श्री. अमोलक जैन विद्या प्रसारक मंडळाचे

श्रीमती शां. कां. गांधी कला, अमोलक विज्ञान व प. हि. गांधी वाणिज्य महाविद्यालय कडा

ता. आष्टी जिल्हा बीड ४१४२०२

भूगोल विभाग

प्रा. उध्दव एकनाथ चव्हाण
(विद्यावाचस्पती)

पर्यावरण विज्ञान

या अभ्यासाने आपण सक्षम होऊ, खालिल संज्ञांचे स्पष्टीकरन करण्यास......

- ❖ परिसंस्थेतील पोषण चक्र परिभाषा.
- ❖ कार्बन चक्र.
- ❖ नायट्रोजन चक्र.
- ❖ ऑक्सिजन चक्र

अ) परिसंस्थेतील पोषण चक्र / रासायनिक मूलद्रव्यांचे चक्रीकरण:

(NUTRIENT CYCLING OR CYCLING OF CHEMICAL ELEMENTS)

रासायनिक मूलद्रव्यांच्या चक्रीकरणास 'पोषण द्रव्यांचे चक्रीकरण' असे म्हणतात. परिसंस्थेत पोषण द्रव्यांचे चक्रीकरण एका सजीवाकडून दुसर्या सजीवाकडे हवा, पाणी, मृदा यांच्याद्वारे होत असते. सजीवांना मोठ्या प्रमाणावर आवश्यक असलेला कार्बन, ऑक्सिजन, नायट्रोजन आणि हायड्रोजन ही चार मुख्य पोषण द्रव्ये आहेत. याशिवाय फॉस्फरस व सल्फर (गंधक) यांचीही सजीवांना गरज असते. ही सर्व मूलद्रव्ये निसर्गत: निर्धारित प्रमाणात आढळतात.

पृथ्वीवरील सजीवांचे अस्तित्व टिकून राहण्यासाठी त्यांचे पुनर्चक्रीकरण होणे गरजेचे असते. ही मूलद्रव्ये जैविक घटकांकडून अजैविक घटकांकडे आणि पुन्हा उलट अजैविक घटकांकडून जैविक घटकांकडे पोहोचली जातात. सूर्यप्रकाश, कार्बन डायऑक्साइड, पाणी, खनिजे ही वनस्पतींची पोषण द्रव्ये आहेत, वनस्पती, ऑक्सिजन वगैरे प्राण्यांची पोषणमूल्ये आहेत. वनस्पती प्रकाश संश्लेषण क्रियेत कार्बन डायऑक्साइडच्या स्वरूपात कार्बन घेतात. वनस्पती कडून तो कार्बन प्रथिनांच्या स्वरूपात शाकाहारी प्राण्यांच्या शरीराचे पोषण करतो. या अन्नसाखळीतील तो मांसाहारी प्राण्यांच्या शरीरात पोहोचतो. उत्पादक, शाकाहारी-मांसाहारी भक्षकांच्या उत्सर्जन क्रियेतून तसेच विघटकांच्या अपघटन प्रक्रियेतून तो पुन्हा अजैविक घटकांच्या स्वरूपात परिसंस्थेत येऊन मिळतो. **पोषण चक्र: "पर्यावरणातील अजैविक घटकांमधून जैविक घटकांकडे व जैविक घटकांमधून पुन्हा पर्यावरणाकडे पोषण द्रव्यांच्या होणाऱ्या चक्राकार संक्रमणास 'पोषण चक्र' असे म्हणतात."**

पोषण द्रव्य चक्रीकरण: "सजीव व पर्यावरण/परिसंस्था यांच्यातील पारस्परिक क्रियांमुळे पोषण मूल्यांचा जो विनिमय होतो, त्यास पोषण द्रव्य चक्रीकरण' असे म्हणतात. यास 'जीव-भू-रासायनिक चक्र' (Biogeochemical Cycles) असे ही म्हणतात." पर्यावरणात रासायनिक मूलद्रव्यांचे चक्रीकरण वातावरण, जलावरण, मृदावरण व जीवावरण या मधे घडत असते. या चक्रामुळेच परिसंस्था अजैविक व जैविक घटकांमधील प्रक्रिया प्रभावीपणे घडतात.

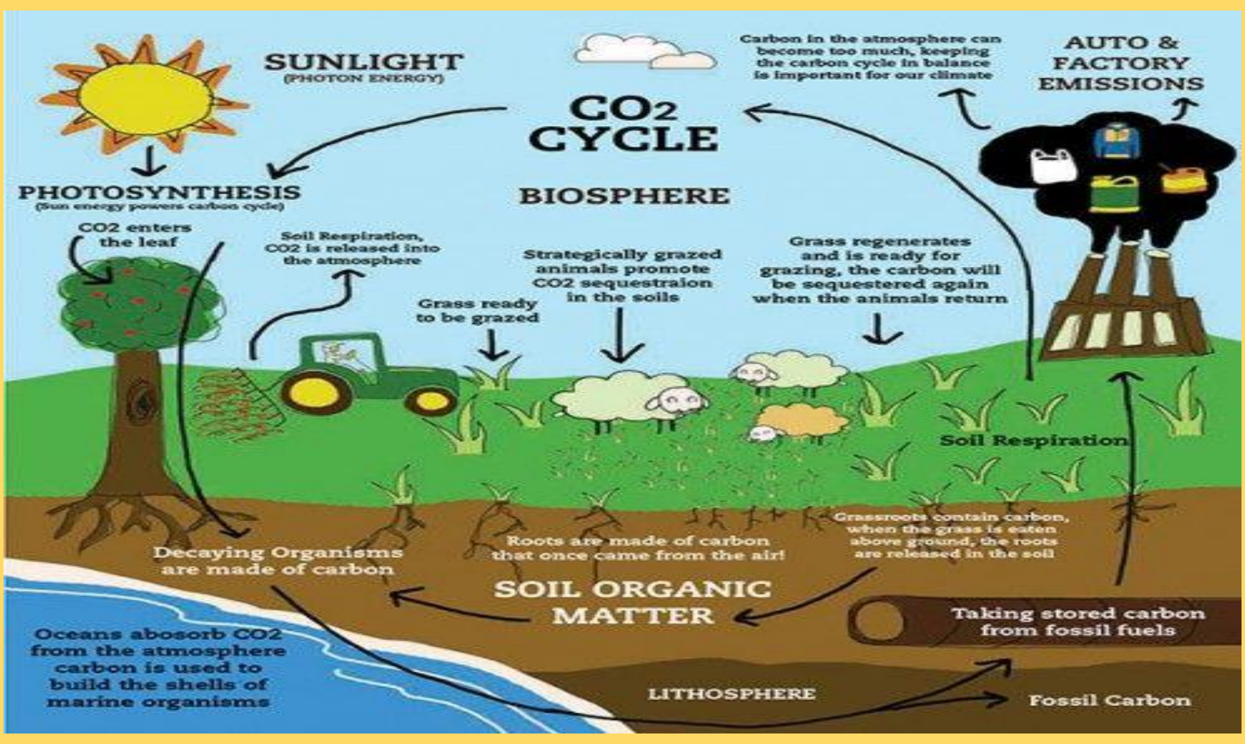
निसर्गात/ पर्यावरणात पुढील महत्त्वाचे चक्र आहेत : (१) जलचक्र (२) नायट्रोजन चक्र (३) कार्बन चक्र (४) ऑक्सिजन चक्र (५) फॉस्फरस चक्र (६) गंधक चक्र.

१. कार्बन चक्र (Carbon cycle)

कार्बनाचे वातावरणातून सजीवांकडे व सजीवांच्या मृत्यूनंतर पुन्हा वातावरणाकडे होणारे अभिसरण व त्याची पुनरुपयुक्तता म्हणजे कार्बन चक्र होय. कार्बनाच्या अणूंचे मुख्यतः प्रकाशसंश्लेषण व श्वसनक्रियेद्वारे अभिसरण व त्याची पुनरुपयुक्तता होते. **वातावरणात कार्बन डाय-ऑक्साइड (Co2) वायू केवळ ०.०३% असतो**. उष्ण कटिबंधात कार्बन चक्र प्रभावी असते. पृथ्वीवर कार्बन चक्र अविरत चालू असते. प्रकाशसंश्लेषण प्रक्रियेतून होणारी अन्ननिर्मिती फक्त सूर्यप्रकाशात होते. जैविक व अजैविक प्रक्रिया, प्रकाशसंश्लेषण, श्वसन, अपघटन इ. वेगवेगळ्या प्रक्रियांद्वारे हवेतील कार्बन डाय-ऑक्साइड वायू वनस्पती व प्राणी यांच्या माध्यमातून संक्रमित होऊन पुन्हा हवेत मिसळत असतो.

हिरव्या वनस्पती आपल्या पानांद्वारे वातावरणातील कार्बन डाय-ऑक्साइड वायू शोषून घेतात. त्या प्रकाशसंश्लेषण प्रक्रियेद्वारे कार्बन डाय-ऑक्साइडाचे कार्बोदके, प्रथिने व मेद यांमध्ये रूपांतर करतात. तृणभक्षक प्राणी आपल्या आहारात हिरव्या वनस्पतींचा उपयोग करतात. तृणभक्षक प्राण्यांना मांसभक्षक प्राणी खातात. म्हणजेच वनस्पतींकडून कार्बोदके, प्रथिने व मेद हे कार्बनी पदार्थ तृणभक्षक प्राण्यांकडे, तृणभक्षक प्राण्यांकडून मांसभक्षक प्राण्यांकडे आणि मांसभक्षक प्राण्यांकडून सर्वभक्षी प्राण्यांकडे संक्रमित होतात. शेवटी मृत्यूनंतर सर्व भक्षकांचे जीवाणू व बुरशी यांसारख्या अपघटकांकडून अपघटन होऊन कार्बन डाय-ऑक्साइड वायू मुक्त होतो. हा वायू वातावरणात मिसळतो व साठला जातो. अशा प्रकारे एका सजीवाकडून दुसऱ्या सजीवाकडे कार्बनाचे अभिसरण चालू असते. सागरी वनस्पतीसुद्धा समुद्राच्या पाण्यात विरघळलेला कार्बन डाय-ऑक्साइड वायू प्रकाशसंश्लेषणासाठी वापरतात. सागरी वनस्पतीकडून तो सागरी प्राण्यांकडे संक्रमित होतो. सागरी वनस्पती व प्राणी मृत झाल्यावर त्यांच्या अपघटनातून कार्बन डाय-ऑक्साइड पुन्हा वातावरणात मिसळतो. वनस्पती व प्राणी या दोहोंच्याही श्वसनक्रियेत कार्बोदकाचे ऑक्सिडीभवन घडून येते आणि तयार झालेला कार्बन डाय-ऑक्साइड वातावरणात मिसळतो. वातावरणात पुन्हा कार्बन मिसळण्याच्या या जैविक प्रक्रिया आहेत.

चित्र:१. कार्बन चक्र



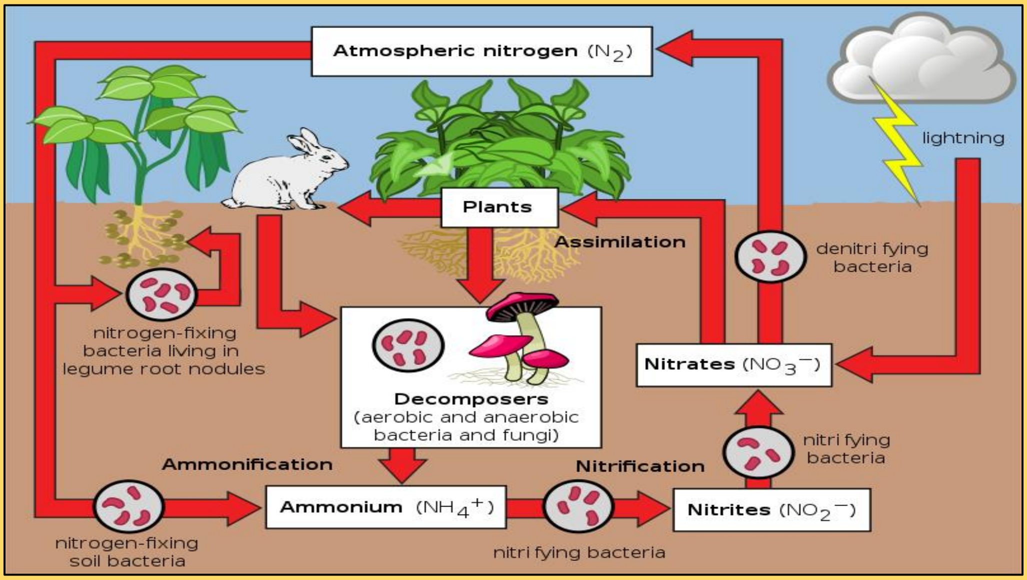
वनस्पती, प्राणी व खनिज तेले यांचा कार्बन हा महत्त्वाचा घटक आहे. दगडी कोळसा, हिरा, ग्रॅफाइट या स्वरूपात कार्बन भूकवचात विखुरलेला असतो. धातूंच्या खनिजांत तो कार्बोनेट या रूपात आढळतो. वातावरणातील कार्बन डाय-ऑक्साइड हा कार्बनाचा मुख्य स्रोत आहे. त्यामुळे कार्बन चक्रात कार्बन डाय-ऑक्साइड अत्यंत महत्त्वाचा आहे. जीवाश्म इंधनाचे ज्वलन, लाकडाचे ज्वलन, वणवे आणि ज्वालामुखी उद्रेक प्रसंगी कार्बन डाय-ऑक्साइड वायू बाहेर पडून हवेत मिसळतो. वातावरणात पुन्हा कार्बन मिसळण्याच्या या अजैविक प्रक्रिया आहेत. प्रकाशसंश्लेषणाने वातावरणात ऑक्सिजन सोडला जातो, तर श्वसनाने कार्बन डाय-ऑक्साइड बाहेर वातावरणात सोडला जातो. वनस्पतींमुळे वातावरणातील ऑक्सिजन व कार्बन डाय-ऑक्साइड वायू यांचा निसर्गतः समतोल राखला जातो.

२. नायट्रोजन चक्र

निसर्गात जैविक आणि अजैविक प्रक्रियांमधून नायट्रोजन (N२) वायूचे वेगवेगळ्या संयुगांत घडून येणारे अभिसरण ‘नायट्रोजन चक्र’ म्हणून ओळखले जाते. या चक्रात विविध क्रियांद्वारे तसेच रासायनिक अभिक्रियांद्वारे नायट्रोजन वायूपासून नायट्रोजनयुक्त संयुगे तयार होतात आणि या संयुगांचे विघटन होऊन पुन्हा नायट्रोजन वायू मुक्त होतो. सर्व सजीव नायट्रोजन चक्रात भाग घेतात. **प्रथिने आणि न्यूक्लिइक आम्ले यांचा नायट्रोजन हा एक महत्त्वाचा घटक** असून पृथ्वीवरील सर्व सजीवांसाठी तो आवश्यक असतो.

वातावरणात **नायट्रोजनाचे प्रमाण ७८%** असून तो बहुतांशी वातावरणीय वायूच्या स्वरूपात असतो. अगदी कमी प्रमाणात नायट्रोजन पृथ्वीच्या गर्भात संयुग रूपातही आढळतो. मात्र इतर अनेक मूलद्रव्यांच्या मानाने **नायट्रोजन निष्क्रिय आहे** आणि **सहजासहजी इतर मूलद्रव्यांबरोबर संयोग करत नाही.** त्यामुळे बहुतेक सजीवांना मुक्त स्थितीतील नायट्रोजन वापरता येत नाही. निसर्गात क्रमाने घडणाऱ्या सूक्ष्मजीवांच्या रूपांतरणातून नायट्रोजन वनस्पतींना उपलब्ध होतो. **वनस्पतीचे सेवन केल्यामुळे प्राण्यांना नायट्रोजन उपलब्ध होतो आणि सर्व प्राणिजीवन टिकून राहते.**नायट्रोजन चक्राचे पुढीलप्रमाणे गट करता येतात : नायट्रोजन स्थिरीकरण, अमोनिफिकेशन, नायट्रीकरण व विनायट्रीकरण. निसर्गात नायट्रोजन नायट्रिक आम्लाच्या स्वरूपात स्थिर होतो. नायट्रोजन स्थिरीकरणात वातावरणातील नायट्रोजनचे नैसर्गिक किंवा औद्योगिक प्रक्रियेद्वारे अमोनिया, नायट्रेट किंवा नायट्राइटामध्ये रूपांतर होते.

चित्र: २. नायट्रोजन चक्र



पावसाच्या पाण्याबरोबर अमोनियाचा संयोग होऊन विरल नायट्रिक आम्ल तयार होते आणि ते वनस्पतींना उपलब्ध होते. तडितांमधील (वीजांमधील) विद्युत् ऊर्जा किंवा वैश्विक किरणांमुळे हे रूपांतर होते. तसेच जमिनीतील सूक्ष्मजीवांमुळे नायट्रोजन स्थिरीकरण होणारे प्रमाण ९०% हून अधिक असते.

नायट्रोजन स्थिरीकरणाच्या प्रक्रियेत दोन प्रकारचे जीवाणू भाग घेतात : (१) मुक्तजीवी सूक्ष्मजीव उदा., ॲझोटोबॅक्टर, क्लॉस्ट्रिडियम आणि ॲनाबिना, नोस्टॉक (नील-हरित शैवाल). (२) सहजीवी : उदा., ऱ्हायझोबियम प्रजातीचे जीवाणू. नायट्रोजनाचे स्थिरीकरण घडवून आणणाऱ्या जीवाणूंमध्ये ऱ्हायझोबियम जीवाणू महत्त्वाचे असून ते शिंबावंत (शेंगा येणाऱ्या) वनस्पतींच्या मुळांवर गाठी निर्माण करतात. हे जीवाणू वनस्पतींपासून अन्न मिळवितात तर वनस्पतींना या जीवाणूंपासून मुबलक प्रमाणात नायट्रोजनयुक्त संयुगांचा पुरवठा होतो. सहजीवनाचे हे एक उदाहरण असून त्यामुळे वनस्पती आणि जीवाणू या दोघांनाही फायदा होतो. म्हणून घेवडा, भुईमूग, ताग, ढेंचा, लसूणघास या वनस्पतींमध्ये प्रथिनांचे प्रमाण अधिक असते. शेतकऱ्यांना जेव्हा वनस्पतीचे दर्जेदार आणि मुबलक पीक हवे असते तेव्हा ते जमिनीत ऱ्हायझोबियमयुक्त खते मिसळतात. तसेच शेतात मुद्दाम शिंबावंत वनस्पतींची लागवड करतात.

ॲनाबिना नावाच्या नायट्रोजन स्थिरीकरण करणारे नील-हरित शैवालाचे आणि पाण्यात वाढणाऱ्या ॲझोला पिन्नाटा या नेच्याचे आहे. व्हिएतनाममधील काही शेतकरी या दोन सजीवांची व्यापारी तत्त्वावर वाढ करतात. याच्या वापराने भाताचे उत्पन्न ५०-१००% वाढते. असा प्रयोग **कन्याकुमारी येथील विवेकानंद केंद्राने केला. त्यासाठी त्यांना २००८ चा ॲशडेन पुरस्कार मिळाला आहे.** नायट्रोजन स्थिरीकरणातून निर्माण झालेली नायट्रेटे व अमोनिया यांचा संयोग प्रकाशसंश्लेषणातून तयार झालेल्या उत्पादितांबरोबर होऊन ॲमिनो आम्ले तयार होतात. या ॲमिनो आम्लांपासून वनस्पती प्रथिने तयार करतात. प्राणी या वनस्पतींचे सेवन करतात आणि त्यांच्या पचनक्रियेत या प्रथिनांचे ॲमिनो आम्लात विघटन होते. प्राणी या ॲमिनो आम्लांपासून त्यांना आवश्यक असलेली विशिष्ट प्रथिने तयार करतात. ही प्रथिने प्राण्यांच्या शरीराच्या वाढीसाठी वापरली जातात.

अमोनीकरण प्रक्रियेत सर्व सजीवांनी उत्सर्जित केलेले पदार्थ आणि त्यांचे अवशेष यांचे सूक्ष्मजीवांमार्फत विघटन घडून येते आणि अमोनिया जमिनीतून मुक्त होतो किंवा जमिनीच्या अवस्थेनुसार त्याचे नायट्रोजनयुक्त संयुगांत रूपांतर होते. नायट्रीकरण प्रक्रियेत जमिनीतील अनेक प्रजातींचे जीवाणू भाग घेतात. नायट्रोसोमोनस आणि नायट्रोसोकॉकस या जीवाणूंच्या प्रजाती अमोनियाचे (NH३) रूपांतर नायट्राइटामध्ये (NH२-) करतात. नायट्रोबॅक्टर जातीचे जीवाणू या नायट्राइटाचे रूपांतर नायट्रेटामध्ये (NH३-) करतात. याचाच वापर करून वनस्पती ॲमिनो आम्ले तयार करतात. जीवाणूंच्या अन्य प्रजाती, विनॉक्सिजीवी क्लॉस्ट्रिडियम आणि ऑक्सिजीवी ॲझोटोबॅक्टर जीवाणू नायट्रोजन वायूपासून नायट्राइट (NH२-) आणि नायट्रेटाची (NH३-) निर्मिती करतात.

विनायट्रीकरण प्रक्रियेत जमिनीतील विशिष्ट जीवाणू नायट्रोजनयुक्त संयुगांचे अमोनिया आणि नायट्रोजन वायूत रूपांतर करतात. या प्रक्रियेला ‘विनायट्रीकरण’ म्हणतात तर या जीवाणूंना ‘विनायट्रीकारक जीवाणू’ म्हणतात. या जीवाणूंमुळे जमिनीतील नायट्रेटाचे प्रमाण घटते आणि वातावरणात नायट्रोजन वायू मुक्त होतो. फ्रिट्स हाबर आणि कार्ल बॉश यांनी नायट्रोजन आणि हायड्रोजन यांपासून अमोनिया तयार करण्याची पद्धत शोधली. या पद्धतीतून तयार होणाऱ्या अमोनियामुळे काही प्रमाणात नायट्रोजनाचे स्थिरीकरण होत असते. १९११ सालापासून हाबर-बॉश प्रक्रियेने नायट्रोजनयुक्त खतांचे उत्पादन करण्यात येत आहे. शेती व्यवसायासाठी ही खते वरदान ठरली आहेत. आता यूरियाच्या

दाण्यांवर कडुलिंबाच्या तेलाचा थर दिला जातो. त्यामुळे यूरियाचे विघटन सावकाश होऊन पिकांना नायट्रोजन बराच काळ उपलब्ध होतो.

३. ऑक्सिजन चक्र

जीवावरणातील ऑक्सिजनाचे अभिसरण व त्याचा पुनरोपयोग म्हणजे ऑक्सिजन चक्र होय. या चक्रात जैव व अजैव असे दोन्ही घटक समाविष्ट असतात. वातावरणात ऑक्सिजनाची सातत्याने निर्मिती होत असते. तसेच त्याचा सातत्याने वापरही होत असतो. ऑक्सिजन अतिशय क्रियाशील असून इतर अनेक मूलद्रव्यांशी व संयुगांशी त्याचा संयोग होतो. रेणवीय ऑक्सिजन (O2), पाणी (H2O), कार्बन डाय-ऑक्साइड (CO2) व असेंद्रिय संयुगे अशा स्वरूपात ऑक्सिजन असल्याने जीवावरणातील ऑक्सिजन चक्र गुंतागुंतीचे असते. **वातावरणातील ऑक्सिजनाचे प्रमाण सु. २१ % आहे.**

स्थलवासी व जलवासी वनस्पतींकडून होणाऱ्या प्रकाशसंश्लेषण प्रक्रियेतून, तसेच ज्वालामुखी उद्रेकातून वातावरणाला ऑक्सिजनाचा पुरवठा होतो. तसेच अतिनील किरणांमुळे घडणाऱ्या वातावरणातील प्रकाशीय अपघटन क्रियेमुळे ऑक्सिजन तयार होतो. सजीवांच्या श्वसनक्रिया, सेंद्रिय पदार्थांचे अपघटन, खनिजांचे ऑक्सिडीभवन, जीवाश्म इंधनांचे ज्वलन इत्यादींसाठी वातावरणातील ऑक्सिजन वापरला जातो. अशा प्रकारे पृथ्वीवर ऑक्सिजन चक्र सातत्याने चालू असते. हिरव्या वनस्पती प्रकाशसंश्लेषण प्रक्रियेत कार्बन डाय-ऑक्साइडाचे शोषण करून ऑक्सिजन मुक्त करतात. वातावरणात बहुतांश ऑक्सिजन या प्रक्रियेतूनच निर्माण होतो. वातावरणात संचित झालेल्या ऑक्सिजनाचा वापर वनस्पती व प्राण्यांकडून श्वसनासाठी, तसेच जीवाश्म इंधनांच्या ज्वलन प्रक्रियेसाठी होत राहून, त्यातून एक अपशिष्ट म्हणून कार्बन डाय-ऑक्साइड वायू बाहेर पडतो. या कार्बन डाय-ऑक्साइडाचे पुन्हा वनस्पतींकडून शोषण झाल्यानंतर प्रकाशसंश्लेषण प्रक्रियेतून ऑक्सिजन बाहेर सोडला जातो व तो वातावरणात संचित होतो. या चक्रामुळे वातावरणातील ऑक्सिजनाचे प्रमाण कायम राखले जाते.

बहुसंख्य सूक्ष्मजीव श्वसनासाठी ऑक्सिजनाचा वापर करतात. अशा सूक्ष्मजीवांना ऑक्सिजीव म्हणतात. ज्या सूक्ष्मजीवांना ऑक्सिजनाची आवश्यकता नसते, त्यांना विनॉक्सिजीव म्हणतात. श्वसन प्रक्रियेत हवेतील ऑक्सिजनाच्या साहाय्याने कार्बोहायड्रेटाचे ऑक्सिडीभवन होऊन उर्जा मुक्त होते. त्याचबरोबर कार्बन डाय-ऑक्साइड हा वायू उप-उत्पादन म्हणून बाहेर पडतो. कर्बोदके, प्रथिने व मेद यांच्या निर्मितीसाठी ऑक्सिजन महत्त्वाचा असतो. विविध रासायनिक विक्रियांमध्येही ऑक्सिजनाचा वापर केला जातो. **ओझोनाची (O3) निर्मिती वातावरणीय क्रिया-प्रक्रियांद्वारे ऑक्सिजनापासूनच होत असते.** औद्योगिक क्रांतीनंतर ऑक्सिजनाचा वापर सतत वाढत आहे. निसर्गत:च वनस्पतींमुळे वातावरणातील ऑक्सिजनाची पातळी कायम राखली जात असते; तथापि पृथ्वीवरील वनस्पतींच्या आच्छादनात घट होत आहे, तर औद्योगिक विस्तार अधिक होत आहे. त्यामुळे ऑक्सिजनाची पुन:निर्मिती व त्याच्या वापराचे प्रमाण यांत असंतुलन होत आहे. वातावरणातील ऑक्सिजनाचे प्रमाण कमी होणे हे मानवाच्या व एकूणच सजीवांच्या दृष्टीने एक गंभीर समस्या आहे.

स्रोत: मराठीविश्वकोश