زمین شناسی زیست محیطی و ارتباط آن با بیماریها

نوشته : حبیبه عطاپور * و دکتر علیجان آفتابی **

چکیده :

فرآیندهای زمین شناسی، معدنی ، کشاورزی و صنعتی عامل بوجود آوردن مواد مسموم کننده در چرخه زیست محیطی می‌باشند. اگر چه بعضی از فعالیت های سودمند شیمیایی باعث کنترل بیماری‌هایی نظیر طاعون می گردد، اما اغلب آلوده شدن محیط زیست انسان به وسیله کانی‌ها و عناصر مسموم کننده بیماریهای مختلفی را به وجود می آورد. مطالعات پژوهش گران زیست محیطی نشان می‌دهد که هوازدگی شیمیایی سنگ‌ها، معادن متروکه، ثفاله های معدنی، صنعتی و کشاورزی می‌تواند باعث آزاد شدن عناصر مسمومیت زا (سرب، روی، کادمیم، جیوه و غیره) در چرخه زیست محیطی گردیده و در نهایت بیماری‌های زیست محیطی را بوجود آورد

کلیه عناصر تشکیل دهنده پوسته زمین که از طریق چرخه ژئوشیمیایی زمین (خاک ، آب، هوا وغیره) وارد بدن می‌شوند در صورتی‌که بیش از سه برابر مرز مجاز مورد نیاز بدن مصرف شوند می‌توانند در دراز مدت خطر آفرین باشند. عناصر کالکوفیل (کادمیم، روی، نیکل، کبالت، جیوه، سرب ، آرسنیک، آنتیموان و بیسموت) بیشترین خطر مسمومیت زایی را برای ایجاد بیماری‌های قلبی و سرطانی دارند و در رده بعد عناصر لیتوفیل نظیر آلومینیم، باریم، بریلیم و تالیم در بعضی موارد مسمومیت زا می‌باشند. بعضی از عناصر واسطه‌ای جدول مندلیف نظیر کرُم، منگنز، آهن و عناصر گروه رادیواکتیو با مقادیر مصرفی زیاد سرطان زا هستند. مطالعات زیست محیطی نشان داده است که بسیاری از عناصر اصلی نظیر سدیم، پتاسیم، روبیدیم، سزیم ، کلسیم، کربن، ازت، فلوئور، فسفر، گوگرد، کلر و بد خطرات زیست محیطی چندانی ندارند. از جمله کانی هایی‌که باعث ایجاد سرطان‌های خطرناک می‌شود، گروه سرپانتین است که در چندین کشور ثابت شده است. مقدار بیش از حد SO_2 حاصل از ذوب مواد معدنی (بیش از ۰/۲ میلی گرم در هر لیتر هوا) می‌تواند باعث ناهنجاری‌های تنفسی و مرگ گردد. نتایج تحلیلی این مقاله نشان می دهد که در چرخه زیست محیطی، انسان، بیوسفر و آتمسفر و هیدروسفر باعث آزاد شدن کانی‌ها و عناصر مسموم کننده می‌گردند که در شرایط مختلفی می‌توانند بر سلامتی انسان آسیب وارد نمایند و در مواردی که شدت آلودگی‌ها زیاد باشد باعث ناهنجاری‌های تنفسی، قلبی، عصبی، سرطانی و در نهایت مرگ می‌گردد.

مقدمه

برای بررسی جنبه‌های ژئوشیمیایی و زمین‌شناسی سلامتی محیطی باید عوامل فرهنگی و آب و هوایی را به طور کامل مورد نظر قرار داد. عامل‌های فرهنگی یک جامعه به کلیه مفاهیم و تکنیک‌هایی که یک گروه از مردم برای زنده ماندن در جامعه به کار می‌برند اطلاق می‌گردد. میزان شیوع یک بیماری در جامعه به عامل‌های فرهنگی، رسوم و عادات محلی و درجه و میزان صنعتی بودن آن منطقه و جامعه بستگی دارد. جامعه‌های ابتدایی که مستقیماً بر روی زمین زندگی کرده و از آب و زمین به طور مستقیم استفاده می‌نمودند به آسانی دچار بیماری‌هایی نظیر طاعون می‌شدند. در جامعه‌های صنعتی بیماری‌هایی چون تیفوئید و وبا ریشه‌کن گردیده اما مردمان این مناطق هنوز از بیماری‌های دیگر مانند سرطان و بیماری‌هایی که در ارتباط با مسمومیت با هوا، خاک و آب است رنج می‌برند. شیوع سرطان به عامل‌های محیطی بستگی تام دارد، به صورتی که بالاترین میزان سرطان معده در مردم ژاپن یک مثال ارتباط فرهنگ و بیماری است. بررسی‌ها نشان داده است که برنج‌هایی که بیشتر مردم ژاپن در غذای خود مصرف می‌کنند بیشتر به صورت پودر شده است و این پودر در حین مراحل مختلف تهیه به تالک و آزبست آغشته می‌گردد و این کانی رشته‌ای عامل بیماری در این منطقه است (Keller, 1979).

* مدیریت زمین‌شناسی منطقه جنوب خاوری (کرمان).

** بخش زمین‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان.

Environmental geology and its relation to diseases

By: H.Atapour * and Dr. A. Aftabi **

Abstract

Geolosical processes, mining activities, Agricultral wastes and industrial dumps are considered as the main sources of the toxic materials in the geoenvironmental cycle. Although, some beneficial chemicals can control diseases such as pests, the severe impacts of toxis minerals and elements on the geoenvironmental cycle are causing different diseases. studies by geoenvironmentalists show that chemical weathering of rocks, mine dumps, industrial and agricultural wastes releases toxic elements (Pb, Zn, Cd, Hg, etc.....) in the geoenvironmental cycle and causes environmental diseases. Most of the elements in the earth crust disperse through soils, waters and air and will ultimately be concentrated in the tissues of the biological systems. When elements are taken three times in excess of their normal concentration in the body, they are considered to be toxic Chalcophile elements are the most toxic groups (Hg, Cd, Zn, Ni, Co, Pb, As, Sb, Bi), followed by the lithophile toxic elements (Al, Ba, Be and Tl). Some of the transitional elements (Ca, Fe, Mn) and radioactive elements are also considered to be dangerous and carcinogenic. Environmental investigations show that major elements (Na, K, Rb, Cs, Ca, C, N, F, P, Cl and S) are essential for body and do not give dangerous respenses, even when taken in much excess. Among the minerals, serpentine groups are reported to be very carcinogenic. Excess of SO2 in the air (0.2 mg/liter) is dangerous and sometimes lethal. The results of this paper indicate that in the geoenvironmental cycle toxic minerals and elements are dispersed through biosphere, atmosphere, hydrosphere and finally reach biological systems, leading to heart, chronic and cancer diseases.

عامل‌های آب و هوایی از قبیل درجه حرارت، رطوبت و مقدار رسوب‌گذاری نیز در ارتباط با بیماری می‌باشد. دو نوع بیماری شیستوزومیازیس (Schistosomiasis) و مالاریا در آب و هوای گرمسیری عامل مؤثری در مرگ و میر بچه‌ها و از دست رفتن انرژی میلیون‌ها انسان در جهان می‌باشد. این بیماری‌ها از جمله بیماری‌هایی است که در ارتباط کامل با عوامل آب و هوایی می‌باشد زیرا عامل‌های انتقال این بیماری پشه‌ها و حلزون‌ها هستند که گسترش آن‌ها نیز از طریق شرایط آب و هوایی کنترل می‌گردد. مثال دیگر عوامل محیطی (آب و هوایی) شیوع بیماری تومور بورکیت (Burkett) در افریقاست. این بیماری که به ندرت کشنده است باعث سرطانی شدن سیستم لنفاوی می‌شود. شرایط آب و هوایی، میزان باران سالیانه بیش از ۵۰۸ میلی‌متر و سطح آب‌های زیرزمینی پایین‌تر از ۱۵۲۴ متر و میانگین سالانه درجه حرارت حداقل ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد باعث این بیماری می‌گردد. لازم به توضیح است که گروهی از پزشکان عامل بیماری فوق را ویروس‌ها می‌دانند و نقش آب و هوا را کم اهمیت تلقی می‌نمایند (شکل ۱). بسیاری از پژوهش‌گران براین باورند که عامل بسیاری از بیماری‌ها تنها وضعیت آب و هوایی نیست. برای مثال در ارتباط با بیماری شیستوزومیازیس، اگر تنها آب

و هوا در این بیماری نقش داشته باشد باید در تمامی نقاطی که این گونه آب و هوای گرمسیری دارند این بیماری شایع گردد در صورتی که چنین نیست، زیرا شرایط مناسب برای این بیماری در رودخانه آمازون به طور کامل فراهم است. دلیل اصلی این مسئله آن است که مقدار کافی کلسیم در آب این مناطق برای تغذیه حلزون‌ها وجود ندارد و این حلزون‌ها میزبان واسط می‌باشند. در نواحی دیگر خاصیت اسیدی آب در حضور مس و سایر فلزات سنگین ممکن است دلیل عدم حضور حلزون‌های لازم در یک محیط مناسب مشابه برای بیماری شیستوزومیازیس باشد (Keller, 1979).

شکل ۱- نقشه‌نگار نقشه آفریقا است. نقاط سیاه، مناطقی است که کمتر از ۱۵۲۴ متر بلندی داشته، درجه حرارت آن حدود ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین باران سالیانه ۵۰۸ میلی‌متر است و در آن تومور بورکیت شایع می‌باشد. (Keller 1979).

کانیهای آلوده کننده و بیماری زا

مطالعات زیست محیطی و زمین شناسی نشان می‌دهد که بسیاری از کانی‌ها یا غبار حاصل از آن‌ها در مناطق معدنی و مسکونی ضایعات و بیماری‌های مختلفی را به وجود می‌آورند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

۱- پنبه نسوز طبیعی (آزبست)

این کانی‌ها به گروه سرپانتین های رشته ای (کریزوتیل) و آمفیبول ها تعلق دارند که در سنگ‌های سرپانتینیتی و سری افیولیتی و معادن کرومیت فراوان می‌باشند. کاربرد این کانی‌ها بیشتر در ترکیبات نسوز و لنت ترمز وسایل نقلیه است. غبار این کانی‌ها در اثر سایش لنت ترمزها و یا پودر شدن سنگ‌ها و مواد معدنی کرومیت دار وارد هوا و محیط های دیگر می گردد و ضایعات فراوانی را بوجود می‌آورد. بر اساس آماری که از کارگران یک مجتمع معدنی و صنعتی نسوز گرفته شده است از ۶۳۲ نفر کارگر ۱۴۴ نفر در اثر سرطان آزبستوسیس از بین رفته اند (Hodges, 1977). عامل اصلی سرطان آزبستوسیس نفوذ رشته های ریز آزبست به درون ریه ها می‌باشد که منجر به سخت شدن ریه ها، سوراخ شدن آن‌ها و در نهایت ایجاد تومرها می گردد. بر پایه بررسی های زیست محیطی اشخاصی که در محیط های مختلف معدنی کار می کنند باید از ماسک‌های ایمنی خاصی استفاده نمایند. انواع مختلف سرطان حاصل از آزبست عبارت‌اند از: سرطان ریه (سرپانتین حاصل از الیوین) سرطان مزوتلیوما (سرپانتین حاصل از آمفیبول‌ها مخصوصاً کروسیدولیت) و سرطان آزبستوسیس (سرپانتین).

۲- تالک:

این کانی‌ها به گروه کانی‌های ورقه ای متعلق می باشد و بیشتر همراه سرپانتین و کلریت در سنگ‌های فوق بازی و بازی و هم چنین سنگ‌های دگرگونی تشکیل می‌شود. در ژاپن جهت جدایش و سفید شدن برنج از تالک استفاده می‌نمایند که دارای مقادیری آزبست می‌باشد که خود عامل سرطان معده در بسیاری از ژاپنی ها می‌باشد. از طرفی مصرف تالک و مواد آرایشی و رنگی می تواند خطرناک باشد (Brookins, 1990).

۳- کوارتز و سنگ‌های حاوی کوارتز:

بسیاری از سنگ‌های کوارتزدار و کوارتز و کوارتزیت عامل ایجاد یک بیماری بنام سلیکوسیس (سخت شدن ریه ها) می‌باشند. افزون بر کوارتز، کانی‌های دیگر نیز با شدت کم‌تری این بیماری را بوجود می‌آورند. این بیماری بیشتر در افرادی دیده شد است که در معادن سیلیس و یا کارخانه های تهیه سیمان و دیگر معادن حاوی کانی‌های سیلیکاتی مشغول بکار هستند. شدت بیماری به قطر ذرات یا غبار بستگی دارد، چنانچه قطر ذرات کمتر (بین ۱ تا ۵ میکرون) باشد خطر بیماری بسیار جدی است. البته ذرات با قطر بیشتر از ۵ میکرون نیز تولید ضایعات تنفسی می‌نماید. عوامل مهم تولید بیماری و بریدگی ریه ها، انحلال کند سیلیس در ریه ها و خاصیت پیزوالکتریک کوارتز می‌باشد که در نهایت منجر به سخت شدگی و ضخیم شدگی ریه ها می گردد (Brookins, 1990).

۴- غبار مواد معدنی:

غبار اکثر مواد معدنی فلزی و غیر فلزی می‌تواند ضایعات خطرناکی را در ریه ها و سیستم های گوارشی بوجود آورد که در این زمینه می‌توان غبار کربن حاصل از معادن زغال سنگ را که باعث

ایجاد مشکلات تنفسی می‌شود نام برد. هم چنین وارد شدن غبار آزبست (سرپانتین) به سیستم گوارشی می تواند سرطان روده و معده را به وجود آورد (Hodges, 1977). گازهای حاصل از ذوب و سوختن مواد معدنی سولفیدی نیز می‌تواند مقادیر زیادی SO2 و عناصر سمی دیگر (جیوه - آرسنیک - سرب و غیره)را وارد هوا نموده و بیماری‌های مختلفی را به وجود آورد. مطالعات زیست محیطی نشان می‌دهد چنانچه مقدار SO2 روزانه بیشتر از ۰/۲ میلی گرم در هر لیتر هوا باشد می‌تواند باعث مرگ انسان‌ها و سایر جانوران گردد (Brookins, 1990).

عوامل ناشی از کمبود و افزایش عناصر (کمبود و مسمومیت)

عیار عادی عناصر موجود در پوسته زمین و بدن انسان در جدول ۱ آمده است. اما اغلب عناصری که در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند اگر به مقدار زیاد مورد استفاده انسان قرار گیرد مسمومیت زا می‌باشد. زیادی مس (۱۵۰-۱۰۰ بار بیشتر از مرز عیار عادی آن) باعث هپاتیت و کم خونی می‌گردد. سلنیم مسمومیت زاترین عنصر بوده و مقادیر بیشتر از ۳ میلی گرم/کیلوگرم خطرناک است. منیزیم زیاد در بدن انسان باعث ناهنجاری‌های عصبی می گردد. افزایش و کاهش عیار عناصر در بدن در شکل ۲ نشان داده شده است. این نمودار نشان میدهد که کمبود عیار عنصر مورد نظر خطرناک بوده و زیاد بودن عناصر مسمومیت زا و مهلک می‌باشد. برای مثال زیادی و کمی ید باعث مسایل بیماری زای تیروئیدی می گردد. کمبود مس و سلنیم باعث کواشیورکور و کاهش در مقادیر کبالت که یک عنصر موجود در ویتامین B_{12} می‌باشد می‌تواند باعث کم‌خونی شود.

عنصر	در صد وزنی عنصر در بدن انسان	در صد وزنی عنصر در پوسته زمین
اکسیژن (O)	٦٥	٤٦/٤
کربن (C)	١٨	–
هیدروژن (H_2)	١٠	–
نیتروژن (Ne)	٣	–
کلسیم (Ca)	١/٥	٤/١٥
فسفر (P)	١	–
گوگرد (S)	٠/٢٥	–
پتاسیم (K)	٠/٢	٢/٠٩
سدیم (Na)	٠/١٥	٢/٣٦
کلر (Cl)	٠/١٥	–
منیزیم (Mg)	٠/٠٥	٢/٣٣
سیلیسیم (Si)	-	٢٨/١٥
آلومینیم (Al)	٣	٨/٢٣
آهن (Fe)	-	٥/٦٣
جمع کل	٩٩/٣	٩٩/٣٤

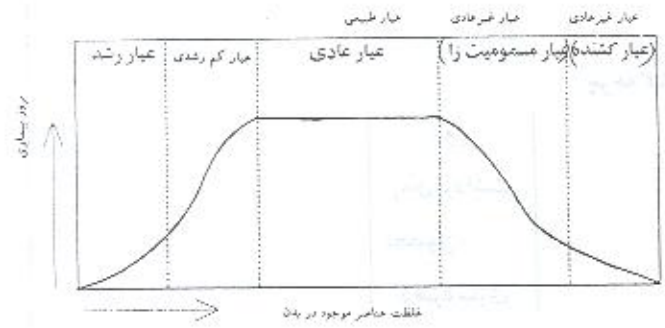
جدول ۱- مقایسه فراوانی عیار عادی عناصر موجود در پوسته زمین و بدن انسان (Keller 1979).

عناصر اصلی	عناصر فرعی	عناصر سمی
کربن، سدیم، کلسیم، هیدروژن، پتاسیم، نیتروژن، اکسیژن، منیزیم، فسفر، کلر ، گوگرد	کبالت (۶۰۰-۱۵۰)، کروم (۱۲۰-۵۰)، مس (۵۰۰۰-۲۰۰۰)، ید (۵۰۰-۶۰)، منگنز (۳۰۰۰-۲۰۰۰)، مولیبدن (۴۰۰-۱۰۰)، سلنیم، وانادیم (۴۰۰۰-۱۰۰۰)، روی (۱۵۰۰۰-۱۰۰۰۰)، آهن (مقادیر زیاد) فلوئور (۳۴۰۰-۷۱۰)، نیکل (۶۰۰-۳۰۰)، سیلیسیم، قلع (۳۵۰۰-۱۵۰۰)	کادمیم، جیوه، سرب، تالیم، بریلیم، باریم ، آلومینیم ، آرسنیک، آنتیموان، بیسموت

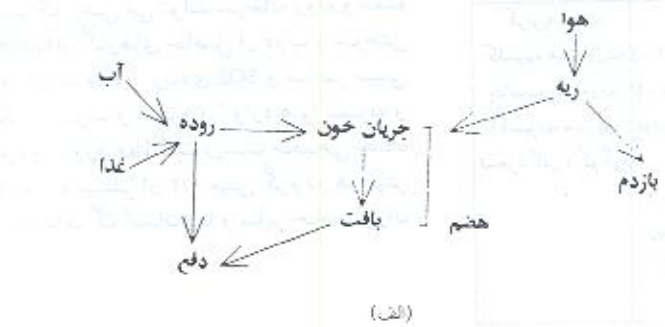
جدول ۲ - عناصر ضروری و سمی در بدن انسان، بر حسب میکروگرم (Fergusson 1985).

عناصر	علایت اختصاری	عیار کم رشدی	عیار عادی	مسمومیت زا	کشنده
آرسنیک	As	-	۰/۱۲-۰/۱	۵ - ۵۰	۱۰۰-۳۰۰
بر	B	-	۶۰-۱۰	۴۰۰۰	-
کادمیم	Cd	-	۱۵-	۳	-
کلر	Cl	۷۰	۲۴۰۰۰-۹۰۰۰	-	-
کروم	Cr	-	۱۰۵-	۲۰۰	۳۰۰۰
کبالت	Co	-	۰/۱۰۰۲	۵۰۰	-
مس	Cu	-	۲۰۵	۲۵۰-۵۰۰	-
فلوئور	F	-	۱۵/	۴۰	۲۰۰۰
ید	I	۰/۰۱۵	۰/۲	۱۰۰۰	-
آهن	Fe	-	۱۶-۱۵	-	-
سرب	Pb	-	۰/۲۰-۰/۴	-	۱۰۰۰
منگنز	Mn	-	۴-۰	-	-
جیوه	Hg	-	۰/۰۰۵-۰/۰۲	-	۱۵۰-۳۰۰
مولیبدن	Mo		۱۵/	-	-
سلنیم	Se	۰/۰۱۵	۰/۰۳۰-۰/۱۷۵	-	-
نقره	Ag	-	۰/۰۶-۰/۰۸	۶۰	۱۳
سدیم	Na	۴۵	۱۶۰۰۰-۶۷۰۰۰	-	-

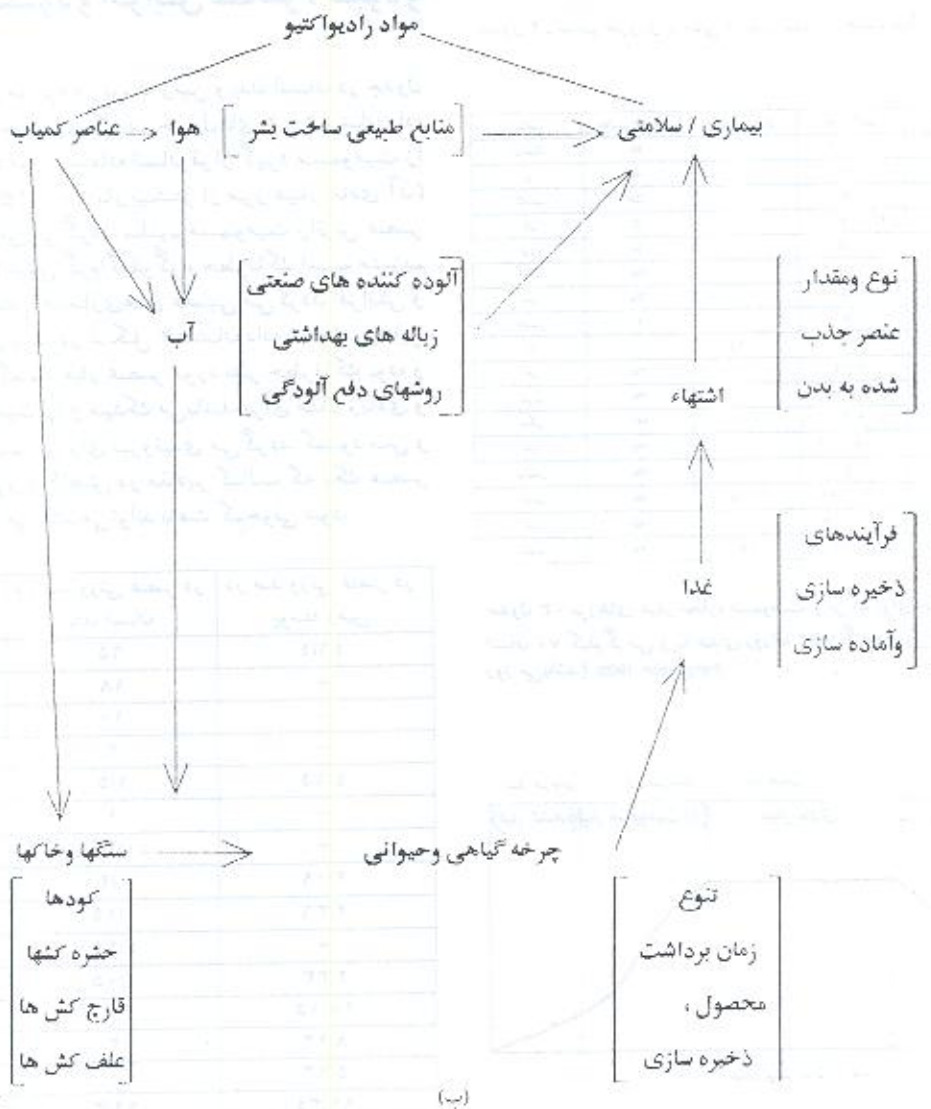
جدول ۳- مرزهای عیار مجاز، مسمومیت و مرگ برای عناصر مختلف در بدن یک انسان ۷۰ کیلوگرمی و با غذای روزانه ۷۵۰ گرم در ورز (همه مقادیر میلی گرم در روز می‌باشد) (Fergusson 1965).



شکل ۲- منحنی عوارض ناشی از تغییرات عیار عناصر موجود در بدن (Fergusson 1985).



(الف)



(ب)

شکل ۳ الف و ب - نشانگر فرایندهایی است که عناصر کمیاب در بدن انسان و حیوانات وارد می‌کنند (Keller 1979).

بعضی عناصر در ظرفیت های مختلف مسمومیت زا می‌باشند برای نمونه کاتیون‌های Sn^{+2} ، Ni^{+2} خطرناک نیستند ولی گونه های شیمیایی $Sn(CH3)_3$ ، $Ni(Co)_4$ بسیار خطرناک و مسمومیت زا می‌باشند. گروه ٦ ظرفیتی مسمویت زاتر از گروه ٣ ظرفیتی است واین ممکن است بعلت خاصیت اکسیداسیون قوی آن باشد. عناصر کمیاب که در غذای ما وجود دارند و در آب و هوای محیط زیست یافت می‌شوند به آسانی وارد بدن انسان گردیده و در بافت های گوناگون ذخیره می گردد (شکل ٣).

در شرایط عادی، یک عنصر هضم شده ودر بدن به حالت تعادل می‌رسد اما وارد شدن عناصر به صورت اضافی در متابولیسم مواد تأثیر گذاشته و ممکن است تولید مسمومیت نماید . از طرف دیگر بعضی از عناصر باعث توقف فعالیت آنزیم ها گردیده واز این طریق ایجاد بیماری می‌نماید. عناصری مانند As^{5} ، As^{3} ، Hg^{+2} Cd^{+2} ، Pb^{+2} می‌تواند در جایگاه فعال آنزیم ها قرارگرفته و یا جانشین عنصری مانند روی شود. بیشترین حالت این مسئله در پیوندهای گوگرددار آمینواسیدهای سیستین (Cysteine) و میتونین (Methionine) مشاهده میگردد. کادمیم و روی در یک ردیف بوده و خصوصیات شیمیایی مشابه دارند اما از لحاظ بیوشیمیایی هنگامی که Cd وجود نداشته باشد روی فعال می‌شود. بعضی از آنزیم ها بوسیله عناصر مسموم کننده غیر فعال می‌شوند. آن گونه که اشاره شد جانشینی روی بوسیله فلزات سنگین از قبیل کادمیم در اثر وجود پیوندهای Cd-S قوی می‌باشد. بنابراین مسمومیت فلزات منجر به یک روند افزایشی در ردیف های ذیل می گردد:

$Zn < Cd < Hg, Cu < Ag < Au, Al < In < Ti, Mg, Ca < Sr, Ba.$

قابلیت انحلال یک عنصر نیز در میزان مسمومیت مؤثر است. برای مثال یون Ba^{+2} مسموم کننده است اما $BaSO_4$ در رادیوگرافی و عکسبرداری ازاشعه ایکس مورد استفاده قرار میگیرد، قابلیت انحلال کم $BaSO_4$ حتی در اسیدهای معده باعث می‌شود از هر گونه مسمومیتی جلوگیری شود.

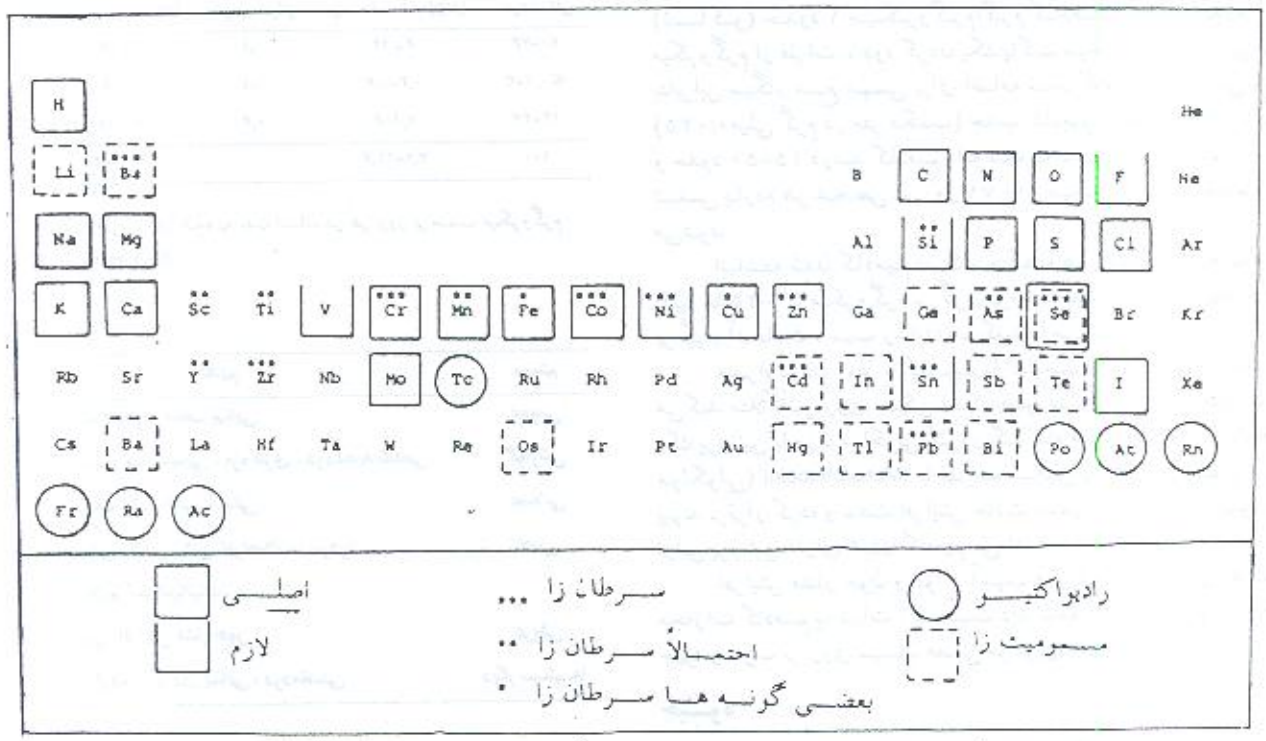
تأثیرات بیوشیمیایی عناصر کمیاب

در این بخش بعضی از مهم ترین عناصر کمیاب و عمومی ترین حالت آنها را در طبیعت و محیط مورد بررسی قرار می‌دهیم:

سرب

سرب اغلب در پوشش کابل‌ها، پلیکان‌های سربی، در لعاب سفال‌ها، صنایع جوشکاری، لوله کشی، رنگ‌های نقاشی و به عنوان مشتعل کننده و روان کننده بنزین [بصورت تتراائیل سرب $(C2H5)_4Pb$] که به شدت مسمومیت زا می‌باشد، وجود دارد.

تلاش های زیادی برای تعیین مقدار سرب مضر وارد شده به بدن هر نفر در روز در محیط شهری صورت گرفته است. بررسی ها نشان می‌دهد که قسمت عمده سرب بدن انسان از طریق هوا جذب می‌شود. مردمی که در نزدیکی جاده های شلوغ زندگی می کنند مقدار سرب بدن آنها دو تا سه برابر می‌باشد. هوایی که میزان سرب در آن یک میکروگرم در متر مکعب است باعث بالا رفتن میزان سرب فوق تا ٢ میکروگرم در ١٠٠ میلی لیتر می گردد. حدود ٩٠-٧٠ درصد سرب



شکل ٤ - تقسیم بندی بیوژئوشیمیایی عناصر از دیدگاه انواع بیماری ها (Fergusson 1985).

هضم شده در بدن انسان جذب استخوان ها می‌شود و بعد از آن کبد و سپس کلیه ها میزبان سرب اضافی بدن می‌باشند. سرب دو ظرفیتی در نسوج بدن انسان می‌تواند جانشین K^{+} , Ca^{+2} گردد. لازم به توضیح است که شهر نشینان حدود ۲۰-۱۰ میکروگرم سرب در ۱۰۰ میلی لیتر خون خود دارند و این میزان می‌تواند تا ۴۰-۳۰ میکروگرم نیز افزایش یابد. شایان ذکر است که کودکان بسیار بیشتر از بزرگسالان سرب هوای تنفسی را وارد بدن خود می کنند.

خطرات عمده سرب اضافی در بدن انسان بیشتر متوجه سیستم عصبی، سیستم گردش خون، سیستم کلیوی و آسیب های مغزی مانند آنسفالوپاتی حاد می‌باشد. آغاز آسیب های مغزی با افزایش سرب بیش از ۸۰ میکروگرم در ۱۰۰ میلی لیتر همراه است. در این مورد اطفال بیشتر حساس هستند واین حالت بیشتر در رفتار غیر عادی آن‌هامشخص میگردد به صورتی که دچار عقب ماندگی ذهنی و کوتوله‌گی می گردند. تأثیر کم سرب بر روی سیستم عصبی باعث افزایش فشار خون، عصبانیت و تشنج می‌شود.

الف) بزرگسالان

مواد	مصرف روزانه(µg)	ضریب تمرکز	سرب جذب شده(µg)	درصد کلی
غذا	۳۰۰-۲۰۰	۰,۱	۳۰-۲۰	۷۱-۶۹
آب	۲۰-۱۰	۰,۱	۲-۱	۵-۳
هوا	۲۵-۲۰	۰,۴	۱۰-۸	۲۴-۲۹
مقدار کلی	۳۳۵-۲۳۰		۴۲-۲۹	۱۰۰

ب) کودکان

مواد	مصرف روزانه(µg)	ضریب تمرکز	سرب جذب شده(µg)	درصد کلی
غذا	۱۶۰-۶۰	۰,۱	۱۶-۶	۷۶-۷۰
آب	۷-۳	۰,۱	۰,۷-۰,۳	۳-<۰,۱
هوا	۱۵-۴	۰,۴	۶-۱,۶	۲۷-۲۳
مقدار کلی	۱۸۲-۶۷		۲۲,۷-۷,۹	۱۰۰

جدول ٤- میزان سرب وارد شده به بدن انسان در هر روز برحسب میکروگرم (Fergusson 1985).

علایم	سیستم
رنگ پریدگی ، کم خونی ، ضعف بینایی	عمومی
درد شدید ، یبوست ، کم اشتهایی ، مزه فلزی ، دردشدید شکمی	گوارشی
عدم تعادل ، ازدست دادن قدرت بدنی	عضلانی
فلج حرکتی ـ محیطی ، آزبین رفتن کارعضلات ، سردرد ،	عصبی
لرزش ، گیجی وعلایم آنسفالوپاتیک	
کاهش هموگلوبین ، افزایش فشار خون	عروقی
خط سرب درلثه ، ازدست دادن بینایی ، دردمفصلی	دیگر سیستم ها

جدول ٥- علایم مسمومیت با سرب (Fergusson 1985).

سرب موجود در بدن انسان می‌تواند همرا با چربی های قابل حل بر روی سیستم عصبی تأثیر منفی گذارد. البته روش‌های انتقال سرب از یک محل به محل دیگر در بدن انسان به کنوردیناسیون فلز بستگی دارد تا بتواند نمونه قابل انحلالی را بوجود آورد.

روش‌های درمانی پیشنهاد شده برای کساتی که دچار عوارض ناشی از مسمومیت با سرب هستند، استفاده از غذای کم کلسیم و پرفسفات یا نیترات سدیم می‌باشد. انجام حرکات ورزشی و معالجات حرکتی نیز باعث آزاد شدن مداوم سرب ازاستخوان‌ها و بهبود بیماری می گردد (Fergusson, 1985).

کادمیم

این عنصر در باتری‌ها (سلولهای (Ni-Cd,Ag-Cd))، پایدار کننده پلاستیک‌ها و انواع آلیاژها وجود دارد. کادمیم معمولاً همراه با روی بوده و نسبت Cd/Zn برای بعضی از کانه ها و در انواعی از کانسارها، بین ۰/۰۰۷۳-۰/۰۰۲۱ می‌باشد. این عنصر همراه با روی به عنوان ناخالصی فلزی محسوب می‌شود. کادمیم در بعضی از ظروف آشپزخانه نیز یافت می‌شود. سایش لاستیک اتومبیل‌ها در جاده ها باعث اضافه شدن Cd به خاک آن مناطق و بالا رفتن میزان کادمیم، تا سطح ۲ میکروگرم می‌باشد. مقدار کادمیم تنفسی انسان تقریباً $۲/۲\times۱۰^{۸}$ گرم در سال بوده و زمان سکونت آن در بدن انسان ۱ تا ٤٠ سال می‌باشد. میانگین جذب کادمیم از راه تنفسی در هر شخص ۵۰۰ میکروگرم در روز می‌باشد.

کادمیم به مقدار کم‌تر در مناطق روستایی که دود وجود ندارد و مقادیر بیشتر آن در مناطق شهری آلوده یافت میگردد دخانیات (تنباکو) حدود ۱ میکروگرم/گرم کادمیم دارد و حدود ٤-۲ میکروگرم از فلزات با دود کردن یک پاکت سیگار وارد هوا می شود بنابراین سیگار منبع مهمی برای اضافه شدن کادمیم به هوا می‌باشد. (۰/۰۲۵میلی گرم در متر مکعب) جذب کادمیم از طریق غذا ٦٪ بوده و حدود ۵۰-۲۵ درصد کادمیم داده شده به بدن جذب می‌شود. اما از تنفس بازدم هر شخص در روز ۷۱-۵۷ میکروگرم کادمیم آزاد می‌شود.

انباشته شدن کادمیم در کبد و کلیه ها به ویژه در بافت های کلیه ها ۲۵-۵۰ میکروگرم بر گرم می‌باشد که میزان ۲۰۰ میکروگرم بر گرم آن باعث آسیب رساندن به کلیه ها می شود.

همراه بودن روی و کلسیم با کادمیم مسمومیت را تشدید می کند. مثلاً تأثیر روی ممکن است بصورت واکنش برگشتی باشد. یک پروتئین با وزن مولکولی کم در کبد بنام متالوتینین (۷۰۰۰=جرم مولکولی) (Metallothioein) با فلزات سنگین به ویژه کادمیم و جیوه پیوند برقرار کرده و باعث افزایش حالت مسمومیت می‌شود، نمونه ای ازاین پروتئین دارای ٤/۲٪ کادمیم می‌باشد.

افزایش فشار خون و انواع آسیب های تنفسی و ریوی به تنفس مجازات کادمیم یا ذرات آن نسبت داده شده است. کادمیم بر خلاف جیوه و سرب بر روی سیستم عصبی مرکزی تأثیری ندارد.

جیوه

جیوه یکی از مهم ترین فلزات سنگین بوده و بسیاری از

ناهنجاری‌های سخت به سبب مسمومیت با جیوه ایجاد می‌شود. میانگین جذب روزانه جیوه را نمی توان به آسانی اندازه گیری کرد. مقدار جیوه در هوا ۵۰ میکروگرم در متر مکعب می‌باشد که با توجه به شکل شیمیایی آن، ۸۰٪ این مقدار جذب بدن انسان می‌شود. ترکیبات الکلی جیوه به طور کامل جذب نمی شوند، در حالیکه ترکیبات غیر آلی آن حدود ۱۵٪ جذب می شوند. آب آشامیدنی با غلظت ۵۰ میکروگرم در لیتر باعث جذب ۰/۱ میکروگرم جیوه در روز می‌شود. میزان جذب جیوه از طریق غذا بین ۲۰-۱ میکروگرم در روز برای هر شخص است اما این مقدار به میزان ماهی مصرفی اشخاص بستگی دارد. لازم به توضیح است که جیوه موجود در بدن ماهی به طور کامل از نوع ترکیبات آلی می‌باشد. بررسی ها نشان داده است که میزان جذب جیوه از طریق غذای روزانه ۴۳ میکروگرم در روز برای هر شخص بوده که بیشتر از ۲۹ میکروگرم آن متیل جیوه می‌باشد. میزان جیوه خون ۲۰ میکروگرم در ۱۰۰ میلی لیتر بوده که مطابق با مصرف روزانه ۳۰۰-۲۰۰ میکروگرم جیوه می‌باشد. جذب مداوم این مقدار می‌تواند تولید مسمومیت حاصل از جیوه بنماید. توزیع جیوه در بدن به صورت زیر است:

ماهیچه ها < ریه ها < قلب < مغز ۱۲٪ < کلیه ها < کبد ۵۵٪

مسمومیت جیوه در ارتباط با شکل شیمیایی آن می‌باشد و در نتیجه مایع جیوه تأثیر کمی دارد، در صورتی که بخار جیوه به آسانی به درون رگ‌های خونی وارد شده و آسیب های مغزی ایجاد می‌نماید. نمک های جیوه یک ظرفیتی نسبت به نمک‌ها و ترکیبات جیوه II به دلیل این که قابلیت انحلال کم‌تری دارند سمی نیستند. قابلیت انحلال متیل جیوه در لپیدها یک عامل مؤثری برای مسمومیت می باشد، زیرا به هنگام عبور از میان رگ‌های خونی یا مسیرهای عصبی و غشاء سلولی عبور می کند. جیوه به غشاء سلولی حمله ور شده و به دلیل قابلیت نفوذ آن وارد سلول می گردد.

آرسنیک

آرسنیک نیز یکی از مواد مسمومیت زا شناخته شده به طوری که ۳-۱/۵ گرم در تن ازاین عنصر در سنگ‌های آذرین و ۴۰۰-۱/۷ گرم در تن در سنگ‌های رسوبی یافت شده است. آرسنیک III حالت مسمومیت بیشتری دارد ولی آرسنیک پنج ظرفیتی در طبیعت بیشتر یافت می‌شود. تولید جهانی آرسنیک حدود ۵۰×۱۰۳ تن (درسال ۱۹۷۵) بوده و بیشتر به منظورهای کشاورزی (۸۱٪)، و در درجه بعد در صنعت سرامیک و شیشه سازی (۸٪)، مقاصد شیمیایی (۵٪) و دارویی (۲٪) مورد استفاده قرار میگیرد. ذرات آرسنیک شیمیایی و غیر آلی بوده ولی ار گانوارسنیک های ضروری نیز وجود دارند.

آرسنیک خواص سمی مشابهی با سرب ، جیوه و کادمیم داشته و عمل آن پیوند با گوگرد و ممانعت از عملکرد آنزیم ها مثلاً پیراوات دهیدروژناز می‌باشد. مسمومیت زایی با ترکیبات به صورت زیر است:

Arsines (As III) > Arsenite (As III) > Arsenate (As V)

اسیدهای ارگانیک با As(V) : آرسنیک های موجود در کبد، کلیه ها، ریه ها و دیواره‌های بینابینی اگر در آب باشند به آسانی جذب می شوند. آرسنیک می‌تواند به جای فسفر جانشین شده وایجاد مسمومیت نماید. مقدار کشنده آرسنیک حدود ۲۵-۱ میلی گرم در هر کیلوگرم وزن بدن انسان است اما مقادیر کمتر سمی نیستند، هر چند که گفته می‌شود آرسنیک در آب آشامیدنی در مقادیر زیادتر از حد نیاز بدن انسان وجود دارد، یعنی ۲۰۰-۱۰۰ میلی گرم در هر کیلو وزن بدن انسان. عوارض و علایم مسمومیت با آرسنیک شامل ناراحتی های گوارشی، از دست دادن وزن و مو و مسمومیت مزمن می‌باشد.

مس

مس یک عنصر اساسی در زندگی روزمره بشر بوده و کمبود و ازدیاد آن مسئله ساز می‌باشد. اگر چه به طور معمولی مس در سیستم های بیولوژیکی بیشتر از میزان نیاز جاندار یافت می‌شود اما جذب بیشتر از حد این عنصر نیز مشکلات بیشتری نسبت به عناصر دیگر بوجود می آورد.

بعضی از منابع غنی از مس عبارتند از فلس ماهی‌ها، کلیه‌ها، کبد و مواد خوراکی (گردو). شکر و عسل مقدار بسیار کمی مس داشته و آب‌های رقیق یا آب با PH کم می‌تواند مقادیر زیادی از مس لوله ها را شسته و هنگامی که کربنات‌ها در مقابل این آب قرار گیرند مس را از آن جذب نماید. منابع دیگر مس عبارتند از : مشروبات، مواد کفپوش، وسایل آشپزخانه، سکه ها(آلیاژهای نیکل - مس)، (آرسنالهای مس II و استوارنالهای مس II)، حشره کشها (آرسنالهای مس)، قارچ کش‌ها ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)، جلبک کشها و مواد دندانپزشکی. لازم به یادآوری است که میزان مس خاک در مقدار گیاهان روئیده شده در هر منطقه منعکس میگردد.

مصرف روزانه مس، حدود ۵-۲ میلی گرم است، ولی احتیاج روزانه کودکان، ۱/۶-۱ میلی گرم در روز می‌باشد. شایان ذکر است که مقادیر مس کمتر از ۰/۳ میلی گرم در روز مشکل ساز است. تقریباً ۳۲٪ مس مصرف شده جذب بدن انسان می‌شود اما این مقدار نسبت به عناصر همراه متفاوت می‌باشد. برای مثال مقدار بالای کلسیم و آهن سبب کاهش جذب مس می شود یاد. این نکته ضروری است که مس به طور اساسی در کبد، کلیه ها و روده‌ها یافت می شود. مس در ۳۰ آنزیم و پروتئین وجود داشته و آرسنیک اسید اکسید از یک آنزیم گیاهی مس می‌باشد که واکنش زیر را تسریع می کند.

$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$$

سرولوپلاسمین که یک پروتئین آبی می‌باشد در پلاسمای پستانداران، پرندگان و خزندگان دارای ۱±۷، اتم مس بوده و باعث اکسیداسیون آهن II می‌شود. سوپراکسیدها شامل مس و روی بوده و به سرعت به سوپراکسید O^{-2} تبدیل می‌شوند. کمبود مس به معنای کاهش فعالیت پروتئین ها و آنزیم ها می‌باشد. علامت کاهش مس در بدن، کم خونی، از دست دان رنگیزه های مو و کاهش رشد و کاهش خاصیت کششی شریانی است. بیماری Menkeskinky hair در کودکان ناشی از کمبود سیستوکروم اکسیداز بوده ودر بین کودکان ۵-۳ سال شایع و کشنده است. بیماری ویلسون (Wilson) بوسیله مقدار اضافی مس موجوددر بدن انسان تولید می‌شود. مقدار سرم Cu در جنین تازه متولد شده راهنمایی برای وجود این بیماری در اوست. مس اگر در داخل رحم وارد شود باعث عدم حاملگی می گردد. برای تولید

مسمومیت، مقدار مس جذب شده باید در حد گرم یا بیش از ۲۵۰ میکروگرم در روز باشد. با توجه به این که هر مقدار مازاد مس، مجرای رودی- معده را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

روی

عنصر روی در بیش از ۸۰ پروتئین و آنزیم یافت می‌شود. پپتیدازها، آنهیدرازها، متالوتیونین ها، پروتئین هایی هستند که روی زیادی در خود داشته و برای جلوگیری از مسمومیت زایی سرب و کادمیم بکار می‌روند. مسئله مهم روی در بدن، کمبود آن است. مصرف روزانه کمتر از ۵ میلی گرم روی باعث ظاهر شدن آثار بیماریهای مختلف مانند کوتوله شدن، از دست دادن مزه، ناهنجاریهای غدد، دیربهبودی زخم ها و ۰۰۰۰ می‌گردد جذب عادی روی، ۴۰-۵ میلی گرم در روز است (میانگین ۱۵ میلی گرم در روز برای بزرگسالان و ۱۰ میلی گرم در روز برای کودکان). مسمومیت زمانی بوجود می‌آید که مصرف روزانه ۱۵۰ میلی گرم بوده واین افزایش باعث کم خونی می گردد.
اضافه شدن فلز روی و فلزات دو ظرفیتی دیگر مانند Mn,Co مجدداً تولید می‌شود. مقداری از آنزیم های روی برای متابولیسم DNA, RNA به عنوان کاتالیزور عمل می‌کنند.

سلنیم

مقدار زیاد سلنیم، شدیدترین مسمومیت هارا بوجود می‌آورد. مقدار سلنیم در غذای جانداران باید حتماً ۰/۰۴ گرم در تن باشد که تا مقدار ۰/۱ گرم در تن این عنصر مفید بوده و بیش از ٤ گرم در تن آن سمی می‌باشد.
منابع اولیه سلنیم فعالیت های آتشفشانی است. برآورد شده است که ازابتدای تاریخ زمین، آتشفشان ها حدود ۰/۱ گرم سلنیم در هر سانتی متر مکعب سطح زمین آزاد کرده اند. سلنیم بیرون ریخته شده از آتشفشان ها به راحتی بوسیله باران انتقال یافته ومعمولاً در نزدیکی آتشفشان متمرکز می‌شود و این مطلب گواهی بر این مدعاست که میانگین تمرکز سلنیم در پوسته زمین حدود ۰/۰۵ گرم در تن است.
سلنیم گاهی اوقات در بافت های زنده متمرکز می‌شود. برای مثال بعضی از گیاهان بنام انباشته کنندگان سلنیم خوانده می‌شوند و ممکن است بیش از ۲۰۰۰ گرم در تن سلنیم داشته باشند در صورتی که گیاهان نواحی دیگر ممکن است مقدار سلنیم موجود در آن‌ها کمتر از ۱۰ گرم در تن باشد. این مسئله جالب توجه است که میزان سلنیم در خون انسان بین ۰/۱ تا ۰/۳٤ میلی گرم در لیتر است که حدود ۱۰۰۰ برابر مقداری است که در آب رودخانه ها و چندین هزار مرتبه بیش از آب دریا می‌باشد. ماهی‌های دریا از طرف دیگر شامل مقادیری در حدود ۲ گرم در تن سلنیم هستند که هزاران بار بیشتر از سلنیم آب دریا می‌باشد. به دلیل اینکه سلنیم در مواد انباشته می‌شود، سوخت های فسیلی چون زغال سنگ ها که خود مواد آلی هستند مقداری سلنیم در خود دارند. طبق برآوردها، مقادیر سلنیم آزاد شده از سوختن زغال سنگ و نفت در آمریکا سالانه حدود ٤۰۰۰ تن است.
اصولاً، انسان در تماس مستقیم با سلنیم نیست و کمتر با آن برخورد می‌کند. این عنصر در وسایل الکترونیکی مورد استفاده قرار گرفته و هم چنین برای افزایش قابلیت مکانیکی فولاد، برای رنگ کردن شیشه‌ها و لعاب‌ها و نیز به عنوان عنصر افزودنی به غذای حیوانات نیز مصرف می‌شود. سطح متوسط آن در حبوبات ۰/۳۸ میکروگرم در گرم و در زرده تخم مرغ ۰/۱۸ میکروگرم در گرم می‌باشد.
کمبود سلنیم در جانداران باعث کاهش باروری آن‌ها شده و تخریب عضلانی، از بین رفتن گلبول‌های سفید و نابودی کبد را به‌دنبال دارد. افزون بر آن در ایجاد سرطان، تغییر شکل مو و ناخن (بوسیله جانشینی گوگرد در کراتین) ناراحتی عصبی و افسردگی تأثیر دارد. علامت سمی بودن سلنیم ناهنجاری‌های تنفسی و عرق کردن است که ناشی از وجود $Se(CH3)_2$ در بدن می‌باشد.

تاثیر سلنیم	مصرف روزانه انسان (mg / day)	مصرف روزانه موشها (mg / day)	مصرف روزانه غذایی گیاهان mg /L
کمبود	<۰,۰۰۶	<۰,۰۰۰۳	<۰,۰۲
عادی	۰,۰۰۶-۰,۲	۰,۰۰۰۳-۰,۰۰۳	<۱
سمی	>۵	>۰,۰۰۲	>۱-۲
مهلک	———	>۱-۲	———

جدول ٦- مقدار جذب سلنیم در ارتباط با سلامتی (میلی‌گرم در روز و میلی‌گرم در لیتر) (Fergusson, 1985).

سیانید

سیانید یک آلوده کننده عمده نیست اما مصرف زیاد آن کشنده است. تمرکز گاز HCN به مقدار ۱-۰/۱ میلی گرم در لیتر کشنده است. تعدادی از گیاهان از قبیل شبدر سفید، فرفیون، ذرت و دانه هایی شامل سیب ، زردآلو، گیلاس و گوجه دارای سیانید هستند.
مسمومیت سیانید در ارتباط با قابلیت پیوند آن‌ها Fe(III) می‌باشد. احیاء ترکیبات فریک به فرو در مراحل انتهایی اکسیداسیون، با تشکیل یک سیستم Fe(III)-CN غیر ممکن می شود. دی توکسی فیکاسیون ممکن است با تیوسولفاتهایی که در آنزیم رودوناز وجود دارد همراه بوده و در کبد و کلیه ها یافت شود و سیانید را به تیوسیانات سمی تبدیل می کند.

$$CN^- + S_2O_3^{-3} \xrightarrow[\text{رودناز}]{\text{آنزیم}} SCN^- + SO_3^{-2}$$

مونواکسید کربن

مونواکسید کربن گازی یکی از آلوده کننده های مهم واز گازهای سوختنی بوده و برای جانداران به غیر از گیاهان سمی

می‌باشد. CO_2 , O_2 ویژگی های مشابهی دارند. اما پیوندهای CO با آهن هموگلوبین قوی تر از پیوند O_2 می‌باشد. به این معنی که انتقال O_2 و سوخت و ساز فسفاتی در حضور O_2 انجام نمی گیرد. CO از طریق واکنش ذیل تولید اکسیژن می‌نماید.

$$CO + HbFeO_2 \text{ -----> } HbFeCO + O_2$$

بنابراین خطرات و آسیب های مغزی می‌تواند در مدت های طولانی صورت گیرد و مقدار ۱۰-۱ میلی گرم در لیتر آن کشنده می‌باشد.

نیترات و نیتریت

مقدار زیادی نیترات ممکن است روزانه مصرف شود اما احیاء نیترات به نیتریت در بافت ها تولید مسمومیت می‌نماید زیرا یون نیتریت برای انسان بویژه کودکان سمی است.

$$NO_3^- + 2H^+ + 2e^- \text{ -----> } NO_2^- + H_2O$$

منابع اصلی نیترات در غذاهای گیاهی و گوشت می‌باشد که بدن را از رشد باکتریها در امان نگهمیدارد. بزاق دارای مقدار زیادی نیترات است، زیرا بزاق حاصل احیاء نیترات ها بوسیله میکروب های طبیعی دهان بوده و بهمراه غذا وارد معده و روده گردیده و جذب می گردد. کم و بیش ۱۰۰ میلی گرم NO_3^- و ۱۲ میلی گرم NO_2^- روزانه مصرف می‌شود.

NO_2^- (یون نیتریت) می‌تواند در نوزادان کمتر از ٤ ماه تولید متوگلوبینمیا (Methoglobinemia) و حتی ایجاد سرطان نماید. pH سیالات و گازهای معدی نوزادان بیشتر از بزرگسالان است (٤ <) که در این حالت NO_3^- در اثر احیاء باکتریها می‌تواند به وجود آید در حالی که برای بزرگسان به دلیل بالا بودن pH سیالات معدی این باکتریها در روده زندگی می کنند، جایی که جذب شدن آن‌ها به جریان خون ارتباط زیادی ندارد (Fergusson, 1985).

منابع دیگر نیترات، سبزیجات هستند. برای مثال میکروارگانیسم‌های موجود در اسفناج پخته قادرند NO_3^- را به NO_2^- احیاء نمایند. احیاء NO_2^- با هموگلوبین ممکن است با آنزیم هایی از قبیل متموگلوبین دیافورز (Methemoglobin diaphorase) همراه باشد که برای نوزادان مناسب نیست.

منبع	نیترات (%)	نیتریت (%)
سبزیجات	۸۶	۸
گوشت بهداشتی	۹	۹۲
آب	۱	-
میوه	۱	-
منابع دیگر	۳	-
مصرف تقریبی روزانه	۷۰ mg	۳ mg
مقدار تقریبی در بزاق (روزانه)	۳۰ mg	۹ mg

جدول ۷- منابع و مقادیر نیترات و نیتریت در غذا میلی گرم(Fergusson, 1985)

در انگلستان، آبهایی که ۹۰ میلی گرم در لیتر یون نیترات دارند باعث بالا رفتن آمار شیوع سرطان گوارشی به مقدار ۲۵٪ می‌شود.

فلوئور

مقادیر فلوئور سنگ‌ها و خاک‌ها به نسبت زیاد است. بیشتر فلوئور خاکها حاصل دگرسانی سنگهاست، ضمن اینکه عنصر مزبور هم چنین می‌تواند بوسیله فعالیت های آتشفشانی به خاک اضافه شود. افزون بر این فعالیت صنعتی و کاربرد حاصلخیز کننده ها در محدوده‌های کوچک می‌تواند باعث ازدیاد وتمرکز فلوئورین در خاک‌ها شود.

میزان جذب روزانه فلوئور ۵-۰/۳ میلی گرم است در صورتی که میزان ۲۰ میلی گرم آن در روز تولید مسمومیت کرده و مقدار ۲۰۰۰ میلی گرم آن در روز کشنده است. به دلیل اینکه اختلاف بین میزان عادی و سمی فلوئورین زیاد نیست بنابراین لازم است که مقدار فلوئور مصرفی به طور مرتب کنترل شود. اگر مقدار یون فلوراید در بدن کاهش یابد، استخوانها و دندانها سست و ضعیف می‌شوند و هنگامی که میزان آن ۸-۲ بار بیشتر از مقدار عادی گردد، دندانها زرد رنگ شده و بیماری اسکلروسیس استخوانی عارض می گردد. اهمیت فلوراید ازاین نظر است که عنصر ساختمانی بوده یعنی جانشین یونهای OH^- در هیدروکسی آپاتیت استخوان‌ها و دندان‌ها شده و فلوئور آپاتیت که یک ماده سخت تر بوده و کمتر تولید بیماری می‌نماید را بوجود می آورد.

لازم به یادآوری است که ۳ میلی گرم فلوراید روزانه از غذاها بدست می آید اما این مقدار فلوئورین ارتباط مستقیمی با فلوراید خاک دارد (Keller, 1979) .

ید

بیماری تیروئید که به دلیل کمبود ید بوجود می آید احتمالاً شناخته شده ترین مثال ارتباط بین زمین شناسی و بیماری است. غده تیروئید در نزدیکی گردن قرار گرفته و برای اعمال طبیعی خود به مقداری ید نیاز دارد. فقدان این عنصر باعث بیماری گواتر می‌شود که با بزرگ شدن غده تیروئید همراه است. بعلاوه نوزادی که مادرش در حین حاملگی از کمبود ید رنج می‌برد ممکن است کریتین (Cretin) متولد شود. این بیماری کوتوله شدن در اثر عقب ماندگی مغزی است. در بعضی نواحی از جمله مکزیک بیماری کریتینیسم (Cretinism) یا کوتوله شدن با میزان گواتر در ارتباط است. شیوع گواتر در ارتباط با کمبود ید در بسیار از نقاط از جمله در ایالات متحده آمریکا اثبات گردیده است. استفاده از نمکهای یددار یکی از معمول ترین درمانهای بیماری گواتر است و مشخص شده که در تمامی افراد مبتلا به گواتر که در سن بلوغ هستند و در اکثر بزرگسالان، بیماری گواتر با مصرف نمکهای یددار کاهش می‌یابد. مطالعات نشان داده است که تنها در مدت ٤ سال استفاده از نمکهای یددار در میشیگان شیوع بیماری گواتر را به میزان ۹-۳۸/٦٪ کاهش داده است. هم اکنون گفتگوهای

مختلفی بر روی فرآیندهای تمرکز دهنده ید در داخل بدن یا انتقال دهنده آن از مواد سطحی زمین وجود دارد. عمومی ترین عقیده این است که ید بوسیله هوازدگی سنگ‌ها آزاد می شود. مقداری از این ید وارد رودخانه ها و در نهایت دریا می‌شود و بنابراین اقیانوس‌ها، معادن و مخازن بزرگ ید می‌باشند که احتمالاً بیش از ۲۵٪ ید زمین را شامل می شوند. بنابراین به دلیل اینکه اغلب سازه های ید و ترکیبات آن قابل حل هستند زمان سکونت این عنصر در آب دریاها واقیانوس‌ها زیاد می‌باشد.

لیتیم

کمبود لیتیم در سیستم های بیولوژیکی و مواد غذایی باعث جنون می شود و ناهنجاریهای مغزی و عصبی را سبب می گردد.

مولیبدن

کمبود مولیبدن سبب کم رشدی و افزایش آن سبب ایجاد استخوان درد در انسان می‌شود.

بریلیم

افزایش بیش از حد بریلیم (بیشتر از دو میلی گرم در متر مکعب) که می تواند ناشی از سوختن زغال سنگ باشد ایجاد سرطان ریه می‌نماید.

منیزیم

علیرغم این که منیزیم به عنوان عضو اصلی ضایعاتی ایجاد نمی کند ولی کمبود آن عوارض ناشی ازدیگر عناصر مسمومیت زا را تشدید می کند.

منگنز

افزایش و مصرف زیاد این عنصر باعث مسمومیت‌های دوران کودکی و بیماریهای گوارشی (روده‌ای) می‌شود.

قلع

افزایش قلع در مواد غذایی می‌تواند ایجاد جهش های بیولوژیکی و سرطان زا نماید.

وانادیم

مقدار زیاد وانادیم در سیستم های گوارشی باعث مسمومیت‌های شدید می گردد.

زیرکنیم

مقدار زیاد زیرکنیم که معمولاً در حشره کشها و مواد آرایشی بکار گرفته می‌شود باعث ناهنجاریهای ریه ای و حساسیت می‌شود.

آنتیموان

مصرف بیش از حد آنتیموان در مواد غذایی (بیش از ۶ میلی گرم) باعث توقف فعالیت های ماهیچه ای قلب و ناراحتی های پوستی می گردد.

نقره

مقدار زیاد عنصر نقره (بیشتر از ۰/۲ میلی گرم در لیتر تا یک گرم) در آبهای آشامیدنی و مواد غذایی سبب تولید لکه‌های آبی - خاکستری در پوست و چشم می شود که معمولاً با درد و خارش شدید همراه است.

روابط بین عنصری

عناصر در محیط های بیولوژیکی بر روی یکدیگر تأثیر می گذارند. این تأثیر ممکن است کاهش یا افزایش فعالیت یک عنصر یا وارد شدن یا ازبین رفتن عنصر دیگری باشد. برای مثال کمبود مس زمانی بوجود می آید که یونهای MO , SO4 زیاد باشند و مسمومیت ناشی از مس در حضور Fe, Zn زیاد تولید می‌شود. هم چنین میزان سمی بودن MO بوسیله اضافه شدن Cu^{+2} , $SO4^{-2}$ بیشتر شده و باعث کمبود مس در بدن می گردد. بعضی از روابط بین عنصری در جدول ۸ آمده است.

مکانیسم شیمیایی بسیاری از این روابط به‌خوبی شناخته نشده است، بویژه در حالتی که دو عنصر خصوصیات شیمیایی مشابهی داشته باشند برای مثال Cd, Zn. تعدادی ازاین فرآیندها مستلزم جابجایی یک عنصر به جای عنصر دیگر بوده در محل پیوندی یک پروتئین قرار می گیرد. چنین فرآیندی به قدرت پیوندی و سرعت جانشینی بستگی دارد.

تشعشع

مواد بیولوژیکی نسبت به اشعه، یونیزاسیون حساس بوده و آسیب می‌بیند. این اشعه ها عبارتند از: γ , X ذرات α , β و نوترون‌ها. مقادیر کم اشعه X هم برای عکسبرداری (رادیوگرافی) از بافتهای انسان بکار میرود و هم به عنوان راه درمانی برای سلولهای سرطانی مورد استفاده قرار می گیرد. اما اشعه ها غالباً خطر ساز هستند. بسیاری از تأثیرات این تشعشعات بعد از فرو افتادن بمب اتمی هیروشیما و ناکازاکی ظاهر گشت. انسان ها بطور عمومی و همیشه در معرض تشعشعات یونیزاسیون قرار دارند، زیرا اشعه سازی وتولید اشعه از هسته های عنصر در سنگها، خاک، آب و هوا، غذا و هسته های طبیعی موجود در بدن صورت می گیرد (مانند K40).

فرآورده های حاصل از استحاله رادیواکتیویته حاصل از انفجارات هسته ای نیز به این مقادیر اضافه می‌شود. از منابع تولید کننده اشعه، می‌توان ژنراتورهای تولید کننده اشعه Xو مراکز هسته ای و زباله های هسته‌ای، سوختها، انفجارات هسته ای و تولیدات هسته ای ناشی ازکارهای آزمایشگاهی و بیمارستانی را نام برد. تعدادی از ویژگی‌های اشعه های خطرساز در جدول ۹ داده شده است. تأثیر خطر آفرین آنها، یونیزاسیون یا تولید یون در اثرتحریک الکترونی یا شعاعهای آزاد است که در فرآیندهای بیوشیمیایی فعال ساز هستند. از این دیدگاه خطرات متابولیک از قبیل ممانعت از فعالیت آنزیم ها و تبدیل DNA , RNA می‌توانند باشد. اشعه های گاما و ایکس آسیب سازترین اشعه ها بوده و به بدن بیشتر وارد می‌شوند. نوترونها هم چنین تأثیرات عمیقی بر روی بافتها دارند.

عنصر		تاثیر یا واکنش عنصر	مثبت یا منفی بودن تاثیر
درحالت سمی	درحالت کمبود		
Mo		بوسیله Cu^{+2}, SO_4^{-2}ازبین می رود	+
	Cu	بوسیله MO, SO_4^{-2}زیادی تولید می شود	-
Cu		بوسیله Zn , Feاز بین می رود	+
Cd		بوسیله Zn ازبین می رود	+
Se		بوسیله As ازبین می رود	+
Hg		بوسیله Se ازبین می رود	+
	Fe	بوسیله Mn بوجود می اید	-
	Cu	بوسیله Pb بوجود می اید	-
	Fe	بوسیله Cu بوجود می اید	-
	Cu	بوسیله Cd کاهش می یابد	-
	Cu	بوسیله Ag بوجود می اید	-

جدول ۸- روابط بین عناصر و تأثیر متقابل آن‌ها در بدن انسان

اشعه	نوع بار	انرژی	میانگین تشعشع	
			هوا	بدن
اشعه γ	الکترومغناطیسی	۰,۱-۴۰ (Mev)*	بدون محدودیت	ازبدن می تواند عبور کند
اشعه X	الکترومغناطیسی	۱۰-۱۰۰ (Kev) *	بدون محدودیت	عمیقاً به داخل بدن نفوذ میکند
α	ذره ۲ +	۴-۱۰ (Mev)	۴-۱۰ cm	در لایه های خارجی پوست نفوذ میکند
β^- , β^+	ذره + یا -	۰,۰۲۵-۲,۱۵ (Mev)	چندین متر	چندین میلیمتر به داخل بافت نفوذ می کند
نوترونها	ذره صفر	چندین (Mev)	بوسیله ذراتی که با آنها برخورد می کند جذب می شود	

کیلوالکترون ولت = Kev * - میلیون الکترون ولت = Mev *

جدول ۹ - انواع تشعشع (Fergusson 1985).

خطرات تشعشع به دو طریق آشکار می‌شود، زودرس و ژنتیکی. تأثیرات زودرس ممکن است خیلی زود بعد از حادثه یا ماهها و سالها بعد از حادثه (قرار گرفتن در معرض اشعه) آشکار شود اما آثار ژنتیکی اشعه در نسلهای بعدی ظاهر می‌شود. تأثیرات اشعه در بدن در جدول ۱۰ نشان داده شده است. اگر مقادیر اشعه وارد شده به بدن بین ۷۰۰-۲۰۰ رم (Rem = مقدار تشعشعی معادل رونگتن اشعه X یا اشعه گاما می‌باشد) باشد خطر ساز خواهد بود. اندام های حساس به اشعه عبارتنداز: چشم، مجرای رودی - معدی، مغز استخوان، طحال، وارگانهای مولد. یک تأثیر قطعی این تشعشع بیماری لوسمی (لوکمیا، Leukemia) می باشد.

هسته های رادیویی در بدن انسان مانند دیگر عناصر رادیواکتیو دارای نیمه عمر می باشند و نیمه عمر مؤثر به این معنی است که زمان کاهش اشعه در بدن به صورت نیمه عمر مؤثر بیان می‌شود.

برای مثال استرانسیم ۹۰، محصول انفجارات هسته ای با نیمه عمر ۲۸ سال و نیمه عمر بیولوژیکی ۳۵ سال است. بنابراین نیمه عمر مؤثر آن ۱۵/۵ سال می‌باشد و می‌تواند باعث آسیب هایی به مغز استخوان گردد. ید ۱۳۱، دارای نیمه عمر رادیو اکتیو ۸ روز و نیمه عمر بیولوژیکی ۱۳۸ روز است و در نتیجه نیمه عمر میانگین آن ۷/۶ روز می‌باشد. بنابراین زمان کافی برای آسیب به غده تیروئید ۷/۶ روز می‌باشد. خطرناک ترین هسته های رادیویی، ایزوتوپهای با نیمه عمر کم رادیو اکتیو و نیمه عمر بیولوژیکی زیاد می‌باشد. تأثیرات ژنتیکی حاصل از تشعشع بر روی DNA و RNA تولید جهش می‌نماید. حدود ۲ تا ۱۰٪ از جهش‌های طبیعی به علت مجاورت با مواد رادیو اکتیو است.

مقدار سالانه منابع تشعشعی طبیعی حدود ۰/۱ رم (Rem) در سال است. علاوه بر این هر شخصی ممکن است در معرض یکی از موارد رادیواکتیو از جمله موارد پزشکی، تلویزیون رنگی و مسافرت هوایی قرار گیرد که میزان اشعه را حدود ۲ رم (Rem) در سال افزایش می دهد. کارگرانی که شغل آن‌ها در ارتباط با اشعه است بیشتر در معرض این خطر قرار دارند و این مقادیر در آن‌ها بیشتر یافت می‌شود. بیشترین مقداری که بدن می‌تواند بطور عمومی در خود داشته باشد ۰/۵ رم در هر سال است و برای ارگان های تشعشع دهنده، این مقدار کمتر از ۵ رم در هر ۳۰ سال می‌باشد.

بیماری قلبی و محیط زمین شناسی

اصطلاح بیماری قلبی در اینجا شامل بیماری قلبی کرونری (CHD) و بیماری کاردیو وسکولار (CVD) است. تغییرات مرگ و میر در اثر بیماری قلبی ارتباط مستقیم با سختی آب آشامیدنی مردم دارد. بررسی ها در ژاپن، انگلستان، سودان و ایالات متحده آمریکا نشان می‌دهد که جامعه‌ای که آب آن‌ها سختی کمتری دارد مرگ در اثر بیماری قلبی در آنها بیشتر است.

مقادیر (Rems)	تأثیرات
۰-۲۵	مقدار حدود ۲۵ رم باعث از بین رفتن گلبولهای سفید خون می شود
۲۵-۱۰۰	معده درد ، خونریزی معده ، خستگی مفرط
۱۰۰-۲۰۰	معده درد ، استفراغ ، خستگی مفرط ، کاهش گلبولهای سفید ، مرگ احتمالی
۲۰۰-۴۰۰	در صورت عدم مراجعه به پزشک ۵۰٪ بیماران دچار مرگ حتمی خواهند شد ، نازک شدن استخوانها ، تومورهای (غده) خونی
>۶۰۰	مرگ حتمی ، حتی با انجام کارهای پزشکی

جدول ۱۰ - تأثیرات کلی تشعشع بر بدن انسان (Fergusson).

اولین گزارش در ارتباط با آب آشامیدنی و بیماری قلبی در سال ۱۹۷۵ از ژاپن بدست آمده که شایع‌ترین نمونه مرگ و میر بر اثر سکته ناقص قلبی می‌باشد. این بیماری به سبب گسیختگی ناگهانی گلبول‌های خون باعث قلج کردن اعمال بدن می‌گردد. تغییرات جغرافیایی بیماری فوق در ژاپن در ارتباط با نسبت سولفات به بی‌کربنات (SO4/HCO3) آب رودخانه است. آب هایی که نسبت سولفات به بی‌کربنات آن کم باشد، سخت است در صورتی که آبی که این نسبت در آن بالا باشد (اسیدی) آب رقیق نامیده می‌شود.

فراوانی سولفات، بویژه در شمال خاوری ژاپن ناشی از وجود سنگ‌های آتشفشانی غنی از گوگرد در این محل است. رودخانه هایی که در ژاپن از میان سنگ‌های رسوبی عبور می‌کنند مانند اغلب رودخانه های دیگر دنیا دارای میزان سولفات کم و بی‌کربنات زیادی هستند. به طور عموم آب رودخانه ها در ژاپن با سختی کمتر از ۴۰ گرم در تن رقیق است و قابل مقایسه با ایالات متحده آمریکاست که سختی متوسط آب شهری حدود ۱۳۹ گرم در تن می‌باشد.

ارتباطات بین آب رقیق و میزان مرگ و میر ناشی از ناراحتی قلبی در ایالات متحده آمریکا ثابت گردیده است. در آمریکا، یک هماهنگی منفی بین سختی آب و میزان مرگ و میر از بیماری قلبی وجود دارد. میانگین ارتباط بین سختی آب و میزان مرگ و میر از بیماری قلبی تابع احتمالات زیر است:

۱- ممکن است هیچ ارتباطی با بیماری قلبی وجود نداشته باشد.

۲- آب رقیق اسیدی است و امکان دارد سبب فساد تدریجی لوله ها و آزاد شدن عناصر کمیاب و به دنبال آن باعث بیماری قلبی گردد.

عناصر و ترکیبات	عیار عادی (مجاز) (ppm)	عیار غیر عادی (مسمومیت زا) (ppm)
PH	۶٫۵-۸٫۵	۹٫۲ > ـ ۶٫۵ >
اورانیل (UO_2^{+2})	۵	۱۵
سختی	۳۰-۵۰۰	۱۰۰۰
آمونیاک	۰٫۵	۱٫۵ >
آرسنیک	۰٫۵	۱٫۵ >
باریم	۱	۳
کادمیم	۰٫۰۱	۰٫۰۳
کل املاح	۵۰۰	۱۵۰۰ >
کلر	۲۵۰	۶۰۰ >
کروم	۰٫۰۵	۲
مس	۱	۱٫۵
سیانید	۰٫۰۱	۰٫۲
فلوئور	۰٫۸-۱٫۷	۶
آهن	۰٫۳	۱
سرب	۰٫۰۵	۰٫۱
منیزیم	۵۰	۱۸۰
منگنز	۰٫۰۱	۰٫۵
جیوه	۰٫۰۰۲	۰٫۰۱
نیکل	۰٫۰۵	۰٫۲
نیترات	۲۵	۱۵۰
نیتریت	۱۰	۳۰
فسفر	۰٫۰۵	۰٫۲
سلنیم	۰٫۰۵	۰٫۲
سولفات	۲۵۰	۵۰۰
روی	۵	۳۰

جدول ۱۱ - عیار مجاز و مسمومیت زا در آب های آشامیدنی (Fergusson 1985).

۳- بعضی از مواد محلول در آب‌های سخت ممکن است بیماری را به تعویق بیاندازند.

٤- بعضی از خصوصیات آب‌های رقیق ممکن است باعث افزایش بیماری قلبی گردد.

مطالعات گسترده ای که در چند ایالت در شمال جورجیا و چند ایالت در مرکز و جنوب آن انجام شده نشان می‌دهد که در ایالت‌های شمال مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی بسیار کم در حالی که این نسبت در ایالت‌های مرکز و جنوب بالاتر است.

چندین عنصر کمیاب شناخته شده است که تأثیرات مفیدی بر روی بیماری قلبی دارد. منگنز، کروم و انادیم و مس به مقدار زیادی در نواحی با مرگ و میر پایین در جورجیا تمرکز یافته اند. بنابراین مرگ و میر ممکن است بر اثر ازدیاد عناصر کمیاب در خاک‌ها بوده و تمرکز این عناصر شاید همیشه مضر نباشد. به عبارت دیگر تمایل برای مرگ و میر زیاد از بیماری قلبی در جورجیا ممکن است در ارتباط با نقص یا کمبود این عناصر کمیاب در خاک‌های این مناطق باشد.

کادمیم، فلوئورین و سلنیم از جمله عناصری هستند که باید ارتباط آن ها با بیماری های قلبی بدقت مورد بررسی قرار گیرند. برای مثال کادمیم در مرگ های خاصی که ناشی از اشکالات خونی است زیاد یا میزان نسبت کادمیم به روی در کلیه این افراد بیمار بیشتر است. بنابراین کارگرانی که غبارات کادمیم را استنشاق کرده و عناصر را در ریه خود انبار می‌کنند افزایش فشار خون غیر عادی دارند.

سرطان و محیط زمین شناسی

سرطان یکی از جدی‌ترین بیماری‌ها بوده و ارتباط بسیار محکمی باشرایط محیطی دارد اما ارتباط بین محیط زمین شناسی و سرطان هنوز ثابت نشده است. ارتباط بین سرطان و محیط از دو نظر قابل بررسی است :

۱- عوامل و مواد سرطان زایی که بوسیله اعمال بشر به محیط وارد شده است.

۲- مواد سرطان زایی که به طور طبیعی در خاک‌ها و آبها وجود دارند.

اگر چه ارتباط بین مواد سرطان زا در آب آشامیدنی با بیماری هنوز ثابت نشده است اما آب‌های آلوده شده با مواد صنعتی مقدار زیادی مواد شیمیایی سمی با خود دارند که بعضی از آن‌ها ممکن است سرطان زا باشند. رودخانه می‌سی سی پی به طور خاصی دارای مسایل آلودگی است. بعضی از تفاله های صنعتی وقتی که با کلرینه شدن مواجه می شوند مواد سرطان زای مناسبی را تولید می کنند. از دیگر مواردی که در شیوع سرطان تأثیر دارد این است که آب‌ها نمی‌توانند مواد سمی را انتقال دهند. وقوع سرطان های خاص در ارتباط با محیط طبیعی است. برای مثال کمبود ید و ارتباط آن با سرطان سینه، آب‌های آشامیدنی حاوی کانی‌ها و ارتباط آن با سرطان معده، مواد آلی، روی، کبالت در خاک و ارتباط آن باآن با سرطان معده، شوری خاک، آب و هوا، سبزیجات و کشاورزی در ارتباط با سرطان مری می‌باشد.

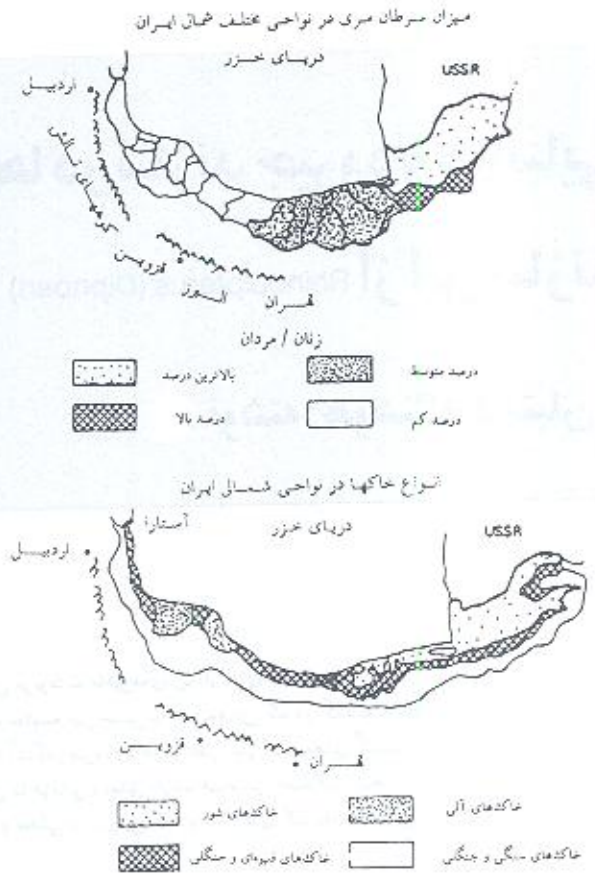
سرطان سینه یکی از عوامل مرگ و میر زنان بین ٤٠-٤٤ ساله می‌باشد و همه انواع سرطان‌های کشنده در زنان بین ۳۵-۵۵ ساله روی می‌دهد. پیدایش سرطان سینه در ایالات متحده آمریکا در ارتباط با کمبود ید می‌باشد. هم چنین دیده شده است که کشورهایی که دارای کمبود ید هستند، بیماری گواتر در آن‌ها شایع تر و میزان شیوع سرطان سینه بیشتر است. خلاف این مطلب نیز صادق است چرا که کشورهایی که کمبود ید ندارند گواتر و سرطان سینه در آن‌ها بسیار کم می‌باشد.

یک بررسی جالب بر روی پیدایش سرطان معده در باختر انگلیس این دیدگاه را به اثبات رسانده است که سرطان در این نواحی در ارتباط با آب‌هایی است که از سنگ‌های خاصی سرچشمه می‌گیرد. این آبها از سنگ‌های دونین (٤٠٠ - ٣٤٥ میلیون سال پیش) منشاء گرفته است. سنگ‌های رسوبی مزبور از نظر آبهای جاری کانی با سنگ‌های رسوبی کربونیفر (۳٤۵-۲۸۰ میلیون سال پیش) یا گرانیت هایی که در سنگ‌های دونین نفوذ نموده اند قابل مقایسه هستند.

مطالعات در انگلستان ارتباطات بین سرطان معده و خصوصیات خاک را ثابت کرده است. در نواحی که سرطان معده زیاد شایع است خاک‌هایی وجود دارد که از مواد آلی غنی می باشد. مقدار مواد آلی بوسیله درصد وزن از دست رفته یک خاک خشک بعد از حرارت دادن مشخص می‌شود. بررسی های دقیق تر در انگلستان نشان داده است که میزان غیر عادی سرطان معده با مقدار مواد آلی موجود در خاک ارتباط دارد. به علاوه این بررسی ها ارتباط مثبتی را بین تمرکز روی، کبالت، کروم و سرطان معده مشخص نموده است.

میزان شیوع سرطان مری در شمال ایران و در نزدیکی دریای خزر در ارتباط با محیط و بیماری مزمن می‌باشد. در این ناحیه میزان سرطان مری متفاوت و متغیر بوده و در مسافت های کوتاه تغییر می کند. بررسی ها در این گستره نشان می‌دهد که ارتباطی بین سرطان مری، آب و هوا، خاک‌ها، سبزیجات و فرآورده های کشاورزی وجود دارد. بنابراین بررسی های دقیق در مورد ارتباط متقابل بین این عوامل مانند تأثیر آب و هوا بر روی خاک، سبزیجات و فرآورده‌های کشاورزی لازم و ضروری است. شکل ۵ ارتباط سرطان و انواع خاک‌ها را نشان می‌دهد. آشکار است که بالاترین درصد بیماری همراه با خاک‌های شور در قسمت خاوری گستره می‌باشد. این خاک ها در یک ناحیه کم باران قرار گرفته اند. افزایش میزان بارندگی به سمت باختر بوسیله عامل‌های دیگر باعث شسته شدن خاک ها می گردد. کمترین شیوع سرطان مری در ناحیه پر باران شمال ایران و در قسمت باختر است. سبزیجات و فرآورده های کشاورزی، میوه، برنج و... در بسیاری از خصوصیات از خاور به باختر تفاوت دارد. به موازات این تغییر از خاور به باختر، شیوع بیماری سرطان نیز متفاوت می‌باشد.

مثال‌های ارتباطات بین محیط و شیوع بیماری سرطان اهمیت حالات پیچیده بیماری‌های مزمن را آشکار کرده است و بدون در نظر گرفتن استثناناتی که معمولاً وجود دارد، داده های کافی در دسترس است که مطالب فوق را ثابت می کند. بنابراین در محیط های زیست انسانی باید عوامل چند گانه و متغیرهای مختلفی مورد بررسی قرار گیرند.



شکل ۵- ارتباط بین انواع خاکها و شیوع سرطان مری در گستره‌های شمالی ایران (Keller 1969).

نتیجه گیری :

انتشار عناصر در لیتوسفر، هیدروسفر، بیوسفر و آتمسفر به عنوان چرخه ژئوشیمیایی شناخته شده است. در طول این مسیرها، فرآیندهای طبیعی از قبیل هوازدگی و فعالیت آتشفشانی همراه با آلودگی های حاصل از فعالیت بشر، انواع مواد را به محیط وارد می‌سازد. این عناصر به وسیله فرآیندهای دیگری چون شستشو، رسوب‌گذاری و فعالیت های زیستی متمرکز یا پراکنده می گردند.

هر عنصری طیف تأثیری خاصی بر روی گیاهان و حیوانات دارد. نمودار تمرکز یک عنصر در مقابل تأثیرات آن بر روی هر موجود زنده به عنوان منحنی حساس به تمرکز عناصر شناخته شده است. برای یک عنصر ویژه، تمرکز یا غلظت ممکن است مفید و حتی ضروری بوده اما غلظت های بالاتر ممکن است سمی و حتی کشنده باشد.

ارتباط بین بیماری‌های مزمن و محیط زمین شناسی پیچیده است ولی مدارک قابل ملاحظه‌ای وجود دارد که پیشنهاد می کند محیط‌های ژئوشیمیایی فاکتور مهمی در شیوع مسایل خطر ساز برای سلامتی از قبیل سرطان و بیماری قلبی می‌باشد.

مهم‌ترین نتایج تحلیلی در چرخه زمین‌شناسی زیست محیطی را می‌توان به شرح زیر ارائه نمود:

۱- در چرخه ژئوشیمیایی و زیست محیطی، انتشار کانی‌ها و عناصر از طریق لیتوسفر، هیدروسفر، بیوسفر و آتمسفر وارد محیط زیست انسان و موجودات دیگر می‌شود.

۲- انتشار عناصر در چرخه زیست محیطی بیشتر حاصل فرآیندها و فعالیت های معدنی، کشاورزی و صنعتی انسان است.

۳- آبهای سطحی و زیرزمینی نقش بسیار مهمی در آلودگی‌ها دارند.

٤- مهم‌ترین کانی‌های مضر که اثرات سرطان زایی آن‌ها ثابت گردیده است گردو غبار حاصل از کانی‌های گروه سرپانتین و کوارتز می‌باشد.

۵- خطرناک ترین ترکیبات گازی و آلوده کننده محیط SO_2 معرفی شده است.

٦- در بین عناصر مضر مومیت زا و سرطان آور گروه کالکوفیل‌ها (کادمیم، روی ، نیکل ، کبالت، جیوه، سرب، آرسنیک، آنتیمون و بیسموت) خطر آفرینی بیشتری دارند.

۷- کمپلکس های آلی عناصر در بعضی موارد سبب بروز سرطان مری می‌شوند.

کتابنگاری

آفتابی، ع.، ۱۳۷۳- ژئوشیمی پیشرفته، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۵۲۲ صفحه.

عطاپور، ح، ۱۳۷٤ - محیط زمین شناسی، عناصر کمیاب و بیماریهای تهدید کننده زندگی بشر، مدیریت زمین شناسی منطقه جنوب خاوری، ۵۱ صفحه.

References

Brookins, G.D., 1990- Minerals and energy resources: Merril, Pub. 389p.

Faure, G., 1993- Principle and applications of inorganic geochemistry. Maxwell, Macmillan, 626p.

Fergusson, J.E., 1985- Inorganic chemistry and the earth Pergamon press. 400p.

Hodges, L., 1977- Environmental pollution, Holt, Rienhart and Winston, 496p.

Keller, A.A., 1979- Environmental geology, Freeman Company.

* Geological Survey of Iran, Kerman Centre.

** Dept. of Geology, Kerman University.