الدورات البيوجيوكيميائية للعناصر (Biogeochemical cycle) في النظم البيئية

تعريف الدورات وأهميتها :

لقد ذكرنا في حديثنا عن النظام البيئي بأن عمليات تحويل للمواد اللاعضوية إلى عضوية ثم إلى مواد لاعضوية ثانيةً بفعل العوامل الحية وغير الحية احياناً تحدث ضمن هذا النظام، وهذا يعني ان دورة العناصر المعدنية وغير المعدنية وكذلك اشكال الطاقة تحدث داخل هذه الأنظمة في كل مناطق العالم مما يعطي حركية وديمومة للانظمة البيئية.

في ماسبق تحدثنا عن حركية ودورات هذه المواد من خلال تبادل (انتقال) الطاقة وكذلك السلاسل الغذائية، ونتحدث في محاضرتنا اليوم عن حركية باقي المواد غير الحية من خلال الدورات البيوجيوكيميائية للعناصر.

يوجد في الطبيعة ١٠٩ عناصر كيميائية معروفة منها ٤٠ عنصر تستخدمها الكائنات الحية لاستمرار حياتها. تحتاج الكائنات لبعض هذه العناصر بكيات كبيرة فتسمى بالعناصر الكبرى كالكربون والأوكسجين والنتروجين... وتحتاج لبعضها بكميات قليلة جداً كالزنك والحديد والبورون... وتسمى بالعناصر الصغرى.

تنتقل العناصر من الوسط إلى الكائنات الحية ثم تعود إلى الوسط على شكل دورة. نسمي عملية تحرك العناصر من المكونات غير الحية إلى المكونات الحية للنظام البيئي ومن ثم عودتها إلى الوسط **بالحلقات (الدورات) البيوجيوكيميائية.**

يوجد في الطبيعة نوعان من الدورات : الدورات الغازية والدورات الرسوبية.

تشمل الدورة الغازية دورات الكربون والنتروجين والأوكسجين والهيدروجين والماء، وتعد الدورة الغازية أكثر اكتمالاً من الدورة الرسوبية لأن الدورة الغازية تسير بسرعة اكبر ولأن الضياع منها يكون قليلاً في حين ان الدورات الرسوبية تكون أقل كمالاً حيث يضيع جزء من العناصر لفترة طويلة أو قد يتحول لمركبات كيميائية معقدة لاتستطيع الكائنات الحية الاستفادة منها كتحول الحديد إلى حالة معقدة غير قابلة للذوبان في الأتربة

الشديدة الحموضة، كذلك تحول الفوسفات إلى شكل معقد بشكل أباتيت غير قابل للذوبان في محلول التربة في الأراضي الغنية بكربونات الكالسيوم.

أولاً– الدورات الغازية :

١–دورة الماء :

أهمية الماء :

يعتبر الماء من أهم المصادر المتوافرة على سطح الأرض وفي داخلها وفي الغلاف الغازي، والماء من المصادر الأساسية لحياة جميع أنواع الكائنات الحية، وتغطي المياه حوالي ٧٠.٨% من المساحة الكلية للكرة الأرضية.

الشكل ١ : دورة الماء في الطبيعة

وتتميز المياه بحركتها المستمرة في الطبيعة بفعل الطاقة الشمسية والجاذبية الأرضية إذ تقوم الأشعة الشمسية بتبخير حوالي مليار $م^3$ من الماء من المسطحات المائية في الدقيقة، حيث يتصاعد بخار الماء إلى الغلاف الغازي مكوناً السحب التي تسقط منها الهطولات على سطح الكرة الأرضية، بعد ذلك يكون مصير الماء

إحدى الطرق التالية :

١- يتدفق القسم الأكبر من المياه على شكل مياه سطحية بحكم الجاذبية الأرضية مكوناً جداول صغيرة (جريان سطحي) تتجمع في أودية و أنهار تذهب إلى المياه السطحية (بحيرات ومحيطات وبحار) لتتبخر من جديد وتعود إلى طبقات الجو مغلقة بذلك الدورة المائية. تعتمد كمية المياه الجارية على سطح الأرض على عدة عوامل من أهمها : كمية وغزارة مياه الأمطار، نوعية التربة، نوعية وكثافة الغطاء النباتي.

٢- يتغلغل قسم من المياه باتجاه الجاذبية الأرضية مغذياً بذلك المياه الجوفية وتعود هذه المياه إلى الدورة من جديد عند استعمالها في مختلف الأغراض. وقد يبقى قسم منها محتجزاً لفترات طويلة.

٣- تتم الاستفادة من قسم من هذه المياه من قبل الكائنات الحية في بناء الكتلة الحية وتعود إلى الدورة بعد موتها وتحلل المواد العضوية.

٤- يتم حجز بعض هذه المياه في الجليديات .

أهمية هذه الدورة :

تقوم دورة الماء بعمل مهم في تنقية المياه وتزويد الكائنات الحية بالمياه وتجوية الصخور ونقل الرسوبيات وتشكيل المناظر الطبيعة.

تأثير الإنسان على دورة المياه :

يقوم الإنسان من خلال استعمالاته المختلفة للمياه باستنزاف وتلويث مصادر المياه و بالتالي الإخلال بهذه الدورة :

١- الاستعمالات المفرطة للمياه خصوصا في محطات توليد الطاقة الأغراض إضافةً إلى بناء السدود الضخمة، مما يقلل من وفرة المياه كما تساهم في تبخر قسم كبير من المياه وبالتالي زيادة نسبة بخار الماء في التربوسفير وإحداث تغيرات مناخية

٢- زراعة المناطق الجافة بمحاصيل زراعية غريبة عن هذه البيئة، وذلك باستخدام كميات هائلة من المياه الجوفية في عمليات الري ساهم في استنزاف هذه المياه.

٣- أسهم الإنسان من خلال استعمالاته المختلفة للمياه في تلويث مصادر المياه مما أدى إلى إحداث أضرار جسيمة في صحة وسلامة البيئة.

٢-دورة الكربون :

يعد الكربون المكون الأساسي للمواد العضوية، أما على سطح الأرض فتتوافر مستودعات الكربون الرئيسية في المناطق التالية :

١- في الطبقة العلوية من الغلاف الصخري في الصخور الرسوبية التي أهمها الحجر الزيتي والفحم الحجري والصخور المتحولة الكلسية والكلسية المارنية كما يتوافر الكربون في الغاز الطبيعي والبترول.

٢- في البحار والمحيطات على شكل كربونات ذائبة في الماء ورواسب بحرية.

٣- في التربة على شكل مواد عضوية وكائنات حية نباتية و حيوانية.

٤- في طبقة التربوسفير من الغلاف الغازي عل شكل غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2.

<u>دورة الكربون :</u>

١- تبدأ دورة الكربون بأن تقوم النباتات والطحالب الخضراء بأخذ CO_2 من الهواء المحيط وتقوم بعملية التمثيل الضوئي وانتاج المركبات العضوية، وتتوقف في أثناء الليل عملية التمثيل الضوئي ويحل محلها عملية التنفس وينتج عن ذلك CO_2 الذي يعود إلى الغلاف الجوي ثانية.

٢- ويترتب على عملية تجوية الصخور الرسوبية التي أسهمت في تكوينها المواد العضوية عودة قسم من الكربون المثبت إلى الغلاف الغازي، حيث تأخذه الكائنات ذاتية التغذية من جديد.

إن لكل جزء من دورة الكربون أهمية خاصة فإذا قضي على النباتات الخضراء والطحالب الخضراء مثلاً لا يمكن أن يخرج من الجو ولو قضي على الكائنات الحية المحللة فإن المادة العضوية الناتجة عن مفرزات الكائنات الحية او عن بقايا أجسامها ستتراكم بسرعة ولا يعود الكربون إلى الغلاف الغازي و بذلك تختل الدورة.

الشكل ٢ : دورة الكربون في الطبيعة

<u>تأثير الإنسان على دورة الكربون :</u>

أدت الأنشطة البشرية المختلفة وخاصة في السنوات الأخيرة إلى إحداث تغييرات في دورة الكربون من خلال زيادة كمية CO_2 التي تنتج عالميا عن طريق :

حرق الوقود الأحفوري، حرق الغابات والأعشاب، قطع الغابات. فعند زيادة نسبة CO_2 في الغلاف الغازي تقل نسبة معدلات الأشعة تحت الحمراء المعكوسة من الأرض إلى الفضاء الخارجي و بالتالي تتجمع في الغلاف الغازي وهذا يعود إلى خصائص غاز CO_2 في امتصاص الأشعة تحت الحمراء الأمر الذي يؤدي إلى رفع درجة حرارة الغلاف الغازي وبالتالي رفع درجة حرارة الأرض وإحداث تغير في المناخ العالمي وتسمى **ظاهرة البيت الزجاجي أو الدفينة** الزجاجية greenhouse effect وتساهم في ظاهرة البيت الزجاجي ما يعرف بغازات البيت الزجاجي وهي : غاز CO_2 – الميتان – أكاسيد الآزوت ومركبات الكلور والفلور العضوية (ffc) و بخار الماء و غيرها. هذا و كانت نسبة مساهمات غازات البيت الزجاجي في تسخين كوكب الأرض خلال عقد الثمانينيات من القرن الماضي كالتالي :

غازات البيت الزجاجي	نسبة مساهمتها في تسخين الأرض %
Co2	٦١

الميتان	**١٥**
أكاسيد النتروجين	**١٠**
مركبات الفلور والكلور العضوية	**٩**
بخار الماء	**٤**

وجميع هذه الغازات تمتص الأشعة تحت الحمراء المنعكسة من على سطح الأرض فتعمل على شكل مصيدة لهذه الغازات. حالياً يزيد متوسط درجة الحرارة بمقدار درجة واحدة عن مستواه قبل الثورة الصناعية (منتصف القرن ١٨) ويرتفع بمقار ٠.١٧ م كل ١٠ سنوات. إن هذا الارتفاع أثار قلق العلماء ولذلك بدأوا العمل والتأكيد على ضرورة الحد من انبعاث CO_2 وتحسين إدارة الغابات والمراعي والزراعة والتنوع الحيوي...ففي سنة ١٩٩٧م قام ممثلون عن ١١ دولة بوضع بروتوكول كيوتو (Kyoto protocol) من أجل خفض نسبة انبعاث CO_2 وفي سنة ٢٠٠٠ تم توقيع اتفاقية كيوتو التي تحدد حصة الغازات التي يسمح لكل دولة إطلاقها، لكن الولايات المتحدة رفضت التوقيع عليها علماً أنها أكبر دولة ملوثة في هذا المجال.

<u>الأضرار المتوقعة من الإخلال بدورة الكربون (أضرار ظاهرة البيت الزجاجي) :</u>

– انصهار كمية كبيرة من جليد القطبين مما يسبب ارتفاع منسوب البحار وتغير نسبة الأملاح الذائبة فيها وغمر عدد من المدن الساحلية والقضاء على دلتا الأنهار والكثير من السهول وتحرر CO_2 المحتجز في الجليد و العودة إلى التربوسفير.

– إمكانية اختلال الأنظمة الإنتاجية الزراعية في العالم بسبب زيادة كمية الأمطار في بعض المناطق في حين قد تتأثر مناطق أخرى بالجفاف والتصحر وهذا يعني أن تغير نظام سقوط الأمطار قد يؤدي إلى حدوث نقص في الغذاء.

– إمكانية انتقال الأمراض مثل الملاريا وغيرها إلى مناطق لا تعرف هذه الأمراض حالياً بسبب زيادة كمية الأمطار الهاطلة وتكوين مناطق رطبة، أو ظهور أمراض واوبئة جديدة نتيجة هذا التغير في المناخ.

– إمكانية تعرض التنوع الحيوي للخطر بسبب فقد مواطن الكائنات الحية من غابات ومراعي وغيرها بسبب الجفاف.

– إمكانية التأثير في صحة الإنسان من خلال ضربة الشمس وغيرها من آثار ضارة بصحته.

لكن هناك **عدة أسباب في الطبيعة خففت قليلاً من زيادة نسبة CO_2 في الجو**، من أهمها :

١– امتصاص التربة والغلاف المائي لقسم من CO_2

٢– عدم تحلل جميع المواد العضوية في فترة قصيرة من الزمن بل تحولها إلى دبال يتحلل ببطء أو البقاء على ماهي عليه كما يحدث لقسم كبير من المواد العضوية الموجودة في المستنقعات والتي تبقى على شكل تورب . ٣

٣– تأخذ العديد من أنواع الكائنات البحرية كربونات الكالسيوم من المياه لبناء أصدافها وعند موتها يترسب قسم كبير منها على شكل ترسبات بحرية وقد تتحول إلى صخور رسوبية.

٤– التلوث بالغبار في طبقات الجو العليا والتي تقوم بعكس قسم من الإشعاع الشمسي وبالتالي تقلل من كمية الإشعاع الوارد على سطح الكرة الأرضية و هذا يعني أن كمية الأشعة التي تصل إلى سطح الأرض اليوم هي أقل من كمية الأشعة التي كانت تصل قبل حوالي مئة عام .

٣–دورة النتروجين :

يشكل غاز النتروجين حوالى ٧٨% من حجم الهواء الجاف وهو غاز خامل عديم الفائدة لمعظم الكائنات الحية، ومن أجل الاستفادة من النتروجين المتوفر في الغلاف الغازي بكميات كبيرة لابد من تحويل هذا الغاز الخامل إلى مركبات نتروجينية تستطيع الكائنات الحية الاستفادة منها. تسمى عملية التحويل بـ**تثبيت النتروجين** (Nitrogen fixation).

يدخل النتروجين في تركيب المركبات العضوية مثل البروتينات واليوريا والببتيدات والمركبات غير العضوية من أمونيا وأمونيوم ونتريت ونترات.

يتم تثبيت النتروجين الجوي **بطريقتين** :

١- التثبيت الفيزيائي (الجوي) physicalfixation :

هي عملية فيزيائية تنتج عن التأثير المؤين للبرق على غاز N2 الذي يتحول إلى نترات No3 والتي بدورها تتساقط مع مياه الأمطار على التربة والمياه السطحية. وتتوقف الكمية المثبتة بهذه الطريقة على الظروف المناخية وتتراوح عموماً بين ١٠ - ٢٠ كغ /هـ.

٢- التثبيت الحيوي biological fixation :

تعيش في التربة والمياه بعض أنواع البكتيريا والطحالب التي تدعى مثبتات النتروجين الجوي الخامل (N٢) إلى مركبات تستطيع النباتات الخضراء الاستفادة منها مثل النترات No٣ الذي يعتبر أهم مصدر نتروجيني للنبات على الإطلاق وذلك لسهولة امتصاصه. ومن أهم الكائنات الحية المثبتة للآزوت :

أ- كائنات حية تعيش حرة في التربة و المياه : ومن أهمها بكتريا Azotobacter وكلوستريديوم clostridium و يتبع هذه المجموعة أيضاً بعض أنواع الطحالب الخضراء المزرقة التابعة للأجناس : نوستوك nostoc و انابينا anabaena و claoth rix والكمية التي تقوم بتثبيتها هذه الأنواع هي حوالي ٥- ١٠ كغ / هـ.

ب - البكتيريا تكافلية المعيشة : مثل الرايزووبوم rhizobium المسؤولة عن التكافل مع البقوليات حيث تقوم بتحويل غاز النتروجين إلى أيونات الأمونيوم (NH٤) وتتم العملية في العقد الجذرية لهذه النباتات والكمية المثبتة بهذه الطريقة حوالي ٢٠٠ - ٥٠٠ كغ /هـ/ سنة آزوت.

تقوم البكتيريا التكافلية باختراق شعيرات جذور النبات محدثة عقداً جذرية لتعيش فيها وتقدم للنبات النتروجين في حين تقدم النبتة لها المواد العضوية اللازمة لحياتها وتعتمد الكمية المثبتة على عدة عوامل تشمل : البكتيريا والظروف البيئية السائدة لذلك لا تحتاج البقوليات لأسمدة آزوتية و عند استعمال الأسمدة الآزوتية تكون النتائج سلبية على عملية التثبيت. وتلعب عملية التثبيت الآزوتي في البقوليات دوراً هاماً في إنتاج البروتين في العالم لاسيما أن الأسمدة النتروجينية مكلفة و تساهم في تلوث البيئة.

ج- أنواع من الفطريات البسيطة التي تعيش في تكافل مع بعض أنواع أشجار الغابات التابعة للفصائل التالية: Salicaceae , Casuarinaceae, Fagaceae و الزيزفون Elaegnus و النغت Alnus.

يوجد العديد من الأبحاث التي تحاول تطوير حياة تكافلية بين الأنواع المثبتة للنتروجين والمحاصيل الاقتصادية مثل القمح وفي حال نجاح هذه المحاولات ستقل حاجة الإنسان إلى الأسمدة النتروجينية وسيزداد معها إنتاج الغذاء في العالم ويقل التلوث.

دورة النتروجين :

– تبدأ دورة النتروجين (الشكل٣) عندما تقوم النباتات الخضراء بامتصاص االنتروجين المثبت على شكل أيونات النترات السالبة أو أيونات الأمونيوم الموجبة بواسطة الأوبار الماصة حيث تستعملها في بناء الأحماض الأمينية ثم البروتينات ومن ثم تأتي المستهلكات وتتغذى على المنتجات فتتحول البروتينات النباتية إلى بروتينات حيوانية

– بعد موت هذه الكائنات يجري تفكك البقايا العضوية إلى عناصرها الأولية تحت تأثير عمل المحللات وذاك على ثلاثة مراحل :

١ – التفسخ : حيث تتفسخ البقايا العضوية تحت تأثير البكتريا والفطور مثل الفيوزاريوم فتحول البروتينات إلى أحماض أمينية ونواتج أخرى كالماء وثاني أكسيد الكربون وكبريت الهيدروجين و غيرها ... وفي النهاية يتشكل الدبال وتزداد سرعة التفسخ مع ازدياد درجة حرارة الوسط و ارتفاع نسبة الرطوبة.

٢– النشدرة Ammonification : وينتج عنها تشكل أملاح النشادر اعتباراً من الأحماض الأمينية و البولة ، فالكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن النشدرة تكون تابعة للأجناس pseudomonas

bacillus , وينتج كمية كبيرة من النشادر NH_3

٣ – النترجة Nitrification : فيها يتأكسد النشادر NH_3 إلى حمض النتريت HNO_2 ثم حمض النترات أو الأزوت HNO_2 على مرحلتين هما :

a. النترزة **Nitrosation** : يتحول النشادر إلى حمض النتريت ثم إلى نتريت باتحاده مع قواعد التربة والبكتيريا المسؤولة عن النترزة من جنس **Nitrosomonas** وذلك حسب المعادلة :

$$NH_3 + 3/2O_2 = HNO_2 + H_2O$$

b. النترتة Nitratation : يتأكسد حمض النتريت والنتريت إلى حمض النتريك والنترات و البكتيريا التي تقوم بذلك تابعة للجنس Nitrobacter حسب المعادلة :

$$O2 + ٢HNO2 = 2HNO3$$

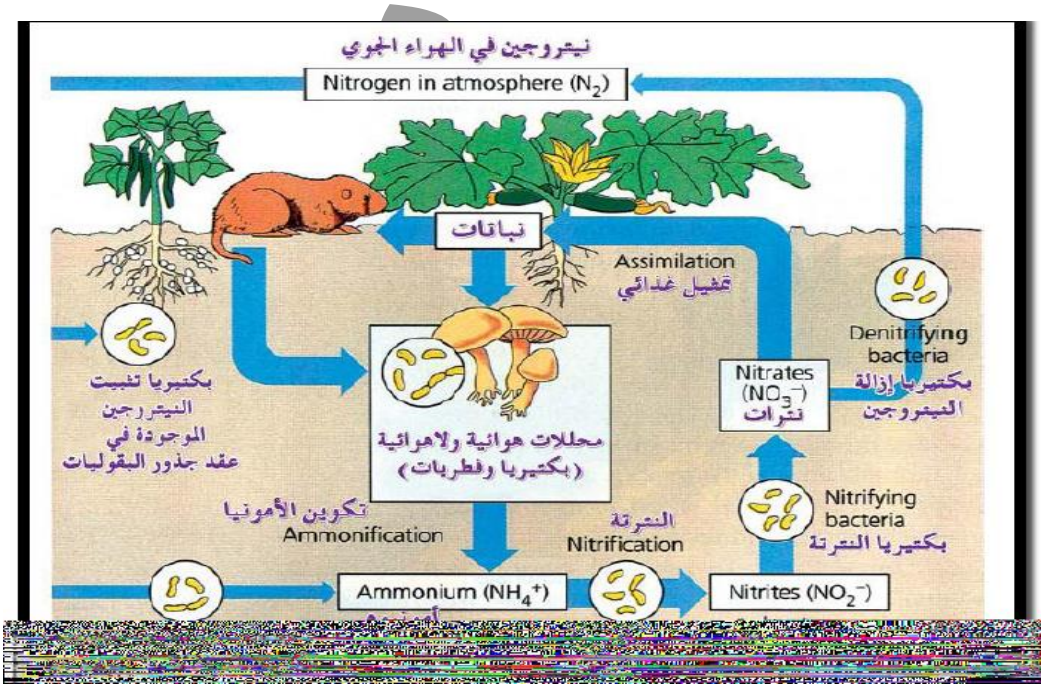
هناك **شروط تتحكم في عملية النترجة :**

– توافر التهوية الجيدة يساهم في الإسراع في عملية النترجة

– توافر رقم هيدروجيني متعادل يساهم في الإسراع في عملية النترجة

– توافر درجات حرارة دافئة (حتى ٤٠م) تساعد على زيادة سرعة النترجة وتقل سرعتها كلما انخفضت درجة الحرارة وهذا يلاحظ في المناطق الشمالية الباردة والجبال العالية حيث البقايا العضوية تبقى مكدسة فوق سطح التربة ولا تتحلل إلا ببطء شديد ولذلك تجد النباتات صعوبة في التغذية الآزوتية.

وفي الظروف اللاهوائية تختزل النترات من قبل بعض أنواع الكائنات الحية لتتحول إلى نتروجين ونشادر. تدعى هذه العملية عكس النترجة (تطاير الآزوت من الترب الزراعية) Dentrification. وبالتالي يفقد الآزوت من التربة.



الشكل ٣ : دورة النتروجين في الطبيعة

تأثير الإنسان على دورة الآزوت :

يدخل الإنسان من خلال أنشطته المختلفة مصادر نتروجينية جديدة إلى دورة الأزوت مثل :

– الملوثات الهوائية وخاصة الناتجة عن حرق الوقود الحفري حيث تنتج كميات كبيرة من أكاسيد النتروجين قد تصل إلى حوالي ٥٠ كغ/هـ/ سنة في المناطق الصناعية وهذا مايساهم في زيادة حدة الأمطار الحامضية.

– الإنتاج الزراعي المكثف لسد حاجات العالم من الغذاء وهذا يعني إضافة كميات كبيرة من الأسمدة النتروجينية المصنعة للتربة، وتقوم الأسمدة الآزوتية بتلويث التربة مرتين وتستنزف كميات كبيرة من الطاقة عند تصنيعها وخروج ملوثات بيئية، وعند استعمال هذه الأسمدة في الزراعة يترتب على ذلك غالباً تلوث المياه السطحية والجوفية وهذا يعود لسرعة ذوبان الأسمدة في المياه لذا يحاول صانعو الأسمدة الآزوتية منذ فترة إنتاج أسمدة آزوتية لا تذوب بسرعة في التربة و إنما تذوب على دفعات من أجل رفع كفاءة استفادة النباتات لهذه الأسمدة من جهة والحد من التلوث البيئي واستنزاف الطاقة من جهة أخرى.

– إضافة كميات كبيرة من المركبات النتروجينية مع المياه العادمة المعالجة وغير المعالجة إلى التربة ومصادر المياه، وإضافتها لبعض الأغذية. حيث تعتبر النترات إحدى الملوثات المائية المهمة وحسب مواصفات منظمة الصحة العالمية (WHO) يجب أن لا تزيد كمية النترات المستهلكة في اليوم عن ٢٠٠ ملليغرام سواء بواسطة مياه الشرب والطعام معاً وذلك لأن النترات تسبب مرض الإزرقاق عند الأطفال إضافة إلى تكوين مركبات نتروزامين المسرطنة (Nitrosamin). تتكون المركبات في بعض أنواع الأغذية المعلبة والتي تضاف إليها مركبات النترات و النتريت لاسيما نتريت الصوديوم و في بعض المشروبات و بعض أنواع الجبن. وقد وضعت كل دولة مقاييس خاصة بها تحدد فيها القدر الذي يسمح بوجود النترات في مياه الشرب والأطعمة.

ثانياً– الدورات الرسوبية :

يقال عن الدورات الرسوبية إنها غير مكتملة لأن بعض المواد المكونة لها تنتهي داخل صخور رسوبية تخرج منها العناصر ببطء ومن ثم يصعب استئناف الدورة في حين تدور دورات الكربون والأوكسجين والماء بسهولة

لذلك فهي أكثر اكتمالاً. من أهم الدورات الرسوبية :

دورة الفوسفور :

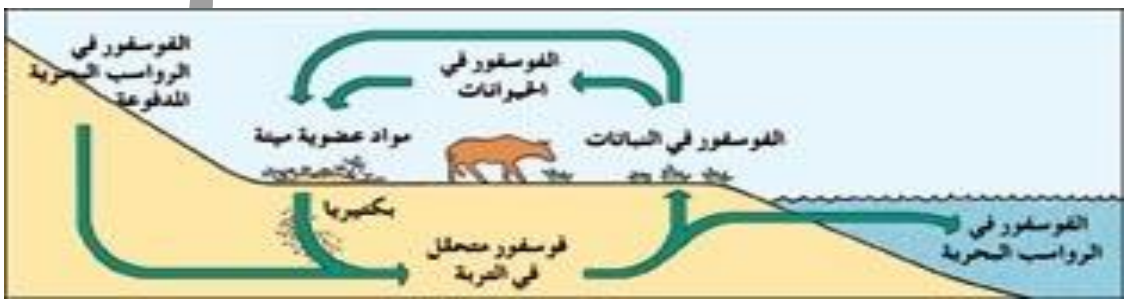
تعتبر دورة الفوسفور من أهم الدورات الرسوبية وذلك لأهمية الفوسفور في تركيب المادة الحية (protoplasma) و المادة الوراثية (DNA) و العظام علاوة على أهمية الفوسفور في تزويد خلايا الكائنات الحية بالطاقة كما يعد الفوسفور من العناصر الغذائية الكبرى .

وتشكل صخور الفوسفات المستودع الرئيس لدورة الفوسفور فبواسطة عملية التجوية يتم إطلاق قسم من الفوسفور إلى الدورة كما تساهم البراكين أيضاً بإضافة قسم من الفوسفات الموجودة في باطن الأرض.

وتبدأ دورة الفوسفور بأن تقوم المنتجات بأخذ الفوسفور على شكل أيونات (P_2O_5) وتستخدمها في عمليات البناء الخاصة بها وتحصل المستهلكات على الفوسفور من المنتجات حسب السلسلة الغذائية. وعند موت الكائنات الحية المنتجة والمستهلكة تقوم الكائنات الحية المحللة بتحليل المواد العضوية حيث ينتج بالإضافة إلى المواد الأخرى (P_2O_5) تمتصها النباتات من جديد وبذلك تغلق الدورة (الشكل ٤).

وتفقد غالبية مركبات الفوسفور عند انجراف التربة بواسطة الأنهار والسيول وتترسب على هيئة رواسب بحرية عميقة ولا تعود إلى المستودعات الأرضية أو إلى الدورة من جديد إلا عند حدوث اضطرابات تكتونية فتظهر مع الصدوع بعد فترة طويلة من الزمن.

ولكن يعود قسم من الفوسفور إلى الدورة من جديد عندما تقوم المنتجات المائية باستخدام الفوسفور المذاب في الماء وتستوعبه في خلاياه ومن ثم تتغذى عليها المستهلكات. على سبيل المثال يقوم سمك السلمون بنقل الفوسفور داخل عظامه من البحار والمحيطات إلى مياه الأنهار الداخلية العذبة من خلال هجرته للتكاثر.



الشكل ٤ : دورة الفوسفور في الطبيعة

تأثير الإنسان على دورة الفوسفور :

يقوم الإنسان بتعدين الفوسفات من الصخور الفوسفاتية (Apatite) لتصنيع الأسمدة الفوسفاتية والمنظفات الكيميائية والمبيدات وغيرها وبالتالي إدخالها إلى دورة الفوسفور مما يزيد من سرعة الدورة واستهلاك المخزون الفوسفاتي.

تدخل الفوسفات المذابة ولو بتركيزات قليلة مع المياه العادمة أو الأسمدة الزراعية أو غير ذلك من المصادر إلى المياه السطحية ببطء مما يؤدي إلى حدوث ظاهرة **الإثراء الغذائي** (eutrophication) ويكون الفوسفور في أغلب الحالات العامل المحدد في عملية الإثراء الغذائي لأن المغذيات النباتية الأخرى من نتروجين وبوتاس و غيرها غالباً ما تكون متوفرة في البيئات المائية بعكس الفوسفات **وينتج عن عملية الإثراء الغذائي:**

- تكاثر النباتات والطحالب الخضراء وزيادة ترسباتها في المياه، الأمر الذي يؤدي إلى :
- تقليل عمق المياه وزيادة درجة العكورة وصعوبة حركة القوارب في المسطح المائي وتتحلل المواد العضوية المترسبة في المياه هوائياً و عند استهلاك الأوكسجين المذاب في المياه تتحول عملية التحلل الهوائية إلى عملية تحلل لا هوائية ينتج عنها غازات سامة وروائح كريهة مثل كبريت الهيدروجين والميتان والأمونيا و غيرها، الأمر الذي يؤدي إلى :
- تغيير صفات الماء الكيميائية وتردي نوعيتها وموت الأسماك.

وتبدو هذه الظاهرة بوضوح في البحيرات التي تلقى فيها مياه الصرف الصحي .

حماية المياه من مشكلة الإثراء الغذائي :

١- ترشيد استعمال المنظفات الكيميائية الحاوية على الفوسفور .

٢- حماية التربة من الإنجراف لمنع وصولها إلى مصادر المياه السطحية مع الأسمدة الفوسفاتية .

٣- معالجة المياه العادمة لإزالة اكبر قدر ممكن من الفوسفور من المياه العادمة قبل تصريفها .

٤- ضخ الأوكسجين للمياه عند الحاجة وخاصة في فصل الصيف لرفع تركيز الأوكسجين المذاب في المياه.

٥- إزالة الرسوبيات الحاوية على المواد العضوية المستنزفة للأوكسجين في المياه كلما دعت الحاجة.

د. علا مدور