

The Islamic University of Gaza
Faculty of Engineering
Civil Engineering Department

Environmental Chemistry
(ECIV 1204)

Instructor: Prof Hussam Al Najar
Prof. Abdelmajid Nassar
W 08 – Lect. 1 & 2

WATER POLLUTION

- Nature and Types of Water Pollutants
- Elemental Pollutants, Heavy Metal, Metalloid
- Organically Bound Metals and Metalloids
- Inorganic Species
- Oxygen, Oxidants, and Reductants
- Organic Pollutants, Pesticides in Water and Polychlorinated Biphenyls
- Radioactive pollution

- طبيعة وأنواع ملوثات المياه
- الملوثات العنصرية، المعادن الثقيلة، أشباه الفلزات
- المعادن وأشباه الفلزات المرتبطة عضوياً
- المركبات غير العضوية
- الأكسجين، المؤكسدات، المختزلات
- الملوثات العضوية، المبيدات في الماء، ثنائي الفينيل متعدد الكلور
- التلوث الإشعاعي

General Types of Water Pollutants

Class of pollutant	Significance
Trace Elements	Health, aquatic biota, toxicity
Heavy metals	Health, aquatic biota, toxicity
Organically bound metals	Metal transport
Radionuclides	Toxicity
Inorganic pollutants	Toxicity, aquatic biota
Asbestos	Human health
Algal nutrients	Eutrophication
Acidity, alkalinity, salinity (in excess)	Water quality, aquatic life
Trace organic pollutants	Toxicity
Polychlorinated biphenyls	Possible biological effects
Pesticides	Toxicity, aquatic biota, wildlife
Petroleum wastes	Effect on wildlife, esthetics
Sewage, human and animal wastes	Water quality, oxygen levels
Biochemical oxygen demand	Water quality, oxygen levels
Pathogens	Health effects
Detergents	Eutrophication, wildlife, esthetics
Chemical carcinogens	Incidence of cancer
Sediments	Water quality, aquatic biota, wildlife
Taste, odor, and color	Esthetics

Important Trace Elements in Natural Waters

Element	Sources	Effects and Significance
Arsenic	Mining byproduct, chemical waste	Toxic ¹ , possibly carcinogenic
Beryllium	Coal, industrial wastes	Toxic
Boron	Coal, detergents, wastes	Toxic
Chromium	Metal plating	Essential as Cr(III), toxic as Cr(VI)
Copper	Metal plating, mining, industrial waste	Essential trace element, toxic to plants and algae at higher levels
Fluorine (F ⁻)	Natural geological sources, wastes, water additive	Prevents tooth decay at around 1 mg/L, toxic at higher levels
Iodine (I ⁻)	Industrial wastes, natural brines, seawater intrusion	Prevents goiter
Iron	Industrial wastes, corrosion, acid mine water, microbial action	Essential nutrient, damages fixtures by staining
Lead	Industrial waste, mining, fuels	Toxic, harmful to wildlife
Manganese	Industrial wastes, acid mine water, microbial action	Toxic to plants, damages fixtures by staining
Mercury	Industrial waste, mining, coal	Toxic, mobilized as methyl mercury compounds by anaerobic bacteria
Molybdenum	Industrial wastes, natural sources	Essential to plants, toxic to animals
Selenium	Natural sources, coal	Essential at lower levels, toxic at higher levels
Zinc	Industrial waste, metal plating, plumbing	Essential element, toxic to plants at higher levels

Guidelines for Drinking-water Quality

THIRD EDITION
INCORPORATING THE FIRST AND SECOND
ADDENDA
Volume 1
Recommendations



World Health
Organization

Geneva
2008

Chemical Standards
(Compounds affecting health and water suitability)

Element/Compound	Symbol	Acceptable Level (mg/l)	MCL (mg/l)
Total Dissolved Solids	TDS	500	1500
Total Hardness	TH (CaCO ₃)	100	500
Detergents	ABS	0.5	1
Aluminum	Al	0.2	0.3
Iron	Fe	0.3	1
Manganese	Mn	0.1	0.2
Copper	Cu	1	1.5
Zinc	Zn	5	15
Sodium	Na	200	400
Nickel	Ni	0.05	0.1
Chloride	Cl	200	400
Fluoride	F	1	1.5
Sulfate	SO ₄	200	500
Nitrate	NO ₃	45	70
Silver	Ag	0.01	0.05
Magnesium	Mg	50	120
Calcium	Ca	100	200
Potassium	K	10	12

Chemical Standards
(Toxic elements)

Parameter	Symbol	MCL (mg/l)
Lead	Pb	0.01
Selenium	Se	0.01
Arsenic	As	0.05
Chromium	Cr	0.05
Cyanide	Cn	0.05
Cadmium	Cd	0.005
Mercury	Hg	0.001
Antimony	Sb	0.005
Nickel	Ni	0.05

Palestinian drinking water quality standards

Element/Compound	Symbol	MCL (mg/l)
Total Dissolves Solids	TDS	1500
Total Hardness	TH (CaCO ₃)	600
Alkalinity		400
Detergents	ABS	0.5
Sodium	Na	200
Chloride	Cl	600
Fluoride	F	1.5
Sulfate	SO ₄	400
Nitrate	NO ₃	70
Nitrite	NO ₂	0.1
Ammonium	NH ₄	0.5
Magnesium	Mg	150
Calcium	Ca	100- 200
Potassium	K	12
Residual chlorine		0.2- 0.8

ELEMENTAL POLLUTANTS

Trace element is a term that refers to those elements that occur at very low levels of a few parts per million or less in a given system.

Some of these are recognized as nutrients required for animal and plant life, including some that are essential at low levels but toxic at higher levels.

Some of these elements, such as **lead or mercury**, have such toxicological and environmental significance.

الملوثات العنصرية

العناصر النادرة مصطلح يُشير إلى العناصر التي توجد بتركيزات منخفضة جدًا، لا تتجاوز بضعة أجزاء في المليون، في أي نظام بيئي.

بعض هذه العناصر معروف بأنه مغذيات ضرورية لحياة الحيوانات والنباتات، بما في ذلك عناصر أساسية بتركيزات منخفضة ولكنها سامة بتركيزات عالية.

بعض هذه العناصر، كالرصاص والزنك، لها أهمية سمية وبيئية بالغة.

ELEMENTAL POLLUTANTS

Some of the **heavy metals** are among the most harmful of the elemental pollutants and are of particular concern because of their toxicities to humans.

These elements are, in general, the transition metals, and some of the representative elements, such as **lead and tin**, in the lower right-hand corner of the periodic table.

Heavy metals include essential elements like iron as well as toxic metals like **cadmium and mercury**.

Most of them have a tremendous affinity for sulfur, and disrupt enzyme function by forming bonds with sulfur groups in enzymes. Protein carboxylic acid ($-\text{CO}_2\text{H}$) and amino ($-\text{NH}_2$) groups are also chemically bound by heavy metals. Cadmium, copper, lead, and mercury ions bind to cell membranes, hindering transport processes through the cell wall.

بعض **المعادن الثقيلة** من بين أخطر الملوثات العنصرية، وتثير قلقًا خاصًا نظرًا لسميتها للإنسان. هذه العناصر، بشكل عام، هي الفلزات الانتقالية، وبعض العناصر المُمثلة لها، **كالرصاص والقصدير**، تقع في الركن السفلي الأيمن من الجدول الدوري.

تشمل المعادن الثقيلة عناصر أساسية كالحديد، بالإضافة إلى معادن سامة **كالكاديوم والزنك**.

معظمها له ميل شديد للكبريت، ويُعطّل وظيفة الإنزيمات بتكوين روابط مع مجموعات الكبريت فيها. ترتبط مجموعات الكربوكسيل ($-\text{CO}_2\text{H}$) والأمين ($-\text{NH}_2$) في البروتينات كيميائيًا بالمعادن الثقيلة. ترتبط أيونات الكاديوم والنحاس والرصاص والزنك بأغشية الخلايا، مما يعيق عمليات النقل عبر جدار الخلية.

Some of the **metalloids**, elements on the borderline between metals and non- metals, are significant water pollutants. Arsenic, selenium, and antimony are of particular interest.

Inorganic chemicals manufacture has the potential to contaminate water with trace elements. Among the industries regulated for potential trace element pollution of water are those producing chloralkali, hydrofluoric acid, sodium dichromate (sulfate process and chloride ilmenite process), aluminum fluoride, chrome pigments, copper sulfate, nickel sulfate, sodium bisulfate, sodium hydrosulfate, sodium bisulfite, titanium dioxide, and hydrogen cyanide.

تُعدّ بعض **أشباه الفلزات**، وهي عناصر تقع على الحد الفاصل بين الفلزات واللافلزات، من الملوثات الهامة للمياه. ويُعدّ الزرنيخ والسيلينيوم والأنتيمون من بين هذه الملوثات.

كما أن لتصنيع المواد **الكيميائية غير العضوية** القدرة على تلويث المياه بعناصر نادرة. ومن بين الصناعات الخاضعة للرقابة فيما يتعلق بتلوث المياه بالعناصر النادرة، تلك التي تُنتج الكلور القلوي، وحمض الهيدروكلوريك، وثنائي كرومات الصوديوم (عملية الكبريتات وعملية كلوريد الإلمنيت)، وفلوريد الألومنيوم، وأصباغ الكروم، وكبريتات النحاس، وكبريتات النيكل، وبيكبريتات الصوديوم، وهيدروسلفات الصوديوم، وبيسلفيت الصوديوم، وثنائي أكسيد التيتانيوم، وسيانيد الهيدروجين.

HEAVY METALS

Cadmium: Pollutant cadmium in water may arise from industrial discharges and mining wastes.

Chemically, cadmium is very similar to zinc, and these two metals frequently undergo geochemical processes together.

Both metals are found in water in the +2 oxidation state.

The effects of acute cadmium poisoning in humans are very serious. Among them are high blood pressure, kidney damage, destruction of testicular tissue, and destruction of red blood cells. It is believed that much of the physiological action of cadmium arises from its chemical similarity to zinc. Specifically, cadmium may replace zinc in some enzymes, thereby altering the stereostructure of the enzyme and impairing its catalytic activity.

المعادن الثقيلة

الكادميوم: قد ينشأ الكادميوم الملوث في الماء من المخلفات الصناعية ومخلفات التعدين.

يتشابه الكادميوم كيميائياً مع الزنك، وكثيراً ما يخضع هذان المعدنان معاً لعمليات جيولوجية كيميائية.

يوجد كلا المعدنين في الماء في حالة الأكسدة +2.

تُعد آثار التسمم الحاد بالكادميوم على الإنسان خطيرة للغاية، ومنها ارتفاع ضغط الدم، وتلف الكلى، وتلف أنسجة الخصية، وتلف خلايا الدم الحمراء. يُعتقد أن جزءاً كبيراً من التأثير الفسيولوجي للكادميوم ينشأ من تشابهه الكيميائي مع الزنك. تحديداً، قد يحل الكادميوم محل الزنك في بعض الإنزيمات، مما يُغير البنية الفراغية للإنزيم ويُضعف نشاطه التحفيزي.

Lead: Inorganic lead arising from a number of industrial and mining sources occurs in water in the +2 oxidation state.

Lead from leaded gasoline used to be a major source of atmospheric and terrestrial lead, much of which eventually entered natural water systems.

Acute lead poisoning in humans may cause severe dysfunction of the kidney, reproductive system, liver, brain, and central nervous system leading to sickness or death.

Lead poisoning from environmental exposure is thought to have caused mental retardation in many children.

Mild lead poisoning causes anemia. The victim may have headaches and sore muscles, and may feel generally fatigued and irritable.

الرصاص: يوجد الرصاص غير العضوي، الناتج عن مصادر صناعية وتعدينية متعددة، في الماء بحالة الأكسدة +2.

كان الرصاص الموجود في البنزين المحتوي على الرصاص مصدرًا رئيسيًا للرصاص في الغلاف الجوي والأرض، والذي تسرب معظمه في نهاية المطاف إلى مصادر المياه الطبيعية.

قد يُسبب التسمم الحاد بالرصاص لدى البشر خللاً وظيفياً خطيراً في الكلى، والجهاز التناسلي، والكبد، والدماغ، والجهاز العصبي المركزي، مما قد يؤدي إلى المرض أو الوفاة.

يُعتقد أن التسمم بالرصاص الناتج عن التعرض البيئي قد تسبب في التخلف العقلي لدى العديد من الأطفال.

يُسبب التسمم الخفيف بالرصاص فقر الدم. وقد يُعاني المصاب من الصداع وآلام العضلات، وقد يشعر بالتعب والتهيج بشكل عام

Mercury: generates a great deal of concern as a heavy metal pollutant. Mercury is found as a trace component of many minerals, with continental rocks containing an average of around 80 parts per billion, or slightly less.

Fossil fuel coal and lignite contain mercury, often at levels of 100 parts per billion or even higher, a matter of some concern with increased use of these fuels for energy resources.

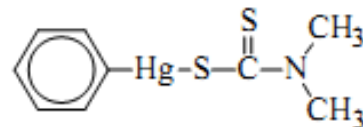
Metallic mercury is used as an electrode in the electrolytic generation of chlorine gas, in laboratory vacuum apparatus, and in other applications.

الزئبق: يُثير قلقًا بالغًا باعتباره ملوثًا من المعادن الثقيلة. يوجد الزئبق كعنصر ضئيل في العديد من المعادن، حيث تحتوي الصخور القارية على ما معدله 80 جزءًا في المليار، أو أقل بقليل.

يحتوي الفحم الأحفوري والليغنيت على الزئبق، غالباً بنسب تصل إلى 100 جزء في المليار أو حتى أعلى، وهو ما يثير بعض القلق مع تزايد استخدام هذه الأنواع من الوقود كمصدر للطاقة.

يُستخدم الزئبق المعدني كقطب كهربائي في عملية التحليل الكهربائي لإنتاج غاز الكلور، وفي أجهزة التفريغ المختبرية، وفي تطبيقات أخرى.

Organic mercury compounds used to be widely applied as pesticides, particularly fungicides. These mercury compounds include aryl mercurials such as phenyl mercuric dimethyl- dithiocarbamate



Mercury enters the environment from discarded laboratory chemicals, batteries, broken thermometers, amalgam tooth fillings, and formerly lawn fungicides and pharmaceutical products.

Taken individually, each of these sources may not contribute much of the toxic metal, but the total effect can be substantial. Sewage effluent sometimes contains up to 10 times the level of mercury found in typical natural waters.

كانت مركبات الزئبق العضوية تُستخدم على نطاق واسع كمبيدات حشرية، وخاصةً مبيدات فطرية. تشمل هذه المركبات الزئبقية مركبات الزئبق الأريلية مثل فينيل ميركوريك ثنائي ميثيل ثنائي ثيوكاربامات

يدخل الزئبق إلى البيئة من خلال المواد الكيميائية المختبرية المهملة، والبطاريات، وموازين الحرارة المكسورة، وحشوات الأسنان الملغمية، ومبيدات الفطريات المستخدمة سابقاً في الحدائق، والمنتجات الصيدلانية.

قد لا يُسهم كل مصدر من هذه المصادر على حدة بكمية كبيرة من هذا المعدن السام، إلا أن التأثير الكلي قد يكون كبيراً. ففي بعض الأحيان، تحتوي مياه الصرف الصحي على ما يصل إلى عشرة أضعاف مستوى الزئبق الموجود في المياه الطبيعية.

The toxicity of mercury was tragically illustrated in the Minamata Bay area of Japan during the period 1953–1960. A total of 111 cases of mercury poisoning and 43 deaths were reported among people who had consumed seafood from the bay that had been contaminated with mercury waste from a chemical plant that drained into Minamata Bay. Congenital defects were observed in 19 babies whose mothers had consumed seafood contaminated with mercury. The level of metal in the contaminated seafood was 5–20 parts per million.

Among the toxicological effects of mercury are neurological damage, including, irritability الهيجان paralysis, blindness, or insanity جنون; chromosome breakage; and birth defects.

وقد تجلى خطر سمية الزئبق بشكل مأساوي في منطقة خليج ميناماتا باليابان خلال الفترة من 1953 إلى 1960. حيث تم الإبلاغ عن 111 حالة تسمم بالزئبق و43 حالة وفاة بين الأشخاص الذين تناولوا مأكولات بحرية من الخليج ملوثة بنفايات الزئبق من مصنع كيميائي كانت تصب مياهه في خليج ميناماتا. كما لوحظت تشوهات خلقية لدى 19 طفلاً تناولت أمهاتهم مأكولات بحرية ملوثة بالزئبق. وبلغ مستوى المعدن في المأكولات البحرية الملوثة ما بين 5 و20 جزءاً في المليون.

من بين الآثار السمية للزئبق الضرر العصبي، بما في ذلك التهيج والشلل والعمى أو الجنون؛ وكسر الكروموسومات؛ وتوليد غاز الكلور عن طريق التحليل الكهربائي، في أجهزة الفراغ المختبرية، وفي تطبيقات أخرى.

METALLOIDS

The most significant water pollutant metalloid element is arsenic.

Acute arsenic poisoning can result from the ingestion of more than about **100 mg** of the element

Chronic poisoning occurs with the ingestion of small amounts of arsenic over a long period of time. There is some evidence that this element is also **carcinogenic**.

Arsenic occurs in the Earth's crust at an average level of 2–5 ppm. The combustion of fossil fuels, particularly coal, introduces large quantities of arsenic into the environment, much of it reaching natural waters.

أشباه الفلزات

يُعدّ الزرنيخ من أهمّ أشباه الفلزات الملوثة للمياه.

يحدث **التسمم الحاد بالزرنيخ** نتيجة تناول أكثر من 100 ملغ منه.

أما التسمم المزمن فيحدث نتيجة تناول كميات صغيرة من الزرنيخ على مدى فترة طويلة. وتشير بعض الأدلة إلى أن هذا **العنصر مُسرطن**.

يوجد الزرنيخ في قشرة الأرض بمعدل يتراوح بين 2 - 5 جزء في المليون. ويؤدي احتراق الوقود الأحفوري، وخاصة الفحم، إلى إطلاق كميات كبيرة من الزرنيخ في البيئة، يصل معظمها إلى المياه الطبيعية.

METALLOIDS

Arsenic occurs with phosphate minerals and enters into the environment along with some phosphorus compounds.

Some formerly used pesticides, particularly those from before World War II, contain highly toxic arsenic compounds. The most common of these are lead arsenate, $\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_2$; sodium arsenite, Na_3AsO_3 ; and Paris Green, $\text{Cu}_3(\text{AsO}_3)_2$.

Another major source of arsenic is mine tailings. Arsenic produced as a by-product of copper, gold, and lead.

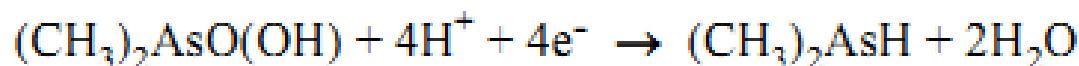
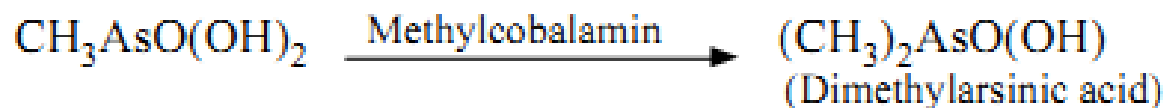
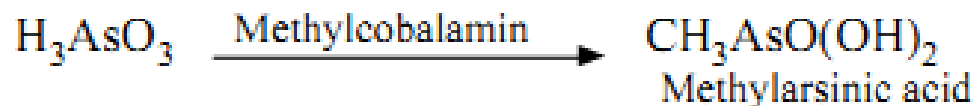
أشباه الفلزات

يوجد الزرنيخ مع معادن الفوسفات، ويدخل البيئة مصحوبًا ببعض مركبات الفوسفور.

تحتوي بعض المبيدات الحشرية التي كانت تُستخدم سابقًا، وخاصة تلك التي استُخدمت قبل الحرب العالمية الثانية، على مركبات زرنيخ شديدة السمية. ومن أكثرها شيوعًا زرنيخات الرصاص ($\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_2$) وأرسنيت الصوديوم (Na_3AsO_3). وأخضر باريس، $\text{Cu}_3(\text{AsO}_3)_2$.

ومن المصادر الرئيسية الأخرى للزرنيخ مخلفات المناجم. يُنتج الزرنيخ كمنتج ثانوي من النحاس والذهب والرصاص.

Arsenic can be converted by bacteria to more mobile and toxic methyl derivatives according to the following reactions:



يمكن للبكتيريا تحويل الزرنيخ إلى مشتقات ميثيلية أكثر حركة وسمية وفقًا للتفاعلات التالية