

زمین پزشکی کادمیوم

محبوبه حسینی

کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی

کارشناس موزه تاریخ طبیعی و تکنولوژی دانشگاه شیراز

اشاره

همان‌گونه که پوسته زمین از عناصر مختلف تشکیل یافته است، اعضا و اندام‌های موجودات زنده نیز از ترکیب عناصر مختلف به وجود آمده‌اند. برای مثال بیش از ۹۹٪ وزن اندام‌های انسانی از ۶ عنصر اکسیژن، کربن، هیدروژن، نیتروژن، کلسیم و فسفر تشکیل شده است. گروهی از عناصر (فلزات و غیرفلزات) اگر به مقادیر زیاد و غیرعادی وارد بدن شوند برای سلامتی زیان آور شده و منجر به بروز مشکلات قابل توجهی خواهند شد. برخی از فلزات هم‌چون آهن، منیزیم، پتاسیم، کلسیم، روی، مس، ید، سلنیم و فلوئور برای سلامتی سودمند بوده و نقش مهمی در متابولیسم عادی و عملکردهای فیزیولوژیک بدن انسان دارد. بعضی دیگر از قبیل کادمیوم، آرسنیک، سرب، جیوه و برخی از ترکیبات اورانیوم حتی در مقادیر کم نیز مضرند. یک دسته از فعالیت‌های انسانی و پدیده‌های طبیعی از جمله:

- راهیابی پسماندهای مواد معدنی سمی بر اثر استخراج و انبارش آن‌ها به آب‌های زیرزمینی و شبکه هیدروگرافی؛

- راهیابی پسماندهای مواد معدنی بر اثر تغییر سطح اساس سفره؛

- تبدیل مواد سمی نامحلول به محلول؛

- آزاد شدن گازهای سمی در هنگام زمین‌لرزه؛

- انتشار مواد سمی بر اثر فعالیتهای آتش‌فشانی و...

باعث شده است که فلزات از خاستگاه‌هایی که در آن‌جا نسبتاً بی‌ضررند و به مکان‌هایی که در آن‌جا برای انسان‌ها و جانوران زیان آورند، منتقل شوند. عناصر سمی موجود در خاک و سنگ، چه بر اثر واکنش‌های ژئوشیمیایی طبیعی و چه بر اثر فعالیت‌های انسانی، معمولاً به‌طور غیرمستقیم بر سلامتی انسان اثر می‌گذارند و از طریق غذا یا نوشیدنی وارد بدن می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: کادمیوم، پوسته زمین، زمین پزشکی، رادیواکتیو، انجمن زمین‌شناسی پزشکی.



گروهی از عناصر (فلزات و غیرفلزات) اگر

به مقادیر زیاد و غیرعادی وارد بدن شوند

برای سلامتی زیان آور شده و منجر به بروز

مشکلات قابل توجهی خواهند شد

کادمیوم

زمین پزشکی^۱ علمی است که به بررسی ارتباط بین عوامل زمین‌شناسی با سلامت انسان‌ها و جانوران و تأثیر زیست‌محیطی این عوامل بر پراکندگی جغرافیایی بیماری‌های مرتبط می‌پردازد. این علم مشتمل بر مطالعات ژئوشیمی^۲، هیدروژئوشیمی^۳، رادیوژن‌ها^۴، پترولوژی^۴، پزشکی و دام‌پزشکی^۵ می‌باشد.

از بیماری‌های جهانی و شناخته‌شده زمین پزشکی می‌توان به بیماری‌های مربوط به فزونی یا کمبود عناصری خاص مانند فلورین، آرسنیک، ید، عناصر رادیواکتیو و غیره اشاره نمود.

تشکیل کار گروه بین‌المللی زمین‌شناسی پزشکی از سوی انجمن بین‌المللی زمین‌شناسی در سال ۱۹۹۶ اولین اقدام رسمی در زمینه این گونه مطالعات بود. به دنبال آن، در سال ۲۰۰۴ «انجمن زمین‌شناسی پزشکی» با حضور ۱۵۰ متخصص از ۷۱ کشور تشکیل شد و در ژانویه ۲۰۰۶ با هدف مطالعات موردی در این شاخه از علم رسماً آغاز به کار کرد. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران نیز، به‌عنوان سیاستگذار و مجری مطالعات بنیادی علوم زمین در کشور همگام با رشد روزافزون این دانش در سایر کشورهای جهان، در سال ۱۳۸۶ مبادرت به ایجاد «واحد اجرای پژوهش‌های زمین‌شناسی پزشکی» نمود. حال با توجه به این‌که کشور ما بخشی از کمربند پراکندگی جغرافیایی بیماری‌هایی نظیر گواتر، کم‌خونی، تالاسمی ماژور و برخی از انواع سرطان‌هاست، لزوم بررسی و تحقیقات همه‌جانبه و هرچه بیشتر در این زمینه و در سطح ملی امری بدیهی به نظر می‌رسد.

کادمیوم در طبیعت

کادمیوم در طبیعت ناچیز و به مقدار ppm ۰/۱ تا ۰/۵ در پوسته، جامد زمین وجود دارد. این عنصر (فلز) نخستین



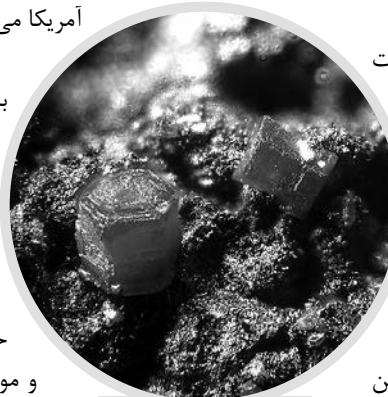
پزشکی عنصر کادمیوم می‌پردازیم. در جدول ۱- مشخصات این فلز آورده شده است.

جدول ۱. خواص فیزیکی و شیمیایی عنصر کادمیوم (Cd)

جامد	حالت استاندارد
خاکستری نقره‌ای متالیک	رنگ
۱۴۸/۹	شعاع اتمی
۱۱۲/۴۰	جرم اتمی
۳۲۱/۰۷	نقطه ذوب
۷۶۷	نقطه جوش
۸/۶۵۰	چگالی
۴۸	عدد اتمی
۱۲	نام گروه
۵	دوره تناوبی

گربینوکیت^۶ یا سولفید کادمیوم (Cd) تنها کانی کادمیوم‌دار است که در طبیعت نیز بسیار کمیاب است. دلیل این امر لزوم شرایط بسیار خاصی از نظر دما، فشار، PH و فوگاسیته اکسیژن سیال کانه‌دار^۷ می‌باشد. از این نوع بلورهای هگزاگونال نادر و تیپیک گربینوکیت تنها به چند منطقه محدود دنیا، از جمله نامیبیا، بولیوی و نیوجرسی آمریکا می‌توان اشاره کرد (شکل ۲).

کادمیوم و روی شباهت ژئوشیمیایی بسیار نزدیکی با یکدیگر دارند و لذا به‌طور معمول کادمیوم همراه با کانی‌های حاوی روی به‌ویژه اسفالریت یا روی سولفید و به‌صورت پودر زردرنگی بر روی سطح و یا داخل شبکه بلوری آن یافت می‌شود. کادمیومی که در حال حاضر در دنیا استخراج می‌شود و مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌صورت محصول فرعی از کنسانتره‌های روی استخراج



تصویر ۲. بلورهای گربینوکیت

بار در سال ۱۸۷۱، به‌طور همزمان، توسط دو پژوهشگر آلمانی به نام‌های استرومایر^۱ و هرمان^۲ به‌صورت ناخالصی در کربنات روی شناخته و کشف شد. عدد اتمی کادمیم ۴۰ است و این فلز در جدول تناوبی بین روی و جیوه قرار دارد. تنها کانی مهم شناخته شده کادمیوم گربینوکیت^۳ یا سولفور کادمیوم است که غالباً با اسفالریت^۴ یا سولفور روی همراه است. علت این همراهی تشابه ژئوشیمیایی کادمیوم و روی است. کادمیوم معمولاً فقط به‌صورت فرآورده‌های جانبی حاصل از معدن کاوی، و نیز ذوب و پالایش سنگ‌های معدنی سولفور و به‌میزان کمتری از سولفورهای سرب و مس به‌دست می‌آید.

سنگ‌هایی که غالباً برای تولید کود فسفاته استخراج می‌شود حاوی مقادیر متغییری از کادمیوم است که در نهایت منجر به افزایش تراکم آن به میزان ۳۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم شده است و از این طریق وارد خاک کشاورزی و تولید فرآورده‌های کشاورزی می‌شود.

بزرگ‌ترین میزان تولید کادمیوم متعلق به کشور چین است که یک ششم کادمیوم جهان را تولید می‌کند؛ به‌دنبال آن کشورهای ژاپن و کره جنوبی قرار دارند.

اثرات زیست‌محیطی آن

عنصر کادمیوم یکی از این فلزات سمی است که به‌صورت یون هیدراته یا ترکیبات پیچیده معدنی مانند کربنات، هیدروکسید، کلرید، سولفات و هم‌چنین ترکیبات آلی همراه با اسید هومیک یافت می‌شود و افزایش آن در بدن معمولاً منجر به بروز بیماری‌های حاد ریوی، کلیوی و استخوانی می‌گردد. در این پژوهش به‌طور اجمالی به مطالعه زمین‌شناسی

جدول ۲. مشخصات کلی ذخایر مهم سرب و روی ایران

نام معدن	عیار روی (%)	عیار سرب (%)	ذخیره قطعی (تن)	استان
انگوران	۶	۲۴	۹۰۰۰۰۰	زنجان
ایرانکوه	۲/۵	۱۱	۷۰۰۰۰۰	اصفهان
کوشک	۳	۱۵	۸۰۰۰۰۰	یزد
نخلک	۸-۵	-	۶۰۰۰۰۰	اصفهان
آهنگران	۶	۱	۵۰۰۰۰۰	همدان
الیکا	۶	-	۵۰۰۰۰۰	گیلان
راونج	۹-۳	-	۳۵۰۰۰۰	اصفهان
زه‌آباد	۴/۵	۶/۵	۴۰۰۰۰	قزوین
نای‌بند	۸-۷	۵-۱	۳۵۰۰	اصفهان

فسیلی وارد هوا می‌شود.

یکی دیگر از منابع اصلی منتشرکننده کادمیوم تولید کودهای فسفاته مصنوعی است. بعد از آن که این کود در مزارع مورد استفاده قرار گرفت، بخشی از کادمیوم وارد خاک می‌شود و بقیه آن، در حین انهدام زباله‌های حاصل از تولید کود توسط شرکت‌های تولیدکننده، وارد آب‌های سطحی می‌گردد. وقتی کادمیوم توسط گل و لای جذب شود، می‌تواند مسافت زیادی را طی کند. این گل و لای حاوی کادمیوم، آب‌های سطحی را نیز هم‌چون خاک آلوده می‌کند. کادمیوم جذب مواد آلی موجود در خاک می‌شود. در خاک‌های اسیدی، گیاهان کادمیوم بیشتری را جذب می‌کنند که در نتیجه آن زندگی و بقای جانورانی که از این گیاهان تغذیه می‌کنند به خطر می‌افتد.

کرم‌های خاکی و دیگر ارگانسیم‌های خاک به سم کادمیوم بسیار حساس‌اند. حتی غلظت بسیار کمی از این ماده آن‌ها را از بین می‌برد و لذا ساختار خاک تغییر می‌کند. هنگامی که غلظت کادمیوم در خاک بالا باشد، فرآیندهایی که میکروارگانسیم‌ها در خاک انجام می‌دهند، مختل شده و کل اکوسیستم خاک در معرض خطر قرار می‌گیرد. در اکوسیستم‌های آبی، کادمیوم در بدن صدف‌های رودخانه‌ای، میگوها، خرچنگ‌ها و ماهی‌ها تجمع می‌یابد. حساسیت جانداران مختلف آبی نسبت به کادمیوم متفاوت است. مثلاً جانداران آب شور نسبت به سم کادمیوم مقاومت از جانداران آب شیرین هستند. جانورانی که کادمیوم را می‌خورند یا می‌نوشند، دچار فشار خون بالا، بیماری‌های کبد و صدمات مغزی و نخاعی می‌شوند.

آسیب‌ها و بیماری‌ها

آسیب‌رسانی کادمیوم به بدن انسان به عواملی همچون

می‌گردد تا جایی که ذخایر کادمیوم هر کشور به صورت درصدی از ذخایر روی همان کشور عنوان می‌گردد. بنابراین می‌توان کادمیوم را در جایگاه‌های مختلف زمین‌شناسی از جمله پگماتیت‌ها، گرانیته‌ها، کانسارهای هیدروترمال، ذخایر تیپ‌می‌سی‌سی‌پی و... یافت. ولی باید توجه داشت که محتوای کادمیوم هر کدام از این ذخایر با یکدیگر متفاوت است. به‌عنوان مثال، محتوای کادمیوم اسفالریت ذخایر تیپ‌می‌سی‌سی‌پی به‌مراتب بیشتر از محتوای کادمیوم اسفالریت ذخایر برون‌دی^۸ است. به‌طور کلی محتوای کادمیوم کانسنگ روی بین ۰/۲٪ تا ۰/۳٪ متغیر است. براساس آمار ارائه شده توسط USGS کشورهای کانادا، پرو، چین، آمریکا، استرالیا، مکزیک، مراکش و سوئد بیشترین میزان ذخایر روی دنیا و در نتیجه بیشترین میزان ذخایر کادمیوم را به خود اختصاص داده‌اند. برای برآورد ذخایر کادمیوم ایران کافی است به مطالعه کانسارهای سرب و روی موجود در کشورمان بپردازیم. در جدول ۲ مشخصات عیار و ذخیره قطعی مهم‌ترین معادن فعال سرب و روی ایران آورده شده است.

از کادمیوم در ساخت کودها و آفت‌کش‌ها، آبکاری الکتریکی، لحیم‌کاری، ساخت باتری‌های نیکل-کادمیوم و پیل‌های استاندارد کنترل شکافت هسته‌ای، فسفرهای تلویزیون‌های رنگی و سیاه‌سفید، ساخت رنگدانه‌های قرمز و زرد و... استفاده می‌شود. به‌طور طبیعی سالانه حدود ۲۵۰۰ تن کادمیوم وارد محیط زیست می‌شود. حدود نیمی از این مقدار از طریق هوازدگی سنگ‌ها وارد رودخانه‌ها و بخشی نیز از طریق آتش‌سوزی‌های جنگل‌ها و آتش‌فشان‌ها وارد هوا می‌شود. بقیه کادمیوم از طریق فعالیت‌های صنعتی بشر وارد محیط می‌گردد، بدین‌صورت همراه با شیرابه زباله‌های صنعتی وارد خاک و از طریق سوزاندن زباله و سوخت‌های

از کادمیوم در

ساخت کودها

و آفت‌کش‌ها،

آبکاری الکتریکی،

لحیم‌کاری، ساخت

باتری‌های نیکل-

کادمیوم و پیل‌های

استاندارد کنترل

شکافت هسته‌ای،

فسفرهای

تلویزیون‌های

رنگی و سیاه‌سفید،

ساخت رنگدانه‌های

قرمز و زرد و...

استفاده می‌شود

دوره هفدهم
شماره ۱ پاییز ۱۳۹۰

۲۹
ژانویه
آمورش
زین‌شناسی

جدول ۳. مقایسه غلظت کادمیوم در برنج‌های سالم و برنج‌های آلوده به کادمیوم (mg/kg)

نوع برنج	آلوده	سالم
برنج سفید غیر گلوآینه	۰/۵۲	۰/۰۴۸
برنج شلتوک غیر گلوآینه	۰/۵۴	۰/۰۷۹
برنج سفید گلوآینه	۱/۰۳	۰/۰۷۱
برنج شلتوک گلوآینه	۱/۱۲	۰/۱۵۱

فرم کادمیوم موجود، مقدار کادمیوم دریافت شده و راه ورود آن به بدن بستگی دارد. کادمیوم به‌طور عمده از راه غذا وارد بدن انسان می‌شود. غذاهایی که میزان کادمیوم موجود در آن‌ها بالاست، غلظت کادمیوم در بدن را به شدت افزایش می‌دهند. از جمله این غذاها می‌توان به جگر، قارچ، صدف‌های رودخانه‌ای و جلبک‌های دریایی خشک شده اشاره نمود.

مهم‌ترین بیماری مرتبط با این عنصر، بیماری ایتای-ایتای^۱ است که برای اولین بار در سال ۱۹۴۶ در نواحی اطراف رودخانه «جین‌تسو» در ژاپن مشاهده گردید. در این بیماری دردهای استخوانی طاقت‌فرسایی، به‌خصوص در استخوان‌های اطراف لگن خاصره، بروز می‌کند و بعد از مدتی منجر به شکستگی‌های متعدد در استخوان‌ها می‌شود. دوره کمون این بیماری ۱۰-۵ سال و گاهی تا ۳۰ سال می‌باشد. از اولین علائم مسمومیت با کادمیوم می‌توان از بروز حلقه زرد بر دندان‌ها، ضعف حس بویایی، کم‌شدن تعداد سلول‌های قرمز خون و بالاخره تجزیه مغز استخوان نام برد. کمبود کلسیم در این نوع مسمومیت به‌حدی است که استخوان‌ها حالت خمیدگی یافته و تا ۳۰ درجه کم می‌شود (تصویر ۳).

تحقیقات نشان داد که افراد ژاپنی فوق‌سال‌ها برنج حاصل از شالیزارهایی را مصرف می‌کرده‌اند که نزدیک به یک معدن روی (Zn) قرار داشته و به‌وسیله آب رودخانه‌ای که آلوده به کادمیوم بوده آبیاری می‌شده است. به‌طور کلی در اثر ابتلا به این بیماری، حدود ۲۰۰ نفر از بیماران معلول شدند و ۱۰۰ نفر دیگر جان باختند. در جدول ۳ غلظت کادمیوم در برنج روئیده در مناطق آلوده، که سبب ابتلای بیش از ۱۰ درصد افراد به بیماری ایتای-ایتای شده است، با غلظت آن در برنج‌های سالم مقایسه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید غلظت کادمیوم در برنج‌های آلوده ۱۴ برابر بیشتر از غلظت آن در برنج‌های سالم است.

این عنصر علاوه بر ورود به بدن از طریق خوردن، آشامیدن

و تماس پوستی، از طریق استنشاق و به شکل بخارات یا گرد و خاک نیز وارد بدن انسان می‌شود که منجر به تورم ریوی می‌گردد؛ در این حالت کیسه‌های کوچک هوایی بزرگ شده و نهایتاً در اثر حجم کم ریه تخریب می‌شوند. اثرات حاد ناشی از استنشاق آن شامل ابتلای فرد به برونشیت و ذات‌الریه است که در مواردی به مرگ منجر می‌شود. کادمیوم می‌تواند از طریق سیستم گردش خون نیز وارد کبد گردد که در کبد به پروتئین‌ها متصل می‌شود و کمپلکسی را تشکیل می‌دهد که به کلیه می‌رود. کادمیوم در کلیه تجمع می‌کند و باعث اختلال در فرآیند تصفیه می‌شود. این امر باعث دفع پروتئین‌های ضروری و قند از بدن گردیده و به کلیه‌ها آسیب شدیدی می‌رساند. بخش قشری کلیه یکی از اندام‌های بحرانی برای تجمع کادمیوم به‌شمار می‌رود و دفع کادمیوم تجمع‌یافته در کلیه مدت بسیار زیادی به‌طول می‌انجامد.

عوارض دیگری که توسط کادمیوم ایجاد می‌شود عبارت است از:

- اسهال، شکم‌درد و استفراغ شدید
- عقیم شدن و نازایی
- آسیب‌دیدن سیستم عصبی مرکزی
- آسیب دیدن سیستم ایمنی
- بروز ناهنجاری‌های روانی
- آسیب دیدن DNA و ابتلا به سرطان

حال که با راه‌های ورود این فلز به محیط زیست و بدن انسان آشنا شدیم، با انجام یک رشته اقدامات پیشگیرانه، ضمن پیوستن به کشورهای صنعتی دنیا می‌توانیم از شیوع چنین بیماری‌هایی در کشورمان، از طریق راه‌های زیر جلوگیری کنیم.

۱. عدم استفاده از آفت‌کش‌ها و کودهای فسفاته آلوده به کادمیوم با دوز بالا؛
۲. نظارت بر سالم بودن برنج و دیگر محصولات

در این بیماری دردهای استخوانی

طاقت فرسای، به خصوص در

استخوان‌های اطراف لگن خاصره،

بروز می‌کند و بعد از مدتی منجر

به شکستگی‌های متعدد در

استخوان‌ها می‌شود. دورهٔ کمون

این بیماری ۱۰-۵ سال و گاهی تا

۳۰ سال می‌باشد

12. Greenokiet 13. Sphalerite

منابع

1. سبط النبی، ز. (۱۳۸۰). اثرات زیست محیطی کادمیوم؛ پایان‌نامه کارشناسی محیط‌زیست دانشگاه آزاد اهواز.
2. عرفان منش، م. و همکاران (۱۳۸۵). آلودگی محیط‌زیست آب، خاک و هوا؛ انتشارات ارکان.
3. Cadmium and Peripheral Arterial Disease: Gender Differences in the 1999-2004 US National Health and Nutrition Examination Survey Am. J. Epidemiol. (2010) 172(6): 671-681. first published online August 6, 2010.
4. Patterson, D. (1985) Zincian greenockite in stratiform lead-zinc-silver mineralization at Lady LORETTA, NW Queensland, Canadian Mineralogist, vol. 23, pp. 89-94.
5. Schwartz, M. (2000) Cadmium in Zinc Deposits: Economic Geology of a Polluting Element, International Geology Review, Vol 42, Issue 5, pp. 445-469.
6. Tombros S. et al. (2005) greenockite and zincon greenockite in epithermal Ag-Aut-Te mineralization, publish online by Schweizerbart'ssche verlagsbuchhandlung, Vol 182/1, pp. 1-9.
7. <http://www.usgs.org> سازمان زمین‌شناسی آمریکا
8. <http://www.gsi.ir/Medical/medical.html>
9. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور <http://www.ngdir.ir>
10. <http://danshameh.roshd.ir>
- برنج اصلاح‌شدهٔ ایرانی به جای برنج آلودهٔ خارجی <http://eve.iran-newspaper.com/1388/7/7/IranAsr/4323/page/4/...html>

این عنصر علاوه بر ورود

به بدن از طریق خوردن،

آشامیدن و تماس پوستی،

از طریق استنشاق و به

شکل بخارات یا گرد و

خاک نیز وارد بدن انسان

می‌شود که منجر به تورم

ریوی می‌گردد

کشاورزی وارداتی از سایر کشورها؛

۳. جلوگیری از راهیابی شیرابهٔ زباله‌های صنعتی مربوط به کارخانه‌های فرآوری سرب، روی و فسفات به آب‌های سطحی و زیرزمینی؛

۴. عدم دفن زباله‌های صنعتی آلوده به کادمیوم در نزدیکی مناطق مسکونی؛

۵. بهبود و ارتقای سیستم تهویه محیط‌های کاری که با این فلز در ارتباطند و همچنین آموزش کارگران این مراکز به چگونگی ورود کادمیوم به بدن و الزام آن‌ها به استفاده از ماسک‌هایی که بدین منظور تهیه شده است.

پی‌نوشت

1. Geomedicine

2. مطالعهٔ ژئوشیمی خاک و رسوب به منظور شناسایی کمی و کیفی عناصر و روند تأثیر آن‌ها بر سلامت، مطالعهٔ پراکنندگی فلزات سنگین در خاک شهری، مطالعهٔ کمی عناصر ریزمغذی در نمونه‌های خاک کشاورزی و مطالعهٔ آلودگی‌های ناشی از سموم و آفت‌کش‌های آلی در زمین‌های زراعی.
3. مطالعهٔ خواص فیزیکوشیمیایی منابع آب شرب و کشاورزی، اندازه‌گیری کمی و کیفی عناصر سمی در منابع زیرزمینی و سطحی، اندازه‌گیری کمی و کیفی آلاینده‌های آلی در منابع زیرزمینی و سطحی، اندازه‌گیری ترکیبات سمی در پساب‌های صنعتی و معدنی مطابق با استانداردهای زیست‌محیطی.
4. تعیین مناطق با پرتوایی بالا، اندازه‌گیری کمی عناصر پرتوای طبیعی در خاک، اندازه‌گیری کمی عناصر پرتوای طبیعی در آب بر طبق استانداردهای آب آشامیدنی، اندازه‌گیری کمی عناصر پرتوای طبیعی در محصولات کشاورزی و باغی، اندازه‌گیری مقدار رادون در مناطق شهری و بررسی تأثیر آن بر سلامت انسان.
5. بررسی سنگ‌شناسی و شناسایی واحدهای لیتولوژیکی از لحاظ تأثیرگذاری بر نمونه‌های آب و خاک منطقه مورد مطالعه و شناسایی کانی‌های مؤثر در برگیرندهٔ عناصر جهت بررسی تأثیر بر محیط‌زیست مفید می‌باشد.
6. جمع‌آوری و تحلیل داده‌های آماری مربوط به بیماری‌های ژئوتونیک (فلورسیس، ارستوکوزیس، سیلیکوزیس و...) در نواحی جمعیتی و همچنین ارائهٔ راهکارهای مناسب جهت پیشگیری و یا حذف عوامل زمین‌شناسی و محیطی مؤثر در بروز بیماری‌های شایع در انسان و دام.

6. Greenokiet 7. Ore Bearing fluid

8. Exhalative 9. Itai-Itai

10. Stromeyer 11. Hemann

دورهٔ هفدهم
شمارهٔ ۱ پاییز ۱۳۹۰

۳۱
ژئوشناسی