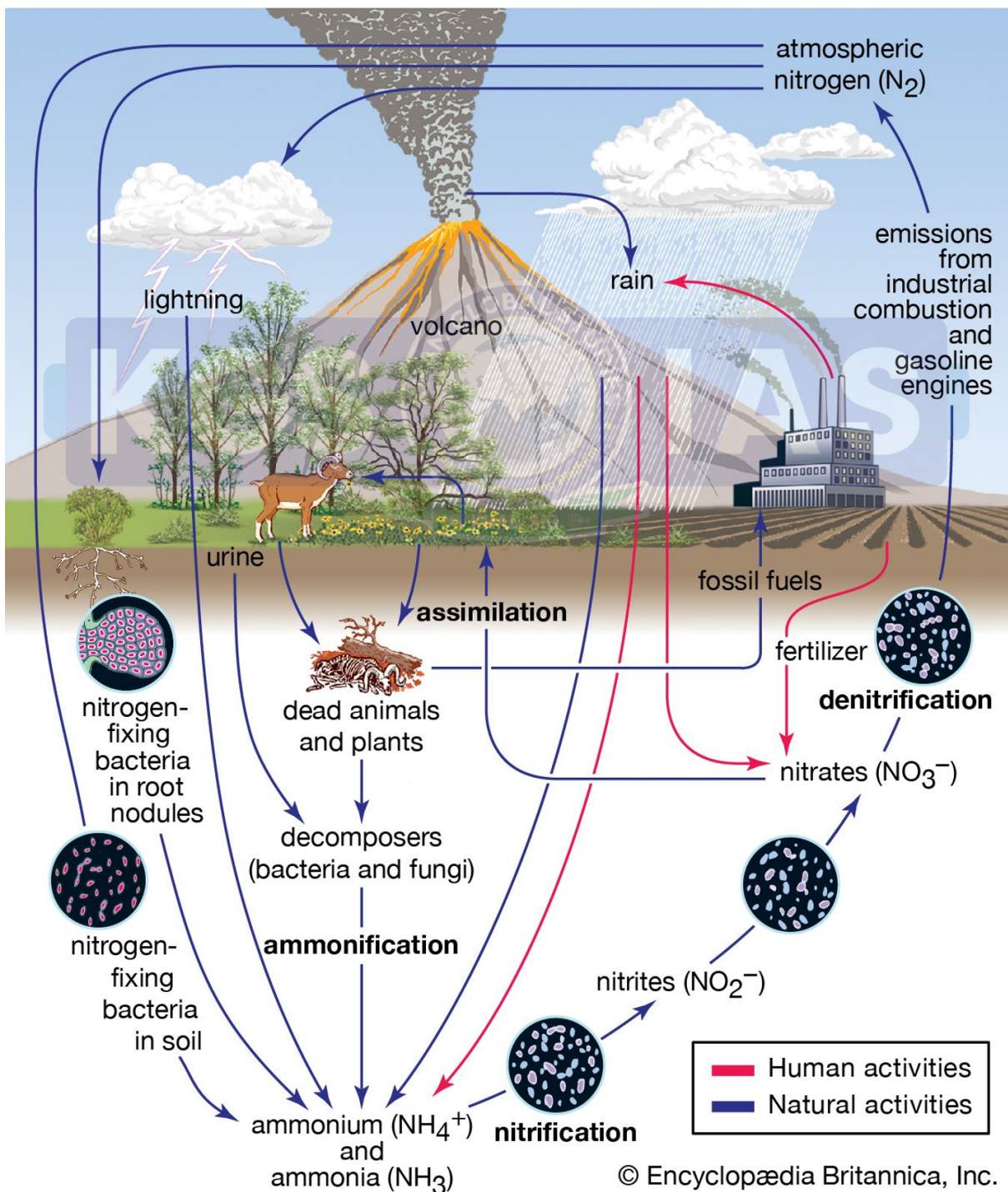


5. जैव-भूरासायनिक चक्र

बायोजियोकेमिकल चक्र उन प्राकृतिक मार्गों को संदर्भित करते हैं जिनके माध्यम से जीवित पदार्थ के आवश्यक तत्वों का परिसंचरण होता है।

ये चक्र जैविक, भौगोलिक, और रासायनिक प्रक्रियाओं को शामिल करते हैं जो पोषक तत्वों को परिवर्तित और चक्रण करते हैं, जिनमें कार्बन, नाइट्रोजन, जल, सल्फर, और फॉस्फोरस चक्र शामिल हैं।

The Nitrogen Cycle



नाइट्रोजन चक्र एक बायोजियोकेमिकल चक्र है जो वायुमंडल, स्थलीय और समुद्री पारिस्थितिक तंत्रों में विभिन्न रूपों के माध्यम से नाइट्रोजन के परिवर्तन का वर्णन करता है। यह पृथ्वी पर जीवन के लिए महत्वपूर्ण है क्योंकि नाइट्रोजन अमीनो एसिड, न्यूक्लिक एसिड और अन्य कई कार्बनिक यौगिकों का मुख्य घटक है।

नाइट्रोजन चक्र के प्रमुख चरण:

1. नाइट्रोजन स्थिरीकरण (Nitrogen Fixation)

- वायुमंडलीय नाइट्रोजन (N_2) को पौधों द्वारा उपयोगी रूप में बदलने की प्रक्रिया
- नाइट्रोजन-स्थिरीकरण बैक्टीरिया (जैसे, *Rhizobium*, *Azotobacter*) और कुछ सायनोबैक्टीरिया द्वारा किया जाता है
- यह आकाश में बिजली चमकने से और औद्योगिक प्रक्रियाओं के माध्यम से भी हो सकता है

2. नाइट्रिफिकेशन (Nitrification)

- अमोनिया को नाइट्रेट में बदलना
- दो-चरणीय प्रक्रिया:
 - a) *Nitrosomonas* जैसे बैक्टीरिया द्वारा अमोनिया को नाइट्राइट में ऑक्सीकृत करना
 - b) *Nitrobacter* जैसे बैक्टीरिया द्वारा नाइट्राइट को नाइट्रेट में ऑक्सीकृत करना

3. अवशोषण (Assimilation)

- पौधों द्वारा अपनी जड़ों के माध्यम से नाइट्रेट का अवशोषण
- पौधों के ऊतकों में नाइट्रोजन को अमीनो एसिड और प्रोटीन के रूप में शामिल करना

4. अमोनिफिकेशन (Ammonification)

- मृत पौधों और जानवरों से जैविक नाइट्रोजन का अमोनिया में विघटन
- विघटनकारी बैक्टीरिया और कवक द्वारा किया जाता है

5. डेनाइट्रिफिकेशन (Denitrification)

- नाइट्रेट को वायुमंडलीय नाइट्रोजन में वापस बदलना
- Pseudomonas* और *Thiobacillus* जैसे डेनाइट्रिफाइंग बैक्टीरिया द्वारा किया जाता है

महत्वपूर्ण नाइट्रोजन-स्थिरीकरण पौधे:

- फलियां (जैसे, अल्फाल्फा, चना, सोयाबीन, मटर, मूंग, क्लोवर)
- इन पौधों का अपनी जड़ गांठों में नाइट्रोजन-स्थिरीकरण बैक्टीरिया के साथ सहजीवी संबंध होता है

महत्वपूर्ण नाइट्रोजन-स्थिरीकरण बैक्टीरिया:

- Rhizobium*
- Azotobacter*
- Clostridium*
- Anabaena*

- Nostoc

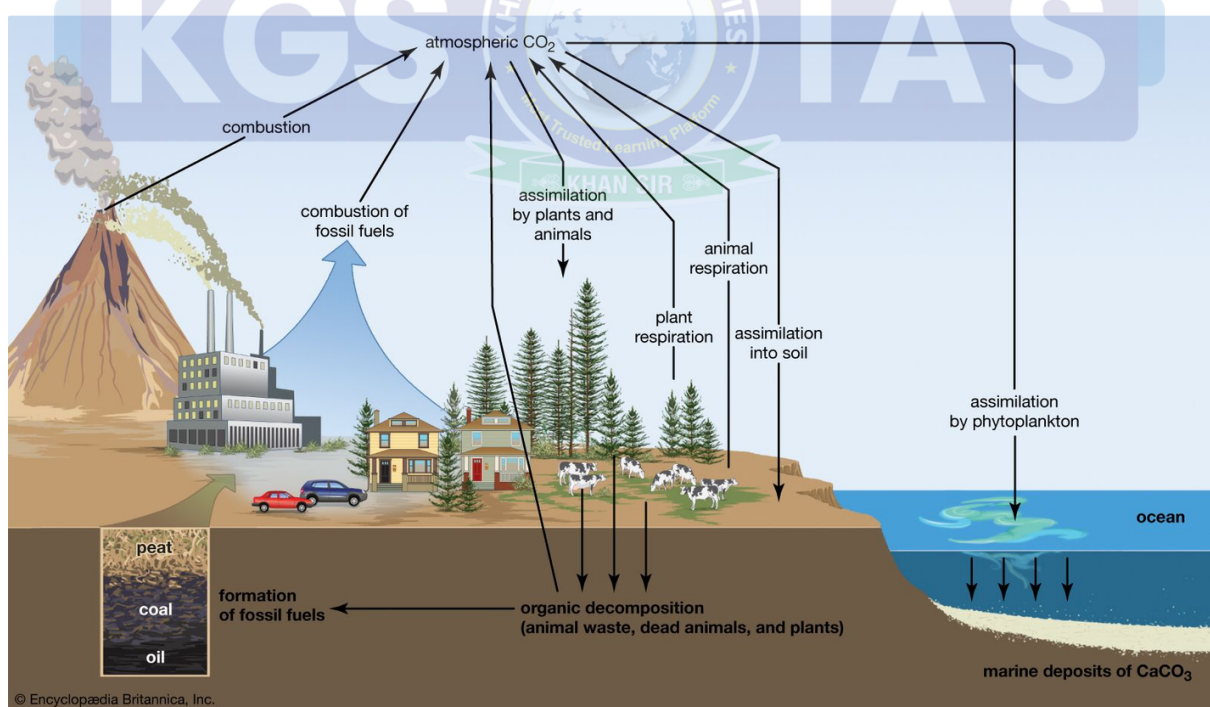
नाइट्रोजन चक्र पर मानव प्रभाव

- उर्वरकों के अत्यधिक उपयोग से जल निकायों में यूट्रोफिकेशन
- उर्वरकों के अत्यधिक उपयोग से वायुमंडल में N_2O का उत्सर्जन होता है। N_2O एक ग्रीनहाउस गैस है और ओजोन परत को भी नुकसान पहुंचाती है।
- औद्योगिक प्रक्रियाओं और वाहनों से नाइट्रोजन ऑक्साइड का उत्सर्जन, जो वायु प्रदूषण और अम्ल वर्षा का कारण बनता है।
- पारिस्थितिक तंत्र में पौधों की प्रजातियों की संरचना में परिवर्तन

नाइट्रोजन चक्र का महत्व

- पौधों की वृद्धि के लिए आवश्यक पोषक तत्व प्रदान करता है
- मिट्टी की उर्वरता को बनाए रखता है
- जीवों में प्रोटीन संश्लेषण का समर्थन करता है

The Carbon Cycle



कार्बन चक्र एक बायोजियोकेमिकल चक्र है जो वायुमंडल, स्थलीय और समुद्री पारिस्थितिक तंत्रों, और लिथोस्फियर के माध्यम से कार्बन की गति का वर्णन करता है। कार्बन जीवन का एक मौलिक निर्माण खंड है, जो जैविक अणुओं के प्रमुख घटकों को बनाता है।

कार्बन चक्र के प्रमुख चरण:

1. प्रकाश संश्लेषण (Photosynthesis)

- पौधे, शैवाल, और सायनोबैक्टीरिया वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साइड (CO₂) को कार्बनिक पदार्थ (ग्लूकोज) में बदलते हैं और सूर्य के प्रकाश का उपयोग करते हैं
- **समीकरण:** $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{प्रकाश ऊर्जा} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

2. श्वसन (Respiration)

- जीवित जीव कार्बनिक पदार्थ को कोशिकीय श्वसन के माध्यम से CO₂ में बदलते हैं
- **समीकरण:** $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{ऊर्जा}$

3. विघटन (Decomposition)

- विघटनकारी (बैक्टीरिया और कवक) मृत कार्बनिक पदार्थ को तोड़ते हैं, CO₂ को वायुमंडल या मिट्टी में मुक्त करते हैं

4. दहन (Combustion)

- जीवाश्म ईंधन और बायोमास का जलना CO₂ के रूप में संग्रहीत कार्बन को वायुमंडल में मुक्त करता है

5. महासागरीय अवशोषण और विमोचन (Ocean Uptake and Release)

- महासागर वायुमंडल से CO₂ को अवशोषित करते हैं और इसे घुले हुए CO₂, कार्बोनेट, और बाइकार्बोनेट आयनों के रूप में संग्रहीत करते हैं
- समुद्री जीव कार्बोनेट आयनों का उपयोग अपने गोले और कंकाल बनाने के लिए करते हैं (कैल्शियम कार्बोनेट)
- जब समुद्री जीव मर जाते हैं, उनके गोले और कंकाल महासागर तल पर बस जाते हैं, जो अंततः चट्टान में बदल सकते हैं

6. अवसादन (Sedimentation and Burial)

- भूवैज्ञानिक समयसीमा में, कार्बन युक्त अवसाद दब जाते हैं और जीवाश्म ईंधन (कोयला, तेल, प्राकृतिक गैस) में बदल जाते हैं

7. ज्वालामुखी गतिविधि (Volcanic Activity)

- ज्वालामुखी विस्फोट पृथ्वी के मेंटल से CO₂ को वायुमंडल में मुक्त करते हैं

मानव प्रभाव कार्बन चक्र पर

- **वनों की कटाई:** प्रकाश संश्लेषण के माध्यम से CO₂ को अवशोषित करने वाले पेड़ों की संख्या को कम करता है, जिससे वायुमंडलीय CO₂ का स्तर बढ़ता है
- **जीवाश्म ईंधन का जलना:** बड़ी मात्रा में CO₂ को मुक्त करता है, जिससे वैश्विक तापमान और जलवायु परिवर्तन में योगदान होता है
- **औद्योगिक प्रक्रियाएं:** सीमेंट उत्पादन और अन्य औद्योगिक गतिविधियां महत्वपूर्ण मात्रा में CO₂ मुक्त करती हैं

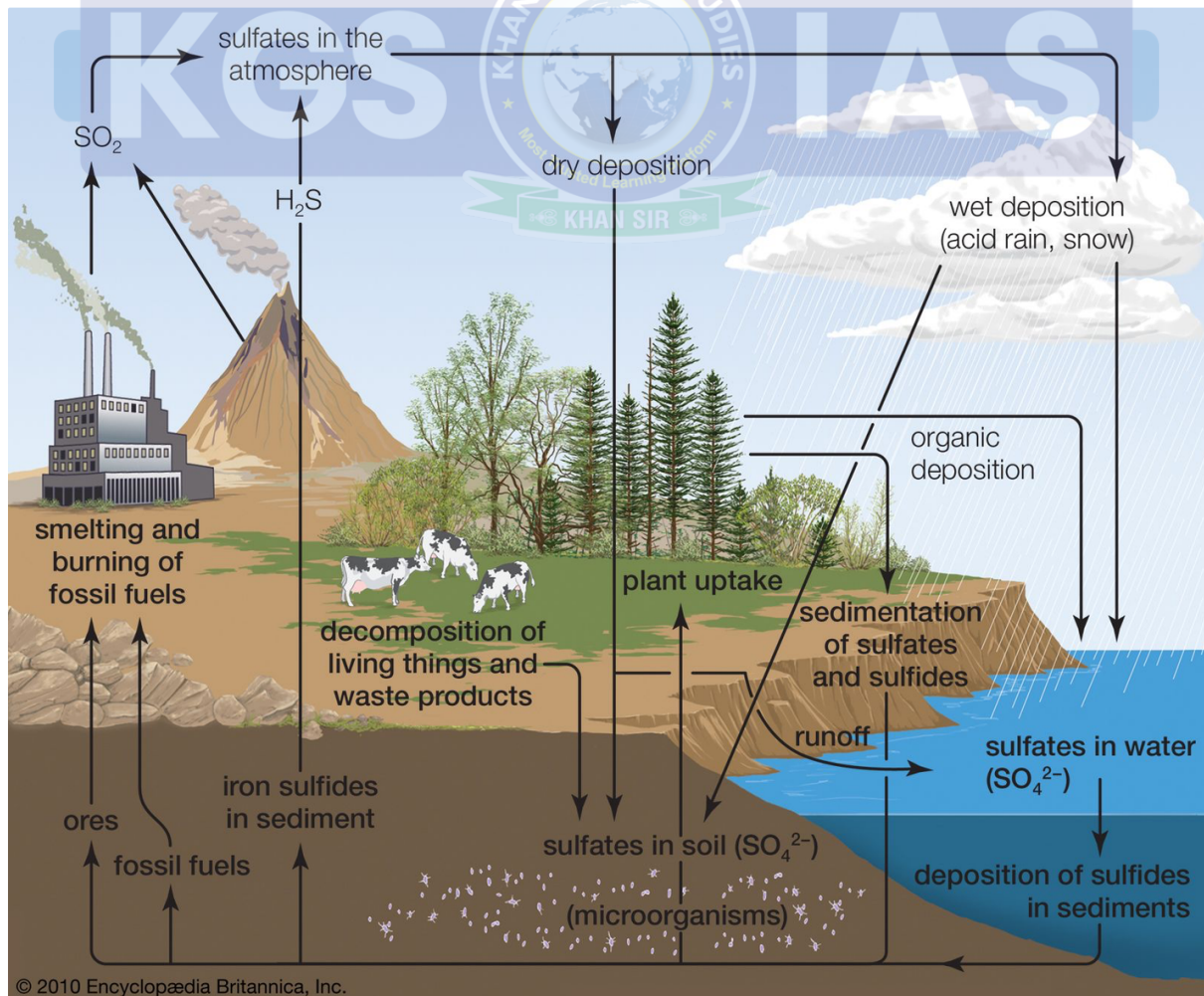
कार्बन चक्र का महत्व

- **पृथ्वी की जलवायु को नियंत्रित करता है:** वायुमंडलीय CO₂ स्तरों को संतुलित करता है, जो वैश्विक तापमान को प्रभावित करता है
- **जीवन को समर्थन करता है:** कार्बन आवश्यक जैविक अणुओं के निर्माण के लिए आवश्यक है
- **महासागर स्वास्थ्य:** समुद्री कार्बन चक्र प्रक्रियाएं महासागर खाद्य जालों का समर्थन करती हैं और महासागर की कार्बन संकोच क्षमता में योगदान करती हैं

प्रमुख कार्बन भंडार

- **वायुमंडल:** CO₂ और मीथेन (CH₄) को समाहित करता है
- **जैवमंडल:** सभी जीवित जीवों को शामिल करता है
- **महासागर:** सबसे बड़ा कार्बन भंडार है, जो कार्बन को घुले हुए रूपों में, अवसादी चट्टान और समुद्री बायोमास के रूप में संग्रहीत करता है
- **लिथोस्फियर:** जीवाश्म ईंधन और अवसादी चट्टान (चूना पत्थर) को समाहित करता है

The Sulphur Cycle



सल्फर चक्र एक बायोजियोकेमिकल चक्र है जो वायुमंडल, स्थलीय और समुद्री पारिस्थितिक तंत्रों, और लिथोस्फियर के माध्यम से सल्फर की गति का वर्णन करता है। सल्फर सभी जीवित जीवों के लिए एक आवश्यक तत्व है, जो मुख्य रूप से अमीनो एसिड और प्रोटीन का घटक है।

सल्फर चक्र के प्रमुख चरण:

1. चट्टानों का अपक्षय (Weathering of Rocks)

- चट्टानों से सल्फर अपक्षय प्रक्रियाओं के माध्यम से मुक्त होता है
- सल्फेट आयन मिट्टी और जल निकायों में मुक्त होते हैं

2. पौधों द्वारा अवशोषण (Absorption by Plants)

- पौधे अपनी जड़ों के माध्यम से मिट्टी से सल्फेट आयनों को अवशोषित करते हैं
- सल्फर को सल्फर युक्त अमीनो एसिड (जैसे, सिस्टीन, मेथियोनिन) के रूप में पौधों के ऊतकों में शामिल किया जाता है

3. जानवरों द्वारा उपभोग (Consumption by Animals)

- जानवर पौधों या अन्य जानवरों का उपभोग करके सल्फर प्राप्त करते हैं
- सल्फर को प्रोटीन और अन्य कार्बनिक यौगिकों में शामिल किया जाता है

4. विघटन (Decomposition)

- विघटनकारी (बैक्टीरिया और कवक) मृत कार्बनिक पदार्थ को तोड़ते हैं, सल्फर को हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) और सल्फेट आयनों के रूप में मिट्टी में मुक्त करते हैं

5. सूक्ष्मजीव परिवर्तनों (Microbial Transformations)

- कुछ बैक्टीरिया सल्फर का ऑक्सीकरण और न्यूनीकरण करते हैं:
 - a) **सल्फर ऑक्सीकरण (Sulphur Oxidation):** *Thiobacillus* जैसे सल्फर बैक्टीरिया हाइड्रोजन सल्फाइड को सल्फेट में बदलते हैं
 - b) **सल्फर न्यूनीकरण (Sulphur Reduction):** *Desulfovibrio* जैसे सल्फेट-न्यूनीकरण बैक्टीरिया एनारोबिक परिस्थितियों में सल्फेट को हाइड्रोजन सल्फाइड में बदलते हैं

6. ज्वालामुखीय गतिविधि और भू-तापीय प्रक्रियाएं (Volcanic Activity and Geothermal Processes)

- ज्वालामुखीय विस्फोट और भू-तापीय वेंट्स वायुमंडल में हाइड्रोजन सल्फाइड, सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2), और अन्य सल्फर यौगिकों को मुक्त करते हैं

7. वायुमंडलीय निक्षेपण (Atmospheric Deposition)

- वायुमंडल में सल्फर डाइऑक्साइड सल्फ्यूरिक एसिड (H_2SO_4) में बदल जाता है, जो अम्लीय वर्षा का निर्माण करता है
- अम्लीय वर्षा सल्फर को भूमि और जल निकायों में जमा करती है

मानव प्रभाव सल्फर चक्र पर

- **जीवाश्म ईंधन का जलना:** बड़ी मात्रा में सल्फर डाइऑक्साइड को मुक्त करता है, जिससे वायु प्रदूषण और अम्लीय वर्षा में योगदान होता है
- **औद्योगिक प्रक्रियाएं:** धातु गलाने और अन्य औद्योगिक गतिविधियां पर्यावरण में सल्फर यौगिकों को मुक्त करती हैं
- **कृषि प्रथाएं:** सल्फर युक्त उर्वरकों और कीटनाशकों का उपयोग मिट्टी के सल्फर स्तर को प्रभावित करता है

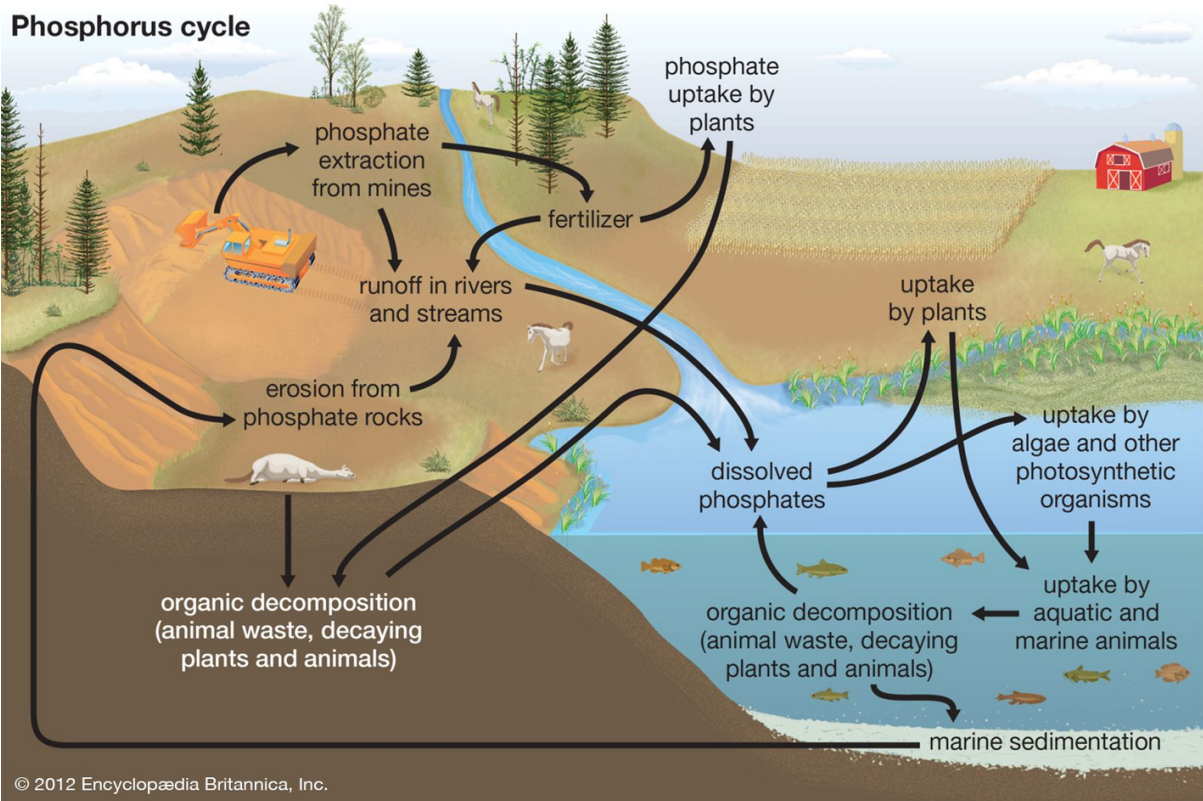
सल्फर चक्र का महत्व

- **प्रोटीन संश्लेषण:** सल्फर अमीनो एसिड का एक प्रमुख घटक है, जो प्रोटीन के निर्माण के लिए आवश्यक है
- **मिट्टी की उर्वरता:** सल्फर मिट्टी की उर्वरता और पौधों की वृद्धि में योगदान देता है
- **जलवायु विनियमन:** वायुमंडल में सल्फर यौगिक बादल निर्माण और जलवायु पैटर्न को प्रभावित करते हैं

प्रमुख सल्फर भंडार

- **वायुमंडल:** सल्फर डाइऑक्साइड और हाइड्रोजन सल्फाइड को समाहित करता है
- **जैवमंडल:** सभी जीवित जीवों को शामिल करता है जिनमें सल्फर प्रोटीन और एंजाइमों में होता है
- **महासागर:** सल्फेट आयनों और समुद्री बायोमास में सल्फर यौगिकों को संग्रहीत करता है
- **लिथोस्फियर:** चट्टानों और खनिजों में सल्फर को समाहित करता है, जिसमें जिप्सम और पाइराइट शामिल हैं

The Phosphorus Cycle



फॉस्फोरस चक्र एक बायोजियोकेमिकल चक्र है जो लिथोस्फियर, हाइड्रोस्फियर, और बायोस्फियर के माध्यम से फॉस्फोरस की गति का वर्णन करता है। फॉस्फोरस जीवित जीवों के लिए एक आवश्यक तत्व है, जो मुख्य रूप से न्यूक्लिक एसिड, एटीपी, और फॉस्फोलिपिड्स का घटक है।

फॉस्फोरस चक्र के प्रमुख चरण:

1. चट्टानों का अपक्षय (Weathering of Rocks)

- फॉस्फोरस फॉस्फेट युक्त चट्टानों से अपक्षय प्रक्रियाओं के माध्यम से मुक्त होता है
- फॉस्फेट (PO_4^{3-}) आयन मिट्टी और जल निकायों में मुक्त होते हैं

2. पौधों द्वारा अवशोषण (Absorption by Plants)

- पौधे अपनी जड़ों के माध्यम से मिट्टी से फॉस्फेट आयनों को अवशोषित करते हैं
- फॉस्फोरस को न्यूक्लिक एसिड, एटीपी, और फॉस्फोलिपिड्स के रूप में पौधों के ऊतकों में शामिल किया जाता है

3. जानवरों द्वारा उपभोग (Consumption by Animals)

- जानवर पौधों या अन्य जानवरों का उपभोग करके फॉस्फोरस प्राप्त करते हैं
- फॉस्फोरस को हड्डियों, दांतों, और पशु शरीर में कोशिकीय संरचनाओं में शामिल किया जाता है

4. विघटन (Decomposition)

- विघटनकारी (बैक्टीरिया और कवक) मृत कार्बनिक पदार्थ को तोड़ते हैं, फॉस्फोरस को फॉस्फेट आयनों के रूप में मिट्टी और जल में मुक्त करते हैं

5. अवसादन (Sedimentation)

- जो फॉस्फोरस जल निकायों तक पहुंचता है, वह विलयन से बाहर निकलकर अवसादी जमा बना सकता है
- भूवैज्ञानिक समयसीमा में, ये अवसाद नए फॉस्फेट युक्त चट्टानों का निर्माण कर सकते हैं

मानव प्रभाव फॉस्फोरस चक्र पर

- **उर्वरक उपयोग:** फॉस्फेट उर्वरकों का अत्यधिक उपयोग जल निकायों में प्रवाह का कारण बनता है, जिससे यूट्रोफिकेशन होता है
- **डिटर्जेंट:** फॉस्फेट युक्त डिटर्जेंट का उपयोग जल प्रदूषण में योगदान करता है
- **खनन:** उर्वरक उत्पादन के लिए फॉस्फेट चट्टानों का खनन प्राकृतिक फॉस्फोरस भंडारों को बाधित करता है

फॉस्फोरस चक्र का महत्व

- **डीएनए और आरएनए:** फॉस्फोरस न्यूक्लिक एसिड का एक प्रमुख घटक है, जो आनुवंशिक जानकारी के भंडारण और स्थानांतरण के लिए आवश्यक है
- **ऊर्जा स्थानांतरण:** एटीपी, जिसमें फॉस्फोरस होता है, कोशिकाओं में ऊर्जा स्थानांतरण के लिए आवश्यक है
- **कोशिका झिल्ली:** फॉस्फोलिपिड्स, जिनमें फॉस्फोरस होता है, कोशिका झिल्ली के महत्वपूर्ण घटक हैं

