا حرکت می‌کنند، یعنی در حقیقت از نوع آرتریز می‌باشند.

۳- چشمه‌هایی که در آن‌ها آب به علت داشتن گاز، با سرعت و فشار زیاد به خارج فوران می‌کند مانند آیفشان‌ها (Geysers).

آیفشان‌ها، چشمه‌های آبگرمی هستند که از آنها (در فواصل زمانی معین) آب داغ همراه با بخار آب فوران می‌کند.

آیفشان‌ها بیشتر در مناطقی که به تازگی فعالیت آتشفشانی داشته‌اند، مشاهده می‌شوند و از جمله این مناطق می‌توان نواحی

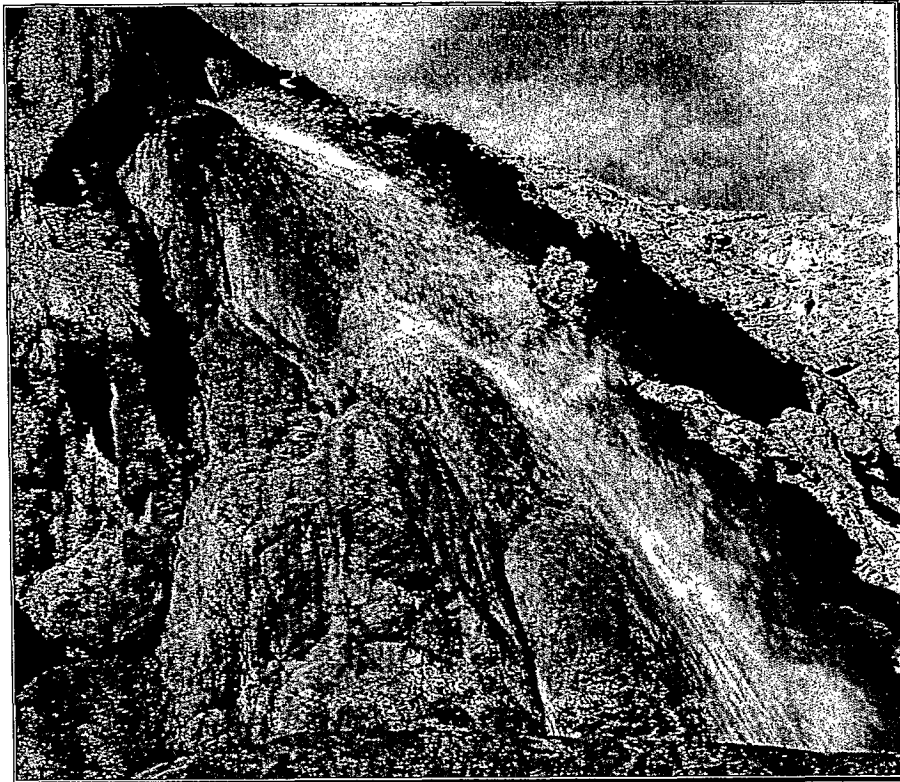
آتشفشانی ایسلند، ایتالیا و نیوزیلند را نام برد. درجه حرارت آب آیفشان‌ها در نواحی مختلف از ۸۰ تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد متغیر

است و ارتفاع فوران آب و بخار گاهی به ۵۰ متر نیز می‌رسد. مکانیسم آیفشان‌ها بدین ترتیب است که در اعماق زمین، مجاری و

منافذ از آب پر شده و درجه حرارت این آب‌ها تحت فشار موجود در حدود نقطه جوش آب می‌باشد. هنگامی که فشار به حد

معینی می‌رسد، آب از طریق منافذ به بالا حرکت کرده و بنابراین فشار کاهش می‌یابد و همین کاهش فشار باعث تبخیر مقدار

زیادی آب شده و در نتیجه فشار حاصله، آب داغ به بیرون فوران می‌کند (شکل ۱-۳) [http://irandoc.ir; Encarta, 2005].



شکل ۱-۲: چشمه جریان یافته از شکاف صخره ها در کشور روسیه.

[http://www_jordantc_com-p21_jpg.htm]



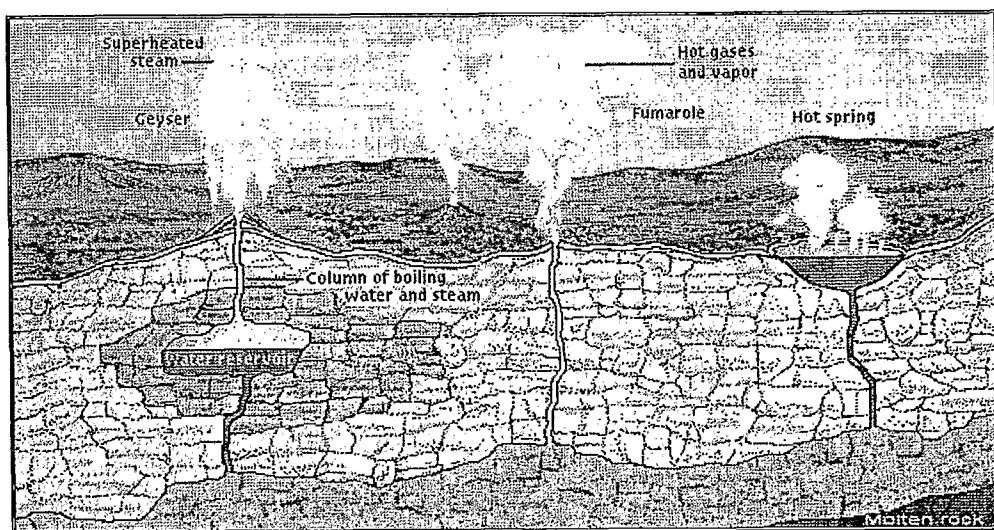
شکل ۱-۳: آبخشانی در پارک ملی Yellowstone آمریکا. [Encarta, 2005]

۳-۱- چشمه های آب گرم (Thermal Springs)

هنگامی که آب در طی مسیر های زیر زمینی در تماس با صخره های داغ قرار می گیرد، گرم شده و از اینرو زمانی که در بیرون از زمین روان می شود گرم می باشد. این چشمه ها که چشمه های آب گرم نامیده می شوند به تعداد زیاد در مناطق مختلف وجود دارند [http://www.4to40.com].

تعداد زیادی از چشمه های آب گرم با فعالیت های آتشفشانی ارتباط دارند و در بسیاری موارد، مقدار زیادی املاح و گازهای مختلف همراه با آب این چشمه ها به سطح زمین آورده می شود. درجه حرارت این چشمه ها متفاوت است و گاهی حوالی ۱۰۰ درجه سانتیگراد خواهد بود. برای آنکه یک چشمه بعنوان یک چشمه گرم طبقه بندی شود، باید حداقل در دمای 68°F (25°C) باشد. در نواحی آتشفشانی، افزایش حرارت نسبت به عمق از میزان متوسط آن زیادتر است و بنابراین عمق چشمه ها در این نواحی کمتر خواهد بود. چشمه های آب گرم تا مدتها بعد از فعالیت های آتشفشانی جریان دارند (شکل ۴-۱).

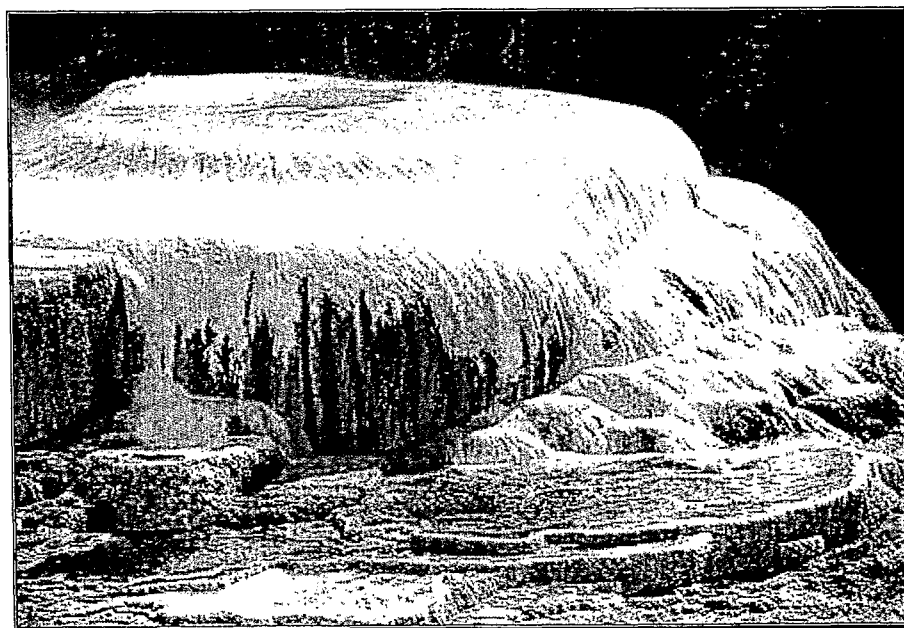
هنگامی که آب باران و برف آب شده به داخل زمین نفوذ کند، این آب توسط گرمای موجود در درون زمین گرم می شود. بدلیل آنکه آب داغ چگالی کمتری دارد، با فرونشست پیوسته آب سرد و سنگین به سطح رانده می شود. با پرشدن مجدد سالانه سیستم با آب سرد مربوط به رویداد های جوی، سیستم پیوسته ای ساخته می شود که جابجایی گرمایی (Hydrothermal convection) نامیده می شود. هنگامی که آب های بالارونده داغ، در امتداد گسل ها یا شکستگی ها در پوسته زمین جریان یابند و به سطح برسند، چشمه های آب گرم تشکیل می شوند [Detar, 2006].



شکل ۴-۱: نحوه شکل گیری چشمه های آب گرم. [Encarta, 2005]

در بعضی مناطق از جمله در زیر آتشفشان ها، گرمای زیر زمین نزدیکتر به سطح متمرکز می شود. منطقه دیگری که گرمای زمین می تواند به اندازه کافی نزدیک به سطح تمرکز یابد، مناطقی است که پوسته زمین منبسط شده و نسبت به وضعیت نرمال، نازکتر است [Detar, 2006].

خصوصیت جالب چشمه های گرم، ته نشینی مواد معدنی است که در بعضی از آن ها به شکل گیری صخره های تماشایی منجر می شود. مواد معدنی به آسانی در آب داغ حل می شوند. نوع مواد معدنی موجود، وابسته است به دمای آب و نوع صخره هایی که آب در طول مسیرش به سطح، از میان آن ها عبور کرده است. علت شکل گیری این صخره ها در چشمه های آب گرم کاملاً آشکار است. آب داغ، مواد معدنی از جمله کربنات کلسیم و سیلیکا (Silica) را در عمق در خود حل کرده و آن ها را به سطح منتقل می کند. در سطح بدلیل خنک شدن آب، توانایی لازم در نگهداشتن مواد معدنی در حالت محلول از دست می رود و دوباره این مواد ته نشین می گردند (شکل ۱-۵) [Detar, 2006].



شکل ۱-۵: رسوبات سفیدرنگ کربنات کلسیم شکل گرفته از چشمه آهکی در پارک ملی Yellowstone آمریکا.

[<http://www.ramindalili.blogfa.com>]

۱-۴- چشمه های آب معدنی

هنگامی که چشمه های آب در طی مسیرهای زیرزمینی از میان صخره های محتوی انواع مختلف مواد معدنی عبور می کنند، این مواد را جذب کرده و از اینرو آب این چشمه ها محتوی بعضی از انواع این مواد می باشد. هنگامی که میزان بالایی از مواد معدنی، در آب چشمه وجود داشته باشد آن را چشمه های معدنی می نامند [http://www.4to40.com].

در آب برخی چشمه ها، مواد شیمیایی و معدنی به مقادیر زیاد یافت می شوند و به آن ها خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه ای می بخشند. ولی وجود ترکیبات شیمیایی به مقادیر زیاد، به تنهایی مشخصه آب های معدنی نمی باشد زیرا چشمه هایی یافت می شوند که ترکیبات شیمیایی آن ها از آب آشامیدنی کمتر هستند ولی خواص فیزیکی، از جمله درجه حرارت آن ها به صورتی است که در زمره آب های معدنی قرار می گیرند. کنگره ژنو، آب های طبیعی را که به مناسبت داشتن خواص درمانی و بهداشتی خاص به مصرف می رسند، آب های معدنی نامیده است. این آب های معدنی، آب هایی هستند که در یک کیلوگرم آنها حداقل هزار میلی گرم نمک و یا ۲۵۰ میلی گرم انیدرید کربنیک آزاد موجود است. نام گذاری چشمه های آب گرم و آب معدنی به ترتیب از نظر فیزیکی و شیمیایی می باشد [جنیدی، ۱۳۴۸].

آب های معدنی ممکن است منشأ عمیق و یا سطحی داشته باشند. بطور کلی درباره منشأ این آب ها دو فرضیه وجود دارد. فرضیه اول، فرضیه خروجی و آتشفشانی است. بر طبق این نظریه، آب های معدنی از درون زمین منشأ می گیرند و نتیجه نوعی تقطیر سنگ های اولیه درونی زمین می باشند. در حقیقت آب های معدنی به موجب این نظریه، آب هایی هستند که در ساختمان سنگ های درونی زمین وجود داشته اند و در اثر حرارت مرکزی زمین از آن ها جدا شده و از شکاف ها و مجاری موجود بالا آمده و به سطح زمین رسیده اند. آزمایش نشان داده است که هر گاه تکه های سنگ های اولیه مانند گرانیت را در خلاء به حرارت بالایی برسانند، مقداری آب و گازهای گوناگون بویژه گاز کربنیک و هیدروژن آزاد می گردد و از هر کیلوگرم سنگ، ۱۰ تا ۱۶ گرم آب بدست می آید.

فرضیه دوم در حقیقت نظریه سطحی است و به موجب آن آب های سطحی به داخل زمین نفوذ می کنند و مخازن زیرزمینی را تشکیل می دهند و در اثر عبور از قشر های گوناگون، مواد مختلف مسیر و مخزن خود را حل می کنند و سپس از شکاف های طبیعی زمین خارج می شوند. درجه حرارت این آب ها به عمق مخزن، و مواد معدنی آن ها به ساختمان مسیری که طی می کنند بستگی دارد و میزان حرارت این آب ها، بندرت از ۳۵ درجه بیشتر است [جنیدی، ۱۳۴۸].