

شوق روزنامه

نگاه نو

چقدر در مقابل زلزله‌های بزرگ آمادگی داریم؟ خود را برای فردای حادثه آماده کنیم



نصرالله کمالیان،

شخصی از زیر باران ممتد به خانه رفیقش پناه برد و کاسه و قاپلمه‌هایی که در کف اتاق چیده شده و قطرات پیوسته آب را که از سقف درون آنها می‌چکید، دید. به رفیقش گفت چرا سقف را مرمت نمی‌کنی؟ در جواب شنید الان باران می‌آید و زمان تعمیر نیست، به او گفت الان را نمی‌گویم، وقتی که باران نمی‌آید مرمتش کن. دوستش گفت در آن زمان ضرورتی ندارد، چون سقف چکه نمی‌کند، من در تمام مدت مسئولیت‌های خود همواره شالوده این مثال را در تفکرات مسئولان مربوط به انواع بحران‌های طبیعی و غیرطبیعی به‌وضوح درک کرده‌ام. به محض وقوع هر نوع بحران، همه مسئولان به تکاپو می‌افتند و سرتیتر اخبار رسانه‌ها از زوایای مختلف حادثه پر می‌شود، ولی بعد از مدت کوتاهی همه‌چیز آرام می‌شود و خبری از اقدامات مؤثری که باید بکنند یا وعده کرده بودند، دیده نمی‌شود. (باران بند آمده و سقف چکه نمی‌کند).

اگر روشن‌تر به این مقوله نگاه کنیم، با اینکه خوشبختانه شاهد پیش‌بینی‌های خوب سازمان هواشناسی هستیم و دست‌اندرکاران فرصت سه و چهارروزه دارند، یک بارندگی نسبتاً تند، بحران‌ساز شده و جان و مال مردم را تلف می‌کند. دراین‌صورت چه انتظاری می‌توان داشت که نتیجه آینده‌نگری مسئولان برای پدیده‌ای مثل زمین‌لرزه (که نه همچون پدیده‌های هواشناختی نظم سالانه و فصلی مشخص دارند و نه مثل آنها پیش‌بینی‌پذیر هستند)، مؤثر باشد. اگر روزنامه‌های ۲۰ سال قبل کانکون را درخصوص اخبار زلزله‌ها دنبال کنید، نقش مؤثر مسئولان صرفا بعد از زمین‌لرزه‌های مخرب دیده می‌شود و آن‌هم بیشتر کمک‌رسانی، امداد و نجات، بازسازی، اعطای وام و کارهایی از این طیف بوده است. تأثیر کارکرد مسئولان در پیشگیری و فرهنگ‌سازی اینکه مردم در اقدام‌های عمرانی خود، از ساختن آلونکی برای دام‌ها تا ساخت مجتمع‌های مسکونی به این باور (نه به این اطلاع که در کشوری زندگی می‌کنند که از نظر زلزله‌خیزی یکی از قرمزترین ممالک دنیاست) رسیده باشند، تقریباً مؤثر نبوده و حتی شاهد گزارش‌های متعدد رسانه‌ای درباره بی‌ملاکاتی‌هایی در زمینه ساخت‌وسازهایی از گوشه‌وکنار کشور برای انواع پروژه‌های مسکونی هستیم.

مسئولان و دست‌اندرکاران درباره اقدامات و برنامه‌هایی که اجرا کرده‌اند، هم‌اکنون هر ادعایی داشته باشند، مهم نیست. اگر زمین‌لرزه‌ای سترگ روی داد و نتیجه آن کم‌ترین تخریب و تلفات باشد و نیاز به حداقل کمک‌رسانی، بدانند که عملشان به بار نرفته و اگر باز همان آتش و همان کاسه امارهای وحشتناک تلفات، ارسال چادر، پوشاک و... باشد، بدانند که نتیجه مدیریت آنها باعث این فجایع و ضایعه شده است و نه آن پدیده طبیعی و اگر دادگاهی برای محاکمه آنها باشد (که متأسفانه نیست)، قطعاً مشکل بتوانند جواب وجدان خود را بدهند.

چه بخواهیم یا نخواهیم، سرزمین ما در منطقه زلزله‌خیز قرار گرفته است و خداوند کارش را در تکوین زمین تعطیل نمی‌کند، چراکه نشانه‌های حیات زمین، زمین‌لرزه‌ها، آتشفشان‌ها، توفان‌ها و... هستند. پس هر لحظه باید در این اندیشه و اضطراب باشیم که زلزله‌ای مهیب در راه است. از طرفی می‌دانیم که زیرساخت‌های لازم برای پیش‌بینی زلزله را (حتی اگر پیش‌بینی‌پذیر باشد)، نداریم و می‌شود حدس زد حتی با پیش‌بینی زلزله هم اقدامات پیشگیرانه چیزی بهتر از اقدام‌های اطلاع‌رسانی هواشناسی نخواهد شد.

متأسفانه در برنامه‌های دولت حتی در همه قانون سالانه بودجه کشور، آنچه بیشتر به چشم می‌آید، پیشگیری از اثرات حوادث و بحران‌های طبیعی قبل از وقوع نیست، بلکه بیشتر به پرداخت خسارات، بازسازی و وام‌های بلاعوض یا کم‌بهره پرداخته شده است. همین قوانین نشان می‌دهد که موارد پیشگیرانه در مخبله بودجه‌نویسان و تصویب‌کنندگان تقریباً وجود ندارد. به بیان دیگر، بهتر است فرهنگ‌سازی نکرش مدیریت بحران ابتدا برای مسئولان باشد تا با اقدامات آنها بتوان بستر فرهنگ‌سازی برای مردم را اشاعه داد. در بندهای ماده ۱۶۸ برنامه پنجم توسعه (۱۳۹۴-۱۳۹۰) موضوعاتی که در امر پیشگیری و کاهش خسارات مؤثر هستند، از قبیل مقاوم‌سازی ساختمان‌ها، الزام رعایت مقررات ملی ساختمان در پروانه‌های ساختمانی، مطالعات لازم برای کاهش خطرپذیری زلزله، توسعه شبکه ایستگاه‌های شتاب‌نگاری و زلزله‌نگاری و پیش‌نشانگرهای زلزله به‌صراحت آورده شده است. در سال ۹۴ این برنامه تمام شد و پنج‌بار دولت و مجلس با توجه به این برنامه، قانون‌های بودجه سالانه را تصویب و اجرا کردند. بااطمینان می‌توان گفت که اگر بتوانیم به مواردی از این برنامه پنج‌ساله از صد نمره، نمره صد بدهیم، قطعاً نمره اجرای بندهای ماده ۱۶۸ که ذکر شد، ریز پنج خواهد شد، یعنی مردود.

بنابراین اگر میزان آمادگی برای مقابله با خطرهای جانی و مالی ناشی از یک زمین‌لرزه شدید در آینده را بخواهیم به سه مرحله پیشگیری، مقابله و درمان تقسیم کنیم، سهم هر یک را شاید بتوانیم با اعداد پنج درصد، ۷۰ درصد و ۲۵ درصد برآورد کنیم. به همین دلیل است که مسئولانی که برای ستاد بحران کشور و ستادهای بحران استان‌ها و شهرستان‌ها انتخاب می‌شوند، افرادی هستند که بیشتر فهم و مدیریت مقابله با بحران را دارند و می‌توانند سازمان‌ها و نهادهای مختلف را برای امر امدادگری و کمک‌رسانی بسیج کنند و نه افرادی با توان برنامه‌های پیشگیرانه و کاهش خسارت که قادرند از توان‌های علمی متخصصان برای مطالعات و برنامه‌ریزی زیرساخت‌ها استفاده کنند؛ کاری که در کشورهای زلزله‌خیز موفقی همچون ژاپن و ایتالیا در حال انجام است. به امید زمانی که درصد سه مرحله پیشگیری، مقابله و درمان به اعداد ۷۵، ۱۰ و ۱۵ نزدیک شود.

✽ **عضو هیئت علمی مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران**

نگاه

درس‌هایی از زلزله بم اسیر فاجعه نشویم



فیروزه آرمون،

هرساله تاریخ پنجم دی‌ماه، برای ما یادآور نکات ارزشمندی است. شاید یادآوری زلزله بم، ابزاری برای سنجش میزان آمادگی‌مان در مقابل چنین حوادثی قلمداد شود. بم، شهری که روی گسل است و هرازچندگاهی با تکان‌هایی مردم را به هراس می‌اندازد. شاید این احساس در برخی شهرها کم باشد و همین احساس فرینده مانع این فکر می‌شود که چقدر آماده هستیم! اگر با برخی افراد این شهرها گفت‌وگو کنیم، می‌گویند: «مرگ دست خداست»، اما آیا واقعا باید در خانه‌هایی که هیچ امنیتی در مقابل زلزله ندارند، منتظر تقدیر باشیم و تدبیر را کنار بگذاریم؟ همگان به این موضوع آگاهی‌که تنها از طریق آمادگی مناسب است که می‌توان خسارات ناشی از زلزله را کم کرد. عوامل بسیاری در این آمادگی نقش دارند‌که «طراحی اصولی ساختمان بر مبنای قوانین و مقررات»، «آموزش علمی افراد متخصص» و «آگاهی رسانه‌ای جامعه و آموزش عمومی» سه عامل بسیار مهم است. البته نمی‌توان عوامل دیگر همچون اقدامات پزشکی و آمادگی‌های اسکان پس از وقوع زلزله را نادیده گرفت. در طراحی اصولی باید دیدگاه منسجمی میان همه مهندسان وجود داشته باشد. در برخی موارد، استفاده از تجربه‌های مقاوم‌سازی شورهای دیگر و روش‌های استانداردشده آنها نیز می‌تواند به ما کمک کند. بالا‌بردن انعطاف‌پذیری سازه‌ها در مقابل ارتعاش‌ها از جمله این تجربه‌هاست. از سوی دیگر باید به بُعد آموزشی و تربیت افراد متخصص نیز بسیار توجه کرد، چراکه اهمیت کیفیت آموزش را نمی‌توان نادیده گرفت، اما متأسفانه به‌تازگی شاهد مدرک‌گرایی شدید علاقه‌مندان این تخصص‌ها در حوزه ساختمان هستیم. آموزش صحیح از طریق رسانه‌های جمعی مانند تلویزیون، روزنامه، فضاهای مجازی و... در آگاهی جمعی مؤثر است. این آگاهی قبل از وقوع زلزله، لحظه‌وقوع و پس از آن، هم در ابعاد جانی و هم در ابعاد روحی و روانی مؤثر است. یافتن مکان‌های امن در خانه و توجه به پیش‌لرزه‌های اندک قبل از زلزله اصلی، از این دست هستند. این امر با هدف اطلاع‌رسانی به‌موقع و دقیق، در کاهش تلفات انسانی مؤثر است. پس هم بُعد آموزش رسانه‌ای و هم بُعد خبررسانی مهم است. باید توجه داشت که این آموزش‌ها بر مبنای چگونگی رفتارها، واکنش‌ها و فرهنگ جامعه برنامه‌ریزی و اجرا شوند. تمام موارد ذکرشده، هنگامی که در حوزه وسیع شهر بررسی می‌شوند، ابعاد بزرگ‌تری می‌گیرند و نگاه ویژه به تقسیمات شهری و ضوابط شهری را می‌دهد. راه فرار مردم را سد می‌کند و تعداد قربانیان را افزایش می‌دهد.

- ایمنی منابع گاز:** اگرچه شرکت گاز در این کار اقدامات لازم را در شهرهای بزرگ انجام داده است، ولی لوله‌کشی خارج از استاندارد و سرخود، می‌تواند موجب بروز آتش‌سوزی‌های مهیب شود.
- آموزش مداوم:** در مناطقی که خطر زلزله، دائمی آنجا را تهدید می‌کند، آموزش همگانی باید از دبستان الزامی باشد. دراین‌باره باید با آموزش‌های علمی، دانش‌آموزان را از خطر زلزله آگاه کرد و به‌طور دوره‌ای گهگاه با به‌صداور آوردن علائم خطر، اعلام آماده‌باش داده شود تا هم به‌تدریج از ترس و وحشت مردم جلوگیری شود و به‌این‌ترتیب آنها را از نظر روحی در مقابل بحران آماده نگه داشت و هم محل‌های امن در هنگام بروز خطر به‌وسیله آنان شناسایی شود. نقش صدوسیما دراین‌باره باید پررنگ‌تر شود.
- حال این سؤال را از خود می‌کنم؛ اگر در حادثه طیبس یا بم یا ورزقان، موارد فوق رعایت می‌شد، آیا تلفات به همین اندازه فاجعه‌بار بود؟
- استاد زمین‌شناسی دانشگاه تهران**



عکس: ایرد

پس از ۱۳ سال، جایگاه ما در تاب‌آوری در دنیای امروز کجاست؟

پنجم دی‌ماه، یادآور زلزله بم

هنگام زلزله) دارند. در ساعت ۳:۳۶ بامداد روز سوم شهریور ۱۳۹۵ به وقت محلی، زمین‌لرزه‌ای با بزرگای ۶٫۲ در «آمارتیچه» در فاصله حدود ۱۴۰ کیلومتری رم، پایتخت ایتالیا، در منطقه مرکزی ایتالیا رخ داد. این زلزله ۲۹۵ کشته داشت که باید آن را از مهم‌ترین سوانح اروپا در دهه اخیر دانست. برآورد می‌شود در دوهزارو ۵۰۰ سال اخیر، حدود ۳۰هزار زلزله قابل احساس یا بزرگ‌تر در ایتالیا رخ داده باشد که ۵۶۰ تا از آنها زلزله‌های شدید با شدت بیش از شش مرکالی و با آثار تخریبی بوده‌اند. در سال ۲۰۰۹ (۱۶ فروردین ۱۳۸۸) زلزله لاویلا با بزرگای ۶٫۲ و ۳۰۹ کشته، موجب خسارت گسترده در حدود ۴۰ کیلومتری جنوب همین زلزله اخیر آمارتیچه شد. اهمیت رخداد زلزله اخیر در آمارتیچه، از آن‌روست که این میزان آسیب‌پذیری و ریسک بالا در کشوری از اعضای اتحادیه اروپا و گروه هفت کشور صنعتی مشاهده می‌شود. ایتالیا کشوری است که در سال ۲۰۱۵ با رتبه ۲۷ از نظر شاخص توسعه انسانی، حدود ۶۰ میلیون نفر جمعیت داشت و تولید ناخالص داخلی آن در حد هزارو ۸۰۰میلیارد دلار بود. زلزله بامداد چهارشنبه سوم شهریور ۱۳۹۵ ایتالیا، از نظر گستردگی خرابی‌ها و همچنین بزرگا، در حدود زمین‌لرزه ۲۱ مرداد ۱۳۹۱ ورزقان در استان آذربایجان شرقی در ایران بود. جالب است که زمین‌لرزه ۲۰۰۹ لاویلا نیز از همین جهت با زلزله ورزقان ایران شباهت دارد. ارزیابی نحوه پاسخ، آسیب‌پذیری و تاب‌آوری در زلزله‌های ایتالیا و بررسی علمی یافته‌ها و مقایسه با رویدادهایی مانند زلزله ۱۳۹۱ ورزقان به آموختن درس برای افزایش تاب‌آوری و کاهش آسیب‌پذیری در ایران کمک فراوان می‌کند. زلزله نیوزیلند، از مهم‌ترین زلزله‌های دهه گذشته در نیم‌کره‌جنوبی بود. زلزله چهار سپتامبر ۲۰۱۰ در نزدیکی کرایست چرج با بزرگای ۷٫۱ و عمق حدود ۴ کیلومتر تلفاتی نداشت، ولی حدود پنج ماه بعد و در زلزله ۲۲ فوریه ۲۰۱۱ کرایست چرج نیوزیلند با بزرگای ۶٫۳ در عمق حدود چهار کیلومتر و شتاب حداکثر ۱٫۸ جی (حدود دوبرابر شتاب جاذبه زمین) که

نیروی ویرانگر زلزله از کجای می‌آید؟

کاهش اثرات مخرب زلزله، بهترین راهکار است

کرد. هنگامی که از پدیده‌های زمین‌شناختی صحبت می‌شود، معمولاً با فرایندهایی که در زمان بسیار طولانی مداومت دارند سروکار خواهیم داشت؛ مثلاً زمان لازم برای آنکه لایه‌ای از آهک به ضخامت دو متر ته‌نشین شود، یک میلیون سال در نظر گرفته می‌شود و برای درهم‌شکستن همین لایه دومتري برحسب آنکه در چه عمقی واقع باشد، مدت‌زمان مقدار نیروی تأثیرگذار بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ هزار سال متغیر است. یک زلزله، نتیجه حرکتی است که در مدت چند میلیون سال دوام داشته است. بنابراین نمی‌توان پدیده‌های درگیر در تغییر هوا را که در سطح زمین قابل رؤیت و اندازه‌گیری است، با پدیده بروز زلزله که در مقیاس زمین‌شناختی (میلیون‌ها سال) عمل می‌کند و هیچ‌یک از عوامل درگیر در آن قابل رؤیت و اندازه‌گیری نیست، مورد مقایسه قرار داد.

پیشگیری

می‌گویند پیشگیری نوعی درمان است حال که نمی‌توانیم وقوع زلزله را پیش‌بینی کنیم، باید برای کاهش اثرات مخرب آن اقدام کنیم. این‌همان پیشگیری است. با توجه به اینکه ما در کشوری زلزله‌خیز زندگی می‌کنیم که قدیمی‌ترین آنها در خرداد سال ۱۷۵۵ میلادی چهارهزار نفر قربانی و در ۵۰ سال اخیر در بوبین‌زهرای قزوین، دشت بیاض خراسان، گلپایف کرمان، بم، طبیس، ورزقان، حوالی بیرجند و بندرعباس قربانی‌های زیاد داشته است و مسلماً در آینده هم تکرار خواهند شد، لازم است به نکات زیر در کاستن بلایا توجه کنیم:

- تهیه نقشه خطر:** این نقشه برای تمام ایران ترسیم شده است، ولی مقیاس آن برای کشوری که تقریباً تمام گسل‌های آن فعال است، دقیق نیست و نمی‌توان به وسیله آن، مردم را از مناطق خطر بر حذر داشت. در این نقشه، ایران به چهار منطقه با ریسک خیلی زیاد، زیاد، متوسط و اندک تقسیم شده است. متأسفانه تمام

زمین موجب بروز زلزله و آتشفشان می‌شود. انرژی نهفته درون زمین است که از بدو تولد آن تا به امروز موجب بروز زلزله و آتشفشان در مکان‌هایی که لیه این ورقه‌ها را تشکیل می‌دهند، شده است و متأسفانه کشور ما یکی از محل‌های پرخطر ورقه‌های لیتوسفری

زمین در گذشته بوده و در آینده نیز با بازشدن بیشتر دریای سرخ، نیروهای جانبی موجب حرکت شبه‌قاره عربستان به سمت ایران شده و تنش‌تال می‌توان اندازدگی کف اقیانوس هند، سرزمین‌های جنوبی تحت فشار قرار می‌گیرند و زمین ایران تحت فشار نیروهای تکتونیکی مداوم قرار خواهد داشت.

چرا نمی‌توان زمان وقوع زلزله را پیش‌بینی کرد؟

همیشه این سؤال مطرح می‌شود که چگونه هرروز، هوشناسان وضع هوای فردا را اعلام می‌کنند، ولی این مسئله درباره آتشفشان و زلزله غیرممکن است؟ جواب چندان مشکل نیست. هوشناسان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای میزان رطوبت و دمای هوا و سرعت وزش باد روزهای قبل را بررسی می‌کنند و با توجه به آنکه روندها مشابه و در یک جهت دنبال می‌شوند، می‌توانند وضعیت هوا را در هشت تا ۱۰ روز آینده پیش‌بینی کنند زیرا منحنی‌های تغییرات دما، رطوبت و ... در فاصله چند روز نسبتاً منظم هستند، ولی در مقیاس چند ماه حالت کاملاً نامنظمی پیدا می‌کنند. با وجود تمام داده‌ها، حداکثر مدت پیش‌بینی وضع هوای روزانه از هشت روز تجاوز نمی‌کند. بنابراین، تمام عوامل درگیر در تغییر وضع هوا را می‌توان اندازه‌گیری کرد و هرقدر فاصله زمانی زیادتر باشد، پیش‌بینی دقیق وضع هوا غیرممکن خواهد بود. حال عوامل شناخته هوشناسی را با عوامل بروز زلزله مقایسه کنیم: در درون زمین هیچ‌یک از عوامل دخیل در ایجاد زلزله؛ مثلاً مقدار و جهت تأثیر نیروها، ضخامت و مقاومت لایه‌های استکی، عمق کانون و عوامل دیگر نه رؤیت‌پذیرند و نه می‌توان آنها را اندازه‌گیری



مهدی زارع،

به سیزدهمین سالروز زلزله پنجم دی‌ماه ۱۳۸۲ بم رسیدیم. در آن شب حدود ۲۵ درصد جمعیت شهر بم کشته شدند. زلزله کوماموتو ژاپن در ۱۴ آوریل ۲۰۱۶ (۲۶ فروردین ۹۵) با یک پیش‌لرزه با بزرگای ۶٫۲ در عمق ۱۰ کیلومتری آغاز شد و سپس با رخداد زمین‌لرزه اصلی با بزرگای ۷٫۲ (در روز جمعه ۱۵ آوریل، ۲۷ فروردین که به وقت محلی در اولین ساعات شنبه به وقت ژاپن بود)، ادامه یافت که درمجموع، تلفات ۴۹ نفری از این رخداد‌های سلسله‌وار گزارش شد. توجه کنید که این زلزله‌ها در زیر شهر کوماموتو و هرود در نیمه‌های شب و در عمق حدود ۱۰ تا ۱۱ کیلومتری رخ دادند. از این نظر، این زلزله شرایطی مشابه با زلزله بم ۱۳۸۲ داشت، که موجب ۲۶ هزارو ۲۷۱ کشته شد. ضمن اینکه در زمان زلزله بم جمعیت شهر حدود ۱۰۶هزار نفر ارزیابی می‌شود و شهر کوماموتو بالغ بر ۷۵۰هزار نفر جمعیت دارد. این موضوع کاملاً نشان از آن دارد که با تلاش حدود ۹۰ ساله ژاپنی‌ها در مسئله زلزله (از زلزله ۱۹۲۳ کانتو به‌بعد) و به‌ویژه در سال‌های بعد از جنگ جهانی دوم و در ۷۰ سال اخیر، توسعه‌ای در جهت و همگام با حفظ ایمنی در این کشور پیشرفته دنیا رخ‌داده است که موجب شده آسیب‌پذیری انسانی در سوانحی مانند زلزله بسیار کاهش پیدا کند. ژاپن نماد بسیار خوبی از کشور توسعه‌یافته با توسعه زیرساخت سازگار با شرایط سخت این کشور از دیدگاه زلزله و سوانح طبیعی است، به‌نحوی‌که هم در زیرساخت‌ها و شهرسازی، زیرساخت‌هایی با ایمنی بسیار بالا ایجاد کرده‌اند و هم از دید جنبه‌های اجتماعی و روانی، یکی از بالاترین سرمایه‌های اجتماعی را در دنیا در هنگام زلزله‌ها (از دید رفتار مردم در



علی درویش‌زاده،

خروج مواد مذاب و آتشفشانی، وجود چشمه‌های آب گرم و ازدیاد دما به‌هنگام حفر چاه‌ها، نشان‌دهنده این واقعیت است که درون زمین گرم است. این گرما یا از تلاشی مواد رادیواکتیو مانند توریم، اورانیوم و... حاصل می‌شوند که در سنگ‌های سازنده لیتوسفر زمین فراوان‌ترند یا باقیمانده دمای زمین اولیه است که در ابتدا حالت کاملاً مذاب داشته و پس از سردشدن و انجماد به‌تدریج پیوسته جامد روی آن تشکیل شد و در مدت ۴٫۵ میلیارد سال تا عمق دوهزارو ۹۰۰ کیلومتری آن به حالت جامد درآمد. ضمن آنکه هسته داخلی آن حالت جامد و هسته خارجی به‌علت دمای زیاد (بیش از سه‌هزار درجه سانتی‌گراد) به حالت مایع است. احتمالاً در حدود یک میلیارد سال دیگر، گرمای هسته خارجی به صورت تشعشع از آن خارج می‌شود و به سطح زمین می‌رسد و تمام هسته زمین به صورت جامد درمی‌آید. در آن زمان، عقربه قطب‌نما از حرکت بازمی‌ایستد. خروج گرما از درون زمین به صورت جریان جابه‌جایی از اعماق تا زیر لیتوسفر زمین ادامه می‌یابد و موجب حرکت ورقه‌های لیتوسفری در جهات مختلف در سطح زمین می‌شود و به‌این‌ترتیب انرژی حرارتی درونی به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود. بر اثر همین حرکات و جابه‌جایی‌ها، ورقه‌های لیتوسفری در جاهایی به‌هم برخورد می‌کنند و زلزله‌ای مهیب ایجاد می‌شود و سلسله‌کوه‌های ممتد در محل برخورد به‌وجود می‌آید و در جایی ورقه‌های مزبور از هم دور می‌شوند و شکاف‌های عمیق ممتد تولید می‌شود که مواد مذاب از آن به سطح زمین می‌رسد. بنابراین، انرژی لازم برای حرکت ورقه‌های لیتوسفری که در سطح