

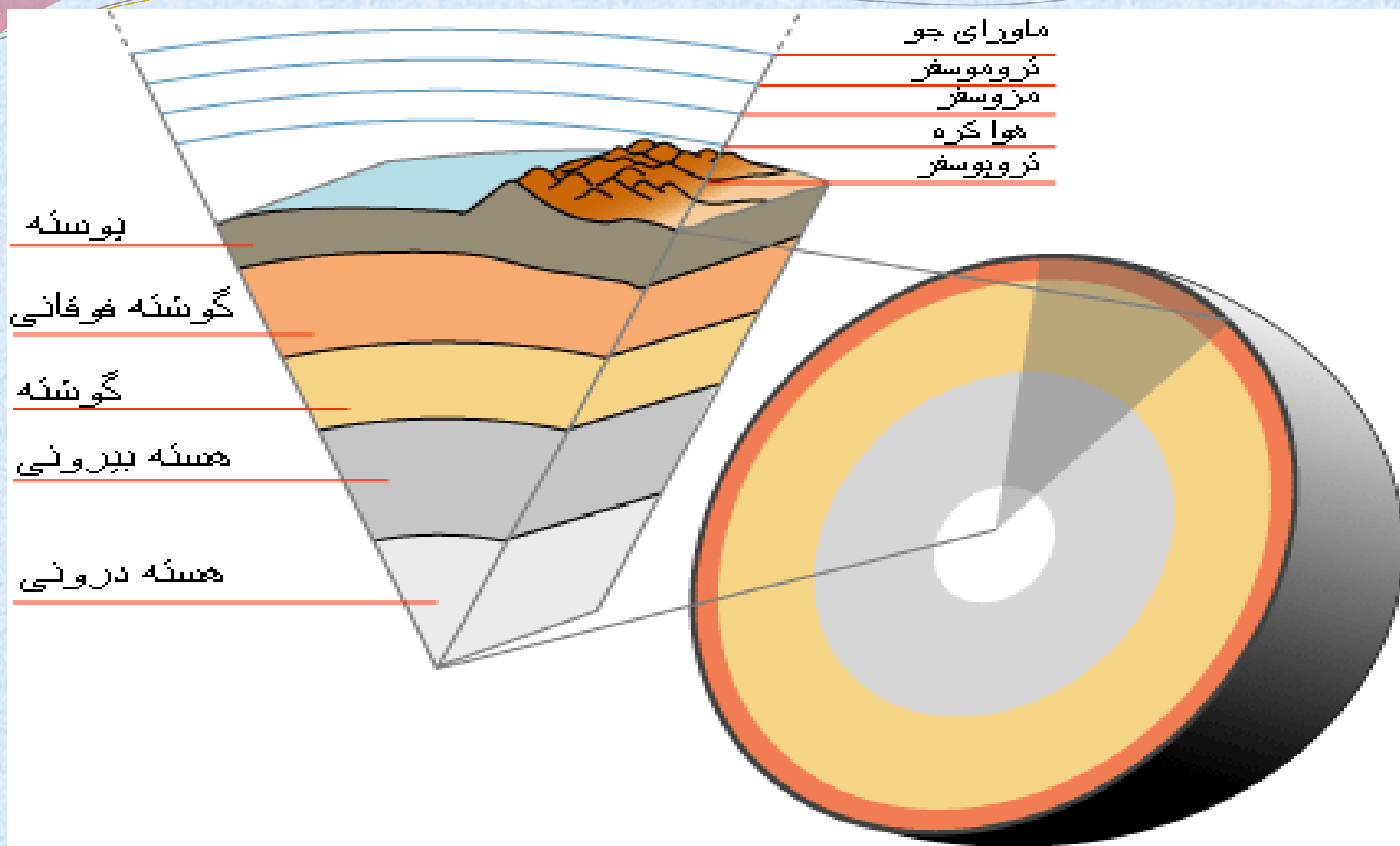
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

توزیع و فراوانی عناصر در زمین . نقش عوامل
زمین شناختی در تندرستی

لیلا فرخ نژاد رضایی . آذر 95

ساختار زمین

ساختار زمین شامل سه لایه اصلی پوسته، گوشته و هسته (شکل 1) و لایه‌های غیراصلی پوسته قاره‌ای، اقیانوسی، سنگ‌کره، سست‌کره، گوشته بالایی، گوشته پایینی، هسته درونی و هسته بیرونی پوسته است. پوسته بیرونی‌ترین لایه زمین است و بیشتر از اکسژن و سیلیکون ساخته شده و تنها جایی است که زندگی بر روی آن شناخته شده است. گوشته بزرگ‌ترین و پهناورترین لایه زمین است و از سنگ‌های نیمه جامد بسیار نرم و چگال و بیشتر از آهن و منیزیم ساخته شده است. سنگ‌کره بخش سفت و سخت زمین و به حالت جامد است و تمام سطح کره زمین از بالای کوه اورست تا انتهای درازگودال ماریانا را می‌پوشاند و از کانی‌ها ساخته شده است. سنگ‌کره همیشه به آرامی در حال حرکت است و به بشقاب‌های زمین‌ساختی تکه‌تکه شده است. جنبش زمین‌ساخت بشقابی عامل بسیاری از رویدادهای زمین‌شناسی مانند زمین‌لرزه‌ها و آتشفشان‌ها است. سست‌کره بخش نرم کره زمین است که گمان زده می‌شود که بسیار گرم‌تر و مایع‌تر از سنگ‌کره باشد. اگرچه سنگ‌های این لایه جامد و نیمه گداخته هستند، اما در پاسخ به تغییر شکل، روان و جاری می‌شوند. هسته درونی‌ترین و گرم‌ترین لایه کره زمین است و به طور کامل از فلز ساخته شده است. هسته بیرونی از فلزات ذوب‌شده آهن و نیکل و هم‌چنین گوگرد ساخته شده و به باور دانشمندان، میدان مغناطیسی زمین را کنترل می‌کند. جنس هسته درونی زمین، جامد و از آهن است و دمای آن ۶,۰۰۰° سانتی‌گراد (به اندازه دمای سطح خورشید) و فشار آن ۴۵,۰۰۰ پوند بر اینچ مربع است. شعاع متوسط کره زمین (از پوسته تا مرکز هسته) ۶,۳۷۱ کیلومتر و با نماد علمی $۶,۳۷۱ \times ۱۰^۳$ کیلومتر است.



شکل 1- ساختار زمین (لایه های زمین)

نقش کره زمین در بیماری های ما

- پیکره زمین نیز مانند بدن ما انسان‌ها از عناصر گوناگونی تشکیل شده است که برخی از آنها برای زندگی انسان‌ها لازم و ضروری و برخی دیگر برهم زننده تعادل بدن هستند. در واقع برخی از عناصر موجود در سنگ‌ها و کانی‌های موجود در خاک علاوه بر این که در تداوم حیات بشر نقش مهمی ایفا می‌کنند گاهی نیز تعادل بدن را برهم ریخته و موجب بروز مشکلات و بیماری می‌شوند. بنابراین در بروز برخی بیماری‌ها بخصوص بیماری‌هایی که در منطقه‌ای خاص به صورت اپیدمی درآمده است می‌توان به تاثیر زمین و خاک به عنوان عوامل محیطی و طبیعی شک کرد. در مورد عوامل موثر زمین بر بروز انواع بیماری‌ها باید گفت این موضوع در همه جای کشور ما متفاوت است. در جاهایی که امکان وجود معادن و پتانسیل‌های معدنی وجود دارد، ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی متفاوتی داریم.

- این ناهنجاری‌ها می‌تواند به صورت فزونی یا کاهش عناصر و ترکیبات شیمیایی باشند. اگر این ترکیبات شیمیایی برای سلامت مضر باشند، جای دارد که انتظار بسیاری از بیماری‌های کرونیک در انسان و حیوانات را داشته باشیم و در جایی که عناصر مفید باشند به دنبال عوامل فیزیولوژیکی خاص می‌گردیم که سلامت را تضمین می‌نماید. مثلاً در مناطقی که به صورت طبیعی دارای پتانسیل‌های معدنی آهن، ید، فلئور و... هستیم انتظار داریم که بر اساس قوانین چرخه زمین زیست شیمی بیماری‌هایی مانند کم‌خونی، گواتر، فلورسیس شیوع کمتری داشته باشد و این موضوع در آمار و اطلاعات پزشکی نیز قابل استناد باشد.
- اما در بعضی مناطق به صورت طبیعی و بر اساس ساختار زمین‌شناسی دارای عناصر سمی هستیم مانند آرسنیک، جیوه، کادمیوم، سرب، روی، که هر کدام از این عناصر برای سلامت انسان مضر هستند. اگر میزان این عناصر بیش از حد مجاز باشد انتظار می‌رود در آن منطقه بیماری‌هایی را مشاهده کنیم. تمامی عناصر و ترکیبات شیمیایی که بدن انسان را می‌سازند اگر بیش از حد مجاز یا کمتر از آن وارد بدن شوند می‌توانند باعث بیماری شوند.

جدول تناوبی عناصر

گروه دوره →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		57 Hf	58 Ta	59 W	60 Re	61 Os	62 Ir	63 Pt	64 Au	65 Hg	66 Tl	67 Pb	68 Bi	69 Po	70 At	71 Rn
	87 Fr	88 Ra		103 Rf	104 Db	105 Sg	106 Bh	107 Hs	108 Mt	109 Ds	110 Rg	111 Cn	112 Uut	113 Fl	114 Uup	115 Lv	116 Uus	117 Uuo

لانثانیدها

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

اکتیئیدها

89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

کشف عناصر شیمیایی گام بزرگی در درک بشر از جهان بود. جدول تناوبی عناصر که توسط مندلیف در سال 1869 ارائه شد دارای ایراداتی بود. بدین ترتیب که جایابی برخی از عناصر درست صورت نگرفته و یک گروه کامل از عناصر یعنی گازهای نجیب نیز برای او شناخته بود یک دلیل این بود که مندلیف عناصر را بر طبق جرم اتمی نسبی منظم کرده بود. در حالی که جرم اتمی نسبی عناصر توالی منظمی نمیسازد و پی بردن به گاف های بین عناصر شناخته شده امکان پذیر نبود. نخستین پایه محکم تجربی تعیین عدد اتمی نتیجه کارطیف بینی موزلی در سال 1913 بود. پس از کار موزلی قراردادن عناصر در یک توالی واضح و بدون ابهام و همچنین اطمینان از نبود گاف ها امکان پذیر بود.

فراوانی عناصر در زمین

فراوانی عناصر در زمین در ابتدا مشابه فراوانی آنها در خورشید بود ولی در طول زمان این فراوانی دچار تغییر شد. در حال حاضر آهن (32.1%) و اکسیژن (30.1%) فراوانترین عناصر جرم زمین هستند. بیش از 98% جرم زمین از هشت عنصر شکل گرفته و سایر عناصر تنها 1.2% از جرم زمین را تشکیل می‌دهند

فراوانی عناصر در پوسته زمین

نمودار روبه رو فراوانی نسبی عناصر شیمیایی را در پوسته ی زمین نشان میدهد . عناصر موجود در پوسته زمین را میتوان براساس فراوانی آنها با کاربردشان در دسته هایی تقسیم بندی کرد :

1-عناصرهای شکل دهنده سنگها (عناصرهای اصلی در محدوده یسبز و فرعی در محدوده سبز کم رنگ)

2-عناصرهای خاکی کمیاب (اسکاندیم . ایتریم . لانتانیدها با متن ابی)

3-فلزهای صنعتی اصلی (تولید بیش از 30 هزارتن در سال با متن قرمز)

4-فلزات گرانبها (با متن بنفش)

5-کمیاب ترین فلزات(شش عنصر گروه پلاتین . طلا . رنیم . تلوریم در محدوده زرد)

چند شکست در نمودار 1 وجود دارد. عنصرهای تکنسیم و پرومتیم هیچ ایزوتوپ پایدار بانیمه عمر بالایی ندارند و تنها به صورت بسیار ناچیزی به عنوان محصول واپاشی عنصرهای سنگین تر قابل ردیابی هستند. علاوه بر این گازهای نجیب هیچ پیوند شیمیایی در پوسته زمین تشکیل نمیدهند و تنها در اثر واپاشی عنصرهای سنگین تر پدید می آیند. به مین دلیل در کمیت های بسیار ناچیز در پوسته زمین مشاهده میشوند. دوازده عنصر بسیار پرتوزا که در طبیعت بسیار ناچیز هستند نیز در نظر گرفته نمیشوند زیرا با اینکه در آغاز تشکیل زمین وجود داشتند ولی به دلیل پرتوزا بودن به تدریج واپاشی شدند و در حال حاضر تنها در کمیت های ناچیز در اثر فروپاشی اورانیم و توریم پدید می آیند. اکسیژن و سلسیم فراوانترین عناصر در پوسته زمین هستند. ترکیب این دو عنصر کانی های سیلیکاتی را که بخش قابل توجهی از سنگها را شامل میشوند به وجود می آورد.

فراوانی عنصرها در اقیانوس ها

حدود 70% از سطح زمین از آب پوشیده شده است. به جز اکسیژن و هیدروژن که بیش از 96% ماده درون اقیانوس ها را تشکیل میدهد عنصرهای سازنده نمک ها بیشترین فراوانی را در اقیانوس ها دارند از جمله کلر و سدیم به ترتیب با فراوانی 1.94% و 1.08% با اختلاف قابل توجهی نسبت به سایر عناصر فراوانی زیادی در اقیانوس ها دارند. منیزیم، گوگرد، کلسیم، پتاسیم و برم و کربن سایر عناصر فراوان موجود در اقیانوس ها هستند.

ده عنصر فراوان در اقیانوس ها

نسبت جرمی	نام عنصر	عدد اتمی
%85.84	اکسیژن	8
%10.82	هیدروژن	1
%1.94	کلر	17
%1.08	سدیم	11
%0.129	منیزیم	12
%0.091	گوگرد	16
%0.04	کلسیم	20
%0.04	پتاسیم	19
%0.007	برم	35
%0.003	کربن	6

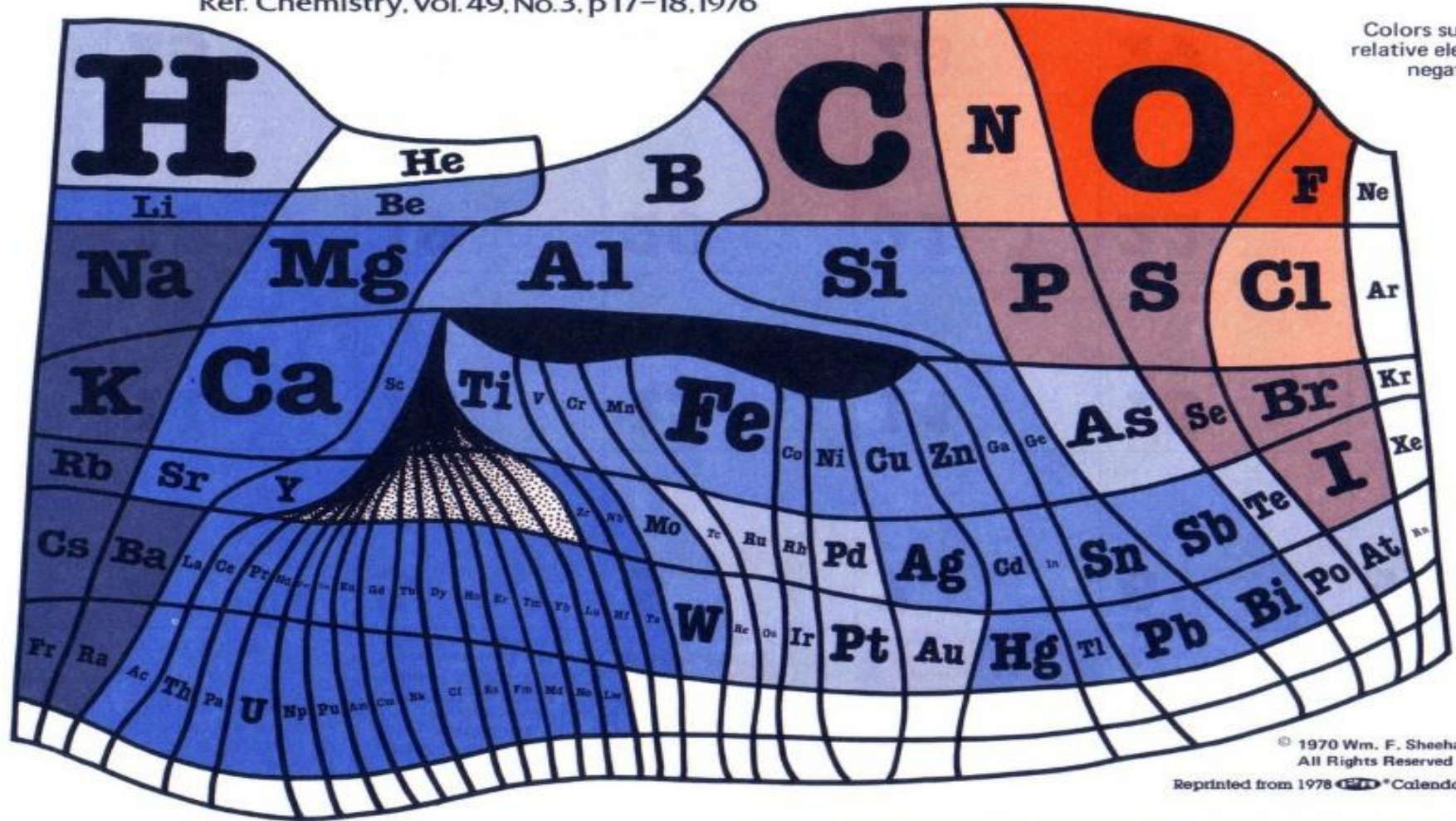
فراوانی عناصرها در بدن انسان

حدود 65 تا 90% جرم سلول های بدن انسان را آب تشکیل میدهد و بخش بزرگی از مقدار باقیمانده نیز شامل مولکول های الی کربن دار است بنابراین اکسیژن نسبت قابل توحه ای از جرم بدن انسان را به خود اختصاص میدهد و پس از آن نیز کربن قرار میگیرد. تقریباً 99% جرم بدن انسان از شش عنصر شکل یافته است. اکسیژن (65%)، کربن (18%)، هیدروژن (10%)، نیتروژن (3%)، کلسیم (1.5%) و فسفر (1.2%).

7.5% نیز شامل پنج عنصر پتاسیم، گوگرد، کلر، سدیم و منیزیم است. تنهافت عنصر برای زندگی انسان مورد نیاز هستند. چند عنصر دیگر نیز در حد ناچیز در سلامت پستانداران نقش دارند. دو عنصر سلسیم و آلومینیوم با وجود فراوانی در زمین در بدن انسان تقریباً بی تاثیر هستند.

The Elements According to Relative Abundance

A Periodic Chart by Prof. Wm. F. Sheehan, University of Santa Clara, CA 95053
 Ref. Chemistry, Vol. 49, No. 3, p 17-18, 1976



Roughly, the size of an element's own niche ("I almost wrote square") is proportioned to its abundance on Earth's surface, and in addition, certain chemical similarities (e.g., Be and Al, or B and Si) are sug-

gested by the positioning of neighbors. The chart emphasizes that in real life a chemist will probably meet O, Si, Al, . . . and that he better do something about it. Periodic tables based upon elemental abundance would, of course, vary from planet to planet. . . W.F.S.

NOTE: TO ACCOMMODATE ALL ELEMENTS SOME DISTORTIONS WERE NECESSARY, FOR EXAMPLE SOME ELEMENTS DO NOT OCCUR NATURALLY.

جدول تناوبی براساس فراوانی عناصر در زمین - مربع ها براساس سهمشان از کره زمین کشیده یا جمع شده اند

آلودگی زیست محیطی عناصر

کربن چه به صورت مطلق و چه نسبت به فراوانی کلی آن بیشترین مصرف را در میان عناصر دارد. بیشترین مصرف کربن به شکل سوخت های فسیلی. برای صنعت. حمل و نقل و مصارف خانگی است. این مطلب چندین شکل آلودگی را بوجود می آورد. دی اکسید کربن تولید شده از سوختن کامل ممکن است سبب گرمای جهانی شود سوختن ناقص باعث تولید ترکیبات الی و ذرات معلق و می شود که ممکن است مسمومیت زا باشند و آلودگی کوتاه مدت هوا با ماهیت محلی را باعث شوند برخی عناصر دیگر جابه جا شده و میتوانند باعث ایجاد مشکلاتی شوند: اکسیدهای گوگرد و نیتروژن سمی بوده و باران اسیدی را بوجود می آورند و عناصر سمی با فراوانی کمتر مانند آرسنیک سازی زغال سنگ هستند.

دیگر منبع عمومی آلودگی فراوری و کاربرد فلزات است. فلزات گروه 10-14 در مقایسه با فراوانی آنها مصرف زیادی داشته و درجه های متغییری از مسمومیت زایی را دارند این عناصر ممکن است در محیط در حین معدن کاری و دیگر عملیات فراوری به شکل انحلال پذیر و یا به صورت غبار در اتمسفر رها شوند. هنگام استخراج روی آلودگی بسیار مسمومیت زای کادمیم ممکن است رخ دهد زیرا این دو عنصر اغلب با هم یافت میشوند. کشاورزی دلیل کاربرد به نسبت بالای برخی عناصر بویژه فسفر و نیتروژن است. کاربرد گسترده کودهای شیمیایی و افت کثرت ها میتواند مشکلات زیادی را بوجود آورد چون این ترکیبات به طور عمده پخش میشوند که استفاده بیش از حد باعث آلودگی منابع آب میشود. افزایش اخیر در غلظت اتمسفری برخی از گازهای ناچیزمانند گازهای گلخانه ای متان و اکسید نیتروس میتواند از اثرهای افزایش استفاده از کودهای شیمیایی باشد.

عناصر کلر و برم سازهای مولکول های الی مصنوعی غیر طبیعی اما اغلب بسیار مقاوم محیط زیست هستند. بسیاری از این مولکولهای الی مسمومیت زا میباشند و به صورت علف کش ها و حشره کش ها تولید میشوند. دیگر مواد الی یعنی کلرو فلوروکربن ها و ترکیب های ربوطه برم از نظر شیمیایی بسیاری اثر هستند و کاربرد آنها نیز مربوط به این خاصیت است. به هر حال مشکل آنها این است که انقدر در اتمسفر پایینی دوام می آورند که در نهایت میتوانند به استراتوسفر رسیده و به لایه اوزون آسیب برسانند.

عناصر پرتوزای مصنوعی در مقادیر بسیار کمتر تولید میشوند و نمیتوانند باعث آشفته گی شیمیایی زیست محیط شوند. پتانسیل این عناصر برای آسیب رسانی ماهیت متفاوتی دارد.

عنصر	ماده شیمیایی یا شکل دیگر	منابع اصلی بشرزاد	دلیل نگرانی
C	مواد آلی CO ₂ .CH ₄ .CO. هیدروکربنهای مایع پسماند آلی	سوختن سوخت فسیلی .کشاورزی.خودروها صنعت استخراج نفت وحمل ونقل.فاضلاب تصفیه نشده	گرم شدن جهان.الودگی هوا مضر برای حیات وحش.الودگی آب وتقاضای اکسیژن زیست شناختی
N	نیترا تها ونیتريت ها NO.NO ₂	کودها	الودگی آب وسمی بودن برای جنین ها
F	فلوریدها	صنعتی	سمی
AL	AL ³⁺	آبشویی به وسیله باران اسیدی	سمی برای گیاهان وجانوران
P	فسفاتهای انحلال پذیر ترکیبهای آلی	کودها .شوینده ها افت کشها وگازسمی	کم اکسیژن شدن دریاچه ها
S	SO ₂	سوختن سوخت فسیلی.صنعت	الودگی هوا .باران اسیدی
CL	ترکیبهای آلی کلروفلوروکربنها	موادشیمیایی صنعتی .افت کشها سردسازها .هوامیزها	سمی آسیب رساندن به لایه اوزون
NI	هرترکیبی	حفاری واستخراج فلز	غبارسمی وخاکها
CU	هرترکیبی	حفاری واستخراج فلزها	برای گونه های بسیاری سمی

سمی	صنعت وافت کش ها	هر ترکیبی	AS
اسیب رساندن به لایه اوزون	مواد آتش نشان	ترکیبهای الی	BR
بسیار سمی	صنعت	هر ترکیبی	Cd
سمی برای حیات دریایی	رنگ ضداب دریا	ترکیبهای الی	Sn
بسیار سمی	صنعت .افت کشها	هر ترکیبی	Hg
بسیار سمی	صنعت .رنگها .دند خودروها ذخایر اب	هر ترکیبی	pb

ادامه جدول - عناصر تشکیل دهنده الاینده های زیست محیطی

9 کانی و سنگ معدنی خطرناک برای تندرستی

برخی از ترکیبات شیمیایی خوش رنگ و لعاب میتوانند در مدتی کوتاهی جان انسان را بگیرند شاید در ابتدا فکر کنیم که این ترکیبات تنها در آزمایشگاه یافت میشوند غافل از آنکه طبیعت بستر واقعی آنها محسوب میشود.

آب آشامیدنی شهر فلینت در ایالت میشیگان مدتی است که در اثر بی توجهی به سرب آلوده شده است. همانطور که انسانها در مورد گیاهان کشنده و حیوانات خطرناک آگاهی های نسبتا لازم را دارند. باید عناصر و مواد معدنی سمی دنیای پیرامون خود را بهتر بشناسید.

کالکانیت - سولفات $\text{CUSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

مس

کالکانیت .سولفات مس محلول درآب است که رنگ آبی درخشانی دارد. این ماده باید درمحیط خشک نگهداری شود.چرا که درمحیط مرطوب به راحتی حل میشود.حلالیت کالکانیت درآب میتواند منجر به سمی شدن مس شود و برای انسان ایجاد خطر کند

استینیت – Sb₂S₃

درواقع همان سولفید آنتیموان است که یک ماده معدنی سمی است این ماده با شبکه کریستالی ارترومبیک خودبه عنوان منبعی از آنتیموان شناخته شده است. زمانی از استیب نیت به عنوان یک ماده آرایشی برای تیره کردن مژه و ابرو ها استفاده می شد! این ماده معدنی در ساخت ظروف غذایی نیز کاربرد داشت که آنتیموان موجود در آن ایجاد مسمومیت میکرد.

آزبست $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$

شاید نام آزبست را به همراه سرطان ریه شنیده باشد. این ماده سیلیکاتی به شکل فیبرهای نازک کریستالیرشد میکند و به آسانی به شکل ذرات گردوغبار خرد میشوند باوجود مفیدبودن آزبست در بعضی موارد نظیر عایق بودن. مقاوم بودن در برابر آتش و جاذب صدا بودن. گرد این ماده در صورت تنفس کشنده است. الیاف آزبست میتوانند منجر به بیماری هایی نظیر سرطان ریه. مزوتلیوما و ازبستور شود.

ارسنوپیریت FeAsS

نوعی کانی بارنگ متالیک و براق است که از عنصر آهن، آرسنیک و گوگرد تشکیل شده است. این ماده در روزنه‌ی چشمه‌های آب گرم و سنگهای آذرین پگماتیت وجود دارد. آرسنیک عنصر معلوم الحالی میباشد که پرونده‌ی سنگینی در خسارات جانی و محیطی داشته است و گاهی اوقات در رسوبات طلا هم دیده میشود.

سینابار: در واقع همان سولفید جیوه است که رنگ قرمز غلیظی دارد و غنی‌ترین منبع جیوه در درجه‌های محسوب میشود در زمان‌های قدیم از این ماده در رنگ‌سازی استفاده میکردند و نم‌دانستند که برخلاف رنگ فریبنده‌اش ماده‌ای بسیار کشنده است و یکی از مهمترین عوامل مرگ و میر در جهان است.

هوت جینسونایت – $(\text{Ti}, \text{pb})_2\text{As}_5\text{S}_9$

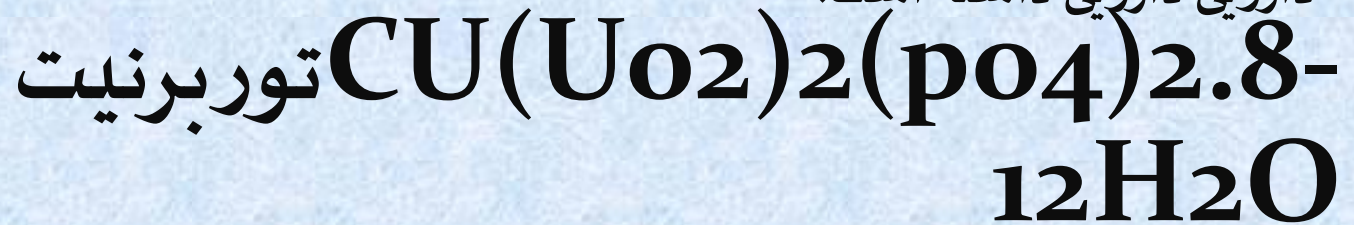
ساختاری از آرسنیک و سولفید است که با تالیوم و سرب در روزنه چشمه های اب گرم یافت میشود. نمک تالیوم تقریبا بیمزه بوده و به شدت سمی است. قبلا از تالیوم در ساخت مرگ موش و حشره کش ها استفاده میشد. حالا فرض کنید که این تالیوم در کنار سولفی هیدروژن قرار بگیرد و طبیعتا ترکیب این دو عنصر بشدت خطرناک و کشنده خواهد بود. تنها کافی است یکبار در معرض این ترکیب قرار گرفت و مرگ را تجربه کرد.

گالن: گالن سنگ معدن سولفید سرب است و اصلی ترین منبع سرب در جهان

محسوب میشود. سرب موجود در گالن سمی بوده و در حالی که گرد های آن وارد سیستم تنفس یا دستگاه گوارش شود ایجاد خطر میکنند. اما در حالت سنگ معدن نسبتا بی خطر است.

زرمیخ As_2S_3

یکی دیگر از خانواده سولفید آرسنیک است که رنگ زرد پرتقالی درخشانی دارد. این ماده یمعدنی به طور طبیعی در منافذ خروجی چشمه های آب گرم و شکاف آتشفشان ها یافت میشود. جالب این است که این ماده با وجود سمی بودنش زمانی در چین به استفاده ی دارویی دارویی داشته است.



یک ماده ی معدنی خطرناک است که از هیدراته رنگ سبز مس . فسفات و اورانیل تشکیل شده است . این ماده اغلب در گرانیت یافت میشود که شامل اورانیوم است . خود اورانیوم به دلیل تشعشع امواج رادیواکتیو در دسته عناصر خطرناک است . توربرنیت به طور طبیعی ماده یرادیواکتیو را آزون آزاد میکند که در بلند مدت میتواند باعث سرطان شود .

آتشفشان

آتشفشانها مکانهایی هستند که به علل مختلف فیزیکی و تکنوتیکی مواد مذاب درونی زمین را به شکل گدازه های آتشفشانی، مواد پیروکلاستیک و گازها از خود خارج و امکان راهیابی آنها به سطح زمین میدهند.

آتشفشانها دارای گازهای مختلفی هستند که بسیاری از آنها نظیر بخار آب و دی اکسید کربن سمی نیستند ولی با این حال این قبیل گازها هنگامی که از نظر تمرکز بالا باشند سمی و خطرناک اند. گازهای دیگر نظیر سولفور و اسید کلریدریک نسبتا خطرناک و سمی اند. بسیاری از افراد با وجود آگاهی از وجود گازهای آتشفشانی جان خود را از دست داده اند. گاز دی اکسید کربن حدود 50% از هوا سنگین است و در اثر چگالی بالاتر به اهستگی بر روی سطح زمین پراکنده میشود که در این صورت به دلیل نرسیده اکسیژن خفه میشود.

انفجار در اثر تجمع بخار در بعضی از آتشفشانها بسیار مهیب و کشنده است

منابع

کتاب عناصرزمین - دکتر فرید مر و خدجه زائری - مرکز نشر دانشگاه شیراز