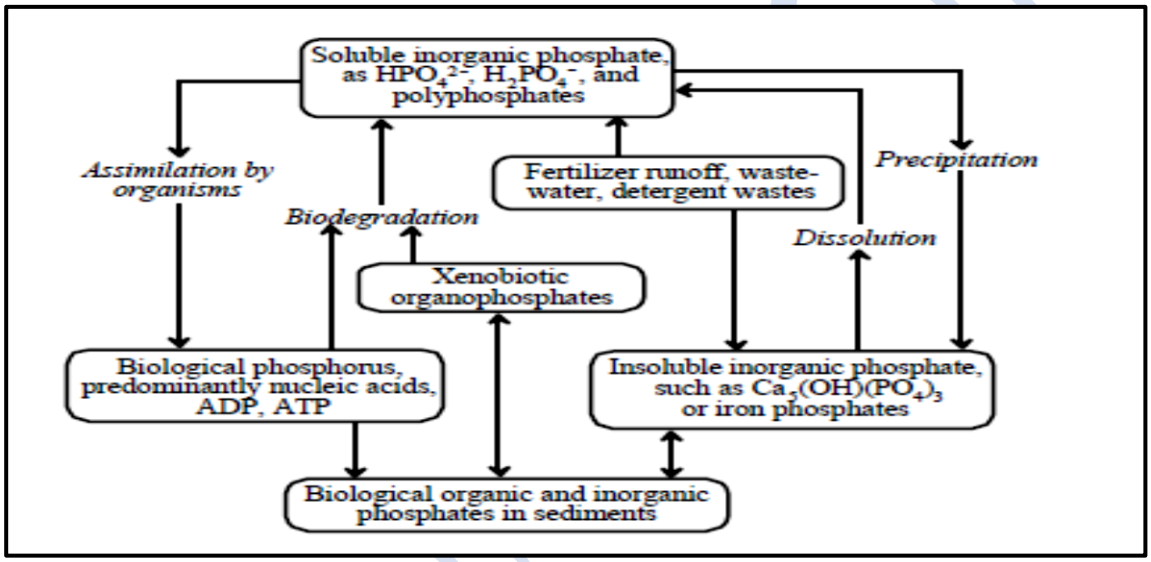
المحاضرة الرابعة اعداد: م. د. عمر ادريس صالح

دورة الفسفور The Phosphorus Cycle

عنصر الفسفور رمزه الكيميائي (P) يعد عنصرا مهما جدا في المنظومة الحية إذ يدخل في تركيب الأنسجة العصبية والعضلية. سمي بالفسفور نسبة إلى الاسم اليوناني القديم (المادة المحدثة للضوء)، يتحرك الفسفور ضمن الفضاء المائي وقشرة الأرض والكائنات الحية في دورة تسمى بدورة الفسفور وكما موضحة في المخطط ادناه:



دورة الفسفور في الطبيعة

إن حركة الفسفور بين الفضاء الجوي وبقية أجزاء البيئة المحيطة به تكون ضعيفة نسبيا حيث تقتصر على نقل الغبار وسبب ذلك هو قابلية ذوبان هذه المركبات التي تكون ضعيفة نسبيا، لذلك فإن حركة الفسفور الجيوكيميائية بين اليابسة والمحيط المائي تعتبر أساس دورة الفسفور في الطبيعة. إن قابلية الذوبان الضعيفة لمركبات الفسفور اللاعضوية تعني أن الفسفور غير متاح أو لا يتوفر دائما كمغذي إذ أن مثله مثل النيتروجين يجب أن يكون موجودا بشكله اللاعضوي البسيط لكي تتمكن النباتات من استيعابه. إن أيونات الأورثو فوسفات (PO_4^{3-}) وفوسفات الهيدروجين (HPO_4^{2-}) فضلا عن ثنائي هيدروجين الفوسفات ($H_2PO_4^{1-}$) هي الأكثر تواجدا في التربة حيث أن الأورثو فوسفات مركب غير قابل للذوبان نسبيا في الماء وذلك لكبر حجمه بالإضافة إلى شحنته السالبة الثلاثية التي تجعله شديد الانجذاب إلى الكتيونات الموجبة، أما مركبات فوسفات الهيدروجين فإنها تمتلك قابلية ذوبان أفضل وذلك بسبب ضعف شحنتها مقارنة بالأورثو فوسفات.

مصادر الفسفور

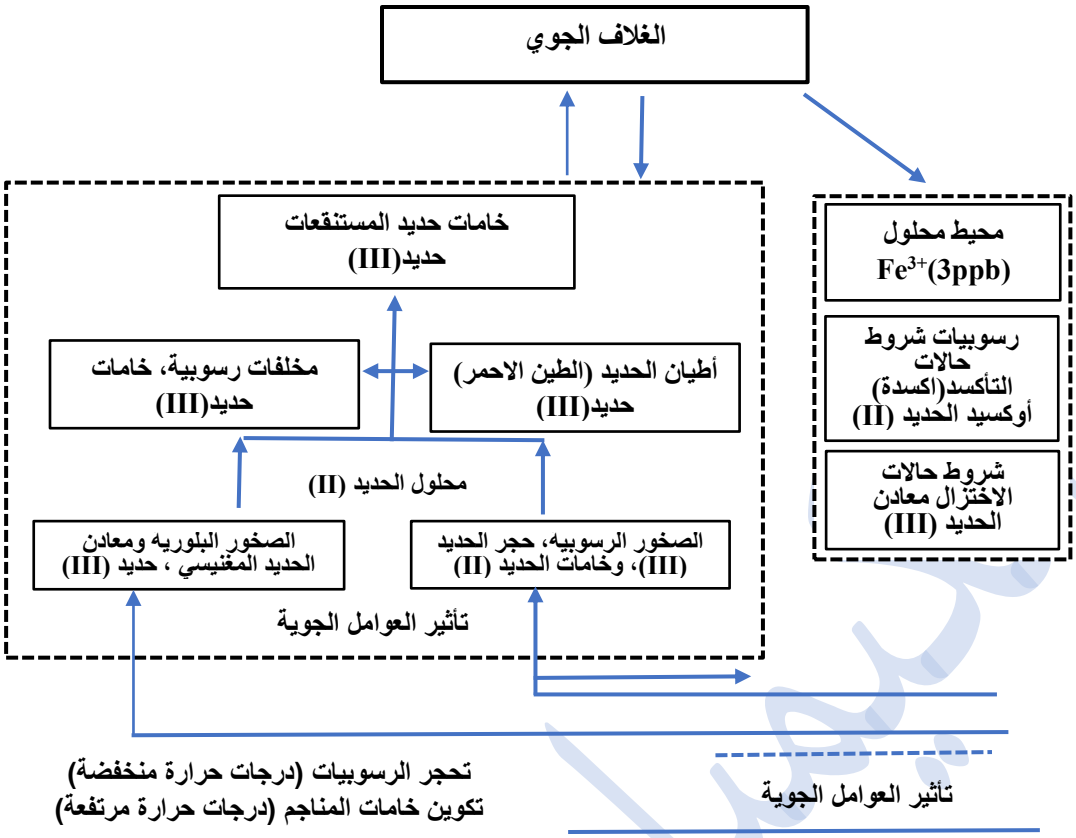
بصورة عامة توجد مركبات الفسفور في المياه غير الملوثة بتراكيز ضئيلة نسبيا غير أن الكميات الإضافية من الفسفور ممكن أن تتسرب إلى منظومة المياه من مصادر أخرى منها:

1- تآكل التربة نتيجة لقطع الأشجار والزراعة.
2- المنظفات والمواد التي تستعمل في التنظيف مثل البولي فوسفات.
3- الأسمدة الحيوانية (المياه القادمة من الحقول والمزارع).
4- معالجة المياه.
5- مواد مكافحة الآفات الزراعية (استخدام المبيدات) التي يدخل في تركيبها الفوسفات العضوي.

غالبا ما يؤثر تراكم الفسفور الذائب في الماء على نمو النباتات حيث يحفز النمو السريع للطحالب في البحيرات والمياه الضحلة مما يؤدي إلى حجب كمية الضوء النافذة داخل هذه المسطحات المائية وبالنتيجة يؤدي إلى التقليل من عملية التركيب الضوئي وبالتالي هذا ينعكس على كمية الأوكسجين المنتجة وعندما تموت الطحالب تستهلك عملية التفسخ كميات كبيرة من الأكسجين مما يزيد الوضع سوءا إن هذه العملية يمكن تعريفها بالتغذية المفرطة (الاثراء الغذائي) أي الإشباع المفرط للبحيرات والمياه الضحلة والأنهار بالمواد الغذائية التي تؤدي إلى تعجيل نمو الطحالب والبكتيريا وبالتالي تقليل كمية الأوكسجين الذائب في الماء هذه العملية بدورها تؤدي إلى مشاكل بيئية حدثت وتحدث بصورة مستمرة في مناطق متعددة من العالم مثل الولايات المتحدة الامريكية وإنجلترا وغيرها. وبما أن الطحالب هي جزء من السلسلة الغذائية في المياه فإن وجود كمية من الفوسفات ضروري للاستمرار حياة الأسماك والنباتات والأحياء المائية الأخرى، لذا فإن المطلوب هو التوازن بين المواد المغذية والطحالب والنباتات والأحياء المائية الأخرى حيث أن الزيادة في أي مكون ممكن أن تؤدي إلى خلل في ذلك التوازن لذلك يمكن التخلص من الفوسفات الزائدة من خلال معالجتها في محطات خاصة لمعالجة مياه الصرف الصحي وذلك بإضافة مادة اللايم، الألمنيوم أو مركبات الحديد التي تعمل على ترسيب مركبات الفوسفات قبل وصولها إلى المسطحات المائية الطبيعية.

دورة الحديد The Iron Cycle

الحديد عبارة عن فلز رمزه الكيميائي (Fe) يوجد بكثرة في الطبيعة ويدخل في العديد من الصناعات مثل صناعة السيارات المباني والمصانع وغيرها والمخطط أدناه يوضح دورة الحديد في النظم البيئية والبيولوجية:



دورة الحديد في الطبيعة

تنتقل دقائق الغبار التي تحتوي على الحديد بواسطة الرياح من والى القشرة الأرضية او المحيطات عن طريق الامطار. دورة الحديد بين الأرض والمحيطات غالبا ما تحدث من خلال نقل المواد الصلبة العالقة وذلك بسبب قابلية الذوبان المنخفضة لمركبات الحديد، على اليابسة توجد مركبات الحديد في حالتي تأكسد مهمة هما الحديدوز (II) والحديديك (III).

$$Fe^{26} = [Ar]^{18}\ 4S^2\ 3d^6$$

$$Fe^{+2} = [Ar]^{18}\ 4S^0\ 3d^6$$

$$Fe^{+3} = [Ar]^{18}\ 4S^0\ 3d^5$$

لكي نفهم خواص الحديد وسلوكه ومن ضمنها قابليته على التحرك في قشرة الأرض علينا أن نطلع على الظروف البيئية التي تؤثر في حالة التأكسد لمركبات الحديد، على العموم تكون مركبات الحديدوز أكثر قابلية على الذوبان ولكنها أقل استقرارا من مركبات الحديديك مع أن الاستقرار النسبي يعتمد إلى حد كبير عن الظروف البيئية. حيث أن إي تغير طفيف في تركيز ايونات الهيدروجين أي الأس الهيدروجيني (pH) سوف يؤدي إلى حدوث أما عملية تأكسد واختزال، قد تسبب تأكسد الحديدوز (II) الى الحديديك (III) أو اختزال

الحديديك (III) الى الحديدوز (II) وما ينتج عن ذلك تأثير على قابلية الذوبان وبالتالي على حركة ايونات الحديد بين المحيطات الحيوية.

العناصر والمركبات *The Elements and Compounds*

العناصر : هي المواد الأساسية التي تتكون منها كل المادة في الكون، ولا يمكن تجزئتها إلى مواد أبسط بواسطة التفاعلات الكيميائية العادية. أمثلة على العناصر: الأكسجين، الكربون، الهيدروجين، النيتروجين، الحديد وغيرها.

المركبات : هي مواد تتكون من اتحاد عنصرين أو أكثر بنسب وزنية ثابتة. ترتبط ذرات العناصر في المركب بروابط كيميائية قوية. أمثلة على المركبات: الماء(H_2O) ، ثاني أكسيد الكربون(CO_2) ، ملح الطعام (NaCl).

- بصورة عامة تقسم العناصر والمركبات حسب أنواعها وتراكيزها الى: صديقة للبيئة أو ملوثة للبيئة.

أهمية العناصر والمركبات في الكيمياء البيئية

- **دورة المواد في الطبيعة :** تلعب العناصر والمركبات دورًا حاسمًا في الدورات البايوجيوكيميائيه، مثل دورة الكربون ودورة النيتروجين وغيرها، والتي تحافظ على استمرارية الحياة على الأرض.
- **تلوث البيئة :** العديد من المشاكل البيئية ناتجة عن وجود مواد كيميائية ضارة في البيئة، مثل المعادن الثقيلة والمبيدات الحشرية.
- **تغير المناخ :** تؤثر الزيادة في تراكيز الغازات الدفيئة، مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان، بشكل كبير على تغير المناخ.
- **معالجة المياه :** فهم خواص العناصر والمركبات يساعد في تطوير طرق فعالة لمعالجة المياه الملوثة.

 # العناصر والمركبات الملوثة للبيئية:

زيادة او نقصان في تركيز أي عنصر او مركب عن الحدود المحددة لاي بيئة يعتبر تلوث للبيئة، من أكثر الملوثات خطورة على البيئة هي العناصر الثقيلة والتي ممكن ان تعرف من خلال وزن العنصر او المعدن حيث ان المعدن الذي تزيد كثافته عن خمسة اضعاف كثافة الماء (gm/cm^3) يعتبر معدن ثقيل، ان المعادن الثقيلة تأثيرات سلبيه على البيئة عند الافراط في استعمالها. كما تؤثر على صحة الانسان والحيوان والنبات. حيث تصل مركبات المعادن الثقيلة الى المسطحات المائية. عن طريق المبيدات المحتوية على المعادن الثقيلة وكذلك عن طريق المخلفات الصناعية ومخلفات الوقود الناتجة من المصانع او من وسائل النقل. بالإضافة الى ما يصل الى المسطحات المائية من معادن ثقيلة مصدرها طبيعي وذلك من خلال البراكين. كما ان الصخور

والتربة يحتويان على املاح للمعادن الثقيلة وعند تعرضها للظروف الجوية المختلفة كهطول الامطار. والاعاصير القوية تتحرر ايونات هذه المعادن وبالتالي تؤدي الى تلوث للمسطحات المائية. تختلف العناصر الثقيلة عن غيرها من الملوثات بان معظمها لها صفه تراكمية اذ تتراكم في اجسام الحيوانات المائية مثل الاسماك والطيور المائية وفي اجزاء النباتات المختلفة حيث تصل الى تراكيز عالية عندها تبدأ اثار التسمم بالمعادن الثقيلة في الظهور. وهذا يهدد بقاء تلك الكائنات، كما ان مركبات هذه المعادن تصل الى الانسان عن طريق تناوله للأسماك التي تحتوي خلاياها على تلك المعادن. ان وجود هذه الملوثات في مياه الانهار والبحيرات قد يؤدي الى ظهور حالات تسمم يذهب ضحيتها الكثير من البشر عن طريق مياه الشرب او تناول الاحياء المائية من خلال انتقالها خلال السلسلة الغذائية التي تشتمل على المعادن الثقيلة، التي لها وزن ذري مرتفع نسبيا ومن امثلتها الكادميوم والرصاص والزئبق والمغنيز والنحاس والزرنيخ والزنك والانتيمون والكروم والكوبلت والبليريوم وغيرها، وتعتبر معظم المعادن الثقيلة ومركباتها العضوية و غير العضوية مركبات سامه ولها صفه تراكمية، اي تتراكم في الخلايا ويظهر اثرها عندما يصل تركيزها في جسم الانسان عند حد معين (حد التسمم) وان جميع هذه المعادن تشترك كثيرا في صفاتها الطبيعية الا ان تفاعلاتها الكيميائية مختلفة وينطبق هذا على اثرها على البيئة فبعض هذه المعادن كالزئبق والرصاص والكادميوم وجودها خطير جدا على الصحة العامة بينما معادن اخرى مثل الكروم والحديد والنحاس تقتصر اثارها على اماكن العمل التي يحدث فيها التعرض للتلوث لفترات طويله ولهذا فهي اقل خطرا من المعادن الاخرى المذكورة اعلاه. الرصاص زاد انتشاره في الآونة الأخيرة وأصبح موجودا بكثرة في الماء والهواء والغذاء وان كثيرا من المعادن الثقيلة ضرورية للحياة حتى ولو استخدم بتراكيز قليله، ولكنها ايضا تكون سامه اذا وصلت تركيزها الى مستوى عالي من التراكم في جسم الانسان. بعضها قادر على التدخل في نمو الخلايا والجهاز العصبي وغيرها كثير من التداخلات مع الجسم والبيئة.

وفقا لسميتها قسمت العناصر الثقيلة الى ثلاث أصناف رئيسية وكما موضحة في الجدول ادناه:

تصنيف العناصر حسب سميتها

عناصر غير خطرة (Non-critical Elements)			عناصر سامة نادرة وغير جيدة الاذابة (Toxic Elements but Rare)		عناصر سامة جدا ومتوفرة نسبيا (Very toxic Elements)		
Na	C	F	Ti	Ga	Be	As	Au
K	P	Li	Hf	La	Co	Se	Hg
Mg	Fe	Rb	Zr	Os	Ni	Te	Tl
Ca	S	Sr	W	Rh	Cu	Pb	Pd
H	Cl	Al	Nb	Ir	Zn	Ag	Sb
O	Br	Si	Ta	Ru	Sn	Cd	Bi
N			Re	Ba		Pt	Cr

وعلى أساس وفرتها في جسم الانسان صنفت العناصر الى تصنيف اخر حيث سميت بالعناصر النزرة **(Trace Elements)** والتي تقسم الى ثلاث أصناف:

1- العناصر النزرة الاساسية Essential Trace Elements

هي تلك العناصر التي لايمكن للعديد من الفعاليات الحيوية ان تتم بدونها مثل: الحديد، اليود، النحاس، الزنك، المنغنيز، الكوبلت، المولبدينيوم، السلينيوم، القصدير، الكروم.

2- العناصر النزرة شبه الأساسية Sime- Essential Trace Elements

تمثل النيكل، البروم، الزرنيخ، الفناديوم، الكادميوم، الباريوم، السترونتيوم. سميت بالعناصر شبه الأساسية بسبب انعدامها من الغذاء او الجسم لا يؤثر على الفعاليات الحيوية الأساسية وتناولها بكميات محدودة يساعد في الحفاظ على بعض الانسجة من التغيرات غير الطبيعية.

3- العناصر النزرة غير الأساسية Non-Essential Trace Elements

تتراوح بين 20-30 عنصر معظمها موجود بكميات متباينة في أجزاء الجسم المختلفة ووجودها في هذه الأجزاء ليس له أهمية بايوكيميائية لذلك اعتبرت غير أساسية في كثير من الأحيان مثال عليها الالمنيوم.