

# گاز رادون

## و پیش بینی زمین لرزه

کارشناس ارشد جغرافیا، دبیر ناحیه‌ی دو شهری  
زهرآ هادیان

### مقدمه

معمولاً بیشتر است. با توجه به این که گسل‌ها و شکستگی‌ها در سنگ‌های سخت غالباً محل انباشته شدن آب‌های زیرزمینی است، از اندازه‌گیری رادون برای اکتشاف آب‌های زیرزمینی استفاده شده است. از اندازه‌گیری غلظت گاز رادون در اکتشاف اورانیوم نیز استفاده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: گاز رادون، اورانیوم، بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی، زمین لرزه، پس لرزه

### بررسی تغییرات زمانی غلظت گاز رادون محلول

جست‌وجو برای یافتن روش‌های قابل اطمینان پیش‌بینی کوتاه‌مدت زمین لرزه، از مباحث مهم زلزله‌شناسی و ژئوفیزیک است. از سال ۱۹۶۰، هم‌زمان با پیشرفت دستگاه‌های اندازه‌گیری، روش‌های ژئوشیمیایی در مقایسه با سایر روش‌های مورد استفاده در مطالعات پیش‌نشانگری، اطلاعات بارزش و کیفیت بالایی را فراهم کردند. براساس شواهد موجود، بین فروریختن و روان شدن سیالات (جریان مایعات) و ارتباط آن با فرایندهای گسلش، بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی ناشی از فعالیت‌های لرزه‌ای دور از انتظار نیست [Hickman, etal, 1995].

از نخستین تجربیات در ارتباط با هم‌خوانی بین بی‌هنجاری‌های گاز رادون و رخداد زمین لرزه، می‌توان به تغییرات غلظت گاز رادون در آب‌های

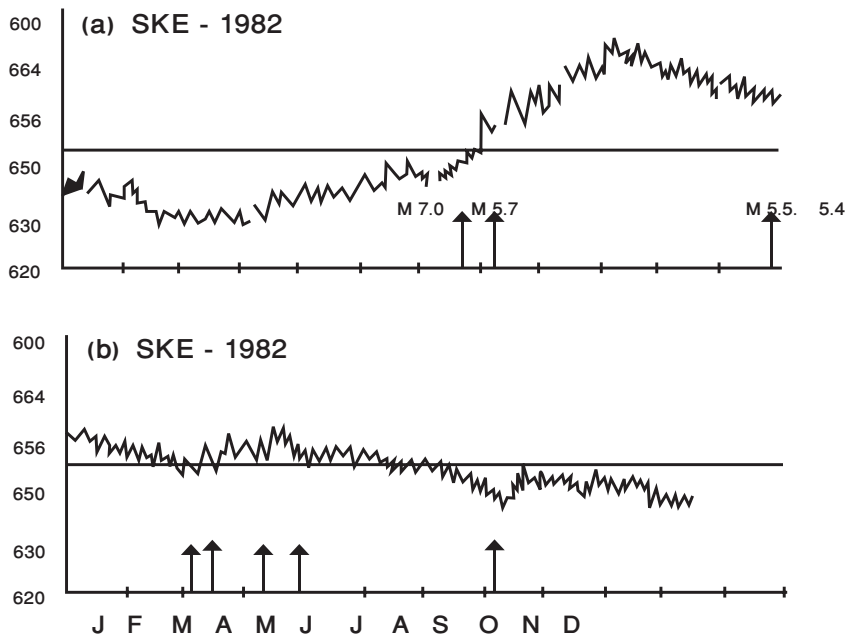
در مواردی، قبل از وقوع زمین لرزه، غلظت رادون در هوا و آب‌های زیرزمینی افزایش می‌یابد. این به دلیل تجمع انرژی در سنگ‌ها، ایجاد شکستگی‌ها و در نتیجه خروج گاز رادون رخ می‌دهد [Shapiro, 1980; wakita, etal, 1985].

در بررسی ارتباط تغییرات گاز رادون با وقوع زمین لرزه‌ها به منظور پیش‌بینی آن‌ها، تغییرات زمانی این گاز را در ۲۵ محل در ژاپن اندازه گرفته‌اند که نمودار ۱ تغییرات آن را در سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۹۸۳ میلادی نشان می‌دهد. تغییرات رادون علاوه بر وقوع زلزله، متأثر از شرایط جوی، جزر و مد و پمپاژ آب‌های زیرزمینی نیز بوده است.

دانشمندان «انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا» هم‌میزان گاز رادون را در ۱۲ حلقه چاه در جنوب کالیفرنیا بررسی و مطالعه کرده‌اند. براساس مطالعات آن‌ها، قبل از وقوع زمین لرزه‌های ۱۵ اکتبر ۱۹۷۹ در «امپریال ولی»، اول ژانویه ۱۹۷۹ میلادی در «مالیبو» و ۲۹ ژوئن ۱۹۷۹ میلادی در «بیرلیک»، غلظت رادون افزایش یافته است [Rahe, 1996].

چی‌یو کینگ و همکارانش نیز بین غلظت رادون در هوا و آب در شرایط وقوع زمین لرزه ارتباط‌هایی دیده‌اند.

غلظت گاز رادون در خاک‌های پوشاننده گسل‌ها و شکستگی‌های موجود در سنگ‌ها



### غلظت گاز رادون (شمارش در دقیقه)

نمودار ۱. تغییرات گاز رادون در منطقه توکایی و شبه جزیره ایزو در ژاپن، طی سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۹۸۳ (اعداد مقابل پیکان‌ها بزرگی زمین‌لرزه‌های حادث شده را نشان می‌دهند [Wakita, yonakamura & y.sano, 1985])

میزان غلظت گاز رادون شناسایی می‌شود [نگارستانی، ۱۳۸۱].

### تغییرات زمانی غلظت گاز رادون و پس‌لرزه‌های زمین لرزه بم

نمودار ۲ عملکرد «شبکه عصبی آدالین» را برای داده‌های رادون، اندازه‌گیری شده در بم از تاریخ ۲۰۰۴/۲/۱۰ تا ۲۰۰۴/۲/۱۴ نشان می‌دهد. خط توپر مقدار غلظت گاز رادون تخمین زده شده توسط شبکه، و خط نازک مقدار واقعی غلظت گاز رادون را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که شبکه به خوبی توانسته است، روند کلی تغییرات غلظت گاز رادون اندازه‌گیری شده را دنبال کند.

با توجه به بررسی‌های به عمل آمده از تغییرات غلظت گاز رادون قبل از رخداد زمین‌لرزه‌های اصلی به نظر می‌رسد الگوی

میزان غلظت گاز رادون، تنها شامل تأثیر فرایند رخداد زمین‌لرزه نیست، بلکه عوامل دیگری همانند پارامترهای جوی نیز باعث این بی‌هنجاری‌ها می‌شوند. از این‌رو، در مطالعات پیش‌نشانگری گاز رادون، همه تلاش‌ها بر این استوار است که به نحوی بی‌هنجاری‌هایی که مختص زمین‌لرزه هستند، شناسایی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. با ظهور تکنیک‌های جدید، به‌ویژه سیستم‌های هوشمند، همانند شبکه‌های عصبی، درک بهتری از تأثیر سایر عوامل بر تغییرات گاز رادون پدیدار شد. شبکه‌های عصبی توانایی شناسایی ارتباط مجهول خطی و یا غیرخطی بین پارامترهای جوی و میزان غلظت گاز رادون را فراهم می‌کنند. به عبارت دیگر، با کمک این شبکه، تأثیر پارامترهای جوی مؤثر بر

معدنی حوزه تاشکند، قبل از زمین لرزه مخرب سال ۱۹۶۶ اشاره کرد. رادون اندازه‌گیری شده در درون خاک و آب‌های زیرزمینی، تغییرات پیش‌نشانگری زیادی را در چند کیلومتری رومرکز زمین‌لرزه نشان می‌دهد [King, etal, 1993; Igarashi, etal, 1995].

افزایش تنش در زون‌های شکستگی پیش از زمین‌لرزه، تغییرات بارزی را در گرادبان‌های فشار و دما ایجاد می‌کند که نهایتاً باعث افزایش جریان سیالات و انتقال گازها از اعماق زیاد به سطح زمین می‌شوند [Fleischer, 1997].

با استفاده از تغییرات زمانی گاز رادون می‌توان به تحرکات پوسته زمین طی وقوع زمین‌لرزه پی برد.

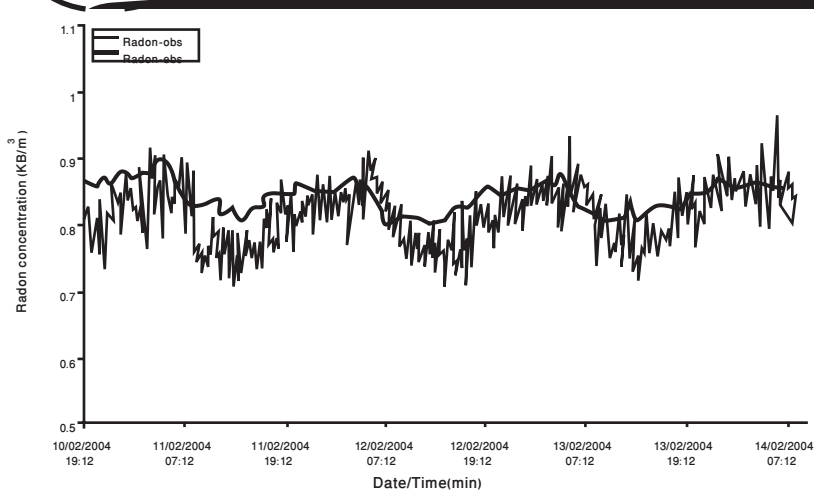
بی‌هنجاری‌های مشاهده شده در

که با آزاد شدن تنش باقی مانده در محیط و وقوع پس لرزه‌ها، الگوی حاکم بر تغییرات غلظت گاز رادون نیز تغییر می‌کند. در این حالت، بی‌هنجاری در میزان غلظت گاز رادون را می‌توان در اثر ترکیبی از تغییرات ناشی از زمین‌لرزه اصلی و وقوع پس لرزه‌های زیاد با فواصل زمانی کم دانست که امکان جداسازی بی‌هنجاری‌های ناگهانی برای هر پس لرزه، همانند زمین‌لرزه، را فراهم نمی‌کند [نگارستانی، ۱۳۸۱].

پدیدار می‌شوند. افزایش ریزشکستگی‌ها باعث افزایش خلل و فرج و خروج گازهای محبوس در داخل سنگ‌ها، از جمله گاز رادون می‌شود.

تغییرات در میزان غلظت گاز رادون معمولاً از چند روز قبل از وقوع زمین‌لرزه اصلی قابل مشاهده است. لیکن پس از وقوع زمین‌لرزه اصلی، محیط کاملاً گسیخته و دگرگون شده است. از این رو، به نظر می‌رسد

تغییرات غلظت گاز رادون هنگام رخداد پس لرزه‌ها، با تغییرات آن قبل از رخداد زمین‌لرزه اصلی متفاوت است. دلیل این امر را می‌توان تفاوت ویژگی‌های محیط لرزه‌ای قبل و بعد از زمین‌لرزه اصلی دانست. قبل از وقوع زمین‌لرزه اصلی، تنش در حال تجمع در محیط لرزه‌ای است. با افزایش تنش در منطقه، ریزشکستگی‌ها در سنگ‌ها بیشتر و گسیختگی‌های جدیدی در محیط لرزه‌ای



### افزایش دوران قبل از زلزله (از حدود یک هفته قبل)

نمودار ۲. تغییرات غلظت گاز رادون اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده توسط شبکه آدالاین در بازه زمانی ۲۰۰۴/۲/۱۴ تا ۲۰۰۴/۲/۱۰ در بم [نگارستانی، ۱۳۸۱]

راهنما:

خط توپر مقدار غلظت گاز رادون تخمین زده شده توسط شبکه خط نازک مقدار واقعی غلظت گاز رادون

M., and sano, Y. (1995). Ground water radon anomaly before the kobe earthquake in Japan, science, 269, 60-61.  
 8. King, C. Y., Zhang, W., and king, B. S. (1993). Radion anomalies on thtee kinds, of faults in California, pure appl. Geophys, 141, 111-124.  
 9. Shapiro. M. H, (1980) "Comparison of radon monitoring techniques, the effects of the moelatic strains on subsurface radon, and the development of a computer - operated radon monitoring net work for earthquake predication" U.S. Geological survey open Filed report, 80-896.  
 10. Rahe P. H. (1994), "Engineering Geology, An environmental approach" 2nd ed, prentice Hall, new jerky.

4. Igarashi. G and wakita. H. (1999), Ground water radon anomalies associated with earthquake. Tectonophysics volum 18., Issues 2-4, 20 August, Pages 237-254.  
 5. Hickman, S. Sibson, R., and Bruhn, R. (1995). Introduction to special section: mechanical involvement of fluids in faulting, J. Geophys. Res., 100, 12831-1284.  
 6. Wakita. H, nakamura. y and sano. y, (1985) "Ground water radon Variation reflection change in regional stress fields, in practical approaches to earthquake predication and watning" ed. By: C. Kissilinger and T. Rikitake, Reidel pub. Co, Dordrecth.  
 7. Igarashi, G., Seaki, s., Takahata, N., Sumikawa, K., Tasaka, S., Sasaki,

منابع  
 ۱. نگارستانی، ع (۱۳۸۱). تجزیه و تحلیل هوشمندانه زمین‌لرزه از طریق تشخیص تغییرات انتشارات گاز رادون و عوامل محیطی تأثیرگذار (دما، فشار، بارندگی و...). پایان‌نامه دکترا. دانشگاه صنعتی امیرکبیر. تهران.  
 2. Taghavinia, N., Vasaghi, M., Za- mani (2004). Mid-in frared Radiation as a short-Term Earthquake precursor. P o. box 11365-1916, Tehran, iran. 2004.  
 3. Fleischer, R. L. (1997). Radon and earthquake prediction: Radon measurements by Etched track detectors, In: Durrani, S.A., and Ilic, R., Eds., Applications in Radiation protection, Earth sciences and the environment, world scientific, singapore, 285-299.