

## بررسی و اندازه گیری غلظت گاز پرتوزای رادون در خاک های پوشاننده سطح گسل قوچان

علیرضا مهرباب

دانشجو کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشگاه پیام نور واحد مشهد

### چکیده

در این پژوهش، سعی شده است تا کارایی گاز رادون، به عنوان یکی از پیش نشانگرهای زمین لرزه مورد بررسی قرار گیرد. فعالیت گسل قوچان در گذشته با زمین لرزه های زیادی همراه بوده، که نتایج آن خسارات زیادی به همراه داشته است. به منظور امکان بررسی فعالیت گسل و میزان نشر رادون از آن، گسل قوچان و همچنین فعالیت لرزه خیزی بررسی و جهت تعیین میزان نشر رادون انتخاب شد. پس از انجام مطالعات مقدماتی و مشخص کردن پارامترهایی مانند تعیین تراکم جمعیتی در پاره ای از نقاط گسل، در ادامه با جمع بندی نتایج منطقه ای از گسل که دارای بیشترین تراکم جمعیتی و خطر لرزه خیزی است انتخاب و جهت تعیین میزان نشر رادون در زون گسل مورد بررسی قرار گرفت. در هنگام نمونه برداری مشخص گردید که به دلیل نوع و بافت دانه بندی خاک زون گسل امکان دسترسی به عمق تعادلی وجود ندارد، لذا ادامه فعالیت و عمق نمونه گیری محدود به ۰/۵ متر فوقانی سطح خاک گردید. در ادامه جهت پهنه بندی ۷۵ نقطه تعیین و نمونه گاز رادون موجود در خاک قسمتی از زون گسل، در آزمایشگاه زیست محیطی دانشگاه پیام نور مشهد مورد تجزیه قرار گرفته و نتایج حاصل در آنالیزهای جداگانه ارائه شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که: این گسل با حجم بالایی از رادون خروجی بین  $67-11260 \text{ Bq/m}^3$  آماده وقوع زمین لرزه های بزرگی می باشد. و نیز در بخشی از گسل پهنه بندی میسر شد.

واژگان کلیدی: گسل قوچان، رادون، زون گسل،  $\text{Bq/m}^3$

### مقدمه

رادون از سال ۱۹۸۴ به عنوان یک روش ژئوشیمیایی اکتشافی مورد استفاده قرار گرفته است و در سال ۱۹۹۷ توسط انجمن بین المللی لرزه شناسی و فیزیک درون زمین (IASPEI) به عنوان یک پیش نشانگر زلزله مورد تایید واقع گردید. اغلب زمین لرزه ها در طول مناطقی که پوسته زمین دستخوش تغییر شکل می شوند، روی می دهند. این تغییر شکل نتیجه نیروهای پلیت تکتونیک و نیروهای جاذبه می باشد. تغییر شکلی که در حالت کلی در نتیجه یک زلزله رخ می دهد در مناطقی که شکستگی سنگها باعث ایجاد گسل می شود ایجاد می گردد. در برخی نقاط کره زمین و به ویژه در مناطق فعال آتشفشانی، مخزن های گرمایی تشکیل می گردد که این دسته از مخزن ها تنها مخزن های اقتصادی زمین گرمایی جهان است. همان گونه که از نام آنها بر می آید این مخزن ها، حاوی سیال هستند

گاز رادون از جمله مهمترین و خطرناک ترین گازهای موجود در محیط های مسکونی و کاری است. طبق گزارش های سازمان جهانی بهداشت، این گاز بعد از سیگار، دومین عامل سرطان شش در جامعه محسوب می شود. در کشور ایران، به لحاظ ویژگی زمین شناسی، تکتونیک، جوی و زیست محیطی آن، بلایای طبیعی در کنار روند رو به رشد جمعیت، گسترده ترین نگرانی در زندگی مردم تلقی می گردد. یکی از مهمترین پارامترها در مطالعات زلزله، مشاهده نشر رادون از خاک و آب های زیرزمینی است. تغییرات زمانی رادون در خاک می تواند نشان دهنده اختلال های صفحه ای در پوسته زمین باشد. این فشار به نوبه خود به افزایش انرژی به شکل امواج لرزه ای می باشند، منجر می شود.

همکاران، ۲۰۰۶) می‌تواند یکی از دلایل افزایش گاز رادون در منطقه باشد. در منطقه مورد مطالعه خاک پوشاننده گسل قوچان، فراوانی زیادی از زمین لرزه های ثبت شده در اطراف منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. همچنین زمین لرزه های ثبت شده توسط ایستگاههای لرزه نگاری با بزرگی ۳ و بالاتر در منطقه، دقیقاً در محل هایی است که میزان گاز رادون نشر بیشتری دارد.

### لرزه زمین ساخت کپه داغ

در بسیاری از گزارش های زمین شناسی الگوی چین خوردگی کپه داغ با پهنه زاگرس مقایسه شده است چرا که، بیشتر چین ها نامتقارن، ممتد و کم و بیش با یکدیگر موازی هستند و در یک روند NW-SE آرایش یافته اند. گفتنی است که در پیشانی جنوب باختری، چین ها شدت بیشتری دارند ولی به سمت خشکی توران، چین ها بازند و سرانجام از بین می‌روند. با استناد به شواهدی مانند، بالابودن شدت چین خوردگی در جهت جنوبی و همچنین نامتقارن و پرشیب بودن پهلوی جنوب باختری چین ها، به نظر می‌رسد حرکت ورق ایران به سمت کپه داغ، در چین خوردن رسوب ها نقش اساسی تری داشته است. چنین حرکتی سبب تغییر سازوکار گسل های پی سنگ از نرمال به رانندگی، با شیب به سمت شمال، و همچنین زایش گسل های امتداد لغز شده که جهت جابه جایی زوج های گسلی با راستای فشارش بر کمربند چین خورده کپه داغ منطبق است. جدا از پیشروی و پسروی وابسته به حرکت های خشکی زایی، نبود ردیف های دریایی جوان تر از ائوسن می‌تواند نشانگر عملکرد رخداد پیرنه باشد که بر دیرینه جغرافیایی ناحیه اثر درخور توجه داشته است. ولی، یقین بر این است که الگوی چین خوردگی کنونی کپه داغ حاصل عملکرد رخداد کوهزایی اواخر پلیوسن است. فشردگی کپه داغ، با کوتاه شدگی پوسته همراه است که میزان آن با در نظر گرفتن ۷۰ کیلومتر پهنای کنونی، حدود ۱۵ درصد است.

که بر حسب نوع سیال به دو دسته مخزن های حاوی آب داغ و بخار تقسیم می‌شوند. گسل ها، سیال ها را از مخزن زمین گرمایی در عمق زمین به سطح می‌آورند که این سیالات حاوی مقدار زیادی از رادون به صورت محلول می‌باشند. رادون نشانگر فرایند همرفتی و انفعال گسل و سنگهای معدنی اورانیوم و توریم است.

از میان حوادث غیر مترقبه طبیعی، زمین لرزه بارها در کشور به وقوع پیوسته و صدمات جبران ناپذیری را به دنبال داشته است در این میان مطالعاتی به جهت پیش بینی زمان وقوع انجام شده است ولی تاکنون هیچ کدام دارای قطعیت کاملی نبوده است. بخشی از این مطالعات مربوط به پیش نشانگرهاست که انواع متفاوتی دارد و پارامترهای متفاوتی را شامل می‌گردد. از جمله این موارد می‌توان به واکنش حیوانات، تجمع و شکل ابرها، تغییرات میدان مغناطیسی، تغییر سطح آبهای زیر زمینی و تغییرات میزان گاز رادون اشاره نمود. این پارامترها جهت پیش بینی زلزله قبل از وقوع به کار گرفته می‌شود، اما هیچ یک از این موارد تاکنون نتوانسته به قطعیت زمان وقوع زلزله را پیش بینی نماید. در این بین گاز رادون به عنوان یکی از پیش نشانگر ها از سوی IASPEI مورد تایید قرار گرفته و دارای اعتبار زیادی است. تغییرات گاز رادون در بعضی موارد می‌تواند با تغییرات کاهشی و گاهی افزایشی همراه باشد. سنگهای حاوی این گاز هنگامی که تحت فشار قرار می‌گیرند این گاز را در فضا آزاد می‌سازند.

گسل قوچان گسل امتداد لغز با سیستم راستالغز می‌باشد (هالینگورث و همکاران، ۲۰۰۶). این فرایند که همراه با حرکت سنگها در امتداد سطح گسل همراه است دقیقاً می‌تواند در سنگهای اطراف سطح گسل فشار ایجاد کرده و به تبع آن آزاد سازی گاز رادون همراه باشد. این فرایند را می‌توان در دو طرف گسل قوچان مشاهده نمود. همچنین قسمتی از گسل قوچان دارای سیستم فشاری است (محدوده روستاهای فتح آباد، فیلاب و شهر کهنه) وجود سیستم فشاری در گسل و کوتاه شدگی که در قسمت زون شمالی گسل اتفاق افتاده است (هالینگورث و



شکل-۱- محدوده گسل قوچان و منطقه مورد مطالعه

#### روش تحقیق

منتهی می گردد. (شکل-۱). همچنین نزدیکی و مجاورت گسل قوچان به سه شهر قوچان، تیکانلو و فاروج یکی دیگر از دلایلی است که در تعیین منطقه مورد نظر مورد توجه قرار گرفته است. شیوه نمونه برداری با توجه به مطالعات صورت گرفته و تحقیقاتی که سایر پژوهشگران در زمینه رادون انجام داده اند، مشخص گردیده است که این گاز به دلیل ناپایدار بودن نمی تواند برای مدت زمان زیادی در لایه های سطحی خاک ثبات داشته باشد، از طرفی به دلیل مجاورت و حرکت هوا در لایه های بالایی خاک امکان ورود این گاز به درون هوا بسیار زیاد است. به همین دلیل لازم است نمونه برداری از اعماق زمین صورت گرفته تا هم تجمع بالای گاز رادون در خاک و هم سکون بیشتر این گاز، میزان خطای هنگام نمونه برداری را کاهش دهد.

#### تعیین عمق تعادلی در منطقه گسل قوچان

برای محاسبه غلظت تعادلی  $A_{\infty}$  (بیشترین غلظت رادون)، و عمق تعادلی  $Z_{eq}$  (عمقی که در آن  $A_{\infty}$  یافت شده است)، ۳ مکان مختلف با ویژگیهایی مانند قرارگیری بر روی زون

تعیین منطقه مورد مطالعه جهت نمونه برداری برای انجام مطالعات اولیه و تعیین گسل فعال جهت انجام نمونه برداری گاز رادون از خاک پوشاننده گسل، چندین پارامتر مد نظر قرار داده شد. از آن جمله می توان سابقه زمینلرزه های تاریخی منطقه و آمار زمینلرزه های ثبت شده اشاره نمود. در برآورد اولیه از منطقه مورد بحث فعالیت گسل، تراکم پوشش انسانی (همجواری با سه روستا) و میزان تخریب زمینلرزه های گذشته مورد بررسی قرار گرفت. میزان بالای زمین لرزه های ثبت شده در منطقه توسط شبکه لرزه نگاری قوچان نشان از فعال بودن گسل قوچان می باشد. در این راستا اندازه گیری میزان نشر گاز رادون از گسل قوچان مدنظر قرار گرفته و مطالعات اولیه و نمونه گیری های بعدی انجام شد. در مطالعات اولیه فراوانی زمین لرزه های منطقه مورد نظر بررسی و با توجه به بزرگی زمین لرزه های رخ داده، قسمتی از گسل که مشرف به سه روستا بود جهت انجام مراحل بعدی نمونه برداری تعیین گردید. این منطقه از شرق به روستای ترنیک، از شمال به روستای نقاب و از غرب به روستای شیخ فضل الله

درون ظرف محبوس گردید تا جهت آنالیز به آزمایشگاه زیست محیطی دانشگاه پیام نور مشهد انتقال یابد. با این فرض و با توجه به محدود بودن وسایل حفاری موجود و عدم دسترسی به عمق بیش از ۰/۵ متر در بیشتر مکان ها، مقرر گردید تا عمق برداشت به ۰/۵ متر فوقانی لایه های خاک پوشاننده گسل محدود گردد. پس از بررسی منطقه فوق الذکر و به دلیل عدم کارایی و استفاده از اوگر و همچنین افزایش سرعت نمونه برداری و کم کردن ضریب نفوذ هوای جو به داخل زمین، جهت حفر حفرات با عمق ۰/۵ متر از یک لوله فولادی به ارتفاع یک متر استفاده شد. به نحوی که پس از بستن سر خروجی، لوله به داخل حفره هدایت می گردید. همچنین جهت جلوگیری از نفوذ خاک به درون لوله، قبل از ورود، یک پیکان فلزی در مسیر ورودی لوله قرار داده می شد. پس از رسیدن به عمق دلخواه، ابتدا لوله کمی به بالا کشیده می شد تا فضای مناسب بین ورودی لوله و کف حفره به وجود آید، سپس دهانه خروجی لوله باز و اتصالات دیگر به لوله اضافه شد. جهت انجام مکش از لوله، شیلنگ پلاستیکی که قبلاً تعبیه شده بود پس از اتصال به لوله سر دیگر آن به پمپ مکش و در انتها نیز به ظرف نمونه متصل می شد. سپس در یک بازه زمانی ۳۰ دقیقه ای ابتدا هوای داخل لوله تخلیه و سپس هوای موجود در لایه های زیرین خاک به درون ظرف منتقل گردید. پس از نمونه برداری و مکش هوای درون خاک ظرف نمونه کاملاً پلمپ گردیده و جهت انتقال به آزمایشگاه زیست محیطی دانشگاه پیام نور واحد مشهد آماده می شد.

#### اندازه گیری

##### اتصال بطری نمونه بردار به دستگاه اندازه گیری

بطری نمونه بردار را به دستگاه RTM2200 وصل و با روشن کردن آن، دستگاه شروع به اندازه گیری مقدار رادون موجود در آن می کند. این مرحله ۱۵ دقیقه طول می کشد. میزان رادون نمونه های برداشت شده هرکدام در ۳ بازه زمانی ۵ دقیقه با دستگاه RTM2200 اندازه گیری و میانگین سه برداشت ثبت شد.

گسل، دوری از زمینهای کشاورزی و مجتمع های انسانی و همچنین قابلیت دسترسی آسان در نظر گرفته شد. در هر یک از این نقاط، در ۵ عمق ۰/۵ تا ۲/۵ متر به فاصله افقی ۱ متر (شرایط یکسان) نمونه برداری انجام شد. به دلیل بافت متراکم خاک که اغلب از جنس رس همراه با ذرات درشت دانه، شن و قلوه سنگ می باشد، امکان نفوذ به عمق بیشتر از ۲/۵ متر با وسایل حفاری ساده نمی باشد. همچنین میزان تراکم و افزایش ذرات درشت دانه، از شرق به غرب منطقه گسل افزایش می یابد. به نحوی که تراکم ذرات درشت دانه در مناطق بالا دست و انتهایی گسل و مناطقی که گسل به دامنه کوهپایه ای نزدیک تر می شود افزایش می یابد.

با توجه به عدم دسترسی به عمق بیشتر از ۲/۵ متر با وسایل حفاری موجود و همچنین روند افزایشی میزان رادون برداشت شده از خاک پوشاننده گسل قوچان مشخص گردید که تا این عمق امکان دسترسی به عمق تعادلی وجود ندارد و می بایست با امکانات و وسایل حفاری به اعماق پایین تر نفوذ کرد. همچنین در تحقیقات محلی که از افراد بومی منطقه صورت گرفت مشخص شد که روند افزایش تراکم لایه های خاک تا عمق ۱۰-۱۱ متری است که به نظر می رسد وجود لایه ای با نفوذ پذیری بسیار کم مانع از ایجاد عمقی با غلظت تعادلی در منطقه می گردد. همچنین به دلیل امکان نفوذ هوا و ایجاد آنومالی در میزان گاز رادون لایه های زیرین از دستگاههای حفاری که عملکرد آنها بر پایه فشار هوا است استفاده نشد.

به این منظور ابتدا توسط اوگر دستی حفرات در عمق دلخواه حفر و سپس دستگاه مکنده هوا به داخل حفره هدایت شد. در ادامه دستگاه مکش به پمپ متصل و هوای درون حفرات به درون ظروف نمونه گیری انتقال می یافت. برای تعیین مدت زمان لازم برای مکش، قبلاً ظرف نمونه را از آب پر کرده و مدت زمان تخلیه آب ملاک قرار داده می شد. جهت کاهش خطا و امکان خروج هوای درون شیلنگ ها چند دقیقه اول هوا در درون ظرف گردش داشت و سپس ظرف پلمپ و هوای تخلیه شده از حفره

### پهنه بندی رادون در منطقه شمالی گسل قوچان

در مطالعات لرزه خیزی و آماری زمینلرزه های منطقه و همچنین تراکم انسانی در نقاط مختلف محدوده گسل قوچان، نقاط شمالی گسل قوچان به دلیل مجاورت با روستاها و همچنین فراوانی زمینلرزه ها جهت انجام پهنه بندی و مطالعات نشر رادون تعیین گردید. همچنین به دلیل عدم امکان دسترسی به عمق تعادلی و با توجه به سهولت دسترسی در همه نقاط و امکان کاهش خطا در هنگام برداشت، عمق مناسب جهت نمونه گیری ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. با توجه به مطالعات صورت گرفته و پارامترهای لازم محدوده ای در حوالی سه روستای ترنیک، نقاب و شیخ فضل الله جهت ادامه نمونه برداری در نظر گرفته شد. جهت سهولت در نمونه برداری و همچنین ایجاد رابطه منطقی بین نقاط برداشت، ابتدا منطقه مورد مطالعه شبکه بندی گردید. در این راستا منطقه مورد مطالعه به ۷۵ نقطه برداشت تقسیم شد. که فاصله هر نقطه از نقطه بعدی ۲۵۰ متر می باشد

### نتیجه گیری

بافت خاک منطقه درشت دانه با سیمان موجود در بین دانه ها باعث شده است که نفوذ به عمق بیش از نیم متر با وسایل ابتدایی و بدون امکانات حفاری به راحتی امکان پذیر نیست. لذا در این منطقه با امکانات موجود سعی شد نمونه ها در عمق نیم متر مورد بررسی قرار بگیرد. که نتایج آن به این شرح است. مکان های ۵۸ تا ۵۸ دارای غلظت هایی بین  $67-5452 \text{ Bq/m}^3$  که بیشترین ناهنجاری در نقطه شماره ۱۳ و در مکان های ۵۹ تا ۷۵ غلظت هایی بین  $67-11260 \text{ Bq/m}^3$  دارند که بیشترین ناهنجاری در نقطه شماره ۵۹ می باشد. سن سنگهای تشکیل دهنده منطقه مورد مطالعه خاک پوشاننده گسل قوچان مربوط به دوران کواترن شامل رسوبات تراستی ته نشین شده می باشد. همچنین بر اساس راهنمای نقشه زمین شناسی 1:100000 فاروج و بررسی ساختار زمین شناسی منطقه کپه داغ

(هالینگورث و همکاران، ۲۰۰۶) واحدهای سنگی زیرین مربوط به کرتاسه می باشد که طبق راهنمای نقشه ترکیب سنگها شیل های خاکستری تیره، آهکهای دانه ریز، سیلت و ماسه سنگ می باشد. بر این اساس و با توجه وجود ریزگسلهای متعدد در منطقه نشر رادون از لایه های زیرین خاک را می توان نتیجه شکستگی ها و درزهای موجود در سنگهای واحدهای زیرین دانست. همچنین حفر قنات در منطقه فرصت مناسبی برای نفوذ گاز رادون از لایه های زیرین به قسمتهای فوقانی را فراهم آورده است.

خاک منطقه مورد مطالعه گسل قوچان دارای رطوبت کمی می باشد که این امر می تواند یک از دلایل نفوذ گاز رادون از لایه های پایتتر به لایه های فوقانی آن باشد. وجود رطوبت در لایه های خاک به میزان بالاباعث جذب و عدم تحرک گاز رادون می گردد.

از طرفی وجود خلل و فرج های زیاد در خاک به دلیل بافت خاک، و فراوانی ذرات درشت دانه در بافت خاک این امکان را به وجود می آورد که هوای محبوس در لایه های خاک به خوبی به لایه های بالایی نفوذ کرده و در بین لایه ها در جریان باشد.

همچنین با توجه به سیستم و عملکرد گسل قوچان (امتداد لغز- راستگرد)، و توجه به این نکته که این نوع گسلها در کپه داغ دارای طول و قدرت لرزه خیزی بیشتری نسبت به انواع چپگرد دارند، می توان نتیجه گرفت که قدرت لرزه خیزی بالای این گسل، باعث جابجایی های وسیعی در منطقه گردیده و به تبع آن آزاد سازی حجم بالایی از گاز رادون در زون شرقی گسل را به دنبال داشته است.

در بررسی های میدانی انجام شده و تحقیق از افراد محلی روستاهای نقاب (شمال منطقه مورد مطالعه خاک پوشاننده گسل قوچان) و روستای شیخ فضل الله (غرب منطقه مورد مطالعه خاک پوشاننده گسل قوچان) مشخص گردید که بیشترین دلیل مرگ و میر بعد از سکت های مغزی و قلبی، سرطان های گوارشی یکی از بیشترین دلایل مرگ و میر در منطقه می باشد.

## Investigation and measurement of Radon gas concentration in soil air overlying of Quchan Fault

Alireza mehrab

### Abstract

In this study, we tried to radon gas efficiency, as one of the signs before the earthquake are examined. Ghoochan fault activity in the past has been associated with large earthquakes, the results of which have brought a lot of damage. In order to check the activities and emission of radon fault, the fault Ghoochan as well as seismic activity survey to determine the emission of radon was chosen direction. After preliminary studies, depending on parameters such as population density in some parts of the fault, Then, summing up the results of the fault which has the highest population density and seismic risk is Choose and to determine emission of radon in the fault zone was studied. When were determined that due to the type and texture of soil gradation balance is not deep fault zone access. So continue sampling depth is limited to 0.5 meters above soil level. The following zoning exposure to radon in soil samples 75 points determine the portion of the fault zone. Payam Mashhad analyzed in the environmental laboratory and the results are presented in a separate analysis. The results of this study showed that: the fault between the output of large quantities of radon 67-11260( Bq/m<sup>3</sup>)Ready great earthquake. And also on the part of the fault zone was possible.

**Keywords:** Fault Ghoochan, Radon, Fault zone, Bq/m<sup>3</sup>