الدورات الحيوية الأرضية الكيميائية

Biogeochemical Cycles

"المقدمة...."

يتبع النظام البيئي دورات، كالدورة الكيماوية الحيوية، حيث تأخذ الكائنات الحية موادها الغذائية لتعيش وتنمو ثم تعيدها للبيئة بعد موتها وتحللها.

المعروف أن قشرة الأرض تحوي كافة عناصر الجدول الدوري الطبيعية،غير المصنعة في المختبرات. وتتفاوت نسبة وجود هذه العناصر في الطبيعة، فمنها الشائع، ومنها النادر.والعناصر التالية هي الأكثر شيوعاً، وتشكل أكثر من ٩٩ % من مكونات صخور قشرة الأرض:الأوكسجين،السيليكون، الألمنيوم، الحديد، المغنيسيوم،الكالسيوم، الصوديوم والبوتاسيوم.

غير أن العناصر الرئيسية في النظام البيئي الحيوي هي:الأوكسجين والكاربون والنيتروجين والفوسفور والكبريت. وتدخل هذه العناصر في تكوين المادة الحية (الكتلة الحية) في الكائنات على شكل مركبات كيميائية مختلفة،مثل الكاربوهيدرات والبروتينات والدهون والفيتامينات، وغيرها.

وبما أن هذه المواد الكيميائية تنتقل من العالم الحيوي إلى العالم الجيولوجي، وبالعكس، ويسمي العلماء عملية انتقالها بالدورات الحيوية الأرضية الكيميائية (الدورات البيوجيوكيميائية) Biogeochemical Cyclesولكل مركب أو عنصر كيميائي دورته الخاصة به. كما أن هنالك أشياء مشتركة بين جميع الدورات. ففي كل دورة هنالك أجزاء منها تسمى مستودعات Reservoirs حيث يتم إحتجاز العناصر فيها لفترة طويلة من الزمن،وبالمقابل هنالك أيضاً خزانات Pools تحجز فيها العناصر لفترة قصيرة من الزمن. والفترة الزمنية التي يستغرقها المركب أو العنصر في المستودعات أو الخزانات تسمى فترة المكوث Residence Time فالمحيطات على سبيل المثال مستودعات للماء، بينما تمثل الغيوم خزانات. كذلك بالنسبة للمجتمعات الحيوية، فان الأنواع الحية فيها تمثل خزانات.ومعظم الطاقة اللازمة لانتقال المركبات أو العناصر من مستودع أو خزان لآخر تزودها الشمس أو تأتي من جوف الأرض

سنركز هنا على دراسة دورات الماء والكربون والنيتروجين والفوسفور والكبريت لأهميتها في التعرف على حالة النظام البيئي من حيث غناه أو فقره بهذا العنصر أو ذاك، ويمكن من خلالها رصد مستويات التلوث أو المستويات غير المرغوب بها في النظام البيئي.

١ ـ دورة الماء

يعتبر الماء عنصر هام للحياة على سطح الأرض، فالنبات والحيوان والإنسان يعتمدون عليه اعتمادا كبيرا للاستمرار في الحياة. والماء أما أن يكون على صورة بخار في الهواء أو ماء سائل في الأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات أو متجمد على هيئة جليد في القطبين. وتقدر كمية الماء الموجودة في المحيطات بحوالي ٩٧% من كمية الماء على سطح الأرض ويتبخر منها حوالي ٨٧٥ كم٣ يوميا ويعود ٧٧٥ كم٣ على هيئة أمطار تتوزع على اليابسة والأنهار والبحار والمحيطات، وتكون المياه الجوفية، أما الباقي فيبقى على صورة بخار متطاير في الهواء،

الدورة المائية
(3) التكثف
(1) التبخر
(2) تيار مصحوب بتعرق
(4) التساقط
(1) التبخر
(5) السيلان
(6) التسرب
مائدة مائية

وعليه فإن دورة المياه تمثل في الطبيعة نظاماً هائلاً تحركه الطاقة الشمسية، ويعمل فيه الغلاف الجوي جسراً بين المحيطات والقارات. فماء المحيطات بصورة رئيسية وماء القارات بصورة فرعية، يتبخران باستمرار في الغلاف الجوي. وتعمل الرياح على نقل الهواء الحامل لبخار الماء إلى مسافات بعيدة، حيث تبدأ عمليات معقدة في تكوين الغيوم، وحدوث الهطل. والماء الساقط على سطح المحيط ينهي بذلك دورته،أما الماء الساقط على اليابسة فأمامه رحلة طويلة إلى المحيط وبعبارة بسيطة يمكن وصف دورة المياه بالمعادلة التالية :

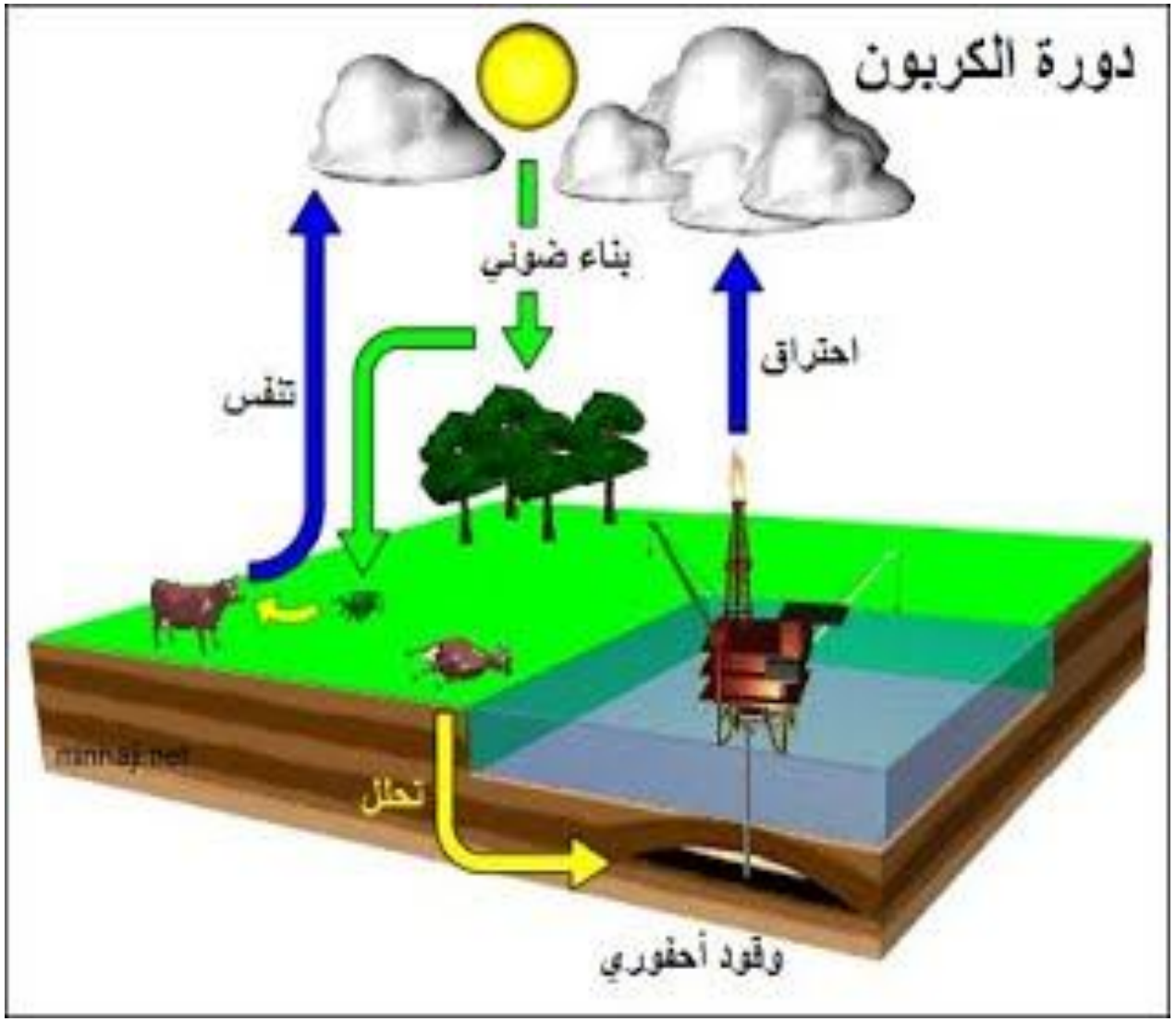
تبخر + نتح = تكاثف

٢ ـ دورة الكربون

الكربون عنصر الحياة، فهو اللبنة الأساسية في بناء المركبات العضوية التي تبنى منها الخلايا، وبالتالي الكائنات الحية.ومن ثم فهو عنصر رئيسي في تركيب الكائنات الحية، ولكنه ثانوي في تركيب قشرة الأرض الصخرية.

تبدأ دورة الكربون في الطبيعة بعملية التمثيل الضوئي Photosynthesis فهي التي تحرك الكربون في الطبيعة، ولو توقفت لتوقف وجود هذا العنصر في الإشكال الأخرى الحاملة له. وفي هذه العملية يأخذ النبات غاز ثاني أوكسيد الكربون من الجو، والضوء من أشعة الشمس، والماء من التربة، ليصنع منها الكاربوهيدرات في مجموعة من المعادلات..

هذا الغاز يسير بدورة مغلقة، يستهلك في خلالها من قبل عدد من الكائنات، وفي بعض التفاعلات، المعروف أنه يذوب في مياه البحار والمحيطات وقد يعود من هذه المياه إلى الغلاف الجوي. وهو ينتج من غازات البراكين،ومن حرق الغابات الاستوائية.. فاحتراق الوقود والغابات، وعملية التنفس عند الإنسان من شهيق وزفير، وحرق البترول والفحم، وتحلل المواد العضوية، كلها تطلق غاز ثاني أكسيد الكربون،الذي ما يلبث أن يعود من خلال الأمطار الحمضية أو بامتصاصه من قبل المسطحات المائية. حيث يتحد مع بخار الماء فيكون دقائق الجير التي تترسب في أعماق البحار والمحيطات. كذلك فإن نسبة كبيرة من الكربون تتحول إلى مواد مختزنة كالفحم والبترول، الذي يبقى مختزن في جوف الأرض، ثم ما يلبث أن يعود للاستخدام بعد أن يخرجه الإنسان. هذا بالإضافة إلى كمية الكربون التي تختزن على صورة أحجار كلسيه. يشكل غاز ثاني أكسيد الكربون حوالي ٠.٠٣ % من الغلاف الجوي، وبزيادة كميته عن هذه النسبة تحدث المشاكل البيئية والصحية.

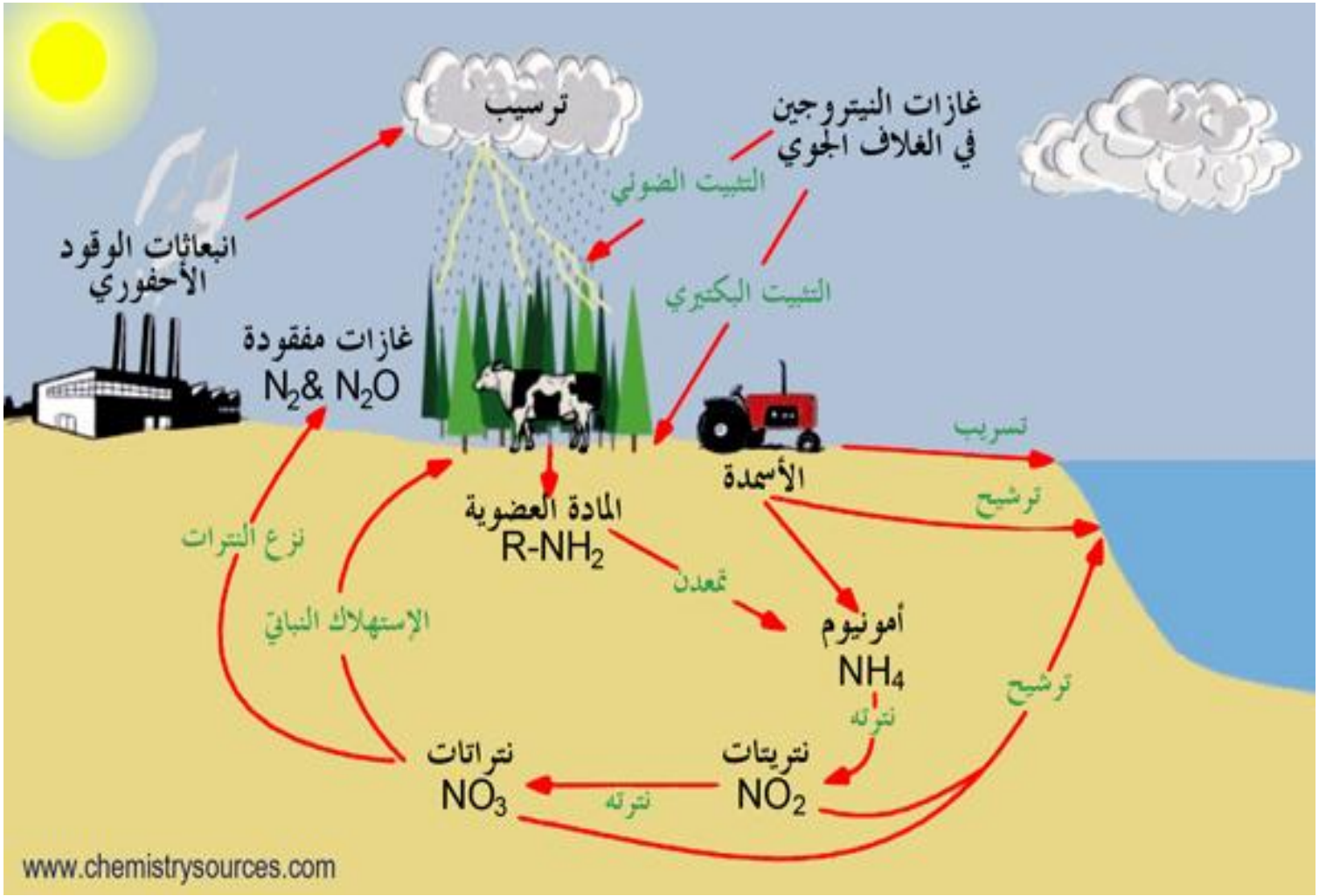

دورة الكربون
بناء ضوئي
تنفس
احتراق
تحلل
وقود أحفوري

٣ -دورة النيتروجين

تحتاج جميع الكائنات الحية إلى عنصر النتروجين،الذي يدخل فى تراكيب الأحماض الأمينية، والبروتينات، والمادة الوراثية Deoxyribo Nucleic Acid (DNA). ومع أن غاز النيتروجين N_2 يشكل ٧٨ % من الغلاف الجوي،إلا أن المنتجات والكائنات الأخرى في النظم البيئية الطبيعية لا تستطيع استخلاصه مباشرة من الغلاف الجوي والاستفادة منه. غير أن بوسعها القيام بذلك إذا تحول عنصر النيتروجين من الحالة الغازية الخاملة إلى أيونات الأمونيوم NH_4 أو النترات NO_3 وتسمى هذه العملية تثبيت النتروجين Nitrogen Fixationالتي يمكن ان تتم بطرق:التثبيت الحيوي، والتثبيت الجوي، والتثبيت الأصطناعي. وبعد عملية التثبيت تتمكن النباتات من الإستفادة منه واستعماله في بناء جزيئات البروتين النباتي.

وهذه التحولات يمكن أن تكون ناتجة عن البرق أو النشاطات البركانية أو عن البكتيريا الموجودة في التربة والتي تقوم بتحويل النيتروجين إلى نيترات ومن ثم تتحول إلى أحماض أمينية وبروتينات.

هذا وتعتبر فضلات الكائنات الحية وتحللها مصدرا مهما للنيتروجين، حيث تقوم البكتيريا بتحويلها إلى نيتريت NO_2 ثم الى نيترات NO_3 ، وبعد ذلك إما يتم امتصاصها عن طريق الجذور أو تتحول الى غاز النيتروجين N_2 الذي يعود إلى الجو.


ترسيب
غازات النيتروجين
في الغلاف الجوي
التثبيت الضوئي
انبعاثات الوقود
الأحفوري
التثبيت البكتيري
غازات مفقودة
N_2& N_2O
تسريب
الأسمدة
ترشيح
المادة العضوية
$R\text{-}NH_2$
نزع النترات
تمعدن
الإستهلاك النباتي
أمونيوم
NH_4
ترشيح
نترته
نتريتات
NO_2
نتراتات
NO_3
نترته
www.chemistrysources.com

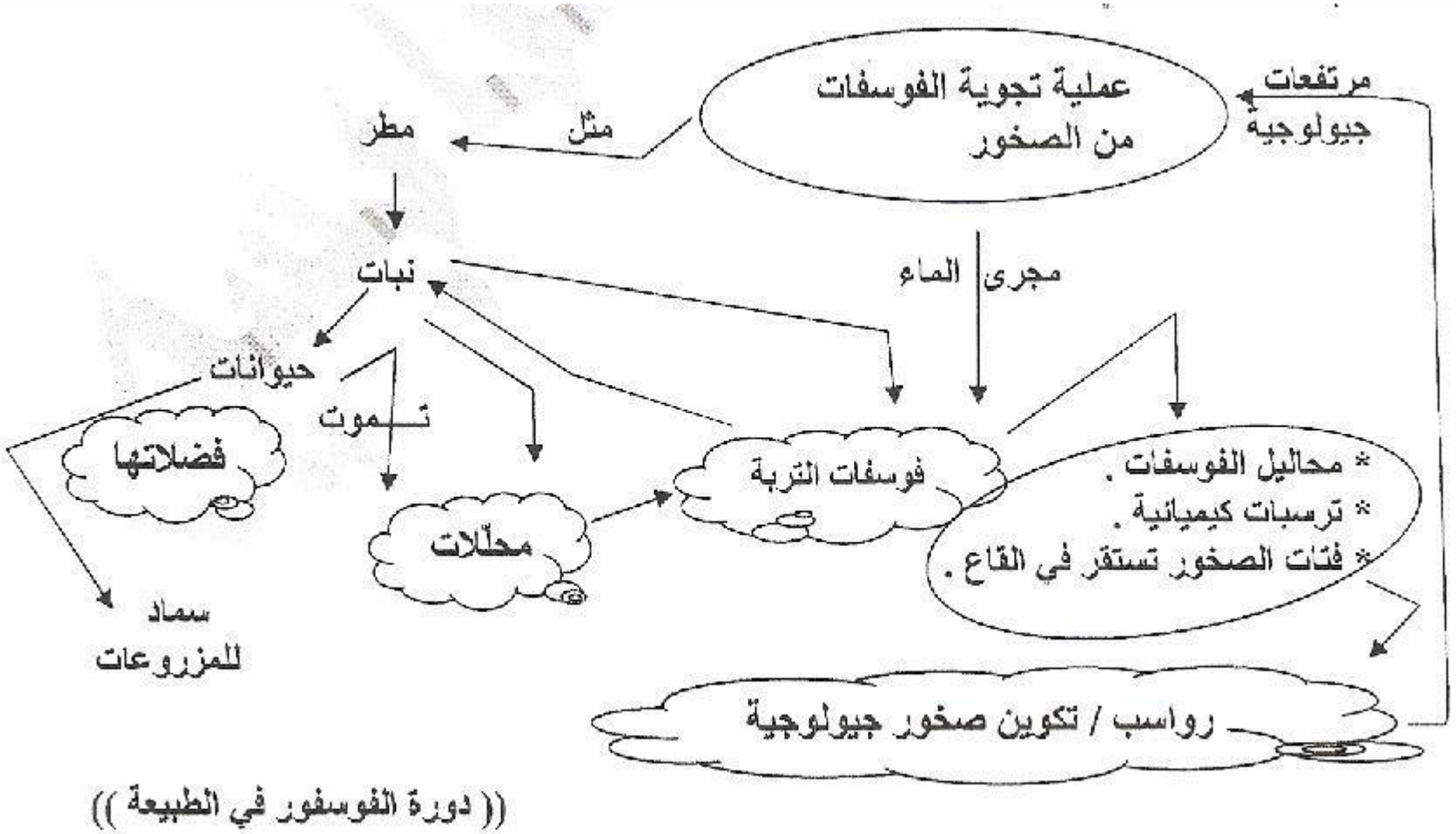
٤ـ دورة الفوسفور

تختلف دورة الفوسفور عن دورات العناصر المارة في كون الغلاف الجوي لا يشكل أحد خزاناته. إنه يوجد في القشرة الأرضية كعنصر على شكل فوسفات، حيث تتحد ٤ ذرات من الأوكسجين مع ذرة واحدة من الفوسفور مشكلة اَيون الفوسفات،الذي يتحد بدوره مع اَيون موجب، كاَيون الكالسيوم، مكوناً معدن فوسفات الكالسيوم والموجود في كثير من صخور القشرة الأرضية النارية منها والرسوبية. وعندما ينتقل اَيون الفوسفات الى الماء ومن ثم الى النباتات (المنتجات) عبر التربة ثم الى الكائنات الحية (المستهلكات)، حيث يصبح مكوناً رئيسياً من مكونات أغشية الخلايا و DNAو RNAو ATPثلاثي فوسفات الآدينوسين. ومع موت النباتات والحيوانات يعود الفوسفات إلى الماء والتربة

*يدخل الفوسفور في تركيب العظام والأسنان. وفي تركيب الأسمدة، وبهذه الطريقة، بالإضافة الى تحلل النباتات والحيوانات الميتة، يتم وصوله للتربة ومن ثم إلى النباتات. ويوجد الفسفور بكمية كبيرة في فضلات الإنسان والحيوانات،التي تستخدم فيما بعد كسماد للمزروعات.

**وأصبح الفوسفور يدخل في تركيب مساحيق الغسيل مما أدى إلى ارتفاع نسبته في المياه العادمة، وبالتالي إلى حدوث تلوث في الأنهار والبحار والمياه الجوفية، مما دفع العلماء الى البحث عن طرق لإزالة مركبات الفسفور من المياه العادمة.

***وتلعب العوامل الجوية كالأمطار والرياح دورا مهما في إيصاله للأنهار والبحار، حيث تمتصه النباتات البحرية ومن ثم يصل الى الطيور التي تتغذى على هذه النباتات.وتترسب الكميات التي تصل إلى البحار والمحيطات في قيعانها لتشكل مصدرا مختزنا من مصادر الفسفور.



((دورة الفوسفور في الطبيعة))

٥-دورة الكبريت

يدخل الكبريت في تركيب المواد العضوية الحيوانية والنباتية. لذا يعد من العناصر الأساسية اللازمة لحياة الكائنات الحية. وتبدأ دورته بخروجه من بعض أنواع الصخور التي تحتويه، مثل صخور الجبس،التي تتكون من معدن الجبس $CaSO_4$ وخام الكبريت الحر Native Sulfar. وينتقل الكبريت على شكل كبريتات ذائبة SO_4مع المياه السطحية أو الجوفية الجارية، حيث يصل الجزء الأكبر منه لمياه البحار والمحيطات.وجزء أقل يصل الى التربة. وينتهي المطاف بالكبريتات الذائبة في البحار والمحيطات الى ترسيبها على شكل رسوبيات تتحول مع الزمن الطويل إلى صخور، مثل صخور الجبس والآنهيدريت. وبذلك تغلق دورة الكبريت على هذا الوجه.

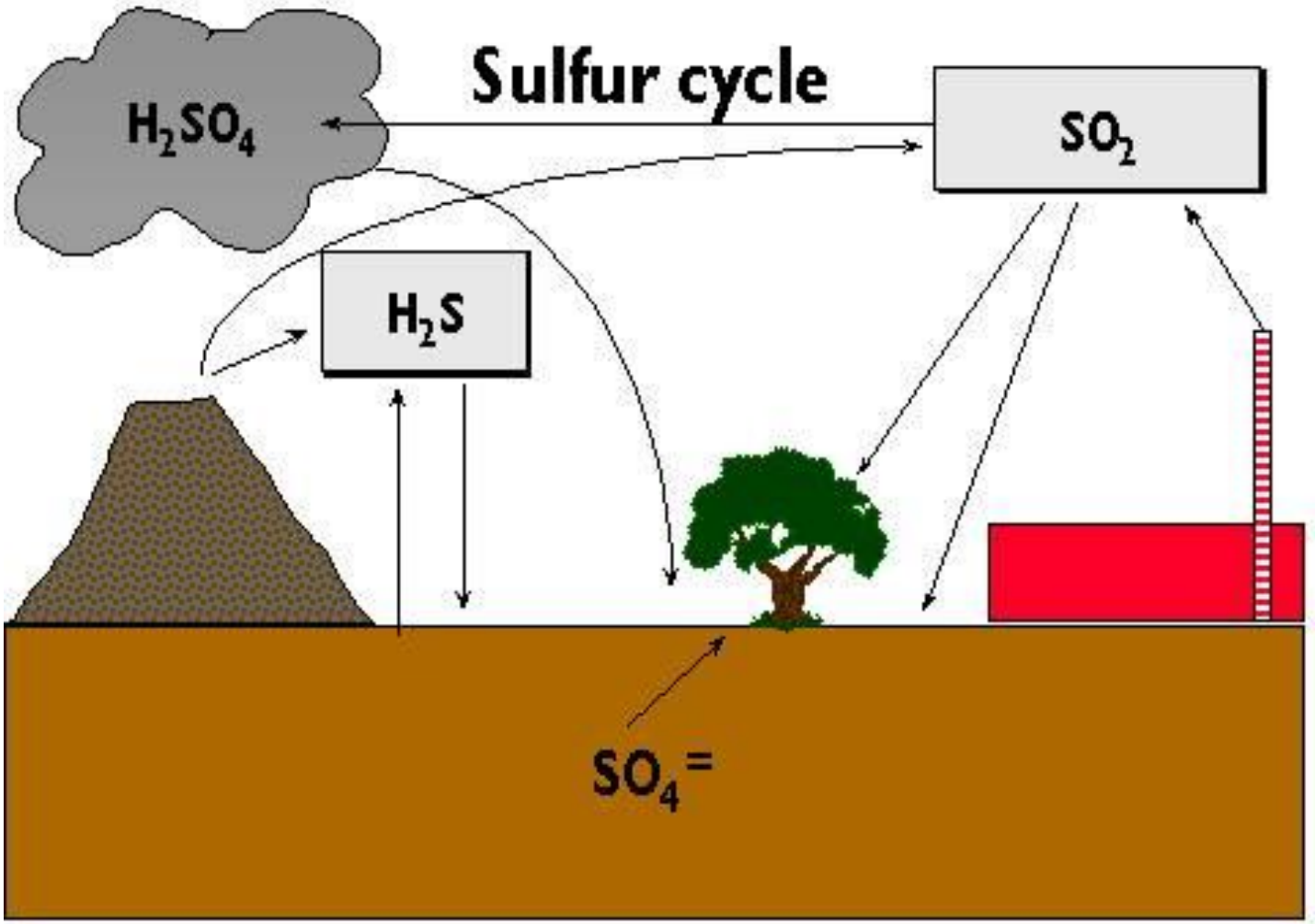
أما الكبريت الذي يصل إلى التربة، فيمكن للنباتات أن تمتصه على شكل كبريتات ذائبة، حيث يدخل الكبريت في تركيب موادها العضوية، وخاصة البروتينات النباتية. ويمكن ان ينتقل هذا الكبريت الى المستهلكات برتبها المختلفة خلال السلسلة الغذائية.وبعد موت المستهلكات والنباتات تقوم المحللات بتحليل المواد العضوية المحتوية على الكبريت إما هوائياً أو لا هوائياً. وتكون النتيجة في كلتا الحالتين عودة الكبريت الى التربة لتعود فتمتصه نباتا أخرى،أو ينتقل خلال غسيل التربة بواسطة مياه الأمطار الراشحة خلالها الى المياه السطحية الجارية او المياه الجوية. وهذه بدورها تصل في النهاية الى البحار والمحيطات لتترسب بعد ذلك وتكون الرسوبيات، ومن ثم الصخور الرسوبية المحتوية على الكبريت خلال الزمن الجيولوجي الطويل.

وتمتاز دورة الكبريت عن دورة الفوسفور بتكون طور غازي للكبريت لا نجد مثله في دورة الفوسفور.إذ يمكن أن يصل الكبريت إلى الغلاف الجوي على شكل عدة أنواع من الغازات، ومنها: ثاني أوكسيد الكبريت SO_2 وكبريتيد الهيدروجين H_2S. وينتج غاز ثاني أوكسيد الكبريت بشكل رئيسي من حرق الوقود الأحفوري المحتوي أصلاً على الكبريت بإحدى أشكاله، مثل معدن البايريت FeS_2 أو المواد العضوية المحتوية على الكبريت والموجودة في الفحم الحجري. وعادة يتفاعل الغاز المذكور مع الماء ليكون حامض الكبريتيك H_2SO_4 الذي يسهم في تكوين المطر الحمضي Acid Rain والذي يهطل على سطح الأرض ويسبب العديد من المشكلات البيئية

وأيضاً يمكن أن ينتج غاز ثاني أوكسيد الكبريت من أكسدة الكبريت من مركباته بفعل بكتريا الكبريت Thiobacillus ذاتية التغذية الكيميائية.

أما مصدر غاز كبريتيد الهيدروجين، الذي يصل الى الغلاف الجوي، فهو التحلل اللاهوائي للمركبات العضوية المحتوية على الكبريت. وغاز كبريتيد الهيدروجين واحد من ملوثات الجو وهو غاز سام وله رائحة كريهة تشبه رائحة البيض الفاسد.

قد يصل غاز ثاني أوكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين إلى الغلاف الجوي عن طريق البراكين.


Sulfur cycle
H_2SO_4
SO_2
H_2S
$SO_4^=$