

पर्यावरण और उसका प्रदूषण

31.1 भूमिका

पृथ्वी ही केवल ऐसा ग्रह है जहाँ जीवन संभव है। जीवों को जीवित रहने के लिए शुद्ध वायु, जल और मृदा की आवश्यकता होती है। मानव जनसंख्या और मानवगतिविधियों में निरन्तर वृद्धि से वायु, जल और मृदा तथा अन्य प्राकृतिक स्रोत प्रदूषित होते जा रहे हैं और जीवों के उपयोग के लिए अनुपयुक्त हो गये हैं। इस पाठ में आप प्रदूषकों के स्रोत और पर्यावरण पर उनके प्रभाव के संबंध में पढ़ेंगे।

31.2 उद्देश्य

इस पाठ को पढ़ने के बाद आप :

- पर्यावरण की परिभाषा बता पाएंगे,
- जीवमंडल की परिभाषा बता पाएंगे,
- पर्यावरण के संकटों की विवेचना कर सकेंगे,
- प्रदूषकों की परिभाषा बता पाएंगे,
- प्रदूषकों के स्रोतों को सूचीबद्ध कर पाएंगे,
- पर्यावरण, जीवों और विशेषकर मानवों पर प्रदूषकों के प्रभावों की विवेचना कर सकेंगे।

31.3 पर्यावरण

जीव विभिन्न प्रकारों के प्रतिवेशों जैसे जल, मृदा और वायु में रहते हैं। विभिन्न प्रकार के जीव इन प्रतिवेशों में हिस्सा बांटते हैं। प्रतिवेश ही जीवों का 'पर्यावरण' है।

पर्यावरण में (i) भौतिक (अजीवित) अथवा अजैविक घटक और (ii) जीवित अथवा जैविक घटक सम्मिलित होते हैं। अजैविक घटकों में जल, वायु, मृदा, उर्जा, विकिरण आदि सम्मिलित हैं। जैविक घटकों में सूक्ष्माणु जैसे जीवाणु, शैवाल, कवक आदि, पौधे, जन्तु आदि सम्मिलित हैं।

जीव के प्रतिवेश (वातावरण) के जीवित और अजीवित घटकों का कुल योग पर्यावरण है।

पृथ्वी के सभी भाग जीवों की अन्तरजीविता के लिए उपयुक्त नहीं होते हैं।

पृथ्वी का वह भाग जहाँ जीव जीवित रह सकते हैं और प्रजनन कर सकते हैं जीव मंडल कहलाता है।

31.4 पर्यावरण के संकटों की प्रकृति

पर्यावरण को कई तरीकों से क्षति पहुँचती है। नीचे कुछ उदाहरण प्रस्तुत हैं:

- (i) वाहनों द्वारा जीवाश्म इंधनों (पेट्रोल और डीजल) का दहन वातावरण में कार्बन मोनोआक्साइड, (CO) कार्बन डाइआक्साइड (CO₂) और सल्फर डाइआक्साइड (SO₂) छोड़ता है। सल्फर डाइ आक्साइड वातावरण में जल कणों से संयुक्त होकर सल्फ्यूरिक अम्ल (H₂SO₄) छोड़ता है। सल्फ्यूरिक अम्ल से वातावरण में अम्लीय वर्षा होती है।
 - (क) मृदा से कैल्शियम जैसे पोषकों का निक्षालन, और
 - (ख) चूना-पत्थर और मार्बल जैसे क्षारकीय पदार्थ का संक्षारण होता है।
- (ii) पीड़क नाशी विशेषकर डीडीटी (डाइक्लोरो डाइफ्लोराइल ट्राइक्लोरो इथेन) और डाइएलड्रीन जिनका उपयोग मच्छरों और कृषि पीड़कों को मारने के लिए किया जाता है जल और वायु के महत्वपूर्ण प्रदूषक हो गये हैं। प्राकृतिक दशाओं में पीड़कनाशी दीर्घ काल तक मृदा में स्थायी बने रहते हैं और मृदा और जल में उनकी मात्रा निरन्तर प्रयोग से बढ़ती रहती है।
- (iii) विभिन्न उद्योग आविषालु प्रदूषकों जैसे लेंड (Pb), कैडमियम (Cd), जिंक (Zn), आर्सेनिक ((As), निकेल (Ni), और मर्करी (Hg) के प्रमुख स्रोत हैं। ये आविषालु धातुएँ पर्यावरण के लिए बड़ा संकट उपस्थित करती हैं।
- (iv) औद्योगिक अपशिष्टों में निलम्बित पदार्थ, घुले ठोस, आविषालु धातुएँ, रसायन, सान्द्र अम्ल, क्षार, तैल और रंजक होते हैं। ये पदार्थ जल में धुली ऑक्सीजन को कम करते हैं और उसकी जैविक सक्रियाओं में व्यवधान उपस्थित करते हैं और अंत में जलीय जीवन को नष्ट होता है।
- (v) रेफरीजरेटरों में प्रयुक्त किए जानेवाले क्लोरोफ्लोरो कार्बन (CFCs) तथा विभिन्न प्रकार के स्प्रे अथवा सॉल (उदाहरण उत्र, वायु शुद्धक आदि) ऑजोन स्तर में ऑजोन छिद्र बनाते हैं। इन छिद्रों से होकर परावर्गनी विकिरण पृथ्वी तक पहुँचते हैं और विकिरणों को CO₂ और जल वाष्प अवशोषित कर लेते हैं। अवशोषित विकिरण अधिक और अधिक ताप उत्पन्न करते हैं और इससे 'विश्व तापन' (ग्लोबल वार्मिंग) और 'हरित गृह प्रभाव' (ग्रीन हाऊस इफेक्ट) जैसी क्रिया को जन्म देते हैं। इस संबंध में आप पाठ 32 में पढ़ेंगे। ये विश्व समस्याएँ हैं। हमारा देश में प्रदूषण के कारण होनेवाले पर्यावरणीय संकटों के दो दृष्टांत नीचे दिए गए हैं:
 - (i) मथुरा तेलशोधक कारखाने से निकलने वाले वहिःस्त्राव ताजमहल के लिए गंभीर संकट बन रहे हैं।
 - (ii) भोपाल में यूनियन कार्बाइड की फैक्टरियों में 2 दिसम्बर, 1984 को मिक् (मिथाइल आइसोसाइनेट) के रिसाव से होने वाली दुर्घटना। इस दुर्घटना में हजारों लोगों की जान गयी और मिक् गैस से प्रभावित अन्य लोगों के स्वास्थ्य पर गंभीर प्रभाव पड़ा।

पाठगत प्रश्न 31.1

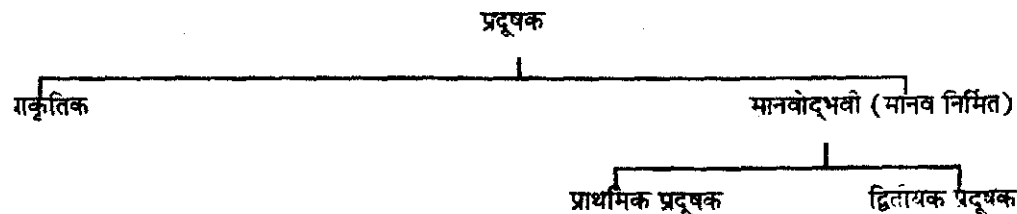
1. पर्यावरण की परिभाषा दीजिए।
.....
2. पर्यावरण के घटक कौन से हैं?
.....
3. जैविक घटकों से आप क्या समझते हैं?
.....
4. दो आविषालु धातुओं का नाम बताइये जो जल को प्रदूषित करती हैं?
.....
5. ओजोन स्तर पर CFC का क्या प्रभाव पड़ता है?
.....

31.5 प्रदूषण

प्राचीन समय में मानव बस्तियां नदियों के किनारों के साथ साथ बसी जिनसे मानवों का कुछ आधारीय सुविधायें मिली। जैसे जैसे मानव की जन संख्या बढ़ी लोगों ने अन्य स्थानों की ओर प्रस्थान किया। उन्होंने आश्रय बनाने के लिए प्राकृतिक संसाधनों जैसे पेड़ और मृदा का उपभोग करना प्रारंभ किया। लोग जहाँ रहते थे उन स्थानों पर अपशिष्ट पदार्थ एकत्रित होना शुरू हुआ। मानव ने अपशिष्ट को निपटाने (स्वच्छता) के उपाय किए। इसके बाद मानव ने अपनी सुविधा की सामग्री बनाने के लिए उद्योग स्थापित किए। पीड़क नाशियों और रासायनिक उर्वरकों को कारखानों में बनाया और उन्हें बढ़ती जनसंख्या के लिए अधिक खाद्य उत्पादन के लिए उपयोग किया। पीड़कनाशियों और रसायनों ने प्राकृतिक जलराशियों जैसे कि समुद्र, नदी, झील और तालाब में बहकर जलीय जीवों के स्वास्थ्य को प्रभावित किया। पीने योग्य जल कम हो गया। इस प्रकार के सभी अपशिष्टों को जो मानव गतिविधियों से उत्पन्न हुए तथा जिन्होंने प्राकृतिक पर्यावरण को संदूषित किया "प्रदूषक" कहलाते हैं। प्राकृतिक पर्यावरण की प्रदूषकों द्वारा क्षति "प्रदूषण" कहलाती है।

प्राकृतिक वातावरण में मानव की गतिविधियों द्वारा जोड़े गए पदार्थों को 'प्रदूषक' कहते हैं। प्रदूषकों के अतिरिक्त प्राकृतिक संसाधनों जैसे कि जल, वायु और पृथ्वी की गुणवत्ता में ह्रास 'प्रदूषण' कहलाता है।

31.6 प्रदूषकों के प्रकार



प्राकृतिक प्रदूषक

जंगलों में कभी कभी बिजली गिरने से आग लग जाती है। पेड़ जलकर कार्बन डाइ आक्साइड CO_2 वातावरण में छोड़ते हैं।

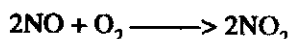
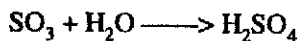
नृदा अपरदन (भूक्षरण) विविक्त पदार्थ और धूल को वायु में निलम्बित कर देता है। प्राकृतिक झरनों द्वारा गहकर ये जलराशियों में प्रवेश कर जाते हैं। ज्वालामुखी विस्फोटों से पर्यावरण में प्रदूषक बढ़ते हैं।

प्राकृतिक रेडियोएक्टिवता और अन्य प्राकृतिक प्रदूषक आदि काल से पर्यावरण में प्रवेश कर रहे हैं, लेकिन उनके निम्न स्तर ने जीवों के जीवन के लिए कभी भी संकट उपस्थित नहीं किया।

मानवोद्भव प्रदूषक

मानव गतिविधियों ने इतनी भारी मात्रा में पर्यावरण में प्रदूषकों का मोचन किया है कि खुद मानव का अस्तित्व आज संकट में पड़ गया है। मानव गतिविधियों द्वारा पर्यावरण में छोड़े गए प्रदूषकों को मानवोद्भव प्रदूषक कहते हैं। ये दो प्रकार के होते हैं :

- (i) **प्राथमिक प्रदूषक** : ये सीधे ही पर्यावरण में प्रवेश करते हैं। उदाहरण : जीवाश्म ईंधन के दहन से CO_2 और CO का निकलना; वाहनों और थर्मल पावर स्टेशनों से नाइट्रोजन आक्साइड का निकलना।
- (ii) **द्वितीयक प्रदूषक** : प्राथमिक प्रदूषक और वायुमंडलीय आक्सीजन के बीच अभिक्रिया के उत्पाद द्वितीयक प्रदूषक कहलाते हैं। उदाहरण : $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{SO}_3$
 SO_3 वायुमंडल में उपस्थित जल वाष्प से अभिक्रिया कर (H_2SO_4) बनाती है जब कि NO और O_2 की अभिक्रिया से NO_2 बनती है।



मानवोद्भव प्रदूषकों के स्रोतों के अनुसार उन्हें पुनः निम्न रूप में वर्गीकृत कर सकते हैं :

- (क) **औद्योगिक प्रदूषक** : कागज और कपड़ा उद्योग, चमड़ा-कारखाने और शराब कारखाने, विभिन्न प्रकार के बहि स्राव जैसे तैल, ग्रीज, प्लास्टिक और धत्विक अपशिष्ट पर्यावरण में फेंकते हैं।
- (ख) **घरेलू प्रदूषक** : अपमार्जक (डिटेजेंट), फ्लोराइड टूथपेस्ट, खाद्य रंग, गंध महकाने वाले कारक, पॉलीथीन थैलियां और रेपर प्रदूषकों के रूप में पर्यावरण में प्रवेश पा जाते हैं। मीथेन पशुओं के पेट और खड़े जलवाले धान के खेतों से उत्पन्न होती है।

पाठगत प्रश्न 31.2

1. प्रदूषक की परिभाषा दीजिए।

.....

2. प्राकृतिक प्रदूषण के दो स्रोतों के नाम बताइये।

.....

31.7 प्रदूषकों के स्रोत

तालिका 31.1 से वायु के विभिन्न प्रदूषकों, उनके स्रोत और प्रभाव देखे जा सकते हैं।

तालिका 31.1 वायु प्रदूषक

वायु के प्रमुख प्रदूषक	स्रोत	प्रभाव
SO_2	वाहनीय दहन, जीवाश्म ईंधन का जलना	आंखों में जलन, अम्लीय वर्षा

CO, CO ₂	वाहनीय दहन तथा अन्य हाइड्रोकार्बनो का जलना	ग्लोबल वार्मिंग, ग्रीन हाउस प्रभाव, CO का हीमोग्लोबिन के प्रति अधिक आकर्षण होता है जिससे मिलकर वह आविषालु पदार्थ कार्बोक्सी-हीमोग्लोबिन बनाती है।
धुंआ, फ्लाईऐश और शूट	थर्मल पावर स्टेशन	श्वास रोग
लेड, मरकरी	गैसोलिन से उत्पन्न वाहनो का धुंआ, पेन्ट, संग्रहित बैटरियां, जीवाश्म इंधन दहन	तंत्रिकातंत्र और परिवहन तंत्र को प्रभावित करते हैं जिससे तंत्रिका और मस्तिष्क को क्षति पहुँचती है।
सी.एफ.सी.	प्रशीतक	गुरदा (बृक्क) क्षति, ऑजोन ह्रास

तालिका 31.2 से विभिन्न प्रकार के जल प्रदूषक उनके स्रोत और प्रभाव देखे जा सकते हैं।

तालिका 312 जल प्रदूषक

जल के प्रमुख प्रदूषक	स्रोत	प्रभाव
पीड़कनाशी और कीटनाशी जैसे डीडीटी, बीएचसी	कृषि, मच्छर प्रतिकर्षी	मछलियों, परभक्षी पक्षियों और स्तनधारियों के लिए आविषालु
प्लास्टिक	घर और उद्योग	मछलियों और पशुओं जैसे गायों को मारता है
अपमार्जक (डिटर्जेंट)	घर और उद्योग	शैवाल और जलीय खरपतवारों की अतिवृद्धि, घुली ऑक्सीजन में कमी
क्लोरीन यौगिक	क्लोरीन से जल का विसंक्रमण, कागज और ब्लीचिंग पाउडर कारखाने	वनस्पतिजातों (जल की सतह पर तैरनेवाले जीव) के लिए घातक, बुरा स्वाद और गन्ध, मानव में कैंसर उत्पन्न कर सकते हैं।
लेड (सीसा)	लेडयुक्त गैसोलिन	जीवों के लिए आविषालु
मरकरी (पारा)	प्राकृतिक बाष्पन और घुले औद्योगिक अपशिष्ट, कनकनाशी	मनुष्यों के लिए अत्यधिक आविषालु
अम्ल	खानों का अपवाह, औद्योगिक उपशिष्ट	जीवों को मारते हैं।
तलछट	प्राकृतिक अपरदन, उर्वरक तथा अन्य कारखानों का बहिःस्राव, खुदाई और निर्माण गतिविधियाँ	जल में ऑक्सीजन स्वांगीकरण की योग्यता में कमी।

31.8 ध्वनि (शोर) प्रदूषण

अवांछित ध्वनि को शोर कहा जा सकता है। शहर से परिपूर्ण हो गए हैं जो यातायात वाहनो (विशेषकर प्रतिदिन शीर्ष घंटो के समय), लाऊडस्पीकर और भवन निर्माण कार्य से उत्पन्न होता है। कारखानों में भी कर्मियों को लम्बे समय तक प्रतिदिन अधिक शोर का समाना करना पड़ता है।

शोर को 'डेसीबल' (db) में मापते हैं जो कि ध्वनि की तीव्रता को अभिव्यक्त करने का पैमाना है। उदाहरण के लिए बहुत शांत कमरे का ध्वनि स्तर 20 db, कारों और घरेलू उपकरणों का 70 db और ट्रकों के हॉर्न का 110 db ध्वनि होता है।

शोर का हानिकारक प्रभाव मानव शरीर पर पड़ता है। 70-80 का शोर चिढ़न और क्षोभ उत्पन्न करता है। इस

स्तर से उपर श्वसन दर प्रभावित हो सकती है, रक्तवाहिनियां संकुचित हो सकती हैं; आहार नाल की गति बिगड़ सकती है, ग्रंथिय-स्रवण प्रभावित हो सकते हैं। लम्बे समय तक उच्च शोर स्तर के प्रभाव से सुनने की शक्ति में कम हो सकती है।

विभिन्न क्षेत्रों के लिए अब मानकों का निर्धारण कर दिया गया है। हस्पतालों, न्यायालयों, स्कूलों तथा अन्य प्रतिष्ठानों के चारों ओर 100 मीटर तक क्षेत्र 'शांत क्षेत्र' घोषित कर दिए गए हैं। वाहनो का हार्न बजाना, पटाखे छोड़ना, लाउडस्पीकर बजाना और हॉकरों द्वारा तेज आवाज़ में अपनी वस्तुएं बेचना प्रतिबंधित कर दिए गए हैं। शोर का स्तर 50 db से कम रखा जाना चाहिए। इसी प्रकार के नियंत्रण कारखानों और वाणिज्यिक संगठनों के लिए भी निर्धारित कर दिए गए हैं।

पाठगत प्रश्न 31.3

1. SO_2 और CO का एक एक प्रभाव मानव पर बताएँ।
.....
2. लेड और सीएफसी के एक एक स्रोत का नाम बताएँ।
.....
3. तालाब को प्रदूषित कर रहे अपमार्जकों का क्या प्रभाव होता है?
.....

31.9 आपने क्या सीखा :

- प्रतिवेश (वातावरण) जिसमें हम रहते हैं हमारा पर्यावरण है।
- पर्यावरण के दो घटक होते हैं: भौतिक अथवा अजैविक और जीवित जीव अथवा जैविक।
- प्रदूषक वे पदार्थ होते हैं जिन्हें प्राकृतिक प्रतिवेश में छोड़ा जाता है।
- प्रदूषकों का विपरीत प्रभाव हमारे पर्यावरण और जीवित जीवों पर पड़ता है।
- SO_2 , CO_2 और CO; धुआ, Pb, Hg, CFC वायु को प्रदूषित करते हैं। इनके स्रोत और प्रभाव भिन्न होते हैं।
- पीड़कनाशी, प्लास्टिक, अपमार्जक, क्लोरीन, मरकरी, जल को प्रदूषित करते हैं और जलीय जीवन को संकट में डाल देते हैं।
- अवांछित ध्वनियों को शोर कहते हैं। इन्हें 'डेसीबल' में मापते हैं। एक विशेष डेसीबल के मनुष्य पर शोर के विपरीत प्रभाव पड़ते हैं।

पाठगत प्रश्न

1. पर्यावरण क्या है?
.....
2. मानव निर्मित प्रदूषकों की व्याख्या कीजिए।
.....
3. चार प्रमुख जल प्रदूषकों के नाम, उनके स्रोत और प्रभाव लिखिए।

अपने उत्तरों की जाँच कीजिए

पाठगत प्रश्न 31.1

1. पर्यावरण : वायु, जल, पृथ्वी और जीवित जीव सम्मिलित रूप से पर्यावरण कहलाते हैं।
2. पर्यावरण के घटक : पर्यावरण के दो घटक होते हैं: (i) जैविक घटक (ii) अजैविक घटक
3. जैविक घटक : सूक्ष्माणु, पौधे, जन्तु जिनमें मानव सम्मिलित है।
4. आविष्कालु धातु : लेड, मरकरी
5. भाग 31.4 देखिए

पाठगत प्रश्न 31.2

1. प्रदूषक : कोई भी पदार्थ जो अपनी अधिक सांद्रता में उपस्थित होता है जैसे कि CO_2 ; CO ; SO_2
2. भाग 31.6.1
3. प्रदूषक जैसे कि SO_3 , CO_2 , Pb , Cd , Hg डीडीटी वायु, जल और मृदा की गुणता को प्रभावित करते हैं।
4. प्राकृतिक प्रक्रम जो वायु प्रदूषण उत्पन्न करते हैं : ज्वालामुखी विस्फोट, मृदा अपरदन, प्राकृतिक रेडियो एक्टिवता।

पाठगत प्रश्न 31.3

1. तालिका 31.1 देखिए
2. तालिका 31.1 देखिए
3. तालिका 31.2 देखिए

पाठान्त प्रश्न

1. भाग 31.3 देखिए
2. भाग 31.6.2 देखिए
3. तालिका 31.2 देखिए

वायुमण्डल, आक्सीजन और वायु प्रदूषण

32.1 भूमिका

जीवों का अपने निकट पर्यावरण से आदान-प्रदान का निकट संबंध होता है। अधिकांश जीव श्वसन की अवधि में वायु से आक्सीजन लेते हैं और कार्बन डाइऑक्साइड वायुमण्डल में छोड़ते हैं। कार्बन डाइऑक्साइड का प्रयोग पौधे भोजन बनाने में करते हैं। प्रकृति और जीवों के बीच यह समन्वयित संबंध मानव की गतिविधियों के कारण नष्ट हो गया है। गहन कृषि, औद्योगिकीकरण, शहरीकरण ने हमारे भौतिक संसाधनों को निम्नकृत किया है जिसके परिणाम स्वरूप भूमि, जल और वायुमण्डल बुरी तरह प्रदूषित हुए हैं।

इस पाठ में हम वायु मण्डल को परिभाषित करेंगे और इसके घटकों का उल्लेख करेंगे तथा वायु प्रदूषण के स्रोतों और वायुमण्डलीय प्रदूषणों से पौधों और प्राणियों को होने वाली क्षति की चर्चा करेंगे।

32.2 उद्देश्य

इस पाठ को पढ़ने के बाद आप:

- वायु के संघटन को समझ पाएंगे,
- श्वसन, प्रकाश संश्लेषण और क्षय चक्र को समझ सकेंगे,
- प्रमुख वायु प्रदूषकों के स्रोतों को पुनः स्मरण कर पाएंगे,
- जीवाश्म ईंधन के प्रचलन से होने वाली आक्सीजन की कमी और कार्बन चक्र के बीच संबंध को पहचान पाएंगे,
- ग्रीन हाउस प्रभाव को उत्पन्न करने वाले कारकों को लिख सकेंगे,
- ग्लोबल वार्मिंग (विश्व तापन) और उसके परिणामों को समझ सकेंगे,
- ओजोन परत की परिभाषा दे पाएंगे,
- अम्ल निक्षेपण/अम्ल वर्षा को समझ सकेंगे,
- हीमोग्लोबिन पर कार्बन मोनोऑक्साइड के दुष्प्रभावों को पहचान पाएंगे और

- वायु प्रदूषण को कम करने के उपायों की सूची बना सकेंगे

32.3 वायु का संघटन

स्वच्छ, शुष्क, अप्रदूषित वायु का संघटन नियत रहता है। प्राकृतिक वायुमण्डलीय वायु गैसीय और अगैसीय घटकों की बनी होती है जो निम्नलिखित हैं :

- (क) **गैसीय घटक** : नाइट्रोजन और आक्सीजन वायु के 99% आयतन का निर्माण करते हैं। अन्य गैसों, CO_2 , जल वाष्प और अक्रिय गैसों जैसे आर्गन, नियोन, क्रिप्टन, हीलियम, जीनॉन, ओजोन और रेन्डॉन सूक्ष्म मात्रा में होती है।
- (ख) **अगैसीय घटक** : धुंआ, धूल और समुद्र के वाष्पोत्सर्जन से बना लवण वायु के अगैसीय घटक होते हैं।

तालिका 32.1 में वायु के विभिन्न घटकों का अनुपात दिखाया गया है।

तालिका 32.1 वायु के घटक

गैस	सांद्रता
नाइट्रोजन	78%
ऑक्सीजन	21%
कार्बन डाइआक्साइड	0.1 से 0.3%
अक्रिय गैसों (आर्गन तथा अन्य)	1 %
(SO_2 , O_3 , नाइट्रोजन आक्साइड)	सूक्ष्म मात्राएँ
जल वाष्प	प्रदेश से प्रदेश तक परिवर्तनशील

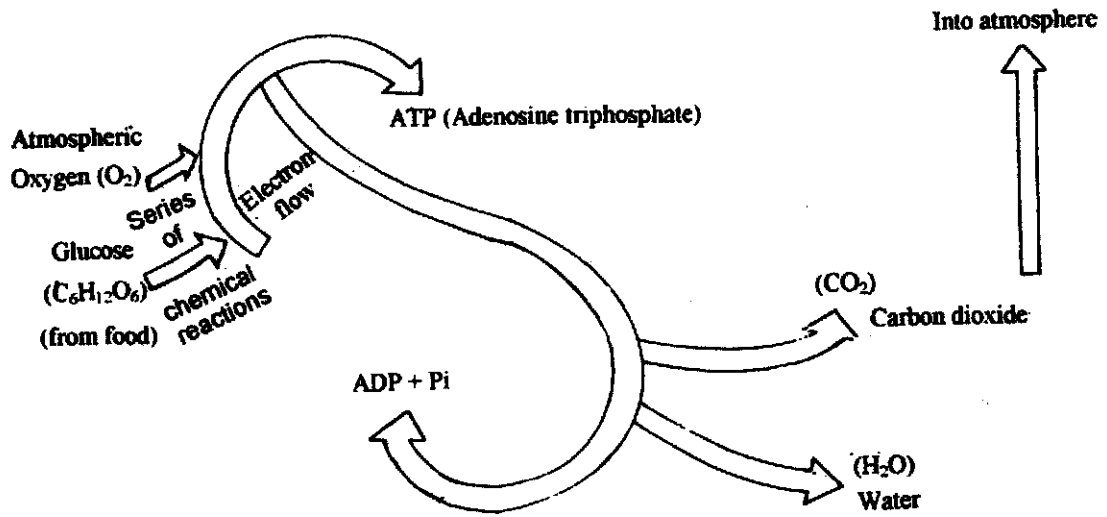
32.4 कार्बन स्थानान्तरण मार्ग - श्वसन, प्रकाश संश्लेषण और क्षय चक्र

कार्बन का अकार्बनिक कार्बन डाइआक्साइड और अनेक प्रकार के कार्बनिक यौगिकों (जिनसे जीवन बने होते हैं) के बीच सक्रिय चक्रण होता है। यह अकार्बनिक से कार्बनिक रूप में स्वपोषियों (ओटो : स्व, ट्रोफोज : भोज्य) यानि कि पौधों के द्वारा बदलता है। पौधे अपने भोजन का संश्लेषण स्वयं प्रकाश संश्लेषण द्वारा करते हैं और भरण शृंखला में "उत्पादक" कहलाते हैं। वह प्रक्रम जिसके द्वारा कार्बन डाइआक्साइड पर्यावरण में छोड़ी जाती है श्वसन कहलाता है। सभी जीवों के जीवित रहने के लिए यह प्रक्रम अनिवार्य है। कार्बन के स्थानान्तरण का अन्य मार्ग सूक्ष्म जीवों द्वारा कार्बनिक पदार्थ का क्षय और अपघटन है।

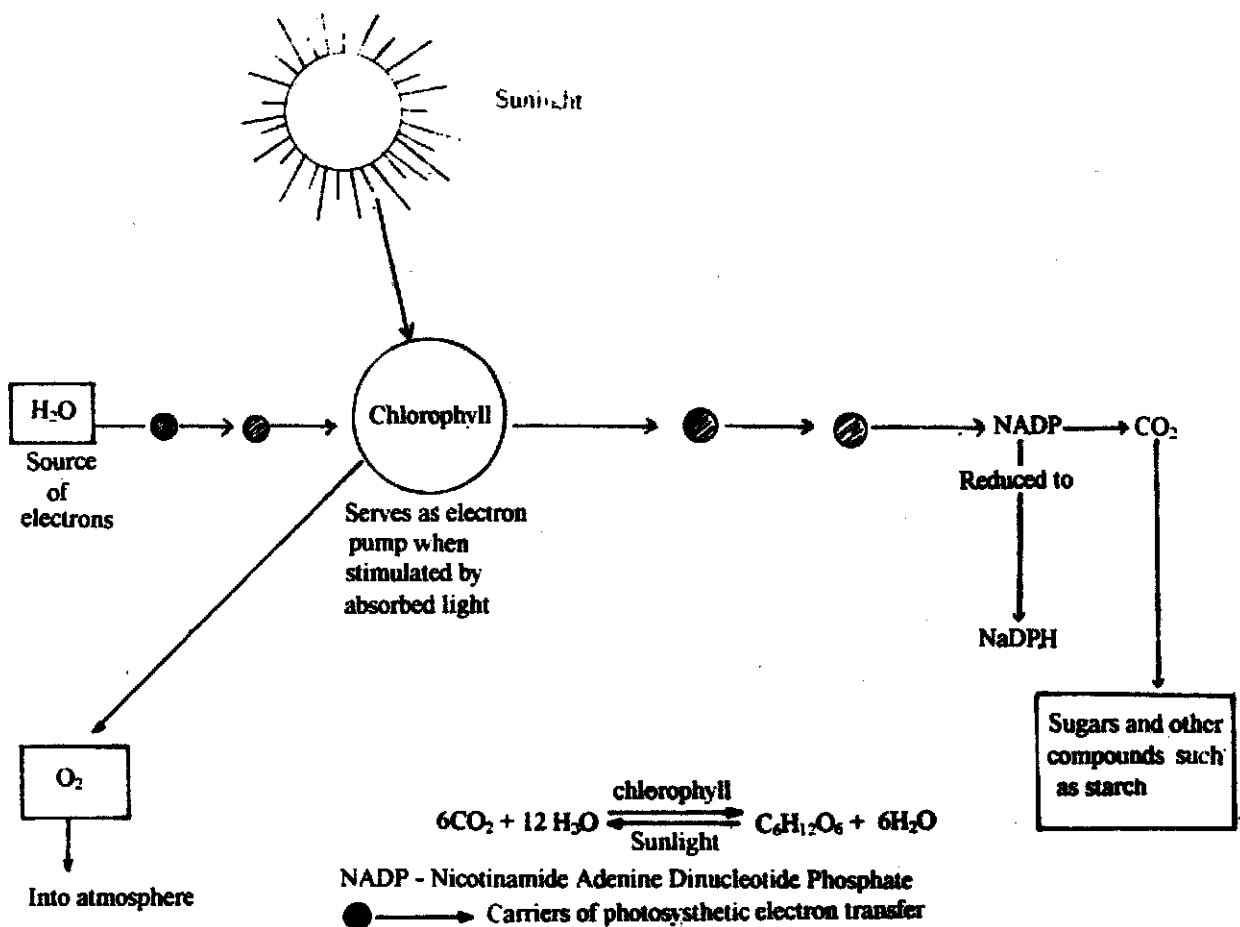
32.4.1 श्वसन

श्वसन जीवों और वायुमण्डल के बीच गैसों के आदान प्रदान का प्रक्रम है। वायुमण्डल आक्सीजन का भण्डार है और जीव इस आक्सीजन को भोजन के आक्सीकरण के लिए लेते हैं। भोजन के आक्सीकरण से ऊर्जा निकलती है। जब आक्सीजन जीव की कोशिकाओं तक पहुंचती है तो एन्जाइम प्रेरित अभिक्रियाओं की, शृंखला संपन्न होती है जिसमें ग्लूकोस के कार्बनिक आबंध टूटते हैं, ए टी पी (ATP) के रूप में ऊर्जा मुक्त होती है और कार्बन डाइआक्साइड निकलती है। कार्बनडाइआक्साइड वापस वायुमण्डल में जाती है। अतः जीवों की श्वसन क्रिया द्वारा कार्बन डाइआक्साइड का बड़ा भाग वायुमण्डल को लौट जाता है।

चित्र 32.1 में कोशिकीय श्वसन दिखाया गया है जिसमें रासायनिक अभिक्रियाओं और एक इलेक्ट्रॉन संवहन कड़ी के द्वारा आक्सीजन ग्लूकोस को आक्सीकृत करती है। ऊर्जा ए टी पी (ATP) के अनेक अणुओं के रूप में मुक्त होती है। CO_2 निकल कर वायुमण्डल में चली जाती है। कुछ ATP के अणुओं का इस प्रक्रम में उपयोग होता है और वे ADP (एडीनोसिन डाइफास्फेट) और P_i (अकार्बनिक फास्फेट) में टूट जाते हैं।



चित्र 32.1 कोशिकीय श्वसन



32.4.2 प्रकाश संश्लेषण

हरे पौधे वायुमण्डल से CO_2 और भूमि से जल लेते हैं। हरे पौधों की पत्तियों में क्लोरोफिल-प्रकाश संश्लेषणी रंजक होता है। पत्तियां प्रकाश की सौर ऊर्जा को पकड़ लेती हैं। प्रकाश और रंजक में परस्पर क्रिया होती है। तब कई चरणों से होकर मांड (स्टार्च) का संश्लेषण होता है और आक्सीजन निकलती है। आक्सीजन वायुमण्डल (चित्र 32.2) में चली जाती है। जीवित जीव जब पृथ्वी पर उदय हुए उसके दो करोड़ वर्षों तक वास्तव में आक्सीजन नहीं थी। वायुमण्डल में आक्सीजन प्रकाश संश्लेषणी जीवों के कारण आया।

32.4.3 क्षय

सूक्ष्मजीव जैसे जीवाणु और कवक जीवों की मृत्यु के बाद बचे कार्बनिक पदार्थ का क्षय और अपघटन करते हैं। आंशिक पाचित कार्बनिक पदार्थ और मृत जीवों के सूक्ष्मजैविक (सूक्ष्मजीवों द्वारा) अपघटन से CO_2 निकलती है और वायुमण्डल में छोड़ दी जाती है। इस प्रकार क्षय चक्र के कारण भी CO_2 वायुमण्डल में पहुंचती है।

दलदलों, धान (चावल) के खेतों और गीली भूमियों में अनाक्सिक (आक्सीजन की कमी) दशाएँ मिलती हैं। मीथेनोजैनिक जीवाणु निम्न आणुविक भार वाले वसीय अम्लों को इन क्षेत्रों में मीथेन में परिवर्तित कर देते हैं। ये जीवाणु विशेष अवायवीय श्वसन मार्ग द्वारा CO_2 को भी CH_4 में परिवर्तित कर सकते हैं। एक अवायवीय मार्ग वह है जिसमें श्वसन होता है और भोजन O_2 की अनुपस्थिति में टूटता है। इन क्षेत्र के स्वपोषी समुदाय को क्योंकि CO_2 उपलब्ध नहीं होती (जैसे कि वायवीय श्वसन के प्रकरण में) अतः वे प्रकाश संश्लेषण की क्रिया नहीं कर पाते हैं। बहुत कम जीव जैसे कि मीथेनोट्रोफ और नाइट्रीफर्स मीथेन को आक्सीकृत कर सकते हैं और कार्बन को सामान्य कार्बन चक्र में पुनः प्रवेशित करा सकते हैं।

32.5 प्रकृति में कार्बन चक्र

कार्बन चक्र अत्यधिक महत्वपूर्ण जीव-भूरसायनिक गैसीय चक्र है। साथ ही कार्बन भी पर्यावरण में उतनी ही शीघ्रता से लौट जाता है जैसे अलग होता है। कार्बन का सबसे समृद्ध स्रोत समुद्र है जहाँ कार्बन, कार्बोनेट और बाइकार्बोनेट आयनों के रूप में मिलता है। कार्बन वायुमण्डल में वायवीय श्वसन के उत्पाद यानि कि CO_2 के रूप में वायुमण्डल में प्रवेश करता है। ज्वालामुखी उद्गार भी पृथ्वी की परपटी की गहराई पर मिलने वाली चट्टानों से कार्बन निकालते हैं। CO_2 प्रकाश संश्लेषण के लिए पौधों द्वारा ले ली जाती है जिसके दौरान वह प्रकाश ऊर्जा का प्रयोग CO_2 का ह्रास करने के लिए करते हैं। पौधों को इसलिए प्रकाश-स्वपोषी (फोटा माने प्रकाश) कहते हैं। कुछ जीव जैसे जीवाणु जो रासायनिक आबंधों में संचित ऊर्जा का उपयोग कार्बनों को हासिल करने के लिए करते हैं। ये रासायन स्वपोषी कहलाते हैं। हालांकि प्रकाश संश्लेषण सबसे महत्वपूर्ण प्रक्रम है जिसके द्वारा अकार्बनिक कार्बन, कार्बनिक रूप में परिवर्तित होता है।

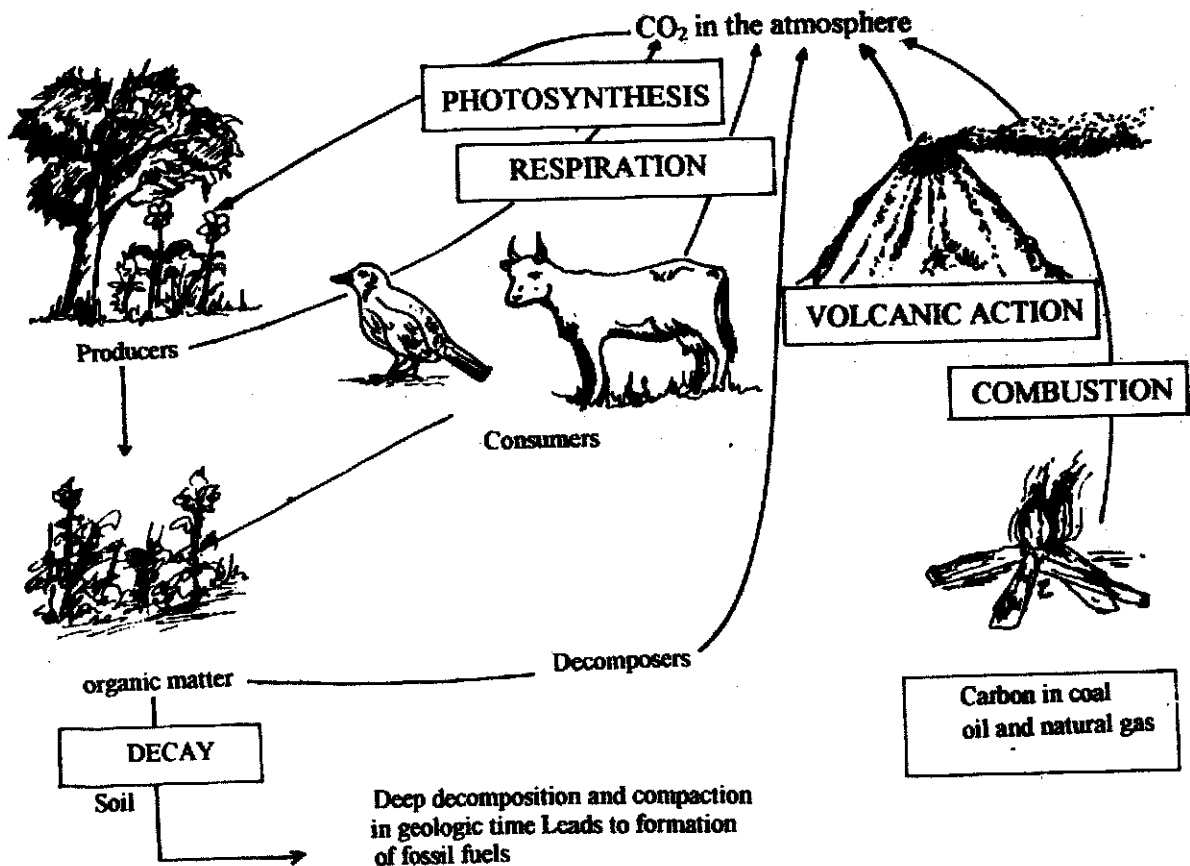
कार्बन, प्रकाश संश्लेषण द्वारा वायुमण्डलीय भण्डार से उत्पादकों को जाता है जिसके लिए वे CO_2 ग्रहण करते हैं। उपभोक्ता मरते हैं तो अपघटक मृत जीवों के कार्बनिक पदार्थ का अपचयन करते हैं और कार्बन भूमि में चला जाता है। उत्पादन, उपभोक्ता और अपघटक श्वसन से वायुमण्डल में CO_2 जोड़ते हैं। इस प्रकाश प्रक्रिया में O_2 और CO_2 का अनुपात बना रहता है (चित्र 32.3)।

जब पेड़ मरते और गिरते हैं तो अवसादों (भूमि) में दब जाते हैं और लम्बे भू-वैज्ञानिक समय के बाद वे जीवाश्म इंधनों में परिवर्तित हो जाते हैं। जीवाश्म इंधन भूमि में बहुत गहराई पर दबे होते हैं। कार्बन इस रूप में तब तक अनुपलब्ध रहता है जब तक कि मानव उसे जानबूझ कर निकाले नहीं।

32.6 जीवाश्म इंधन के दहन से आक्सीजन की कमी और CO_2 के स्तर में वृद्धि

कार्बन चक्र में जीवाश्म इंधन दहन, वनोन्मूलन (पेड़ों को काटना और गिराना), दहन और औद्योगिक उत्पादन

जीवाश्म इंधन जैसे कोयला और पेट्रोलियम को प्राकृतिक कोयले की खदानों और तेल के कुओं से खोद कर निकाल कर उद्योगों तथा घरेलू भोजन बनाने आदि में दहन किया जा रहा है। वनोन्मूलन से दूसरी ओर आक्सीजन की कमी हो रही है जो कि प्रकाश संश्लेषण का उपोत्पाद है। CO_2 की वृद्धि के कारण विश्व का तापमान बढ़ा है और यह परिघटना ग्रीन हाऊस प्रभाव कहलाती है जिसके संबंध में आप इस पाठ में आगे पढ़ेंगे।



चित्र 32.3 प्रकृति में कार्बन-चक्र

पाठगत प्रश्न 32.1

- वायुमण्डल में कौन सी गैस अधिकतम मात्रा में उपस्थित है?
.....
- वायु के दो प्रमुख घटकों के नाम बताओ?
.....
- कौन से जीव स्वपोषी कहलाताते हैं और क्यों?
.....
- भोजन के उस अवयव का नाम बताओं जो श्वसन के दौरान टूटकर ऊर्जा मुक्त करता है?
.....

5. पौधे में कौन सा हरा प्रकाश संश्लेषणी रंजक होता है?
.....
6. मृत कार्बनिक पदार्थ से कार्बन कैसे पर्यावरण में प्रवेश करता है?
.....
7. मानव उत्पादक अथवा उपभोक्ता हैं?
.....
8. दो भौतिक परिघटनाओं के नाम बताओ जिसके द्वारा वायुमण्डल में कार्बन स्थिर होता है।
.....

32.7 वायु प्रदूषण

आपने अभी पढ़ा कि किस प्रकार प्रकृति अपने घटकों जैसे कि CO_2 और O_2 को उपयोग में लाती है और उन्हें वापस प्राप्त करती है। अब आप समझ सकते हैं कि क्योंकि पर्यावरणविद पेड़ रोपण और वनोन्मूलन के लिए चिन्तित रहते हैं।

वायु के भौतिक और रासायनिक लक्षणों में अनैच्छिक परिवर्तन मानव गतिविधियों के कारण होते हैं। वायुमण्डल में अनैच्छिक परिवर्तनों के कारण वायु प्रदूषण उत्पन्न होता है। प्रदूषक गैसों जैसे SO_2 , CO और CO_2 की अधिक मात्रा वायुमण्डल में जुड़ती है। वायु के प्रदूषण को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है :

वायु प्रदूषक

विविक्त प्रदूषण	तरल बिन्दुक	गैसीय प्रदूषक
कालिख	हाइड्रोकार्बन	SO_2
फ्लाई ऐश		H_2S
फ्लोराइड		CO_2 और CO
सीसा		प्रकाश रसायनिक
सीमेन्ट तथा अन्य कारखानों की धूल		ऑक्सीकारक
सोडियम क्लोराइड		(O_3 , PAN)
कृषि रसायन		तम्बाकू का धुआ

32.7.1 विविक्त प्रदूषक

अनेक उद्योगों द्वारा उद्योगिकीय प्रक्रमों के उपोत्पादों के रूप में विविक्त प्रदूषक जैसे कालिख और फ्लाई ऐश निकलते हैं। कारखानों की चिमनियों तथा अन्य निकासों से निकलने के बाद ये प्रदूषण हवा द्वारा उड़ा दिए जाते हैं और वायु में मिल जाते हैं।

प्रदूषण फैलाते डीजल वाहनों और अप्रबंधित कोयले के पावर हाऊसों से निलम्बित विविक्त पदार्थ, धुंए के साथ निकलते हैं। प्रकृति में जंगल की आग, वायु अपक्षरण और ज्वालामुखी उद्गार वायु में विविक्त पदार्थ छोड़ते हैं। विविक्त प्रदूषणों के उदाहरण हैं: तापीय पावर हाऊस से निकलने वाले कालिख, फ्लाई ऐश, सीमेन्ट की धूल तथा पेट्रोलियम शोधकों से पेट्रोकोक। विविक्त प्रदूषकों की विस्तार से नीचे चर्चा की गयी है:

फ्लोराइड : एल्यूमीनियम, स्टील, विद्युत रसायनिक संयंत्र, इटों के भट्टे, कोयला दहन, टाइल और ग्लास का रासायनिक उत्कीर्ण करने वाले कारखाने फ्लोराइड कण निकालते हैं जो वनस्पति पर ठहर जाते हैं। ये पत्तियों

के शीशों को जला देते हैं। जब पशु वनस्पति को खाते हैं तो उन्हें फ्लुओरोसिस रोग हो जाता है जिसके कारण दांते की हानि और भार में कमी आती है तथा बछड़ा नहीं होता। मानवों को भी फ्लुओरोसिस हो जाता है। प्वाला मुखी भी फ्लोराइडों को छोड़ते हैं जो गैसीय और विविक्त प्रकार के दोनों ही प्रदूषकों को उत्पन्न करते हैं।

सीसा (लेड) : सीसे के कण वायु में वाहनों के धुरें से आते हैं। वाहनों के गैसोलिन में सीसे को अपस्फेटोरोषी कारक के रूप में प्रयोग करते हैं जिसमें टेट्राइथाइल लेड होता है। पेन्ट, सिरोमिक और पीड़कनाशी कारखानों से सीसे के कण निकल कर वायुमण्डल में चले जाते हैं। सीसा रूधिर की लाल कणिकाओं के विकास में बाधा डालता है और एनीमिया (हीमोग्लोबिन की कमी रूधिर में आक्सीजन ले जाने वाला अभिरंजक) उत्पन्न करता है। सीसा संचित होने वाला विष है जो लम्बे समय के बाद गुर्दों और यकृत को क्षति पहुंचा सकता है।

धूल : विविक्त पदार्थ जो आकार में 10 माइक्रोन से कम होता है धूल कहलाता है। यह फेफड़ों में पहुंचता है और श्वसन नली के साथ जमा होता है जिसके कारण दमा और यहां तक कि फेफड़े का कैसर हो जाता है। पत्थर संदलन कारखाने, सीमेन्ट उद्योग और चूने के भूट्टे की धूल, एस्बेस्टस की धूल और कोयले की धूल सिलीकोसिस और एस्बेस्टोसिस जैसे रोग फैलाती हैं जो कि श्वसन नली में सिलिका और एस्बेस्टस की धूल जमा होने के कारण उत्पन्न हुई श्वसन समस्याएँ हैं।

सोडियम क्लोराइड : सोडियम क्लोराइड का उपयोग सर्दियों में बर्फ हटाने के लिए किया जाता है जो पर्यावरण में बना रहता है। कुछ सोडियम क्लोराइड और भी पर्यावरण में आ जाता है जब समुद्र की लहरे इसका छिड़काव कर देती हैं। सोडियम क्लोराइड की अधिक मात्रा निष्पत्रण (पत्तियों का गिरना) पुष्पन संदमन और सेव शर्षिष्ण प्ररोहों के टूटने का कारण होती है।

वृषि रसायन : रसायनिक कीटनाशी, शाकनाशी तथा अन्य पीड़कनाशी पौधों पर हानिकारक प्रभाव डालने के लिए भी जाने जाते हैं। ये पशुओं और मानवों के लिए विषालु होते हैं। पीड़कनाशियों के अपशिष्ट विविक्त पदार्थ के रूप में वायु में निलम्बित हो जाते हैं।

32.7.2 हाइड्रोकार्बन :

हाइड्रोकार्बन तरल अथवा गैसीय रूप में वायु को प्रदूषित करते हैं। तरल बिन्दुओं की भांति वे गिर जाते हैं अथवा तेल फील्डों के रिसाव और प्राकृतिक गैसे के लीक होने से वायु में पहुंचते हैं। दलदलो और धान के खेतों से मीथेनोजेनिक जीवाणुओं के कारण मीथेन निकलती है। CH_4 रूमिनेन्ट पशुओं के पेट से भी निकलती है। इंधनों के अपूर्ण दहन से 3-4 बेन्जपायरीन निकलती है जो फेफड़े का कैसर उत्पन्न करती है। पीड़क नाशी, पेन्ट विलायक हाइड्रोकार्बन भी छोड़ते हैं। भोपाल के पीड़कनाशी कारखाने से 1984 में आकस्मिक तौर पर मिथाइल आइसो साइनायड गैस रिस गई जिससे कई लोग मर गये और कई में भयंकर समस्याएँ उत्पन्न हो गयी। हाइड्रोकार्बन प्रकाश-रसायन का स्रोत है।

32.7.3 गैसीय प्रदूषक

सामान्यतया मानव गतिविधियों द्वारा SO_2 , CO_2 तथा नाइट्रोजन ऑक्साइड वायु में पहुंचती हैं। इनकी अधिकता का क्षतिकारी प्रभाव भौतिक पर्यावरण और साथ ही मानवों पर पड़ता है।

SO_2 और H_2S : गंधक रखने वाले अयस्कों को पिघलाने, H_2SO_4 के निर्माण, पेट्रोलियम की सफाई, जीवाश्म इंधन के दहन, कागज निर्माण, गंधक युक्त सामग्री को जलाने से और प्रकृति में प्वाला मुखी के फटने के कारण SO_2 और H_2S वायुमण्डल में पहुंचती हैं। SO_2 और H_2S के प्रभावित पौधों में निष्पत्रण (पत्तियों का गिरना) और वृद्धि में रूकावट देखी जाती है।

मनुष्यों में SO_2 के प्रदूषण से सिरदर्द, उल्टी, आंखें और श्वसन नली में उत्तेजना होती है। SO_2 जल के साथ अभिक्रिया कर H_2SO_4 बनाती है जो कि अम्ल वर्षा के रूप में नीचे गिरता है। इस संबंध में आप इस पाठ में आगे पढ़ेंगे।

नाइट्रोजन आक्साइड : नाइट्रोजनी यौगिकों का जीवाणुओं द्वारा अवायवीय टूटन नाइट्रोजन आक्साइडों का प्राकृतिक स्रोत है। जीवाश्म इंधन का दहन भी इनको निकालता है। पावर जनरेटर, वाहनो का धुंआ, विस्फोटक और नाइट्रोजनी उर्वरक उद्योग इनके अन्य मानवोद्भव स्रोत हैं।

NO₂ के कारण पीधों की पत्तियों और पूल जल्दी गिर जाते हैं। नाइट्रोजन आक्साइड प्रकाश रसायन घूम कोहरा, अम्ल जमाव और ग्रीन हाउस प्रभाव का भी एक स्रोत है।

CO₂ और CO: ईंधन गैस, कोयला और लकड़ी के दहन से CO₂ वायुमण्डल में पहुंचती है। CO मुख्यतया गैसोलिन इंजनों और दोषपूर्ण भट्टियों में कोयले के जलने से निकलती है। मोटर वाहनों के आंतरिक दहन इंजन उच्चस्तरीय पर CO और हाइड्रोकार्बन छोड़ते हैं। CO₂ की अधिकता से ग्लोबल वार्मिंग (विश्व तापन) होता है। CO प्रकाश रसायन तथा घूम कोहरा उत्पन्न करती है। मनुष्यों में CO का स्वास के साथ अन्दर आने से घातक प्रभाव होता है।

CO विषाक्तन : CO की हीमोग्लोबिन के प्रति बंधुता होती है। यह रूधिर के वर्णक हीमोग्लोबिन से संयुक्त होकर कार्बोक्सी हीमोग्लोबिन बनाता है। हीमोग्लोबिन (Hb) का सामान्य कार्य O₂ को ले जाना है। लेकिन O₂ की अपेक्षा CO दो सौ गुना अधिक तेजी से Hb से संयोग करती है जिससे ऊतकों को आक्सीजन नहीं मिलती है और वे कार्बोक्सीहीमोग्लोबिन, जो कि काले लाल रंग का होता है, के विषाक्त प्रभाव के कारण मर जाते हैं। CO विषाक्तन के शिकार लोगों के होंठ काले लाल रंग के होते हैं। हल्की CO विषाक्तन से फेफड़े के रोग जैसे ब्रोंकाइटिस और एम्फीसेमा रोग हो जाते हैं। सिगरेट के धुएँ से उत्पन्न CO, हीमोग्लोबिन को सिगरेट पीने वालों में अक्रियाशील बना देती है।

प्रकाश रसायन आक्सीकारक : प्राथमिक प्रदूषक जैसे नाइट्रोजन आक्साइड और हाइड्रोकार्बन वायुमण्डल में मिलकर द्वितीयक प्रदूषक जैसे कि परआक्सीएसिटिल नाइट्रेट (PAN) और ओजोन बनाते हैं। ऐसा सूर्य के UV विकिरण के प्रभाव में होता है। दोनों ही PAN और O₃ प्रकाश रसायन घूम कोहरा बनाते हैं जो पीधों के लिए विषाक्त होता है। मनुष्यों में इनसे आंखों में तत्तेजना, खांसी, सिरदर्द, गला सूखना, श्वसन संबंधी समस्याएँ और रक्तुरिसाव (हीमरेज) उत्पन्न हो जाते हैं।

तम्बाकू धुआँ : सिगरेट और बीड़ी के धुएँ में निकोटीन तथा सुंवासित हाइड्रोकार्बन जैसे तार होते हैं। इनके कारण रक्त दात्र और हृदय, स्वासनली और फेफड़ों की समस्याएँ, सिगरेट पीने वालों और उनके आस-पास के लोगों में उत्पन्न हो जाती हैं। सिगरेट पीना कैंसर भी उत्पन्न करता है। मानव की अनेक गतिविधियाँ जो वायु प्रदूषकों को वायुमण्डल में प्रवेश कराती हैं निम्नलिखित तालिका में संक्षेप में दर्शाये गए हैं (तालिका 32.2)।

तालिका 32.2 वायु प्रदूषण के मानवोद्भव स्रोत

क्रियाकलाप	प्रदूषक
जीवाश्म ईंधन का दहन	CO ₂ , CO, SO ₂ , NO ₂ हाइड्रोकार्बन (CH ₄ सम्मिलित है) विविक्त पदार्थ, फ्लाई ऐश
औद्योगिक गतिविधियाँ	SO ₂ विविक्त पदार्थ, प्रकाश रसायनिक तौर पर कियाशील हाइड्रोकार्बन क्लोरोक्लूरोकार्बन
संवहन विधियाँ	CO ₂ , CO, NO ₂ , घूम कुहरा बनाने वाले हाइड्रोकार्बन जिनमें CH ₄ सम्मिलित है
घनेमूलन	विविक्त पदार्थ, CO हाइड्रोकार्बन
घनस्थिति और जैवभार का दहन	CO, CO ₂ , NO ₂ , विविक्त कालिख, बहुचक्रा हाइड्रोकार्बन
कृषि विधियाँ	रुमिनेन्टों के पाचक नाल और धान की खेती में जलमग्न भूमि से CH ₄ भूमि में दिए गए नाइट्रेट उर्वरक के जीवाणु द्वारा विनाइट्रीकरण से उत्पन्न

पाठगत प्रश्न 32.2

1. वायुमण्डलीय प्रदूषण क्या है?
.....
2. दो विविक्त प्रदूषकों के नाम लिखिए।
.....
3. दो गैसीय प्रदूषकों के नाम बतायें।
.....
4. मीथेन के एक स्रोत का नाम बतायें।
.....
5. दो वायु प्रदूषकों के नाम बतायें जो प्रकाश रसायनिक धूम कोहरा बनाते हैं।
.....

32.8 वायुमण्डलीय प्रदूषकों की अधिकता का प्रकृति पर प्रभाव (बाहरी प्रदूषण)

अब आपको विभिन्न प्रकार के वायुमण्डलीय प्रदूषकों की जानकारी हो गयी है। इनमें से अधिकांश इंधन दहन के उत्पाद हैं और वायुमण्डल में तब से छोड़े जा रहे हैं जब से मनुष्य ने पहली बार लकड़ी और कोयले को जलाना प्रारम्भ किया था। ये प्रदूषक वायु मण्डल में उस अनुपात तक संचित हो गए हैं जहाँ वायुमण्डलीय संघटन सार्थक रूप से परिवर्तित हो गया है और भौतिक परिघटनाएँ जैसे प्रकाश रसायनी धूम कोहरा, अम्ल वर्षा, ओजोन की कमी, ग्रीनहाऊस प्रभाव और ग्लोबल वार्मिंग सामने आयी हैं। ये पौधों, पशुओं और मनुष्यों को हानिकारक हैं।

चित्र 32.4 में वायु मण्डलीय प्रदूषकों के चार प्रमुख प्रभावों को दिखाया गया है। चित्र में प्रदूषण से निकले तीन भौतिक परिघटना में उसके शामिल होने को दिखाते हैं। प्रदूषकों के स्रोत प्रदूषकों के नामों के नीचे दिखाये गये चार प्रमुख परिघटनाओं की एक एक करके विवेचना की गयी है। ये हैं: प्रकाश रसायन धूम कुहरा, अम्ल वर्षा, ग्रीन हाऊस प्रभाव और ओजोन शील्ड में कमी।

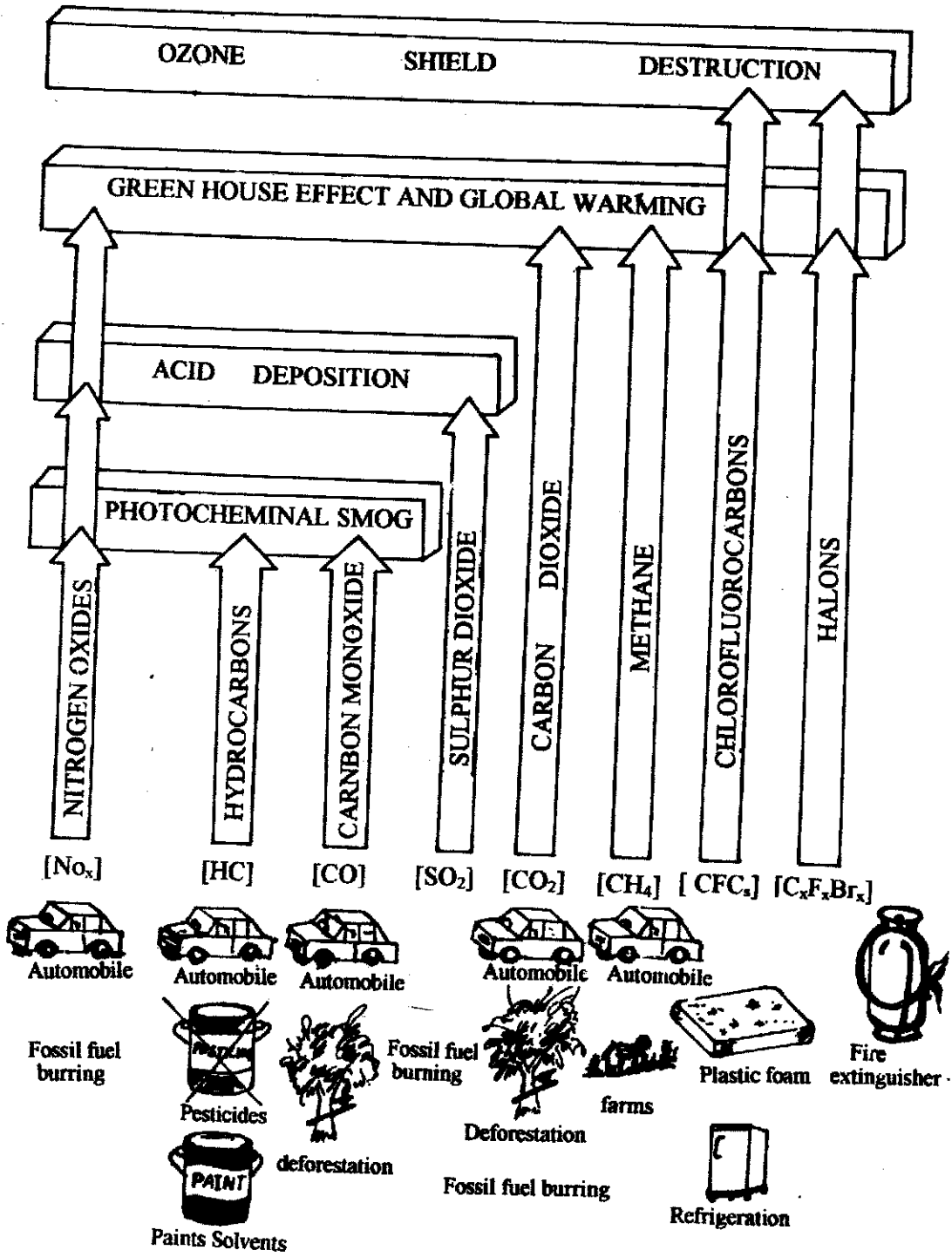
32.9 तापमान प्रतिलोमन और प्रकाश रसायन धूम कुहरा

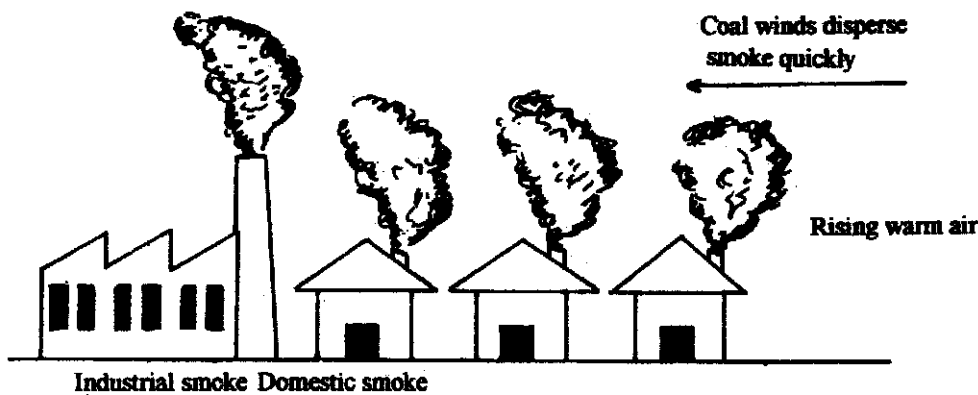
सल्फर डाइआक्साइड जैसा प्रदूषण जो गंधक रखने वाले इंधन के दहन से निकलता है और स्थिर वायु संहति में उपस्थित कालिख जैसा विविक्त पदार्थ सूर्य के प्रकाश में परिवर्तित होकर एक परत बनाते हैं जिसे प्रकाश रसायनी धूम कुहरा कहते हैं।

धूम कुहरा (स्मॉग) कुहरे, धुआँ और धूम का संयोजन है जो मिलों और कारखानों, घरों और वाहनों से निकलता है।

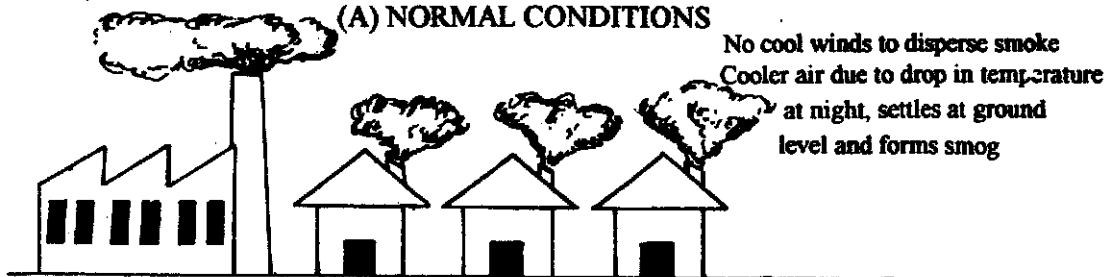
जब सूर्य का प्रकाश निम्न आर्द्र दशाओं में स्थिर वायु पर प्रदूषकों, जैसे SO_2 , कालिख, नाइट्रोजन आक्साइड और हाइड्रोकार्बन की उपस्थिति में पड़ता है तो प्रकाश रसायन धूम कुहरा बनता है। (प्रकाश रसायन : प्रकाश की उपस्थिति में रसायनिक अभिक्रिया)। धूम कुहरा भूतल के पास होता है और दृश्यता को कम करती है।

प्रकाश रसायन धूम कुहरा परऑक्सीएसिटल नाइट्रेट अथवा PAN और ओजोन के बनने के कारण PAN धूम कुहरा कहलाता है। PAN और O_3 सौर विकिरण की उपस्थिति में वायु में उपस्थित हाइड्रोकार्बनों और नाइट्रोजन आक्साइड से बनते हैं। PAN और O_3 प्रकाश रसायन ऑक्सीकारक कहलाते हैं। दोनों ही मनुष्यों के फेफड़ों

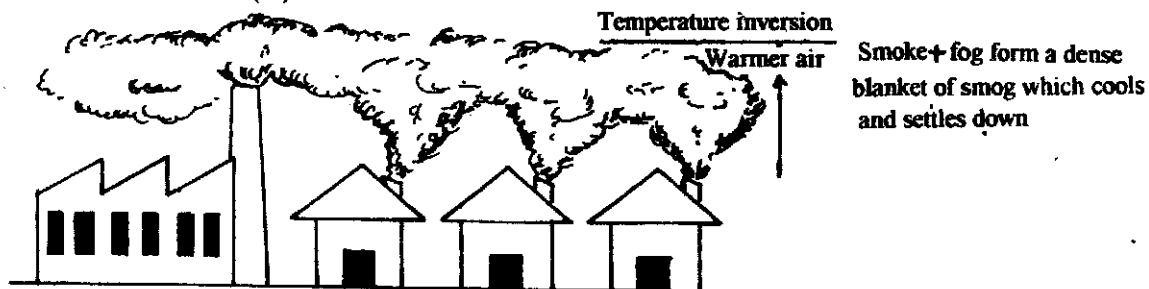




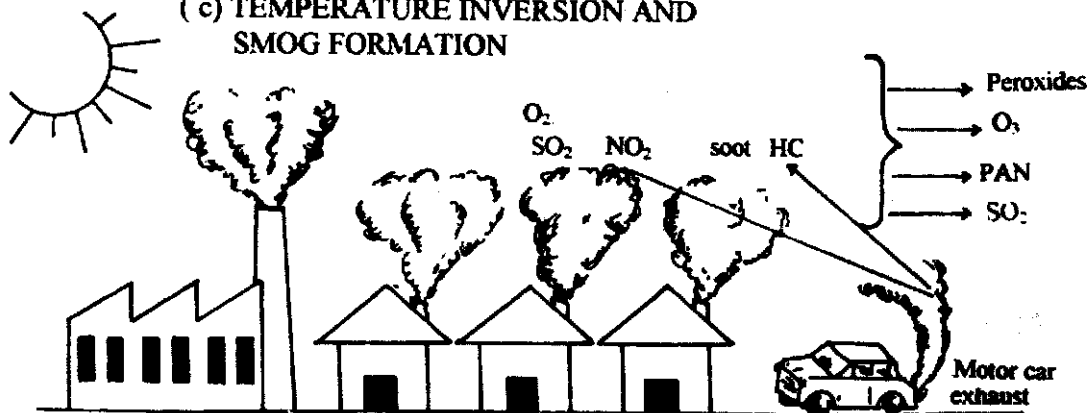
(A) NORMAL CONDITIONS



(B) FOG FORMATION



(c) TEMPERATURE INVERSION AND SMOG FORMATION



(D) PHOTOCHEMICAL SMOG

के लिए विषाक्त उत्तेजना वाले हैं।

धूम कुहरा का बनना तापमान प्रतिलोमन अथवा तापीय प्रतिलोमन के साथ होता है। तापमान प्रतिलोमन के कारण धूम कुहरा उठर जाता है और धरातल के पास रहता है। वायु इसको वहां ले जाती है। सामान्यतया गर्म वायु वायुमण्डल में उपर उठती है। जब धरातल स्तर पर ठन्डी वायु की परत उपर फैली गर्म स्थिर वायु के कारण रोक रखी जाती है तो यह अवस्था तापमान प्रतिलोमन अथवा तापीय प्रतिलोमन कहलाती है। (चित्र 32.5)।

धूम कुहरे के संपर्क में आने से श्वसन संबंधी परेशानियां, ब्रोंकाइटिस, गला खराब, ठन्ड, सिरदर्द और आंखों की उत्तेजना (आंखों का लाल होना) पैदा हो जाते हैं। धूम कुहरे से फसले नष्ट हो जाती हैं और फसल उपज कम हो जाती है।

32.10 अम्ल वर्षा

पावर संयंत्रों में सामान्य रूप से जलाये जाने वाले कोयले और तेल से वायु में SO_2 निकलती है। वाहनों का धुंआ भी आमतौर पर वायु में नाइट्रोजन आक्साइडों को छोड़ता है। SO_2 और नाइट्रोजन आक्साइड दोनों ही वायुमण्डल में जल वाष्प के साथ संयुक्त होकर HNO_3 और H_2SO_4 अम्लों में परिवर्तित होते हैं। इस प्रकार बने अम्ल वर्षा वापस पृथ्वी पर लौटते हैं अथवा अम्ल बर्फ अथवा सल्फेट और नाइट्रेट लवणों के रूप में जमा होते हैं।

वर्षा अपने शुद्धतम रूप में भी अम्लीय होती है। इसका पी.एच. 5.6 होता है। लेकिन उन क्षेत्रों में जो कोयला और तेल जलाने वाले उद्योगों और बड़ी संख्या में वाहन चलने वाले क्षेत्र के निकट होते हैं पी.एच नीचे जाकर 2 हो जाता है और वर्षा अधिक अम्लीय हो जाती है। पहाड़ी गिरिपाद बुरी तरह प्रभावित होते हैं। यहां नमी से भरी वायु अधिक ऊंचाई तक उठती है और संघनित होकर वर्षा अथवा बर्फ के रूप में गिरती है और प्रदूषकों को गिरा देती है। बसंत में बर्फ के पिघलने से प्रदूषक झीलों, नदियों और अन्य जलराशियों में पहुंच जाते हैं।

जब घुले हुए प्रदूषण वर्षा अथवा बर्फ (आर्द्र निक्षेपण) के रूप में गिरते हैं तो अम्ल वर्षण कहलाते हैं। शुष्क गैसों और लवणों का जमा होना शुष्क निक्षेपण कहलाता है। अम्ल वर्षा कई सौ से लेकर कई हजार किलोमीटर क्षेत्रों में फैलती है।

32.11 अम्ल वर्षा का प्रभाव

अम्ल वर्षा के कुछ प्रभाव नीचे दिए गए हैं :

1. अत्यधिक अम्ल सांद्रताएं पादप विषालु होती हैं। अम्ल वर्षा के कारण जंगलों में बड़े पैमाने पर पेड़ मृत हो जाते हैं।
2. समुद्री जल खनिजों में बहुत समृद्ध होते हैं और उनमें अधिक उभय प्रतिरोधन क्षमता होती है। लेकिन ताजा जल राशियों की उभय प्रतिरोधन क्षमता कम होती है और अम्ल के जमावों (निक्षेपों) का ताजा जल पारिस्थितिक तंत्र पर विषालु प्रभाव होता है।
3. परिपक्व (प्रजनन में समर्थ) मछली अम्ल वर्षा से भरी जल राशियों में जीवित रहती है लेकिन जनन नहीं करती है। अतः इस प्रकार के जल में नवजात मछली नहीं मिलती है।
4. प्रभावित इमारतों, और प्रतिमाओं की सतह-संस्कारित हो जाती हैं। चूना पत्थर, $CaCO_3$ संरचनाएं विशेष रूप से क्षतिग्रस्त होती हैं (चित्र 32.6)।

5. कायुमण्डल में जब अम्लीय सल्फर उपस्थित होता है तो आलस्य उत्पन्न करता है। अम्लीय धुंध जब भूजल पर गिरता है तो दृश्यता कम हो जाती है।



चित्र 32.6 कत्थर की प्रतिमा पर अम्लवर्षा का संक्षारित प्रभाव

32.11 ग्रीन हाऊस प्रभाव और ग्लोबलवार्मिंग (विश्व तापन)

तुमने कोयल पौधों को ग्लास कक्ष में उगाने देखा होगा जो कि बाहर की अपेक्षा भीतर गर्म होता है। ग्लास से सौर विकिरण अन्दर आ सकते हैं लेकिन बाहर नहीं जा सकते हैं। इसके परिणाम स्वरूप विकिरण ग्लास कक्ष में फँस जाते हैं।

CO_2 , NO_2 , CFC, हेलोन्स जैसी गैसों सूर्य की किरणों को अपने में से होकर निकलने देती हैं लेकिन गर्मी को अवशोषित करके दुबारा पृथ्वी पर वापस भेज देती हैं। अतः इनको ग्रीन हाऊस गैसों कहते हैं।

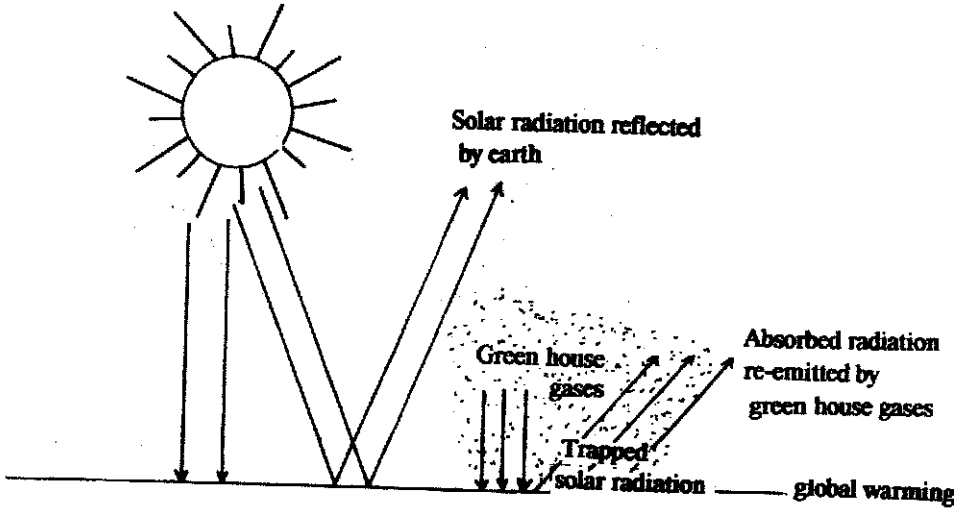
32.11.1 ग्रीनहाऊस गैसों

ग्रीन हाऊस गैसों की सूची नीचे दी गयी है

1. CO_2 : जीवाश्म इंधन के दहन से
2. NO_2 : डीजल उपभोग और प्राणिय अपशिष्ट से
3. CH_4 : जीवाण्वीय अपघटन, बायोगैस भरे धान के खेतों से
4. CFC : फ्रॉजोन (एक प्रशीतक) से
5. हेलोन्स (हेलोकार्बन) : अग्निशमनकों से

32.11.2 पृथ्वी का वायुमण्डल कैसे गर्मी को रोकता है?

सूर्य से आने वाले विकिरण पृथ्वी के वायुमण्डल में प्रवेश कर पृथ्वी तक पहुंचते हैं। पृथ्वी की सतह आंशिक तौर पर विकिरण को अवशोषित करती है। शेष इन्फ्रारेडियेशन (अवरक्त विकिरण) रूप में पुनः विकिरणित हो जाता है। प्रदूषित वायु में CO_2 , CH_4 , CFC , N_2O , O_3 के अणु और जल वाष्प अधिकता में उपस्थित होते हैं। ये गैसों अवस्था विकिरण को अवशोषित कर सकती हैं। अतः वायुमण्डल में यदि ग्रीन हाऊस गैसों का अनुपात बढ़ता है तो उनके द्वारा रोकी गयी उष्मा से पृथ्वी का तापमान बढ़ेगा और ग्लोबल वार्मिंग (विश्व तापन) होगी।



चित्र 32.7 ग्रीन हाऊस प्रभाव

32.11 ग्रीन हाऊस प्रभाव के परिणाम

ग्रीन हाऊस प्रभाव के कारण ग्लोबल वार्मिंग होती है जिसका वर्षा, समुद्र स्तर, पादप वृद्धि और प्राणियों पर बुरा प्रभाव पड़ता है।

1. **समुद्र के जल स्तर का बढ़ना :** यह अनुमान किया गया है कि ग्रीन हाऊस गैसों के प्रभाव को यदि रोका नहीं गया तो इस शताब्दी के अंत तक विश्व का तापमान $5^\circ C$ बढ़ जायेगा। तापमान के बढ़ने से ध्रुवी बर्फ चोटियां पिघलेंगी और समुद्र के जल की मात्रा और बढ़ा देगी। किसी भी प्रकार में गर्म होने से जल फैलता है। इसके कारण तटों पर बाढ़ आ जाएगी और शहरों तथा तटीय पारिस्थितिक तंत्रों जैसे कच्छों और दलदलों ही हानि होगी।
2. **सूखा :** $3^\circ C$ तापमान से 10% वर्षण की कमी होगी। इससे वर्षा कम होगी और और सूखे की दशाये पैदा हो जायेंगी।
3. **पौधे की वृद्धि पर प्रभाव :** सूखे के कारण पौधों में प्रकाश संश्लेषण में कमी आयेगी जिससे पौधों की वृद्धि कम होगी।
4. **प्राणियों पर प्रभाव :** गर्म दशाओं के कारण पीढ़कों की संख्या बढ़ेगी।
5. **जल की कमी :** तापमान में वृद्धि से वाष्पन तेजी से होगा जिसके कारण कृषि, शहरी और उद्योगिक उपयोग के लिए जल की कमी हो जाएगी।

गर्म दशाओं के कारण कार्बनिक पदार्थ का सूक्ष्मजैविक निम्नीकरण तेज हो जाएगा जो वायुमण्डल में CO_2 और CH_4 की मात्रा बढ़ा देगा।

32.12 ओजोन परत का टूटना

वायुमण्डल में दो स्तर होते हैं स्ट्रेटोस्फीयर और ट्रोपोस्फीयर। स्ट्रेटोस्फीयर पृथ्वी की सतह से 15-50 किलोमीटर की ऊंचाई पर स्थित होता है। इस स्तर के कुछ O_2 अणुओं को सूर्य की ऊर्जा तोड़ देती है और व्यष्टिगत (O) परमाणु स्वतंत्र हो जाते हैं जो आण्विक आक्सीजन से संयुक्त होकर O_3 बनाते हैं। इसे O_3 की परत बनती है जो UV किरणों को अवशोषित करके उन्हें पृथ्वी पर जाने से रोकती है। यदि UV किरणें हमारे वायुमण्डल में प्रवेश कर जाए तो जीवों के लिए भारी मात्राओं में UV विकिरण को सहन करना संभव नहीं होगा। ट्रोपोस्फीयर वह वायुमण्डलीय स्तर है जो पृथ्वी की सतह के निकटतम होता है उसका संघटन आप पहले पढ़ चुके हैं। वायुमण्डल में क्लोरोफ्लूरोकार्बनों (CFCs) अणुओं के छोड़े जाने से ओजोन परत नष्ट हुई है और अंटार्कटिक के दक्षिण ध्रुव और आर्कटिक के उत्तर ध्रुव पर "ओजोन छिद्र" बने हैं।

32.12.1 ओजोन को कम करने वाले गैस और ओजोन की कमी

ओजोन की परत में कमी मुख्य तथा निम्नलिखित कारणों से आयी है :

- क. क्लोरोफ्लूरोकार्बन (CFCs), उष्ण स्थानान्तरण कारक जो रेफ्रीजरेटर्स और एयर कन्डीशनर्स में उपयोग होते हैं और फोम कपों और कार्टनों (डिब्बे) में फोमिंग कारक।
- ख. हेलोनस अथवा हेलोकार्बन अग्निशमनक कारक हैं जिन्हें अग्नि शमनकों में प्रयोग करते हैं।

CFCs (फ्रीआनो) का जीवन काल 150 वर्ष होता है। यह समझा जाता था कि CFCs स्ट्रेटोस्फीयर तक पहुंच कर अक्रिय हो जायेंगे। लेकिन अब यह स्पष्ट हो गया है कि जब तापमान गिरता है जो वे स्ट्रेटोस्फीयरी वादलों में जमे कणों की सतहों पर रसायनिक तौर पर अभिक्रिया करते हैं और क्लोरीन निकालते हैं जो ओजोन परत की O_3 से अभिक्रिया करती है। न्यूक्लियर फिस्फोटकों और पराध्वनिक (सुपरसोनिक) जहाजों के कारण भी क्लोरीन और NO_2 का ऊंचाई पर संचयन होता है। NO_2 क्लोरीन से बने यौगिकों से अभिक्रिया करती है।

क्लोरीन का मोचन (निकलना) एक बार हो जाता है तो उसको अकेला एक परमाणु पृथ्वी की सतह पर क्लोराइड के रूप में स्थिर होने से पहले O_3 के लगभग 100,000 अणुओं को नष्ट कर देता है हेलोन इसी प्रकार ब्रोमीन छोड़ते हैं, वह भी ओजोन से अभिक्रिया करती है।

32.12.2 ओजोन की कमी के प्रभाव

ओजोन परत के टूटने से ट्रोपोस्फीयर में अधिक UV किरणें प्रवेश करेगीं और कई हानिकारक प्रभाव उत्पन्न होंगे जैसे कि:

1. पृथ्वी पर रह रहे पौधे और प्राणि मरने लगेंगे।
2. UV विकिरणों से धूम कुहरा तेजी से बनेगा।
3. पृथ्वी का तापमान बढ़ने से समुद्र का जल स्तर बढ़ेगा और निचले क्षेत्रों में बाढ़ आ जायेगी।
4. UV किरणें सीधे ही मनुष्यों की त्वचा पर गिरेगी जिससे त्वचा का कैंसर उत्पन्न होगा।
5. पौधों की पत्तियों में हरिमाहीनता (क्लोरोफिल की हानि और पीला पड़ना) उत्पन्न हो जायेगी।

32.13 मानवों पर वायु प्रदूषण के प्रभाव

वायु गतिमान है और वायु प्रदूषण का पारिस्थितिक तंत्र पर प्रभाव कम होता है क्योंकि हवा प्रदूषकों को उड़ा

ले जाती है। लेकिन जब हवायें शान्त होती हैं तो वायु प्रदूषण केवल क्षतिकारक ही नहीं बल्कि जीवन के लिए घातक भी हो सकता है।

वायुमण्डलीय प्रदूषण के क्षतिकारक प्रभावों का प्रदूषकों के विवरण के साथ वर्णन किया गया है। लम्बे समय तक मध्यम प्रदूषण का प्रभाव रोग और मृत्यु उत्पन्न करता है।

मानवों पर वायु प्रदूषण के कुछ विपरीत प्रभाव तातिका 32.3 में दिखाये गए हैं।

तालिका 32.3 मानवों पर वायु प्रदूषकों के प्रभाव

रोग/पेशानी	कारण
एम्फाइसीमा, ब्रोन्काइटिस	CO, SO ₂ , PAN, O ₃
आंखों की उत्तेजना, सिर दर्द	SO ₂ , PAN, O ₃
सिलिकोसिस, एस्वेस्टोसिस	निलम्बित विविक्त पदार्थ जैसे सिलिका, एस्वेस्टॉस
कोरोनरी धमनी रोग	तम्बाकू का धुआ
एनीमिया, गुर्दा यकृत क्षति	Pb
फ्लूओरोसिस	फ्लोराइड
त्वचा का कैंसर	ओजोन परत में कमी के कारण विकिरण, CFC और O ₃ सम्मिलित है
विषाक्तन, मृत्यु	CO

32.14 वायु प्रदूषण का नियंत्रण

जिस चिन्ताजनक दर से वायुमण्डल प्रदूषित हो रहा है उससे शीघ्र ही स्वस्थ मानवों के स्थान पर अधिक रोगी होंगे। समय की मांग है कि वायुमण्डलीय प्रदूषण पर शीघ्रता से रोक लगाई जाए।

अधिकांश वायु प्रदूषक क्योंकि जीवाश्म ईंधन के दहन के समय उत्सर्जित होते हैं। अतः वायु प्रदूषण नियंत्रण दो हो सकते हैं जिनकी नीचे व्याख्या की गयी है :

- (i) पहले उपगमन में वायु जिसमें हम सांस लेते हैं में होने वाले अनैच्छिक परिवर्तन को निम्नलिखित सावधानियां रख कर नियंत्रित किया जाए :
 - क. गंधक रहित तेल और कोयले का उपयोग करके वायु में प्रदूषकों को सीमित करना वाहनों में केटलेटिक कन्वर्टरों का उपयोग करना और अगशिष्ट सामग्री का जलाना रोकना।
 - ख. उद्योगों से निकलने वाले उत्सर्जनों के विरुद्ध कड़े उपाय करना।
- (ii) दूसरे उपगमन में जीवाश्म ईंधनों के स्थान पर ऊर्जा के अन्य स्रोतों का उपयोग करना जैसे कि वायु, जल, सौर शक्ति आदि का उपयोग करना। आन्तरिक दहन वाले इन्जनों के स्थान पर साहकिल अणु ऊर्जा बैटरी की शक्ति से चलने वाले वाहनों का उपयोग करना। सेवा वाहनों में लेड (सीसा) मुक्त पेट्रोल का उपयोग करना।

इन सबके ऊपर यह आवश्यक है कि आम जनता को शिक्षित किया जाए। वायु प्रदूषण प्रत्येक मनुष्य की चिन्ता होनी चाहिए। तभी वायु स्वस्थ रहने के लिए अच्छी रह सकेगी।

पाठगत प्रश्न 32.3

1. धूम कुहरा क्या है?
.....
2. दो प्रकाश रसायन ऑक्सीकारकों के नाम बतायें।
.....
3. दो गैसों के नाम बताये जो अम्ल वर्षा करती हैं।
.....
4. किन्ही चार ग्रीन हाऊस गैसों का उल्लेख करें
.....
5. वायु में फ्रीआनों और हेलोनो के स्रोत क्या हैं?
.....
6. प्रतिमाओं पर अम्ल वर्षा का क्या प्रभाव होता है?
.....
7. वायु प्रदूषण के नियंत्रण की एक विधि बतायें।
.....

32.15 आपने क्या सीखा

- मनुष्य ने शहरीकरण, औद्योगिकीकरण और गहन खेती संबंधी गतिविधियों से प्राकृतिक संतुलन को बिगाड़ दिया है।
- वायुमण्डल गैसा का बना होता है जिसमें नाइट्रोजन 78%, आक्सीजन 21%, कार्बन डाइऑक्साइड 0.1 से 0.3% और अक्रिय गैसों 1% होती है।
- कार्बन श्वसन और प्रकाश संश्लेषण द्वारा अकार्बनिक रूप से कार्बनिक रूप में सक्रिय रूप से चक्रित होता है। क्षय चक्र कार्बनिक कार्बन को अकार्बनिक कार्बन में परिवर्तित करता है।
- श्वसन की अर्वाधि से भोजन एन्जाइम नियंत्रित चरणों की श्रृंखला से आक्सीकृत होता है जिसमें ग्लूकोस के रासायनिक आबंध टूट कर ऊर्जा मुक्त करते हैं और CO_2 निकलती है।
- प्रकाश संश्लेषण में हरे पादप सौर ऊर्जा को पकड़ते हैं और CO_2 तथा H_2O से मांड (स्टार्च) का संश्लेषण करते हैं। आक्सीजन वायु में निकल जाती है।
- मृत्यु के बाद जीव सूक्ष्मजीवों द्वारा निम्नीकृत होते हैं। इसके परिणाम स्वरूप कार्बन पर्यावरण में वापस चला जाता है।
- मिथेनोजनिक जीवाणु CO_2 को CH_4 और CH_4 को आक्सीकृत करके कार्बन निकालते हैं।
- कार्बन चक्र बहुत महत्वपूर्ण जैव भू रसायनिक चक्र है। वायुमण्डल की CO_2 प्यालामुखी की क्रिया, दहन और जीवों के श्वसन से प्राप्त होती है। CO_2 पौधों द्वारा प्रकाश संश्लेषण के लिये ले ली जाती है। लम्बे समय तक दबे रहने और लम्बे समय के अंतराल में संघनन से कार्बन कोयले और पेट्रोलियम (जीवाश्म ईंधन) में बदल जाता है। मानव गतिविधियां कार्बन चक्र को विक्षोभित करती हैं।
- वायु प्रदूषण के निम्न कारण होते हैं :
(i) विविक्त पदार्थ (F, Pb, कालिख, धूल)

- (ii) हाइड्रोकार्बन के बने ऐरोसॉल
- (iii) SO_2 और NO_2 जैसे गैस।

ये अधिकतर जीवाश्म इंधन के दहन से निकलते हैं।

- सूर्य के प्रकाश से NO_2 और हाइड्रोकार्बन परिवर्तित होकर प्रकाश रसायन धूम कुहरा बनाते हैं। धूम कुहरा धुएँ और कुहरों का संयोजन होता है। वाहनों के धुएँ से NO_2 और हाइड्रोकार्बन निकलते हैं।
ये PAN (परऑक्सीएसिटल नाइट्रेट) बनाते हैं जो ओजोन और SO_2 के साथ प्रकाश रसायन धूम कुहरा बनाते हैं।
- धूम कुहरा ठन्डा होकर पृथ्वी के पास स्थिर हो जाता है और कंबल बनाता है जबकि गर्म हवा उसे ढके रहती है। अतः तापमान प्रतिलोमन होता है जिसमें सामान्य देशों के विपरीत गर्म वायु ऊपर और ठन्डी वायु नीचे होती है।
- SO_2 और NO_2 अम्ल बनाते हैं जो H_2SO_4 और HNO_3 के रूप में प्रतिमाओं पर गिरकर उन्हें खराब कर देते हैं। यह अम्ल वर्षण कह लाता है। ये लवणों (सल्फेट और नाइट्रेट की भांति गिर सकते हैं। अम्ल वर्षा पेड़ों को मारती है, मछली के जनन) को रोकती है और दृश्यता को कम करती है।
- ग्रीन हाऊस गैस है: CO_2 , NO_2 , CH_4 , क्लोरोफ्लूरोकार्बन्स और हेल्गेन्स। ये सौर विकिरण को रोकती है और ग्लोबल वार्मिंग उत्पन्न करती है।
- ग्रीन हाऊस के प्रभाव के कारण होने वाली ग्लोबल वार्मिंग से सूखा पड़ता है, समुद्र का स्तर बढ़ता है, वर्षा में कमी आती है और जल की कमी होती है।
- क्लोरोफ्लूरोकार्बन रेफ्रीजिरेटों और फोम प्यालों में ऐरोसॉल की भांति उपयोग होते हैं और हेल्गेन्स अग्निशमनकों की भांति उपयोग किए जाते हैं। इनको जब वायु में छोड़ा जाता है तो ओजोन की परत जो हमें सौर विकिरण के हानिकारक प्रभावों से बचाती है, में कमी आती है। यह आशंका की जाती है कि ओजोन की कमी से मनुष्यों पर क्षतिकारक प्रभाव होंगे जैसे कैंसर उत्पन्न होना।
- वायु प्रदूषण से श्वसन रोग जैसे एम्फाइसीमा और ब्रोंकाइटिस, आंखों की उत्तेजना, फलूओरोसिस, कैंसर और मारक घातकता हो सकते हैं।
- नियंत्रण उपायों में सम्मिलित हैं गंधक रहित तेल और कोयले का उपयोग, ऊर्जा के अन्य स्रोतों जैसे वायु और सौर शक्ति का उपयोग, साईकिल और बैटरी से चलने वाले वाहनों का प्रयोग, अपशिष्टों का अविवेकीय जलाना रोकना, उद्योगों से निकलने वाले उत्सर्जनों के निकलने को रोकने के कड़े उपाय करना, तथा जनता को समझाना और वायु प्रदूषकों को निकालने के विरुद्ध सावधान करना।

32.6 पाठान्त प्रश्न

1. जीवाश्म इंधन कैसे बनाता है?

.....

2. SO_2 और NO_2 पौधों और प्राणियों पर हानिकारक प्रभाव क्या है?

.....

3. कार्बन मोनो आक्साइड विषाक्तन पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखो।

4. तापीय प्रतिलोमन क्या है और कैसे होता है?
.....
5. अम्ल वर्षा के अनेक प्रभावों का वर्णन करो।
.....
6. ओजोन छिद्र क्या है? ओजोन की कमी के प्रभाव क्या हैं?
.....
7. ग्लोबल वार्मिंग के कारण समुद्र तल कैसे बढ़ता है?
.....
8. ग्रीन हाउस गैसों कैसे ग्लोबल वार्मिंग उत्पन्न करती हैं?
.....
9. वायु प्रदूषण से मनुष्यों में वाले पांच रोगों/परेशानियों का वर्णन कीजिए। प्रत्येक को उत्पन्न करने वाले प्रदूषकों का उल्लेख कीजिए।
.....
10. वायु प्रदूषण को नियंत्रित करने वाले विभिन्न उपायों का उल्लेख कीजिए।
.....

अपने उत्तर की जांच कीजिए

पाठगत प्रश्न 32.1

1. नाइट्रोजन
2. नाइट्रोजन/आक्सीजन/कार्बन डाक्साइड
3. पौधे/वे अपना भोजन स्वयं बनाते हैं
4. ग्लूकोस
5. क्लोरोफिल
6. सूक्ष्मजीवियों द्वारा क्षय और अपघटन
7. उपभोक्ता
8. (i) ज्वालामुखी उद्गार और (ii) दहन

पाठगत प्रश्न 32.2

1. वायुमण्डल में अनैच्छिक परिवर्तन
2. कालिख, फ्लोराइड, सीसा, धूल, NaCl (कोई दो)

3. $\text{SO}_2, \text{CO}_2, \text{NH}_2, \text{H}_2\text{S}$ (कोई दो)
4. मिथेनोजनिक जीवायु, रूमिनेन्ट का पेट, जल मग्न धान के खेतों में किण्वन
5. PAN और O_3

पाठगत प्रश्न 32.3

1. धूम कोहरा और धुआ
2. O_3 और PAN
3. SO_3, NO ,
4. $\text{CO}_2, \text{NO}_2, \text{CH}_4, \text{CFC}$, हेलोजन
5. प्रशीतक, अग्निशमनक
6. उनको संक्षारित करते हैं
7. देखें खण्ड 32.13

पाठान्त प्रश्न

1. देखें खण्ड 32.5
2. देखें खण्ड 32.6
3. देखें खण्ड 32.6
4. देखें खण्ड 32.9
5. देखें खण्ड 32.10
6. देखें खण्ड 32.12
7. देखें खण्ड 32.11
8. देखें खण्ड 32.11
9. देखें खण्ड 32.13
10. देखें खण्ड 32.14

33

जल प्रदूषण

33.1 भूमिका

पृथ्वी पर जल हर प्रकार के जीवन के लिए आवश्यक है। प्रतिदिन हमें पीने तथा सफाई के लिए कई लीटर जल की आवश्यकता होती है। हमारे देश में अभाग्यवश हम कई स्थानों पर मानव उपभोग के लिए साफ, सुरक्षित जल उपलब्ध नहीं करा पा रहे हैं। जैविक स्रोत जैसे कि मानव और पशु के मल अपशिष्ट, उद्योगों और कृषि में उपभोग किए जाने वाले पीड़कनाशियों के आविषालु अपशिष्ट पेय जल को प्रदूषित करते हैं, जिससे अक्सर कई घातक जल जनित रोग उत्पन्न होते हैं। आविषालु रसायनों से मानव की मृत्यु भी हो जाती है।

इस पाठ में हम विभिन्न प्रकार के जल प्रदूषकों, मानव स्वास्थ्य और पर्यावरण पर उनके प्रभाव और अन्त में जल प्रदूषण से बचने की सुरक्षात्मक विधियों का वर्णन करेंगे।

33.2 उद्देश्य

इस पाठ को पढ़ने के बाद आप :

- पृथ्वी के जल संसाधनों की सूची बनो सकेंगे,
- प्रमुख जल प्रदूषकों के प्रकार, उनके स्रोत और प्रभावों को सूचीबद्ध कर पाएंगे,
- प्राकृतिक अशुद्धियों और मानवनिर्मित प्रदूषकों के बीच भेद कर पाएंगे,
- जैविक ऑक्सीजन मांग (बी.ओ.डी.) संकल्पना का उपयोग और जलकाय में कार्बनिक अपशिष्ट की वृद्धि और बैक्टीरिया द्वारा इसके सूक्ष्मपोषकों में परिवर्तन से होनेवाली सुपोषण-समृद्धि के कारण आये परिवर्तनों का लेखा दे पाएंगे,
- जल प्रदूषण की रोकथाम की विधियां बता पाएंगे,
- वाहित मल के प्राथमिक, द्वितीयक और तृतीयक उपचार की तुलना कर सकेंगे और
- देश में जल प्रदूषण की रोकथाम के आवश्यक वैधानिक उपायों को बता पाएंगे।

33.3 पृथ्वी के जल संसाधन

पृथ्वी का अधिकांश जल समुद्रों का लवणीय जल (लगभग 97%) है। यह इतना अधिक लवणीय है कि इसे पीने, कृषि और औद्योगिक प्रयोजनों के लिए उपयोग नहीं किया जा सकता है। शेष 3% अलवण जल है। अलवण जल का लगभग 75% ध्रुवीय बर्फ छत्रकों और ग्लेशियरों में आबद्ध रहता है तथा शेष मात्रा भूमि के भूपृष्ठ में काफी गहराई पर भूजल के रूप में पायी जाती है। अलवणीय जल जिसका हम उपयोग करते हैं, दो स्रोतों से आता है।

(i) भूपृष्ठ जल (सरितायें, नदियां, झील आदि)

(ii) भूतल जल (पृथ्वी के भूपृष्ठ के नीचे उपस्थित जल)

आइए इनके बारे में विस्तार से पढ़ें।

(i) **भूपृष्ठ जल** : ऐसा आंकलन किया गया है कि पृथ्वी पर गिरनेवाले कुल वर्षण (जल वर्षा और बर्फ) का लगभग एक तिहाई मात्र भूपृष्ठ से बहकर सरिताओं और नदियों में चला जाता है। दूसरा एक तिहाई पौधों द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है और शेष एक तिहाई मृदा में निस्पंदन द्वारा नीचे जाकर भूजल बनता है।

वर्षण (वर्षा अथवा बर्फ) जो सरिताओं, नदियों और झीलों में बह जाता है भूपृष्ठ जल कहलाता है।

भूपृष्ठ जल में अपने को शुद्ध करने की प्राकृतिक प्रवृत्ति होती है। इसमें ऐसे विशेष जीव होते हैं जो प्रदूषकों को हानिरहित पदार्थों में विघटित कर देते हैं।

भूजल (भूतल जल) : भूजल (कुएँ और झरने) ही प्रायः गावों और छोटे कस्बों में जल आपूर्ति का अकेला स्रोत होता है। भूजल लम्बी दूरियों तक पृथ्वी के पृष्ठ के नीचे उपलब्ध विशाल रिक्त स्थान के कारण गति कर सकता है। इस प्रकार यदि कुछ अशुद्धियाँ भूजल में एक स्थान पर निस्पंदित हो जाएँ तो उन्हें स्रोत के स्थान से दूर दूसरे स्थान पर प्रेषित किया जा सकता है। यद्यपि निलम्बित अशुद्धियों और जीवाणिक संदूषण को मृदा पदार्थ द्वारा दूर कर दिया जाता है जो कि अवशोषक और जल छत्रों का कार्य करता है।

33.4 जल प्रदूषकों के प्रकार (शुद्धजल प्रदूषण)

जल काय में होने वाला कोई भौतिक, रासायनिक अथवा जैविक परिवर्तन जिसका जीवित जीवों पर अवांछनीय प्रभाव पड़ता हो, जल प्रदूषण कहलाता है। यह मूल रूप से दो कारकों द्वारा होता है : औद्योगिकीकरण और जनसंख्या विस्फोट।

जल प्रदूषण की समस्या जल के महान विलायक गुणों के कारण और जटिल हो गयी है। जल का उपयोग चाहे वह धुलाई, सिंचाई, मलजल अथवा घरेलू अपशिष्ट को बहाने, शीतलन और औद्योगिक कामों के लिए किया जाए जल में अवांछनीय अशुद्धतायें छोड़ जाता है। शुद्ध जल प्रदूषण दो प्रकार के होते हैं : भूपृष्ठ जल प्रदूषण और भूतल जल प्रदूषण। जब प्रदूषक सरिता, नदी अथवा झील में प्रवेश करते हैं तो यह भूपृष्ठ जल प्रदूषण कहलाता है। यदि प्रदूषक भूतल में रिस कर जलभर में प्रवेश कर जाते हैं तो यह भूतल जल प्रदूषण कहलाता है।

33.4.1 भूपृष्ठ जल प्रदूषण

प्रायः दो प्रकार के जल प्रदूषण स्रोतों पर ही विचार किया जाता है। वे हैं : पॉइन्ट (बिन्दु) और नॉन-पॉइन्ट (अबिन्दु) स्रोत।

जलप्रदूषण के पॉइन्ट स्रोत वे हैं जो कि प्रदूषकों अथवा बहिःस्त्रावों (जैसे कि घरेलू अथवा औद्योगिक अपशिष्ट) को अलवणीय जल के विभिन्न जल कार्यों में छोड़ते हैं। इस प्रकार के प्रदूषण स्रोत को प्रभावी रूप से नियंत्रित किया जा सकता है।

जल प्रदूषण के नॉन-पॉइन्ट स्रोत प्रायः वे बिखरे हुए स्रोत हैं जो कि विशाल क्षेत्रों में फैले हुए हैं। उदाहरण के लिए संदूषित जल जो कृषि फार्मों, निर्माण स्थलों, त्याग दी गयी खानों से होकर सरिताओं और झीलों में बह जाता है। इस प्रकार के जल प्रदूषण को नियंत्रित करना बहुत कठिन होता है।

आइए अब विभिन्न प्रदूषकों के बारे में जानकारी प्राप्त करें।

जल प्रदूषण के प्राकृतिक स्रोत : जल प्रदूषण के प्राकृतिक स्रोत निम्नलिखित हैं :

- सिल्टीकरण (जिसमें मृदा, बालू और खनिजकण सम्मिलित है) सामान्य प्राकृतिक घटना है जो अधिकांश जल कार्यों में होती है। अविवेकपूर्ण वन कटाई से मृदा ढीली हो जाती है और बाद जल पहाड़ों से सिल्ट को सरिताओं, नदियों और झीलों में लाता है।
- प्राकृतिक जलों में फ्लोराइड आयन (F^-) की उच्च सांद्रता गम्भीर स्वास्थ्य संकट है क्योंकि 0.7 भाग प्रति मिलियन (पीपीएम) सांद्रता से अधिक फ्लोराइड से फ्लूओरोसिस हो सकती है। भारत में 12 फ्लोराइड विशेष क्षेत्रीय राज्य हैं: आंध्रप्रदेश, दिल्ली, गुजरात, कर्नाटक, पंजाब, राजस्थान, तामिलनाडु, उत्तरप्रदेश, महाराष्ट्र, मध्य प्रदेश, बिहार और उड़ीसा। इन प्रदेशों के लोगों में दंततीय और कंकाली फ्लूओरोसिस का उच्च प्रतिशत पाया गया है।
- पश्चिमी बंगाल के विस्तृत क्षेत्रों में भूतल जल आर्सेनिक से संदूषित पाया गया है। इस जल को पीने से आर्सेनिकोसिस (आर्सेनिक विषाक्तता), हो जाती है। यह विशेष प्रकार का कैंसर है जो शरीर के विभिन्न भागों में हो जाता है।

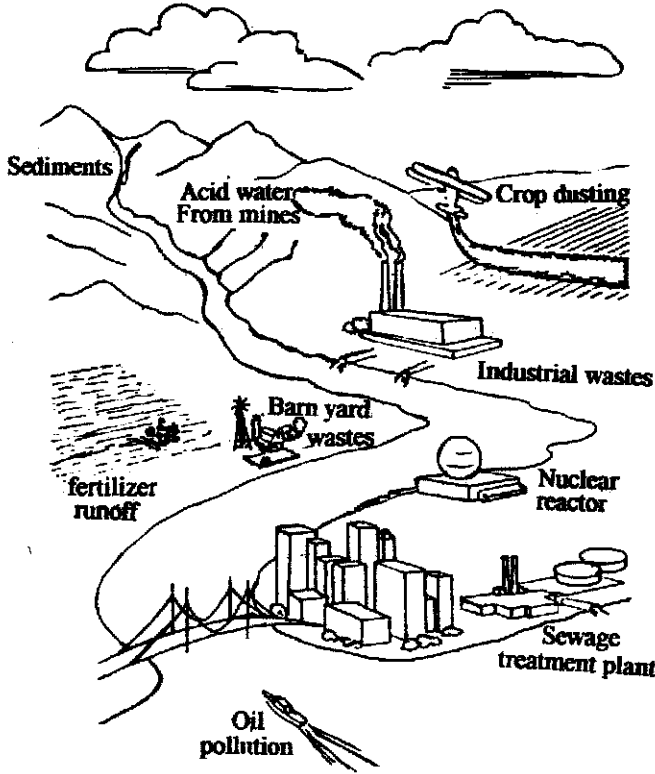
जलप्रदूषण के कृत्रिम (मानव निर्मित) स्रोत : कई सौ वर्षों से मानवजाति ने नदियों, झीलों, सरिताओं और सपुद्रों का उपयोग घरेलू (वाहित मल और अपशिष्ट जल), औद्योगिक और कृषि के अपशिष्टों को बहाने (प्रधावन) में किया है। इसके अतिरिक्त कुछ पदार्थ जल के बाह से भूमि में रिसकर विभिन्न जल कार्यों में प्रवेश कर गए। जल प्रदूषण के विभिन्न कृत्रिम स्रोत हैं:

- वाहित मल प्रदूषण (घरेलू अपशिष्ट और पशु अपशिष्ट)
- औद्योगिक प्रदूषण
- कृषि प्रदूषण
- रेडियोऐक्टिव और तापीय प्रदूषण

क) वाहित मल प्रदूषण :

वाहित मल में कचरा, साबुन, अपमार्जक, व्यर्थ खाद्य, मानव मल होता है और यह जल प्रदूषण का अकेला बड़ा स्रोत है। रोगजनक (रोग उत्पन्न करने वाले) सूक्ष्मजीव वाहित मल के द्वारा जल प्रणाली में प्रवेश करते हैं। टाइफाइड, हैजा, आंत्रशोथ और दस्त प्रायः संक्रमित जल पीने से होते हैं। वाहित मल से प्रदूषित जल में अन्य बैक्टीरिया और वायरस भी हो सकते हैं जो उपचार के प्रतिरोधी हैं और मानव स्वास्थ्य पर बुरे प्रभाव डाल सकते हैं। इन प्रदूषकों में से कुछ जैसे कार्बनिक पदार्थ ऑक्सीजन की मांग करने वाले पदार्थ हैं। ये जल कार्यों को आक्सीजन विहीन बनाने के उत्तरदायी होते हैं। यह दशा जलीय जीवन के लिए हानिकारक है।

विभिन्न जलकार्यों में प्रवेश करने वाली अन्य सामग्री हैं, नाइट्रेट और फॉस्फेट। ये सैवाल की वृद्धि में सहायक होते हैं जिसे शैवाल प्रस्फुटन (नील हरित जातियां) कहते हैं। यह प्रक्रम सुपोषण कहलाता है। इसका विवरण विस्तार से अगले खण्ड में दिया गया है।



चित्र 33.1 : जल प्रदूषण के कृत्रिम स्रोत

ख) औद्योगिक अपशिष्ट : कई उद्योग नदियों अथवा अलवणीय जल सरिताओं के पास स्थित होते हैं। ये उद्योग अपने अनुप्रचारित बहिःस्रावों को नदियों में विसर्जित करते हैं। अधिकतर उद्योग अत्यधिक आविषाक्त भारी धातुएँ जैसे क्रोमियम, अर्सेनिक, लोड, मरकरी आदि खतरनाक कार्बनिक और अकार्बनिक अपशिष्टों (जैसे अम्ल, क्षार, सायनाइड, क्लोराइड आदि) के साथ विसर्जित करते हैं। उदाहरण के लिए गंगा नदी में टेक्स्टाइल, चीनी, कागज और लुग्दी मिलों, चमड़ा उद्योग, रबड़ और पीड़कनाशी उद्योग के अपशिष्ट पहुँचते हैं। इस तरह के अधिकतर प्रदूषक सूक्ष्मजीवों द्वारा होने वाले भंजन के प्रतिरोधी होते हैं (अजैवनिम्नीकरणीय) और रासायनिक तौर पर संदूषित जल फसलों की वृद्धि को क्षति पहुँचाती है और पीने के योग्य नहीं होता।

प्लास्टिक, कॉस्टिक सोडा और कुछ कवकनाशी और पीड़कनाशी बनाने वाली फैक्टरियाँ निकट के जलाशय में मरकरी के साथ साथ अन्य बहिःस्रावों को छोड़ती है। मरकरी खाद्य श्रृंखला में बैक्टीरिया, शैवाल, मछली द्वारा प्रवेश कर अन्त में मानव शरीर में पहुँचता है। मरकरी की आविषालुता जापान में 1953-60 में मिनामाटा खाड़ी त्रासदी के रूप में सामने आयी। मछली मरकरी के उपभोग के कारण मरी और जिन्होंने मछली खायी वे मरकरी आविषाक्तता से प्रभावित हुए तथा काफी लोगों की मृत्यु हो गयी। मरकरी आविषाक्तता के मंद लक्षण अवसाद और उत्तेजनशीलता हैं, लेकिन तीव्र आविषालु प्रभाव पक्षाघात, अंधापन, पागलपन और जन्म-दोष उत्पन्न कर सकती है। जल और मछली के ऊतको में मरकरी की उच्च सांद्रता तलछत में अवांछनीय बैक्टीरिया द्वारा विलेय, मोनोमिथाइल मरकरी आयन (CH_3Hg^+) और वाष्पशील डाइमिथाइल मरकरी ($(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$) बनाने का परिणाम है।

ग) कृषि अपशिष्ट : फार्मों, कसाइखानों, मुर्गी फार्मों, लवणों और सिल्ट से खाद, उर्वरक, पीड़कनाशी अपशिष्ट कृषि भूमियों से वर्षा के साथ वाहित हो जाते हैं। बड़ी मात्रा में उर्वरकों (फास्फेट और नाइट्रेट) अथवा खादों को प्राप्त करने वाले जलाशय में पोषकों की मात्रा अधिक हो जाती है। इससे सुपोषण होता है और फलस्वरूप ऑक्सीजन में कमी आती है। नाइट्रेटों में समृद्ध जल का उपभोग मानव स्वास्थ्य, विशेषकर बच्चों के लिए

हानिकारक होता है। पीड़कनाशियों (डीडीटी, डाइएल्ड्रिन, एल्ड्रिन, मैलाथियान, कार्बेरिल आदि) का उपयोग कीटों और कृन्तक पीड़कों को मारने में किया जाता है। पीड़कनाशियों के आविषालु अवशिष्ट पेयजल अथवा खाद्य श्रृंखला (जैव आवर्धन) से होकर मानव शरीर में प्रवेश करते हैं। ये यौगिक जल में कम विलेय लेकिन वसा में अत्यधिक विलेय होते हैं। उदाहरण के लिए नदी के जल में डीडीटी की सांद्रता बहुत कम हो सकती है लेकिन कुछ मछलियों में समय अंतराल पर डीडीटी इतनी बड़ी मात्रा में सांचत हो जाती है कि वे मानव उपभोग के लिए अनुपयुक्त हो जाती हैं। हमारे देश में पीड़कनाशियों का उपयोग तेजी से बढ़ रहा है।

कुछ पीड़कनाशी बहुत अधिक आविषालु होते हैं। ऐसे पीड़कनाशियों से छिड़काव किए गए खेतों में चरने पशुओं में वे उपापचयित हो जाते हैं। इसीलिए ये विषाक्त रसायन प्रायः मानव खाद्य श्रृंखला में प्रेषित होते हैं। मानवों में इन रसायनों की छोटी मात्राएँ भी हार्मोन असंतुलन पैदा कर कैंसर उत्पन्न कर सकती है।

घ) भौतिक प्रदूषक : भौतिक प्रदूषक कई प्रकार के होते हैं। नीचे कुछ का विस्तार से वर्णन किया गया है :

- (i) **रेडियोएक्टिव अपशिष्ट :** जल में पाये जानेवाले न्यूक्लियाइड रेडियम और पोटेशियम-40 हैं। ये समस्थानिक प्राकृतिक स्रोतों से खनिजों के निष्कालन के कारण उत्पन्न होते हैं। जलाशय यूरेनियम और थोरियम खानों, नाभिकीय पावर संयंत्रों से आकस्मिक तौर पर रिसाव के कारण और उद्योगों, अनुसंधान प्रयोगशालाओं और अस्पतालों में समस्थानिकों के उपयोग के कारण भी प्रदूषित हो सकते हैं। मानव शरीर में रेडियोएक्टिव पदार्थ जल और भोजन से होकर प्रवेश करते हैं तथा रूधिर और कुछ महत्वपूर्ण अंगों में संचित हो सकते हैं। ये अर्बुद और कैंसर पैदा करते हैं।
- (ii) **तापीय प्रदूषण :** अनेक उद्योगों, नाभिकीय पावर संयंत्रों और तापीय संयंत्रों के शीतलन के लिए जल की आवश्यकता होती है और परिणामी जल नदियों अथवा झीलों में छोड़ दिया जाता है। इसका परिणाम तापीय प्रदूषण होता है जिससे जलाशय की परिस्थितिकी में असंतुलन पैदा हो जाता है। उच्च तापमान घुली ऑक्सीजन स्तर (जो कि समुद्री जीवन के लिए बहुत आवश्यक है) को जल में ऑक्सीजन की विलेयता को घटाकर कम कर देता है। मछली और अन्य जलीय जीव जल के तापमान में आये अचानक परिवर्तनों से मर सकते हैं।
- (iii) **तेल प्रदूषण :** समय समय पर हम तेल के टैंकरों से कूड तेल तथा अन्य संबंधित पदार्थों के आकस्मिक तौर पर समुद्री जलों में छलकने के अतिरिक्त तेल शोधनशालाओं, तेल खोजने के स्थलों और ऑटोमोबाइल सर्विस केन्द्रों से विभिन्न जलाशय प्रदूषित होते हैं। जल सतह पर तैरने वाले तेल स्लिक-से समुद्री जीवों की मृत्यु होती है और समुद्र का परिस्थितिक तंत्र बुरी तरह प्रभावित होता है।

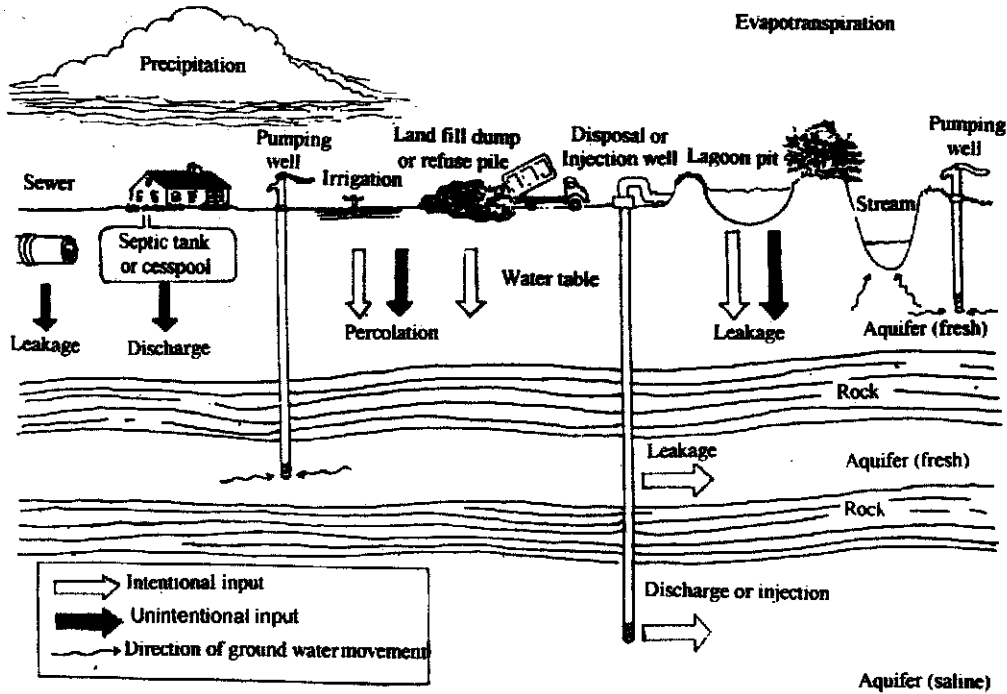
जल प्रदूषकों को कुछ सामान्य श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है। इन का सार तालिका 33.1 में दिया गया है।

33.4.2 भूतल जल प्रदूषण

हमारे गांवों और अनेक कस्बों में भूजल ही पेय जल का अकेला स्रोत है। इसलिए भूतल जल का प्रदूषण गम्भीर चिंता का विषय है। भूतल जल कई प्रकार से प्रदूषित होता है। कच्चे वाहित मल को मृदा पर डालने की रीति और अवसाव गड़बड़ तथा सेप्टिक टैंकों में भरे प्रदूषक भूतल जल को प्रदूषित करते हैं। मृदा के रंजीय स्तर ठोसकणों को रोक लेते हैं और द्रव्य को जाने देते हैं। ठोस संदूषकों को प्रायः मृदा अवशोषित करके अपने में सीमित रखती है। यद्यपि कि विलेय प्रदूषक भूतल जल से मिलने में सफल हो जाते हैं क्योंकि भूतल जल की गति रंजीय शैल से होकर बहुत धीमी होती है अतः भूतल जल से मिले प्रदूषक सरलता से तनुकृतम नहीं होते। इसके अतिरिक्त भूतलजल का वायु के साथ (भूपृष्ठ जल की तुलना में) संपर्क नहीं होता है। इसलिए भूतलजल में प्रदूषकों का ऑक्सीकरण नहीं होता है और ऐसे तत्वनहीं बन पाते जो हानिकारक न हों।

हाल के वर्षों में हुए कृषि के आधुनिकीकरण से नाइट्रोजनी उर्वरकों का गहन उपयोग किया जाता है। नाइट्रेट लवण जल में विलेय होने के कारण मृदा में प्रवेश कर भूतलजल में मिल जाते हैं। नाइट्रेट युक्त पेयजल मानवों, विशेषकर नवजातों के लिए हानिकारक होता है। इससे विशेष प्रकार की रक्त अल्पता (एनीमिया) हो जाती है

जिसे **मीथाइमो ग्लोबिनेमिया** कहते हैं। मानव की आहार नालिका में नाइट्रेट विशेष बैक्टीरिया द्वारा नाइट्राइट, हीमोग्लोबिन (लाल रूधिर कण जो ऑक्सीजन ले जाते हैं) से मिलकर एक नया काम्प्लैक्स (समिश्र) बनाते हैं जिसे **मीथाइमोग्लोबिन** कहते हैं। यह रूधिर की आक्सीजन ले जाने की क्षमता को कम कर देता है जिसके परिणाम स्वरूप श्वासावरोधन और आरबीसी में परिवर्तन होता है। नाइट्रेट आयनों को जल से दूर हटाना कठिन है क्योंकि नाइट्रेट सवल जल विलेय होते हैं।



चित्र 33.2 भूतल जल प्रदूषण के स्रोत

औद्योगिक इकाइयों द्वारा आविषालु अपशिष्टों और कैन्सरजनी पदार्थों के अविवेकी मोचन का परिणाम इन आविषालु पदार्थों का पृथ्वी के भूपृष्ठ से धीरे धीरे नीचे पहुँच कर भूतल जल से मिल जाना हो सकता है। यह समस्या बहुत गम्भीर है विशेषकर उन क्षेत्रों में जहाँ भूजल स्तर ऊँचा है (अर्थात् जहाँ जल पृथ्वी के भूपृष्ठ के निकट उपलब्ध है)। इस प्रकार के संदूषित जल को कई वर्षों तक पीते रहने के बाद इन आविषालु पदार्थों का शरीर में जैवसंचयन हो सकता है। इन पदार्थों का उष्मापचयन कठिन होता है और शरीर के बसा ऊतकों में संग्रहित रहते हैं। लम्बी अवधि में, इनकी सांद्रता शरीर में हानिकारक स्तरों तक पहुँच सकती है जिससे आवश्यक मानव अंगों को भारी क्षति और तंत्रिक अव्यवस्था हो सकती है।

तालिका 33.1 विभिन्न प्रकार के जल प्रदूषक

प्रदूषक का स्रोत	प्रदूषक	प्रभाव और महत्व
1. वाहित मल, मानव और पशु अपशिष्ट, प्राकृतिक और शहरी भूमि से बहाव, औद्योगिक अपशिष्ट	ऑक्सीजन मांगकारी अपशिष्ट, रोग पैदा करने वाले कारक (रोगजनक और वायरस)	जल में ऑक्सीजन की कमी होना (दूषित गंध), स्वास्थ्य प्रभाव (जल जनित रोगों की महामारी)
2. कार्बनिक रसायन तेल और ग्रीज	ऑटोमोबाइल और मशीनें अपशिष्ट टैंकर छलकन, अपतट तेल रिसाव	समुद्री जीवन में व्यवधान, सौन्दार्यात्मक क्षति

पीड़कनाशी और शाकनाशी	कृषि, कीट नियंत्रण	आविषालु प्रभाव (जलीयजीवन के लिए हानिकारक) संभावित आनुवांशिक दोष और कैंसर,
प्लास्टिक अपमार्जक (फास्फेट)	उद्योग और घरेलू अपशिष्ट उद्योग और घर	मछली का मरना सुपोषण, सौन्दर्य बोध
3. अकार्बनिक प्रदूषक उर्वरक (फास्फेट और नाइट्रेट)	कृषि-बहाव	शैवाल प्रस्फुटन और सुपोषण, नाइट्रेट मीथाइमोग्लोबिनेमिया पैदा करता है
अम्लता, क्षारता और लवणता	खान अपवाह, औद्योगिक अपशिष्ट, प्राकृतिक और शहरी बहाव	अलवणीय जल जीवों को मारते हैं, पीने, सिंचाई और औद्योगिक प्रयोग के लिए अनुपयुक्त
4. रेडियो न्यूक्लियाइड	प्राकृतिक स्रोत, यूरेनियम खनन और संसाधन, अस्पताल और अनुसंधान प्रयोगशालाएँ जहाँ समस्थानिक का उपयोग किया जाता है।	कैंसर और आनुवांशिक दोष
5. उष्मा	औद्योगिक, नाभिकीय और तापीय संयंत्रों के लिए शीतलन जल	जल में ऑक्सीजन की घुलनशीलता को कम कर देता है, जलीय परिस्थितिक तंत्रों में व्यवधान उपस्थित करता है।
6. तलछट	प्राकृतिक अपरदन, कृषि भूमि और निर्माण स्थलों से बहाव	जल गुणवत्ता, मछली समष्टि (संख्या) में कमी

पाठगत प्रश्न 33.1

1. पीने के जल में नाइट्रेट की अधिकता से मनुष्य को क्या हानि होती है?
.....
2. जल प्रदूषण की परिभाषा दीजिए।
.....
3. भूपृष्ठ जल कैसे बनता है?
.....
4. जल प्रदूषण के तीन कृत्रिम स्रोतों की सूची बनाओ।
.....
5. मिनामाटा रोग के लिए कौन-सा तत्व उत्तरदायी है?
.....

* जैव संचयन : जीव के शरीर में आविषालु पदार्थ का ऊतक द्रव्यों अथवा वसा में घलकर एकत्रित होना।

33.5 जल प्रदूषण और कुछ जैविक प्रभाव

33.5.1 सुपोषण (यूट्रोफिकेशन)

यूट्रोफिकेशन (सुपोषण) शब्द ग्रीक शब्द से व्युत्पन्न हुआ है जिसका अर्थ अच्छी तरह पोषित है।

यह ऐसा प्रक्रम है जिसमें मृदा अपरदन और आसपास की भूमि से बहाव के कारण जलाशय धीरे धीरे पादप पोषको जैसे नाइट्रेटों और फास्फेटों में समृद्ध होता जाता है।

ये पोषक शैवाल की वृद्धि में बढ़ोतरी करते हैं। बढ़ती जनसंख्या, गहन कृषि तथा तेजी से होती औद्योगिक वृद्धि से विभिन्न जल कायो.में घरेलू अपशिष्ट, कृषि अपशिष्ट, औद्योगिक अपशिष्ट और भूमि बहाव की वृद्धि हुई है। वायवीय (ऑक्सीजन चाहने वाले) बैक्टीरिया कार्बनिक अपशिष्टों से पोषण मोचित करते हैं। इस प्रक्रम में जल में घुली आक्सीजन का उपभोग होता है। इसलिए जितना अधिक से अधिक कार्बनिक पदार्थ जलाशय में प्रवेश करता है उतना ही अधिक विऑक्सीजनीकरण जलाशय में होता है और पोषकों का अधिक उत्पादन होता है। ये पोषक शैवाल तथा अन्य बड़े जलीय पौधों जैसे डकवीड की आसामान्य वृद्धि में खाद का काम करते हैं। जैसे अधिक पौधे उगते हैं वैसे ही जलाशय में ऑक्सीजन की कमी के कारण अधिक मरते भी हैं (यानि कि जलाशय का विऑक्सीजनीकरण)। इस प्रकार का जलाशय सुपोषणित कहलाता है।

प्राकृतिक रूप से अथवा मानव गतिविधि द्वारा जलाशय में कार्बनिक अपशिष्ट प्रवेश करते हैं जिन पर वायवीय बैक्टीरिया क्रिया करके बड़ी मात्रा में पोषकों को मोचित करते हैं। यह प्रक्रम जलाशयों का सुपोषण (यूट्रोफिकेशन) कहलाता है।

यह चर्चा हमें जैविक ऑक्सीजन मांग (बी.ओ.डी.) की नई संकल्पना का ज्ञात कराती है।

33.5.2 जैविक ऑक्सीजन मांग (बी.ओ.डी.)

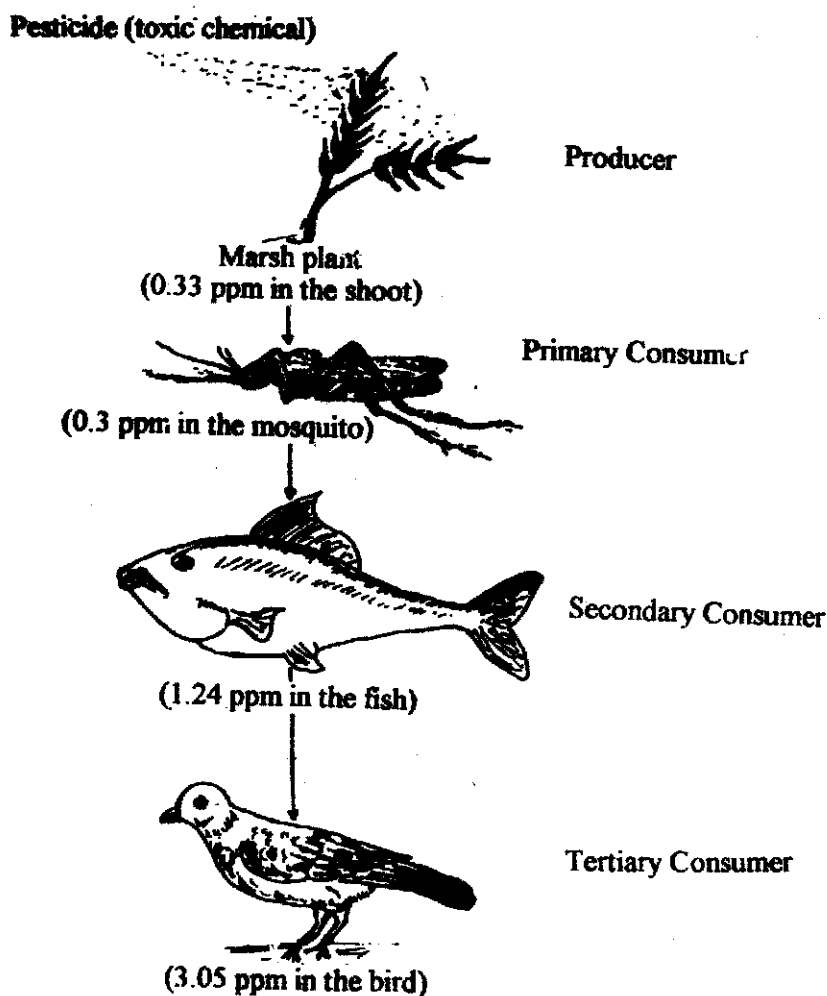
वायवीय बैक्टीरिया कार्बनिक अपशिष्ट को पोषकों में परिवर्तित करते समय जल में घुली ऑक्सीजन का प्रयोग करते हैं।

जलाशय में कार्बनिक अपशिष्टों को तोड़ने के लिए सूक्ष्मजीवियों को आवश्यक ऑक्सीजन की मात्रा, जैविक ऑक्सीजन मांग (बी.ओ.डी.) कहलाती है।

जलाशय में जितना अधिक कार्बनिक अपशिष्ट होगा उतना ही अधिक मात्रा में ऑक्सीजन की आवश्यकता जैविक रूप से उसे तोड़ने के लिए होगी। अतः जल की बी.ओ.डी. मान अधिक होगा। कम प्रदूषित जल का अपेक्षाकृत कम बी.ओ.डी. मान होता है। जलाशय में प्रदूषण की डिग्री के मूल्यांकन की यह अच्छी विधि है। इस मान का उपयोग कसौटी के रूप में जलाशय जल प्रदूषण के प्रबंधन के लिए किया जाता है। जल नमूने को 20° से. पर अंधेरे में 5 दिनों तक उष्मायन के पहले और बाद में आक्सीजन सांद्रता का निर्धारण कर मूल्यांकन किया जाता है।

33.5.3 जैव आवर्धन

कई प्रकार के अविषालु रसायन खाद्य श्रृंखला से होकर गति करते हैं। अविषालु पीड़कनाशियों का छिड़काव कीट पीड़कों, कवक, झाड़ियों को नियंत्रण करने के लिए किया जाता है और खाद्य श्रृंखला में संचित (सांद्रित) होकर अलक्षित जीवों को हानि पहुँचाते हैं। उदाहरण के लिए डीडोटी को अमेरिका में मच्छरों को नियंत्रण करने के लिए उस सांद्रता में छिड़का गया जो अन्य (अलक्षित) जीवों जैसे मछलियों और पक्षियों के लिए हानिरहित भी समझी गयी थी। डीडोटी कच्छे में और वनस्पति जातों में संचयित हुयी। मछलियों ने वनस्पति जात को खाया और मछली के शरीर में डीडोटी का उच्च सांद्रता पायी गयी। इसके आगे जब मछलियों को पक्षियों ने खाया तो डीडोटी ओर भी अधिक सांद्रता में संचयित हुई। संचयित होते



चित्र 33.3 खाद्य श्रृंखला में आबिवातु रसायन की बढ़ती संग्रहता

वाहित मल और कृषि बहाव का जलाशय में प्रवेश

वायवीय बैक्टीरिया कार्बनिक अपशिष्टों को पोषकों में परिवर्तित करते हैं और ऑक्सीजन का उपभोग करते हैं जिससे जलाशय में ऑक्सीजन की कमी आ जाती है।

सुपोषण यानि की उच्च पोषक अंश

सैवाल की अधिक वृद्धि से सैवाल प्रस्फुटन। साथ ही अधिक पोषकों का मरना। दोनों ही कदमों से घुली ऑक्सीजन के उपभोग में वृद्धि

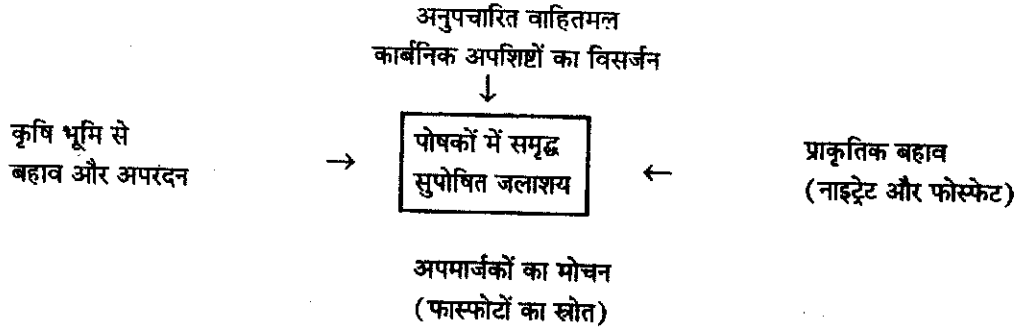


ऑक्सीजन की अधिक कमी समुद्री जीवन में मृत्यु का कारण बनती है। जलाशय अनुपयोगी हो जाती है और जल से गंध आती है।

चित्र 33.4 जलाशय के सुपोषण के लिए आवश्यक चरणों का अनुक्रम

आविषालु रसायनों की सांद्रता में यह वृद्धि जैसे जैसे हम खाद्य श्रृंखला में उपर जाते हैं **जैव आवर्धन** कहलाता है। जैव आवर्धन कभी कभी मांसाहारियों (द्वितीय उपभोक्ता) जो खाद्य श्रृंखला में उच्चतम स्तर पर है, के प्रजनन और उत्तरजीविता को संकट में डाल देता है। चित्र 33.4 में जैव आवर्धन के विभिन्न चरण दिखाए गए हैं।

मानव जनित सुपोषण के कई कारण हैं। कुछ प्रमुख कारण चित्र 33.5 में दिखाए गए हैं।



चित्र 33.5 जलाशय के कृत्रिम (मानव निर्मित) सुपोषण के प्रमुख कारण

पाठगत प्रश्न 33.2

- निम्नलिखित की परिभाषा दीजिए:
(i) सुपोषण (ii) जैव आवर्धन
.....
- बी.ओ.डी. क्या आकलित करती है?
.....
- सुपोषणित तालाब में जलीय जीवों की मृत्यु क्यों होती है?
.....

33.6 जल प्रदूषण के उपचार (वाहित मल का उपचार)

घरेलू गतिविधियों, उद्योगों अथवा कचरा भरे गड्ढों से जनित अपशिष्ट जल **वाहितमल** कहलाता है। अपशिष्ट जल का उपचार निम्नलिखित तीन अवस्थाओं में किया जाता है:

- प्राथमिक उपचार
- द्वितीयक उपचार, और
- तृतीयक उपचार

यदि अपशिष्ट जल को नदी अथवा बहती सरिता में डालना है तो उपचार तीन चरणों में किया जाता है: अवसादन, स्कंदन और छनाई। यह प्राथमिक उपचार कहलाता है। यदि जल की आवश्यकता पीने के लिए होती है तो इसका आगे द्वितीयक और तृतीयक उपचार किया जाता है।

1) प्राथमिक उपचार : निम्नलिखित चरणों द्वारा जल का प्राथमिक उपचार किया जाता है :

- अवसादन : वाहित मल उपचार संयंत्र में विशेष तौर पर बनाए विशाल टैंक में यह चरण पूरा किया जाता है। पतित जल को उठरने दिया जाता है। जिससे कि सिल्ट क्ले और अन्य पदार्थ तल पर बैठ जाते हैं।

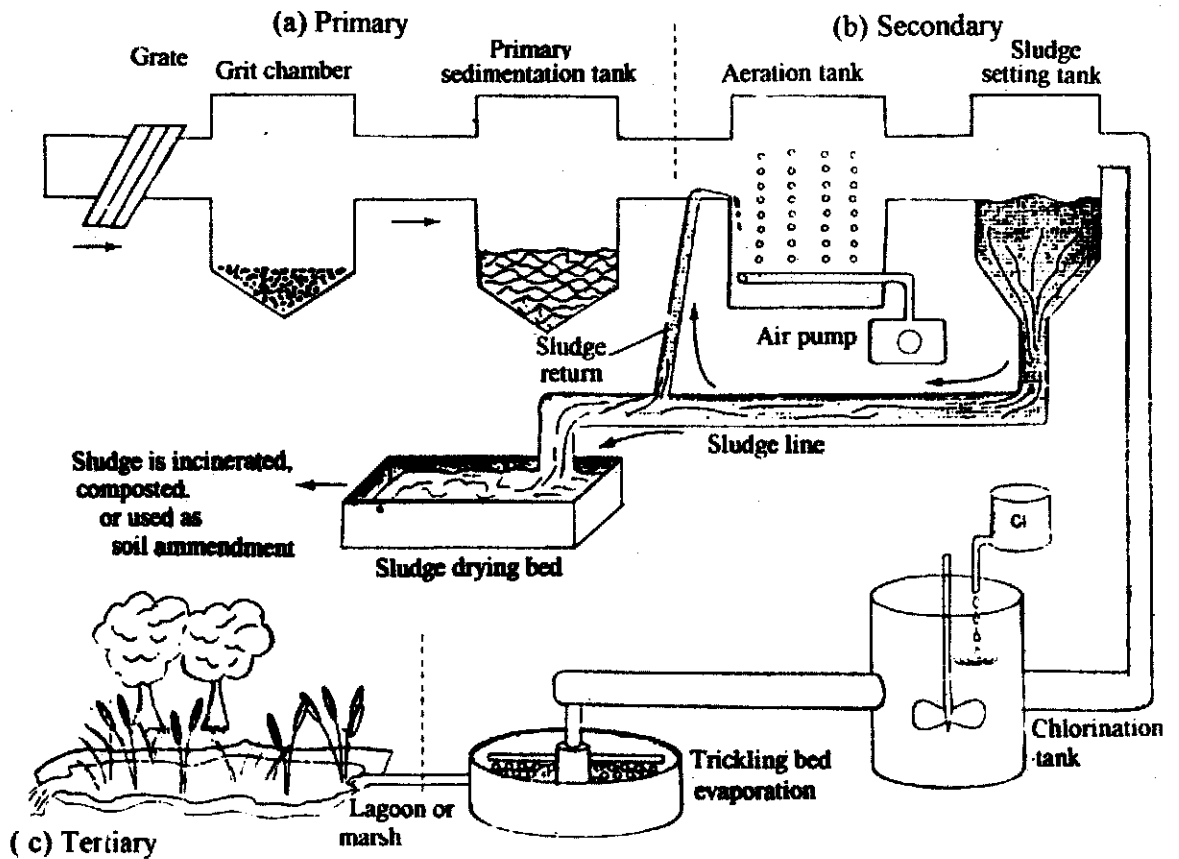
जाएं और फिर जल को धीरे से बाहर निकाल दिया जाता है। महीन कण तल में बैठते नहीं हैं अतः इन्हे अगले कदम में निकाला जाता है।

(ख) स्कंदन : महीन कणों और कोलायडली निलम्बन को स्कंदन द्वारा बड़े कणों में संयुक्त किया जाता है। यह चरण विशेष रसायनों को मिलाकर पूरा किया जाता है जैसे पोटेश फिट्करी। बड़े कण या तो तलहटी में बैठ जाते हैं अथवा उन्हे अगले चरण में निकाल देते हैं।

(ग) छनाई : जल को बालू की सतह अथवा रेसायुक्त चकती से गुजार कर निलम्बित कणों, उर्णकों, बैक्टीरिया और अन्य जीवों को छान देते हैं। इन चरणों से एकत्रित कुल अशुद्धियां आपक अथवा स्लज कहलाती हैं। इसका उपयोग मूल्यवान उर्वरक के रूप में करते हैं इसकी कम्पोस्टिंग (यानि कि अवायवीय बैक्टीरिया की क्रिया) करने से यह स्लज गैस मोचित करता है। इसमें मुख्यतया मीथेन गैस होती है जिसका उपयोग पकाने के कार्य के लिए करते हैं।

ii) द्वितीयक अथवा जैविक उपचार : प्राथमिक उपचार के बाद जल पीने योग्य नहीं होता और उसका आगे उपचार करना होता है। यह द्वितीयक उपचार अथवा जैव उपचार द्वारा किया जाता है।

(क) मृदुकरण : इस उपचार द्वारा भारी जल से कैल्शियम और मैग्नीशियम के अवाञ्छनीय घनायनों को अलग किया जाता है। या तो जल को चूने और सोडाएश से उपचारित करते हैं जिससे (Ca^{2+}) और (Mg^{2+}) आयन कार्बोनेटो के रूप में अवक्षेपित हो जाते हैं अथवा जल को घनायन विनिमयको से होकर गुजारते हैं। यह जल को मृदु बनाता है।



चित्र 33.6 अपशिष्ट जल का उपचार

(ख) वातन : इस प्रक्रम में मृद जल को वायु के प्रभाव में लाया जाता है। वायुको बलपूर्वक जल से गुजारते हैं जिससे उसमें ऑक्सीजन बढ़ जाती है। यह कार्बनिक पदार्थ जीवाण्वीय अपघटन को उत्साहित करता है जिससे वह हानिरहित पदार्थों जैसे कार्बन डाईआक्साइड और जल में परिवर्तित होता है। आक्सीजन के बढ़ने से कार्बन डाई आक्साइड, हाइड्रोजन सल्फाइड आदि में कमी आती है। सामान्य रूप से उपयोग में लायी जाने वाली विधि में प्रदूषित जल को पत्थरों और बजरी के विशाल बैड (शय्या) पर फैला दिया जाता है जिससे कि पोषकों और ऑक्सीजन की मांग वाले विभिन्न सूक्ष्मजीवियों की वृद्धि को बढ़ावा मिलता है। कुछ समय बाद एक तेज गति वाली खाद्य श्रृंखला बन जाती है। उदाहरण के लिए प्रदूषित जल के कार्बनिक पदार्थ का बैक्टीरिया उपभोग करते हैं; प्रोटोजोआ बैक्टीरिया पर रहते हैं। हर प्रकार का जीवन जिसमें शैवाल और कवक भी सम्मिलित हैं सफाई प्रक्रम में सहायता करते हैं।

यह जल का द्वितीयक उपचार कहलाता है। जल अभी भी पीने के योग्य नहीं होता है। रोगजनक और अन्य सूक्ष्मजीवियों को मारने की आवश्यकता होती है। यह अगले उपचार में किया जाता है।

(iii) तृतीयक उपचार : इस चरण में जल को विसंक्रमणित किया जाता है। बैक्टीरिया को मारने के लिए बहुत सामान्य रूप में उपयोग किया जाने वाला विसंक्रमणक क्लोरिन है। यद्यपि कि क्लोरिन जल में उपस्थित कार्बनिक पदार्थ के छोटे से छोटे अंशों से भी क्रिया करती है और अवांछनीय क्लोरीनेटेड हाइड्रोकार्बनों (आविषालु और संभावी कैन्सर जनी) का निर्माण करती है। इसलिए यह आवश्यक है जल में क्लोरिन गैस पास करने से पहले कार्बनिक पदार्थ को कम कर दिया जाए। अन्य विसंक्रमण विधियों जैसे कि पराबैंगनी विकिरण, ओजोन गैस उपचार अथवा प्रतीप परासरण को क्लोरीन उपचार के उपर प्राथमिकता देनी चाहिए। लेकिन ये विधियां अधिक खर्चीली हैं।

33.7 जल प्रदूषण रोकने की वैधानिक विधियां

'प्रीवेन्शन एण्ड कन्ट्रोल ऑफ वाटर पोल्यूशन एक्ट' के 1974 में लागू करने से जल प्रदूषण रोकने में सहायता मिली है। पर्यावरण (सुरक्षा) एक्ट 1986 के अंतर्गत जल प्रदूषण के लिए उचित मानकों की स्थापना की गयी है जो निम्नलिखित हैं:

- भूमि (भूपृष्ठजल, सार्वजनिक सीवर, सिंचित भूमि और तटीय क्षेत्र) पर जलाशयों में बहिःस्त्रावों को छोड़ने हेतु जल प्रदूषकों के सामान्य मानक।
- हर प्रकार के उद्योग के लिए मानकों का उल्लेख कर दिया गया है।
- विभिन्न उद्योगों से निकलने वाले अपशिष्ट जल की मात्रा के लिए मानक तय कर दिए गए हैं।
- औद्योगिक इकाई की उत्पादन क्षमता के आधार पर विशेष प्रदूषक की मात्रा सीमित करने के लिए मानक।

'प्रीवेन्शन एण्ड कन्ट्रोल ऑफ वाटर पोल्यूशन एक्ट-1974' के अंतर्गत प्रदेश प्रदूषण नियंत्रण बोर्डों को नये/विद्यमान जल प्रदूषित करते उद्योगों को अनुमति/सहमति के नवीनीकरण के अधिकार दिए गए हैं। एक्ट 1974 के अंतर्गत उल्लेखित मानकों पर पूरा न उतरने पर उन्हें किसी भी औद्योगिक इकाई को बन्द करने का अधिकार है। प्रदेश सरकारों को चूक करने वाले उद्योगों के विरुद्ध दण्डात्मक उपाय करने के अधिकार प्राप्त हैं।

पाठगत प्रश्न 33.3

1. स्लज का उपयोग कैसे करते हैं?

2. उन चरणों का वर्णन कीजिए जो प्रदूषित जल को पीने योग्य बनाते हैं?
.....
3. क्लोरीनीकरण क्यों प्रदूषित जल को विसंक्रमणित करने के सबसे वांछनीय विधि नहीं है?
.....

33.8 आपने क्या सीखा :

- जल प्रदूषण का अर्थ है कोई भी भौतिक, रासायनिक अथवा जैविक परिवर्तन जिसका जीवित जीवों पर अवांछनीय प्रभाव होता है।
- वाहित मल, औद्योगिक, कृषि प्रदूषण और भौतिक प्रदूषक जल प्रदूषण के विभिन्न स्रोत हैं। ये स्रोत एक बिन्दु स्रोत तक ही सीमित हो सकते हैं अथवा विशाल क्षेत्रों (नान-पॉइन्ट स्रोत) में फैले होते हैं।
- वाहित मल, उर्वरक, अपमार्जक, आविषालु अपशिष्ट जो उद्योगों द्वारा निकाले जाते हैं, भूतलजल प्रदूषण के कुछ स्रोत हैं।
- फास्फेटों, और नाइट्रोजनी उर्वरकों से जलाशय में शैवाल प्रस्फुटन होता है और ऑक्सीजन में बहुत कमी आती है।
- जलाशय में कार्बनिक अपशिष्टों के निम्नीकरण हेतु सूक्ष्मजीवों के लिए आवश्यक आक्सीजन की मात्रा को जैविक आक्सीजन मांग (बी.ओ.डी.) कहते हैं।
- जलाशयों में मोचित आविषालु पदार्थों का जैविक आवर्धन जलीय जीवन के लिए गम्भीर संकट है और अन्त में मानव जीवन प्रभावित होता है।
- प्रदूषित जल को अनेक उपचारों के बाद मानव उपयोग के लिए उपयोगी बनाया जा सकता है।
- हमारे देश में वैधानिक विधियां तैयार की गयी हैं जिनसे विभिन्न जलाशयों का प्रदूषण रोका जा सकता है।

33.9 पाठान्त प्रश्न

1. जल प्रदूषकों के विभिन्न प्रकार क्या हैं? इनके परिणाम बताओ।
.....
2. अलवणीय जलाशयों पर अपमार्जकों से होने वाले प्रभाव क्या हैं?
.....
3. भूतल जल प्रदूषण के विभिन्न स्रोत क्या हैं?
.....
4. मीथाइमोग्लोबिनेमिया रोग कैसे होता है?
.....
5. जलाशयों के सुपोषण को रोकने के उपाय सुझाइए?
.....

6. मिनामाटा खाड़ी त्रासदी क्या है?

.....

7. पेय जल को क्लोरीनीकृत करके शुद्ध करने से पहले क्या सावधानी आवश्यक है?

.....

3.10 अपने उत्तरों की जाँच कीजिए

पाठगत प्रश्न 33.1

1. नाइट्रेट आयन आंत्रीय बैक्टीरिया द्वारा नाइट्राइटों में परिवर्तित होते हैं। ये आयन हीमोग्लोबिन से संयुक्त होकर मीथाइमोग्लोबिन बनाते हैं जिससे आक्सीजन की आपूर्ति संदमनित हो जाती है। इसके कारण मीथाइमोग्लोबिनेमिया रोग हो जाता है।
2. भाग 33.4 देखिए
3. भाग 33.4.1 देखिए
4. तालिका 33.1 देखिए
5. पारा

पाठगत प्रश्न 33.2

1. (i) भाग 33.5.1 देखिए
(ii) भाग 33.5.3 देखिए
2. भाग 33.5.2 देखिए
3. जलाशयों में ऑक्सीजन की कमी के कारण।

पाठगत प्रश्न 33.3

1. उर्वरक के रूप में
2. प्राथमिक उपचार जिसमें अवसादन, स्कंदन, छनाई, सम्मलित हैं। द्वितीयक उपचार जिसमें मृदुकरण, तथा वातन सम्मलित है और तृतीयक उपचार।
3. क्लोरीन कार्बनिक पदार्थ से अभिक्रिया कर बहुत अधिक आविषालु क्लोरीनेटेड हाइड्रोकार्बन बनाती है जो कैंसर उत्पन्न कर सकते हैं।

पाठांत प्रश्न

1. तालिका 33.1 देखिए
2. अपमार्जकों में फास्फेट (पादप पोषक) होता है जो जलाशय में शैवाल की वृद्धि को बढ़ाता है, जिससे सुपोषण होता है।
3. भाग 33.4.2 देखिए
4. जल में नाइट्रेट आयन की उपस्थिति द्वारा; पढ़ें खण्ड 33.4.2
5. कार्बनिक अपशिष्टों और अकार्बनिक पोषकों (फास्फेट और नाइट्रेट) को जलाशय में न पहुँचने देना।
6. पढ़ें खण्ड 33.4.1 ख. यह त्रासदी मछली के विषाक्तन से हुई जो मरकरी तथा उससे संबंधित यौगिकों के जल में पहुँचने का परिणाम था।
7. कार्बनिक पदार्थ के अंशों को पूर्ण रूप से हटाना जिससे कि आर्गेनोक्लोरीन का निर्माण न हो सके।

भारी धातु संदूषण

34.1 भूमिका

अधिकतर धातुएँ भू-पर्पटी में सूक्ष्ममात्राओं में मिलते हैं। इनमें से कुछ धातुएँ जैसे कि Pb, Hg, Zn, Cd और कुछ अन्य भारी धातुएँ हैं। जीवों के लिए कुछ धातुएँ आंशिक मात्राओं में लाभकारी होती हैं। लेकिन भारी धातुओं की यदि अतिमात्राएँ मानव गतिविधियों द्वारा पर्यावरण में प्रवेश कर जाती हैं तो वे मनुष्यों तथा अन्य जीवों की उत्तरजीविता और स्वास्थ्य के लिए संकट बन जाती हैं। आप इस पाठ में कुछ भारी धातुओं के आविषालु प्रभावों के संबंध में पढ़ेंगे।

34.2 उद्देश्य

इस पाठ को पढ़ने के बाद आप :

- भारी धातुओं की परिभाषा दे पाएँगे,
- भारी धातुओं द्वारा पर्यावरण के संदूषण के स्रोतों का सूचीकरण कर सकेंगे,
- जीवित जीवों पर Pb, Hg, Cd संदूषण के प्रभावों की विवेचना कर सकेंगे,
- भारी धातुओं के संदूषण को दूर करने के उपाय और रोकथाम के उपायों का सूचीकरण कर पाएँगे।

34.3 भारी धातु क्या है?

भारी धातुओं में लेड, केडमियम, मरकरी, आर्सेनिक साथ ही आयरन, कॉपर, मैंगनीज, सेलेनियम, जिंक आदि सम्मिलित हैं। इन सभी धातुओं का परमाणु क्रमांक 20 से अधिक होता है। इनमें से आयरन, कॉपर तथा कुछ अन्य की निम्न सांद्रतायें जीवों के लिए आवश्यक हैं। ये "सूक्ष्म मात्रिक धातुएँ" (ट्रेस धातुएँ) कहलाती हैं। दूसरी ओर लेड, मरकरी और कुछ अन्य विशेष सांद्रता से उपर जीवों के लिए आविषालु होती हैं।

वह धातु जिसका घनत्व $5g\ cm^{-3}$ से अधिक होता है "भारी धातु" कहलाती है। लेड, जिंक, केडमियम आदि कुछ भारी धातुएँ हैं। ये भू-पर्पटी में सूक्ष्म मात्राओं में उपस्थित होती हैं।

वह धातु जो भू-परपटी में 1000 पी.पी.एम. (प्रति मिलियन भाग अथवा मि.ग्रा./लीटर) में मिलती है "सूक्ष्म मात्रिक धातु" कहलाती है।

34.4 भारती धातुओं से पर्यावरण संदूषण के स्रोत

भारी धातुओं से पर्यावरण में भारी धातुएँ प्राकृतिक अथवा मानव गतिविधियों द्वारा प्रविष्ट होते हैं।

प्राकृतिक स्रोत : प्रकृति में सूक्ष्म मात्रिक धातुओं की अतिमात्राएँ भू-भौगोलिक परिघटनाओं द्वारा मिल सकती हैं, ये हैं : (i) ज्वालामुखी उद्गार (ii) शैलों का अपक्षय (iii) नदियों, झीलों और समुद्र में वायु की क्रिया के कारण निक्षालन (घुलकर बह जाना)।

मानवोद्भव (एन्थ्रोपोजेनिक) स्रोत : प्राचीन समय में भारी धातुओं की लघु मात्रायें खुदाई के समय अथवा खुली भट्टी में भारी धातुओं की बड़ी मात्राओं के अनियंत्रित प्रगलन के समय पर्यावरण में मौचित हो जाती थी। औद्योगिक क्रांति के साथ धातुओं को प्राकृतिक स्रोतों से निष्कर्षित किया गया और कारखानों में परिष्कृत किया गया जहाँ से भारी धातुओं का वातावरण में रिसाव हुआ। इसी प्रकार भारी धातुओं की सूक्ष्म मात्राएँ घरेलू और कृषि अपशिष्ट निकलने तथा वाहनों के धुएँ द्वारा पर्यावरण में एकत्रित हुईं। निम्नलिखित सूची उन विभिन्न मानव गतिविधियों को प्रदर्शित करती है जिनके होकर भारी धातुएँ पर्यावरण में पहुँचती हैं।

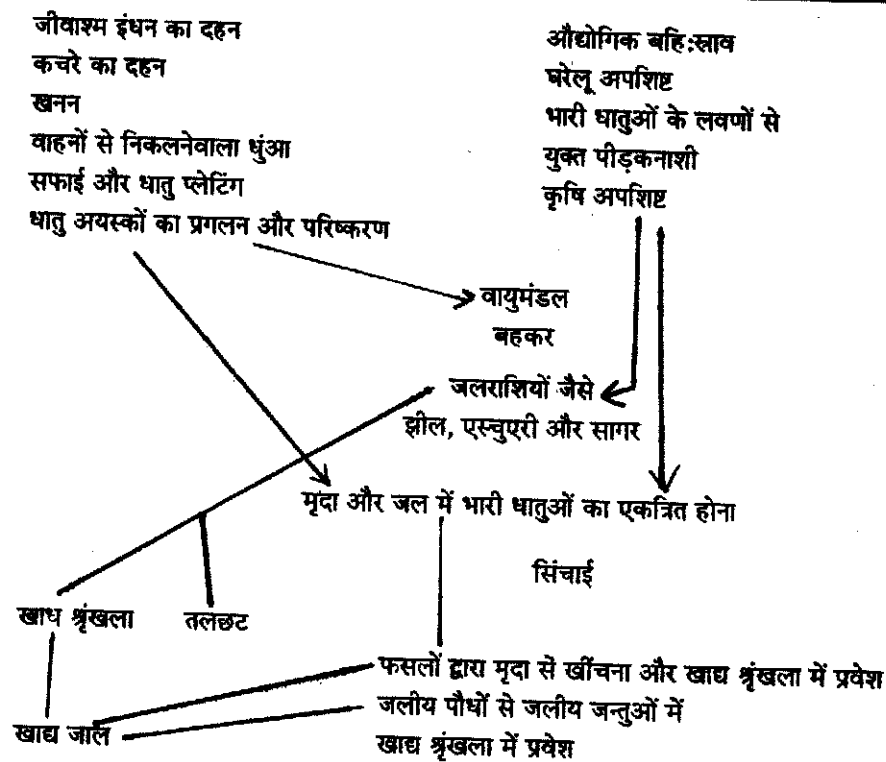
- (i) धातुओं के अयस्क का प्रगलन अथवा परिष्करण
- (ii) खनन
- (iii) जीवाश्म इंधनों जैसे कोयला, पेट्रोल, केरोसिन तेल का दहन
- (iii) कृषि अपशिष्ट निकालना
- (iv) औद्योगिक अपशिष्ट निकालना
- (v) घरेलू अपशिष्ट निकालना
- (vi) वाहनों से निकलने वाला धुआ
- (vii) भारी धातुओं से युक्त यौगिकों (लवणों) वाले पीड़कनाशियों का उपयोग करना

34.5 भारी धातुएँ कैसे पारिस्थितिकतंत्र में पहुँचती हैं?

अनेक आविषालु कार्बोनिक यौगिक और भारी धातुएँ जिनके स्रोत उपर बताये गए हैं मृदा अथवा जल में एकत्रित होते और दफन हो जाते हैं। मृदा से बहकर ये जलराशियों तक भी पहुँच जाते हैं। हयूमस, जो मृदा में उपस्थित कार्बनिक पदार्थ है ओर मृदा को हरा भी बनाता है, में भारी धातुओं के घनायनों के प्रति बंधुता होती है और उन्हें वह मृदा से होकर जानेवाले जल से खींच लेता है। फसलों तथा अन्य पौधों की जड़े इन यौगिकों को जल के साथ खींच लेती हैं।

मृदा के खनिज कणों पर अधिशोषण और वर्षण अभिक्रियाओं द्वारा भी भारी धातुएँ मृदा में रोक ली जाती हैं। जल में, भारी धातुओं से अधिशोषणित कण तल पर बैठ जाते हैं तब तलछट उनके उपर एकत्रित हो सकता है। लेकिन जीव यदि इनका उपभोग करते हैं तब भारी धातुएँ खाद्य जाल में प्रवेश कर जाती हैं। इसे चित्र 34.1 में दिखाया गया है।

* खाद्य जाल : अन्तः संबंधित खाद्य शृंखलाओं की प्रणाली द्वारा उर्जा और पदार्थ का प्रवाह।



चित्र 34.1 भारी धातुओं का पारिस्थितिक तंत्र में प्रवेश

34.6 भारी धातु आविषालुता

अयस्कों से धातु का निष्कर्षण और उसका व्यापार हमारे पूर्वजों द्वारा होता था। अतः वे भारी धातुओं जैसे लें और मरकरी के आविषालु प्रभावों को भी जानते थे। लेकिन मानव जनसंख्या में वृद्धि, औद्योगिकीकरण, वाह यातायात में विशाल वृद्धि और रासायनिक उर्वरकों और पीड़कनाशियों के उपयोग से भारी धातुओं द्वारा हमारा पर्यावरण संदूषित हुआ है। हमारे देश में पश्चिम बंगाल के अनेक गांववाले पीने के जल में आर्सेनिक विषाक्त के कारण घावों और फोड़ों से पीड़ित हैं। जापान में मछली मारने वालों के गांव मिनामाटा में कई गांव वां मरकरी विषाक्तता से पीड़ित हुए हैं।

भारी धातुओं को पर्यावरण से शीघ्रता से अलग नहीं किया जा सकता है। साथ ही वे जीवों की उपापचयी क्रिया (शरीर के अन्दर जैवरासायनिक अभिक्रियायें) द्वारा निराविषीकृत (हानि रहित) नहीं होते हैं। इसके अतिरिक्त भारी धातुएं सूक्ष्मजीवियों द्वारा सरल उत्पादों में भी नहीं टूटते हैं। दूसरे शब्दों में ये जैवनिम्नीकृत नहीं होते हैं। इस प्रकार भारी धातुएं पर्यावरण में संचित होते हैं और जीवों पर हानिकारक प्रभाव उत्पन्न कर भारी धातु प्रदूषण फैलाते हैं।

आविषालुता भारी धातु के प्रकार पर निर्भर करती है। वे धातु जो अपघुलनशील होते हैं, शरीर को क्षति पहुँचाए बिना बाहर निकल जाती हैं। कुछ धातुएं तुरन्त रूपणता उत्पन्न करती हैं और बहुत खतरनाक होती हैं क्योंकि वे उपचार का सभ्य भी नहीं छोड़ती हैं। यद्यपि कि सबसे भयंकर वे धातुएं हैं जो खाद्य श्रृंखला में जैव-संचित और जैव-आवर्धित होती हैं (उदाहरण Hg)।

पाठगत प्रश्न 34.1

1 किन्ही दो भारी धातुओं के नाम बताइये।

2. भारी धातु की परिभाषा दीजिए।
.....

3. भारी धातु प्रदूषण के एक मानवोद्भव स्रोत का उल्लेख कीजिए।
.....

34.7 भारी धातु आविषालुता का आण्विक आधार

जीवों में आविषालुता सामान्यतया तीन क्रियाविधियों द्वारा उत्पन्न होती है हालांकि विभिन्न जीवों के शरीर पर आविषालु प्रभाव भिन्न हो सकते हैं। कुछ सामान्य विधियाँ हैं :

- (i) जीवों की कुछ इन्जाइमों में मिलने वाले सल्फर/सल्फाइड्रिल (S - H) समूह के प्रति धातुओं में अधिक बंधुता होती है। धातुएँ S समूह से जुड़ जाती और एन्जाइम के क्रिया स्थल को अवरूद्ध कर देती हैं। इस कारण एन्जाइम की सामान्य क्रिया क्षीण हो जाती है।
- (ii) भारी धातु जैव-अणु के संश्लेषण के समय आवश्यक आयन को विस्थापित कर सकती है। जैव-अणु अपनी सक्रियता खो देता है। उदाहरण के लिए Pb हड्डी के Ca को विस्थापित कर देता है जिससे वह दुर्बल हो जाती है।
- (iii) धातु आयन एन्जाइमों में समनुरूपणक (अनुरूपी) परिवर्तनों को उत्पन्न करके उन्हें अक्रिय कर सकते हैं।

धातु शरीर की संरक्षित प्रोटीनों को अवरूद्ध करके भी आविषालुता उत्पन्न कर सकती है, जो कि सूक्ष्मजीवों के संक्रमण से लड़ती हैं। भारी धातुओं के कुछ रूप मस्तिष्क अथवा गर्भवती महिला की गर्भ झिल्ली जैसे जैव-अंगों को सुरक्षा प्रदान करने वाली झिल्ली से भी गुजर सकते हैं और हानि पहुँचा सकते हैं।

34.8 Pb, Hg और Cd संदूषण के प्रभाव

सभी सूक्ष्म मात्रिक तत्वों के आविषालु प्रभाव होते हैं। यदि लम्बे समय तक उनका अन्तर्ग्रहण किया जाता है अथवा उन्हें अधिक सांद्रताओं में लिया जाता है। अब हम तीन भारी धातुओं - लेड, मरकरी और केडमियम के संदूषण स्रोतों और आविषालु प्रभावों का अध्ययन करेंगे।

लेड: लेड (सीसा) बहुत बड़ा प्रदूषक है।

उपस्थिति: भू-पर्पटी के शैलों और मृदा में Pb 0.1% भार की दर से मिलता है। कुछ पौधों में यह प्राकृतिक रूप में मिलता है।

मानवोद्भव स्रोत: मानव गतिविधियों ने लेड की मात्रा पर्यावरण में बढ़ा दी है। कुछ मानवोद्भव स्रोत निम्न हैं:

- (i) खनन, प्रगलन, वाहितमल और कृषि स्लज से आनेवाले Pb को गिराने का स्थान मृदा है।
- (ii) वाहन से निकलनेवाला धुँआ वाहनो के आंतरिक दहन इंजनों की दक्षता सुधारने के लिए पेट्रोल में टेट्रा एथिल लेड अथवा लेड के ऑक्साइड मिलाते हैं। तेल की टंकी, तथा कार्बेटरो से वाष्पित होनेवाला तेल और मोपेडों तथा मोटर वाहनो में दहन न हुआ तेल वाहनो के धुए के साथ छोड़ता है जो धूल के रूप में संचित होता है।
- (iii) लेड उद्योगों के भी निकलता है और मृदा तक पहुँच कर धूल के रूप में संचित होता है। Pb पेयजल (मानव उपभोग के लिए उपयुक्त) तक पहुँचता है जब वह लेड की पाइपों और लेड के संग्रहण टंकियों से होकर बहता है। पाइपों के जोड़ों में Pb का प्रयोग जुड़ाई के लिए करते हैं।

- (iv) Pb लेड अम्ल बैट्रीयों से भी निकलता है।
- (v) लेड जैसे पीला लेड क्रोमेट जिसे सड़को पर चिन्ह लगाने के लिए उपयोग करते हैं विकृत होकर पर्यावरण में पहुँचता है।
- (vi) पॉटरी चमकाने वाले लेड यौगिकों का प्रयोग चमकाने के लिए करते हैं जोकि Pb संदूषण का स्रोत बनता है।

गुण : लेड प्रदूषकों के कुछ गुण यहाँ बताए गए हैं :

- (i) लेड और उसके यौगिक मृदा में संचित होते हैं। ये जैव-संचित भी होते हैं पर जैव-आवर्धित होते नहीं पाये गये हैं
- (ii) ये जैव निम्नीकृत नहीं होते हैं।
- (iii) ये मृदा में पड़े रहते हैं और पादपों द्वारा खींचे जाने पर खाद्य शृंखला में प्रवेश करते हैं।

मानव शरीर में प्रवेश : मानव तंत्र पर Pb का क्षतिकारी प्रभाव होता है। यह निम्न प्रकार से शरीर में प्रवेश कर सकता है:

- (i) खाद्य Pb केनिंग किए हुए खाद्य पदार्थ और पेय के साथ शरीर में प्रवेश करता है।
- (ii) Pb चमकीली पॉटरी से अम्लीय माध्यम अथवा उच्च तापमान पर निक्षालित होता है।
- (iii) आंखों में प्रयोग किए जाने वाले सुरमें में भी लेड होता है।
- (iv) वाहनों से निकलने वाले धुएँ में उपस्थित लेड ऑक्साइड श्वास द्वारा अथवा त्वचा के संपर्क में आने पर शरीर में प्रवेश कर जाता है। व्यस्त सड़कों के अभ्यस्त बच्चों के रुधिर में लेड का उच्च स्तर पाया जाता है। यहाँ तक कि फुटपाथों पर रहने वाली स्त्रियों के दूध में लेड के उच्च अंश पाये जाते हैं।
- (v) लेड ऑक्साइड मृदा, जल, फलों तथा पत्तीदार सब्जियों पर उठर जाते हैं। यहाँ से वे सरलता से खाद्य शृंखला में प्रवेश कर मनुष्य के शरीर में पहुँच जाते हैं।

लेड के आविषालु प्रभाव : लेड बहुत अधिक आविषालु होता है। लेड के कुछ आविषालु प्रभाव यहाँ बताए गए हैं :

- (i) अन्तर्ग्रहित होने पर लेड रुधिर में पहुँचता है। अन्त में लेड कैल्शियम को विस्थापित करके हड्डियों में संचित होता है।
- (ii) लेड का अवशोषण बच्चों और उन लोगों में अधिक होता है जो कैल्शियम की कमी से प्रभावित होते हैं। यह जैव संचित हो सकता है और मानव शरीर में वर्षों तक पड़ा रहता है। वृद्धावस्था और बीमारी के समय लेड हड्डी से वापस रुधिर में पहुँचकर मस्तिष्क को क्षतिग्रस्त कर सकता है जिससे एंठन और व्यवहारिक असामान्यताएँ उत्पन्न होती हैं।
- (iii) लेड हीमोग्लोबिन के बनने में व्यवधान डालता है और हीमोग्लोबिन की कमी से रक्त अल्पता (एनीमिया) हो जाती है। हीमोग्लोबिन की कमी से आगे गुर्दे और मस्तिष्क क्षतिग्रस्त हो सकते हैं।
- (iv) लेड की तीव्र आविषालुता घातक हो सकती है।

मरकरी (पारा)

मरकरी अक्रिय और आविषालु नहीं होता है। जब Hg को श्वास द्वारा अन्दर लिया जाता है तो रुधिर के साथ केन्द्रीय तंत्रिका तंत्र तक पहुँच कर यह भारी क्षति पहुँचाता है।

उपस्थिति : यह भू-परपटी में उपस्थित होता है। यह ज्वालामुखी के गैसों और सागरों के वाष्पन से भी पर्यावरण में पहुँचता है। Hg धात्विक मरकरी, अकार्बनिक लवण और कार्बनिक मेथिल मरकरी के रूप में मिलता है।

मृदा में आवद्ध मरकरी आवायवीय बैक्टीरिया की क्रिया द्वारा डाइमेथिल मरकरी में परिवर्तित हो जाता है। जीवाश्म इंधन और खनिजों में भी Hg सूक्ष्म मात्राओं में मिलता है। पौधे मृदा से Hg लेते हैं और वाष्पोत्सर्जन के समय मरकरी वाष्प के रूप में छोड़ते हैं जो कि वाष्पशील मरकरी है।

मानवोद्भव स्रोत : पर्यावरण में Hg 20वीं सदी से भी पहले से उपस्थित है। पर्यावरण में Hg निम्नलिखित मार्ग से पहुँचता है :

- (i) अयस्कों सोना Au और Hg निकालते समय।
- (ii) जीवाश्म इंधन के दहन से Hg वाष्प पर्यावरण में छोड़ी जाती है। भारत के कोयलों में मरकरी का उच्च अंश पाया जाता है। यदि निम्न श्रेणी का कोयला थर्मल पावर प्लान्टों में उपयोग किया जाता है तो Hg जिसका उच्च वाष्प दाव और उच्च दहन तापमान होता है वायुमंडल में निकल जाता है और धूल कणों के रूप में संघनित हो जाता है।
- (iii) कागज, प्लास्टिक और कॉस्टिक सोडा के अपशिष्ट तथा क्लोरीन कारखाने Hg को पर्यावरण में छोड़ते हैं।
- (iv) मरकरी के यौगिकों का उनकी आविषालुता के कारण कवकनाशियों अथवा पीड़कनाशियों के रूप में प्रयोग करते हैं।
- (v) मरकरी को विद्युत का अच्छा चालक होने के कारण विद्युत उपकरणों में उपयोग करते हैं। इसे विद्युत स्विचों, लैम्पों और बैटरियों में भी उपयोग करते हैं।

पौधों, पशुओं और मनुष्यों में Hg का प्रवेश : मरकरी पौधों में मृदा से जड़ों के द्वारा पहुँचता है। पौधे पत्तियों पर उपस्थित रंध्रों द्वारा होकर वायु से मरकरी को वाष्प खींचते हैं। पशुओं में मरकरी ऊतकों में पहुँचता है क्योंकि यह वसीय अम्लों में घुलनशील होता है जो ऊतकों की सभी कोशिकाओं की कोशिका झिल्लियों के घटकों का निर्माण करते हैं। मरकरी जैव संचित और जैव आवर्धित होता है। मनुष्यों के अन्दर यह खाद्य श्रृंखला द्वारा विशेषकर मछली खाने से पहुँचता है। मछली में यह मेथिल मरकरी के रूप में होता है।

मरकरी के आविषालु प्रभाव : जापान के लोग Hg विशाक्तता से युक्त मछली खाने से मिनामाटा रोग से ग्रसित हुए थे।

मिनामाटा रोग : जापान में 1953 में मछली खाने से मरकरी विषाक्तता हुई जो कि Hg विषाक्तता के कारण मरी थी। मरकरी ने जल को प्रदूषित कर दिया। यह मरकरी जल में विनाइल क्लोराइड (प्लास्टिक का अवयव) कारखाने के बहिःस्राव से पहुँचा। मिनामाटा खाड़ी के तटीय क्षेत्रों में रह रहे मछुआरों ने मरी मछली खायी जिससे वे मिनामाटा रोग से रोगी हो गये। इस रोग के लक्षण कमजोर पेशियाँ, क्षीण दृष्टि, मानसिक मंदन, पक्षाघात और मृत्यु हैं।

यदि खाया जाए तो मरकरी आविषालु नहीं होता लेकिन वाष्पशील अवस्था में श्वास के रुधिर के साथ साथ प्रवेश कर रुधिर-भारा के साथ मस्तिष्क में प्रवेश करता है, तो तंत्रिका तंत्र को क्षति पहुँचाता है। अतः अच्छे हवादार कमरे में ही मरकरी का प्रयोग करना चाहिए साथ ही गिरने पर फौरन साफ कर दें।

मरकरी के आयनों में गंधक के लिए बंधुता होती है और वे प्रोटीनों के गंधक युक्त अमीनो अम्ल से जुड़कर हानि पहुँचाते हैं। मरकरी आयन हीमोग्लोबिन तथा अन्य प्रोटीनों विशेष कर सल्फहाइड्रिल समूह रखने वालों से भी आवद्ध होते हैं।

मनुष्यों के लिए सबसे अधिक आविषालु ऑर्गेनो-मरकरी यौगिक होते हैं। विशेषकर मेथिल मरकरी जो वसीय ऊतकों में घुल जाता है और जैव संचित और जैव आवर्धित होता है। सूक्ष्मजीव अकार्बनिक मरकरी के उच्चस्तरों को कार्बनिक व्युत्पन्नो जैसे $(CH_3)_2 Hg$ जो कि एक मेथिल मरकरी यौगिक है, में परिवर्तित कर देता है। मेथिल मरकरी यौगिक बहुत आविषालु होते हैं क्योंकि वे :

- (i) मस्तिष्क में पहुँच सकते हैं और तंत्रिका आवेग संचरण में व्यवधान डालते हैं।
- (ii) गर्भवती माताओं के गर्भस्थ शिशु के केन्द्रीय तंत्रिका तंत्र को स्थायी तौर पर क्षतिग्रस्त कर सकते हैं।
- (iii) गुर्दे से अधिक जल हानि करने का कारण बनते हैं जिससे अंत में मृत्यु हो जाती है।

केडमियम : यह अत्यधिक आविषालु है।

उपस्थिति : केडमियम के प्राकृतिक स्रोत ज्वालामुखी सक्रियता, सागरों से छिड़काव और जंगलों की आग हैं।

मानवोद्भव स्रोत : प्राकृतिक स्रोतों की अपेक्षा मनुष्य पर्यावरण में अधिक मात्रा में केडमियम का योगदान करता है। कोयला खनन, अलौह धातु खनन, तेल शोधक कारखाने, कोयला-दहन, कचरा (अपशिष्ट पदार्थ) दहन, आयरन और स्टील उद्योग और फास्फेट उर्वरक केडमियम के मुख्य स्रोत हैं। केडमियम युक्त तम्बाकू वायु में सूक्ष्मरूप में विसरित हो जाता है जब सिगरेट का धुआँ छोड़ा जाता है। केडमियम रासायनिक तौर पर जिंक के बहुत समान होता है। यह जिंक खनिजों के साथ भी मिलता है।

पौधों, पशुओं और मनुष्यों में केडमियम का प्रवेश

पौधों को जब जिंक की आवश्यकता होती है तो वे जिंक के साथ Cd भी खींच लेते हैं। इस प्रकार वह खाद्य श्रृंखला में प्रवेश करता है। केडमियम आलू, गेहूँ, चावल और अन्य अनाजों से आता है। समुद्री खाद्य में भी केडमियम का उच्च स्तर पाया जाता है।

मनुष्यों में केडमियम धूम्रपान करने से पहुँचा है। तम्बाकू की पत्तियाँ सिंचाई जल में केडमियम अवशोषित करती हैं और तम्बाकू चबाने से यह मनुष्यों में पहुँचता है।

खदानों और जिंक प्रशोधन प्रगलकों (स्मेल्टरों) में काम करने वाले और उनके निकट रहनेवालों तथा विद्युत-लेपन (इलैक्ट्रोप्लेटिंग) करने वालों को केडमियम आविषालुता के गम्भीर संकट का सामना करना पड़ता है। केडमियम जल में घुलनशील होता है और जिंक खदानों में कार्य करनेवाले मनुष्यों में पहुँच जाता है।

केडमियम के आविषालु प्रभाव : केडमियम संचयी विष है। यह शरीर में लम्बे समय तक बना रहता है और यह (i) मानसिक तनाव (उच्च रक्त चाप), (ii) हृदय की बीमारियाँ, (iii) गुर्दे की क्षति, (iv) लाल रुधिर कोशिकाओं की टूट फूट, (v) माइटोकोण्ड्रिया के कार्यकारी कोशिकाओं की क्षति उत्पन्न करता है।

केडमियम रासायनिक तौर पर जिंक से मिलता है और एन्जाइमों से जिंक को विस्थापित करके उनकी उत्प्रेरक सक्रियता को नष्ट कर सकता है। Cd^{2+} और Ca^{2+} में समान आवेश और आमाप होता है। जापान में लोगो को एक हड्डी रोग "इताई इताई" होता है जहाँ Cd^{2+} हड्डियों के Ca^{2+} को विस्थापित कर देता है।

34.9 भारी धातुओं के आविषालुता को कैसे रोकें

भारी धातुओं के आविषालु प्रभावों से मानवों और जीवों के जीवन को विनाश से बचाने के लिए रोकथाम के उपाय करने आवश्यक हैं। भारत सरकार ने जनवरी 1985 में पर्यावरण और वन मंत्रालय की अलग से स्थापना की है जो कि पर्यावरण संबंधी विषयों को देखता है। अनेक गैरसरकारी एजेन्सियाँ भी धातुप्रदूषण तथा अन्य प्रदूषणों के चुरे प्रभावों तथा उनकी रोकथाम के संबंध में लोगों को शिक्षा दे रही हैं।

उद्योगों से कहा गया है कि वे औद्योगिक अपशिष्ट को सही व्यवस्था करने के आवश्यक कदम उठाएँ। वहिः स्त्रावों को दूर करने के लिए अनेक युक्तियों बनायी गयी हैं। सरकार ने सही युक्तियाँ न लगाने और अपशिष्टों को नदियों अथवा मृदा पर डालने के लिए उद्योगों को दंडित करने का निश्चय किया है।

लेड युक्त पेट्रोल का उपयोग धीरे-धीरे समाप्त करने के लिए प्रयत्न किए जा रहे हैं। नयी बनी कारों को लेड-मुक्त पेट्रोल उपयोग करने के लिए विशेषकर बनाया गया है। पुरानी कारों में लेड-मुक्त पेट्रोल का उपयोग करने के लिए कैन्वर्टर लगाये गये हैं।

34.10 धातु प्रदूषण को कैसे दूर करे

धातुएँ बहुत अधिक तनु अवस्था (कुछ पीपीएम) में होती हैं जिसके कारण धातु प्रदूषण को दूर करना बहुत कठिन है। हालांकि धातु प्रदूषण हटाने के लिए प्रणालियाँ डिजाइन करने के दो मार्ग हैं:

- (i) एक धातु हटाने के लिए प्रक्रम डिजाइन करना, अथवा
- (ii) एक प्रक्रम डिजाइन करना जो अनेक धातुओं को हटा सके।

धातुओं से संदूषित नदियों और जलछटों के लिए निम्नलिखित प्रक्रम सुझाये गये हैं :

- (i) संदूषित तलछट पर असंदूषित मृदा की कई परतें जमायें जिससे कि तलछट नदियों द्वारा बहाकर न ले जाए जा सकें।
- (ii) तलछट को CaCO_3 से उपचारित करें जिससे उसका pH बढ़ जाता है जो भारी धातु को निश्चल बना देता है।
- (iii) चूना पत्थर, जिप्सम, आयरन सल्फेट और सक्रिय चारकोल को निराविषकारी कारकों के रूप में उपयोग कर सकते हैं।
- (iv) कुछ जलीय पौधे जैसे पिस्टिया और हाइड्रिला जल राशियों से Hg खींच लेते हैं। इससे Hg प्रदूषण हटाने में मदद मिलती है।

पाठगत प्रश्न 34.2

1. मिनामाटा रोग किस कारण होता है?
.....
2. लीड प्रदूषण के तीन स्रोत के नाम बतायें।
.....
3. मरकरी व्युत्पन्न का नाम बतायें जो मानव को बहुत आविषालु है।
.....
4. कौन से पौधे मरकरी को जल से खींच लेते हैं?
.....

34.11 आपने क्या सीखा :

- भारी धातुएँ भू-पर्पटी में सूक्ष्म मात्राओं में मिलती हैं। पर्यावरण में उनकी अधिकता जीवित जीवों के लिए हानिकारक होती है।
- भारी धातु वह होती है जिसका घनत्व 5gcm^{-2} से अधिक होता है।
- सूक्ष्ममात्रिक धातु 1000 पीपीएम अथवा उससे कम मात्रा में भू-पर्पटी में मिलती है।
- प्रकृति में भारी धातुओं का मृदा में संचयन प्राकृतिक परिघटनाओं जैसे ज्वालामुखियों, शैल अपक्षरण, वायु की क्रिया आदि के कारण होता है।
- धातु प्रदूषण के मानवोद्भव स्रोत खनन, प्रगलन, जीवाश्म इंधन दहन, कृषि, औद्योगिक और घरेलू अपशिष्ट के निकलने, वाहनो का धुआ आदि हैं।
- भारी धातुएँ मृदा और जल से परिस्थितिक तंत्र में पहुँचती हैं और मनुष्यों तथा अन्य जीवों में खाद्य श्रृंखला से होकर पहुँचती हैं।

- भारी धातुओं को शीघ्रता से पर्यावरण से नहीं हटाया जा सकता है क्योंकि वे ना ही निराविषीकृत होते हैं और ना ही जैवनिम्नीकृत होते हैं। इसके स्थान पर इनमें कुछ जैव-संचित और जैव-आवर्धित होते हैं।
- आप्णिक स्तर पर धातुएँ आविषालु हो जाती है क्योंकि वे एन्जाइमों के सही कार्य में S – H समूह पर आबद्ध होकर बाधा पहुँचाती हैं अथवा उनमें संरूपीय परिवर्तन लाती हैं। एक भारी धातु आवश्यक आयन को विस्थापित कर सकती है।
- उद्योगों, लेड पाइपों और लेडयुक्त पेट्रोल से लेड निकलता है। यह तंत्रिका विकार उत्पन्न करता है।
- मरकरी प्लास्टिक, कागज, क्लोरीन उद्योगों से पर्यावरण में पहुँचता है। मनुष्य के लिए मेथिल मरकरी विशेषकर खतरनाक होता है जो कि उसके शरीर में खाद्य श्रृंखलाओं से पहुँचता है। यह तंत्रिका क्षति और गुर्दा विकारों को उत्पन्न करता है। जापान में Hg आविषालुता से मिनामाटा रोग फैला था।
- केडमियम भी आविषालु होता है। यह कोयला खनन, कोयला दहन, कचरा दहन, उर्वरकों आदि से पर्यावरण में प्रवेश करता है। Cd से मानसिक तनाव उत्पन्न होता है। जापान में Cd से 'इताई इताई' रोग उत्पन्न हुआ था।
- भारी धातुओं की आविषालुता सही ढंग से औद्योगिक वहिःस्त्रावों की व्यवस्था लेड रहित पेट्रोल और धातुओं की आविषालुता के संबंध में लोगों को शिक्षित करके रोकी जा सकती है। पहले से ही संचित धातुओं को जलीय पौधों का उपयोग करके हटाया जा सकता है जो धातुओं को संदूषित तलछटों को साफ मृदा से ढक कर खींच लेते हैं।

34.12 पाठान्त प्रश्न

1. भारी धातु क्या है? दो भारी धातुओं के नाम बतायें। मनुष्य की पांच गतिविधियों को सूचीबद्ध करें जिन से भारी धातुएँ पर्यावरण में पहुँचती हैं?
.....
2. भारी धातुएँ पर्यावरण में कैसे संचित होती है?
.....
3. एक आप्णिक क्रियाविधि का वर्णन करें जिसके द्वारा भारी धातु आविषालु बन जाती हैं।
.....
4. केडमियम पर्यावरण में कैसे संचित होता है? मनुष्य पर इसके क्या प्रभाव होते हैं?
.....
5. लेड प्रदूषण के पांच स्रोतों को सूचीबद्ध करें। इसके दो विपरीत प्रभावों का उल्लेख करो।
.....
6. मरकरी प्रदूषण के दो आविषालु प्रभावों का उल्लेख करो।
.....
7. मिनामाटा रोग पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखो।
.....
8. भारी धातु प्रदूषण को कैसे रोक सकते हैं?
.....

अपने उत्तरों की जांच कीजिए

पाठगत प्रश्न 34.1

1. Cd, Hg और Pb में से कोई भी दो।
2. भारी धातु वह होती है जिसका घनत्व 5g cm^{-3} से अधिक होता है।
3. कोई एक रूप - खनन, वाहन धुंआ, कागज, प्लास्टिक, पैंट कारखाने।

पाठगत प्रश्न 34.2

1. Hg
2. भाग 34.2 देखिए
3. मेथिल मरकरी
4. पिस्टिया/हाइड्रिला

पाठान्त प्रश्न

1. भाग 34.4 देखिए
2. भाग 34.5 देखिए
3. भाग 34.7 देखिए
4. भाग 34.8 देखिए
5. भाग 34.8 देखिए
6. भाग 34.8 देखिए
7. भाग 34.8 देखिए
8. भाग 34.8 देखिए

रेडियोएक्टिव अपशिष्ट एवं उनका निष्कासन (Disposal)

35.1 भूमिका

कुछ भारी परमाणुओं के नाभिक अस्थिर होते हैं। इनमें स्वतः परिवर्तन होते हैं जिनके अंतर्गत वे तेज गति करते हैं और अधिक ऊर्जा धरते हैं। ये द्रव्य चुम्बकीय विकिरण को उत्सर्जित करते हैं। यह प्रक्रम रेडियोएक्टिवता कहलाता है। ऐसा विकिरण आयनकारी विकिरण कहलाता है क्योंकि यह परमाणुओं के एक अथवा अधिक इलेक्ट्रॉनों पर प्रहार कर उनको हटा सकता है तथा उन्हें धन आवेशित आयनों में परिवर्तित करता है।

कोई भी आयनकारी विकिरण अपने प्रभाव से मानव शरीर की जीवित कोशिकाओं को नष्ट कर सकता है। नाभिकीय आयुधों के विकास और नाभिकीय ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए रिऐक्टरों की स्थापना के कारण उत्पन्न कृत्रिम रेडियोएक्टिवता की खोज से मानव और पर्यावरण को रेडियोएक्टिव प्रदूषण का संकट बढ़ गया है।

इस सत में हम प्राकृतिक एवं मानव निर्मित स्रोतों के कारण उत्पन्न नाभिकीय विकिरणों से मानव और पर्यावरण को होने वाले संभावित संकट तथा नाभिकीय अपशिष्ट पदार्थों के सुरक्षित प्रबंधन की विधियों पर विचार करेंगे।

35.2 उद्देश्य

इस सत के अध्ययन के बाद आप :

- विभिन्न रेडियोएक्टिव स्रोतों को सूचीबद्ध कर सकेंगे,
- नाभिकीय अपशिष्ट और नाभिकीय दुर्घटनाओं से उत्पन्न रेडियोएक्टिव उत्पादों के निकलने का लेखा रख सकेंगे,
- मानव शरीर पर विकिरण के दुष्परिणाम बता पाएंगे

- रेडियोएक्टिव प्रदूषण निरोधक उपायो को सूचीबद्ध कर सकेंगे और
- विकिरण प्रभावन से सुरक्षा के संबंध में किए जाने वाले उपायों के विभिन्न नियमनों को सूचीबद्ध कर सकेंगे।

35.3 आयनकारी विकिरण और रेडियोएक्टिव अपक्षय

आयनकारी विविक्त विकिरण दो प्रकार के होते हैं : अल्फा (α) कण (धन आवेशित पदार्थ जिसमें दो प्रोटॉन और दो न्यूट्रॉन होते हैं) और बीटा (β) कण (ऋण आवेशित इलेक्ट्रॉन)। रेडियोएक्टिव पदार्थ से निकलने वाला सबसे सामान्य आयनकारी वैद्युत चुम्बकीय विकिरण उच्च-उर्जा γ -किरणें (गामा) हैं। ये किरणें X-किरणों से भी अधिक प्रवेशी होती हैं।

रेडियोएक्टिव नाभिक स्वतः उच्च उर्जा वैद्युतचुम्बकीय विकिरणों (γ -किरणें अथवा अवपरमाणुक कण (α अथवा β कण) अथवा दोनों को ही उत्सर्जित करते हैं और शनैः शनैः दूसरे रेडियोएक्टिव न्यूक्लाइड अथवा साधारण तत्व में परिवर्तित हो जाते हैं।

35.4 रेडियोएक्टिव प्रदूषण के विभिन्न स्रोत

प्राकृतिक रूप से पर्यावरण में परमाणुक खनिजों के अपक्षय से रेडियोएक्टिव तत्व बनते हैं। जीवित जीव निरन्तर विविध विकिरण स्रोतों के प्रभाव में आते हैं। ये स्रोत निम्न रूप से वर्गीकृत किए गए हैं:

X विकिरण के प्राकृतिक स्रोत एवं विकिरण के मानवोद्भव स्रोत।

35.4.1. विकिरण के प्राकृतिक स्रोत

- परमाणुक खनिजों का अपक्षय :** यूरेनियम के खदान के समय रेडॉन गैस निरंतर वायु में मोचित होती है। रेडॉन-222 ($t_{1/2}=3.82$ दिन) का जनक रेडियम-226 है जिसकी अर्ध-आयु 1602 वर्ष है और व्यापक रूप से यूरेनियम के समस्थानिकों के साँझ शैलों, अवसादों और मृदाओं में वितरित पाया जाता है। अतः इन स्रोतों से निकलने वाले आयनकारी विकिरण से बचना असंभव है जिसे कि प्राकृतिक अथवा पृष्ठभूमिक विकिरण भी कह लाता है।
- अन्य स्रोतों में कॉस्मिक किरणें आती हैं जो वाह्य अंतरिक्ष से आने वाले उच्च उर्जा आयनकारी वैद्युत चुम्बकीय विकिरण हैं।
- प्राकृतिक रूप से मिलने वाले समस्थानिक जैसे कि रेडॉन-222 मृदा, इंटा ओर कंक्रीट फर्श में पाये जाते हैं। स्थलमण्डल में मिलने वाले रेडियोएक्टिव तत्वों में यूरेनियम, थोरियम, रेडियम, पोटेशियम समस्थानिक (K-40) और कार्बन समस्थानिक (C-14) आते हैं।

पोटेशियम -40 पोटेशियम रखने वाली सभी मृदा प्रणालियों में रेडियोएक्टिवता देता है। इस प्रकार की मृदाओं में उगायी जाने वाली फसलों में कार्बन-14 और पोटेशियम-40 जैसे रेडियोएक्टिव तत्व मिलते हैं। जल तब रेडियोएक्टिव खनिज रखने वाली मृदाओं में न्यूक्लाइडों से संदूषित हो जाता है। हम प्राकृतिक विकिरणों से भरे पर्यावरण में रह रहे हैं लेकिन वे बिरले ही हानिकारक होते हैं क्योंकि उनके विकिरण का स्तर प्रायः बहुत निम्न होता है।

35.4.2. विकिरण के मानवोद्भव स्रोत

विभिन्न मानव गतिविधियों के परिणाम स्वरूप हमें आयनकारी विकिरण का सामना करना पड़ता है।

- नैदानिक चिकित्सा परीक्षण :** इस प्रकार के अधिकतर विकिरण से मरीजों को सामना दंत और X-किरणों, तथा अन्य परीक्षणों जिनमें रेडियोएक्टिव समस्थानिकों का अंतर्गहन विकिरण चिकित्सा के अंतर्गत मरीजों को दिया जाता है के कारण होते हैं।

- (ii) **नाभिकीय परीक्षण :** वायुमण्डल में किए जाने वाले नाभिकीय विस्फोट परीक्षण विशेषकर विकिरण-प्रदूषण का प्रमुख कारण है और विश्वभर में बढ़ते पृष्ठभूमिक स्तर के लिए उत्तरदायी हैं। वायुमण्डलीय नाभिकीय विस्फोट परीक्षणों के दौरान वायुमण्डल में कई लम्बी अवधि के रेडियो न्यूक्लियाइड छोड़े होते हैं। यह रेडियोऐक्टिव धूल (जो कि रेडियोऐक्टिव फॉल आऊट भी कहलाती है) पृथ्वी के धरातल से ऊपर 6 से 7 कि.मी. की ऊँचाई पर वायु में निलंबित हो जाता है और परीक्षण स्थल से वायु द्वारा लम्बी दूरी तक विस्तारित कर दी जाती है। ये रेडियोन्यूक्लियार वर्षा के कारण नीचे आ जाते हैं और मृदा तथा जल में मिल जाते हैं। यहाँ से वे सरलता से खाद्य शृंखला में प्रवेश कर जाते हैं और अंत में मानव शरीर में एकत्रित होकर गम्भीर स्वास्थ्य संकट उत्पन्न करते हैं नाभिकीय परीक्षणों के दौरान निकलने वाले कुछ रेडियो ऐक्टिव समस्थानिक मानव शरीर को प्रभावित करते हैं।

भार ने अपनी नाभिकीय युक्ति (12 किलोटन ट्राइनाइट्रो टोल्यूइन (टी एन टी) के मुल्य) को पाकिस्तान के निकट थार के रेगिस्तान में भूमिगत सुरंग में 107 मीटर की गहरीई पर विस्फोट किया। आसपास के क्षेत्र में रेडियोऐक्टिवता नहीं देखी गयी। अभी फिर मई, 1998 में भारत ने नाभिकीय विस्फोट किया जिसमें कोई रेडियोऐक्टिवता का रिसाव नहीं हुआ।

- (iii) **नाभिकीय रिएक्टर :** नाभिकीय रिएक्टर और नाभिकीय सुविधाएँ जब सामान्य रूप से कार्य कर रहे होते हैं तब भी विकिरणों का रिसाव होता है। अक्सर यह आशंका रहती है कि उत्तम डिजायन, उचित देखभाल और तकनीकियों की उपस्थिति के बाद भी कुछ रेडियोऐक्टिवता नित्यचर्या के रूप से वायु और जल में छोड़े जाते हैं।

नाभिकीय रिएक्टर, वह साधन है जहाँ से नियंत्रित दशाओं में नाभिकीय ऊर्जा का निरन्तर मोचन होता है। नाभिकीय रिएक्टर का उपयोग बिजली पैदा करने के लिए किया जाता है।

हालांकि विकिरण रिसाव के संकटों की वास्तविक संभावना आकस्मिक दुर्घटनाओं के कारण रहती है जिसका परिणाम भारी मात्राओं में आयनकारी विकिरण के उत्सर्जित होने के कारण हो सकता है। इस प्रकार की आकस्मिक दुर्घटनाएँ 1986 में यू.एस.एस.आर. के 'चर्नोबिल नाभिकीय पावर प्लांट' और 1978 में यू.एस.ए. के 'श्री माइल आइलैण्ड पावर प्लांट' में हुई।

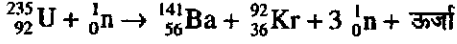
35.5 नाभिकीय अपशिष्टों से नाभिकीय विकिरण का मोचन

35.5.1 यूरेनियम अयस्क की खुदाई

प्राकृतिक रूप से मिलने वाला यूरेनियम का धीरे-धीरे अन्य उत्पादों में अपक्षय होता है और वे भी रेडियोऐक्टिव होती हैं। अतः यूरेनियम की खुदाई और मिलिंग (निर्माणीयन) प्रक्रम के बाद शेष बचा विशाल अपशिष्ट पदार्थ भी आयनकारी विकिरणों का स्रोत होता है। यह अपशिष्ट द्रव्य अथवा पाऊंडर के रूप में मिलता है और 'मलबा' अथवा 'पछोड़ने' कहलाता है। यह पछोड़ने कई हजार सौ वर्षों तक रेडियोऐक्टिव रेडॉन-222 गैस उत्सर्जित करता है तथा स्थानीय भूजल को रिसाव द्वारा प्रदूषित कर सकता है। ठोस पछोड़ने वर्षाजल में घुलकर भूजल में भी मिल सकता है। यदि पछोड़ने का उपयोग भूमि भराव के लिए किया जाए जिस पर बिल्डिंग का निर्माण होता है तो इससे विकिरण की समस्याएँ हो सकती हैं। विकिरण यूरेनियम-238 के अपक्षय होने से रेडॉन गैस निकलने के कारण उत्पन्न हो सकता है। रेडॉन शैलो और मृदाओं द्वारा वायुमण्ड में विस्तारित हो सकती है। वायुमण्डल में रेडॉन पहुंचने पर यह श्वास द्वारा अन्दर पहुंच सकती है। लेड बें रूपान्तरण बहुत महत्वपूर्ण है क्योंकि कि ठोस रेडियोऐक्टिव कण फेफड़ों में फंस जाते हैं और वास्तव में हानिकारक होते हैं।

35.5.2 नाभिकीय अपशिष्ट

जब यूरेनियम-235 नाभिक नाभिकीय रिएक्टर में विभक्त होते हैं तो वे विखंडन उत्पादों में टूटते हैं जो गहन रूप से रेडियोएक्टिव भी होते हैं। यह इस प्रकार होता है:



एक यूरेनियम परमाणु दो रेडियोएक्टिव उत्पादों में विभक्त होता है जिससे पृथ्वी पर रेडियोएक्टिव परमाणुओं की संख्या दुगनी हो जाती है। इसके अतिरिक्त यूरेनियम-235 की अर्ध आयु 700 मिलियन वर्षों से अधिक होती है और इसके कुछ विखंडन उत्पादों की अर्ध-आयु छोटी होती है। वे यूरेनियम से अधिक शीघ्रता से विघटित होते हैं और विकिरण के उच्च स्तरों का उत्सर्जन करते हैं।

ऐसी कोई विधि नहीं है जिसके द्वारा हम इन उत्पादों के अपक्षय को बढ़ा अथवा घटा सके। नाभिकीय रिएक्टर के अपशिष्ट हजारों-हजारों वर्षों तक हानिकारक विकिरणों को उत्सर्जित करते हैं। क्योंकि इन रेडियो न्यूक्लियाइडों को नष्ट करना संभव नहीं है अतः पृथ्वी पर इनको ऐसे स्थान पर संग्रहित रखा जाना चाहिए जहाँ ये मानवों को कम से कम क्षति पहुँचाएँ।

प्लूटोनियम-239 नाभिकीय अपशिष्ट समस्या का दूसरा उदाहरण है। प्लूटोनियम-239 समस्थानिक यूरेनियम विखंडन के दौरान उप-उत्पाद के रूप में उत्पन्न होता है। यह एक अल्फा कण उत्सर्जक है और इसकी अर्ध आयु 24000 वर्षों की होती है। लगभग 1000 अथवा उससे भी अधिक वर्षों के बाद नाभिकीय रिएक्टरों की ईंधन शालाओं से होने वाली मुख्य रेडियोएक्टिवता प्लूटोनियम तथा उस जैसे भारी तत्वों से होगी क्योंकि इस समय तक विखंडन से बनने वाले अपेक्षाकृत छोटी अर्ध आयु के अन्य न्यूक्लियाइडों का बड़े पैमाने पर अपक्षय हो चुका होगा। प्लूटोनियम अब ज्ञात विषों में सबसे अधिक मारक विष है। यह प्राकृतिक रूप में पृथ्वी पर नहीं मिलता है। यह तत्व या तो नाभिकीय रिएक्टरों अथवा नाभिकीय हथियार प्रोग्राम में उत्पन्न होता है। आज उत्पन्न होने वाले प्लूटोनियम का ध्यान हजारों वर्षों तक हमारी भावी पीढ़ियों के लिए रखना होगा। रेडियोएक्टिव अपशिष्टों से निबटने का सामान्य उपगमन रेडियोएक्टिवता को जहाँ तक संभव हो सके सांद्रित रोका जाए। केवल निम्न स्तर की रेडियोएक्टिवता रखने वाले बहिःस्त्राव को ही पर्यावरण में विसर्जन किया जाए।

35.4.3 नाभिकीय दुर्घटनाएं

रिएक्टरों में नाभिकीय विखंडन कुछ ईंधन को रेडियोएक्टिव खंडों में परिवर्तित करता है। ये अभिक्रियाएँ काफी उष्मा पैदा करती हैं अतः रिएक्टर के क्रोड की ईंधन शलाकाओं को जल प्रवाह द्वारा ठंडा करना पड़ता है जिससे कि ईंधन शलाकाएँ पिघल न जाएँ। यदि यह पिघलना आक्समिक तौर पर हो जाए तो भारी मात्रा में अत्यधिक हानिकारक रेडियोएक्टिव पदार्थ पर्यावरण में छोड़ दिया जाएगा। इस प्रकार की गम्भीर दुर्घटनाओं से बचने के लिए नाभिकीय रिएक्टरों के लिए कई प्रकार के सुरक्षा प्रबंध किए जाते हैं जिससे कि रिएक्टर का फटना असंभव सा होता है।

हालांकि क्रोड का पिघलना असंभव सा है लेकिन कभी संभव भी हो सकता है। उदाहरण के लिए कुछ पदार्थ टुटने के कारण शीतलक की हानि रिएक्टर के क्रोड को अतितापित कर देगी और अंततः ईंधन शलाकाएँ पिघल जाएँगी। दूसरी संभावना है रिएक्टर की वाहिकाओं के अन्दर किसी गैस अथवा वाष्प की वृद्धि शीर्ष को उड़ा सकती है और रेडियोएक्टिव पदार्थ के विशाल बादल वायुमण्डल में फैल जाएँगे जिसका परिणाम हजारों लोगों की मृत्यु और क्षति होगा।

नाभिकीय पावर उद्योग के इतिहास में मिडिलटाऊन (यू.एस.ए.) के 'श्री महान् आइसलैंड' में 1979 में और 'चर्नोबिल नाभिकीय पावर' संयंत्र (यू.एस.एस.आर.) में 1986 में हुयी दुर्घटनाएँ महत्वनात्मक थीं। दोनों ही प्रकरणों में दुर्घटनाओं और त्रुटियों की शृंखला के कारण नाभिकीय क्रोड की अस्तित्वन हुआ। श्री महान् आइसलैंड के नाभिकीय रिएक्टर से हुए रिसाव के बारे में कहा जाता है कि वह बहुत कम था और कार्यकर्ताओं अथवा

लोगों को तुरन्त हानि नहीं पहुंची। लेकिन चर्नोबिल में हुआ रिसाव बहुत अधिक था तथा कुछ कार्यकर्ताओं की मृत्यु हो गयी और विकिरण सारे यूरोप के विशाल क्षेत्रों में फैल गया। शहर को खाली करा के लोगों को सुरक्षित जगहों पर ले जाना पड़ा तथा संयंत्र को बन्द कर दिया गया। नाभिकी वैज्ञानिकों का सोचना है कि इस प्रकार की घटनाओं से बचा जा सकता है यदि रिऐक्टर की डिजाइन में सुधार किया जाए और अच्छा प्रचालक प्रशिक्षण दिया जाए है।

पाठगत प्रश्न 35.1

1. क्या होता है जब एक न्यूट्रॉन यूरेनियम-235 पर प्रहार करता है?
.....
2. किसी नाभिकीय रिऐक्टर का बम्ब की भांति उड़ना क्यों असंभव है? विवेचना कीजिए।
.....
3. नाभिकीय रिऐक्टर से मानव और पर्यावरण को संभावित संकट क्या है?
.....
4. प्रकृति में रेडियोक्टिवता के दो स्रोतों के नाम बताओ।
.....
5. तीन मानव निर्मित अथवा मानवोद्भवी स्रोतों के नाम बताये, जो रेडियोऐक्टिवता मोचित करते हैं।
.....
6. रेडियोऐक्टिव फॉल आऊट क्या है?
.....

35.5 मानव शरीर पर आयनकारी विकिरण के जैविक प्रभाव

आयनकारी विकिरण निम्नलिखित प्रभाव उत्पन्न करते पाये गए हैं : जन्मजात विकृतियां, उत्परिवर्तन, अर्बुद (पराबैंगनी किरणों त्वचा में अर्बुद पैदा करती हैं)।

पिछले कुछ दशकों में आयनकारी विकिरण से प्रभावित होने वाले लोगों की संख्या बहुत अधिक बढ़ी है। वे लोग जो यूरेनियम अयस्क की खुदाई में लगे हैं, मरीज जिन्हें γ -विकिरणों से उपचारित किया गया है तथा तकनीकी लोग जो X-किरणों तथा अन्य रेडियोस्कोपी समस्थानिकों का उपयोग करते हैं विशेषकर प्रभावित हुए हैं। मानव शरीर पर विकिरण के संकटों का ज्ञान होने से पहले रेडियोऐक्टिव पदार्थों से संबंध रखने वाले लोग असावधान थे और उन्हें अनेक प्रकार के कैंसर से पीड़ित होना पड़ा। आरम्भिक कार्यकर्ता जिन्होंने 1920 के दौरान स्फुरदीप्ति रेडियम पेन्ट युक्त डायलों वाली घड़ियों का उपयोग किया था हड्डी के अर्बुदों से पीड़ित हुए।

35.6.1 विकिरण क्षति के प्रकार

किसी भी प्रकार के आयनकारी विकिरण (α और β कण, γ -किरणों और X-किरणों) का प्रभाव हानिकारक और घातक सिद्ध हो सकता है। रेडियोऐक्टिव प्रदूषण, वायु, जल और मृदा के प्रदूषण से भिन्न होता है तथा व्यक्ति के स्वास्थ्य (अ-आनुवंशिक) को ही केवल प्रभावित नहीं करता बल्कि भावी पीढ़ियों में शारीरिक परिवर्तन (आनुवंशिक प्रभाव) भी लाता है। दो प्रकार के शारीरिक क्षतिसंबंधी प्रभाव हो सकते हैं: (i) आनुवंशिक

और (ii) अ-आनुवंशिक क्षति। आनुवंशिक क्षति में जीनों और गुणसूत्रों के प्रभाव में फेर बदल हो जाता है। इसका प्रभाव भावी पीढ़ियों (बच्चों और पौत्र पौत्री) में विकृतियों के रूप में दृष्टिगत हो सकता है। आनुवंशिक पदार्थ अर्थात् आनुवंशिक सूचना रखने डी.एन.ए. (चाले डी ऑक्सीराइबो न्यूक्लिक अम्ल) अणु में परिवर्तन अथवा टूटने को उत्परिवर्तन कहते हैं।

अ-अनुवांशिक प्रभावों में हानि तुरन्त जन्म विकृतियों, दाह, ल्यूकेमिया के कुछ प्रकार, गर्भपात, अर्बुद तथा एक या अधिक अंगों का कैंसर के रूप में दिखाई देता है।

35.6.2 हानि का विस्तार

हानि के विस्तार अनेक कारकों पर निर्भर करता है :

- प्रभावना का समय
- विकिरण की तीव्रता
- आयनकारी विकिरण (इसकी प्रवेशी शक्ति) का प्रकार
- क्या विकिरण मानव शरीर के बाहर अथवा भीतर से निर्गमित हो रहे हैं।

रेडियोएक्टिव प्रदूषण अन्य प्रकार के प्रदूषणों (वायु, जल, मृदा) से काफी भिन्न है। इससे न केवल मानव स्वास्थ्य (अ-आनुवांशिक) प्रभावित होता है बल्कि भावी पीढ़ियों में आनुवंशिक प्रभाव भी देखे जाते हैं। विभिन्न प्रकार के विकिरणों का मनुष्य के शरीर पर प्रभाव तालिका 35.1 में दिखाया गया है। ये विकिरण मनुष्य के शरीर में प्राकृतिक तथा मानव-निर्मित स्रोतों से पहुंचते हैं।

तालिका 35.1 शरीर पर विभिन्न विकिरणों का प्रभाव

विकिरण का प्रकार	शरीर पर प्रभाव
α -कण	प्रायः त्वचा में प्रवेश नहीं कर पाते। यदि उनका स्रोत शरीर के अन्दर है तो वे हड्डियों अथवा फेफड़ों को हानि पहुंचा सकते हैं।
β -कण	त्वचा में प्रवेश कर सकते हैं लेकिन ऊतकों को हानि नहीं पहुंचाते हैं। ये त्वचा और आंखों (मोतियाबिंद) को क्षति पहुंचा सकते हैं।
γ -विकिरण	सरलता से शरीर को भेद कर उससे निकल सकते हैं। ये कोशिका संरचना को क्षति पहुंचा सकते हैं।
X-किरण	काफी दूरी तक जा सकती है और हड्डियों को छोड़कर शरीर के ऊतकों से गुजर सकती है। ये कोशिकाओं को हानि पहुंचा सकती हैं।

अल्फा (α) और बीटा (β) कण बाहर से उच्च स्तर के प्रभावन द्वारा त्वचा को दाह (जलाना) उत्पन्न कर सकते हैं लेकिन वे त्वचा में प्रवेश कर आन्तरिक क्षति नहीं पहुंचा सकते हैं। यदि कोई अल्फा अथवा बीटा कण उत्सर्जन करने वाला रेडियोएक्टिव समस्थानिक शरीर में श्वाम के गुणधर्मों के द्वारा त्वचा में प्रवेश कर जाए तो आस-पास के ऊतकों को भारी क्षति पहुंचा सकता है। वे कोशिकाओं की अणुविकिरण की प्रभाव बढ़ कर अर्बुद बनाने को प्रेरित कर सकते हैं। समान ऊर्जा वाले अल्फा कणों की ऊर्जा शक्ति कणों से शरीर के अन्दर क्षति कम होती है। गामा (γ) किरणें और उच्च ऊर्जा वाले न्यूट्रॉन अणु अधिक प्रवेशी होते हैं और शरीर में सरलता से गुजर जाते हैं। ये शरीर को बाहर और भीतर दोनों से ही कोशिका क्षति पहुंचा सकते हैं।

35.6.3 मात्रा और प्रभावन समय का प्रभाव

आयनकारी विकिरण की छोटी मात्राएँ लम्बे समय की अवधि में एक बार में ही देने की तुलना में मानव स्वास्थ्य को कम क्षति पहुंचाती हैं। इसका कारण है कि मानव शरीर में कुछ समय में छोटी प्रतिपूति करने का गुण होता है। छोटी अवधि में भारी मात्रा का प्रभाव अधिक क्षतिकारी हो सकता है अथवा मृत्यु कारी हो सकता है। तेजी से वृद्धि करते भ्रूण बहुत संवेदनशील होते हैं, अतः गर्भवती महिलाओं को जहाँ तक हो सके रेडियोएक्टिवता और X-किरणों के प्रभावन से बचना चाहिए। हालांकि X-किरणों के चिकित्सकीय उपयोग में विकिरण की निम्न मात्राओं का प्रयोग किया जाता है लेकिन ऐसा लगातार किया जाए तो उसका परिणाम आयनकारी विकिरण की मात्रा में महत्वपूर्ण वृद्धि होता है जिससे निश्चित संकट पैदा हो सकता है। कैंसर के उपचार के लिए रेडियो-समस्थानिकों और गामा किरण विकिरण के प्रयोग से रेडियोएक्टिवता की काफी अधिक मात्राएँ बढ़ सकती हैं।

कॉस्मिक विकिरण की मात्रा इस बात पर निर्भर करती है कि व्यक्ति किस ऊँचाई पर रहता है। उदाहरण के लिए 2000 मीटर की ऊँचाई बाह्य अंतरिक्ष से आने वाली कॉस्मिक किरणों से होने वाले विकिरण की मात्रा को दुगना कर देती है। विकिरण का प्रभाव तुरन्त अथवा देर से हो सकता है।

पाठगत प्रश्न 35.2

1. आयनकारी विकिरण के प्रभावन से होने वाली मानव क्षति के प्रकारों की रूप रेखा बताइये।

2. वे दो कौन सी दुर्घटनाएँ थीं जिनमें रेडियोएक्टिव रिसाव हुआ था?

35.7 नाभिकीय विकिरण से बचने के निरोधक उपाय

प्राकृतिक और कृत्रिम विकिरणों के प्रभावों को कम करने के लिए निम्नलिखित निरोधक उपाय अपनाये जा सकते हैं :

- (i) वायुमण्डल में परमाणुक विस्फोट नहीं किए जाने चाहिए।
- (ii) नाभिकीय रिऐक्टरों में संवृत चक्र शीतलक प्रणाली लगायी जानी चाहिए जिससे शीतलक से विकिरण का रिसाव नहीं होगा।
- (iii) नाभिकीय रिऐक्टरों अथवा नाभिकीय आयुध प्रोग्राम उत्पन्न रेडियोएक्टिव अपशिष्टों को इस प्रकार निपटारा करना चाहिए कि उनसे कम से कम हानि पहुँचे। पहली अवस्था में अपशिष्टों को ऐसी जगह पर अस्थाई तौर पर संग्रहित करना चाहिए जहाँ आरम्भिक, बहुत तीव्र, रेडियोएक्टिवता प्राकृतिक अपक्षय द्वारा खत्म हो जाए। नाभिकीय अपशिष्टों को दुहरी-भित्ति वाले टैंको में बन्द कर देना चाहिए जिससे कि कोई रिसाव न हो। दूसरी अवस्था में रिऐक्टरों में विखंडन के दौरान उत्पन्न कुछ उपयोगी समस्थानिकों का पुनः संसाधनकारी संयंत्रों में पुनःचक्रण किया जा सकता है। अंतः में अपशिष्टों के चिरस्थायी संग्रहण के लिए भू वैज्ञानिक स्थायी तौर पर भूमिगत गहरी खाइयों का निर्माण किया जाना चाहिए। ऐसा सुझाव है कि इन अपशिष्टों को तब तक संग्रहित रखना चाहिए जब तक कि रेडियोएक्टिवता का स्तर प्राकृतिक यूरेनियम खान के बराबर न हो जाए।
- (iv) समस्थानिकों का उत्पादन और उपयोग कम से कम तथा बहुत आवश्यक उपयोग के लिए ही होना चाहिए। निर्माण के बाद समस्थानिकों को किसी भी प्रकार से नष्ट नहीं किया जा सकता है केवल

- (v) नाभिकीय प्रतिष्ठानों की संख्या कम की जानी चाहिए जिससे कि रेडियो प्रदूषकों का उत्सर्जन सीमित किया जा सके।
- (vi) विखंडन प्रक्रिया सीमित की जानी चाहिए।
- (vii) नाभिकीय खानों में गीली खुदाई होनी चाहिए और पछोड़न को उचित रूप से सील करना चाहिए जिससे विकिरण रिसाव से पूर्ण सुरक्षा रहे।
- (viii) रेडियो न्यूक्लियाइडों से संदूषित औद्योगिक अपशिष्टों का निपटारा सावधानी से विशेष रूप से बनाये हैं को में रखकर करना चाहिए
- (ix) उन कार्यस्थलों पर जहाँ रेडियोएक्टिव उत्सर्जन संभव है वहाँ ऊँची चिमनियाँ और अच्छी संवातन प्रणाली होनी चाहिए।
- (x) उन क्षेत्रों में जहाँ भूमिगत रेडॉन रिसाव का संकट है रेडॉन के सांद्रणों की निगरानी होनी चाहिए और इमारतों तथा घरों में सुरक्षा उपाय करने चाहिए।

35.8 सुरक्षा उपायों के संबंध में नियमन

परमाणु ऊर्जा संबंधी सभी गतिविधियों की प्रधान एजेन्सी डिपार्टमेंट ऑफ एटॉमिक एनर्जी (DAE) है जिसकी स्थापना 1954 में हुई थी। नाभिकीय अधिष्ठानों को लगाने के स्थलों का चयन, सुरक्षा का ध्यान रखकर किया जाता है। कई भौतिक बाधाओं को डिजायन किया जाता है जिससे कि रिऐक्टर से निकलने वाले विकिरण इन्हें तोड़ कर बाहर न आ सकता है। कार्यकर्ताओं द्वारा प्राप्त की जाने वाली विकिरण मात्राओं की निगरानी प्रत्येक महीने की जाती है। एनर्जी रेगुलेटरी बोर्ड ने कार्यकर्ताओं के लिए 30 मिलीसीवर्ट (mSv) मात्रा निश्चित की है। यह इन्टरनेशनल कमीशन आन रेडियोलाजिकल प्रोटेक्शन (ICRP) की सहमति से सुनिश्चित की गयी है

एटॉमिक एनर्जी रेगुलेटरी बोर्ड, एटॉमिक एनर्जी कमीशन की स्वायत्त इकाई है जो एटॉमिक एनर्जी एक्ट 1962 के तहत डिपार्टमेंट ऑफ एटॉमिक एनर्जी के सभी प्रतिष्ठानों में सभी नियमनकारी और सुरक्षा कार्यों को देखती है। यह सभी नाभिकीय प्रतिष्ठानों में स्थान चयन, डिजायन, निर्माण और चालू करना, प्रचालन आदि के संबंध में निर्णय लेने के लिए समर्थ है।

पाठगत प्रश्न 35.3

- नाभिकीय रिऐक्टरों में ईंधन के रूप में उपयोग करने के लिए यूरेनियम-235 की क्या सांद्रता होनी चाहिए?
.....
- कारण बतायें कि रेडॉन-222 की अनुजात रेडॉन की अपेक्षा स्वास्थ्य के लिए अधिक हानिकारक क्यों होती है?
.....
- पछोड़नों के कारण उत्पन्न विकिरण से हम अपने को कैसे सुरक्षित रख सकते हैं?
.....

35.9 आपने क्या सीखा

- नाभिकीय विकिरण का वायुमण्डल में (i) प्राकृतिक और (ii) मानवोद्भव स्रोतों द्वारा उत्सर्जन होता है।

- प्राकृतिक स्रोतों से उत्पन्न विकिरण यूरेनियम और अन्न रेडियोएक्टिव तत्वों से आते हैं जो विघटन के बाद अन्य रेडियोएक्टिव समस्थानिकों को जन्म देते हैं। रेडॉन-222 गैस ऐसा प्रबल स्रोत है।
- मानव निर्मित विकिरण स्रोतों में, (i) नैदानिक चिकित्सकीय परीक्षण जिनमें रेडियो समस्थानिकों का प्रयोग होता है, (ii) वायुमण्डल में किए जाने वाले नाभिकीय परीक्षण, (iii) अनुसंधान और पावर के लिए नाभिकीय रिएक्टर सम्मिलित है।
- वायुमण्डल में विकिरण विभिन्न तरीकों से मोचित होते हैं: यूरेनियम की खानों से उत्पन्न रेडियोएक्टिव अपशिष्ट जो 'पछोडन' (टेलिंग्स), (i) नाभिकीय रिएक्टरों द्वारा पीछे छोड़े गए नाभिकीय अपशिष्ट, (ii) नाभिकीय प्रक्रियों के उत्पाद जैसे प्लूटोनियम-239 (iii) नाभिकीय दुर्घटनाएँ।
- आयनकारी विकिरणों के प्रभावन से हल्के से गम्भीर प्रभाव मानव स्वास्थ्य पर हो सकते हैं और कभी-कभी मृत्यु भी हो सकती है।
- विकिरण रिसाव को कम से कम करने के लिए अनेक कदम सुझाये गए हैं।

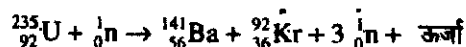
35.10 पाठान्त प्रश्न

1. किस प्रकार के विकिरण आयनकारी विकिरण कहलाते हैं?
.....
2. किस प्रकार के विकिरण मानव स्वास्थ्य के लिए हानिकारक होते हैं?
.....
3. 'पृष्ठभूमिक विकिरण' की परिभाषा दीजिए।
.....
4. मानवोद्भव विकिरणों के क्या स्रोत हैं?
.....
5. नाभिकीय अपशिष्टों से उत्पन्न विकिरण के विभिन्न स्रोत कौन से हैं?
.....
6. आयनकारी विकिरण के मानव स्वास्थ्य पर क्या प्रभाव होते हैं?
.....

अपने उत्तरों की जाँच कीजिए

पाठगत प्रश्न 35.1

1. यूरेनियम-235 दो विखंडन उत्पादों, दो अथवा तीन न्यूट्रॉनों और बहुत सी ऊर्जा में विभक्त होता है। विभक्त हुए उत्पाद भी रेडियोएक्टिव होते हैं। यह अभिक्रिया नाभिकीय विखंडन आभिक्रिया कहलाती है। यह रेडियोएक्टिव विखंडन उत्पादों में विभक्त होता है।



2. रिएक्टर में प्रयोग किए जाने वाले नाभिकीय ईंधन में विखंडनकारी U-235 (केवल 3%) की निम्न सांद्रता होती है। स्वतः चलने वाली विखंडन आभिक्रिया के लिए ऊर्तिक संहति उपलब्ध न होने के कारण विखंडनकारी नाभिकों पर नाभिकों द्वारा प्रहार की संभावना कम होती है। अभिक्रिया धीमी गति से चलती रहती है।

3. रिऐक्टरों से होने वाले पर्यावरण संबंधी संकट में सम्मिलित है :
 - (i) गम्भीर दुर्घटना की संभावना जिससे वायुमण्डल में रेडियोएक्टिवता मोचित होती है।
 - (ii) सामान्य कार्य दशाओं के दौरान भी छोटी मात्रा में विकिरण रिसाव की संभावना।
 - (iii) रेडियोएक्टिव अपशिष्ट के निबटान की महत्वपूर्ण समस्या।
4. खनिजों का अपक्षय / वाह्य अंतरिक्ष से आने वाली कॉस्मिक किरणे / प्रकृति में मिलने वाले रेडियोएक्टिव तत्व। (कोई दो)
5. नाभिकीय अपशिष्ट, नाभिकीय अभिक्रिया, नाभिकीय दुर्घटनाएँ।
6. नाभिकीय दुर्घटनाओं के समय वायुमण्डल में मोचित रेडियोन्यूक्लियाइड।

पाठगत प्रश्न 35.2

1. भाग 35.6 देखिए
2. भाग 35.5.3 देखिए

पाठगत प्रश्न 35.3

1. विखंडनकारी यूरेनियम-235 की सांद्रता रिऐक्टर के ईंधन में 3% और अ-विखंडनकारी यूरेनियम-235 में 97% होती है। बम्ब श्रेणी के पदार्थ में U-235 की सांद्रता 85% आपेक्षित होती है।
2. रेडॉन-222 गैस जब शरीर में श्वास द्वारा चली जाती है तो शीघ्रता से विघटित होकर ठोस रेडियोएक्टिव लेड-210 में परिवर्तित हो जाती है जिसकी 223 वर्षों की लम्बी अर्ध-आयु होती है। यह आयनकारी विकिरण उत्सर्जित करता है जो पास के ऊतकों को क्षति पहुंचाता है।
3. यूरेनियम खानों में आर्द्र खुदाई करनी चाहिए और पछोड़न को अच्छी तरह सील करना चाहिए जिससे रिसाव से सुरक्षा प्राप्त हो।

पाठान्त प्रश्न

1. α और β कण, γ और X-किरणें आयनकारी विकिरण कहलाते हैं क्योंकि उनमें बहुत अधिक ऊर्जा होती है। ये परमाणुओं में से 1 अथवा अधिक इलेक्ट्रॉनों को हटाने में सक्षम होते हैं जिन पर ये प्रहार कर सकते हैं और परमाणुओं को धन अवशिष्ट आयनों में परिवर्तित करते हैं।
2. सभी आयनकारी विकिरणों की विवेचना प्रश्न-1 में की गयी है। परावैगनी विकिरण मानव स्वास्थ्य को क्षति पहुंचा सकता है।
3. पृष्ठभूमिक विकिरण का अर्थ है बाह्य अंतरिक्ष से आने वाले और प्राकृतिक पदार्थों जैसे शैलो और मृदाओं में पाये जाने वाले यूरेनियम से उत्पन्न विकिरण से प्रभावित होना।
4. पढ़े खण्ड 35.4.2
5. पढ़े खण्ड 35.5
6. पढ़े खण्ड 35.6