المعادن والصخور الضارة بالبيئة

الأستاذ الدكتور / محمد رجائي جودة الطحلاوى

أستاذ بقسم هندسة التعدين والفلزات – كلية الهندسة – جامعة أسيوط

تتكون القشرة الأرضية من عدد كبير من الصخور النارية والرسوبية والمتحولة. ويتكون الصخر من معدن واحد أو أكثر. وقد استقر تعريف المعدن منذ زمن طويل علي أنه المُركب الذي تكون في الطبيعة وله تركيب كيميائي وترتيب ذري محدد، وقد يأخذ المعدن أشكالا متعددة. ومعظم الفلزات توجد في الطبيعة علي هيئة مركبات كيميائية من الأكاسيد، والكبريديتات، والكربونات والسيليكات...الخ، كما توجد بعض الفلزات علي هيئة بدائية *Native* مثل الذهب والحديد والنحاس وغيرهم . ومن المعروف أنه يوجد في الطبيعة حوالي ١٠٩عنصراً طبيعياً يشملهم الجدول الدوري للعناصر، ومنهم ١٥ معدنا يحتاجهم الجسم البشري ليؤدي وظائفه علي النحو السليم. والمعادن التي يحتاج منها الجسم إلي كميات كبيرة هي الكلسيوم، والفسفور والماغنسيوم، ويحتاج الجسم إلي كميات أقل من الألمنيوم والنحاس والفلوريد واليود والحديد والمنجنيز والمولبدينوم والسيلينيوم والزنك والكلوريد والبوتاسيوم والصوديوم. وعندما بدأ الإنسان يهتم في العصر الحديث بالتلوث المتفاقم الذي يحدث في الطبيعة، اتجهت الدراسات لما يسمي بالسميات. وتعرف السُمّيات (*Toxics*) بأنها المواد الكيميائية أو المواد التي تتكون في الطبيعة أو عن طريق التصنيع وتسبب التسمم للإنسان أو الحيوان أو النبات، وتعتمد درجة السمّية علي عدة عوامل أهمها : (الفعالية، ومعدل التعرض، وحجم الجرعة، ودرجة الحساسية لدي الأفراد) . وتسبب السمية أضراراً كثيرة للإنسان تتراوح بين الإصابة بالسرطان إلي اضطرابات معوية إلي مشاكل في النمو والتحصيل العلمي، ويؤدي بعضها إلي الوفاة .

بعض المعادن الضارة بالبيئة :

ومن أشد المعادن ضرراً بالبيئة، الزرنيخ، والأسبستوس، والكادميوم، والرصاص، والزئبق والمنجنيز والأنتيمون والزنك والباريوم والبريليوم، والبزموت والبرومين والثاليوم واليورانيوم. كما ثبت مؤخراً أن الألمنيوم من المعادن ذات السمية العالية. ومعظم هذه المعادن موجود في الطبيعة بكميات قليلة جداً ومنذ زمن طويل، إلاّ أن استخراج هذه المعادن واستخدامها في الصناعة أدي إلي مشاكل بيئية وصحية كثيرة لم تكن معروفة من قبل. وتنشأ هذه المشاكل الصحية عادة بسبب أن هذه المعادن الثقيلة تحل محل معادن أخري موجودة في الجسم وتؤدي الأخيرة دوراً هاماً في الوظائف العضوية، فمثلا يحل الكادميوم محل الزنك ويحل الرصاص مكان الكلسيوم، وعندما يحدث هذا يتركز الكادميوم أو الرصاص في العظام أو الأنسجة ويصبح من العسير التخلص منهما ولا يمكن أن تتم العمليات التي كانت تقوم بها العناصر المزاحة مما يؤدي إلي الكثير من المضاعفات الصحية .

١- الزرنيخ : Arsenic :

يوجد الزرنيخ (As) منتشرا في القشرة الأرضية متحدا مع بعض العناصر مثل الأكسجين والكلور والكبريت مكونا معدن زرنيخ البيريت كثلاثي كبريتيد أو ثنائي كبريتيد الزرنيخ، ويسمي الزرنيخ المتحد بهذه العناصر زرنيخا غير عضوي، أما الزرنيخ المتحد مع الكربون والهيدروجين فيسمي زرنيخاً عضوياً. ويستخلص الزرنيخ كناتج ثانوي من معالجة خامات الذهب والنحاس، وتعتبر السويد أكبر منتج لهذا المعدن في العالم، ويستخدم الزرنيخ بكثرة في صناعة الزجاج والألوان، أما الاستخدام الرئيسي له فهو كمبيد للحشرات والآفات الزراعية. والمركبات العضوية للزرنيخ عادة ما تكون أقل ضرراً من المركبات غير العضوية، وقد يسبب استنشاق كميات كبيرة من الزرنيخ غير العضوي التهاباً في الحلق أو في الرئة، كما يسبب ابتلاع كميات بسيطة من الزرنيخ الغثيان والقيء ونقصاً في الصفائح الحمراء والبيضاء في الدم مع اضطرابات في ضربات القلب، وشعور بالوخز في اليدين والقدمين، كما يسبب البلع المستمر لمياه الشرب الحاوية للزرنيخ

سرطان الجلد والمثانة والرئة. وتتميز غالبية مركبات الزرنيخ العضوية وغير العضوية بأنها بيضاء اللون، كما أن مسحوقه لا لون له ولا يتبخر، ولا رائحة له وليس له مذاق مميز، ولذلك فمن العسير معرفة ما إذا كان الطعام أو الهواء أو الماء يحتوي علي الزرنيخ أم لا. وتذوب معظم مركبات الزرنيخ في الماء ولذلك فمن السهل أن يتسرب الزرنيخ إلي الأنهار والبحيرات والمياه الأرضية أو من خلال المخلفات الصناعية. وتستخدم مركبات الزرنيخ كمبيدات وخاصة لشجيرات القطن، أما المركبات غير العضوية فتستخدم بعد معالجتها كيميائياً لحفظ الطعام .

٢- الأسبستوس :Asbestos :

كلمة أسبستوس لا تطلق علي معدن معين ولكنها تطلق علي مجموعة من ستة معادن مختلفة تتكون في الطبيعة علي هيئة ألياف طويلة ورفيعة تشبه إلي حد كبير الفيبرجلاس. وهذه الألياف قوية ومرنة لدرجة أنه يمكن غزلها ونسجها، وتعتبر مقاومتها للحرارة عالية جداً، كما أنها تتميز بمقاومتها للأحماض والمواد الكاوية، وبفضل كل هذه الخواص فإن الأسبستوس يستخدم علي نطاق واسع في الصناعة، وخاصة في مواد البناء،والمواسير ومقاومة الاحتكاك (السيارات والفرامل وأجزاء نقل الحركة)، وفي عمل الملابس الواقية من الحرارة، والتغليف...الخ، وتوجد أهم رواسب الأسبستوس في كندا وروسيا وجنوب أفريقيا وروديسيا.

والأسبستوس يعتبر من مسببات السرطان للإنسان، حيث إن أليافه تنتشر في الهواء عند تفكك المواد الحاوية له، ويؤثر مباشرة علي الرئة وأغشيتها. ويؤدي استنشاق كميات كبيرة من الأسبستوس لمدة طويلة إلي تدمير أنسجة الرئة والغشاء البلوري الذي يحيط بها، ويسمي هذا المرض أسبستوزس *Asbestosis*، ويصيب العمال الذين يتعرضون للتعامل مع الأسبستوس. ويسبب هذا المرض صعوبة في التنفس، مصحوبة بكحة شديدة، وفي الحالات الحادة يسبب تضخمًا في القلب. ويعتبر هذا المرض من الأمراض الخطيرة جدا وقد يؤدي إلي العجز الكامل أو الوفاة. كما يؤدي استنشاق كميات قليلة من الأسبستوس إلي تكوين بقع سوداء في الأغشية البلورية، وعادة ما تصيب الناس الذين يعيشون في بيئة بها نسبة عالية من الأسبستوس، وقد يتعرضون بسبب

ذلك إلي تضخم الغشاء البلوري مسببًا صعوبة للتنفس. وقد أصبح استخراج واستخدام الأسبستوس الآن محظورًا تمامًا في كثير من الدول – ومنها مصر – لما يسببه من سرطان محقق للإنسان.

٣- الكادميوم : Cadmium :

يوجد الكادميوم (Cd) بنسب قليلة جدًا في الصخور والتربة، ويستخرج كناتج ثانوي من خامات النحاس والرصاص وخاصة الزنك كبريتيد الزنك (*Smithsonite*)عن طريق التبخير. أما المعدن الذي يتكون من كبريتيد الكادميوم فقط فهو نادر الوجود جدا في الطبيعة. يسبب الطعام أو المياه اللذان يحتويان علي نسبة عالية من الكادميوم إلي تهيج المعدة ويؤدي إلي القيء والإسهال. كما يسبب التعرض لمدة طويلة لنسب منخفضة من الكادميوم في الهواء أو الطعام أو الماء إلي إصابة الكُلي، وتدمير الرئة وهشاشة العظام وقد يسبب الكادميوم ومركباته أيضًا السرطان .

٤- الرصاص : Lead :

يوجد الرصاص (Pb) بكميات قليلة في القشرة الأرضية علي هيئة فلز ذي لون رمادي يميل إلي اللون الأزرق، وغالبية الرصاص المنتشر ينشأ نتيجة النشاط الإنساني بما فيه المحروقات والتعدين والتصنيع. وأهم خامات النحاس كبريتيد الرصاص (الجالينا *Galena*) وأكثر مناجم الرصاص في العالم توجد في التشيك ورومانيا والنمسا والولايات المتحدة، كما توجد بعض المناجم القديمة في مصر في جبل الرصاص وأم غيج علي ساحل البحر الأحمر جنوب القصير.
والرصاص شديد السُمّية، والتعرض له يسبب أخطارا شديدة وخاصة للأطفال دون السادسة. وأشد أنواع الإصابة تحدث نتيجة لاستنشاق الغبار الملوث بالرصاص والذي يسبب التسمم، ومعظم الأخطار تنشأ من الأدوات المنزلية ولعب الأطفال الشائعة المطلية بالرصاص، وغبار الرصاص والتربة الملوثة به، بالإضافة إلي مواد السباكة (التي تُسرب كمية ولو قليلة من الرصاص في مياه الشرب)، ومصانع الرصاص والصناعات الأخرى التي ينتج عنها رصاص يختلط مع الهواء،

وصناعة السيراميك والبلور والفخار التي يدخل فيها الرصاص الذي قد يلوث الطعام والسوائل المحفوظة فيهم. كما أن احتمال أن يحمل الذين يعملون في هذه الصناعات غبار الرصاص في ملابسهم معرضين منازلهم وأهليهم للتلوث. يؤدي التعرض إلي كمية قليلة من الرصاص إلي أضرار بالغة للأطفال، فقد تسبب فشلا كلويا وتدميرًا للجهاز العصبي وعدم القدرة علي التحصيل، والشراسة وقلة الذكاء، أما الكميات الكبيرة من الرصاص فقد يكون لها تأثير مدمر علي الأطفال مما يسبب نوبات صرع وفقدان الوعي وفي بعض الأحيان قد تؤدي إلي الوفاة. والأطفال دون سن السادسة معرضون أكثر من غيرهم لتسمم الرصاص. والطريقة الوحيدة للكشف عن وجود الرصاص هي تحليل الدم، لأنه لا تظهر علي المريض عادة أعراض واضحة. وقد اهتمت كثير من الدول بدراسة تأثير الرصاص علي الإنسان في المدن بعد أن تزايد عدد السيارات التي تسير بالبنزين الذي يحتوي علي الرصاص، وقد أخذت كثير من الدول باستخدام البنزين الخالي من الرصاص ***Unleaded fuel***). وتضع الدول المتقدمة محطات لرصد كميات الرصاص المنتشرة في الجو لعمل الاحتياطات اللازمة.

ويبين الجدول (١) كشفا بعدد المعرضين للتلوث بالرصاص بين الأولاد والبنات اللذين لم يبلغوا ١٧ عاما في محافظة أسيوط، والذين يعملون في الطلاء والدوكو (والاسبيداج) والنقش وصيانة البطاريات وما أصابهم من أمراض، وخاصة في قصور النمو وفقر الدم...الخ.

٥- الزئبق : Mercury :

كان الزئبق معروفاً للصينيين القدماء والهندوس، وقد عثر عليه في المقابر المصرية القديمة (١٥٠٠ سنة قبل الميلاد). والزئبق (Hg) هو المعدن الوحيد الذي يوجد في حالة سائلة في درجات الحرارة العادية، ويتميز بكثافة عالية. ويوجد الزئبق في أشكال ثلاثة: الميثيل، والعنصر والزئبق غير العضوي، ويتسرب عادة إلي البيئة علي هيئة عنصرية ***Elemental*** أو غير عضوية ***Inorganic***. ويعتبر تركيز الزئبق في الهواء منخفضا ودون أهمية تذكر، ولكن عندما يدخل الزئبق الماء فإن العمليات البيولوجية تحوله إلي ميثيل الزئبق الشديد السمية، والذي يتركز في الأسماك

والحيوانات التي تأكل الأسماك، والإنسان يتعرض أساساً للزئبق من خلال أكل الأسماك.وقد حدث أن أصيب في الفترة من ١٩٥٣ إلي ١٩٧٥ أكثر من٦٨٠ يابانياً بالتسمم في إحدى قري الصيادين باليابان نتيجة لتلوث الأسماك بفضلات الزئبق العضوي التي كانت تلقي في الخليج. ويتولد من الزئبق، في درجات الحرارة المنخفضة نسبياً، بخار لا لون له ولا طعم ولا رائحة. وقد أظهرت الدراسات أن الزئبق أشد سمية من الرصاص والزرنيخ مهما كانت كميته صغيرة. والخام الرئيسي للزئبق هو السنابار (كبريتيد الزئبق *Cinnabar*) ويستخرج منه سنويا من المناجم حوالي ١١٠٠٠ طنا، و توجد أهم مناجمه في أسبانيا وايطاليا وروسيا والولايات المتحدة، ويستخدم الزئبق في عمليات استخلاص الذهب والفضة وصناعة البلاستيك والمرايا ومقاييس الحرارة...الخ. وبالرغم من أن الزئبق مكون طبيعي في القشرة الأرضية فإنه لا يلعب دورًا هاماً في بناء جسم الإنسان، ولكن الإنسان كثيرا ما يتعرض له من خلال أكل الأسماك وتناول الأمصال واستخدام حشو الأسنان. والمصدر الرئيسي الحالي للزئبق المنتشر في البيئة هو محطات القوي التي تدار بالفحم. والتعرض للزئبق يمكن أن يصيب المعدة والأمعاء الغليظة والرئتين. ويخترق ميثيل الزئبق المخ ويسبب أضرارًا خطيرة، كما يخترق المشيمة ويصيب الجنين بأضرار بالغة، وقد يؤدي تعرض النساء مدة طويلة للزئبق، أثناء الحمل، إلي التخلف العقلي للأطفال، كما يؤدي التعرض لفترات قصيرة إلي خلل في وظائف الرئتين والقدرة علي التركيز .

٦- المنجنيز : Manganese :

يوجد عنصر المنجنيز (Mn) في الطبيعة ويشكل حوالي ٠,١ % من صخور القشرة الأرضية، وأهم خامات المنجنيز البيرولوزيت (ثاني أكسيد المنجنيز *Pyrolusite*) والبسيلوميلان (كربونات المنجنيز *Psilomelane*). وأهم البلاد التي يستخرج منها غرب أفريقيا وكوبا والبرازيل والهند، وكان المنجنيز حتى فترة قريبة يستخرج من مناجم أم بجمة غربي سيناء قريبا من خليج السويس إلي أن نفدت الاحتياطيات الاقتصادية وتوقف الإنتاج . ويوجد المنجنيز في الماء (من ٠,٤ إلي ١٠ ميكرو جرام في اللتر في مياه البحر)، ويعتبر الطعام المصدر الطبيعي لتواجد

المنجنيز في جسم الإنسان. والمنجنيز مكون أساسي في جسم الإنسان ويلعب دورا كبيرا في بناء العظام وعمليات التمثيل الغذائي. وتعتبر الجرعة الآمنة والكافية للأطفال من عمر سنة حتى البلوغ من ١ إلي ٥ مجم يومياً. ويوضح جدول (٢) تعرض الإنسان للمنجنيز من خلال الطعام والشراب والهواء .

جدول (٢): مدي تعرض الإنسان النمطي للمنجنيز

المتغير	الماء	متوسط التعرض للهواء	الطعام
متوسط التركيز	٤ ميكروجرام	٠,٠٢٣ ميكروجرام /م٣	١,٢٨ميكرو جرام /جم
المتوسط اليومى المفترض للبالغين حتى ٧٠ كجم	٢ لتر	٢٠ م٣	٣٠٠٠ سعر حرارى
المتوسط اليومى التقديرى للبالغين حتى ٧٠ كجم	٨ ميكروجرام	٠,٤٦ ميكروجرام	٣٨٠٠ ميكروجرام
الجزء المفترض امتصاصه	٠,٠٣	١	٠,٠٣
الجرعة الممتصة تقريباً	٠,٢٤ ميكروجرام	٠,٤٦ ميكروجرام	١١٤ ميكروجرام

المصدر : US EPA (١٩٨٤) .

ينتشر المنجنيز كحبيبات دقيقة في الهواء كما أن بعض مركبات المنجنيز تذوب في الماء. وبالرغم من أهمية المنجنيز لصحة الإنسان إلا أن التعرض لجرعات عالية منه يسبب مخاطر صحية جسيمة وخاصة للجهاز العصبي، ومنها الإصابة بمرض شبيه بالشلل الرعاش يسمّي *Manganism*، كما يسبب الاستنشاق الحاد للغبار الذي يحتوي علي نسبة عالية من ثاني ورابع أكسيد المنجنيز التهابات حادة في الرئة .

٧- الأنتيمون : Antimony :

كان معدن الأنتيمون (Sb) معروفا منذ فجر التاريخ وقد استخدم في الطب الفرعوني وكمسحوق للتجميل. والأنتيمون عنصر له لون أبيض فضي وينكسر بسهولة وهو رديء التوصيل للحرارة والكهرباء. وتوجد أهم خامات الأنتيمون في الطبيعة علي هيئة ثلاثي كبريتيد الأنتيمون

(استبنيت Sb_2S_3 Stibnite)، وتقدر الكميات الموجودة من هذا المعدن في القشرة الأرضية بحوالي ٠,٢ إلي ٠,٥ جزء في المليون، ويتواجد عادة مصاحباً ميكروجرام للنحاس والفضة. وكان هذا المعدن يستخرج قديما بكميات محدودة في الصحراء الشرقية المصرية. وأهم استخدام للأنتيمون هو إضافته للرصاص لحفظ البطاريات وصناعة السبائك والأصباغ والسيراميك والسيارات والطائرات وملابس وألعاب الطفال، وتنتشر جزيئات الأنتيمون الدقيقة في الهواء وتبقي أياما طويلة ثم تستقر في النهاية في التربة متحدة مع الجزيئات التي تحتوي علي الحديد والمنجنيز والألمنيوم. ويسبب الأنتيمون أضرارا صحية عند التعرض لمعدلات عالية منه لفترة قصيرة مثل الغثيان والقئ والإسهال، أما التعرض لمدد طويلة فقد يسبب السرطان .

٨- النحاس : Copper :

كان النحاس (Cu) ثاني معدن عرفه الإنسان بعد الذهب منذ فجر التاريخ، والآثار الموجودة في صحراء سيناء (بئر النصب) والصحراء الشرقية (أم سميوكي) وفي غيرهما بمصر تدل علي قدرة المصري القديم علي استخلاص هذا المعدن وخلطه مع القصدير لصناعة البرونز (٦٠% نحاس + ٤٠% قصدير). وتوجد خامات النحاس علي هيئة كبريتيد الحديد والنحاس (*Chalcopyrite* $CuFeS_2$، *Chalcocite* Cu_2S) وأكاسيد (*Cuprite* Cu_2O) وكربونات (ملاخيت *Malachite* $CuCO_3.Cu(OH)_2$) في جبال الأورال، وتنتج الولايات المتحدة أكثر من نصف إنتاج العالم خاصة في أريزونا ومونتانا ويوتا، تليها روسيا وكندا واستراليا، ويستخدم النحاس في عدد كبير جدا من الصناعات . يوجد عنصر النحاس طبيعياً في البيئة، وهو يشكل حوالي ٠,٠٠٠١٥% من جسم الإنسان، ويتعرض الإنسان له عن طريق التنفس والطعام والشراب والملامسة. وبالرغم من أن الإنسان يحتاج إلي حوالي ١ إلي ٢ مجم من النحاس يوميا ليبقي بصحة جيدة، إلا أن تناول كميات أكبر من ذلك قد يضر بالكلي والكبد، كما يسبب الأنيميا والموت .

٩- الباريوم :Barium :

يوجد الباريوم (Ba) في الطبيعة علي هيئة كبريتات تسمي الباريت (*Barite* $BaSO_4$) وهو معدن ثقيل نسبياً (الوزن النوعي ٤,٥) وقد يكون عديم اللون أو ذا لون متغير، إلا أنه يميل إلي اللون الأبيض وأحيانا الأزرق أو الأخضر أو الأصفر أو يميل إلي اللون الأحمر. وكثيرا ما يأخذ في الطبيعة شكل الزهور ولذلك يعرف باسم "ورد الصحراء" (*Desert Rose*). ويوجد الباريت في الصخور النارية والمتحولة علي هيئة عروق أو في الصخور الجيرية. وأكبر مناجم الباريت توجد في الولايات المتحدة (أوكلاهوما وكلورادو) وألمانيا وبريطانيا. وتوجد منه عروق كثيرة في الصحراء الشرقية المصرية، كما يوجد مصاحبا لخام الحديد بالواحات البحرية. والباريوم ليس له دور بيولوجي معروف، ويستخدم الباريت كوسط في عمليات الأشعة علي الجهاز الهضمي، ولهذا الغرض يُعطَي الإنسان كميات كبيرة منه عن طريق الفم. أما كربونات الباريوم فتستخدم كمبيد للفئران. وبالرغم من أنه قليلا ما يتعرض الإنسان إلي مركبات الباريوم، إلاّ أنه يجب التأكيد علي أن كل مركبات الباريوم عالية السمية، وتدمر أملاح الباريوم الكبد، كما أن لها ضررًا كبيراً علي مرضي الغدة النكفية، كما يسبب غبار المعدن احتمالات الحريق والانفجار.

١٠- البريليوم :Beryllium :

بالرغم من أن معدن البيريل (Be) غير معروف للعامة فإنه واحد من أهم المعادن النفيسة. وكان البيريل يستخرج منذ أكثر من ألفي عام من مناجم جنوب شرقي الصحراء الشرقية المصرية، في وادي سيكايت وجبل زبارة وجبل النُجرس، ومن أهم البلاد التي يستخرج منها حاليا الولايات المتحدة والبرازيل. ومعدن البيريل يتكون من سيليكات البريليوم والألمونيوم، وهو عديم اللون في الحالة النقية، ولكن بسبب الشوائب فإنه يكتسب ألوانا براقة أهمها اللون الأخضر (الزمرد *Emerald*) والأزرق المائي (*Aquamarine*). ويدخل البيريل حديثا في صناعة المفاعلات النووية. يسبب البريليوم أمراضا في الجلد والرئتين لحوالي ١٠% من العمال الذين يعملون في مجال استخراجه وتصنيعه، ويعتبر تفاعل جهاز المناعة لجسم الإنسان مع هذا الفلز من أهم أسباب الحساسية، كما يسبب البيريل مرضاً يسمي مرض البيريل المزمن

(*CBD*: *Chronic beryllium disease*) عندما يستنشق الإنسان غبار أو دخان البريليوم، ويحتاج ظهور المرض لمدة تتراوح من عدة أشهر حتى ٣٠ سنة .

١١- الزنك :Zinc :

توجد أهم خامات الزنك (Zn) في الطبيعة علي هيئة كبريتيد (سفاليريت *Sphalerite*) وأكسيد (سميثسونيت *Smithsonite*)، ويستخدم في عمل السبائك شديدة الصلابة وعالية اللدونة، كما يستخدم كطلاء للمعادن لما يتميز به من مقاومة عالية للتآكل. وتوجد أهم مناجم الزنك في كندا والولايات المتحدة وألمانيا وزائير، ويبلغ الإنتاج السنوي من خامات الزنك حوالي ٦ مليون طن. وفي مصر توجد كميات محدودة من خام الزنك جنوب القصير علي ساحل البحر الأحمر في منطقة أم غيج وزوج البهار. والزنك يعتبر من المعادن المفيدة للإنسان فهو يقاوم نزلات البرد ومرض الألزهايمر (فقدان الذاكرة *Alzheimer*)، كما يقوي النشاط الجنسي إذا ما أخذت منه الجرعات الطبية المناسبة، أما إذا زادت نسبة ما يحتويه من المعادن الضارة مثل الأنتيمون والزرنيخ ... الخ عن النسب المسموح بها في الجدول (٣)، فإنه يسبب أضرارا كثيرة للإنسان .

جدول (٣): النسب الآمنة للمعادن المصاحبة للزنك

اسم المعدن	النسبة المئوية وزن/وزن	جم/كجم
الأنتيمون	٠,٢٥	٢٥٠٠
الزرنيخ	٣,٣٠	١٠٠٠
البريليوم	٠,١٠	١٠٠٠
الكادميوم	٠,١٠	١٠٠٠
الرصاص	٠,٥٠	٥٠٠٠
السيلينيوم	١,٠٠	١٠٠٠٠
الثاليوم	٠,١٠	١٠٠٠

المصدر: قسم البيئة باستراليا.

١٢- الألمنيوم : Aluminum :

أدت الدراسات مؤخرًا إلي أن معدن الألمنيوم له بعض الأضرار الصحية، والمعروف أن عنصر الألمنيوم (Al) هو ثاني أكثر العناصر شيوعاً في الطبيعة، وهو يوجد عادة متحدًا مع الكوارتز مكوناً سيليكات الألمنيوم. ويستخلص الألمنيوم من الخام الرئيسي وهو البوكسيت (*Bauxite* $Al_2O_3.2H_2O$) والذي توجد أكبر مناجمه في فرنسا والولايات المتحدة ومنطقة البلقان والهند واستراليا. ومعدن الألمنيوم لا رائحة له ولونه أبيض فضي، ويتميز بسهولة تشكيله ويوجد علي هيئة صلبة أو علي هيئة مسحوق. ويتعرض الإنسان للألمنيوم عن طريق الاستنشاق والبلع واللمس للجلد والعين. ويؤدي التعرض لغبار الألمنيوم إلي تهيج العين والجهاز التنفسي، وتسبب أملاح الألمنيوم الذائبة عند استنشاقها – علي هيئة ايروسول – إلي الحساسية في الصدر. وبالرغم من أن استنشاق مسحوق الألمنيوم (حوالي ١,٢ ميكرون) لمدة تتراوح من ١٠ إلي٢٠ دقيقة عدة مرات أسبوعيا لم يعطي نتائج سلبية بين آلاف العمال لسنوات طويلة، إلا أن هناك دراسات حديثة تشير إلي حدوث تليف في الرئتين، كما أن هناك دراسات أخري تؤكد وجود علاقة بين نسبة الألمنيوم في المخ ومرض ألزهايمر. وقد أثبتت الدراسات الحديثة في كندا أن مرض الزهايمر يزداد حوالى مرة ونصف في المناطق التي يصل متوسط تركيز الألمنيوم بها إلي أكثر من ٠,١١ مجم/لتر عن المناطق التي يقل فيها التركيز عن ٠,٠١ مجم/لتر. وكان من المتعارف عليه منذ فترة طويلة أن الألمنيوم معدن غير ضار بالصحة ولكن الدراسات الحديثة خاصة في القرن الأخير تشير إلي أن هذا بعيد تماما عن الحقيقة. ولا شك أن الألمنيوم معدن آمن في معظم الأحيان، إلا آن مركبات الألمنيوم الذائبة لها تأثير سُمّي علي المخ. وينتقل الألمنيوم إلي الإنسان عن طريق الطهي في أواني الألمنيوم وعن طريق معجون الأسنان ومزيل الرائحة وبعض الجبن المطبوخة وفلاتر السجائر .

مساحيق الألوان المشتقة من المعادن الضارة بالبيئة :

كان الإنسان القديم شغوفاً باستخدام الألوان، وخاصة لتسجيل الأحداث التاريخية، وقد استطاع بفطرته التعرف علي كثير من الألوان البراقة التي كانت تميز المعادن، فطحن معدن

الأزوريت *Azurite* للحصول علي اللون الأزرق الرائع واستخدم معدن الهيماتيت (*Hematite*) الأحمر، ومن المعروف أن المصريين القدماء نجحوا في عمل مساحيق رائعة للألوان بقيت آلاف السنين دون أن تفقد بريقها والآثار الموجودة في سيناء وفي الصحراء الشرقية والغربية والنوبة تدل علي أنهم لم يتركوا موقعاً واحدًا به معادن ظاهرة علي السطح تصلح للألوان إلا واستغلوها.

وقد أثبتت الدراسات أن استخدام الكثير من الألوان الطبيعية يسبب أضرارًا صحية للإنسان، كما أن إلقاء مخلفات الألوان يسبب تلوثا خطيرا للبيئة. والجدول (٤) يبين أهم الأضرار الصحية للألوان المشتقة من بعض المعادن المستخدمة .

جدول (٤): الأضرار البيئية للألوان المشتقة من المعادن

المعدن	لون الطلاء	التركيب	التسمم عن طريق الفم	التسمم عن طريق الأنف	التسمم عن طريق الجلد	الإصابة بالسرطان
الأنتيمون	أسود	كبريتيد الأنتيمون	شديد	شديد	متوسط	يكون كلوريدالهيدروجين
	أبيض	ثلاثى أكسيد الأنتيمون	شديد	متوسط	شديد	–
المنجنيز	أسود	ثانى أكسيد المنجنيز	متوسط	عالى	–	–
	بنى	أكسيد وهيدروكسيد	متوسط	عالى	–	–
	أبيض	كربونات	متوسط	–	–	–
النحاس	أزرق	أكسيد (أزوريت)	عالى	متوسط	–	–
	أزرق	سيليكات كلسيوم*	متوسط	متوسط	عالى	مسرطن
	أخضر	استيوأرسينات*	عالى جداً	عالى جداً	عالى	مسرطن
الباريوم	أزرق	منجنات الباريوم	احتمال	احتمال	–	–
	أبيض	كبريتات ،كبريتيد الباريوم	عالى جداً	عالى جداً	–	يتفاعل مع عصارة المعدة مكوناً كلوريد الهيدروجين
الكروم	أخضر	أكسيد الكروم	ضعيف	ضعيف	بسيط	احتمال
الكوبالت	أخضر	أكسيد كوبالت +زنك ،المنيوم	متوسط	متوسط	–	–
	بنفسجى	فوسفات الكوبالت	شديد	شديد	–	–
	بنفسجى	أرسينات الكوبالت*	شديد جداً	عالى	مسرطن	
الكادميوم	برتقالى	كبريتيد سيانيد	متوسط	عالى	–	احتمال
		كبريتات الباريوم				احتمال
	أحمر	كبريتيد الكادميوم،كبريتيد الزنبق	غير واضح	عالى	بسيط	
	أصفر	كبريتيد	احتمال	احتمال	بسيط ،حساسية	مسرطن
الرصاص	أبيض	رصاص حر	عالى	عالى	–	–
	أبيض	كربونات الرصاص،أكسيد الزنك	عالى	شديد جداً	عالى	–
	أبيض	كربونات أساسية	شديد	شديد	–	–
	برتقال	كرومات،موليبدات	عالى	شديد	عالى	مسرطن
	أحمر	ثلاثى أكسيد	شديد	شديد	–	–
	أصفر	كرومات الرصاص*	عالى	عالى	شديد	مسرطن
الزنك	أصفر	كرومات الزنك*	عالى	عالى	شديد	مسرطن

المعادن البيئية :

يستخدم الإنسان الكثير من الصخور والمعادن في الإنشاءات، وهذه المواد بجانب أنها مفيدة فإن استخراجها واستخلاصها واستخدامها في الصناعة والحياة اليومية يؤثر بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على البيئة من خلال الانبعاثات المختلفة ومن خلال تدميرها لسطح الأرض. ويوضح الجدول (٥) نصيب الفرد من المواد الأولية الأساسية طوال سنين حياته.

جدول (٥): متوسط نصيب الفرد الواحد من المواد الأولية طوال سنين حياته

الرمل والزلط	٣٠٧ طن	رمال السيليكا	٤,٧ طن
الفحم البني	١٥٨ طن	الكاولين	٤,٠ طن
الصخور المهشمة	١٣٠ طن	أكسيد البوتاسيوم	٣,٤ طن
البترول	١١٦ طن	الألومنيوم	١,٧ طن
الغاز الطبيعي (١٠٠٠ م^{٣})	٨٩٦٠٠٠	النحاس	١,١ طن
الحجر الجيري والدولوميت	٧٢ طن	السبائك المعدنية	٠,٩ طن
الفحم الصلب	٦٧ طن	الكبريت	٠,٢ طن
الصلب الخام	٣٩,٥ طن	الأسبستوس	٠,١٦ طن
الأسمنت	٢٩ طن	صخر الفوسفات	٠,١٥ طن
الملح الصخري	١٢ طن	الجبس	٨,٥ طن

المصدر: المعهد الاتحادي للعلوم الجيولوجية والمصادر الطبيعية، هانوفر، ألمانيا.

عرَف لورينز *Lorenz* (١٩٩٥) المعادن البيئية *Environmental Minerals* بأنها تلك المعادن المعالجَة أو غير المعالجَة والتي يؤدي استخدامها إلي نتائج إيجابية لحماية للبيئة. فإذا اُستخدم المعدن البيئي مباشرة، ودون معالجة، يسمي معدنا ذا <u>تأثير بيئي مباشر</u> (جدول ٦)، أما إذا استخدم المعدن للإحلال مكان مواد أخري ليصبح أقل ضررًا فيسمي في هذه الحالة معدناً ذا <u>تأثير بيئي غير مباشر</u> (جدول ٧).

جدول (٦): المعادن البيئية المؤثرة مباشرة علي البيئة

صيانة ورفع جودة كل من													
المعدن	الماء				التربة				الهواء				
	استخلاص السوائل الضارة	التنقية الكيميائية	التنقية الفيزيقية	التخلص من السوائل الضارة	معالجة التربة فيزيائيا	معالجة التربة كيميائيا	التخلص من المواد الضارة	التحكم في التحات	التخلص من السوائل الضارة	التخلص من الغازات الضارة	التحكم في الضوضاء (العزل)	تنقية الهواء أو الغازات	تخفيض الغبار
الدولوميت		x	x		x	x		x				x	
الطفلة والإردواز			x		x						x		
الجبس		(x)			x								
الالمنيت		x											
أملاح البوتاسيوم						x							
الحجر الجيري، الطباشير.		x	x	x	x	x		x				x	x
الزلط والرمل			x	x	x			x	x		x	x	
خام المنجنيز						x							
أملاح الصوديوم		x										x	
أحجار البناء			x	x		x		x			x		
الفوسفات		x				x							
الطين					x	x		x			x		

x = شائع، (x) = غير شائع

جدول (٧): المعادن البيئية ذات التأثير غير المباشر علي البيئة

	منع أو تقليل الآثار البيئية من خلال							
		المعادن والصخور الأولية التالية						
الأهداف	استخدام المواد التالية	الحجر الجيري، الطباشير، الدولوميت	الرمل والزلط	الصخور الطبيعية، الإردواز	الفوسفات	الطفلة العادية	المعادن الأخرى	بدلا من
الاقتصاد في الطاقة	قوالب الطوب	x				x		بلوكات الخرسانة
	بلوكات الطوب الجيري	x				x		الخرسانة، الطوب الطفلي، الطوب الجيري السيليسي والبلوكات
	صخور البناء وأحجار الزينة	x		x				الخرسانة، الطوب، الطوب الجيري السيليسي
	الأسمنت المخصوص	x				x		الأسمنت البورتلندي
	صخر الفوسفات	x				x		الأسمدة الصناعية
استخدام طرق أخري بديلة	أحواض السيراميك					x		أحواض البلاستيك
	الطفلة الحرارية			x		x		ألواح الأسبستوس الأسمنتي
	الأسمنت الهيدروليكي لتجميع المواد الضارة	x			x			--
	الزجاج والسيراميك والصوف الصخري	x	x	x		x		خيوط الأسبستوس ومنتجاتها
	صخر الفوسفات				x			الأسمدة الصناعية

x = شائع، (x) = غير شائع (عن Lorenz ١٩٩٥ بتصرف)

♦ يسمي أسمنت بوزولاني (Pozzolanic cement) ، وهو عبارة عن أسمنت هيدروليكي مثل الأسمنت البورتلندي ويضاف إليه مزيج من مادة بوزولانية مثل الرماد البركاني دون كلسنتها (حرقها) توفيرا للطاقة . وبالرغم من أن استخراج ومعالجة هذه المعادن يهدف أساساً إلي حماية البيئة فإنه من الممكن أن يكون لهذه المعادن تأثير ضار علي البيئة من ناحية، أو يحول دون عمل حماية أخري للبيئة، لذلك فعلينا أن نقبل ببعض الأعباء الطفيفة لتجنب أو تقليل أخطار أكبر علي الطبيعة. وفي ما يلي أمثلة لبعض المعادن البيئية مع وصف موجز عن وظائفها البيئية.

١- البنتونيت (*Bentonite*):

كان البنتونيت – نظرًا لما يتميز به من لدونة عالية وعدم نفاذية – حتى وقت قريب يستخدم للحام أكوام الزبالة مثل مخلفات المنازل وبعض النفايات الخاصة ولحفظ الأسمدة وخليط الملح والرمال لإذابة الثلج. كما تستخدم الطينة البنتونية لسد المسام في قاع البحيرات لمنع تسرب المياه.

٢- الدولوميت (*Dolomite*):

يستخدم محتوي المغنسيوم الموجود في هذه الصخور لتعويض النقص بالتربة، مما يساعد في نمو صحي للنبات، علاوة علي أن الدولوميت له القدرة علي معادلة المياه والتربة الحمضية مما يهيئ وسطا بيئيا ملائما لحياة النبات والحيوان. كما يستخدم الدولوميت، مثل الصخور المفككة والمتماسكة، في الأغراض الإنشائية وحماية الشواطئ.

٣- الحجر الجيري والطباشير (Limestone & Chalk):

تتميز الصخور الجيرية بقدرتها علي اختزال أو معادلة الأحماض لمكافحة المخاطر التي تنشأ من الأمطار الحمضية كما تعادل المياه الحمضية و المشعة وتستخدم كميات كبيرة من

الأحجار الجيرية في أفران الاحتراق لاختزال الكبريت، ويتكون الجبس أثناء هذه العملية والذي يصلح للاستخدام كبديل للجبس الطبيعي مما يؤدي لحماية الموارد الطبيعية.

٤- الحجر الخفاف والرماد البركاني (Pumice & volcanic ash) :

وتستخدم هذه الصخور البركانية لمعالجة التربة نظرا لمساميتها العالية أو كمادة مرشحة ومادة عازلة في الإنشاءات الصناعية.

المراجـــــع :

1- Campbell, J. D. (1992): Aluminum and Alzheimer's disease. *Townsend Letter for Doctors.*

2- Campbell, J. D. (1995): Minerals and disease. *J. Ortho Med., 177-188.*

3- Campbell, J. D. (1997): Zinc analysis; an overview. *Townsend Letter for Doctors and Patients, April, 102-110.*

4- Campbell, J. D. (2001): Lifestyle, minerals and health. *Med. Hypotheses, 521-531.*

5- Dinsdale, J. (2006): Environment Agency. UK.

6- Foster, H. D. (2000): How aluminum causes Alzheimer's disease. *J. Ortho. Med.; 2000: 15 (1): 21-51.*

7- Gttp://www.atasdr.cdc.gov/tfacts

8- Harda, M. (1995): Minamata Disease: Merthymercury Poisoning in Japan Caused by Environmental Pollution. *Crit. Rev. Toxicol., 25 (1), pp. 1-24.*

9- Lorenz, W. (1995): Minerals for the Protection of the Environment (Environmental

10- Minerals). *SME Annual Meeting, Denver, Co. March 6-9 1995) AIME), Littleton, Co.*, USA.

11- Lorenz, W and Gwosdz, W. (2003): Manual on the Geological-technical Assessment of Mineral Construction Materials. *Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Geozentrum Hannover, 481p.*

12- NLM (1992): Hazardous substances data bank: Aluminum. *Bethesda, MD: National Library of Medicine.*

13- Tamari, G. M. (1994): Aluminum-toxicity and prophylaxis. *Data Medica: 1994; 2, 1, 48: 48-52.*

14- U.S. Environmental Protection Agency (1999): Integrated Risk Information System (IRIS) on Manganese. *National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington, DC.*

15- Valsami-Jones, E. and Manning, D. A. (2003) Environmental Mineralogy: introduction to a thematic set of papers arising out of sessions held at IMA 2002, Edinburgh, UK. *Mineralogical Magazine; 67(6): 1123 - 1125.*