इग्नू
जन–जन का
विश्वविद्यालय

इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय
विज्ञान विद्यापीठ

BGYCT – 131

भौतिक और संरचनात्मक भूविज्ञान

भूसतही प्रक्रियाएं

2

"शिक्षा मानव को बन्धनों से मुक्त करती है और आज के युग में तो यह लोकतंत्र की भावना का आधार भी है। जन्म तथा अन्य कारणों से उत्पन्न जाति एवं वर्गगत विषमताओं को दूर करते हुए मनुष्य को इन सबसे ऊपर उठाती है।"

– इन्दिरा गांधी

ignou
THE PEOPLE'S
UNIVERSITY

"Education is a liberating force, and in our age it is also a democratising force, cutting across the barriers of caste and class, smoothing out inequalities imposed by birth and other circumstances."

– Indira Gandhi

इंदिरा गांधी
राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय
विज्ञान विद्यापीठ

BGYCT-131
भौतिक और संरचनात्मक भूविज्ञान

खंड
2
भूसतही प्रक्रियाएं

इकाई 5
शैल अपक्षय 7

इकाई 6
नदी के भूवैज्ञानिक कार्य 41

इकाई 7
वायु और भौमजल के भूवैज्ञानिक कार्य 70

इकाई 8
हिमनदों और महासागरों के भूवैज्ञानिक कार्य 95

शब्द संग्रह 119

पाठ्यक्रम अभिकल्प समिति

प्रो. विजयश्री
भूतपूर्व निदेशक
विज्ञान विद्यापीठ
इग्नू, नई दिल्ली

प्रो. वी. के. वर्मा (से. नि.)
भूविज्ञान विभाग
दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

प्रो. प्रमेन्द्र देव (से. नि.)
भूविज्ञान अध्ययनशाला
विक्रम विश्वविद्यालय
उज्जैन, म.प्र.

प्रो. पी. मधुसूदन रेड्डी (से. नि.)
भूविज्ञान विभाग
डॉ. बी. आर. अम्बेडकर मुक्त वि.वि.
हैदराबाद, आंध्र प्रदेश

प्रो. एल. एस. चामयाल
भूविज्ञान विभाग
म. स. गा. बड़ौदा विश्वविद्यालय
वडोदरा, गुजरात

(स्व.) प्रो. जी. वल्लिनायगम
भूविज्ञान विभाग
कुरूक्षेत्र विश्वविद्यालय
कुरूक्षेत्र, हरियाणा

प्रो. दीपक सी. श्रीवास्तव
पृथ्वी विज्ञान विभाग
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान रूड़की
रूड़की, उत्तराखंड

प्रो. जे. पी. श्रीवास्तव
भूविज्ञान उच्चानुशीलन केन्द्र
दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

प्रो. एच. बी. श्रीवास्तव
भूविज्ञान उच्चानुशीलन केन्द्र
काशी हिन्दू विश्वविद्यालय
वाराणसी, उ.प्र.

प्रो. एम. ए. मलिक (से. नि.)
भूविज्ञान विभाग
जम्मू विश्वविद्यालय, जम्मू
जम्मू एवं कश्मीर

प्रो. एस. जे. सांगोड़े
भूविज्ञान विभाग
सावित्रीबाई फुले पुणे विवि
पुणे, महाराष्ट्र

प्रो. अरूण कुमार
पृथ्वी विज्ञान विभाग
मणिपुर विश्वविद्यालय
इम्फाल, मणिपुर

प्रो. (श्रीमती) मधुमिता दास
भूविज्ञान विभाग
उत्कल विश्वविद्यालय
भुवनेश्वर, ओडिशा

प्रो. के. आर. हरि
भूविज्ञान एवं जल संसाधन
प्रबंधन अध्ययनशाला
पं. रविशंकर शुक्ल विश्वविद्यालय
रायपुर, छत्तीसगढ़

डॉ. के. अन्नबरसु
भूविज्ञान विभाग
नेशनल कॉलेज
तिरूचिरापल्ली, तमिलनाडु

भूविज्ञान विषय संकाय सदस्य
विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू

डा. मीनल मिश्रा

डॉ. बेनीधर देशमुख

डॉ. काकोली गोगोई

डॉ. एम. प्रशांथ

डॉ. ओमकार वर्मा

खंड निर्माण दल

विषयवस्तु लेखन

डॉ. एस. डी. शुक्ल (से.नि.) (इकाई 5, 6 और 7)
भूविज्ञान विभाग
एस.जी.आर.आर. स्नातकोत्तर महाविद्यालय
देहरादून, उत्तराखंड

डॉ. मीनल मिश्रा (इकाई 8)
विज्ञान विद्यापीठ
इग्नू, नई दिल्ली

विषयवस्तु संपादक

प्रो. वी. के. वर्मा (से. नि.)
भूविज्ञान विभाग
दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

अनुवाद

डॉ. प्रशांत कुमार श्रीवास्तव (इकाई 5, 6 और 8)
भूविज्ञान विभाग, शासकीय वि.या.ता. स्नातकोत्तर
स्वशासी महाविद्यालय दुर्ग, छत्तीसगढ़

डॉ. राम अवतार सिह (इकाई 7)
भूविज्ञान विभाग, एल.एस.एम. राज.
स्नातकोत्तर महाविद्यालय पिथौरागढ़,
उत्तराखंड

पुनरीक्षण : डॉ. मीनल मिश्रा

पाठ्यक्रम समन्वयक : डॉ. मीनल मिश्रा एवं डॉ. बेनीधर देशमुख

श्रव्य दृश्य सामग्री

डॉ. अमितोष दुबे
निर्माता, संचार केन्द्र, इग्नू

डॉ. मीनल मिश्रा एवं डॉ. बेनीधर देशमुख
विषयवस्तु समन्वयक

मुद्रण निर्माण

श्री सुनील कुमार
सहायक कुलसचिव (प्रकाशन), विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू, नई दिल्ली

आभार : आवरण पृष्ठ की अभिकल्पना हेतु डॉ. काकोली गोगोई एवं टंकन वआलेखी कार्य हेतु श्रीमती सविता शर्मा

अगस्त, 2019

© इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय, 2019

ISBN: 978-93-89668-16-2

अस्वीकरण : विभिन्न स्रोतों से लिए गए चित्र या अन्य संसाधन शैक्षणिक उद्देश्य के लिए है ना कि किसी व्यावसायिक उद्देश्य हेतु और उनके कॉपीराइट मूल स्रोत या लेखक के पास हैं।

सर्वाधिकार सुरक्षित। इस कार्य का कोई भी अंश इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय की लिखित अनुमति लिए बिना किसी भी रूप में मिमियोग्राफ (मुद्रण) अथवा किसी अन्य साधन से पुनः प्रस्तुत करने की अनुमति नहीं है।

इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय के पाठ्यक्रमों के विषय में और अधिक जानकारी विश्वविद्यालय के कार्यालय, मैदानगढ़ी, नई दिल्ली–110 068 और इग्नू की वेबसाइट www.ignou.ac.in से प्राप्त की जा सकती है।

इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय की ओर से निदेशक, विज्ञान विद्यापीठ द्वारा मुद्रित एवं प्रकाशित।

लेजर टाइप सेटिंग : राजश्री कम्प्यूटर्स, वी-166ए, भगवती विहार (नजदीक सेक्टर 2, द्वारका), उत्तम नगर, नई दिल्ली-110059

मुद्रक : हाईटेक ग्राफिक्स, डी–4/3, ओखला इण्डस्ट्रियल एरिया, फेस–2, नई दिल्ली–110020

BGYCT-131 भौतिक और संरचनात्मक भूविज्ञान

खंड 1 सामान्य भूविज्ञान

इकाई 1 भूविज्ञान – एक परिचय

इकाई 2 पृथ्वी और सौरमंडल

इकाई 3 पृथ्वी की संरचना और संयोजन

इकाई 4 भूकंप और ज्वालामुखी

खंड 2 भूसतही प्रक्रियाएं

इकाई 5 शैल अपक्षय

इकाई 6 नदी के भूवैज्ञानिक कार्य

इकाई 7 वायु और भौमजल के भूवैज्ञानिक कार्य

इकाई 8 हिमनदों और महासागरों के भूवैज्ञानिक कार्य

खंड 3 संरचनात्मक भूविज्ञान

इकाई 9 संरचनात्मक भूविज्ञान – एक परिचय

इकाई 10 वलन

इकाई 11 भ्रंश

इकाई 12 संधि और विषमविन्यास

इकाई 13 क्षेत्र भूविज्ञान

खंड 4 पर्वत निर्माण और प्लेट विवर्तनिकी

इकाई 14 पर्वत निर्माण एवं पर्वतनी प्रक्रियाएं

इकाई 15 पर्वत निर्माण के सिद्धांत

इकाई 16 प्लेट विवर्तनिकी सिद्धांत

पाठ्यक्रम से संबंधित श्रव्य/दृश्य सामग्रियों की सूची

1. Earth System Science and Society - Part 1
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=dVbjNn0ZHRg

2. Earth System Science and Society - Part 2
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=0GMPlOrCdcE

3. Geoinformatics: An Introduction
   लिंक : https://youtu.be/vu7f5aFoox0

4. Applications of Geoinformatics
   लिंक : https://youtu.be/tfSDp2TO-Eg

5. Weathering, its types and Significance
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=gBYijlPPVgc

6. Soil: Product of Weathering
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=y-SENU4Abv8

7. Landslides: Its types and causes
   लिंक : https://youtu.be/cI73TU0hjQk

8. Landslides: Mitigation measures
   लिंक : https://www.youtu.be/BcUVeL43x7c

9. Deccan Volcanism-an Inside Story
   लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=1a3glcg0oGs

10. Himalaya-an Overview
    लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=vK5Cglisa1Y

11. Evolution of Himalaya
    लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=gVGZKqrjVZY

श्रव्य/दृश्य सामग्रियों का निर्माण एक निरंतर प्रक्रिया है। आप इस पाठ्यक्रम से संबंधित और सामग्रियों के लिए यूट्यूब के विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू के वेबसाइट पर जाए।

ये वीडियो आप इग्नू के eGyankosh वेबसाइट में भी देख सकते हैं।
लिंक : http://egyankosh.ac.in/handle/123456789/36575

खंड 2 : भूसतही प्रक्रियाएं

पृथ्वी ऐसी एकमात्र, जटिल एवं गतिशील ग्रह है जो 4.6 खरब वर्ष पूर्व अपनी उत्पत्ति के बाद से लगातार परिवर्तित होती रही है। सतह पर उपस्थित विभिन्न आकृतियों को भूआकृतियों के नाम से जाना जाता है तथा इनका निर्माण निरन्तर जारी प्राकृतिक प्रक्रियाओं के फलस्वरूप हुआ है। **"वर्तमान भूतकाल का परिचायक होता है"** यह कथन इन भूआकृतियों द्वारा परिलक्षित होता है। हमें वर्तमान में प्रक्रियाधीन भूआकृतिक प्रक्रियाओं के पड़ने वाले प्रभावों (रचनात्मक एवं विनाशकारी दोनों) को ध्यान में रखते हुए प्राचीनकाल में निर्मित हुई भूआकृतियों में परिवर्तन के वास्तविक कारण की अवधारणा निर्मित करनी होगी। भूसतह पर पाई जाने वाली विभिन्न आकृतियां निर्माणकारी अथवा विनाशकारी बलों का परिणाम है। निर्माणकारी बल जहां आकृतियों के निर्माण एवं विकास में सहायक होते हैं वहीं विनाशकारी बल इन सतही भूआकृतियों को नष्ट करते हैं। कालांतर में होने वालो धीमी गति की अपक्षय एवं परिवहन यथा अपरदन प्रक्रिया ऊंचे पर्वतों को समतल सपाट पठार में परिवर्तित कर देती है। भूआकृति विज्ञान, भूविज्ञान की वह शाखा है जिसके अंतर्गत भूसतह पर होने वाले परिवर्तनों के अध्ययन के साथ-साथ इनके विकास हेतु उत्तरदायी बल एवं प्रक्रियाओं का भी अध्ययन किया जाता है। अतः यह भूआकृतियों का एक वर्णन कहा जा सकता है। पृथ्वी की सतह पर उपस्थित भौतिक भूआकृतियां एवं स्थलरूप विभिन्न कारकों जैसे नदी, पवन, हिमनद, समुद्र, भूमिगत जल, झील आदि की लगातार क्रियाशील प्रक्रियाओं के फलस्वरूप निर्मित होती है। शैलों का विघटन एवं अपघटन विवर्तनिक चक्र (tectonic cycle) तथा भूआकृतिक विकास (landscape evolution) की प्राथमिक प्रक्रिया है।

इस खंड में चार इकाइयां है जिनमें हम मुख्य रूप से शैल अपक्षय (rock weathering), और नदी (river), वायु (wind), भूमिगत जल (underground water), हिमनदों (glaciers) तथा महासागरों (oceans) के भूवैज्ञानिक कार्यों से अवगत होंगे।

इकाई 5 में तीन विभिन्न प्रकार के अपक्षय भौतिक, रासायनिक तथा जैविक अपक्षय के मूलभूत अवधारणा तथा इनको प्रभावित करने वाले विभिन्न घटकों एवं प्रक्रियाओं का परिचय दिया गया है। इस इकाई में अपक्षय के उत्पाद के साथ-साथ खनिजों की सापेक्षिक स्थिरता (relative stability) का भी वर्णन किया गया है। हम मृदा, मृदा निर्माण हेतु महत्वपूर्ण घटक एवं प्रक्रियाओं, मृदा परिच्छेदिका (soil profile) वर्गीकरण तथा भारत में पायी जाने वाली विभिन्न प्रकार की मृदा आदि पर भी चर्चा करेंगे। इसके अतिरिक्त इस इकाई में बृहत् क्षरण (mass wasting), इसके प्रकार तथा कारणों पर भी चर्चा होगी।

इकाई 6 में प्रवाहित जल जैसे नदी, नदी की प्रावस्थाएं, नदी तंत्र एवं प्रवाह तंत्र आदि के विषय में अध्ययन करेंगे। हम नदीय अपरदन (fluvial erosion) तथा नदी द्वारा अपनी शाखाओं में ले जाये जाने वाले नदभार (river load) का भी अध्ययन करेंगे। इस इकाई में हम नदी की अपरदनकारी (erosional) तथा निक्षेपणात्मक (depositional) प्रक्रियाओं के फलस्वरूप निर्मित होने वाले भूआकृतियों की पहचान एवं वर्णन करेंगे।

इकाई 7 में आप वायु के भूवैज्ञानिक कार्य तथा फलस्वरूप निर्मित होने वाले अपरदनकारी तथा निक्षेपणात्मक भूआकृतियों की जानकारी प्राप्त करेंगे। इसी इकाई में आप भूमिगत जल द्वारा निर्मित एवं विकसित होने वाली भूआकृतियों तथा कार्स्ट स्थलाकृतियां (karst topography) का भी अध्ययन करेंगे।

इकाई 8 में हिमनदों एवं महासागरों के भूवैज्ञानिक कार्यो से अवगत कराया गया है। इस इकाई में समुद्री तथा हिमनदीय अपरदन प्रक्रियाओं के अलावा अपरदनीय एवं निक्षेपणात्मक स्थलाकृतियां भी वर्णित हैं।

अपेक्षित लक्ष्य

हम यह आशा करते हैं कि इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् आप शैल अपक्षय तथा नदी, वायु, समुद्र भूमिगत जल, हिमनद के भूवैज्ञानिक कार्यों तथा इनके फलस्वरूप निर्मित होने वाली भूआकृतियों की मूल अवधारणा एवं सिद्धांतों से अवगत हो जायेंगे।

इस खंड के अध्ययन के पश्चात् आप निम्न में सक्षम होंगे :

- भौतिक, रासायनिक तथा जैविक अपक्षय तथा उनको प्रभावित करने वाले कारकों के विषय में मूलभूत चर्चा करने में;
- बृहत् क्षरण के कारण एवं प्रकारों की पहचान करने में;
- मृदा परिच्छेदिका (Soil profile) के विभिन्न हिस्सों की पहचान करने, गठन (texture) एवं संघटन (composition) पर आधारित मृदा प्रकारों का वर्गीकरण एवं भारत में मृदा के भौगोलिक वितरण की जानकारी प्राप्त करने में;
- भूवैज्ञानिक कारकों तथा उनकी क्रियाओं का वर्णन करने में;
- नदी की अपरदनकारी, परिवहन तथा निक्षेपणात्मक प्रक्रियाओं की व्याख्या करने में;
- वायु की अपरदनकारी, परिवहनकारी तथा निक्षेपणात्मक भूआकृतियों के वर्णन करने में; और
- भूमिगत जल के भूवैज्ञानिक कार्यों के फलस्वरूप निर्मित होने वाले अपरदनकारी तथा निक्षेपणात्मक भूआकृतियों तथा कार्स्ट स्थलाकृति के वर्णन में समुद्र, महासागर तथा हिमनद के भूवैज्ञानिक कार्य के फलस्वरूप निर्मित अपरदनकारी तथा निक्षेपणात्मक स्थलाकृतियों के वर्णन एवं सूची बनाने में।

आपके इस प्रयास में हम सफलता की कामना करते हैं।

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

इकाई 5

शैल अपक्षय

इकाई की रूपरेखा

5.1 प्रस्तावना
अपेक्षित लक्ष्य
5.2 भूवैज्ञानिक प्रक्रियाएं एवं उनका महत्व
बाह्य प्रकियाएं
आतंरिक प्रक्रियाएं
5.3 अपक्षय
अपक्षय को प्रभावित करने वाले कारक
भौतिक अपक्षय
रासायनिक अपक्षय
जैविकी अपक्षय
खनिजों की सापेक्षिक स्थिरता
5.4 अपक्षय के उत्पाद
5.5 मृदा
मृदा निर्माण के कारक तथा प्रक्रियाएं
मृदा परिच्छेदिका
मृदा का वर्गीकरण
भारत की मृदा
5.6 बृहत् क्षरण
बृहत् क्षरण के प्रकार
बृहत् क्षरण हेतु उत्तरदायी कारक
बृहत् क्षरण के कारण
5.7 अपरदन
5.8 सारांश
5.9 क्रियाकलाप
5.10 सात्रिक प्रश्न
5.11 संदर्भ
5.12 आगे/प्रस्तावित अध्ययन
5.13 उत्तर

5.1 प्रस्तावना

खण्ड 1 सामान्य भूविज्ञान के अंतर्गत आप भूविज्ञान विषय तथा पृथ्वी ग्रह से परिचित हो चुके है। आप पृथ्वी के चार प्रमुख घटक वायुमंडल, जलमंडल, स्थलमंडल तथा जैवमंडल से भी अवगत हो चुके है। विभिन्न प्रकार की बाह्य एवं आंतरिक भूवैज्ञानिक प्रकियाएं इन मंडलों में निरंतर जारी रहती हैं तथा आगे भी जारी रहेंगी। इन भूवैज्ञानिक प्रक्रियाओं के द्वारा अधिकांशतः सुंदर भूआकृतियां निर्मित होती हैं। इस इकाई में हम बाह्य एवं आतंरिक भूवैज्ञानिक प्रक्रियाओं के बारे में और अधिक जानने का प्रयत्न करेंगे। इस इकाई में हमारा अध्ययन मुख्य रूप से अपक्षय (weathering), अपरदन (erosion) एवं वृहत् क्षरण (mass wasting) पर केन्द्रित होगा, जिनका संचालन बाह्य भूवैज्ञानिक प्रक्रियाओं द्वारा होता है।

अपेक्षित लक्ष्य

इस इकाई के अध्ययन के उपरान्त आप :

- ❖ बाह्य एवं आतंरिक भूवैज्ञानिक प्रक्रियाओं को परिभाषित तथा स्मरण कर सकेंगे;
- ❖ शैल अपक्षय तथा इसको प्रभावित करने वाले कारकों की चर्चा कर सकेगें;
- ❖ भौतिक, रासायनिक तथा जैविकी अपक्षय की विवेचना कर सकेंगे;
- ❖ आदर्श मृदा परिच्छेदिका (soil profile) के विभिन्न स्तरों को पहचान सकेंगे;
- ❖ गठन एवं संघटन के आधार पर मृदा का वर्गीकरण कर सकेंगे;
- ❖ भारत में विभिन्न प्रकार की मृदाओं के भौगोलिक वितरण को जान सकेंगे;
- ❖ बृहत् क्षरण को परिभाषित कर सकेंगे व उसके विभिन्न प्रकारों को सूचिबद्ध कर सकेगें; और
- ❖ अपक्षय एवं अपरदन के मध्य सहसंबंध का मूल्यांकन कर सकेंगे।

5.2 भूवैज्ञानिक प्रक्रियाएं एवं उनका महत्व

आपने पूर्व इकाइयों में पृथ्वी की उत्पति से संबंधित विभिन्न अवधारणाओं अथवा सिद्धांतों के बारे में जानकारी प्राप्त की है। पृथ्वी की उत्पत्ति के पश्चात् भूवैज्ञानिक प्रक्रिया संबंधी गतिविधियां आरंभ हो गई थी। इनमें से कुछ प्रक्रियाएं निरंतर जारी रहने के फलस्वरूप ठोस पर्पटी-स्थलमंडल तथा वायुमंडल के अंतराफलक (interface) पर दृश्य परिवर्तन परिलक्षित होते हैं। यद्यपि इनमें से बहुत से परिवर्तन पृथ्वी के अंदर होने वाली प्रकियाओं के फलस्वरूप उत्पन्न होते हैं। ये आंतरिक प्रक्रियाएं पृथ्वी की अधिक गहराई पर क्रियाशील होती हैं। यद्यपि आप इन प्रक्रियाओं को सीधे अवलोकन नहीं कर सकते अपितु इनके प्रभाव प्रायः परिलक्षित होते हैं। जैसा कि पूर्व में उल्लेखित है भूवैज्ञानिक प्रकियाओं को दो वर्गों यानि बाह्य एवं आतंरिक में विभक्त किया जा सकता है:

- **बाह्य प्रक्रियाएं** (Exogenic processes)
- **आतंरिक प्रक्रियाएं** (Endogenic processes)

5.2.1 बाह्य प्रक्रियाएं

भूपर्पटी पर क्रियाशील प्रक्रियाओं का वर्णन करने हेतु बाह्य प्रक्रिया शब्द का प्रयोग किया जाता है। इसके अंतर्गत अपरदित पदार्थ के अपक्षय, अपरदन, परिवहन तथा निक्षेपण गतिविधियां समाहित है। इन सभी को एक साथ मिलाकर **बाह्य भूवैज्ञानिक प्रकियाएं** कहा जाता है क्योंकि ये पृथ्वी की ठोस सतह पर ही क्रियाशील होती है। आप बाह्य प्रक्रियाओं से संबंधित अवयव, जैसे कि अपक्षय (weathering), अपरदन (erosion) एवं बृहत क्षरण (mass wasting) से अवश्य अवगत होंगे।

आइये इस इकाई में हम बाह्य प्रक्रियाओं के बारे में मूलभूत जानकारी प्राप्त करें।

5.2.2 आंतरिक प्रक्रियाएं

जैसा कि आपको विदित है कि पृथ्वी तीन मुख्य परतों जैसे कि भूपर्पटी, प्रवार तथा क्रोड से निर्मित हैं। भिन्न-भिन्न संरचनाओं युक्त इन परतों की भिन्न-भिन्न विशेषताएं हैं।

आतंरिक भूवैज्ञानिक प्रक्रियाएं मुख्य रूप से पृथ्वी के अंदर क्रियाशील होती हैं। आंतरिक प्रक्रियाएं पृथ्वी की सतह पर बृहद (major) परिवर्तन लाती हैं तथा पृथ्वी के आंतरिक संरचना की जानकारी प्रदान करने में सहायक होती हैं। इन गतिविधियों में भूकंप, ज्वालामुखी गतिविधि, पृथ्वी संचलन तथा पर्वत निर्माणकारी गतिविधियां, **महाद्वीपीय** विस्थापन (continental drift) तथा प्लेट विवर्तनिकी (plate tectonics) हेतु जिम्मेदार संवहन धाराएं (convection currents) शामिल हैं। इन आतंरिक प्रक्रियाओं के विषय में हम इकाई 3 पृथ्वी की संरचना तथा संघटन में विस्तार से विवेचना करे चुके है। **संवहन धाराओं** द्वारा उच्च से निम्न उष्मा वाले क्षेत्रो में उष्मा का स्थानांतरण होता है। **महाद्वीपीय विस्थापन** महाद्वीपो के क्षैतिज विस्थापन को कहते है। **प्लेट विर्वतनिकी** पृथ्वी विज्ञान की वह शाखा है जो स्थलमंडल का दुर्लबता मंडल के उपर पार्थिय संचालन के अध्ययन से संबंधित हो।

5.3 अपक्षय

आपने विद्यालय स्तर की पाठ्य पुस्तकों में अपक्षय के विषय में अध्ययन किया होगा। **अपक्षय** मुख्यतः ऐसी प्राकृतिक क्रियाएं हैं जिनमें शैल का विघटन (disintegration) तथा अपघटन (decomposition) दोनों होता है। इसके अंतर्गत वह गतिविधियां शामिल हैं जिनसे शैल में अथवा सतह के समीप विघटन एवं अपक्षयन होता है। नये वातावरण में पर्यावरणीय परिस्थितियों में परिवर्तन होने पर अपक्षय की प्रकिया में तेजी आती है। उदाहरणार्थ जब किसी निक्षेपणीय द्रोणी (depositional basin) का उत्थान होता है तो शैल एक भिन्न प्रकार के पर्यावरणीय संरचना के प्रभाव में आ जाती है। इस परिवर्तन के फलस्वरूप नवीन पर्यावरणीय परिस्थितियों के साथ शैल विघटित, खंडित अथवा अपघटित हो जाती हैं। **शैल चक्र** (rock cycle) की एक प्रमुख प्रक्रिया अपक्षय पहाड़ों के समतलीकरण की प्रक्रिया का प्रथम चरण होता है जिनका आतंरिक प्रक्रियाओं के परिणाम स्वरूप उत्थान हो जाता है। **शैल चक्र** शैल पदार्थो के चक्रीय संचालन को कहते हैं जिसके दौरान पृथ्वी की आंतरिक तथा बाहरी प्रक्रियाओं द्वारा शैलों का निर्माण, विखण्डन तथा बदलाव होता है। अपक्षय पृथ्वी की सतहीय भूआकृति (surface configuration) को स्वरूप प्रदान करने के साथ साथ शैल पदार्थो को परिवर्तित कर अवसाद एवं मृदा में बदल देती है।

अपक्षय के बारे में जानने के लिए यह वीडियों देखें :–

- Weathering, its types and significance

  लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=gBYijIPFVgc

अपक्षय भौतिक, रासायनिक एवं जैविकी अभिक्रियाओं का एक ऐसा समुच्चय है जो कि भूपर्पटी में शैलों एवं खनिजों को विघटित कर अवसाद, नये खनिजों, मृदा, घुलनशील आयन तथा यौगिकों का निर्माण करता है (Fletcher, 2011)।

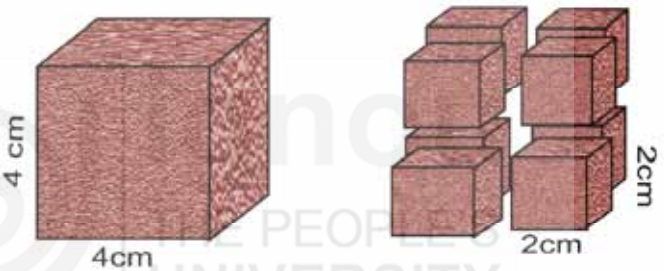
अपक्षय की तीन प्रमुख प्रक्रियाएं होती हैं। आइये इनका अध्ययन करें -

1. **भौतिक अपक्षय** : जब भौतिक विघटन अथवा यांत्रिकी विखंडन के फलस्वरूप ठोस शैल छोटे-छोटे टुकड़ों में विभक्त होते है इस प्रक्रिया को भौतिक अपक्षय (physical weathering) कहते हैं। इस प्रक्रिया में रासायनिक संघटन में कोई परिवर्तन नही होता। इसे **यांत्रिकी अपक्षय** (mechanical weathering) भी कहा जाता है।

2. **रासायनिक अपक्षय** : जब शैलों में उपस्थित खनिज रासायनिक परिवर्तन अथवा विलयन प्रक्रिया से गुजरते हैं तब इस प्रक्रिया को रासायनिक अपक्षय (chemical weathering)।

3. **जैविकी अपक्षय** : जैविकी अपक्षय (biological weathering) तब होता है जब जीवित जीवाणुओं की भौतिक अथवा रासायनिक अथवा दोनों गतिविधियों के फलस्वरूप शैल विघटित अथवा अपघटित हो जाता है।

सतही शैलों को विघटित करने हेतु भौतिक, रासायनिक एवं जैविक अपक्षय प्रक्रिया एक साथ भी क्रियाशील हो सकती है। शैलों की प्रभावित होने वाली सतहों पर रासायनिक रूप से सक्रिय द्रवों की अभिक्रिया के फलस्वरूप रासायनिक अपक्षय होता है। भौतिक एवं जैविकी अपक्षय के कारण शैल छोटे-छोटे टुकड़ों में विभक्त हो जाते है। इसके फलस्वरूप सतही क्षेत्र में वृद्धि होने के कारण हानि होती है। चित्र 5.1 में दर्शाये अनुसार आप प्रभावित सतही क्षेत्र में वृद्धि के प्रभाव को देख सकते हैं। मान लीजिये आपने 4×4 से.मी. आकृति के एक टुकड़े को 2 से.मी. × 2 से.मी. के 8 समान टुकड़ों में विभक्त किया। इससे सतही क्षेत्र दुगुना हो जाता है तथा इसी प्रकार प्रक्रिया चलती है तथा सतही क्षेत्र चार गुना हो जाता है। जैसे-जैसे घन द्वारा विभक्त सतही क्षेत्र में वृद्धि होती है, रासायनिक अपक्षय की प्रभावशीलता बढ़ती जाती है।



चित्र 5.1: भौतिक अपक्षय के फलस्वरूप प्रभावित सतही क्षेत्र तथा रासायनिक अपक्षय की प्रभावशीलता में वृद्धि होती है।

अपक्षय के विभिन्न पहलुओं के अध्ययन के पूर्व हमें संबंधित शब्दावली जैसे अपरदन की जानकारी प्राप्त कर लेनी चाहिये। यह ऐसी अपक्षय प्रक्रिया है जिसमें अपक्षय के पश्चात् विघटित सामग्री के प्रत्येक कण को पृथक कर दिया जाता है। अपरदन में **परिवहन** भी समाहित है। अपक्षय के फलस्वरूप अवसाद निर्मित होते हैं तथा अपरदन की प्रक्रिया से भूभाग में परिवहित होते हैं। अतः अपक्षय एवं अपरदित पदार्थों का परिवहन ही अपरदन कहलाता है। **अपरदन** को इस प्रकार परिभाषित किया जा सकता है कि यह विभिन्न संबंधित प्रक्रियाओं का जटिल समूह है जिसके फलस्वरूप शैलों का विखंडन तथा इसके विघटित उत्पादों का विभिन्न घटकों जैसे जल, वायु तथा हिम द्वारा परिवहन एवं पृथककरण किया जाता है। हम अगली इकाई में इन घटकों के माध्यमों के विषय में अध्ययन करेंगे। अपक्षय अपरदन की प्रक्रिया के लिये पृष्ठभूमि तैयार करती है। अपरदित पदार्थ मूल स्थान से दूर परिवहित होते हैं, तथा अंतत निक्षेपित होते हैं। अपरदन एवं निक्षेपण की इन प्रक्रियाओं के फलस्वरूप सतह पर अपरदनकारी तथा निक्षेपणीय स्थलदृश्य (landscape) निर्मित होते है।

5.3.1 अपक्षय को प्रभावित करने वाले कारक

अपक्षय को प्रभावित करने वाले कारकों पर चर्चा करने से पूर्व आप इस तथ्य से सहमत होंगे विश्व के समस्त अवसाद एवं मृदा अपक्षय द्वारा ही निर्मित होते हैं। इसके अलावा

नदियों के प्रवाह द्वारा समुद्र एवं महासागरों तक परिवहित होने वाले घुलनशील तत्व भी अपक्षय द्वारा ही निर्मित होते हैं। पृथ्वी की सतह पर उपस्थित समस्त शैलों में भिन्न-भिन्न प्रकार से अपक्षय होता है। निम्नलिखित चार प्रमुख कारक अपक्षय को प्रभावित करते हैं।

- **मूल शैल** : यदि आप अपने विद्यालय स्तर के पाठ्यक्रम का स्मरण करें तो आप पायेंगे कि मूल शैल (parent rock) के निम्नलिखित गुण अपक्षय को प्रभावित करते हैं। आइये इन कारकों का पुनरावलोकन करें।

  i) **मूल शैल की प्रकृति** : मूल शैल के खनिजीय गुण तथा क्रिस्टल संरचना अपक्षय की दर पर महत्वपूर्ण असर डालने में प्रमुख भूमिका अदा करते है। आप इस इकाई में अध्ययन करेंगे कि शैल विभिन्न प्रकार के खनिजों से मिलाकर बनी होती है तथा इन खनिजों का अपक्षय भिन्न-भिन्न होता है। मूल शैल पदार्थों के अपक्षय के प्रति आग्रहिता (susceptibility) में खनिजों की स्थिरता (stability) की महत्वपूर्ण भूमिका होती है। आपने शायद यह अनुभव किया होगा कि पहाड़ियों अथवा कटक मुख्य रूप से प्रतिरोधी मूल पदार्थो से जबकि घाटियां अपक्षयित पदार्थों से निर्मित होती है।

  ii) **स्थलाकृति (Topography)** : इसकी उंचाई ढलान, परिदृश्य स्थिति विभेद का वर्णन करता है। स्थलाकृति की भूमिका भी महत्वपूर्ण होती है क्योंकि ऊंचाई, ढाल तथा स्थलाकृतियां जैसे घटक अपक्षय की प्रक्रिया को तीव्र कर देते हैं या तो मंद कर देते है। तीव्र ढाल (steep slope) सामान्यतः अपरदन के द्वारा तीव्र मृदा हानि को प्रोत्साहित करती है तथा वर्षा के जल को प्रवाहित होने के पूर्व अल्प मात्रा में मृदा के अंदर प्रवेश करने देती हैं। इसी वजह से तीव्र ढाल वाले क्षेत्रों में मृदा परिच्छेदिका उथली एवं अल्प विकसित होती है।

  iii) **संरचनाएं** : भूवैज्ञानिक संरचनाएं जैसे- वलन (fold), **भ्रंश** (fault) तथा अपरूपण क्षेत्र (shear zone) स्थलाकृति को नियंत्रित करते हैं। इन अपरूपण क्षेत्रों में जल संधारण (water holding) की अच्छी क्षमता होती है। सामान्यतः नदियां वृहद भ्रंश क्षेत्रों के फलस्वरूप निर्मित दरारों का ही अनुसरण करती है।

- **जलवायु** : जलवायु अपक्षय प्रक्रिया को काफी हद तक प्रभावित करती है। इसके अंतर्गत किसी क्षेत्र की वर्षा, तापक्रम, शुष्कता तथा आर्द्रता आते हैं। भौतिक, रसायनिक अथवा जैविकी अपक्षय की तीव्रता की दर केवल जनक शैल की विशेषताओं पर निर्भर नहीं करती अपितु जलवायु पर भी निर्भर करती है, विशेषकर जनक शैल जहां पर स्थित है उस स्थान के तापक्रम एवं वर्षा की मात्रा पर। सम्पूर्ण प्रमुख रासायनिक अपक्षय प्रक्रियाओं के लिए जल की उपस्थिति आवश्यक है। यह कारक (reactant) और अथवा वाहक (carrier) के रूप में हो सकता है। प्रभावशाली अपक्षय हेतु जनक शैल में जल की उपलब्धता आवश्यक है। आइये अब हम इस बात का मूल्यांकन करें कि रासायनिक अपक्षय प्रक्रियाओं में जल कितना महत्वपूर्ण है? वर्षा का जल वायुमंडल में उपस्थित कार्बन डॉयऑक्साइड को घोलकर कार्बनिक अम्ल निर्मित करता है जो कि लंबे समय तक शैलों के बड़े हिस्से को घोलने में समक्ष होता है। आप **फेल्सपार** (सतही शैलों का प्रमुख खनिजीय घटक) की अभिक्रिया का अध्ययन कर सकते हैं। फेल्स्पार सिलीकेट खनिजों महत्वपूर्ण का समूह जिसका सामान्य फार्मूला $XAlSi_3O_8$ जहाँ X कैटआयन होता है जैसे, K^+, Ca^{+2}, Na^+ या Ba^{+2}.

$$2KAlSi_3O_8 + 2H_2CO_3 + H_2O \rightarrow Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 2K^+ + 2HCO_3^- + SiO_4$$

feldspar — carbonic acid — kaolinite — potassium ion

किसी क्षेत्र की जलवायु वहां की **स्थलाकृति** तथा **उच्चावच** (relief) से प्रभावित होती है। जिसमें परिवर्तन से रासायनिक अभिक्रिया तीव्र अथवा मंद हो जाती है। किसी स्थल खंड में सौर उर्जा के अवशोषण (absorbance) को वहां की स्थालाकृति प्रभावित करती है। वर्षा की मात्रा अथवा आर्द्रता वनस्पति को प्रभावित करती है वनस्पति अंततः जैविकी अपक्षय को बढ़ावा देती है। अतः आपने यह देखा होगा कि जलवायु जैविकी अपक्षय को प्रभावित करती है क्योंकि वनस्पति मुख्य रूप से तापक्रम, वर्षा, शुष्कता एवं आर्द्रता से नियंत्रित होती है।

- **मृदा की उपस्थिति एवं अनुपस्थिति** : आप यह अध्ययन कर चुके हैं कि अम्लीय जल फेल्सपार को अपक्षयित करता है। आइये हम इस विषय पर चर्चा करें कि क्यों अनावृति शैल दृश्यांश क्षेत्रों की तुलना में नम मृदा क्षेत्रों में दबे हुए फेल्सपार में रासायनिक अभिक्रिया तीव्र होती है? इसका प्रमुख कारण यह है कि फेल्सपार की अपक्षयित सतह पर मृदा की पतली परत विद्यमान होती है जो अपक्षय प्रक्रिया हेतु सहायक होने के साथ-साथ अभिक्रिया के लिये पर्याप्त समय में वृद्धि करती है। यह मूल अवधारणा आपको इस बात को स्वीकार ने में सहायक होगी कि दबे हुए आर्द्र मृदा की तुलना में अनावृति शैल दृश्यांशों में उपस्थित फेल्सपार ज्यादा अच्छे से संरक्षित रहते है। यह इस प्रश्न का उत्तर देने में भी सक्षम है कि कि क्यों गर्म तथा ठंडे जलवायु वाले क्षेत्रों की तुलना में उष्ण (humid) क्षेत्रों में रासायनिक अपक्षय प्रक्रिया ज्यादा तीव्र होती है? इसका प्रमुख कारण यह है कि गर्म आर्द्र जलवायु में वनस्पति तथा जीवाणु (बैक्टीरिया) जल्दी विकसित होते हैं तथा इनके द्वारा उत्पन्न होने वाला कार्बोनिक अम्ल तथा अन्य अम्ल अपक्षय की प्रक्रिया को तीव्र करते है। आप जीवों की अपक्षय में भूमिका के विषय में और अधिक जानकारी इस इकाई में जैविकी अपक्षय के अंतर्गत प्राप्त करेंगे।
- **अनावृत्त होने हेतु समय की लंबाई** : अपक्षयकारी परिस्थितियों में कितने लंबे समय के लिए कोई शैल उपस्थित होती है, यह अपक्षय हेतु महत्वपूर्ण होता है। अभिक्रिया हेतु जितना अधिक समय उपलब्ध होगा अपक्षय का उतना ही प्रभावशाली होगा।

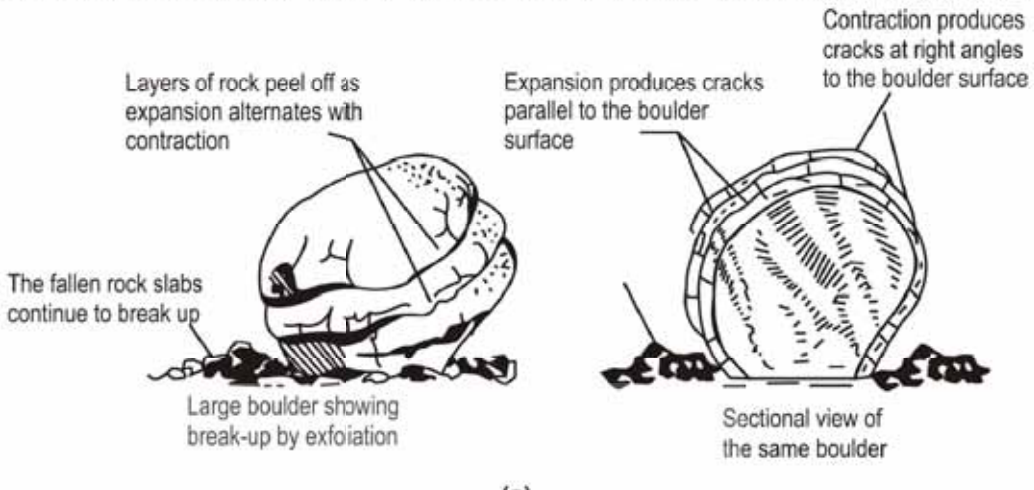
5.3.2 भौतिक अपक्षय

आप यह पूर्व अनुभाग में ही जान चुके हैं कि किसी शैल के सतही क्षेत्र में वृद्धि में भौतिक अपक्षय की बड़ी महत्वपूर्ण भूमिका होती है जैसा कि चित्र 5.1 में दर्शाया गया है। यह विभिन्न प्रक्रियाओं जैसे-तापक्रम, दाब मुक्तिकरण, अपर्घषण (abrasion), द्रव स्थैतिक, हिमीभूत एवं हिम द्रवण (freeze and thaw) अभिक्रिया तथा गुरूत्वीय अभिक्रिया के परिणामस्वरूप पृथ्वी की सतह के परिलक्षण को परिवर्तित करता है। विभिन्न प्रक्रियाओं द्वारा खनिजों एवं शैलों के यांत्रिकीय रूप से टूटने के कारण भौतिक अपक्षय को **यांत्रिक अपक्षय** भी कहा जाता है। यह तब होता है जब शैल भौतिक विधियों द्वारा विघटित होती है। इसमें जनक शैल के रासायनिक संघटन में किसी भी प्रकार का परिवर्तन नहीं होता है। विभिन्न कारणों से शैल केवल भौतिक रूप से टूटती है। वह कारण निम्नलिखित है:

- **तापक्रम** : आपने अवलोकन किया होगा कि किसी भी अन्य पदार्थ अथवा तत्व की तरह शैल में भी तापक्रम के बढ़ने पर विस्तार तथा तापक्रम के घटने पर संकुचन होता है। दिन के समय तापक्रम में वृद्धि होती है तथा रात्रि में ठंड होती है। भिन्न-भिन्न खनिजीय संघटन के कारण भिन्न-भिन्न शैलें अलग-अलग प्रकार से विस्तारित (expand) अथवा संकुचित (contract) होती है। शैलों के अंदर भिन्न-भिन्न प्रतिबल उत्पन्न होने के कारण भिन्न-भिन्न घटक खनिज अलग-अलग रूप से प्रभावित होते है। हल्के रंगो वाले खनिजों की अपेक्षा गहरे रंग के घटक खनिज ज्यादा प्रभावित होते है। वह उष्मा की ज्यादा मात्रा अवशोषित करने के कारण ज्यादा प्रभावित होते है। ऊंचे पर्वतीय क्षेत्रों तथा रेगिस्तानी क्षेत्रों में शैलों पर तापक्रम परिवर्तन का महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है क्योंकि शैल वहां बंजर होते है। असमान विस्तारीकरण के कारण से शैलों में विकृत उत्पन्न होती है जिसके फलस्वरूप दरार तथा विभंग उत्पन्न होते है जैसा चित्र 5.2 में दर्शाया गया है।

चित्र 5.2: करीब 5 मीटर की उंचाई के ग्रेनाइट गोलाश्म विभंग प्रदर्शित कर रहा है, जिसका विकास अत्यधिक तापमान परिवर्तन के कारण हुआ हैं।

- **दाब मुक्तिकरण (Pressure release)** : शैलें भंगुर (brittle) होती हैं तथा शैलों के ऊपर विद्यमान भार सतह के हट जाने के कारण शैल विस्तारित होकर टूटती है। दाब के मुक्त होने के फलस्वरूप शैलों में दरार एवं संधियां विकसित होती है। अपदलन (exfoliation) ऐसी भौतिक अपक्षय प्रक्रिया है जिसमें शैल दृश्यांश से बृहत समतल अथवा वक्र परतें पृथक होती है। ग्रेनाइट शैलों में पाई जाने वाली यह सामान्य प्रक्रिया है। शैलों की ये परतें छिली हुई प्याज की परतों के सदृश्य दिखाई देती है। शैलो के उभरे हुए हिस्से तथा किनारे सर्वाधिक प्रभावित होते है। इस प्रक्रिया के कारण पहाड़िया गुंबदाकार तथा गोलाश्म गोलाकार हो जाते हैं (चित्र 5.3a तथा b)।



(a)

(b)

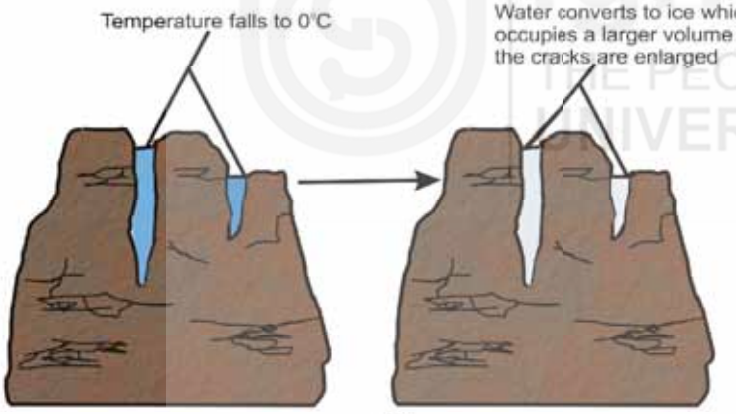
चित्र 5.3 : a) अपदलिय गोलाश्म का आरेख; और, b) बॉसाल्ट **शैलों में अपदलन, कृपया वृताकार परतों पर ध्यान दीजिए, जो कि छिले हुए प्याज के जैसा प्रतीत हो रहा है।** (Photo credit: Dr. Nishi Rani)

- **अपघर्षण (Abrasion)** : यह भौतिक अपक्षय की महत्वपूर्ण प्रक्रिया है। यह प्रक्रिया तब होती है जब शैलों के छोटे-छोटे टुकड़े वायु, जल अथवा हिम के द्वारा परिवहित किये जाने पर बड़े शैल खंडों से टकराते हैं। जब शैल खंड एक दूसरे से आपस में अथवा स्थिर शैल पिंडो से टकराते हैं तो फलस्वरूप उनके सतह पर घर्षण की क्रिया होती है। अधिकांशतः बहती वायु अथवा जल के कारण उछलते हुए बहने वाले कण अपने मार्ग में आने वाले किसी भी सतह को अपघर्षित कर देते हैं। चित्र 5.4 में अपघर्षण का प्रभाव प्रदर्शित है।

- **हिमीभूत–हिमद्रवण (Freeze thaw)** : तुषार क्रिया (frost action) की क्रिया में शैलों में उपस्थित दरारें एवं संधिया महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। **तुषार भंजन** (frost wedging) एक ऐसी महत्वपूर्ण प्रक्रिया है जिसमें जल चरणबद्ध तरीके से तापीय जलवायु व पर्वतीय क्षेत्रों में जमता एवं पिघलता है। बर्फ का जमना शैलों में उपस्थित दरारों को चौड़ा करने की प्रभावशाली प्रक्रिया है। जमे हुए जल के विस्तार के फलस्वरूप शैलों में विखंडन होता है। दिन के समय जल शैलों में उपस्थित दरारों तथा संधियों में प्रवेश करता है तथा रात्रि के समय 0^0 से भी कम तापक्रम

चित्र 5.4: अपघर्षण के असर के कारण दृश्याशों के अद्भूत आकार दिखायी देते हैं, दक्कन बॉसाल्ट मनमाड के निकट, महाराष्ट्र।

होने पर हिम के रूप में जमता है। हिम के रूप में जनने के दौरान जल के आयतन में मूल आयतन का लगभग 1/10 गुना वृद्धि हो जाती है। इस प्रक्रिया के द्वारा शैल टूटती है तथा उपस्थित दरारें और अधिक चौड़ी हो जाती है। जैसे ही जल हिम के रूप में जमता है इसके आयतन में वृद्धि के कारण विस्तारित होकर बाहर की तरफ शक्तिशाली बल आरोपित करता है इसके कारण शैल में दरार उत्पन्न होने के साथ शैल टूट जाती है जैसा कि चित्र 5.5a तथा b में प्रदर्शित है। यही विधि पुनः अनुसरित होती रहती है जिसके फलस्वरूप शैल छोटे-छोटे खंडों में विभक्त हो जाता है।

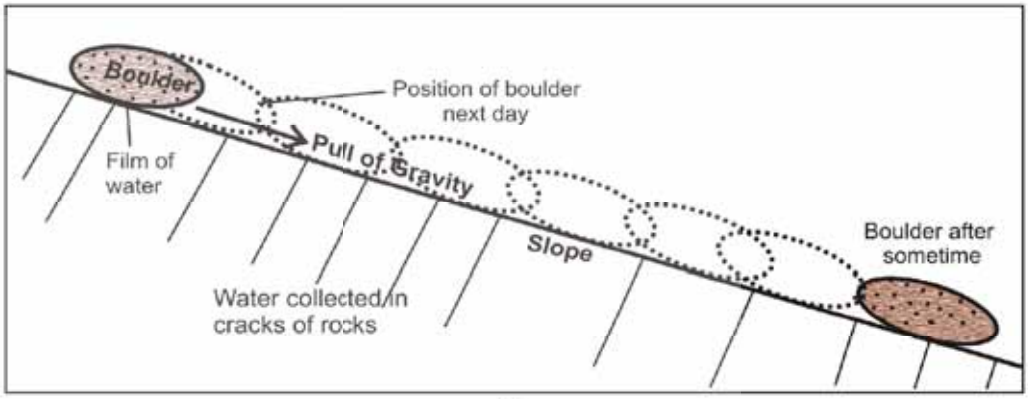


(a)

(b)

चित्र 5.5: a) तुषार क्रिया के कारण शैलों में अपघटन का आरेख; और b) तुषार भंजन का शैलों पर प्रभाव।

- **तुषार पार्श्वक्षेपण (Frost heaving)** : ऐसी प्रक्रिया है जिसमें ढाल युक्त सतह पर बड़े बोल्डर फिसलते हैं। दिन के समय बोल्डर के नीचे जल प्रवेश करता है तथा रात्रि में तापमान में कमी के कारण हिम के रूप में जमा हो जाता है। हिम पर्त के आयतन में वृद्धि के कारण यह बोल्डर थोड़ा ऊपर उठ जाता है। अगले दिन जब तापक्रम में वृद्धि के कारण हिम पुनः पिघलती है तो गुरूवात्कर्षण के प्रभाव में बोल्डर ढाल की दिशा में नीचे खिसकता है। कालांतर में यह ढाल के सबसे निचले हिस्से में पहुंचने तक लंबी दूरी तय कर चुका होता है जैसा कि चित्र 5.6 a तथा b में दर्शाया गया है।



(a)

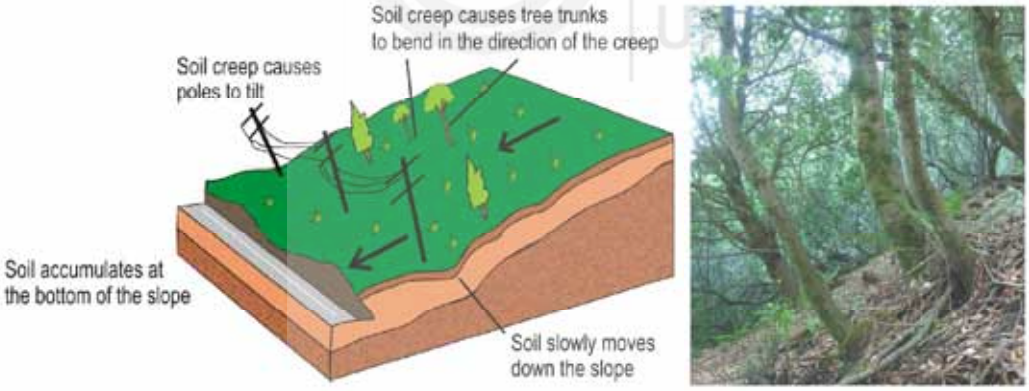
(b)

चित्र 5.6: (a) बर्फ पिघलने से गोलाश्म का फिसलना; और (b) कश्मीर घाटी से पार्श्वक्षेपण का उदाहरण।

- **जल स्थैतिक क्रिया (Hydraulic action) :** पथरीले समुद्री किनारों में समुद्र की शक्तिशाली लहरें जल को बलपूर्वक दाररों एवं संधियों में प्रवेश कराती हैं। लहरों की इस क्रिया के फलस्वरूप दरारें चौड़ी होती हैं तथा जल स्थैतिक क्रिया समुद्री खड़ी ढाल तथा अन्य प्रकार की समुद्री स्थलाकृति को हानि पहुंचाती है (चित्र 5.7)।
- **गुरूत्वीय क्रिया (Action of gravity) :** यह महत्वपूर्ण तथ्य है कि अपक्षय कारकों को अपना कार्य करने हेतु शैल पिंडों की ताजी सतह की आवश्यकता होती

है। गुरूत्व के कारण अपक्षयित पदार्थ नीचे की ओर गिरता है। **शैल वितर्पण** (rock slide) अथवा **भूस्खलन** गुरूत्व के कारण शैलों अथवा अपक्षयित पदार्थो का नीचे स्थानांतरिक होने की क्रिया को कहते है। **सर्पण** (creep) की क्रिया में अपक्षयित पदार्थों की धीमी गति से नीचे की ओर स्थानांतरण होता है जैसा कि चित्र 5.8a तथा b में प्रदर्शित है। पहाड़ों अथवा भृगु (clift) में शैलों के अपक्षय के फलस्वरूप प्राप्त होने वाला अपक्षयित टूटे हुए पदार्थ गुरूत्व प्रक्रिया के कारण पहाड़ी के नीचे

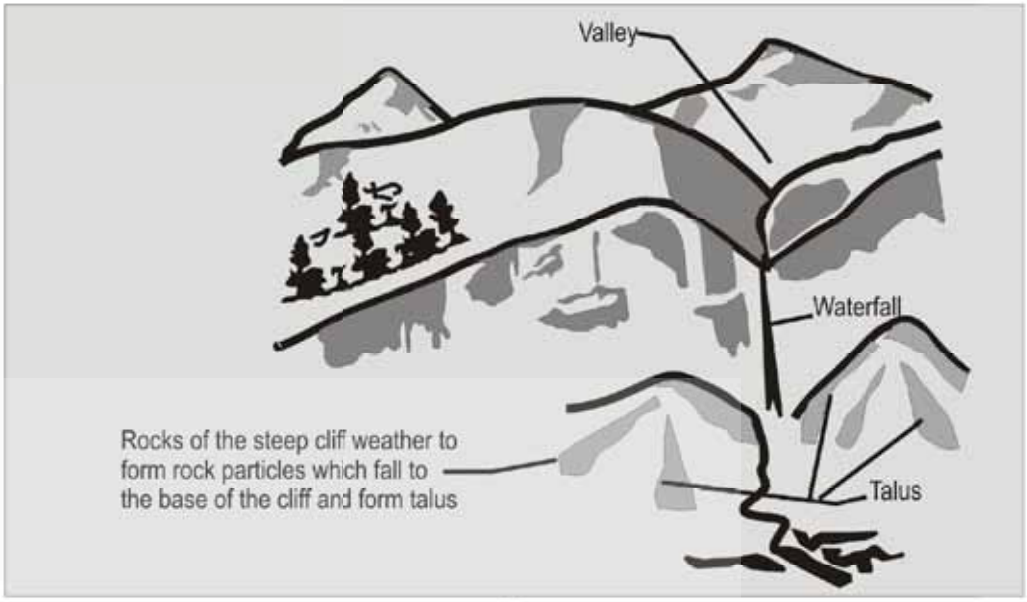
चित्र 5.7: शैलीय समुद्री किनारे पर जल स्थैतिक क्रिया



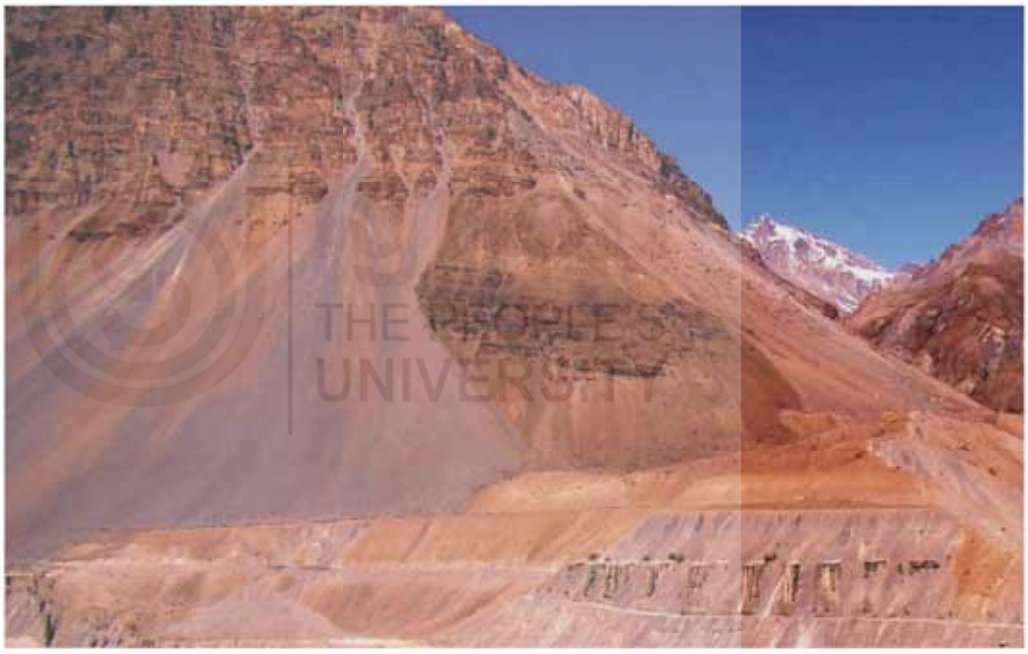
(a) (b)

चित्र 5.8: **a) बॉक्स रेखाचित्र सर्पण दर्शाता है; और b) सर्पण का क्षेत्र छायाचित्र। पेड़ों के तने का सर्पण की दिशा में उभार पर ध्यान दीजिए।**
(Photo credit: Dr. Piyoosh Rautela)

तल तक आता है। यह एक ऐसी संरचना निर्मित करते हैं जिसका आधार चौड़ा एवं शीर्ष की तरफ संकरा होता जाता है इसे **टेलस** (talus) कहते है जैसा कि चित्र 5.9a तथा b में प्रदर्शित है। विभिन्न साइज एवं आकार के शैल टुकड़ों **ढाल मलबा** (scree) से निर्मित पिंड टेलस का निर्माण करते हैं। हम इन आकृतियों के विषय में बृहत् क्षरण के वर्णन के दौरान पुनः पढ़ेंगे।



(a)



(b)

चित्र 5.9: a) शंकु आकार के टेलेस का रेखाचित्र; और b) शंकु आकार का टेलेस जो कि अव्यवस्थित बंधनमुक्त पदार्थों से निर्मित है जिसे ढाल मलबा कहते है, लद्दाख हिमालय।

5.3.3 रासायनिक अपक्षय

पिछले अनुभाग में आप रासायनिक अपक्षय से अवगत हो चुके है। यह प्रक्रिया तब होती है जब खनिज वायु अथवा जल से अभिक्रिया करते हैं। इन रासायनिक अभिक्रियाओं में कुछ खनिज घुल जाते हैं जबकि अन्य खनिज जल एवं वायुमंडलीय घटक जैसे ऑक्सीजन एवं कार्बन डॉयआक्साइड के साथ मिलकर नया खनिज निर्मित करते है। अपक्षय प्रक्रिया में रासायनिक अपक्षय का विशेष स्थान है क्योंकि इस प्रक्रिया में जल अन्य रसायन एवं घुलनशील गैसों के साथ भौतिक अपक्षय द्वारा शैलों में निर्मित दरारों, संधियों तथा संस्तरण तल में प्रवेश करता है। कालांतर में ये संधिया अथवा दरारें चौड़ी हो जाती हैं तथा ज्यादा जल रिसाव के कारण रासायनिक अपक्षय की प्रक्रिया को तीव्र

कर देती है। रासायनिक अपक्षय की प्रक्रिया में ठोस खनिज सतहों (solid mineral surface) से बॉडिंग (bonding) अथवा घनात्मक आयन (cation) के पृथक्करण के कारण अपघटन होता है। जल अपनी महत्वपूर्ण भूमिका अदा करता है तथा बहुत से पदार्थो को घोलने में प्रभावकारी सिद्ध होता है। इसके फलस्वरूप शैलों में प्रतिबल एवं विकृति उत्पन्न होती है जिसके कारण शैल शैलपिंड विखंडित (crumple) होते है।

रासायनिक अपक्षय में मुख्यतः निम्न अभिक्रियाएं होते है:

- **अपविलयन (Dissolution)**: यह रासायनिक अपक्षय की ऐसी प्रक्रिया है जिसमें चूना पत्थर जैसे अवसादी शैल में पाये जाने वाले खनिज कैलसाइट को कार्बोनिक अम्ल घोलता है। जल एक बहुत अच्छा विलायक है तथा बहुत सारे खनिजों को घोल लेता है। चूना पत्थर, डोलोमाइट, सामान्य नमक तथा जिप्सम जल में विलयशील होते है। जैसा कि आपने पूर्व में पढ़ा है कि जल CO_2 से अभिक्रिया कर दुर्बल कार्बोनिक अम्ल का निर्माण करता है जो कि चूना पत्थर को तीव्रता से घोल लेता है।

$$H_2O + CO_2 \longrightarrow H_2CO_3$$
(कार्बोनिक अम्ल)

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$
(अविलयशील चूना पत्थर) (विलयशील बाईकार्बोनेट)

आपने पढ़ा है कि शैल खनिजों का समूह होता है। यदि शैल में उपस्थित एक भी खनिज थोड़ी मात्रा में भी घुलता है तो खनिजों का आपसी आकर्षण अथवा संतुलन कमजोर होता है और शैल टूटने लगती है।

- **कार्बोनेशन (Carbonation) :** इस प्रक्रिया में खनिज का CO_2 के साथ रासायनिक साझेदारी होती है जिससे कार्बोनेट बनता है। कार्बोनेट जल के साथ क्रिया कर बाइकार्बोनेट बनाता है जो कि घुलनशील अवस्था में होता हैं। पृथ्वी में सबसे ज्यादा उपस्थिति में पाई जाने वाली शैल ग्रेनाइट इसी प्रक्रिया से अपलयित होती है। इसमें उपस्थित फेल्सपार केओलीन में परिवर्तित हो जाता है। इस प्रक्रिया को **केओलीनीकरण** (kaolinisation) कहते है।

$$\underset{\text{feldspar}}{4NaAlSi_3O_8} + \underset{\text{carbonic acid}}{4H_2CO_3} + 18H_2O \longrightarrow \underset{\text{kaolinite}}{Al_2Si_2O_5(OH)_8} + \underset{\text{sodium ion}}{4Na^+} + 4HCO_3^- + 8H_4SiO_4$$

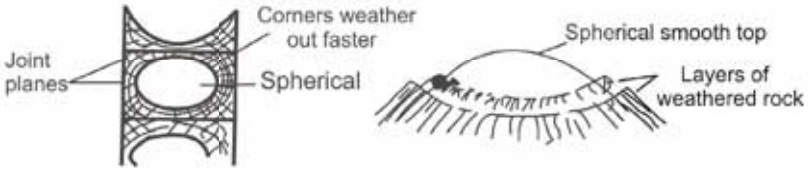
- **ऑक्सीकरण (Oxidation) :** इस प्रक्रिया में क्रिस्टल में उपस्थित घनात्मक आयनों से इलेक्ट्रान का हास होता है। इस प्रक्रिया में ऑक्सीजन के साथ रासायनिक साझेदारी होती है। आसानी से ऑक्सीकृत होने वाले तत्वों में लौह, गंधक तथा क्रोमियम शामिल हैं। पायराइट (FeS_2) ऑक्सीकरण के पश्चात् लिमोनाइट ($Fe_2O_3.nH_2O$) तथा मुक्त गंधक में परिवर्तित हो जाता है। यह गंधक जल के साथ मिश्रित होकर सल्फ्यूरिक अम्ल (H_2SO_4) निर्मित करता है। यह प्रबल अम्ल है जिसके कारण तीव्र अपघटन होता है। लौह द्वारा उत्सर्जित इलेक्ट्रान को ऑक्सीजन ग्रहण करती है तो इस प्रक्रिया को ऑक्सीकरण कहते हैं।

$$\underset{\text{pyrite}}{FeS_2} + O_2 \longrightarrow \underset{\text{ilmenite}}{Fe_2O.nH_2O} + \underset{\text{sulphur}}{S}$$

- **जलयोजन** (Hydration) : इस प्रक्रिया में जल के साथ रासायनिक साझा होता है। उदाहरणार्थ खनिज एनहाइड्राइट जिप्सम में परिवर्तित हो सकता है।

$$\underset{\text{arhydrite}}{CaSO_4 + 2H_2O} \longrightarrow \underset{\text{gypsum}}{CaSO_4.2H_2O}$$

- **गोलाभ अपक्षय (Spheroidal weathering):** यह रासायनिक अपक्षय का परिणाम है। आइये हम इस पर चर्चा करें कि यह प्रक्रिया कैसी होती है? जब विलयशील CO_2 युक्त जल शैलों में उपस्थित संधियों, दरारों में प्रवेश करता है तो रासायनिक अभिक्रिया होती है तथा आयतन में वृद्धि होती है। प्रारंभ में अभिक्रिया का प्रभाव शैलों के टुकड़ों के किनारों एवं कोनों पर पड़ता है तथा इसके फलस्वरूप शैलखंड गोलाकार अथवा गोलाभ जैसा दिखता है। धीरे-धीरे शैल में प्याज के छिलके के समान परतें उत्पन्न हो जाती है जैसा कि चित्र 5.10a, b तथा c में प्रदर्शित है।



(a)

(b)

(c)

चित्र 5.10: a) गोलाभ अपक्षय में विलयशील युक्त जल शैलों में उपस्थित संधियों तथा दरारों में प्रवेश करता है तथा शैलों के किनारों को रासायनिक अभिक्रिया से घुलनशील बना देता है। अपक्षयिता पदार्थ दरारों में जमा हो जाते है; b) क्षेत्र फोटोग्राफ में गोलाभ अपक्षय दर्शाते हुए; और c) अपक्षय राइंड (rind) बीच में अनावरित ताजी सतह पर ध्यान दीजिए।

आपके लिये यह महत्वपूर्ण है कि आप अपशल्कन (exfoliation) तथा गोलाभ अपक्षय (spheroidal weathering) में भेद कर सकें। **अपशल्कन** मुख्यतः भौतिक अपक्षय के फलस्वरूप शैलों की विभिन्न पट्टियों अथवा फ्लेक्स में विभक्त होने की क्रिया है इस प्रक्रिया में अंततः संकेंद्री पत्रण विकसित होते हैं। **गोलाभ अपक्षय** की प्रक्रिया मुख्यतः रासायनिक अपक्षय के द्वारा होती है जिसमें छोटे शैलखंड प्याज के छिलकों की तरह विभिन्न पर्तों में विभक्त हो जाती है। **अपक्षय राइंड** (weathering rind) शब्द का उपयोग विच्छेदित, रासायनिक रूप से परिवर्तित, शैल की बाह्य क्षेत्र या परत के लिए किया जाता है जो कि अपक्षय की प्रक्रियाओं द्वारा निर्मित होता है। जिस शैल में ये विकसित होती हैं, अपक्षय राइंड की आंतरिक सीमा लगभग उसकी बाहरी सतह या परत के समानांतर होती है जैसा कि आप चित्र 5.10c में देख सकते हैं।

5.3.4 जैविकी अपक्षय

आप जैविकी अपक्षय से पूर्व में ही अवगत हो चुके हैं। यह जीवाणुओं के द्वारा होने वाले अपक्षय का परिणाम है। यह भौतिक रासायनिक अपक्षय प्रक्रियाओं अथवा दोनों का समूह से सकता है। मृदा एवं शैलों में होने वाले जैविकी अपक्षय जीवाणु बैक्टीरिया से लेकर वनस्पति तथा प्राणियों तक के प्रकार के हो सकते हैं। जिन प्रक्रियाओं के माध्यम से जैविकी अपक्षय होता है आइये इन पर चर्चा करें :

- **पदार्थों का मिश्रण एवं गतिविधि** : समुद्र के किनारे बिल बनाने वाले जीवों के बिल का आपने शायद अवलोकन किया होगा (चित्र 5.11a)। इन बिलकारी जीवों द्वारा अपनी गतिविधियों के माध्यम से मृदा का मिश्रण होता है इसे **पीडोटरबेशन** (pedoturbation) कहते हैं। इस प्रकिया द्वारा भिन्न गहराइयों पर उपस्थित ताजी अप्रभावित सतहें अपक्षय प्रक्रिया हेतु होती हैं तथा रासायनिक अपक्षय द्वारा प्रभावित होती है।

- **कणों का सामान्य विखंडन** : प्राणियों द्वारा बिल बनाने की प्रक्रिया तथा जड़ों में वृद्धि के फलस्वरूप उत्पन्न दाब की वजह से शैलों में दरारें उत्पन्न हो जाती हैं। इस प्रक्रिया को **रॉक वेजिंग** (rock wedging) कहते हैं। चित्र 5.11b दृढ़ एवं मजबूत शैलों में उपस्थित दरारों एवं संधियों में वृक्ष की जड़ों को प्रवेश करती हुई प्रक्रिया का शायद आपने अवलोकन किया होगा। जैसे-जैसे वृक्ष की जड़े संधियों एवं दरारों में प्रवेश करती हैं ये दरारें चौड़ी होती जाती है अंततः शैल टूट जाती है। खनिज पदार्थों की खुदाई को भी यांत्रिकी अपक्षय का एक प्रमुख घटक माना जाता है।

- **प्राणियों के श्वसन प्रक्रिया तथा कार्बनिक क्षय के द्वारा कार्बन डॉयऑक्साइड का उत्पादन** : आपने पूर्व में यह अध्ययन किया है कि पौधे अपनी श्वसन प्रक्रिया के दौरान ऑक्सीजन उत्सर्जित करते हैं तथा कार्बन डॉयऑक्साइड अवशोषित करते हैं। आइये हम अपक्षय प्रक्रिया में कार्बन डायआक्साइड की भूमिका का विश्लेषण करें। आप इस इकाई में पूर्व अनुभाग में ही अवगत हो चुके हैं कि कार्बन डॉयआक्साइड जल की अम्लीयता बढ़ाता है जो कि जलीकरण, अपविलयन तथा ऑक्सीकरण जैसी रासायनिक अपक्षय प्रक्रियाओं द्वारा शैलों में उपस्थित खनिजों को प्रभावित कर उन्हें विलय कर देती है।

  इसके अतिरिक्त ऑक्सीजन की अनुपस्थिति में वनस्पति एवं प्राणियों के क्षय के द्वारा कार्बनिक उत्पाद निर्मित होता है। इसे ह्यूमस तथा ह्यूमिक एसिड या सूक्ष्म जन्तु एसिड कहते है। ये कार्बनिक अम्ल यघपि दुर्बल होते हैं फिर भी जैविकी अपक्षय

द्वारा अपघटन की प्रक्रिया में सहायक होते हैं। सूक्ष्म जीवों द्वारा की गई अपक्षय प्रक्रियाओं के अध्ययन को भू–सूक्ष्मजीव विज्ञान **(जियोमाइक्रोबायोलाजी) (geomicrobiology)** कहते है।

(a)

(b)

चित्र 5.11: जैविकी अपक्षय दर्शाते हुए क्षेत्र फोटोग्राफ a) आप देख सकते है केकडे द्वारा बालु में निर्मित बिल, जो कि मृदा को पीडोटरबेशन द्वारा मिश्रण करते है (Photo credit: Dr. Benidhar Deshmukh); **और b) ग्रेनाइट गोलाभ में जड़ों का प्रवेश। बढ़ती हुई जड़ों द्वारा भौतिक दबाव पर ध्यान दीजिए।**

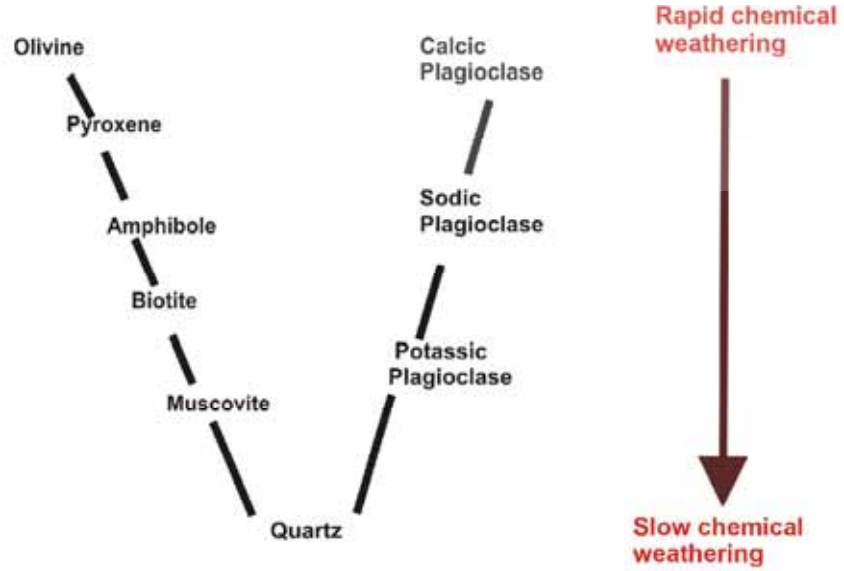
- **मृदा की आर्द्रता की मात्रा में परिवर्तन** : जीवाणु मृदा की आर्द्रता की मात्रा को प्रभावित करते हैं इससे अपक्षय में वृद्धि होती है। आपने गौर किया होगा कि पत्तियों एवं तने की छांव, जड़ों की उपस्थिति तथा कार्बनिक पदार्थ मृदा की आर्द्रता में वृद्धि करते हैं। अधिक मात्रा में आर्द्रता की उपस्थिति भौतिक एवं रासायनिक अपक्षय में वृद्धि करती है।

- **बैक्टीरिया, फंजाई, लाइकेन तथा मॉस:** आपको यह जानकर आश्चर्य होगा कि शैलों के विखंडन एवं अपघटन में फंजाई, लाइकेन, बैक्टीरिया तथा मॉस (moss) महत्वपूर्ण भूमिका अदा करते हैं। बैक्टीरिया के एक समूह में HNO_3 निर्माण की क्षमता होती है जो कि एक प्रबल अम्ल है। यह खनिजों के साथ क्रिया कर उन्हें परिवर्तित कर देता है। अपनी पाचन की प्रक्रिया के दौरान फंजाई, लाइकेन तथा बैक्टीरिया कार्बनिक अम्ल का निर्माण करते हैं जो कि खनिजों पर हमला द्वारा जैविकी अपक्षय का कारण होता है जैसा कि चित्र 5.12a में प्रदर्शित है।

चित्र 5.12a : फंजाइ, लाइकन तथा मॉस द्वारा जैविक अपक्षय। (Photo credit: Sainandini Mishra)

5.3.5 खनिजों की सापेक्षिक स्थिरता

रासायनिक अपक्षय की दर एक खनिज से दूसरे खनिज में भिन्न-भिन्न होती है। आप इस तथ्य को जानने हेतु जिज्ञासु होंगे कि विभिन्न खनिजों में रासायनिक अपक्षय की दर भिन्न क्यों होती हैं। आपने चित्र 5.12b में पढ़ सकते है कि ऑलिवीन (olivine) $(FeMg)_2SiO_4$ तथा कैल्सीय प्लेजियोक्लेज (calcic plagioclase) $Ca_2Al_2Si_2O_8$ सबसे अस्थाई खनिज हैं तथा शीघ्र अपलयित होते है। क्वार्ट्ज SiO_2 इस श्रृंखला में सबसे स्थायी खनिज है। अपक्षय की तीव्रता जानने हेतु विभिन्न खनिजों की सापेक्षिक रासायनिक स्थिरता का प्रयोग किया जा सकता है। खनिज स्थिरता की रैकिंग को **गोलडिच स्थिरता श्रृंखला** (Goldich Stability Series) से संदर्भित किया जा सकता है।



चित्र 5.12: b) सामान्य खनिजों की सापेक्षिक स्थिरता।

5.4 अपक्षय के उत्पाद

आपने अपक्षय की प्रक्रियाएं, प्रकार तथा घटकों के विषय में अध्ययन कर लिया है। अपक्षय के उत्पाद का अध्ययन करने से पूर्व आइये हम विषय पर चर्चा करें कि शैल अपक्षयित क्यों होती हैं?

पृथ्वी की सतह पर आग्नेय एवं कायांतरित शैलों एवं खनिज के निर्माण के दौरान परिस्थितियों भिन्न होती हैं इसी वजह से अपक्षय होता है। अतः जब से शैल पिंड सतही तापक्रम एवं दाब की परिस्थितियों के संपर्क में आते हैं तो ये अस्थाई होने के साथ-साथ अपक्षयित हो जाते हैं।

शैलों के अपक्षय के उत्पाद के रूप में नये खनिज निर्मित होते हैं। निम्नलिखित उत्पादों के रूप में शैलों का अपघटन एवं विघटन की प्रक्रिया होती है :

- **परिवहित मृदा (Drifted soil)**: ये अपक्षय के उत्पाद है। ये विभिन्न कारकों द्वारा परिवहित होते हैं तथा उपयुक्त स्थल पर निक्षेपित होते हैं। यह परिवहन के माध्यम पर निर्भर करता है।
- **अवशिष्ट मृदा (Residual soil)**: ये मूल स्थान पर शेष बची हुई अपक्षय उत्पाद होती है। अपक्षय उत्पादों के विलयशील घटक घुलकर विलयन में दूर तक चले जाते हैं।
- **अनुढक (Eluvium)**: यह बिखरे हुए अपक्षयित पदार्थो का निक्षेपण होता है जो कि वायु के द्वारा परिवहित एवं निक्षेपित होता है।
- **जलोढ़ (Alluvial soil)**: बिखरे हुए अपक्षयित पदार्थों का ऐसा निक्षेपण होता है जो कि बहते हुए जल द्वारा प्रवाहित एवं निक्षेपित होता है।
- **पुरोढक (Diluvium)**: ये हिमनंदन की अथवा जलीय हिमनदन क्रिया के पश्चात् शेष व्यर्थ पदार्थों के पिंड होते है तथा हिमयुगीन निक्षेप होते हैं।
- **अनावरण प्रस्तर (Regolith)**: ये किसी भी प्रकार की उत्पति वाले बिखरे हुए पदार्थ होते हैं। ये आधार शैल पर स्थित असंबध पदार्थ (incoherent material) रहते हैं तथा सभी प्रकार के शैलीय पदार्थों से युक्त होते है। रैगोलिथ परिवहित अथवा स्वस्थानिक (*in situ*) दोनों हो सकते है।

अपक्षय के उत्पाद के बारे में जानने के लिए निम्न वीडियो देखें :–

- Soil : Product of weathering

  लिंक : https://www.youtube.com/watch?v=y-SENU4Abv8

इस इकाई में आपने भौतिक, रासायनिक एवं जैविक अपक्षय के बारे में सीखा। अगले अनुच्छेद में हम अपक्षय के उत्पादों जैसे मृदा के बारे में विस्तृत अध्ययन करेंगे। अगले भाग में जाने से पूर्व अपनी प्रगति के अवलोकन हेतु 5 मिनट समय व्यतीत करें।

बोध प्रश्न 1

a) अपक्षय को परिभाषित कीजिये।

b) अपशल्कन एवं गोलाभ अपक्षय के मध्य अंतर बताइये।

c) रासायनिक अपक्षय में CO_2 कैसे महत्वपूर्ण हैं?

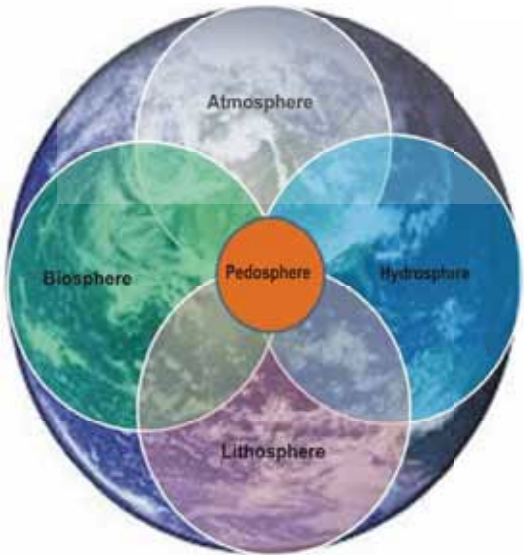
d) परिवहित और अवशिष्ट गृदा में क्या अंतर होता हैं ?

5.5 मृदा

आप पढ़ चुके हैं कि शैलों का विघटन एवं अपघटन होता है तथा इस प्रक्रिया के फलस्वरूप अपक्षय अवशिष्ट उत्पन्न होते हैं जो कि परिवहित अथवा स्वस्थानिक हो सकते है। विश्व की जनसंख्या हेतु खाद्य उपलब्ध करवाने की मृदा महत्वपूर्ण संसाधन है। 'Soil' शब्द मुख्यतः लेटिन भाषा के शब्द '*Solum*' से उत्पन्न हुआ है जिसका शाब्दिक अर्थ 'भूमि' होता है। शैलों के अपक्षय के फलस्वरूप निर्मित होने वाले पदार्थो की परतों का वर्णन करने के लिए भूवैज्ञानिक 'मृदा' शब्द का प्रयोग करते हैं। इन पदार्थों में मृदा में नये पदार्थों का समावेश, मूल पदार्थों का हास तथा भौतिक एवं रासायनिक प्रक्रियाओं द्वारा होने वाले परिवर्तन होता है। **ह्यूमस** (humus) कहलाने वाला कार्बनिक पदार्थ मृदा का महत्वपूर्ण घटक होता है। मृदा में रहने वाले बहुत से जीवाणुओं के अवशेष तथा व्यर्थ उत्पादों का समावेश मृदा में होता है।

मृदा को इस प्रकार परिभाषित किया जा सकता है कि यह प्राकृतिक रूप से निक्षेपित असंपिंडित (unconsolidated) परते है अथवा परिवर्तनशील मोटाई वाले मृदा क्षेत्र पृथ्वी की सतह को ढंके हुए है। इनके भौतिक, रासायनिक, जैविकी तथा खनिजीय गुण वनस्पति के विकास में सक्षम होते हैं। मूल शैल पिंडों, वनस्पति तथा जैव पदार्थों पर लंबे समय तक भौतिक एवं रासायनिक अपक्षय प्रक्रियाओं संबंधी बल के आरोपित रहने के कारण होने वाले प्राकृतिक अपघटन से प्राप्त उत्पाद मृदा कहलाता है।

मृदामंडल (Pedosphere): यह पृथ्वी की सबसे बाह्य अथवा ऊपरी सतह होती है जो कि वायुमंडल, थलमंडल, जलमंडल तथा जैव मंडल के प्रतिच्छेदन पर विद्यमान होती हैं जैसा कि चित्र 5.13 में दर्शाया गया है। मृदामंडल का निर्माण मुख्य रूप से वायुमंडल (मृदा के अंदर एवं बाहर की वायु), जैव मंडल (जीवित तथा मृत जीवाणु), थलमंडल रेगोलिथ तथा सुदृढ़ आधार शैल) तथा जलमंडल (मृदा के नीचे, मृदा में तथा मृदा के ऊपर उपस्थित जल) के मध्य गतिशील अभिक्रिया के फलस्वरूप होता है। मृदा के अध्ययन को **मृदाविज्ञान** कहते है।



चित्र 5.13 : मृदामंडल पृथ्वी की सतह पर पतली परत है जो वायुमंडल, थलमंडल, जलमंडल तथा जैवमंडल के अंतराफलक पर मौजूद रहती है।

5.5.1 मृदा निर्माण के कारक तथा प्रक्रियाएं

आइये हम उन कारकों से परिचित हों ले जो मृदा के निर्माण एवं विकास हेतु जिम्मेदार होते हैं :

- **मूल पदार्थ**: इसके अंतर्गत अवयव खनिजों की स्थिरता, विलयशीलता, कणों के आकार तथा आधार शैलो में विखंडित होने का पैटर्न जैसे संधियों एवं विदलन आदि समाहित होते हैं।
- **जलवायु** : इसके अंतर्गत वर्षा, तापक्रम आर्द्रता, शुष्कता, वायु तथा उनके मौसम के अनुसार भिन्नता समाहित होते है।
- **बायोटा** (Biota) : मृदा निर्माण तथा मृदा परिच्छेदिका विकास में जीवित पौधे एवं प्राणियों की गतिविधियां तथा उनके कार्बनिक एवं अपशिष्ट पदार्थों का महत्वपूर्ण प्रभाव रहता है।
- **स्थलाकृति :** प्रारंभिक तौर पर जल, तापक्रम, मृदा अपरदन एवं जलवायु से संबंध होने के कारण यह मृदा निर्माण पर प्रभाव डालता है। क्या आपने कभी सोचा है कि खड़ी अथवा क्रमशः ढाल तथा पहाड़ियों पर सूर्य को प्रकाश की तरफ उपस्थित शैल अथवा सूर्य के प्रकाश की विपरीत दिशा में विद्यमान शैलों में मृदा निर्माण की प्रक्रिया में कोई अंतर होता है? हम पिछले अनुभाग में स्थलाकृति के प्रभाव पर चर्चा कर चुके हैं। तापक्रम अपक्षय प्रक्रिया को धीमी अथवा तेज कर सकता है।
- **समय**: मृदा निर्माण की प्रक्रिया अपना प्रभाव दिखाने में समय लेती हैं।

मूल शैल को मृदा में परिवर्तित करने वाले कारकों के विषय में हम चर्चा कर चुके है। डोकुचेव ने 1889 में एक समीकरण के माध्यम से इस पहलू को सबके सामने प्रस्तुत किया था। यह निम्नलिखित हैं :

$S = f(Cl, O, R, P, T, ...)$

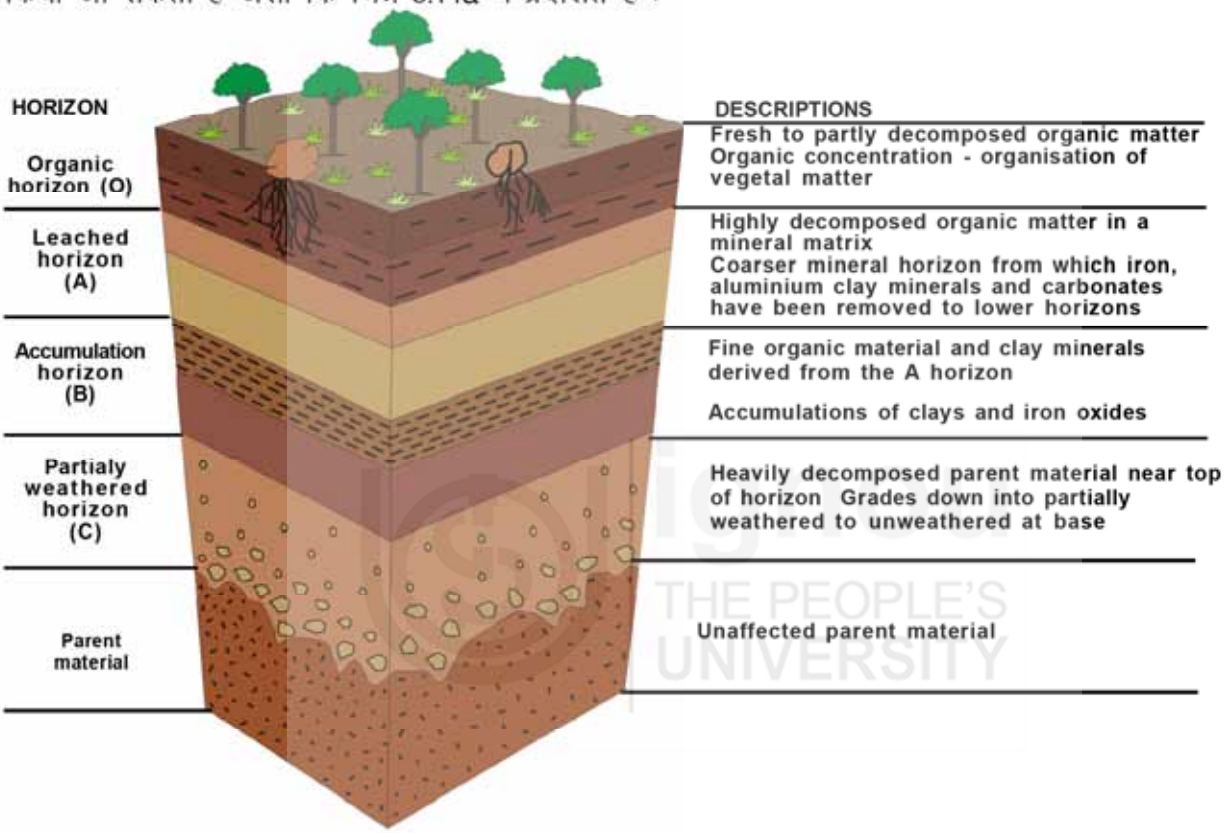
जहां, S = मृदा निर्माण F= फंक्शन C_l = जलवायु
O = जीवाणु/ Biota R= स्थलाकृति P = मूल /स्त्रोत पदार्थ
T = समय

जेनी ने 1941 में जलवायु तथा जीवाणुओं को **सक्रिय कारक** (active factors) तथा स्थलाकृति, स्त्रोत जनक पदार्थ तथा समय कारक को **निष्क्रिय कारक** (passive factors) के रूप में समूहबद्ध किया था।

जैसे-जैसे मृदा प्राचीन एवं प्रौढ़ होती जाती है उसमें पदार्थ या तो जुड़ते (added) जाते हैं अथवा पृथक (removed) हो जाते हैं। उदाहरण के लिए ह्यूमस का जुड़ना शक्तिवर्द्धक पदार्थो का स्त्रोत है जो पौधे के विकास को बढ़ावा देता है। पृथक्करण (substraction) अथवा हटाने की प्रक्रिया में वर्षा जल सतह के नीचे रिसने के दौरान पदार्थ को पृथक कर देता है। इस वजह से मृदा में **रूपांतरण** (transformation) की प्रक्रिया होती है। मृदा रूपांतरण की प्रक्रिया में फेल्सपार तथा अन्य खनिज रासायनिक अपक्षय द्वारा क्ले / मृत्तिका बनता है। **ट्रांसलोकेशन** (translocation) विकसित हो रही मृदा के अंदर होने वाली पदार्थों की क्षैतिज व उर्ध्वाधर गतिविधियां है। जल इसका एक महत्वपूर्ण कारक है तथा विलयशील साल्ट के परिवहन में सहायक होता हैं। वर्षा के पश्चात् जल भूसतह के नीचे देखने के दौरान कुछ पदार्थों को पृथक कर देता है। इस प्रक्रिया को निक्षालन कहते है। **निक्षालन** प्रक्रिया कार्बनिक पदार्थो को विलयन के रूप में मृदा की उपरी सतह से निचली सतह में स्थानांतरित करती है।

5.5.2 मृदा परिच्छेदिका

आपने पहाड़ी क्षेत्रों में रास्तों में गुजरते समय किनारो में क्षैतिज परतदार मृदा क्षेत्रों का अवलोकन किया होगा। आधार शैल -उपमृदा (Subsoil) तथा मृदा युक्त उर्ध्वाधर काट को **मृदा परिच्छेदिका** (soil profile) कहते है। मृदा की प्रकृति के आधार पर उसका संघटन तथा प्रविष्टि परिलक्षित होती है। आप संक्षेप में यह कह सकते हैं कि मृदा खनिज पदार्थों (detritus) तथा कार्बनिक पदार्थो का मिश्रण होता है तथा पृथ्वी की सतह एवं अनापक्षयित पदार्थों के बीच उपस्थित रहता है। इनको निम्नलिखित भागों में विभक्त किया जा सकता है जैसा कि चित्र 5.14a में प्रदर्शित है :



(a)

(b)

चित्र 5.14: a) मृदा परिच्छेदिका के विभिन्न संस्तर और b) ग्रेनाइट भूभाग में मृदा परिच्छेदिका का क्षेत्र फोटोग्राफ।

'O' संस्तर : यह मृदा परिच्छेदिका की सबसे ऊपरी परत होती है। यह कार्बनिक पदार्थों के एकत्रीकरण के फलस्वरूप बनती है तथा ह्यूमस के सान्द्रण के कारण सतह के समीप इसका रंग गहरा होता है।

'A' संस्तर : यह 'A' क्षेत्र के ठीक नीचे स्थित होता है। इसे ऊपरी मृदा भी कहा जाता है। सामान्यतः इस क्षेत्र में पर्याप्त खनिज पदार्थ, ह्यूमस तथा कार्बनिक पदार्थ उपस्थित होते हैं जो वनस्पति के विकास तथा रासायनिक अपक्षय को गति प्रदान करते है। 'A' क्षेत्र के निचले हिस्से में कार्बनिक पदार्थ की मात्रा कम तथा सर्वाधिक निक्षालन प्रक्रिया होती है। इसे निक्षालन क्षेत्र भी कहा जाता है।

'B' संस्तर : यह 'A' क्षेत्र के ठीक नीचे स्थित होता है तथा अपेक्षाकृत कम अपक्षयित होता है। बड़े वृक्षों की जड़ें इस क्षेत्र तक पहुंच जाती है। 'B' क्षेत्र में मुख्य रूप से मृतिका और अथवा लौह एवं एल्यूमीनियम हाइड्राक्साइड का आधिक्य होता है। इसे **एकत्रीकरण** (accumulation) मंडल अथवा **विनिक्षेपण** (illuviation) मंडल कहा जाता है।

'C' संस्तर : इसमें आंशिक रूप से अपक्षयित आधार शैल से लेकर अनापक्षयित आधार शैल उपस्थित होती है।

आधार शैल (Bedrock or substratum): यह अति अल्प अपक्षयित अथवा अनापक्षयित आधार शैल होती है। इसे 'R' horizon भी कहते है (Fig. 5.14c)।

5.5.3 मृदा का वर्गीकरण

विभिन्न प्रकार की मृदा होती हैं जिन्हें उनकी उत्पति, गठन तथा संघटन आदि के आधार पर वर्गीकृत किया गया है। आइये हम मृदा के वर्गीकरण पर विस्तृत रूप से चर्चा करें-

A. **जननिक-निर्माण की प्रक्रिया के आधार पर**

1. **स्वस्थानिक मृदा (*In situ* soil)** : ये निर्माण स्थल पर ही पाई जाती हैं। ये दो प्रकार की होती है।

   - **अवशिष्ट प्रकार (Residual type) :** इस प्रकार की मृदा का निर्माण उसी स्थल पर होता है जहां वह पाई जाती है। इसका संबंध एवं संघटन आधार शैल के समान ही होता है।

   - **अवशिष्टचय प्रकार (Cumulose type)** : यह कार्बनिक पदार्थों के एकत्रीकरण के फलस्वरूप निर्मित होता है। ये पीट जैसी दलदली परिस्थितियों में अधिक विकसित होती है।

2. **परिवहित / परस्थानिक मृदा (Transported / drifted soils)** : इस प्रकार की मृदा परिवहित होकर जनक शैल से दूरी पर निक्षेपित होती है। ये निम्न प्रकार की होती है:

   - **मिश्रोढक या अनूढ मृदा (Colluvial or eluvial)** : यह छोटे छोटे टुकड़ों में विभक्त रहती है तथा गुरूत्वीय प्रक्रिया के कारण पहाड़ी के तल पर निर्मित होती है।

- **जलोढ़ मृदा (Alluvial soil)** : उर्वरक मृदा है जो नदीय प्रक्रिया के कारण निर्मित होती है।
- **हिमोढ़ मृदा (Glacial soil)** : यह हिमानी क्रिया द्वारा निर्मित होती है।
- **वातोढ़ मृदा (Aeolian soil)**: वायु की क्रिया के कारण निर्मित होती है तथा रेत एवं लोएस का निर्माण करती है।
- **सरोवरी मृदा (Lacustrine soil)**: यह झील में पाई जाती है तथा कार्बनिक पदार्थों का आधिक्य होता है।
- **समुद्री मृदा (Marine soil)**: यह समुद्री क्रिया के फलस्वरूप समुद्री तटीय क्षेत्रों में निर्मित होती है।
- **ज्वालामुखी मृदा (Volcanic soil)**: यह जवालामुखी क्रिया के फलस्वरूप उत्पन्न होने वाले उत्पादों के अपक्षय से निर्मित होती है।

B. **गठन एवं संघटन के आधार पर**

- **रेतीली मृदा -** यह रेतीली प्रकृति की होती है। अत्यधिक रेतीली होने के साथ-साथ इसमें मृतिका की अल्प मात्रा होती है।
- **लोम मृदा -** इसमें रेत तथा गृतिका की मात्रा बराबर होती है।
- **मृतिकामय मृदा -** इस प्रकार की मृदा में मृतिकामय खनिजों का बाहुल्य रहता है।
- **पीट मृदा -** यह मुख्य रूप से अपघटित वनस्पति पदार्थों से निर्मित होती है तथा मृतिका की मात्रा बहुत कम होती है।
- **पॉडसाल (Podsol soil) -** ये सलेटी रंग की रेतीली मृदा का एक उपवर्ग है जिसमें अल्प मात्रा में लौह यौगिक तथा ह्यूमस होते है।
- **लैटिराइटी मृदा (Laterite soil) -** भूरे रंग की यह मृदा लौह, एल्यूमीनियम के हाइड्राक्साइड तथा मैग्नीज के कुछ ऑक्साइडों से मिलकर बनती है।

C. मृदा का यूएसडीए (USDA) वर्गीकरण

1951 में U.S. डिपार्टमेंट ऑफ एग्रीकल्चर के मृदा सर्वेक्षण स्टॉफ ने अमरीकी एवं अन्य देशों के मृदा वैज्ञानिकों के साथ संयुक्त रूप से मृदा की नई विस्तृत वर्गीकरण योजना विकसित करने का प्रयत्न किया। इसे 1961 से U.S. के अलावा अन्य 55 देश उपयोग करते आ रहे हैं। विश्व में पाई जाने वाली प्रत्येक मृदा को उसकी विशेषताओं के इस आधार पर वर्गीकरण के 12 प्रकारों में समाहित किया गया है। वर्तमान में विश्व के लगभग सभी मृदा वैज्ञानिक इस USDA वर्गीकरण का ही अनुसरण करते हैं (सारणी 5.1)।

5.5.4 भारत की मृदा

चित्र 5.15 में भारत की सामान्यतः प्रमाणित मृदाओं के भौगोलिक वितरण को दर्शाया गया है। सारणी 5.2 में प्रचलित भारतीय मृदाओं के विशिष्ट गुणों तथा क्षेत्रीय वितरण के सारिणीबद्ध किया गया है।

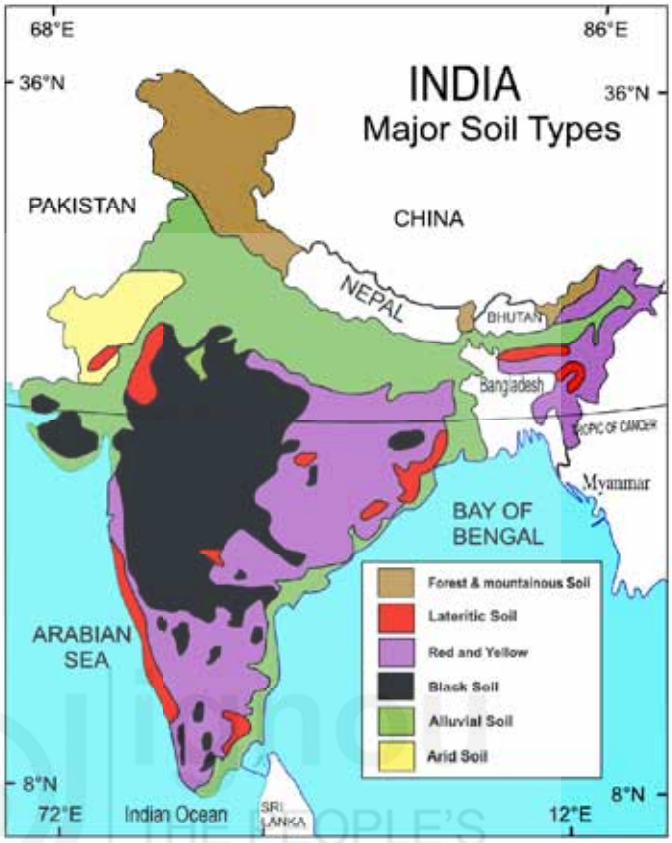
सारणी 5.1 : यूएसडीए वर्गीकरण : 12 मान्य मृदा के प्रकार

क्रमांक	मृदा का प्रकार	विवरण
1.	एल्फीसोल्स (Alfisols)	आर्द्र एवं अर्ध आर्द्र जलवायु में, मृत्तिकामय एकत्रीकरण युक्त अधोसंस्तर, वन क्षेत्रों में सामान्यतः पाया जाता है।
2.	एंडीसोल्स (Andisols)	ज्वालामुखी राख से निर्मित होने वाली मृदा तथा कार्बोनिक पदार्थों के यौगिकों एवं एल्यूमीनियम का बाहुल्य
3.	एरीडीसोल्स (Aridisols)	शुष्क जलवायु में निर्मित होने वाली मृदा, कार्बनिक पदार्थों की अल्पमात्रा
4.	एंटीसोल्स (Entisols)	जनक पदार्थों के तत्काल ही एकत्रीकरण के फलस्वरूप अधोस्थित संस्तरों का मृदा में अभाव
5.	जेलीसोल्स (Gelisols)	दुर्बल अपक्षयित मृदा अत्यधिक ठंडे स्थान अथवा स्थाई तुषार परिस्थितियों में निर्मित
6.	हिस्टोसोल्स (Histosols)	कार्बनिक पदार्थों के बाहुल्य वाली मोटी उपरी परत वाली मृदा, अपेक्षाकृत कम खनिज पदार्थों की उपस्थिति।
7.	इनसेप्टीसोल्स (Inceptisols)	मृदा के नवीन अथवा तीव्र अपक्षय हेतु जलवायु द्वारा सहायक भूमिका न निभाने के कारण दुर्बलता से विपरीत अधोस्थिति संस्तर युक्त मृदा
8	मोलीसोल्स (Molisols)	अर्धशुष्क ठंडी, अपक्षयित मृदा जिसमें सतह के नीचे लौह व एल्यूमीनियम ऑक्साइड का जमाव होता है। सामान्यता आर्द्र उष्ण जलवायु में पाई जाती है जहाँ कार्बनिक बाहुल्य वाला 'A' संस्तर होता है।
9	ऑक्सीसोल्स (Oxisols)	अत्यधिक ढडी, अपक्षयित मृदा जिसमें सतह के नीचे लौह व एल्यूमीनियम ऑक्साइड का जमाव होता है। सामान्यतया आर्द्र उष्ण जलवायु में पाई जाती है।
10	स्पोडोसोल्स (Spodosols)	ठंडी तथा नम जलवायु में निर्मित, जिसमें पूर्ण विकसित 'B' संस्तर समाहित है जिसमें एल्यूमीनियम तथा लौह ऑक्साइड होते हैं तथा रेतीले जनक पदार्थों में पाइन (pine) वनस्पति के अधीनस्थ मृदा निर्मित होती है।
11	अल्टीसोल्स (Ultisols)	ऐसी मृदा जिसमें मृतिका के जमाव युक्त अधोसतही संस्तर होता है। अधिक अपक्षयलन युक्त यह मृदा आर्द्र उष्ण अथवा अर्धउष्ण जलवायु में निर्मित होती है।
12	वर्टीसोल्स (Vertisols)	मृतिका की अधिक मात्रा तथा निम्न निक्षालन प्रक्रिया के कारण मृदा शुष्क होने पर गहरे चौड़े दरारों में विभक्त हो जाती है।

सारणी 5.2: भारत में पायी जाने वाली मृदा की मुख्य विशेशताएँ तथा उनका क्षेत्रीय वितरण।

प्रकार	मुख्य विशेषताएं	वितरण
जलोढ़ मृदा (Alluvial soil)	यह निम्नलिखित दो प्रकार की होती है। **खड्डर** – नया निक्षेप, हल्के रंग का, सिलिकीय संघटन, **भागर** – प्राचीन, जलोढ़, गहरे रंग का, चूने की गठानों से निर्मित तथा मृतिकामय संघटन	गंगा तथा ब्रम्हपुत्र नदी घाटी, गोदावरी एवं कृष्णा डेल्टा, बिहार, पश्चिम बंगाल, हरियाणा, पंजाब, उत्तराखंड, उत्तरप्रदेश के मैदान, दक्षिण भारतीय समुद्री तट
मरूस्थलीय मृदा (Desert soil)	तीव्र वाष्पीकरण, उच्चतापक्रम शुष्क जलवायु परिस्थितियों में निर्मित। मृदा में ह्यूमस तथा आर्द्रता का अभाव। अधिक मात्रा में विलयशील लवण की उपस्थिति की पर्याप्त मात्रा में उपस्थिति तथा नाइट्रोजन अल्प मात्रा में उपस्थित।	राजस्थान, उत्तरी गुजरात तथा दक्षिणी पंजाब
काली मृदा (Black / regur soil)	डेक्कन ट्रैप बेसाल्ट से निर्मित हाइटेनियम, लौह की उपस्थिति के कारण काला रंग। कैल्शियम तथा मैग्नीशियम कार्बोनेट की उपस्थिति, लौह, एल्यूमीनियम, चूना तथा मैग्नीशियम की अधिक मात्रा में उपस्थिति तथा फास्फेट नाइट्रोजन एवं कार्बनिक पदार्थो की अल्पमात्रा में उपस्थिति।	महाराष्ट्र, मालवा का पठार, काठियावाड़, प्रायद्वीपीय भाग, आंध्र, तेलंगाना तथा रायलसीमा क्षेत्र एवं कर्नाटक का ऊपरी भाग
मिश्रित लाल एवं काली मृदा (Mixed red and black soil)	चूना, पोटाश तथा लौह की अल्प मात्रा में उपस्थिति उंचाई वाले क्षेत्रों में ये पतली तथा उर्वरकता नहीं रहती तथा घाटियों एवं मैदान में उर्वरकता	प्रायद्वीपीय भारत के हिस्से
लाल एवं पीली मृदा (Red and yellow soil)	प्राचीन क्रिस्टलीय चट्टानों जैसे ग्रेनाइट एवं नाइस के अपघटन के फलस्वरूप मुख्यतः निर्मित नाइट्रोजन, फास्फोरस तथा ह्यूमस की कमी, परंतु पोटाश का आधिक्य। एल्यूमीनियम युक्त अथवा सिलिकामय प्रकृति। लाल मृदा की मभतिका के हिस्से केओलीनाइट खनिज द्वारा निर्मित	उड़ीसा छत्तीसगढ़ के हिस्से, डेक्कन पढार के पूर्वी हिस्से, केरल के दक्षिण प्रदेश, तमिलनाडू, कर्नाटक तथा छोटा नागपुर पठार (झारखंड)
लैटिराइटी मृदा (Laterite soil)	भारी वर्षा के कारण होने वाली तीव्र संसाधन की प्रक्रिया के कारण यह मृदा निर्मित होती है। मुख्य रूप से एल्यूमीनियम तथा लौह के जलयुक्त ऑक्साइड से निर्मित, मृदा परिच्छेदिका मे सिलिका की कमी।	कर्नाटक, केरल, तमिलनाडू, मध्यप्रदेश तथा उड़ीसा एवं असम के पहाड़ी क्षेत्र
पर्वतीय मृदा (Mountain - soil)	दीर्घ कणिक, लोमी तथा सिल्टी यह अल्प ह्यूमस मात्रा तथा अम्लीय प्रकृति की होती है।	पहाड़ी एवं कटकीय क्षेत्र, जम्मू कश्मीर, हिमाचल प्रदेश, उत्तराखंड तथा सिक्किम के कोणीय घने जंगल

इस भाग में हमने मृदा परिच्छेदिका, मृदा निर्माण को प्रभावित करने वाले कारक, मृदा वर्गीकरण तथा भारत में पाई जाने वाली मृदा की विशेषताएं एवं भौगोलिक वितरण के विषय में चर्चा करी है। अगले अनुभाग में हम बृहत् क्षरण के बारे में अध्ययन करेंगे।



चित्र 5.15: भारत में पाई जाने वाली प्रमुख प्रकार की मृदा तथा उनका **भौगोलिक वितरण**।

5.6 बृहत् क्षरण

पर्वतीय क्षेत्रों में रेलवे लाइन अथवा मार्ग के कटाव के अनुदिश पहाड़ियों की ढाल का आपने अवलोकन किया होगा। आपने यह भी महसूस किया होगा किसी प्रकार की आपदा अथवा दुर्घटना पर नियंत्रण हेतु पहाड़ी ढाल की स्थिरता कितनी महत्वपूर्ण है? क्रमशः ढाल वाले पहाड़ी क्षेत्रों सुरक्षित तथा स्थायित्व वाले होते हैं जबकि खड़ी ढाल वाले पहाड़ी क्षेत्र प्रायः अस्थिर तथा **भूस्खलन** को बढ़ावा देते हैं। जो कि बृहत् क्षरण के समान होती है। बृहत् क्षरण ऐसी प्रक्रियाओं का समूह है जिसमें अपक्षयित शैल, अवसाद एवं मृदा का परिचलन गुरूत्वीय प्रक्रिया के कारण ढाल की दिशा की ओर रहता है। आप को स्मरण होगा कि आपने पूर्व में भी इस इकाई में इस तथ्य का अध्ययन किया है। गुरूत्व के प्रभाव के कारण शैल एवं मृदा को ढाल के अनुदिश नीचे लुढ़कना/खिसकना को **बृहत् क्षरण** परिभाषित कर सकते हैं। इसके अंतर्गत वे सभी प्रक्रियाएं शामिल हैं जिनके कारण अपक्षयित एवं अनापक्षयित भूसामग्री गुरूत्व के कारण ढाल पर खिसकती है। ये पहाड़ी ढाल के निचले आधार स्थल के पास जमा होकर टेलेस निर्मित करते हैं। जब ये सामग्री विशाल धाराओं एवं नदियों तक पहुंचती है तो महाद्वीपीय क्षेत्रों में इनके गतिशील परिवहन के पश्चात् समुद्र में जाकर मिलती हैं।

भूस्खलन उसके प्रकार एवं कारण जानने के लिए निम्न वीडियो देखें :–

- Landslide : Its types and causes

  लिंक : https://www.youtu.be/c173TU0hjQk

5.6.1 बृहत् क्षरण के प्रकार

ढाल वाले क्षेत्रों में फिसलने वाली सामग्री के प्रकार तथा गति की तीव्रता के आधार पर बृहत् क्षरण को वर्गीकृत किया गया है जैसा कि चित्र 5.16 में दर्शाया गया है। यह बहुत सामान्य क्रिया है जिसमें समस्त प्रकार के भूस्खलन एवं प्रवाह शामिल है। सारणी 5.3 में बृहत् क्षरण के कुछ महत्वपूर्ण प्रकार एवं प्रक्रियाएं उल्लेखित हैं।

खड़ी ढाल तथा भृगु में शैलों के छोटे-बड़े टुकड़ों के लुढ़कने एवं नीचे विसर्पण के फलस्वरूप शैल तथा शैलों के टुकड़ों का मलबा शैल स्खलन तथा मलबा स्खलन एवं उनके जमाव की सामान्यतः कम पैमाने पर सक्रिय प्रक्रियाएं परिलक्षित होती है। इन क्षेत्रों में भारी वर्षा के दौरान निर्बल अवसादों की बहुतायत में उपस्थिति के कारण कीचड़ तथा मलबा प्रवाहित होता है। जैसी कि हम पूर्व में ही चर्चा कर चुके हैं कि मृदा विसर्पण गुरूत्व के प्रभाव में ढाल की तरफ, धीमी गति से मृदा के परिचालन को कहा जाता है। वृक्षों के मुड़े हुए तने, ढालों में उपस्थित दरारें तथा झुके हुए बिजली के खम्बे मृदा विसर्पण के परिचायक हैं। जैसा कि चित्र 5.16 a-e तथा 5.17 में प्रदर्शित है।

हिमस्खलन (Avalanche): लाहार (lahar) तथा अंतः समुद्री भूस्खलन बृहत क्षरण के विशिष्ट प्रकार हैं। हिमस्खलन तीव्र गति से बहता हुआ द्रवीभूत बर्फ, वायु तथा कभी कभी पर्वतीय क्षेत्रों में खड़ी ढाल में बर्फ के मैदानों के घंसकने के कारण निर्मित होने वाले रेगोलिथ से निर्मित होता है। **मृदासर्पण** (Solifluction) बर्फीले क्षेत्रों में होने वाले सर्पण का ऐसा प्रकार है जब मृदा की सतही पर्त एकान्तर क्रम से जमने एवं खिसकने की प्रक्रिया में अपने साथ शैलों के टूटे टुकड़े तथा अन्य मलबा भी पहाड़ी के निचले क्षेत्रों में संचयित होता है। **लाहार** एवं ज्वालाखंडाश्मी (pyroclastics) राख (ash) से निर्मित ऐसा पंक प्रवाह (mudflow) है जो कि ज्वालामुखी की ढाल पर नीचे की ओर प्रवाहित होता है। ज्वालामुखी के विस्फोट से निंमित महीन कणों को ज्वालाखंडाश्मी कहते है। **अंतः समुद्री भूस्खलन** (submarine landslides) ऐसे वृहद मलबा होते हैं जो सागरों तथा समुद्रों महासागरों के नीचे उपस्थित होते हैं तथा तथा किसी द्वीप को एक ही बार में दूर विस्थापित कर सकते हैं।

सारणी 5.3: बृहत् क्षरण के प्रकार

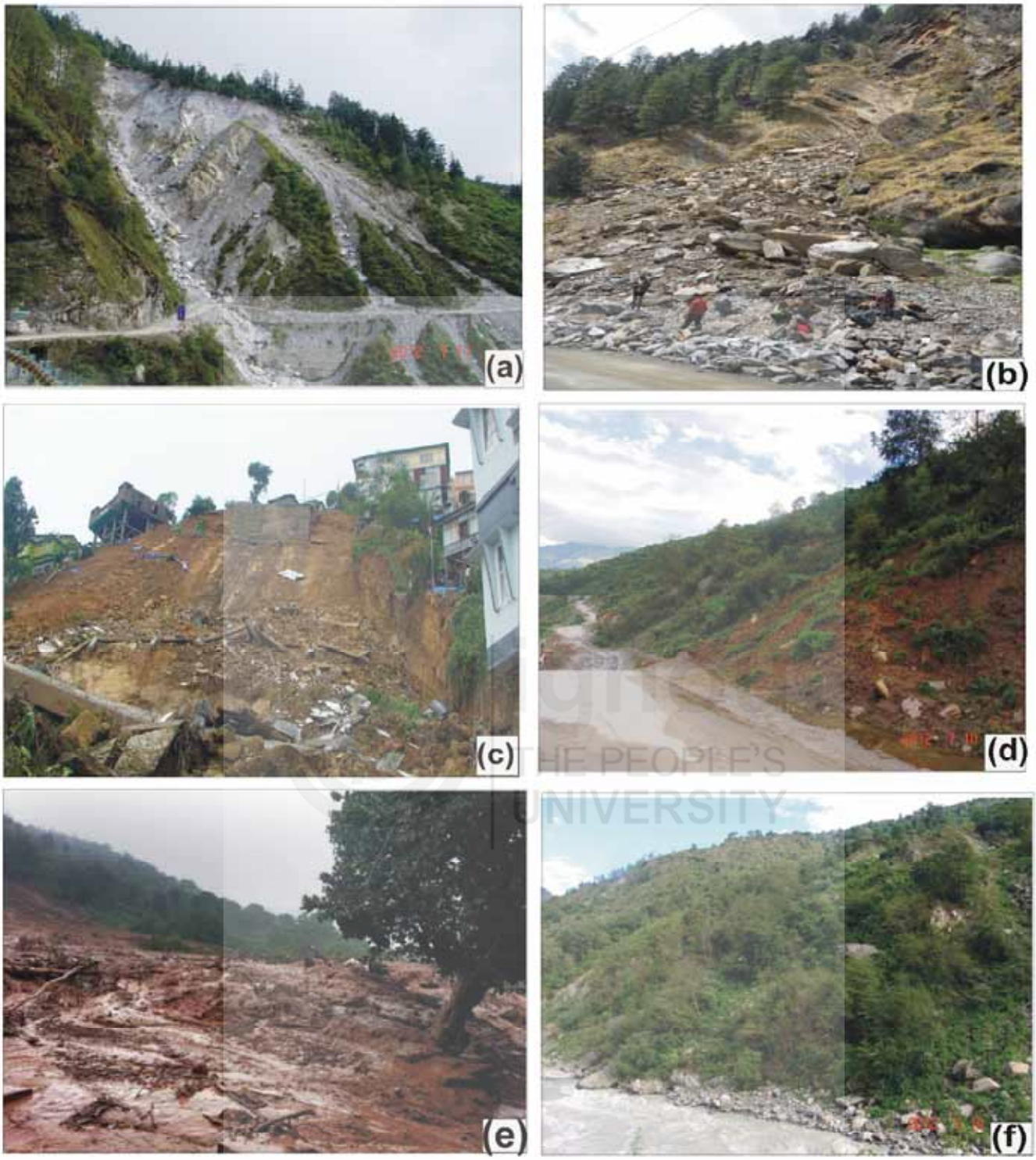
प्रक्रिया	विशेषताएं	चित्र 5.16
शैलपात एवं मलबा पात (Rockfall and debris fall)	शैल पात तब होता है जब ठोस शैल टुकड़ों जमाव स्थल से हटने के दौरान वायु में अथवा गुरूत्व के प्रभाव में मुक्त रूप से भृगु (cliff) अथवा ढाल से तीव्र गति से उर्ध्वाघर गिरते हैं मलबा पात भी शैल पात की तरह ही होता है। भिन्नता केवल यह है कि इसमें मृदा, रिगोलिथ, वनस्पति तथा शैलों का मिश्रण होता है इन्हें सामान्यतः **भूस्खलन** के नाम से जाना जाता है। (चित्र 5.16a देखें)	**(a) शैलपात**
शैल सर्पण एवं मलबा सर्पण (Rock slide and debris slide) **मलबा सर्पण** दुर्बल	शैल सर्पण तब होता है जब कमजोर तलों के अनुदिश ढाल फेल हो जाता है (चित्र 5.16b) शैलों मलबा तथा रिगोलिथ से पहचाना जाता है (चित्र 5.16b)। जबकि शैल सर्पण में मलबा का अभाव होता है सामान्यतया शैल सर्पण अस्त व्यस्त सामग्री में विघमान शैल खंड होते हैं। शैल पदार्थो के तीव्र गति से ढाल में	**(b) शैल सर्पण**

प्रक्रिया	विशेषताएं	चित्र 5.16
	सर्पण के फलस्वरूप पर्वतों अथवा पहाड़ियों के आधार के समीप शैल पदार्थों तथा असमान बिना तराशे शैलों का ढेर एकत्रित हो जाता है	
अवपतन (Slump)	विदरों अथवा वक्राकर सतह में शैल पिंडों अथवा रिगोलिथ का एकाएक नीचे की ओर फिसलना अवपतन कहलाता है। इस क्रिया के फलस्वरूप नीचे ढाल की दिशा में कगार निर्मित हो जाती है, चित्र 5.16c में देखें । अवपतन सामान्य तथा ऐसे क्षेत्रों में पाया जाता है जहां ढाल तीव्र तथा क्लिफ समान हो तथा उनके आधार में अपरदन के फलस्वरूप जैसे कि नदी के किनारों एवं समुद्री क्लिफ	(c) अवपतन
मलबा प्रवाह (Debris flow)	मलबा के तीव्र गति से ढालों पर प्रवाह क्रिया के दौरान गृत्तिका रो लेकर गोलाश्म तक के आकार के शैलखंड तथा लकड़ी का मलबा शामिल होता है, चित्र 5.16d में देखें। भारी वर्षा अथवा बर्फ के पिघलने के कारण जब जल भूमि में तीव्र गति से एकत्रित होता है तब यह आवरण निर्मित होता हैं। सामान्यतः यह एक जीभ के समान आकृति वाला क्षेत्र निर्मित करता है जिसकी सतह असमान होती है	(d) मलबा प्रवाह
पंक प्रवाह (Mud flow)	मलबा प्रवाह का ही स्वरूप है जो यह मुख्यतः पंक से निर्मित होता है तथा जल संतृप्त होता है। यह अपने मूल स्त्रोत स्थल से दशकों किलोमीटर की दूरी तय कर सकता है (चित्र 5.16e देखें)	(e) पंक प्रवाह

5.6.2 बृहत् क्षरण हेतु उत्तरदायी कारक

आइए अब हम आप बृहत् क्षरण हेतु उत्तरदायी कारकों से परिचित होंगे। बृहत क्षरण की संभावना को नियंत्रित करने वाले तथा पहाड़ी ढालों, कटिंग तथा राजमार्गों की सुरक्षा एवं स्थिरता ज्ञात करने वाले कारक निम्नलिखित हैं :

- **कटिंग दीवारों अथवा ढाल के अनुदिश उपस्थित शैलों की प्रकृति :** आपने यह अवलोकन किया होगा कि गूढ़, कठोर तथा प्रबल शैलों (जैसे ग्रेनाइट, गैब्रो, बलुआ पत्थर, संगमरमर, नाइस, क्वार्ट्जाइट, इत्यादि) की उपेक्षा दुर्बल पदार्थों युक्त पहाड़ी ढाल की स्थिरता भिन्न होती है।
- **स्रोत शैलों की भूवैज्ञानिक संरचनाएं:** यह पूर्ण रूप से प्रतिपादित है कि भ्रंश की उपस्थिति, अपरूपण क्षेत्र तथा अन्य कमजोर तलों की उपस्थिति शैलों की मजबूती को कमजोर कर देती है।



चित्र 5.17: क्षेत्र फोटो : a) शैलपात तथा मलबा पात; b) शैल सर्पण; c) मलबा सर्पण; d) अवपतन; e) पंक प्रवाह; और f) मृदा सर्पण। (Photo credit: Dr. Piyoosh Rautela, except c; c- Dr. Rahul Varma)

- **ढाल अथवा कटिंग दीवारों के अनुदिश विद्यमान भूजल की परिस्थितियां:** आप जल की स्नेहक (lubricating) प्रक्रिया के बारे में जानते होंगे। जल की उपस्थिति भूस्खलन को बढ़ावा देने के साथ-साथ ढाल की स्थिरता को भी प्रभावित करती है। अतः ढालों की स्थिरता तथा राजमार्गों हेतु क्षेत्र में भूजल की अवस्था तथा भूजल स्तर की सावधानीपूर्वक जानकारी प्राप्त करना आवश्यक है। जल द्वारा पदार्थों की गतिशीलता बढ़ने के कारण विशेषकर वर्षा ऋतु में भूस्खलन अधिक होता है।

5.6.3 बृहत् क्षरण के कारण

बृहत् क्षरण के कारण निम्नलिखित हैं :

- भूकंपीय झटके
- निर्माण अथवा खदान खुदाई हेतु विस्फोट करना
- सतही नलिकाओं की अनुपस्थिति, जल रिसाव में वृद्धि के फलस्वरूप स्खलन
- शैलों में संधियों तथा दरारों की उपस्थिति
- विभिन्न उद्देश्यों हेतु प्रवणता को तीक्ष्ण करना
- खराब नलिका प्रवाह के कारण ढाल का जल से संतृप्त होना
- खदानों अथवा खुदाई आदि के ऊंचाई में वृद्धि
- ढालों पर बांध, भवन, नगर आदि के अतिरिक्त भार के कारण

बृहत् क्षरण भूस्खलन मानव (अथवा उनके भवन तथा सड़के) के लिए हानिकारक हो सकती है। मानव जनित गतिविधियां रिगोलिथ की स्थिरता को कम करती हैं फलस्वरूप बृहत क्षरण की क्रिया होती है।

भूस्खलन से बचाव के बारे में जानने के लिए निम्न वीडियो देखें :–

- Landslide : Mitigation measures

  लिंक : https://www.youtu.be/BcUVeL43x7c

आपने पिछले दो अनुभागों में बृहत् क्षरण के विषय में सीखा। अगले अनुभाग में हम अपरदन के बारे में चर्चा करेंगे। उसके पूर्व अपनी प्रगति का मूल्यांकन करने हेतु पांच मिनट व्यतीत करें।

बोध प्रश्न 2

a) महाराष्ट्र तथा गुजरात में कौन सी मृदा सर्वाधिक क्षेत्र को आच्छादित करती है।

b) मृदा सर्पण क्या है?

c) बृहत् क्षरण के कारणों की सूची बनाइये।

d) विनिक्षेपण तथा अपवहन में अंतर बताइये।

5.7 अपरदन

हमने अनुभाग 5.3 में अध्ययन किया है कि अपक्षय तथा अपरदन का आपस में गहरा संबंध है। अपक्षय की प्रक्रिया में शैल का विघटन एवं अपघटन होता है तथा अपक्षयित पदार्थ बाह्य भूवैज्ञानिक कारकों जैसे वायु, नदी, हिमनद, भूमिगत जल आदि द्वारा पृथक किया जाता है। अपक्षय की प्रक्रिया के पश्चात् अपक्षयित पदार्थों का परिवहन ही अपरदन कहलाता है।

अतः

अपक्षय + परिवहन = अपरदन

अपरदन की प्रक्रिया में शैल की ताजी अपक्षयित नयी सतह उभरती है तथा इस नयी सतह पर अन्य कारक क्रिया करते हैं। अपरदन की प्रक्रिया में मूल सतह नीचे होती है। **अनाच्छदन** (denudation), **अपक्षय** एवं **अपरदन** के अंतिम परिणाम को प्रदर्शित करता है। इसके प्रभाव के फलस्वरूप उत्थित सतहें (uplifted surface) नीचे चली जाती है।

5.8 सारांश

पृथ्वी पर कई प्रकार के आतंरिक एवं बाह्य बल कार्यरत होते हैं। आइये हम उन तथ्यों का संक्षेपीकरण करें जिनका हमने इस इकाई में अध्ययन किया है।

- बाह्य अथवा बाह्यजनिक भूवैज्ञानिक प्रक्रियाओं के अंतर्गत अपरदन, परिवहन एवं अपरदित पदार्थों का निक्षेपण शामिल है। आतंरिक अथवा अंर्तजनिक प्रक्रियाओं में भूकंप, ज्वालामुखी तथा पर्वत निर्माणकारी प्रकियाएं शामिल है।

- अपक्षय की प्रक्रिया में शैलों का प्राकृतिक रूप से विघटन एवं अपघटन होता है। पृथ्वी की सतह पर उपस्थित शैलों को विघटित करने हेतु भौतिकी, रासायनिक एवं जैविक अपक्षय, तीनों संयुक्त रूप से क्रियाशील हो सकते है।

- अपक्षय की दर को नियंत्रिक करने वाले चार कारक हैं - मूल शैल की प्रकृति, मृदा की उपस्थिति अथवा अनुपस्थिति, जलवायु तथा अनावरित सतह हेतु समय की उपलब्धता।

- भौतिक अपक्षय के अंतर्गत विभिन्न प्रकार की विधियों जैसे तापक्रम दाब निभकासन (pressure release), अपकर्षण (abrasion), जमना व पिघलना (freeze -thaw), द्रव स्थैतिक क्रिया (hydraulic action) तथा गुरूत्वीय क्रिया (gravity action) के द्वारा खनिज एवं शैलों में यांत्रिक रूप से टूट फूट होती है।

- तीनों प्रकार के अपक्षयों में रासायनिक अपक्षय सबसे अधिक प्रभावशाली होता है। इसमें अपविलयन, कार्बोनेशन, ऑक्सीकरण तथा जलीकरण प्रक्रियाएं सम्मिलित है।

- जैविकी अपक्षय मुख्य रूप से जीवाणुओं द्वारा सामग्री के मिश्रण एवं गतिविधियो, जन्तुओं द्वारा श्वसन के दौरान कार्बन डायऑक्साइड के उत्पादन, कार्बनिक क्षय तथा मृदा की आर्द्रता की मात्रा तथा सूक्ष्म जीवाणुओं की उपस्थिति आदि कारकों से प्रभावित होता है।

- अपक्षय के प्रमुख उत्पाद अवशिष्ट मृदा परिवहित मृदा होते हैं।

- मृदा विघटित एवं अपघटित कार्बनिक पदार्थों का मिश्रण होती है जो कि वनस्पति को सहायता पहुंचाने में सक्षम होती है। एक परिपक्व मृदा परिच्छेदिका के अनुप्रस्थ काट में मृदा की भिन्न-भिन्न परतें दिखाई देती हैं। इनमें से प्रत्येक परत की अपनी विशेषता होती है।

- गठन एवं संघटन के आधार पर मृदा को वर्गीकृत किया जा सकता है। प्रचलित यूएसडीए वर्गीकरण में मृदा को 12 प्रकारों में वर्गीकृत किया गया है।
- बृहत् क्षरण को मुख्य रूप से शैल पात एवं मलबा पात, शैल सर्पण, मलबा सर्पण अवपतन, मृदा सर्पण, मलबा प्रवाह, पंक प्रवाह आदि रूप में उनकी गति की दर तथा सामग्री के प्रकार के आधार पर वर्गीकृत किया गया है।

5.9 क्रियाकलाप

1. आइये हम एक प्रयोग करके देखें। बाजार से नमक के (NaCl) के क्रिस्टल प्राप्त कर लें। उन्हें एक पानी से भरे गिलास में डालकर कुछ सेकन्ड के लिये हिलायें। इसके पश्चात् पानी को बहा दें तथा नमक के टूटे हुए टुकड़े एवं विलयशील किनारों का अवलोकन करते हुए उनकी तुलना मूल क्रिस्टल के आकार एवं आकृति से करें। आप अवलोकन के दौरान दिखने वाले परिवर्तन में यह क्या घटनाक्रम है इस विषय पर विचार करें।
2. लोहे की कुछ कीलें लें। इन कीलों को पहले गीले कागज से तथा इसके बाद प्लास्टिक शीट से लपेट दें। इन्हें बंद डिब्बे में दो सप्ताह तक रख दें। जब दो सप्ताह पश्चात् आप इनकी जांच करेंगे तो आप पायेंगे कि इन कीलों पर जंग लग चुका है। क्या आप जंग लगने के कारण की व्याख्या कर सकते है?

5.10 सात्रिक प्रश्न

1. भौतिक अपक्षय रासायनिक अपक्षय से किस प्रकार भिन्न है?
2. अपक्षय को प्रभावित करने वाले कारकों की विवेचना कीजिये।
3. मृदा परिच्छेदिका के विभिन्न हिस्सों को प्रदर्शित करने वाले नामंकित चित्र बनाइये तथा प्रत्येक क्षेत्र का संक्षिप्त विवरण भी दीजिये।
4. बृहत् क्षरण (मास वेस्टिंग) को परिभाषित कीजिये। उनके वृहद वर्गीकरण को भी बताइये।

5.11 संदर्भ

- Fletcher, C. (2011) Physical Geology, The Science of Earth, John Wiley & Sons, 679p.

5.12 आगे / प्रस्तावित अध्ययन

- Dutta, A.K. (2010) Introduction to Physical Geology, Kalyani Publishers, Ludhiana, 250p.
- Mahapatra, G.B. (2013) A Textbook of Geology, CBS Publishers, New Delhi, 366p.

5.13 उत्तर

बोध प्रश्न

1. a) शैलों के प्राकृतिक रूप से विघटन एवं अपघटन की प्रक्रिया को अपक्षय कहते है। इनमें वे गतिविधियां शामिल होती हैं जिनके कारण सतह पर अथवा सतह के नजदीक स्थित शैल टूटते, क्षयित अथवा लुढ़कते हैं।

   b) अपशल्कन की प्रकिया मुख्यतः भौतिक अपक्षय के कारण होती है जबकि गोलाभ अपक्षय मुख्य रूप से रासायनिक अपक्षय के कारण होता है।

   c) जल एक अच्छा विलायक है। जल के साथ अभिक्रिया के पश्चात्, CO_2 कार्बोनिक अम्ल का निर्माण करता है। इसमें कार्बोनेट्स शीघ्रता से घुल जाते है।

$$H_2O + CO_2 \longrightarrow H_2CO_3$$
(कार्बोनिक अम्ल)

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$
(अविलयशील चूना पत्थर) (विलयशील बाईकार्बोनेट)

   d) अपक्षयित पदार्थ विभिन्न कारकों द्वारा परिवहित होता है तथा उपयुक्त स्थान पर निक्षेपित भी होता है। यह परिवहन के माध्यम पर निर्भर होता है तथा परिवहित मृदा निर्मित करता है। दूसरी तरफ अपक्षयित पदार्थों के विलयशील घटक घुलकर वियलन के रूप में दूर तक स्थानांतरित होते हैं, शेष बचा हुआ पदार्थ अवशिष्ट मृदा का निर्माण करता है।

2. a) काली मृदा

   b) विसर्पण बृहत् क्षरण का प्रकार है। गुरूत्व के अधीन होने वाली यह अत्यंत धीमी प्रक्रिया है।

   c) बृहत् क्षरण के प्रमुख कारण निम्न हैं -

- भूकंप के झटके
- निर्माण और खदान खुदाई कार्य हेतु विस्फोट
- स्तही नलिकाओं की अनुपस्थिति, जल रिसाव में वृद्धि एवं विसर्पण
- शैलों में अधिक दरारों व संधियों की उपस्थिति
- ढाल के खड़ेपन में वृद्धि
- खराब जल निकास व्यवस्था के कारण जलाच्छादित ढाल
- खदानीकरण अथवा माइनिग आदि के कारण ढाल की ऊंचाई में वृद्धि
- ढाल पर बांध, भवन, शहरों का अतिरिक्त भार

d) अपक्षालन क्षेत्र अथवा 'A' संस्तर का अपवाहन की प्रकिया होती है। यह मृदा संस्तरो में से पदार्थों के पृथ्ककरण की प्रक्रिया है। विनिक्षेपण की प्रक्रिया 'B' संस्तर में होती है इसे एकत्रीकरण क्षेत्र भी कहा जाता है। यह नीचे स्थित मृदा की परत में कोलाइड्स, विलयशील नमक एवं खनिज कणों का जवाब होता है जो कि मृदा की उपर स्थित पर्त से अपक्षालन की प्रक्रिया के द्वारा नीचे पहुंचते है।

सात्रिक प्रश्न

1. कृपया उपअनुभाग 5.3.2 तथा 5.3.3 देखें।
2. कृपया उपअनुभाग 5.3.1 देखें।
3. कृपया उपअनुभाग 5.4.2 देखें।
4. कृपया उपअनुभाग 5.5 देखें।

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

इकाई 6

नदी के भूवैज्ञानिक कार्य

इकाई की रूपरेखा

6.1 प्रस्तावना
अपेक्षित लक्ष्य
6.2 भूवैज्ञानिक कारक क्या है?
6.3 नदी के प्रकार एवं अवस्थायें
नदी जलधारा के प्रकार
नदी की अवस्थायें
6.4 अपवाह तंत्र एवं प्रणाली
अपवाह तंत्र
अपवाह प्रणाली
6.5 नदीय अपरदन
नदीय अपरदन के प्रकार
नदीय अपरदन की प्रकिया
नदीय अपरदन को प्रभावित करने वाले कारक
6.6 अपरदन भूआकृतियां
नदी घाटियां
गार्ज एवं कैनियन
जलप्रपात
जलगर्तिका एवं प्रपात कुंड
नदी वेदिका
6.7 अवसाद परिवहन
भार के प्रकार
परिवहन यांत्रिकी
6.8 निक्षेपण भूआकृतियां
जलोढ़ पंख एवं शंकु
गुम्फित नदी
विर्सपण निक्षेप
बाढ़ का मैदान एवं जलोढ़ निक्षेप
डेल्टा
6.9 सारांश
6.10 क्रियाकलाप
6.11 सात्रिक प्रश्न
6.12 संदर्भ
6.13 आगे / सम्भावित अध्ययन
6.13 उत्तर

6.1 प्रस्तावना

इकाई 5 शैल अपक्षय में हमने अपक्षय प्रक्रियाओं के प्रकार तथा उनकी क्रियाविधि के बारे में अध्ययन किया है। इस अध्याय की अगली तीन इकाइयों में हम भूसतह पर विभिन्न भूआकृतियां निर्मित करने वाले भूवैज्ञानिक कारक जैसे-नदी, वायु, भौम जल, हिमनद, महासागर तथा उनके द्वारा निर्मित होने वाली स्थलाकृतियों से अवगत होंगे। क्या आप यह कल्पना कर सकते हैं कि पृथ्वी पर जीवन की उत्पत्ति होने के पूर्व ये प्रक्रियाएं आरंभ हो गई थीं तथा आगे भी जारी रहेंगी। आइये हम इसकी एक रोचक समानता के द्वारा इसकी व्याख्या करें। जो भूदृश्य आज हमें दिखाई देती है वास्तव में वह एक लंबी फिल्म

के छोटे से अंश के सदृश्य है जिसको देखकर आप पूरी फिल्म का वर्णन कर सकते हैं। इसी प्रकार हम आज जिन भूदृश्यों को देखते हैं, वह पृथ्वी पर प्राचीन काल से क्रियाशील विभिन्न प्रक्रियाओं के विश्लेष्ण के बारे में जानकारी प्रदान कर सकते है।

हमारे ग्रह में नदियां अपरदन क्रियाओं की प्रमुख कारक है। नदी अपने अपवाह के दौरान समुद्र में मिलने तक अपने साथ अपक्षयित शैलों का मलबा बहाकर ले जाती है। नदी एक वृहद कार्य करती है जिसके अंतर्गत अवसादों का अपरदन परिवहन तथा विलयशील यौगिकों एवं आयनों (ions) को समुद्र तक पहुंचाना शामिल है।

आइये इस इकाई में हम नदी के भूवैज्ञानिक कार्यों के बारे में चर्चा करें।

अपेक्षित लक्ष्य

हम अपेक्षा करते है कि इस इकाई को अध्ययन करने के पश्चात् आप :

- ❖ भूवैज्ञानिक कारकों को परिभाषित करने तथा उनकी क्रियाविधि जानने में सक्षम होगें;
- ❖ नदी की विभिन्न अवस्थाएं, नदी तंत्र, प्रवाह प्रणाली की जानकारी को सूचिबद्ध कर सकेगें;
- ❖ अवसादों के भार के प्रकार तथा परिवहन की प्रक्रियाओं की पहचान कर सकेगें;
- ❖ नदीम अपरदन को प्रभावित करने वाले कारकों के प्रकार तथा विधियों का वर्णन कर सकेगें;
- ❖ नदी के भूवैज्ञानिक कार्यों द्वारा निर्मित अपरदनकारी भूआकृतियों की विवेचना करने में सक्षम होगें, तथा
- ❖ नदी के भूवैज्ञानिक कार्यो द्वारा निर्मित निक्षेपण भूआकृतियों का वर्णन कर सकेगें।

6.2 भूवैज्ञानिक कारक क्या है?

आपने पिछले खण्ड में अध्ययन किया है कि हमारी पृथ्वी ग्रह की गतिशीलता स्पष्ट रूप से बाह्य एवं आतंरिक प्रक्रियाओं का परिलक्षण है। इन प्रक्रियाओं के फलस्वरूप सतह पर होने वाले परिवर्तन सुन्दर स्थलादृश्य / स्थलाकृति के स्वरूप में प्रदर्शित होते हैं। कुछ भूवैज्ञानिक एवं भूआकृतिक कारक स्थलाकृतियों में क्रमशः परिवर्तन लाते हैं। **भूआकृतिक कारक** वह भूवैज्ञानिक कारक है जिनके कारण हमारे ग्रह की सतह पर बदलाव आते है। यह सूर्य, पृथ्वी का गुरूत्वाकर्षण बल, जलवायु के परिमाणों द्वारा संचालित होते है। ये कारक पदार्थ किसी भी अवस्था में रह सकते हैं जैसे हिमनद के समान ठोस, नदी, झील, समुद्र का जल तथा भौम जल के समान द्रव, पवन के समान गैस अथवा इन कारकों का संयुक्त रूप भी हो सकता है। हर भूवैज्ञानिक घटक पृथक रूप से क्रियाशील रहते हुए विशिष्ट अपरदनकारी तथा निक्षेपण स्थलाकृतियों निर्मित करता है।

भूआकृतिविज्ञान भूविज्ञान की वह शाखा है जिसमें स्थलदृश्य का पद्धतिबद्व अध्ययन किया जाता है तथा उनकी विवेचना पृथ्वी के अतीत को समझने के लिए की जाती है।

आइये, हम इन कारकों द्वारा संपादित की जाने वाली तीन प्रमुख क्रियाओं का अवलोकन करें:

- **अपरदन (Erosion)**: जैसा कि आप पूर्व में ही जान चुके हैं कि इस प्रक्रिया द्वारा प्राकृतिक एजेंसियों के साथ भौतिक बलों द्वारा शैलों के टूटने एवं विघटन की क्रिया होती है। इसके पश्चात् अपक्षयित शैल खंडों के टुकड़ों तथा कणों का पृथककरण (dislodged) अपक्षय स्थल से दूर इनका होता है। निक्षेपित अन्य पदार्थों एवं शैलों के अपरदन में अपक्षय प्रक्रिया सहायक होती है। **अपरदन** शब्द लैटिन भाषा शब्द 'erodere' से उत्पन्न हुआ है, जिसका अर्थ है 'कुतरना' या 'काटना'। यह एक गतिक प्रक्रिया है जिसमें पृथ्वी के पदार्थो को (geomaterial) को शैलों तथा अन्य निक्षेपित पदार्थ हटाने का कार्य शामिल है।
- **परिवहन (Transportation)**: यह निर्माण स्थल से दूर स्थानच्युत हुए खंडित अथवा विघटित पदार्थों को विभिन्न भूवैज्ञानिक कारकों द्वारा हटाने की प्रक्रिया है।
- **निक्षेपण (Deposition)**: यह परिवहित पदार्थों के एकत्रीकरण तथा निक्षेपण की प्रक्रिया है जिसमें भूवैज्ञानिक कारकों की परिवहन क्षमता में कमी आ जाने के कारण वह परिवहित होने वाले भार को और आगे ले जाने में असमर्थ होते हैं।

इस इकाई में हम अपरदनकारी, परिवहन एवं निक्षेपण संबंधित प्रक्रियाओं के विषय में तथा नदी के भूवैज्ञानिक कार्यों द्वारा निर्मित स्थलाकृतियों का अध्ययन करेंगे।

6.3 नदी के प्रकार एवं अवस्थाएं

पृथ्वी की सतह पर स्वयं के द्वारा निर्मित प्राकृतिक जलधाराओं में प्रवाहित होने वाली जलराशि युक्त संरचना को **नदी** कहते हैं। प्रवाहित अथवा **बहते हुए जल** (running water) से अभिप्राय है कि कोई भी सतही जल गुरूत्व बल के प्रभाव में ऊंचाई से निचाई की तरफ गति करता है। छोटी नदियों को **जलधारा** (stream) कहते हैं। एक **नदी तंत्र** (River system) जलधाराओं को आपस में जोड़ने का ऐसा नेटवक्र है जिसके द्वारा सतह पर वर्षा का जल एकत्रित होकर विभिन्न नलिकाओं के माध्यम से समुद्र में वापस चला जाता है।

थलवेज (Thalweg) चैनल के अनुदिश चलने वाली रेखा है जो कि जलधारा के सबसे गहरे बिंदुओं को जोड़ती है। **नदी/जलधारा क्षमता** (river/stream capacity) अवसाद का केवल विभव भार (total potential weight) को प्रदर्शित करता है जो कि कणों के आकार पर निर्भर करता है। एक निश्चित समय अंतराल में किसी दिये गये बिंदु से प्रवाहित होने वाले जल की मात्रा को **'नदी का बहाव'** (river discharge) कहते हैं। इसे प्रायः घनमीटर/सेकंड में मापा जाता है। नदी अथवा **जलधारा का सामर्थ्य** (river/stream competence) नदी के आधार पर बहने वाले सबसे बड़े कण के भार (weight) व आकार (size) को दर्शाता है। **नदी की प्रवणता** (stream gradient) एक निश्चित लंबाई की जलधारा की ढाल की तीक्ष्णता अथवा प्रवणता को कहते हैं जो नदी के वेग को निधार्रित करता है।

जलधाराओं द्वारा ढलान की दिशा में अवसादों एवं जल के परिवहन प्रक्रिया में होने वाली महत्वपूर्ण भूमिका को समझने के लिए सबसे अच्छा तरीका उसके समीप बैठकर गंभीरता से अवलोकन किया जाए।

आइये हम नदी में जल के स्रोत का अध्ययन करें, जिसके मुख्य घटक हैं -

- वर्षा के दौरान **जल का बह जाना**;
- भूमिगत रिसाव एवं झरने; तथा
- बर्फ एवं हिमनदों का पिघलना

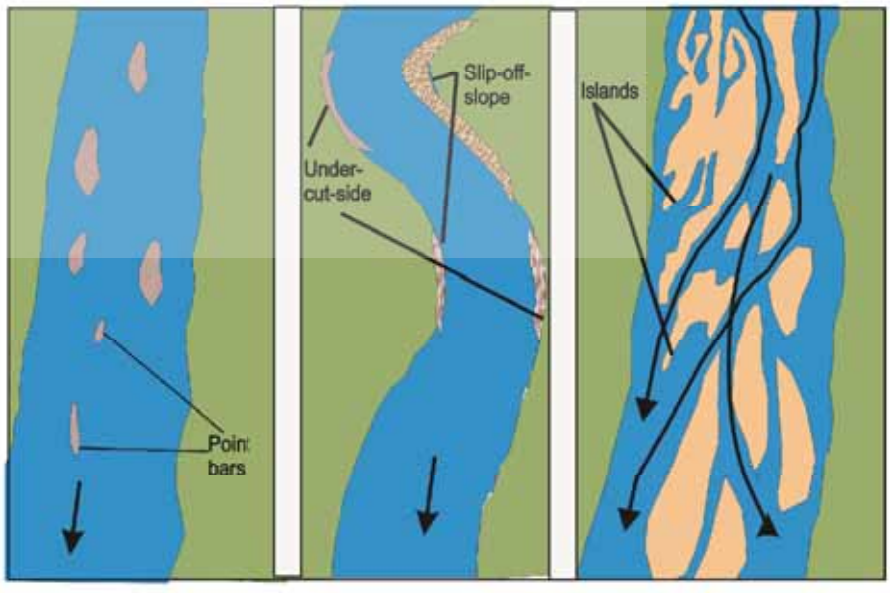
भूमि की ढलानों तथा सरिता जलमार्ग पर सतही जल प्रवाह (surface water flow) को **वाह** (run off) कहते है। नदी के भूवैज्ञानिक कार्यों का अध्ययन करने से पूर्व हम नदी के प्रकार की विशेषताओं तथा उसकी अवस्थाओं के बारे में चर्चा करें।

6.3.1 नदी जलधारा के प्रकार

आइये हम नदी की तीन प्रकार की जलधाराओं को पहचानें जैसा कि चित्र 6.1 में प्रदर्शित है।

i) **सीधी जलधारा (Straight river channel)**: सीधी जलधाराएं बहुत कम मिलती हैं तथा ऐसे स्थानों में पाई जाती हैं जहां अधोस्थित (underlying) स्थलाकृति में एक समान संरचना तथा कठोर एवं मृदु शैल समानान्तर रूप से उपस्थित होते हैं। ये जलधारा को सीधे बहने हेतु दवाब डालते हैं। जब जलधारा का वेग अपेक्षाकृत कम हो जाता है तो अवसाद निक्षेपित होकर **बिंदुवार** (point bar) निर्मित करते है जैसा कि चित्र 6.1a में प्रदर्शित है।

ii) **विसर्पित जलधारा (Meandering river channel)**: यह घाटी तल के अनुदिश जलधारा के मुक्त यात्रा को प्रदर्शित करती है। यह आसानी से अपरदित होने वाले अवसादों से निर्मित अल्प प्रवणता ढालों पर ज्यादातर निर्मित होती है। अपनी प्रौढ़ावस्था में प्राय नदी टेढ़ी मेढ़ी विसर्पित जलधाराएं प्रदर्शित करती है। जिसकी बाह्य वक्रता (outer curve) अपेक्षाकृत मुक्त जल प्रवाह के कारण महत्वपूर्ण होती है जबकि आतंरिक वक्रता (inner curve) सीमित नियंत्रित जलप्रवाह के कारण कुछ भार को निक्षेपित करता है इसे **स्कंध ढाल** (slip of slope) कहते है। जब आप इसके अनुप्रस्थ भार का अवलोकन करेंगे तो यह ढाल युक्त सतह दर्शायेगा जिसका विस्तार कट ऑफ से स्लिप ऑफ साइड (slip of side) तक होगा। अतः आप विसर्पित नदी में अपरदन तथा निक्षेपण दोनों का अवलोकन कर सकते हैं जैसा कि चित्र 6.1b और 6.14d में प्रदर्शित है।



(d)

चित्र 6.1: जलधारा के प्रकार : a) सीधी जलधारा; b) विसर्पित जलधारा; और c) गुम्फित जलधारा, और d) विसर्पित जलधारा का हवाई चित्र।

iii) **गुम्फित जलधारा (Braided river channel)**: जब किसी जलधारा में उसकी परिवहन क्षमता से अधिक अवसाद उपस्थित होते है तो इसका निर्माण होता है। यह ऐसी जलधारा है जो कि विभक्त होकर उपजलधाराओं का निर्माण करती है। ये जलधाराएं द्वीपों अथवा रेतीले टीलों के कारण शाखाओं में विभक्त हो जाती है। यह नदी विकास की प्रौढ़ावस्था को प्रदर्शित करती है जहां अपरदन तथा निक्षेपण दोनों प्रक्रिया जारी रहती है, जैसा कि चित्र 6.1c और 6.13 में दर्शाया गया है।

6.3.2 नदी की अवस्थाएं

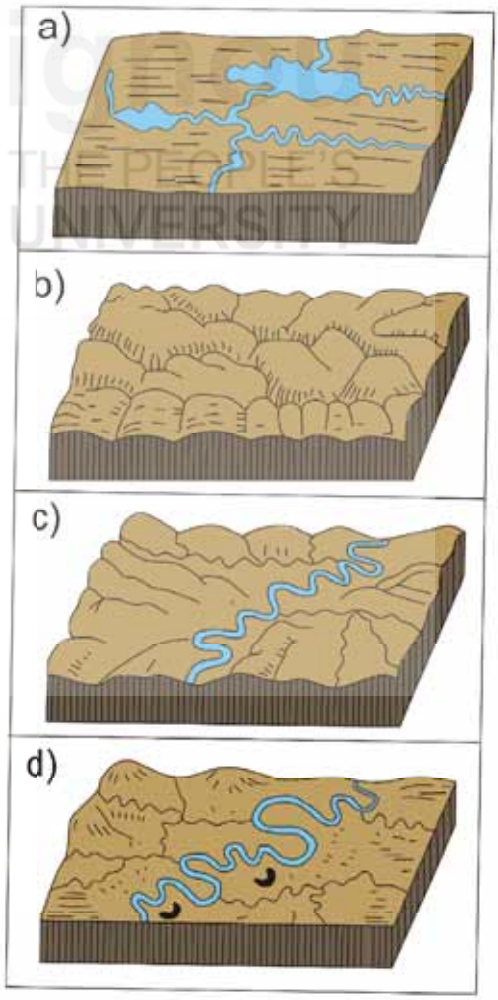
नदी की भूवैज्ञानिक गतिविधियों को सामान्यतः **अपरदन के जलीय चक्र** (fluvial cycle of erosion) के नाम से जाता है। यह चक्र समुद्र तल के सापेक्ष तल ही में उत्थित थलखंडों के साथ आरंभ होता है। जैसे-जैसे भूभाग ऊपर उठता है, नदी की उत्पत्ति होती है तथा उसका भूवैज्ञानिक कार्य आरंभ होता है। नदी तंत्र के विकास की चार पृथक-पृथक अवस्थाएं है (चित्र 6.2)। इन अवस्थाओं की मनुष्य के जीवन की अवस्थाओं से तुलना की जा सकती है:

i) **प्रारंभिक अवस्था (Initial stage)**: यह एक नवजात शिशु की तरह प्रथम अवस्था है। इस अवस्था में नदी का जल सतह पर उपस्थित एवं आपस में जुड़े हुए गर्त (गड्ढों) में बहता है (चित्र 6.2a)। उदाहरण के लिए जैसे एक शिशु अपनी माता की इच्छानुसार व्यवहार करता है। आरंभ में उत्थित होने की दर अपरदन की दर से कहीं अधिक होती है। इसकी प्रवणता काफी अधिक होती है तथा जलधारा का प्रवाह असमान (turbulent) होता है।

ii) **युवावस्था (Youth stage)**: इस अवस्था में नदी एवं उसकी सहायक नदियां स्थापित हो जाती हैं। युवावस्था में नदी में अपने प्रवाह के मार्ग में आने वाली किसी भी बाधा अथवा रूकावट पर प्रहार करने तथा अपरदित करने की पर्याप्त उर्जा होती है। यह तीव्र प्रवणता तथा बहुतायत में तलीय अपरदन द्वारा परिलक्षित होता है। यह V-आकार की घाटियां निर्मित करता है (चित्र 6.2b)। ढाल में बड़ी जलधाराओं की अपेक्षा अनेक उत्थित हिस्से तथा अवतालिका क आधिपत्य होता है। इस अवस्था का सबसे महत्वपूर्ण तथ्य सहायक नदियों का **शीर्षवर्ती अपरदन** (headward erosion) होता है जिसके द्वारा **अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका** (longitudinal

profile) की लंबाई बढ़ती है। सामान्यतया: जलप्रपात, गार्ज तथा कैन्यान निर्मित होते है। इस अवस्था की तुलना युवा व्यक्ति की गतिविधियों से कर सकते हैं जो कि अपने रास्ते में आने वाली किसी भी बाधा को दूर करने का भरसक प्रयत्न करता है। नदी शीर्ष जल (headwater) के द्वारा घाटी में होने वाले ज्यादा अपरदन के फलस्वरूप होने वाली सरिता जलमार्ग के उर्ध्वढलान (upslope) दीर्घीकरण (lengthen) की प्रवृति को **नदी शीर्ष अपरदन** (headward erosion) कहते है।

iii) **प्रौढ़ावस्था (Mature stage)**: इस अवस्था में **पार्श्व कटाई** (lateral cutting) के कारण अपरदन की क्रिया होती है तथा मुख्य क्रिया के रूप में **घाटी के गहरे** होने के स्थान पर **घाटी चौड़ी** होती है। **पार्श्व कटाई** या **पार्श्व अपरदन** (sideways erosion) सरिता जलमार्ग की चौडाई को बढाता है। नदियों का विसर्पण होता है जिसके फलस्वरूप छाड़ झील (ऑक्स बो लेक) एवं बाढ़ के मैदान निर्मित होते हैं (चित्र 6.2c)। आप जल प्रपात (waterfall), गार्ज (gorge), घाटी (canyon), विसर्पण (meandering), छाड़ झील (ox-bow lake), बाढ़ मैदान (flood plane) गुम्फित (braided), डेल्टा (delta) जैसे शब्द आप इस इकाई में पढेंगें। नदी प्राय: गुम्फित होती है अर्थात् विभिन्न शाखाओं में विभक्त हो जाती है क्योंकि यह पूर्व में अपरदित पदार्थों को प्रवाहित नहीं करती। वास्तव में यह नदी की वह अवस्था है जिसमें नदी द्वारा निक्षेपण आरंभ होता है परंतु साथ-साथ



चित्र 6.2: अपरदन के जलीय चक्र की अवस्थाएं : a) प्रारंभिक अवस्था; b) युवावस्था; c) प्रौढ़ावस्था; और d) वृद्धावस्था।

अपरदन की प्रक्रिया भी जारी रहती है। उदाहरण के लिये नदी का विसर्पण तथा गुम्फित नदी का एक साथ निर्मित होना। आप पुनः इस अवस्था की तुलना मनुष्य जीवन की प्रौढ़ावस्था से कर सकते हैं जहां ज्यादातर, स्वभाव में लचीलापन आ जाता हैं।

iv. **वृद्धावस्था (Old stage)**: नदी की सहायक जलधाराओं की संख्या में कमी, घाटी का सपाटीकरण, घाटी की गहरेपन की पूर्णतः अनुपस्थिति, तथा नदी के प्रवणता में और अधिक कमी नदी की वृद्धावस्था के लक्षण है (चित्र 6.2d)। इस अवस्था में अंतः खनन (downcutting) की प्रक्रिया रूक जाती है तथा पार्श्व अपरदन (lateral erosion) का भी कोई महत्वपूर्ण योगदान नहीं रह जाता। नदी द्वारा बहाकर लाये जाने वाला अपरदित पदार्थ वहीं निक्षेपित हो जाते है ठीक जिस प्रकार एक वृद्ध व्यक्ति अपने जीवन में एकत्रित संसाधनों के साथ रहना चाहता है परंतु कोई नयी गतिविधि आरंभ नहीं करना चाहता। घाटी लगभग सपाट होकर मैदान निर्मित करती है तथा अंततः नदी झील अथवा समुद्र में मिलकर डेल्टा निर्मित करती है। अधिकांशतः नदी में बाढ के कारण जल ज्यादा उपस्थित होता है और इसी वजह से नदी अपने दोनों किनारों पर बाढ़ के मैदान निर्मित करती है।

6.4 अपवाह तंत्र एवं अपवाह प्रणाली

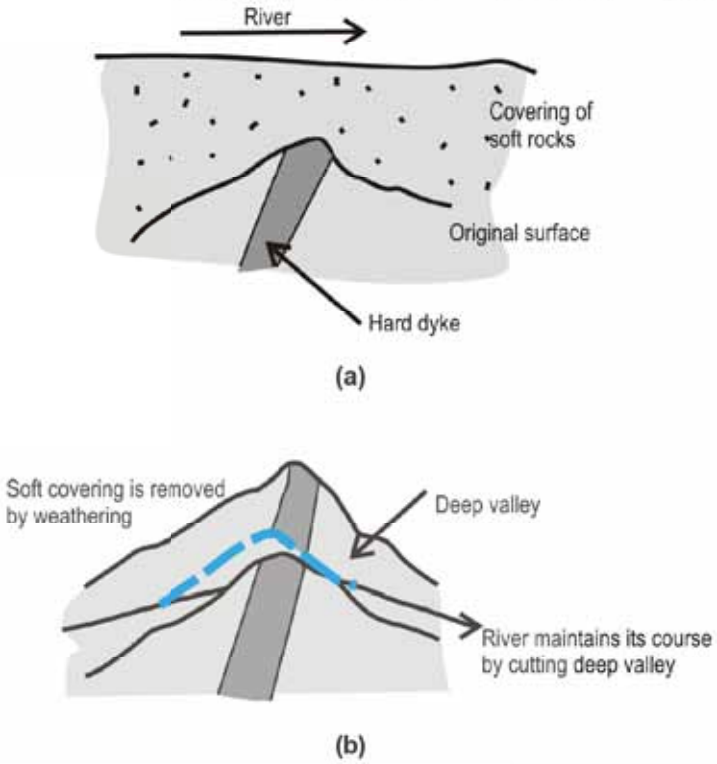
समय के साथ नदी की उत्पत्ति व विकास को **अपवाह तंत्र** कहते हैं। **अपवाह प्रणाली** का तात्पर्य अपवाह तंत्र की स्थानिक व्यवस्था तथा उनके विभिन्न शैल समूहों, भूवैज्ञानिक संरचनाओं जलवायु परिस्थितियों एवं अनावृत्त इतिहास में ज्यामितीय आकृतियों के सदृश्य अपवाह तंत्र के रूप से है।

6.4.1 अपवाह तंत्र

आइये हम अपवाह तंत्र के प्रकारों पर चर्चा करें।

हम इस बात पर चर्चा कर चुके हैं कि समय के साथ नदी की उत्पति एवं विकास को अपवाह तंत्र कहते हैं। अपवाह तंत्र के निम्नलिखित पांच प्रकार हैः

i) **पूर्वरोपित अपवाह तंत्र (Superimposed streams)**: इसका तात्पर्य है किसी चीज को आरोपित करना या रखना। पूर्वरोपित अपवाह ऐसी नदी है जो कि एक निश्चित भूवैज्ञानिक संस्तर एवं संरचना में बहती है। इसमें बिल्कुल भिन्न संरचनात्मक गुणों वाले क्षेत्र में विकसित नदी के पूर्व स्वरूप अनुवांशिक रूप से उपस्थित होते है। ऐसी नदी जो मृदु शैलों से आच्छादित कठोर शैलों जैसी संरचना में मृदु शैलों पर बहती है वह मृदु शैलों को विघटित कर कठोर शैलों तक पहुंचकर गहरी घाटी विकसित कर अपने प्रवाह पथ को नियमित रखती है जैसा कि चित्र 6.3 में प्रदर्शित है। अधिकतर दक्षिण प्रायद्वीपीय भारत के डेक्कन ट्रैप (Deccan Trap) क्षेत्र में बहने वाली अधिकांश नदियां पूर्वरोपित होती हैं क्योंकि भूवैज्ञानिक इतिहास के अंतिम समय में लावा के शीतलन एवं ठोसीकरण के कारण नई सतह निर्मित होती है और नया प्रवाह तंत्र भी विकसित होता है। लावा की परत के पृथक हो जाने के पश्चात् ये नदियां निचले संस्तरों पर पूर्वरोपित हो जाती है।



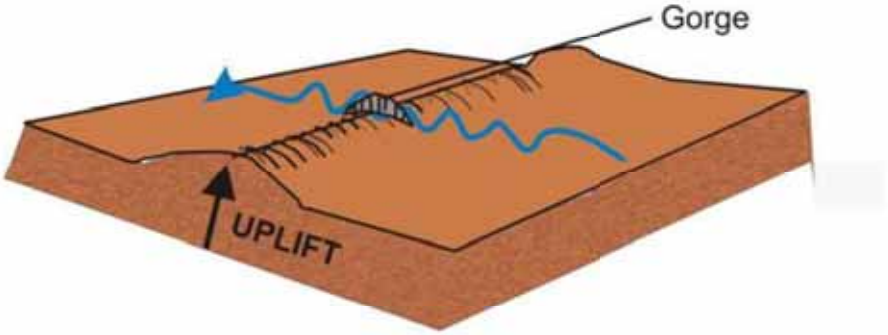
चित्र 6.3: a) पूर्वरोपित अपवाह तंत्र का आरेख; और b) मृदु शैलों पर बहती हुई नदी और गहरी घाटी विकसित हुई अपना प्रवाह नियमित रखती है।

ii) **पूर्ववर्ती अपवाह तंत्र (Antecedent streams)**: पूर्ववर्ती नदियां वे होती है जो कि भूसतह के उत्थान के पूर्व उत्पन्न होती हैं। ऐसी नदियां भूमि के उत्थान के पश्चात् भी अपना प्रवाह पथ पूर्व जैसा बनाये रखती है। तीव्र गति के कारण अवखनन से एवं गहरे गार्ज निर्मित होते हैं जैसा कि चित्र 6.4 में प्रदर्शित हैं। इस प्रकार के नदी तंत्र सानान्यतः युवा अवस्था में मिलते हैं। उदाहरण के लिये हिमालय के उत्थान के बाद भी अवखनन के कारण सिंधु नदी अपना प्रवाह पथ बनाये रखती है। ठीक यही परिस्थिति ब्रम्हपुत्र नदी के साथ भी है।

iii) **अनुवर्ती नदी (Consequent streams)**: ये किसी भी क्षेत्र में उत्पन्न होने वाली प्रथम नदी है। अनुवर्ती नदियों का प्रवाह पथ भूमि सतह के प्रारंभिक ढाल के अनुरूप होता है। विद्यमान भारभूमि के द्वारा सामान्य ढाल की दिशा में नदी प्रवाहित होती है इसीलिये इसे अनुवर्ती नदी कहा जाता है जैसा कि चित्र 6.5a में दर्शाया गया है। भारत के समुद्र तटीय मैदानों में बहने वाली अधिकांश नदियां अनुवर्ती नदियों के उदाहरण है।

iv) **परवर्ती नदी (Subsequent streams)**: मुख्य अनुवर्ती घाटी के किनारों पर पाये जाने वाले द्वितीयक स्थानीय गर्त में ये नदियां प्रवाहित होती हैं तथा अनुवर्ती घाटी से तिर्यक कोण से जाकर मिलती हैं। सामान्यतः ये शैल संस्तरों की रचना (lithology) द्वारा नियंत्रित होती है जैसा कि चित्र 6.5b में प्रदर्शित है। उदाहरण के लिए यमुना नदी की सहायक नदी, आसन (Asan) नदी तथा देहरादून घाटी में गंगा नदी की सहायक नदी सोंग (Song) परवर्ती नदी के उदाहरण है।

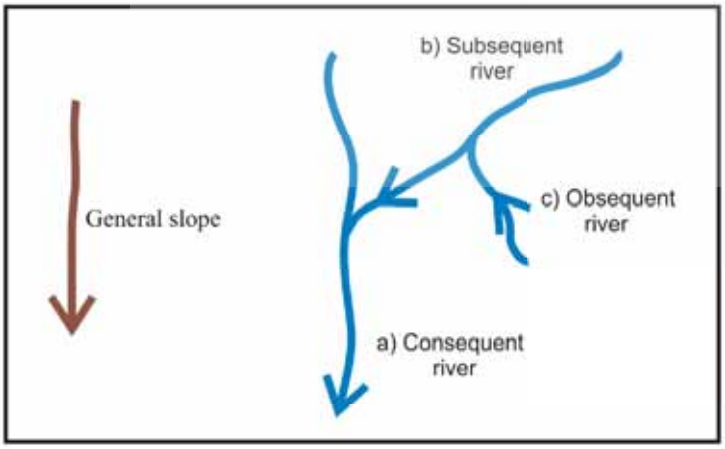
v) **प्रत्यनुवर्ती नदी (Obsequent streams)**: ये छोटी जलधाराए, मूल अनुवर्ती नदी के विपरीत प्रवाहित होती हैं। सामान्यतः ये परवर्ती नदी को समकोण पर मिलती हैं यह स्थानीय प्रवणता पर निर्भर करता है, जैसा कि चित्र 6.5c में प्रदर्शित है।



(a)

(b)

चित्र 6.4: a) पूर्ववर्ती अपवाह तंत्र का आरेख : अश्र b) व्योम नदी (ब्रहमपुत्र नदी की सहायक नदी) पूर्ववर्ती नदी की सहायक नदी है, पश्चिमी सियांग जिला, अरूणाचल प्रदेश। (Photo credit: Dr. Kakoli Gogoi)



चित्र 6.5: a) अनुवर्ती नदी; b) परवर्ती नदी; और c) प्रत्यनुवर्ती नदी।

6.4.2 अपवाह प्रणाली

नदी की अपवाह प्रणाली जलयुक्त क्षेत्र में सहायक नदियों का ऐसा नेटवक्र होता है जो जल एवं अवसादों को एकत्रित तथा मुख्य नदी में प्रवाहित करता है। हम पूर्व के अनुच्छेद में यह अध्ययन कर चुके हैं कि अपवाह प्रणाली का तात्पर्य है कि अपवाह तंत्र के स्थान के अनुरूप व्यवस्था, एवं अपवाह तंत्र के रूप के संदर्भ में ज्यामितीय आकृतियां जैसे विभिन्न शैल समूह, भूवैज्ञानिक संरचना, जलवायु परिस्थितियां एवं अनावृत इतिहास। अतः किसी क्षेत्र विशेष में भिन्न जलधाराओं की स्थापना, संख्या तथा अपवाह की दिशा ढाल की प्रवृति, संरचनात्मक नियंत्रण, शैलिकी गुण, विवर्तनिक कारक, जलवायु परिस्थितियां, वनस्पतिक गुण आदि पर निर्भर करती है। नदी घाटी के अंदर विद्यमान जलधाराएं कुछ विशेष प्रणाली निर्मित करती है जो भूमि की ढाल, अधोस्थित शैल संरचना तथा क्षेत्र की जलवायु की परिस्थिति पर निर्भर करती है। आइये हम कुछ प्रचलित अपवाह प्रणाली का अध्ययन करें जैसा कि चित्र 6.6a से f तक में प्रदर्शित है।

i) **पादपाकार अपवाह प्रणाली (Dendritic drainage pattern)**: यह वृक्ष की शाखाओं की तरह मुख्य नदी की अनेक असमान शाखाओं को प्रदर्शित करता है। यह विवर्तनिक रूप से अप्रभावित शैलों पर प्रवाहित होती है, जैसा कि चित्र 6.6A में प्रदर्शित है। इस प्रकार की अपवाह प्रणाली विभिन्न प्रकार के संरचनात्मक व शैलिकी वातावरण जैसे पर्वतीय व पहाड़ी क्षेत्रों में विकसित होती है, उदाहरण के लिए हिमालय अथवा डेक्कन ट्रैप के सदृश्य विस्तृत पठारी सतह।

ii) **सामानान्तर अपवाह प्रणाली (Parallel drainage pattern)**: यह ऐसी तीक्ष्ण ढालों पर विकसित होती है जहां मुख्य नदी तथा सहायक नदियां एक दूसरे के सामानान्तर रूप से प्रवाहित होती हैं जैसा कि चित्र 6.6B में प्रदर्शित है। बहुत सी नदियां पश्चिमी घाट के पश्चिमी किनारों से आरंभ होकर पश्चिम की ओर सीधे अपवाह पथ पर प्रवाहित होती है, तथा अंततः अरब सागर में जाकर मिल जाती हैं।

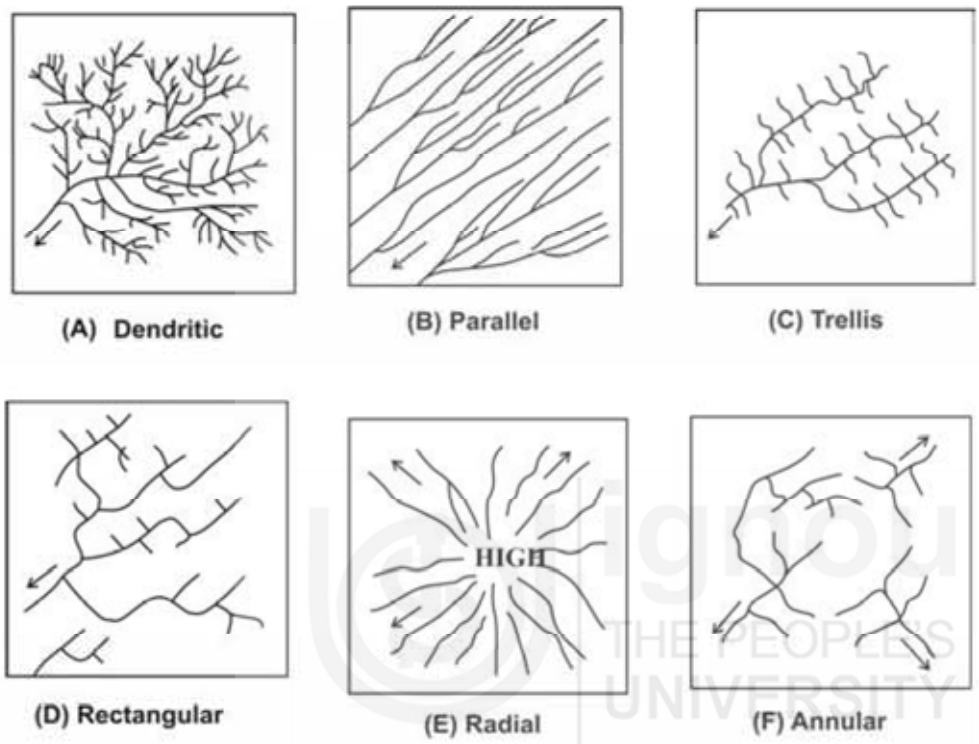
iii) **जालीनुमा अपवाह प्रणाली (Trellis drainage pattern)**: यह अपवाह प्रणाली वलित अथवा झुके हुए यानि आनत संस्तरों पर विकसित होती है तथा अधिकांशतः मुख्य नदी के लंबवत् होती है, जैसा कि चित्र 6.6C में प्रदर्शित है ।

iv) **आयताकार अपवाह प्रणाली (Rectangular drainage pattern)**: यह प्रणाली प्रायः एक समान आग्नेय तथा कायांतरित शैलों में पाई जाती है जहां सहायक नदियां समकोणिक मोड़ प्रदर्शित करती हैं तथा संधि एवं भ्रंश के अनुदिश प्रवाहित होती हैं, जैसा कि चित्र 6.6D में प्रदर्शित है। **संधि** (Joint) शैलो में पाया जाने वाला विभंग (fracture) है जिसके अनुदिश कोई प्रत्यक्ष सापेक्ष संचालन नहीं हुआ हो। **भ्रंश** (Fault) शैलो में पाया जाने वाला विभंग है जिसके अनुदिश प्रत्यक्ष मात्रा में विस्थापन होता हैं।

V) **अरीय अपवाह प्रणाली (Radial drainage pattern)** : इसे अपकेन्द्री अपवाह प्रणाली भी कहते हैं। यह चक्के के स्पोक (spokes of wheel) की तरह चारों ओर विकसित होती है। यह प्रचलित है कि अरीय अपवाह प्रणाली के विकास में गुबंद, ज्वालामुखी शंकु, बैथोलिथ (batholith), अपशिष्ट पहाड़ी (residual hills), मेसा (mesa) तथा बुटे (butte) सहायक सिद्ध होते हैं, जैसा कि चित्र 6.6E में प्रदर्शित है। उदाहरण के लिये रांची शहर के दक्षिण पश्चिम में स्थित उंची भूमि अरीय

अपवाह प्रणाली को जन्म देती है। जिसमें दक्षिणी कोयल, सुवर्णरेखा, कांची तथा कारो नदियां अपने स्त्रोतों से विभिन्न दिशाओं की ओर प्रवाहित होती है।

vi) **वलयाकार अपवाह प्रणाली (Annular drainage pattern)**: यह प्रणाली विकरित एवं वलयाकार अपवाह प्रणाली द्वारा प्रदर्शित होती है। यह गुंबद अथवा द्रोणी के शीर्ष पर पाई जाती है जहां एकान्तर क्रम से प्रबल एवं प्रतिरोधी तथा दुर्बल शैलों द्वारा शैलपिंड घिरा हुआ होता है, जैसा कि चित्र 6.5F में प्रदर्शित है।



चित्र 6.6: सामान्यतः पाई जाने वाली अपवाह प्रणालियां।

6.5 नदीय अपरदन

नदियों द्वारा किये जाने वाले भूवैज्ञानिक कार्यों को तीन चरणों में विभक्त किया गया है इनमें अपरदन, परिवहन तथा निक्षेपण शामिल हैं। नदीय भूआकृतियों को दो प्रमुख समूहों में विभक्त किया गया है :

1. अपरदन द्वारा उत्पन्न भूआकृतियां
2. निक्षेपणीय भूआकृतियां

आधारशैल पिंडों के लगातार पृथक होते रहने के फलस्वरूप निर्मित होने वाली भूआकृतियों को अपरदन द्वारा उत्पन्न भूआकृति कहते हैं, उदाहरणार्थ - विभिन्न प्रकार की घाटियां चौड़ी तथा सपाट, प्रौढ़ एवं प्राचीन जैसे गार्ज, कंदराएं, जलज गर्तिका, जलप्रपात, वेदिका, विसर्पण इत्यादि। विभिन्न प्रकार के अपरदित पदार्थों के निक्षेपण के फलस्वरूप आकार लेने वाली भूआकृतियां निक्षेपणीय भूआकृतियां कहलाती हैं। जैसे जलोढ़ पंख (Alluvial fan), शंकु (cone), प्राकृतिक तटबंध (natural leeves), बाढ़ के मैदान (flood plain), वेदिका (terrace), डेल्टा आदि।

अब हम नदीय अपरदन के प्रकारों के विषय में चर्चा करेंगे।

6.5.1 नदीय अपरदन के प्रकार

नदी जलधारा की सतह से अवसादों के पृथक होने की प्रक्रिया को नदीय अपरदन कहते हैं। यह तीन प्रकार का पाया जाता है।

i) **उर्ध्वाधर अपरदन** (Vertical erosion): इसमें नदी धारा नीचे की ओर तीव्र कटिंग (downcutting) करती जाती है और परिणामस्वरूप नदी गहरी होती जाती है।

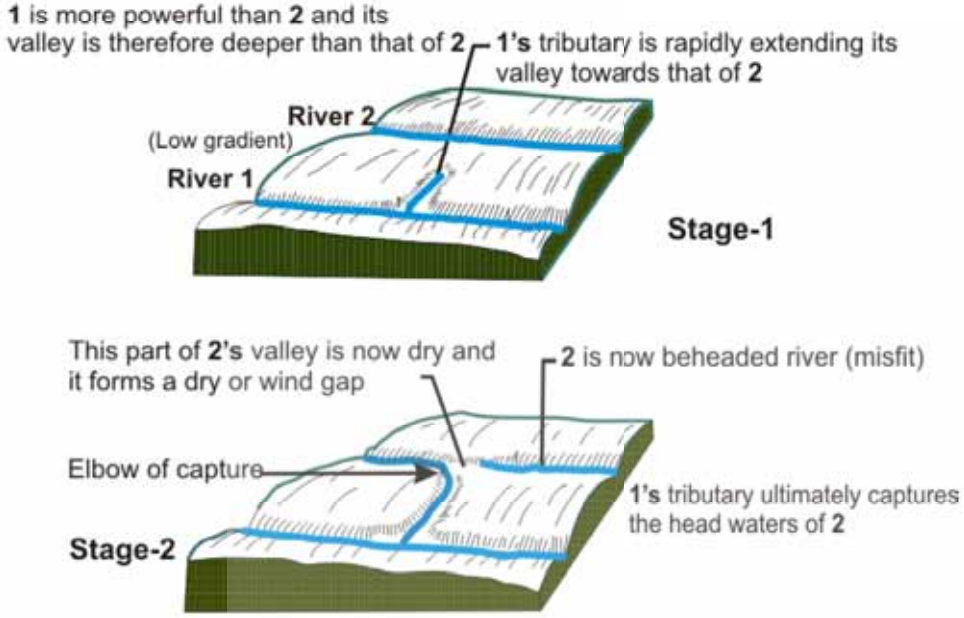
ii) **क्षैतिज अपरदन** (Lateral erosion): इस प्रकार का अपरदन नदी के दोनों किनारों पर होता है। नदी की जलधारा का अपवाह नदी की वक्रता के बाहरी तरफ अथवा नदी के मोड़ का अनुसरण करती है तथा इसके फलस्वरूप क्षैतिज अपरदन होता है। उर्ध्वाघर अपरदन तथा नदी की गहराई में वृद्धि की तुलना में नदी की प्रौढ़ावस्था में क्षैतिज अपरदन तथा परिवर्ती नदी की चौड़े होने की क्रिया ज्यादा प्रभावशील होती है।

iii) **शीर्षवर्ती अपरदन** (Headward erosion): शीर्ष का तात्पर्य नदी के मुहाने से होता है। शीर्षवर्ती अपरदन नदी की वह प्रकृति है जिसके फलस्वरूप ऊपरी ढाल (upslope) में वृद्धि होती है। नदी प्रगहरण (River capture) अथवा नदी अपहरण (river piracy) इस प्रकार के अपरदन का उदाहरण हैं। यह तब होता है जब शीर्षवर्ती अपरदन अपवाह विभाजन (drainage divide) की प्रक्रिया को भंग कर देता है तथा दूसरे अन्य जलधारा को विभक्त कर उसके अपवाह का अपहरण कर लेता है।

आइये हम चित्र 6.7 की सहायता से प्राकृतिक रूप से नदी के अपवाह को प्रभावित करने वाली प्रक्रिया नदी अपहरण को समझें। नदी क्रमांक '**1**' की सहायक नदी अधिक प्रवणता तथा शीर्षवर्ती अपरदन करती है। कुछ समय पश्चात् यह नदी क्रमांक '**2**' तक पहुंचती है तब नदी क्रमांक '**2**' का जल, नदी क्रमांक '**1**' की तरफ प्रवाहित होने लगता है। यह इसलिये होता है क्योंकि नदी क्रमांक '**1**' की प्रवणता अधिक है और यह धीमी गति से प्रवाहित होने वाली नदी क्रमांक '**2**' पर अपना आधिपत्य स्थापित कर लेती है। वह मोड़ जहां जल अपवाह परिवर्तित होता है उसे **अपहरण की कुहनी** (elbow of capture) कहते हैं। नदी क्रमांक '**2**' का शेष बचा भाग जल के अभाव में पतला हो जाता है, इसे **बेमेल** (misfit) कहते हैं। बेमेल नदी (misfit river) अपहृत नदी का निचला अपवाह होता है। बिना शीर्ष वाली नदी का अपहरण की कुहनी के ठीक नीचे वाला सूखा हिस्सा **वातद्वार** (wind gap) कहलाता हैं। जिसको **कोल** (Col) भी कहते है। नदी अपहरण के भारतीय उदाहरणों में गंगा नदी की भागीरथी (Bhagirathi) नदी है। नदी अपहरण के अन्य रोचक उदाहरणों में पाल्लार (Palar) नदी का कावेरी नदी द्वारा अपहरण किया जाना है।

6.5.2 नदीय अपरदन की विधियां

नदी अपरदन के अंतर्गत यांत्रिक (mechanical) एवं रासायनिक (chemical) दोनों प्रकार के अपरदन शामिल होते हैं। यांत्रिक अपरदन में संक्षारण (corrosion), अपघर्षण (abrasion), द्रव्य चलित क्रियाएं (hydraulic action) तथा सन्निघर्षण (attrition) समाहित होते हैं जबकि रासायनिक अपरदन में संक्षारण, विलयन (solution) तथा कार्बेनीकरण (carbonation) शामिल होते हैं।



चित्र 6.7: नदी अपहरण की अवस्थाएं दर्शाते हुए आरेख।

आइये अब हम नदीय अपरदन की निम्न चार प्रक्रियाओं का अध्ययन करें :

i) **संक्षारण तथा अपघर्षण** : यह नदी घाटी के तल एवं किनारों पर स्थित शैलों में यांत्रिक टूट-फूट होने की प्रक्रिया है। यह अपरदनकारी औजार अथवा शैलकण गोलाश्म (बोल्डर), गुटिका (पेबल), गोलाश्मिका (कोबल) आदि) के प्रभाव स्वरूप जल अपवाह के साथ बहने तथा नदी की अनावृत्त आधार शैल पर लगातार टकराने के कारण होता है। अपघर्षण की अपरदन प्रक्रिया दो प्रकार से होती है :

- उर्ध्वाधर अपरदन : जिसमें अपरदन के साथ-साथ घाटी गहरी होती जाती है।
- क्षैतिज अपरदन : जिसमें घाटी की दीवारों के अपरदन के फलस्वरूप चौड़ी होती जाती है।

ii) **जलगतिक क्रिया** : यह जल संरचनाओं की मुख्य घटक है। इस क्रिया में जल के अपवाह शक्ति के कारण यांत्रिकी ढीलेपन में वृद्धि तथा टूटे हुए शैलों का पृथक्करण होता है।

iii) **सन्निघर्षण** : इस प्रक्रिया में परिवहित पदार्थ तल से टकराते हुए तथा आपस में टकराते हुए टुकड़ों में टूटते है। दूसरे शब्दों में यह अपरदनकारी घटकों में स्वयं से होने वाला यांत्रिक अपरदन है। गोलाश्म (बोल्डर), गुटिका (पेबल), गोलाश्मिका (कोबल) जल के साथ प्रवाहित होने के दौरान आपस में टकराकर छोटे टुकड़ों अथवा सूक्ष्म कणों में विभक्त हो जाते है।

iv) **विलयन** : आपने शायद चूना पत्थर (limestone) शैलों में गुहिकाएं (caves) देखी होंगी। कार्बन डायऑक्साइड युक्त जल के चूना पत्थर के संपक्र में आने के फलस्वरूप यह गुहिकाएं निर्मित होती है। **संक्षारण** व **विलयन,** नदी के जल द्वारा शैल अपरदन की रासायनिक प्रक्रिया है। नदी का जल कुछ अतिरिक्त अवयवों जैसे कार्बन डायऑक्साइड एवं क्षारीय पदार्थो की उपस्थिति में शैलों में उपस्थित खनिज पदार्थों को घोलने में सक्षम होता है।

आपके लिये यह समझना महत्वपूर्ण है कि रासायनिक अपक्षय, अपघर्षण तथा जल चलित क्रियाएं आपस में गहन रूप से सहसंबंधित हैं। रासायनिक अपरदन तथा अपघर्षण बिना जलगतिक क्रिया की कल्पना नहीं की जा सकती।

6.5.3 नदीय अपरदन को प्रभावित करने वाले कारक

निश्चित समयावधि में नदी द्वारा अपरदन निम्न घटकों पर निर्भर करता है:

- अपवाह के वेग तथा बहाव आयतन जो कि उर्जा की मात्रा को प्रभावित करता है
- अवसादों के आकार तथा विशेषताएं, जिसे नदभार (load) कहा जाता है
- शैलों के प्रकार एवं भूवैज्ञानिक संरचनाएं
- जलाच्छादित क्षेत्र की रिसाव क्षमता
- वनस्पति जो कि मृदा की पारगम्यता एवं स्थिरता को प्रभावित करती है

आइये अब हम उन भूआकृतियों का अध्ययन करें जो नदीय अपरदन द्वारा निर्मित होती हैं।

6.6 अपरदन भूआकृतियां

अब तक आपने नदीय अपरदन के प्रकार, विधियां तथा प्रभावित करने वाले कारकों का अध्ययन किया है। आइये अब हम नदीय अपरदन के फलस्वरूप निर्मित होने वाली भूआकृतियों की विवेचना करें।

6.6.1 नदी घाटियां

नदी के द्वारा निर्मित घाटियां महत्वपूर्ण अपरदन भूआकृति है। अपरदन के जलीय चक्र अवस्था में वृद्धि के साथ-साथ नदीय उत्पत्तियुक्त घाटियों के आकार एवं विस्तार में परिवर्तन होता है। नदियां, झोल अथवा समुद्र तक पहुंचने के पूर्व तल एवं किनारों को अपरदित करती हैं। जलीय चक्र की प्रारंभिक अथवा युवावस्था में निर्मित घाटी की अनुप्रस्थ काट 'V' आकृति की घाटी को चित्र 6.4b एवं 6.8a में प्रदर्शित किया गया है। घाटी अत्यंत गहरी एवं संकरी होती है। इस प्रकार की अनुप्रस्थ काट 'V' आकृति की घाटियां नदी द्वारा अवखनन (डाउनकटिंग) का परिणाम होती हैं (ऊर्ध्वाघर अपरदन तथा घाटी गहरीकरण)।

(a)

(b)

चित्र 6.8 : a) 'V' आकृति की घाटी और कंदरा का क्षेत्र फोटोग्राफ; और b) अमेरिका के ग्रांड केन्यॉन का मनोरम दृश्य जो कि एरिजोना में कोलेरेडो नदी द्वारा निर्मित कैनियन है। (Photo credit: Prof. R. N. Tiwari)

कालांतर में ये घाटियां अधिक चौड़ी एवं उथली होकर कम ढलान की अवतल घाटियां निर्मित करती है तथा वृद्धावस्था में इनकी प्रवणता अत्यधिक कम होती है। 'V' आकार की घाटियों को दो प्रकारों में विभक्त किया गया है :

(1) गॉर्ज (Gorge) (2) कैनियन (Canyon)

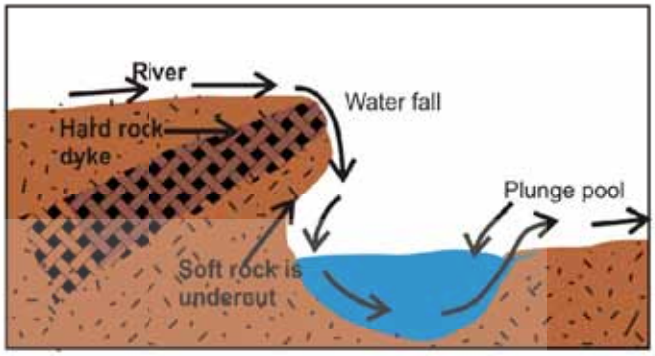
6.6.2 गॉर्ज तथा कैनियन

गॉर्ग तथा कैनियन अत्यधिक गहरी तथा संकरी घाटियां होती है जिनकी खड़ी घाटी की खड़ी ढाल अथवा दूसरे शब्दों में दीवार के सदृश्य खड़ी ढाल वाली घाटियों के किनारे होते हैं। कन्दरा तथा कैनियन में उनकी चौड़ाई की तुलना में घाटी की दीवारें ज्यादा खड़ी एवं उंचाई युक्त होती हैं। अपेक्षाकृत बड़ी आकार को कन्दराओं को 'कैनियन' कहते हैं। इनका सर्वाधिक प्रसिद्ध उदाहरण कोलेरेडो नदी द्वारा निर्मित ग्रैंड कैन्यान हैं, जैसा कि चित्र 6.8b में प्रदर्शित है।

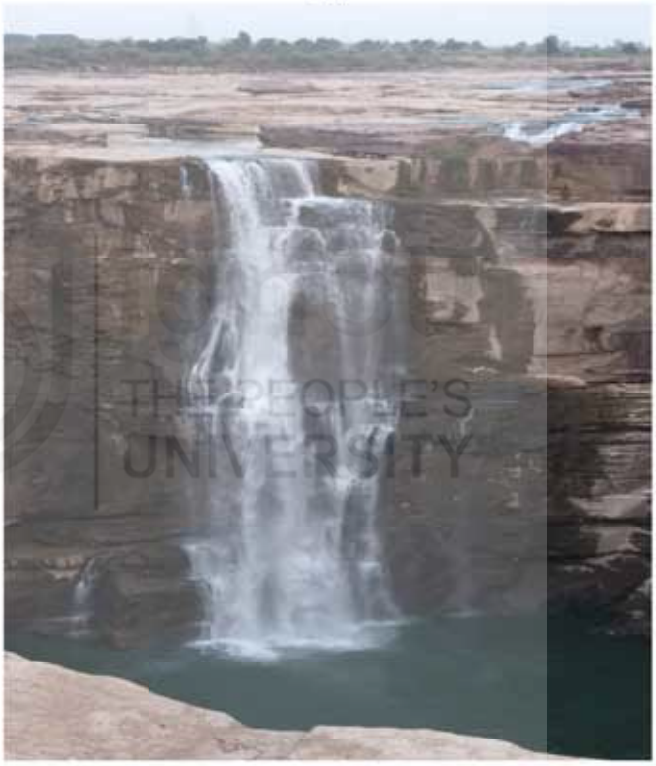
6.6.3 जल प्रपात

जल प्रपात (Waterfall) निर्माण का प्रमुख कारण नदी के अपवाह पथ के अनुदैर्घ्य दिशा में विभिन्न कारणों में से एकाएक रूकावट अथवा अवरोह आना है। इन कारणों में भूआकृतिक उच्चावच (Topographic relief) में उपस्थित शैलों की प्रतिरोधक क्षमता में भिन्नता, समुद्र तल में गिरावट तथा पृथ्वी की गतिविधियां शामिल हैं। जब नदी के अपवाह पथ में कठोर शैल उपस्थित होते हैं तो अधिकांशतः जल प्रपात निर्मित होते है। मृदु शैल शीघ्र अपरदित हो जाती हैं और कठोर शैल वहीं उपस्थित रहकर नदी के अपवाह में बाधा उत्पन्न करते हैं। परिणामस्वरूप गुरूत्व के प्रभाव में तेजी से नीचे की ओर जल प्रवाहित होता है और मृदु शैलों को जलगतिक क्रिया द्वारा और अधिक अपरदित करता है (चित्र 6.9a तथा b)। **क्षिप्रिका** (Rapics) जलप्रपात की तुलना में कम विस्तृत होते है। **निकपाइंट** (Knick point) वह स्थान होता है जहां नदी परिच्छेदिका

एकाएक गहरी होने के कारण जल उर्ध्वाधर रूप से गिरता है। यह प्रत्येक जलप्रपात में पाया जाता है। हिमालय क्षेत्र में अनेक जलप्रपात पाये जाते हैं।



(a)

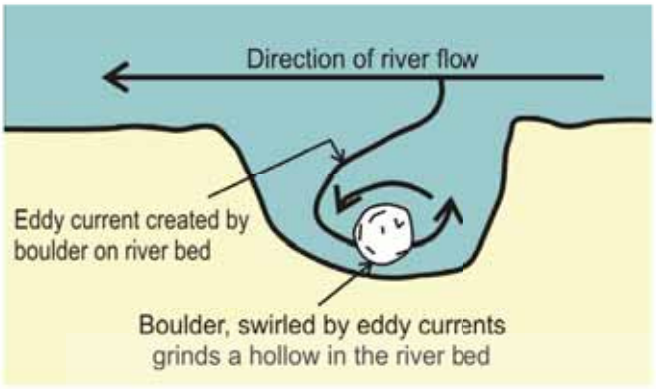


(b)

चित्र 6.9: a) जलगर्तिका तथा अवगमन कुंड का रेखाचित्र; और b) विंध्याचल में जल प्रपात।

6.6.4 जलगर्तिका एवं प्रपात कुंड

जलगर्तिका (pot holes) नगाड़े के सदृश्य समतल, वक्राकार कटोरी अथवा बेलनाकार गर्त होते हैं जो नदी घाटियों के नदी तल पर निर्मित होते हैं। ये मुख्यतः यांत्रिक अपघर्षण तथा तेज भंवर (घूर्णित जलधारा) में फंसे शैलों के टुकड़ों द्वारा अवखनन (down cutting) के कारण उत्पन्न होते है (चित्र 6.10)। जलगर्तिका के व्यास की तुलना में इसकी गहराई ज्यादा होती है। अत्यधिक वृहद आकार की जलगर्तिका को प्रपात कुंड (plunging pools) कहते हैं। जलगतिक क्रिया के कारण प्रपात कुंड का नदी तल पर निर्माण तब होता है जब जल उंचाई से गिरता है तथा आधार शैल अपरदित होते हैं। जहां जल भराव होता है वहां गढ्ढे (depression) निर्मित होते हैं, उदाहरण के लिये जलप्रपात के तल पर (चित्र 6.9b)।



चित्र 6.10: जल गर्तिका का निर्माण। जल प्रवाह की दिशा में गोलाश्म द्वारा नदी तल में भंवर का निर्माण होता है। भंवर में गोलाश्म के घूर्णन से नदी तल में जल गर्तिका का निर्माण होता है।

6.6.5 नदी वेदिका

नदी घाटी तल के किसी भी तरफ संकीर्ण सपाट सतह को नदी वेदिका (river terrace) कहते है। यह प्राचीन घाटी तल को तथा प्राचीन बाढ़ के मैदान को प्रदर्शित करती है। नदी वेदिका का निर्माण मुख्यतः घाटी तल पर निक्षेपित बाढ़ मैदानों के जलीय अवसादों के विभक्त होने के कारण होता है। नदी वेदिका को (1) **युग्म वेदिका** (paired terrace) तथा (2) **अयुग्मित वेदिका** (unpaired terrace) में विभक्त किया गया है। युग्म वेदिका मुख्य रूप से नदी घाटी के दोनों तरफ तीव्र उर्ध्वाधर अपरदन के फलस्वरूप बनने वाली वेदिका के कारण निर्मित होती है। अयुग्मित वेदिका का निर्माण एक ही समय में ऊर्ध्वाधर अपरदन (घाटी गहरीकरण) तथा नदी के क्षैतिज गति के कारण होता है।

पिछले अनुभाग में हमने नदी के भूवैज्ञानिक कार्यों के फलस्वरूप निर्मित होने वाली अपरदनी भूआकृतियों के बारे में अध्ययन किया। अगले अनुभाग में जाने के पूर्व अपनी प्रगति की जांच हेतु आप 5 मिनट व्यतीत करें।

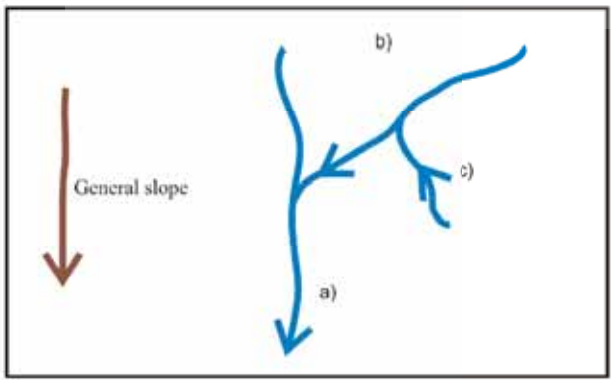
बोध प्रश्न 1

a) तीन प्रकार के नदीय अपरदन के नाम बताइये।

b) गुम्फित नदी क्या है?

c) अपवाह तंत्र एवं अपवाह प्रणाली में अंतर बताइये।

d) नीचे दिये गये चित्र में तीन प्रकार के अपवाह तंत्र प्रदर्शित हैं। a, b, c में रिक्त स्थानों को भरिये और आपके उत्तरों का स्पष्टीकरण भी दीजिये।



6.7 अवसाद परिवहन

आपने शायद अवलोकन किया होगा कि नदी अपरदनकारी क्रियाओं के फलस्वरूप निर्मित होने वाले अवसादों एवं मलबे को अपने साथ परिवहित करती है। नदी के द्वारा परिवहन उसके वेग, आयतन तथा नदी जल के घनत्व तथा परिवहित पदार्थ के घनत्व पर निर्भर होता है। बहता हुआ जल अपरदन का सबसे प्रमुख कारण होता है केवल इसलिये नहीं कि यह अपनी जलधारा को आसानी से अपघर्षित अथवा अपरदित करता है अपितु इसलिये भी कि बहते हुए जल में अपक्षय के फलस्वरूप निर्मित असंगठित पदार्थों को बहा कर ले जाने की उसमें अपार क्षमता होती है। बहता हुआ जल द्रव माध्यम है जिसके द्वारा बंधनमुक्त असंगठित आवरण प्रस्तर (regolith) को पृथक कर समुद्र तक परिवहित कर दिया जाता है। **आवरण प्रस्तर** मृदा (soil) तथा अबद्ध शैलों के टुकड़ों (loose rock fragments) का आधार शैल (bed rock) पर पाये जाने वाला समाच्छद (blanket) है।

6.7.1 अवसाद भार के प्रकार

नदी अपने साथ अवसाद व तलहट भार को लेकर प्रवाहित होती है। परिवहित अवसादी भार तीन प्रकार का हो सकता है, निलंबित भार (suspended load), विलयित भार (dissolved load), तथा तल भार (bed load), के रूप में हो सकता है, जैसा कि चित्र 6.11a में प्रदर्शित है।

- **निलंबित भार** : नदी में निलंबित अवस्था में बहने वाले निलंबित भार सूक्ष्मकणों युक्त होता है। इन कणों का आकार उनके घनत्व तथा नदी वेग पर निर्भर करता है। कणों का द्रव्यमान इस प्रकार से होता है कि जब तक उनके वेग में कमी नही होती वे निलंबित अवस्था में गतिशील होते है। अधिकांशतः निलंबित भार पांशु (silt) तथा मृतिका के सूक्ष्मकणों से युक्त होता है जो कि नदी तल में द्रव में होने वाली हलचलों के कारण निलंबित अवस्था में ही रहता है। निलंबित भार सबसे अधिक तथा शैलों के टुकड़ों युक्त होता है। सरिता अथवा नदियों का निलंबित भार ही है जो उनके जल को धुंधला अथवा गहरा रंग प्रदान करता है। आप इसे चित्र 6.11b को देख सकते हैं।

- **विलयित भार** : भूमिगत जल एवं वर्षा के जल द्वारा शैलों एवं मृदा में होने वाले रासायनिक अपक्षय के फलस्वरूप विद्यमान विलयशील आयनों के जल में उपस्थिति के कारण होता है। चूंकि नदी का विलयशील भार लगभग अदृश्य होता है अतः इसे सामान्यतः नजरअंदाज कर देते हैं परंतु यह कुल अवसाद भार का एक प्रमुख घटक होता है।

- **तल भार** : नदी के तल पर जल के प्रवाहित होने के बावजूद शेष बचे बड़े एवं अधिक घनत्व वाले कण मौजूद होते हैं (चित्र 6.11b)। मुख्यतः रेत तथा ग्रेवेल के बड़े कणों युक्त तल भार द्रवीय हलचल के फलस्वरूप निलंबित अवस्था में नहीं रह पाते। इसी वजह से यह तल भार तल के अनुदिश परिवहित होता हैं। हालांकि रेत की कुछ मात्रा जलधारा में अस्थायी रूप से निलंबित अवस्था में तब पाई जाती है जब तीव्र जलधारा के प्रभाव में नदी तल पर विद्यमान कण जलधारा के साथ मिलकर प्रवाहित होते है। ये कण जल के साथ मिलकर आगे की ओर संचलन करते हैं तथा कुछ देर पश्चात् अंत में विराम की मुद्रा में आकर जमा हो जाते हैं तथा इसी उछलने एवं गोल घूमने की प्रक्रिया की पुनरावृत्ति के फलस्वरूप पुनः गतिशील हो जाते हैं। इस प्रक्रिया को **उत्परिवर्तन** (saltation) कहते है (चित्र 6.11a)। बहुत बड़े आकार के कण **संकर्षण** (traction) के द्वारा अस्थायी रूप से निलंबित एवं परिवहित होते है अर्थात् ये सामान्य रूप से नदी के अनुदिश

लुढ़कते हैं। खिसकने एवं लुढ़कने के कारण गतिमान तल भार को उत्परिर्वतन अथवा उछलने को उत्परिवर्तन कहते है। ये कणों के आपस में टकराने के फलस्वरूप होता है, जैसा कि चित्र 6.11a में प्रदर्शित है।

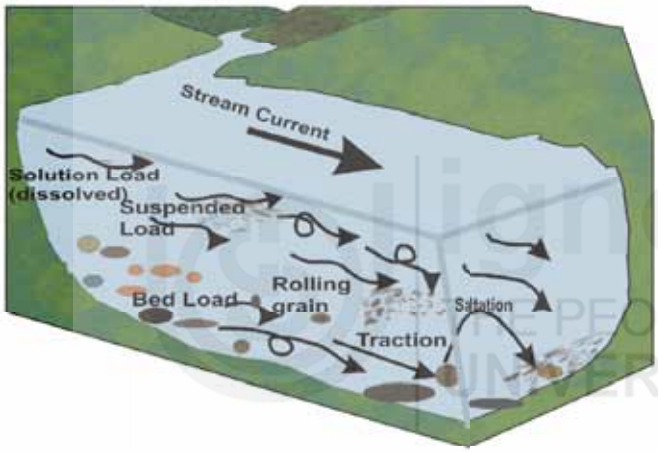
6.7.2 परिवहन यांत्रिकी

आइये हम उन तरीकों के बारे में जाने जिनके द्वारा तल भार परिवहित किया जाता है :

(a) संकर्षण : कुछ भारी पदार्थ जिसे ऊपर नहीं उठाया जा सकता उसे जल के अपवाह द्वारा धकेला जा सकता है।

(b) लुढ़कना : जल के तेज अपवाह के बल के कारण गोलाश्म (बोल्डर), गुटिका (पेबल्स) आदि लुढ़कते हैं तथा गोलकार होते जाते हैं। सबसे भारी कण नदी के तल पर नीचे की ओर लुढ़कते हैं।

(c) उत्परिवर्तन : यह अस्थायी रूप से जलगतिकी द्वारा ऊपर उठाने की प्रक्रिया है जिसमें भारी गुटिकाएं को बहते हुए जल के बल के कारण धक्का लगता है और वे उछलते हुए परिवहित होते है।



(a)

(b)

चित्र 6.11: a) अवसादी भार में निलंबित भार, विलयित भार तथा तल भार शामिल है। तल भार संकर्षण लुढ़कने तथा उत्परिवहन द्वारा परिवहित होता है; और b) निलंबित भार की उपस्थिति से जल मैला दिखता है। ध्यान दीजिए कि नदी में पड़े हुए बोल्डर तल भार हैं।

6.8 निक्षेपण भूआकृतियां

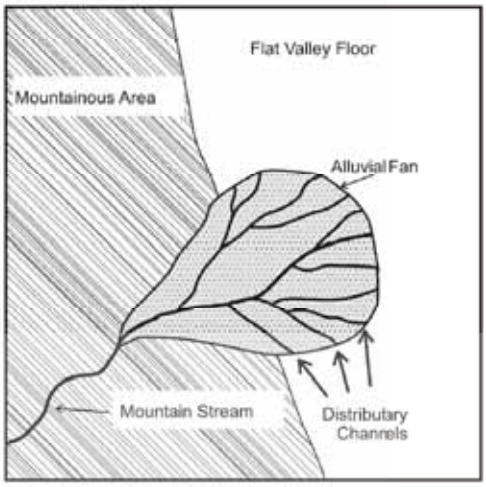
हमने नदीय अपरदन तथा उससे बनने वाली भूआकृतियों के बारे में चर्चा कर चुके है। आइये अब हम नदी द्वारा किये जाने वाले निक्षेपणीय क्रियाओं का अध्ययन करें इसे **नदीय निक्षेपण (fluviatile deposition)** कहा जाता है। जहां नदी के वेग में बाधा आती है वहीं अवसादों का निक्षेपण आरंभ होता है। नदी की क्रियाओं के फलस्वरूप निर्मित होने वाली निक्षेपणीय भूआकृतियों के अध्ययन के पूर्व आइये हम उन परिस्थितियों का अध्ययन करें जहां नदी द्वारा परिवहित सामग्री निक्षेपित होती है :

- नदी जलधारा के प्रवणता में कमी;
- नदी तल का चौड़ा होना;
- जलराशि के वेग में कमी;
- नदी दो या दो से अधिक धाराओं को विभक्त हो जाये;
- जल नदी तल में बजरी में धुस जायें;
- वाष्पीकरण के कारण जल के आयतन में कमी।

अब हम विभिन्न प्रकार के निक्षेपणीय भूआकृतियों का अध्ययन करेंगे जिन्हें नदी द्वारा विकसित रचनात्मक भूआकृति भी कहा जाता है।

6.8.1 जलोढ़ पंख एवं शंकु

जब कोई नदी एकाएक पहाड़ी से नीचे मैदान पर गिरती है तो पहाड़ियों के तल पर निक्षेपण होता है तथा **जलोढ़ पंख** एवं **शंकु** निर्मित होते है। पंखे तथा शंकु से मिलती आकृति के कारण इनका नाम जलोढ़ पंख एवं शंकु रखा गया है। निक्षेपण के स्थान पर जलोढ़ पंख एवं शंकु की मोटाई अधिकतम हो सकती हैं तथा कुछ दूरी पश्चात् ये चौड़े एवं पतले होते जाते है। जलोढ़, पंख नदी अवसादों के अर्धगोलाकार क्रमशः ढाल युक्त शंकु की तरह होते हैं, जैसा कि चित्र 6.12 में प्रदर्शित किया गया है। जब एक उच्च प्रणवता वाली नदी सकरी घाटी को छोड़कर समतल मैदान अथवा घाटी तल पर प्रवेश करती है तो अवसाद निक्षेपित होते है। प्रवणता में कमी के कारण अपवाह के वेग में कमी आने के कारण नदी की अपनी परिवहन क्षमता कम हो जाती है। इसके फलस्वरूप जलोढ़ रेत अथवा बजरी के पंखे के आकार के शंकु निर्मित होते हैं जिनका विस्तार कुछ मीटर से कई किलोमीटर तक हो सकता है। इस प्रकार के जलोढ़ पंख के एक साथ संयुक्त होने पर पर्वत के सामने लगभग लगातार समतल मैदान निर्मित होता है। इस प्रकार के समतल मैदानों को **गिरिपद जलोढ़ मैदान** (piedmont alluvial plain) कहते है। कभी-कभी अवसादों द्वारा जल के अवशोषण के कारण निक्षेप ज्यादा दूरी तक फैल नहीं पाते उस परिस्थिति में लगभग शंकु के आकार की संरचना बनती है जिसे इसे **जलोढ़** मैदान और **शंकु** (चित्र 6.12b) कहते हैं। जलोढ़ पंख के भारतीय उदाहरणों में कोसी पंख तथा गंडक पंख प्रमुख हैं।



(a)

(b)

चित्र 6.12: a) अनुप्रस्थ काट जलोढ़ पंख दर्शाते हुए, और b) नूबरा नदी की सहायक नदी द्वारा निर्मित जलोढ़ पंख, लद्दाख। (Photo credi:: Dr. Rakesh Chandra)

6.8.2 गुम्फित नदी

आप पूर्व अनुभाग 6.3.2 में गुम्फित नदी के विषय में पढ़ चुके है। गुम्फित नदी गुथी हुई जलधाराओं की जलघारा के संजाल में विभक्त होती है। जो पुनः एक दूसरे से गुथे हुए जुड़कर बालों की चोटी के सदृश्य दिखाई देती है (चित्र 6.13)। एक **गुम्फित नदी** उलझी हुई जटिल जलधाराओं का संजाल (नेटवर्क) होता है जिसमें जलधाराएं विभक्त तथा पुनः संयोजित होती है। ये एक दूसरे से रेत या बजरी (ग्रेवल) वार के द्वारा पृथक होती है। यदि ऊपर से इसका अवलोकन करें तो ये जलधाराएं रस्सी के जटिल जाल के समान गुथी अथवा उलझी हुई दिखाई देती है। गुम्फित नदी दीर्घ अथवा बड़े कणों वाले पदार्थों को नदी तल में प्रवाहित होने में सक्षम होती है। **जलोढ़ वेदिका** की शैल्फ के समान सतह होती है जिस पर नदी पूर्व में प्रवाहित होती थी। यह प्राचीन बाढ़कृत मैदान का अवशेष होता है जो कि कालांतर में नष्ट हो जाता है क्योंकि नदी अवखनन (डाऊन कटिंग) के कारण निचले स्तर पर प्रवाहित होना आरंभ कर देती है। जब अवसादों की उपलब्धता प्रवाहित जल की परिवहन क्षमता से अधिक होती है तब गुम्फित नदी निर्मित होती है। इस प्रक्रिया में रेतीले तथा ग्रैवल बार निक्षेपित होते हैं। जब नदी में जल की

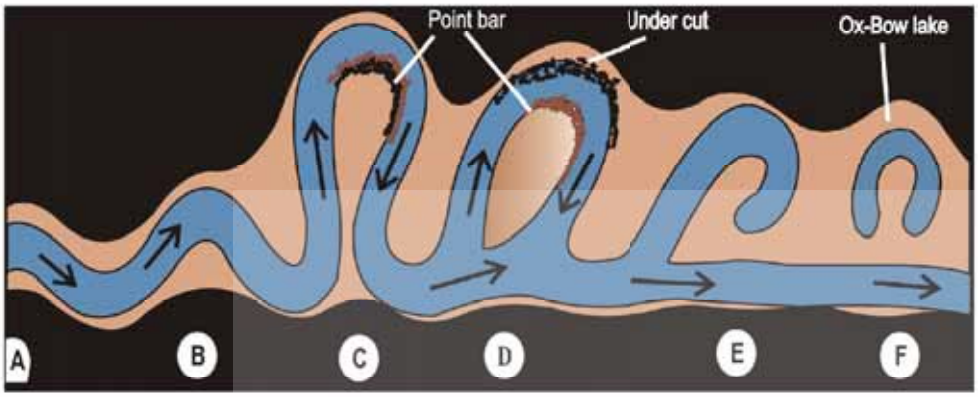
प्रचुर मात्रा होती है तब ये रेतीले तथा ग्रैवल बार डूब जाते हैं तथा जब जल की मात्रा घटती है तो ये दोनों परिलक्षित होते हैं तथा एक जलधारा को अनेक छोटी जलधाराओं में विभक्त कर देते हैं। गुम्फित नदी में चौड़े उथलों जलधाराएं होती हैं जो कि नदी तल पर उपस्थित भार रेत तथा ग्रैवल को परिवहित एवं निक्षेपित करती है। गुम्फित नदी प्रायः शुष्क एवं अर्धशुष्क क्षेत्रों में सामान्यतः पाई जाती है जहां विरल वनस्पति होती है तथा सतही पदार्थ आसानी से अपरदित हो जाता है।

चित्र 6.13 : गुम्फित नदी की जलधारा, जलोढ़ वेदिका पर ध्यान दीजिए

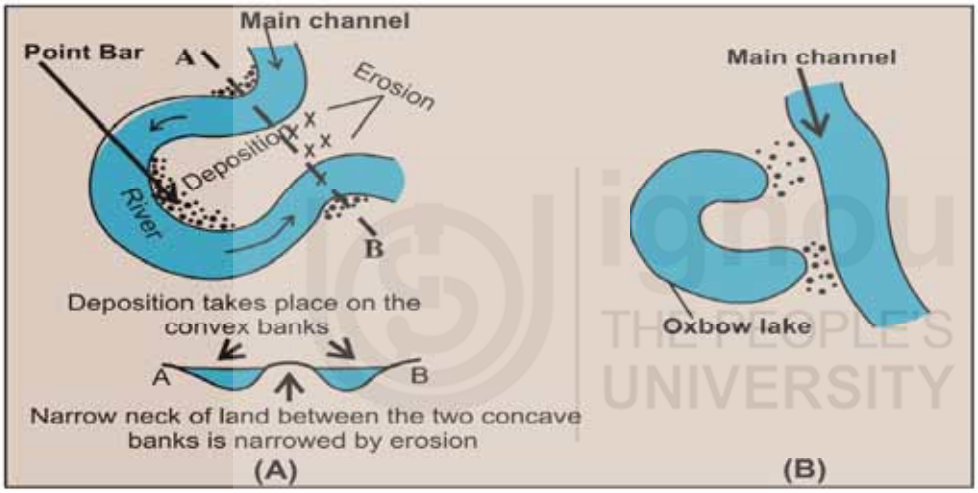
6.8.3 विसर्पण निक्षेप

विसर्पण (Meander) शब्द का उद्भव टर्की की *मैआन्ड्रोस* (*maiandros*) नदी से हुआ है जो कि प्राचीन काल में अपने सर्पाकार अथवा कुंडली आकार के कारण जानी जाती थी। **विसर्पित नदी** (meandering stream) एक लहरदार आकार की नदी होती है जो कि अधिकांशतः बाढ़कृत मैदान में चौड़े लूप के आकार की दिखाई देती है। अनुप्रस्थ काट में देखने पर विसर्पित नदी की जलधारा सीधे अपवाह पथ पर अर्धवृत्ताकार तथा विसर्पित अपवाह पथ पर मुख्यतः असमितिक (assymetric) दिखाई देती है। जहाँ पर ये नदियां उथले से गहरी होती जाती है। नदी की प्रौढ़ावस्था में प्रवणता काफी कम हो जाती है जो कि बाढ़ के मैदानों में प्राय दिखाई पड़ती है। जब नदी टेढी मेढ़ी (zigzag) जलधारा के रूप से प्रवाहित होती है तो इसे **विसर्पण** कहा जाता है, जैसा कि चित्र 6.14a, b तथा c में प्रदर्शित है। विसर्पित नदी के उत्तल किनारों पर निक्षेपण की क्रिया होती है इसके परिणामस्वरूप नदी के आतंरिक भाग (उत्तल किनारे) पर निक्षेप तथा बाह्य भाग (अपतल किनारे) के कटाव के कारण घुमाव बढ़ता है तथा विसर्प (meander) निर्मित हो जाता है। इस प्रक्रिया में नदी में जल अपवाह में रूकावट के कारण **छाड़ झील** (ox-bow lake) निर्मित हो जाती है। इसकी आकृति के कारण इसे **हॉर्स शू लेक** (horse shoe lake) भी कहते है। विसर्पित जलधाराओं युक्त अनेक नदी घाटियां अर्धचन्द्राकर छाड़ झील (ox bow lake) की उपस्थिति से पहचानी जाती हैं ये साधारण कट ऑफ विसर्पित होती है। छाड़ झील लंबे समय तक अस्तित्व में रह सकती है परंतु अधिकांशतः बाढ़ के दौरान ये कार्बनिक पदार्थों एवं सूक्ष्म कणिक अवसादों से भर जाती हैं। चित्र 6. 14a, b तथा c में **प्वाइंट बार** (point bar) एक नीचे, अर्धचन्द्राकर आकार का रेत तथा ग्रेवल का निक्षेप है जो कि जलअपवाह के अत्यंत कम होने पर विसर्पण के आतंरिक किनारे पर विकसित होता है। जब यह नदी के बाह्य किनारे को अपरदित करती है तो इसे **अंडरकट** (undercut) कहते है। **स्कंध विस्तारित किनारा** (Slip-off side) नदी के आतंरिक किनारे पर निर्मित होने वाला ऐसा निक्षेप है जहाँ बहते हुए जल की गति

अपेक्षाकृत कम हो जाती है। नदी के गहराई वाले क्षेत्र को **कट बैंक** (cut bank) कहते हैं क्योंकि नदी का तेज अपवाह तथा असमान्य अपवाह (turbulent flow) इसे अपरदित करता है।



(a)



(b)

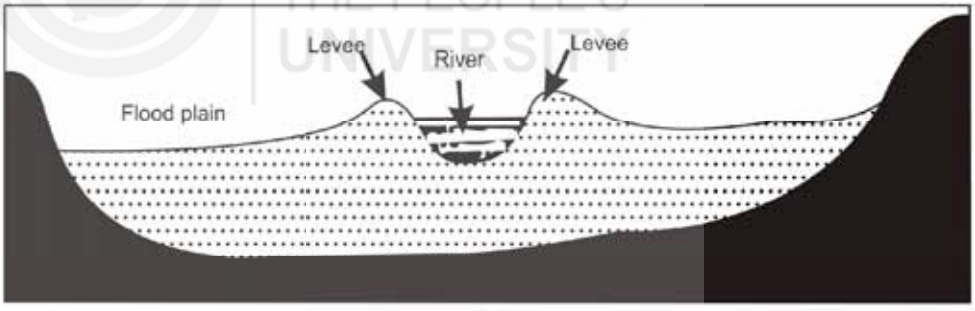
(c)

चित्र 6.14 : a) विसर्पित नदी की अवस्थाएं, क्रमशः बढ़ती हुई वक्रता के साथ छाड़ झील का बनना; b) अपतल किनारों पर तेजी से अपरदन के कारण छाड़ झील निर्मित होती है तथा उत्तल किनारो पर निक्षेपण को प्वाइंट बार कहते है। आप छाड़ झील के निर्माण की दो अवस्थाएं देख सकते है। a) तथा b); और c) ब्रह्मपुत्र नदी के हवाई चित्र में आप विसर्पित नदी का बाढ़कृत मैदान में पलायन देख सकते हैं। इस चित्र में आप बहुत सारी छाड़ झील भी देख सकते हैं जो तीर से दर्शाया गया है।

6.8.4 बाढ़ का मैदान एवं जलोढ़ निक्षेप

जलीय तंत्र के अंतर्गत बाढ़ के मैदान अवसादों के एकत्रीकरण के प्रमुख स्थल होते हैं। बाढ़ के दौरान नदी के किनारों एवं दोनों तरफ बड़े क्षेत्र पानी से भर जाता हैं। जब नदी की भार परिवहन क्षमता (load carrying capacity) से जलराशि की मात्रा अधिक हो जाती है तो जल नदी के घाटी से बाहर निकलकर आसपास चारों ओर फैल जाता है। इसे ही **बाढ़** का आना कहते हैं। समयानुसार नदी अपने जलमार्ग में अपनी अपवाह क्षमता से ज्यादा जल ग्रहण करती है और जलप्लावित होकर आसपास के निचले अपेक्षाकृत सपाट क्षेत्रों में फैल जाती है फलस्वरूप **बाढ़ का मैदान** निर्मित होता है। बाढ़ के मैदान में अवसाद रेत तथा बजरी हो सकते हैं जो कि विसर्पित नदी के क्षैतिज पलायन (lateral migration) के कारण प्वाइंट बार (point bar) में क्रमागत वृद्धि के फलस्वरूप निक्षेपित होते है (चित्र 6.14 तथा 6.15a)। निलंबित सूक्ष्मकणीय पदार्थों के निक्षेपण के फलस्वरूप घने निक्षेप (thick deposits), जलोढ़ निक्षेप (alluvial deposits) निर्मित करते हैं। उदाहरणार्थ पश्चिम बंगाल, उत्तर प्रदेश तथा बिहार के वृहद क्षेत्रों में उपस्थित गंगा एवं यमुना नदियों के जलोढ़ निक्षेप। ये अत्यधिक उपजाऊ मैदान होते हैं। आपने बाढ़ के मैदानों के सूखने की प्रक्रिया के दौरान बहुकोणीय मिट्टी की दरारों (polygonal mud cracks) का अवलोकन कर सकते है (चित्र 6.15b)।

लगातार आने वाली बाढ़ से **प्राकृतिक तटबंध** (natural levees) निर्मित होती है। जहां बड़े कणों युक्त पदार्थ (coarse material) के पहाड़ीनुमा कटक नदी को उसके किनारो के अंदर सीमित कर देते हैं चाहे जल स्तर में वृद्धि क्यों न हो। जैसा कि चित्र 6.15 में प्रदर्शित है। तटबंध नदी के किनारों के ऊपर उभरे हुए हिस्से होते हैं।



(a)

(b)

चित्र 6.15: a) बाढ़ का मैदान जलोढक तथा तटबंध का अनुप्रस्थ काट; और b) बाढ़ के मैदान मे मिट्टी की दरारें।

6.8.4 डेल्टा

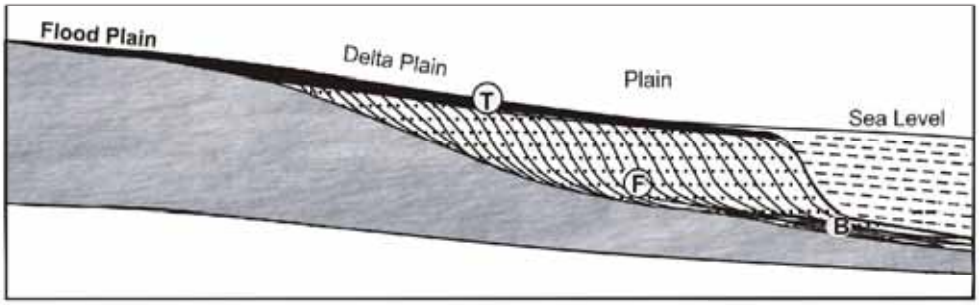
नदी द्वारा परिवहित अधिकांश सामग्री अंततः समुद्र अथवा झील में निक्षेपित होती है। ये निक्षेपित पदार्थ वृहद आकार के सपाट शीर्ष वाले निक्षेप निर्मित करते हैं जो निचले दलदली मैदान **डेल्टा** का निर्माण करते है। डेल्टा मुख्यत ग्रीक अक्षर " Δ " सदृश्य दिखने एवं नदी के मुहाने पर निर्मित होने वाला सपाट त्रिकोणीय अथवा पंखे की आकृति का निक्षेप होता है जैसा चित्र 6.16a में प्रदर्शित है। हम डेल्टा शब्द के लिए ग्रीक इतिहासकार हिरोडोटस् के आभारी है। लगभग त्रिकोणीय आकार का अवसादी निक्षेपण (नील नदी के मुहाने पर स्थित) को देखकर उन्होंने 'डेल्टा नाम' दिया। मुख्य नदी की जलधारा अवसादों के निक्षेपण के कारण अनेक जलधाराओं में विभक्त हो जाती है इसे **जल वितरिका** (distributaries) कहते है जैसा कि चित्र 6.16b में प्रदर्शित है। डेल्टा में प्रमुख रूप से अवसादों की तीन परतें पाई जाती हैं, जैसा कि चित्र 6.16c में प्रदर्शित है। डेल्टा के सबसे उच्च अथवा उपरी स्थान पर निक्षेपित होने वाले पदार्थ, जिसमें आमतौर पर रेत होती है, द्वारा क्षैतिज डेल्टा **शीर्ष संस्तर** (topset bed) निर्मित होता है। डेल्टा का समुद्र की ओर निकला हुआ भाग सूक्ष्म कणिक रेत (sand) तथा पांशु (silt) युक्त होता है जो कि क्रमशः झुका हुआ अग्र स्तर डेल्टा **ग्रनत संस्तर** (foreset bed) कहलाता है। निम्न स्तर, डेल्टा **तलीय संस्तर** (bottom set bed) डेल्टा का आधार निर्मित करते हैं तथा इनका क्रमशः झुकाव समुद्र की ओर होता है तथा सूक्ष्मकणिक पदार्थों द्वारा निर्मित होते हैं। नदियों के अपेक्षाकृत महत्व, लहरों तथा ज्वार प्रक्रिया के आधार पर भूवैज्ञानिको ने तीन मुख्य प्रकार के समुद्रीय डेल्टा (marine delta) को चिन्हित किया है :

- **नदी आधिपत्य डेल्टा** (Stream dominated delta) में लंबी ऊंगलियों के समान रेत के निक्षेप होते हैं जो कि जलवितरिका (distributary) सरिताओं में निक्षेपित होता है जो कि समुद्र की ओर विकसित होते है।

- **लहर आधिपत्य डेल्टा** (Wave dominated delta) में जलवितरिका सरिताएं होती है परंतु समुद्र के तरफ वाले डेल्टा का हिस्सा द्वीप युक्त होता है जो कि लहरों से प्रभावित होता है तथा डेल्टा का सम्पूर्ण किनारा विकसित (prograde) होता है।

- **ज्वार आधिपत्य डेल्टा** (Tide dominated delta) लगातार ज्वारीय तथा रेतीले निक्षेपों में परिवर्तित होते रहते है जो कि ज्वारीय अपवाह की दिशा में होता है।

(a)



(b)

(c)

चित्र 6.16: a) गंगा नदी द्वारा निर्मित त्रिकोणिय सुन्दरबन डेल्टा, जैसा कि उपग्रह छवि में देखा जा सकता है (स्रोत : www.flashearth.com)। आप जल वितरिका सरिता को देख सकते है; और b) डेल्टा का अनुप्रस्थ काट, डेल्टा शीर्ष संस्तर (T), डेल्टा ग्रनत संस्तर (F) तथा डेल्टाग्र तली संस्तर B) दर्शाते हुए; और c) त्रिकोणीय डेल्टा तथा वितरिका सरिताएं दर्शाते हुए आरेख।

पिछले अनुभाग में हमने नदी द्वारा किये जाने वाले भूवैज्ञानिक कार्यों के फलस्वरूप निर्मित होने वाले निक्षेपणीय भूआकृतियों का अध्ययन किया। अगले अनुभाग में जाने के पूर्व हम अपनी प्रगति पर 5 मिनट व्यतीत करें।

बोध प्रश्न 2

a) नदी द्वारा परिवहित भार के विभिन्न प्रकारों का विस्तृत वर्णन कीजिये।

b) उत्परिवर्तन को परिभाषित कीजिये।

c) छाड़ झील क्या है ?

d) प्राकृतिक तटबंध क्या है ?

6.9 सारांश

पृथ्वी की भूआकृति का निर्माण विभिन्न भूवैज्ञानिक कारकों जैसे वायु, जल (नदी, भूमिगत जल, समुद्र) तथा हिमनद द्वारा होता है। इस अध्याय में हमने नदी द्वारा किये जाने वाले भूवैज्ञानिक कार्यों के विषय में सीखा (सारणी 6.1)। आइये हम उन तथ्यों को संक्षेप में जाने की जिनका हमने इस इकाई में अध्ययन किया है।

- भूवैज्ञानिक कारक इस प्रकार से क्रिया करते हैं जिसके परिणामस्वरूप अपरदनीय एवं निक्षेपणीय भूआकृतियां निर्मित होती है। अपरदन वह प्रक्रिया है जिसमें प्राकृतिक घटकों के साहचर्य में भौतिक तथा रासायनिक क्रियाओं द्वारा शैलों का विघटन अपविलयन अथवा छोटे टुकड़ों में टूटने की क्रिया होती है। विभिन्न भूवैज्ञानिक कारकों द्वारा अपक्षयित पदार्थ को उसके मूल निर्माण स्थल से दूर ले जाने की विधि परिवहन कहलाती है। निक्षेपण की प्रक्रिया में परिवहित पदार्थ एकत्रित अथवा निक्षेपित होते है।
- नदी का आकार 'V' आकृति का होता है जो नदी की प्रारंभिक एवं युवा अवस्था में निर्मित होता है। नदी मार्ग मुख्यतः तीन प्रकार के होते है सीधी, विसर्पित एवं गुम्फित होती है। जलोढ़ चक्र नवीनतम उत्थित भूभाग में आरंभ होता है जिसकी चार अवस्थाएं होती है- प्रारंभिक, युवावस्था, प्रौढ़ावस्था तथा वृद्धावस्था होती है। नदी अपरदन को प्रभावित करने वाली चार प्रमुख विधियां हैं - द्रवगतिक क्रिया, सन्निघर्षण, अपघर्षण अथवा विलयन शामिल हैं। इनसे निर्मित होने वाली भूसंरचनाओं में जलजगर्तिका, गार्ज, घाटियां, जलप्रपात, नदी अपहरण प्रमुख है।
- नदी का अवसाद भार, निलंबित भार, विलयशील भार तथा तलभार के रूप में परिवहित होता है। विसर्पण अथवा लुढ़कने द्वारा उछलकर होने वाली तल भार की गति को उत्परिवर्तन कहते हैं।
- नदी द्वारा निर्मित होने वाली निक्षेपणीय भूआकृतियों में जलोढ़ पंख, गुम्फित नदी, विसर्पण, डेल्टा तथा बाढ़ के मैदान शामिल है।

सारणी 6.1 : नदी के भूवैज्ञानिक कार्यों का संक्षेप।

भूवैज्ञानिक	गतिविधि	प्रक्रियाएं
अपरदन	अपरदनकारी प्रक्रियाएं	अपघर्षण, विलयन प्रक्रिया, जलगतिक क्रिया, सन्निघर्षण
	अपरदन भूआकृतियां	नदी घाटी, V आकृति घाटी, जलगर्तिका, गार्ज, जलप्रपात
परिवहन	परिवहनकारी प्रक्रियाएं	विलयन, निलंबन, लुढ़कना, उत्परिवर्तन, खिंचाव
निक्षेपण	निक्षेपण के कारण	आयतन एवं प्रवणता में कमी, नदी तल का चौड़ीकरण, बाधा/रूकावट विसर्पण, ग्रैवल्स में संकुचन
	निक्षेपणकारी भूआकृतियां	जलोढ़ पंख एवं शंकु, गुम्फित एवं विसर्पित नदीय निक्षेप, छाड़ झील, बाढ़ के मैदान, जलोढ़ निक्षेप, तटबंध, डेल्टा, बार, स्पिट, हुक

6.10 क्रियाकलाप

1. आप जिस किसी भी क्षेत्र में रहते हैं अथवा भ्रमण/कार्य करते हैं। उस क्षेत्र में आसपास की प्रकृति को देखकर, उसमें शामिल होकर उसका आनंद ले सकते हैं। साथ ही देखें की किस प्रकार की भूआकृतियां वहां विद्यमान हे।

2. अपने घर अथवा इंटरनेट कैफे में कम्प्यूटर पर गूगल अर्थ अथवा इसी के समान किसी साफ्टवेयर पर पहाड़ों तथा मैदानी इलाकों में प्रवाहित नदियों को देखें तथा इनकी घाटियों में दिखने वाली भिन्नता को पहचानने का प्रयत्न करें। इसी प्रकार विभिन्न प्रकार के अपरदनकारी एवं निक्षेपणीय स्थलाकृतियों को भी पहचानने का प्रयास करें जिनका आपने इस इकाई में अध्ययन किया है।

3. आपके क्षेत्र में उपस्थित भूआकृतियों को उपग्रह चित्रों के माध्यम से पहचानने का प्रयत्न करें।

6.11 सात्रिक प्रश्न

1. जलोढ़ अपरदनकारी भूआकृतियों का वर्णन करिए। जहां आवश्यक हो वहां नामांकित चित्र बनाइये।
2. नदी एवं नदी धाराओं के प्रकारों की विवेचना कीजिये।
3. नदी की चार अवस्थाओं का विस्तृत वर्णन करिये।
4. नदी के निक्षेपणीय भूआकृतियों की सूची बनाइये तथा विसर्पण एवं बाढ़ के मैदान की विवेचना कीजिये।
5. नामांकित चित्र की सहायता से नदी अपहरण को समझाइये।

6.12 संदर्भ

- Fletcher, C. (2011) Physical Geology, The Science of Earth, John Wiley & Sons, 679p.
- www.flashearth.com (वेबसाइट 15 May 2016 को देखा गया).

6.13 आगे/सम्भावित अध्ययन

- Dutta, A.K. (2010) (Reprinted) Introduction to Physical Geology, Kalyani Publishers, Ludhiana, 250p.
- Mahapatra, G.B. (2013) (Reprinted) A Textbook of Geology, CBS Publishers, New Delhi, 366p.
- Verma, V.K. (2002) Lectures on Geomorphology, Pilgrims Book Pvt. Ltd. Delhi, 485p.

6.14 उत्तर

बोध प्रश्न

1 a) गुम्फित नदी में की शाखाएं बालू रोधिका (sand bar) से बाहर निकलकर अनेक नदियों में विभक्त हो जाती है। जब नदी का भार अधिक तथा प्रवणता कम होती है तब गुम्फित नदी बनती है।

b) उर्ध्वाधर, क्षैतिज, शीर्षवर्ती ।

c) अपवाह तंत्र समय के अनुसार नदियों की उत्पति एवं विकास को दर्शाता है जबकि अपवाह प्रणाली अपवाह तंत्र का रूप एवं स्थिति के अनुसार विन्यास होता है जो कि भिन्न-भिन्न शैलों के प्रकार, भूवैज्ञानिक संरचनाओं जलवायु परिस्थितियों तथा अनावरण इतिहास को प्रदर्शित करता है।

d) a) अनुवर्ती, b) परवर्ती, c) प्रतिअनुवर्ती।

अनुवर्ती नदियों का अपवाह पथ भूसतह के प्रारंभिक ढाल के अनुदिश होता है। परिवर्ती नदियां इसे अधिकांशतः तिर्यक रूप से मिलती है। प्रतिअनुवर्ती नदियां छोटी सहायक नदियां होती हैं जो मूल अनुवर्ती नदी की अपवाह दिशा के विरूध्द प्रवाहित होती है।

2. a) निलंबित, विलयशील तथा तल भार।

b) उत्परिवर्तन वह प्रक्रिया है जिसमें भारी पेबल्स का अस्थाई जल गतिकी उत्थान प्रक्रिया के फलस्वरूप उत्थान तथा छोटे बड़े बाऊंस के माध्यम से परिवहन होता है।

c) विसर्पित नदी के उत्तल किनारे पर यदि निक्षेपण की क्रिया होती है तो छाड़ झील निर्मित होती है। इस प्रक्रिया में नदी के अवतल किनारे का अपरदन होता है। नदी अपने विलुप्त अपवाह पथ पर अर्धचन्द्राकर जलराशि छोड़ देती है इसे छाड़ झील कहते हैं।

d) प्राकृतिक तटबंध में लगातार बाढ़ के दौरान बड़े कणों के कटक निर्मित होते हैं जो बाढ़ के मध्य में नदी को उसके दोनों किनारों तक सीमित रखते हैं। यह प्रक्रिया जल स्तर में वृद्धि होने के बावजूद जारी रहती है।

सात्रिक प्रश्न

1. अनुभाग 6.7 का अवलोकन करें। अपरदनयुक्त भूआकृतियां जैसे नदी घाटी, गार्ज, कैनियन, जल प्रपात, जलज गर्तिका अवनमन पूल तथा नदी वेदिका का वर्णन कीजिये।
2. उपअनुभाग 6.3.1 का अवलोकन करें। तीन प्रकार की नदी जलधाराओं का वर्णन करिये-गुम्फित जलधारा, विसर्पित जलधारा तथा सीधी जलधारा।
3. उपअनुभाग 6.3.1 का अवलोकन करें। नदी की चार अवस्थाओं प्रारंभिक अवस्था, युवावस्था, प्रौढ़ावस्था एवं वृद्धावस्था का वर्णन कीजिये।
4. उपअनुभाग 6.7 तथा इसके पश्चात् 6.8.3 तथा 6.8.4 का अवलोकन करें।
5. चित्र 6.7 का अवलोकन करें।

इकाई 7

वायु और भौमजल के भूवैज्ञानिक कार्य

इकाई की रूपरेखा

7.1 प्रस्तावना
अपेक्षित लक्ष्य
7.2 वायु के भूवैज्ञानिक कार्य
परिवहन कारक के रूप में वायु
अपरदन भूआकृतियां
निक्षेपण भूआकृतियां
7.3 जलस्तर और भौम जल का संचलन
7.4 भौम जल का सतल पर प्रकटीकरण
7.5 भौम जल के भूवैज्ञानिक कार्य
अपरदन भूआकृतियां
निक्षेपण भूआकृतियां
7.6 कार्स्ट स्थलाकृति
7.7 सारांश
7.8 क्रियाकलाप
7.9 सात्रिक प्रश्न
7.10 संदर्भ
7.11 आगे / प्रस्तावित अध्ययन
7.12 उत्तर

7.1 प्रस्तावना

हम पूर्व की ईकाई में भूवैज्ञानिक कारकों और पृथ्वी की सतह के वास्तुशिल्प में इनकी भूमिका की चर्चा कर चुके हैं। अब हम इस ईकाई में वायु और भौमजल जैसे कारकों के द्वारा किए जाने वाले भूवैज्ञानिक कार्यों को पढ़ेंगें। शुष्क तथा अर्धशुष्क क्षेत्रों में वायु अपरदन एवं निक्षेपण एक शक्तिशाली हथियार है। विशेषकर रेगिस्तान में रेतीले तूफान का आना एक नियमित घटना है। आपने अवलोकन किया होगा कि वायु का बल इतना अधिक होता है कि बालू कण हवा में उड़ते हैं। क्या आप कभी तेज तूफानी हवा में फंसे हैं ? आपको तेज हवा के बल का सामना करने के लिए सहारे की आवश्यकता पड़ सकती है। 175 कि.मी. प्रति घंटे से अधिक रफ्तार से बहती हवा मकान की छतों को उधेड़ सकती है, ट्रकों को बहा सकता है और आपका सडकों पर पैदल चलना कठिन कर सकती है।

इस इकाई में हम भौमजल की क्रिया से निर्मित भूदृश्य की पहचान भी करेंगे। भौमजल के द्वारा घुलनशील शैल जैसे चूना प्रस्तर की घुलनक्रिया से **कार्स्ट स्थलाकृति** उत्पन्न होती है। हम इकाई 5 शैल अपक्षय में पढ़ चुके हैं कि जो शैल दुर्बल अम्ल के प्रभाव से घुल जाते हैं वे भूसतह एवं सतह के नीचे विभिन्न प्रकार के भूआकृतियां विकसित करते हैं।

अपेक्षित लक्ष्य

हम अपेक्षा करते है कि इस इकाई के अध्ययन के बाद आप:

- वायु की परिवहन कारक के रूप में व्याख्या कर सकेंगे;
- वायु क्रिया के कारण से निर्मित अपरदन भूआकृतियों का वर्णन कर सकेंगे;
- वायु क्रिया से निक्षेपित भूआकृतियों का विस्तृत वर्णन कर सकेंगे;
- भौमजल स्तर को परिभाषित कर सकेंगे;
- भौमजल के संचलन की व्याख्या करने में सक्षम होंगे;
- भौमजल की क्रिया से विकसित अपरदन भूआकृति की सूची तैयार कर सकेंगे;
- भौमजल की क्रिया के द्वारा निक्षेपित भूआकृति की पहचान कर सकेंगे, और
- कार्स्ट स्थलाकृति के लक्षणों की पहचान कर पायेंगे।

7.2 वायु के भूवैज्ञानिक कार्य

हम पढ़ चुके है कि शुष्क एवं अर्धशुष्क क्षेत्रों में वायु द्वारा अपरदन और निक्षेपण का एक महत्वपूर्ण भूवैज्ञानिक कारक है। वायु क्रिया के कारण निर्मित अपरदन एवं निक्षेपित भूआकृतियों की व्याख्या करने से पहले हम हवा (air) और वायु या पवन (wind) के अन्तर को समझेंगे।

7.2.1 परिवहन कारक के रूप में वायु

आप जानते हैं कि सूर्य पृथ्वी की सतह को गर्म करता है और इसके परिणामस्वरूप जो वायु सम्पर्क में रहती है वो भी गर्म हो जाती है और हल्की होनें के कारण ऊपर की ओर जाती है, और ठंडी हवा रिक्त स्थान को भरने के लिए आती है। इसके परिणामस्वरूप प्रणाली में गति निर्धारित हो जाती है। गतिमान **हवा** को **वायु** कहते हैं। यह उच्च दाब के क्षेत्र से निम्न दाब के क्षेत्र की ओर जाती है। मौसम परिवर्तन के कारण वायु पृथ्वी सतह पर असमान सूर्य की गर्मी के द्वारा नियंत्रित होता है। हम लोग पूर्व की इकाई में नदी क्रिया के द्वारा अवसाद परिवहन की व्याख्या कर चुके हैं। यद्यपि हवा या वायु का कम घनत्व होता है फिर भी वायु जल की अपेक्षा अधिक वेग से बहती है और इस प्रकार केवल यह **मृत्तिका** (clay) एवं **पांशु** (silt) कणों को **निलंबित भार** (suspended load) के रूप में ले जाती है। रेत तथा बडे कण सतह पर **तल भार** (bed load) के रूप में परिवहित होते है। वायु का कणों पर वैसा ही बल लगता है जैसा कि भूमि सतह पर नदी के द्वारा संस्तर तल पर लगता है। वायु, जल की तरह ही अपरदन और निक्षेपण के कारक के रूप में कार्य करता है। वायु असंपिडित बालू, सिल्ट और धूल के आकृति के कणों के अभिगमन और निक्षेपण के लिए प्रभावी है। जबकि सबसे मंद हवा भी धूल को

उडा कर ले जाती है। हवा धूल को काफी ऊंचाई तथा कई किलोमीटर तक बड़ी मात्रा में उड़ा कर ले जा सकती है। नमी वायु की क्रिया को कम करती है। अतः आधार तल (base level) तक वायु के अपरदन का आधार तल होता है। इसकी क्रियाएं वनस्पति से भी प्रभावित होती हैं। **आधार तल** सबसे निम्नतम स्तर है जहाँ तक जमीन का अपरदन होता है और अन्त में समुद्र सतह के बराबर हो जाता है।

परिवहन की अवस्थाएं वायु वेग और अवसाद भार के फलन है, जैसे

- तरंगित (Rolling),
- कर्षण (Traction), और
- उत्तपरिर्वतन (Saltation) अथवा निलंबन (Suspension)

वजनी कण और स्थूल शैल के टुकड़े सतह के अनुदिश तरंगित अथवा घर्षण के द्वारा एक स्थान से दूसरे स्थान तक जाते हैं, इसे **कर्षण** कहते हैं।

बड़े अथवा वजनी अवसाद जल अथवा वायु के द्वारा निलंबन में नही हो पाते वे संस्तर/तल भार के रूप में **उत्तपरिर्वतित** अथवा **तरंगित** और **सर्पण** (slides) के रूप में जाते हैं। उत्तपरिर्वतन सतह के पास होता है जिसमें बालू के कण (2.0 मिमी - 0.02 मिमी व्यास) हवा बहने की दिशा में सतह के पास ऊपर-नीचे उछाल गति से चलते हैं। सामान्यतया बालू कणों का उत्तपरिर्वतन सतह के पास चलता है और जब हवा तेज होती है तब भी कण बिरले ही एक मीटर ऊपर उठते हैं।

पांशु (0.002 मि.मी. - 0.063 मि.मी. व्यास) और मृत्तिका (0.063 मि.मी. व्यास) के कण, बहती हुई हवा से सतह के ऊपर निचले हिस्से में **निलंबित** रहते हैं। ये निलम्बित कण बहुत ऊंचाई तक पहुंचते हैं और हजारों किमी की यात्रा करते हैं। ये कण बालू कण से बहुत छोटे और हल्के होते हैं। हवा में इनका कण बालू कण से पहले चलना प्रारम्भ हो जाता है।

7.2.2 अपरदन भूआकृतियां

हम वायु को वाहन कारक के रूप में पढ़ चुके हैं, अब हम लोग वायु की क्रिया के द्वारा विकसित अपरदन प्रक्रमों और भूआकृतियों का अध्ययन करेंगे। यह शब्द इओलियन (वायूढ़) वायु के कार्य के सभी विधियों के लिए प्रयोग किया जाता है। इसकी उत्पत्ति प्राचीन ग्रीक शब्द *एडओलस* से हुई है, जिसका अर्थ है 'वायु के देवता'। **वायु अपरदन** को **वातोढ़ अपरदन** भी कहा जाता है। यह अपस्फीति, अपघर्षण एवं संनिघर्षण जैसी प्रक्रियाओं द्वारा होता है।

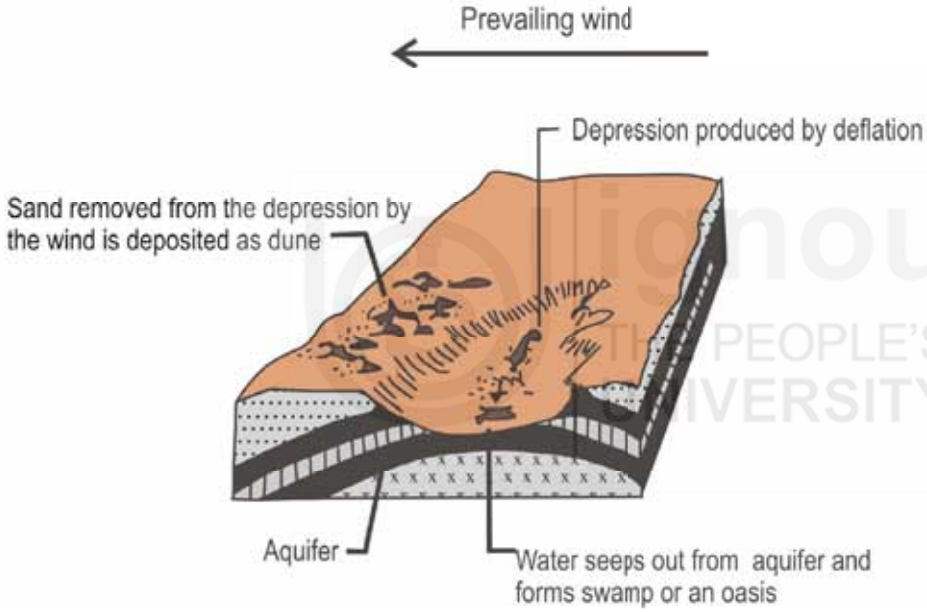
- **अपस्फीति (Deflation)**: इस शब्द की उत्पत्ति लेटिन भाषा से हुई है। जिसका अर्थ होता है 'दूर बहना'। इसके अन्तर्गत हवा के द्वारा एक स्थान से दूसरे स्थान तक शैल के मुक्त कण चुनकर स्थानान्तरित होते हैं और दूर ले जाए जाते हैं।
- **अपघर्षण (Abrasion)**: इसके अन्तर्गत शैल की सतह से ऊपर रगड़ाई, पिसाई, चमकाई और घिसाई होती है। इस प्रकिया में पृथक कण का वजन कम हो जाता है और इस प्रकार उसकी आकृति, कोणियता से ज्यादा गोलीय रूप ले लेती है। अपघर्षण के अन्तर्गत घिसाई रेत के कणों की एक पदार्थ के ऊपर उछल कूद से होती है और यह रेत कणों के विस्फोट के सदृश है। घर्षण का

प्रभाव साधारणतया छोटा होता है। क्योंकि रेत, जो घर्षण का आम कारक है वह कभी-कभार ही सतह से 1 मीटर ऊपर जाता है।

- **संनिघर्षण (Attrition)**: यह शब्द वहन प्रक्रिया के दौरान भार अवसादों के पारस्परिक टक्कर से टूटने-फूटने को इंगित करता है। इसके द्वारा आकृति और घट जाती है।

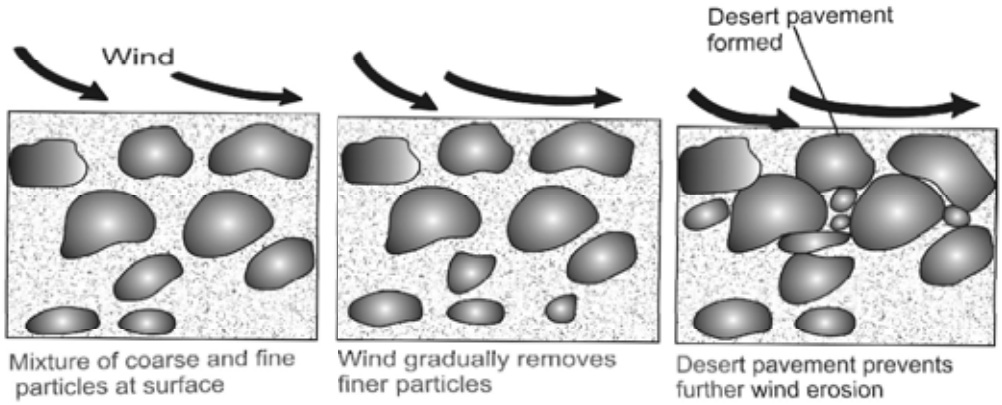
अब हम वातीय प्रक्रमों के द्वारा विकसित कुछ महत्वपूर्ण भूआकृतियों की व्याख्या करेगें।

i) **अपस्फीति द्रोणी (Deflation basins)**: तेज हवा के द्वारा अपवाहन से रेत के कण उठने से विभिन्न आकृति के छिछले गड्ढे बन जाते हैं। ये खाली हुए स्थान अथवा गड्ढे 150 कि.मी. लम्बे और कुछ मीटर तक गहरे होते हैं। कुछ गड्ढे, भौमजल स्तर से नीचे पहुंच जाते हैं और जिस कारण से दलदल अथवा नखलिस्तान (**ओएसिस**) विकसित हो जाता है (चित्र 7.1) जहां भौमजल तल सतह के पास आ जाता है जिससे पौधों के जड़ वहां तक पहुँच सकती हैं।



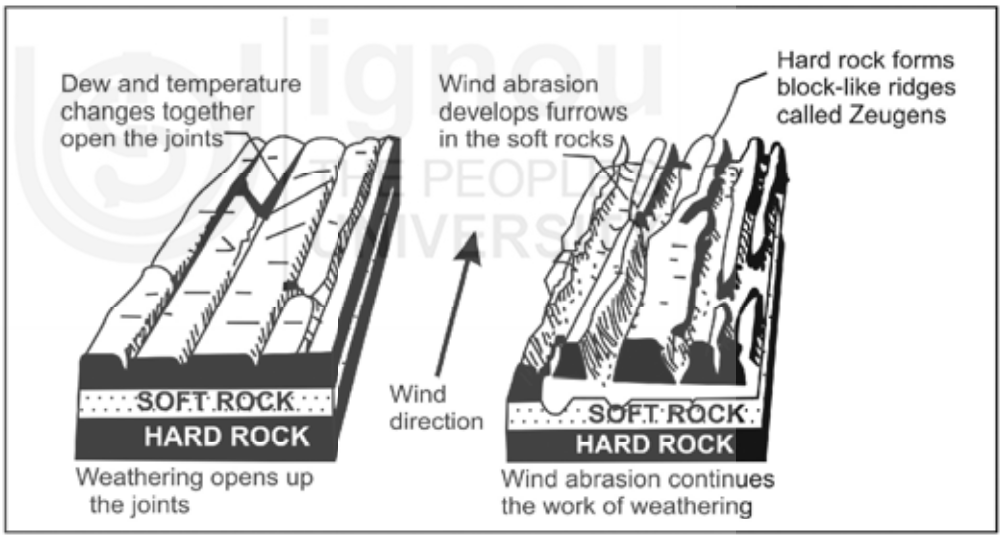
चित्र 7.1 : अपस्फीति द्रोणी वातीय प्रक्रमों द्वारा खाली हुए स्थान अथवा गड्ढे होते हैं।

ii) **रेगिस्तान कुट्टिम (Desert pavement)**: सूक्ष्म कणों के अपवाहन के बाद शैलों के बड़े कण यथा गुट्टिकाएं (pebbles; व्यास 4 से 64 मिमी) अथवा गोलाश्म (boulders; 256 मि.मी. से बड़े व्यास) जो वायु के द्वारा अपवाहित नहीं होते वे हजारों वर्ष वहीं पर पड़े रहते हैं। अपवाहन सूक्ष्म कणों को हटा देता है तब चिकने चमकदार सतह वाले गुट्टिका एवं गोलाश्म **निक्षेप** अथवा **रेगिस्तान कुट्टिम** के रूप में पड़े रह जाते हैं (चित्र 7.2)। यह अपस्फीति के द्वारा वातोढ़ क्रिया की अधिकतम सीमा को चिन्हित करता है। रेगिस्तान कुट्टिम से बड़ी बजरी की एक सतह बन जाती है जो आगे मिट्टी अथवा अवसाद को अपरदन से बचाता है।



चित्र 7.2: विषमांगी अवसाद से सूक्ष्म कणित पदार्थ के बह जाने के **परिणामस्वरूप निर्मित** रेगिस्तान कुट्टिम।

iii) **छत्रक मेज अथवा ज्यूगेन (Mushroom table and zeugen)**: वायु अपघर्षण से कठोर शैल की तुलना में अधोस्थित मुलायम शैल के अधिक कटने से कटक और खांचा विकसित होता है जिसके परिणामस्वरूप **छत्रक मेज** का निर्माण होता है। कठोर शैल के ऊपरी सतह वाला क्षैतिज कटक जिसका नति निम्न तथा संधि, प्रबल वायु के दिशा के लगभग समानान्तर होती है (चित्र 7.3)। ये अक्सर प्रबल वायु के दिशा में लम्बे होते हैं और इन्हें '**ज्यूगेन**' भी कहा जाता है।

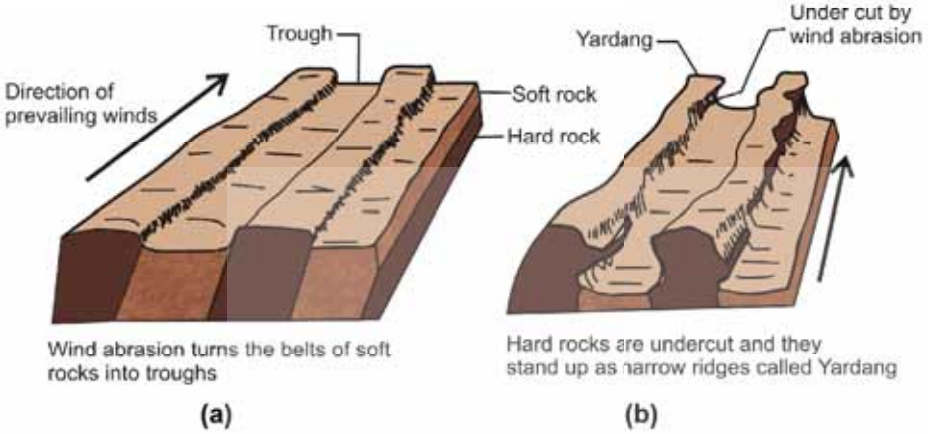


चित्र 7.3: छत्रक मेज दिखाता आरेख।

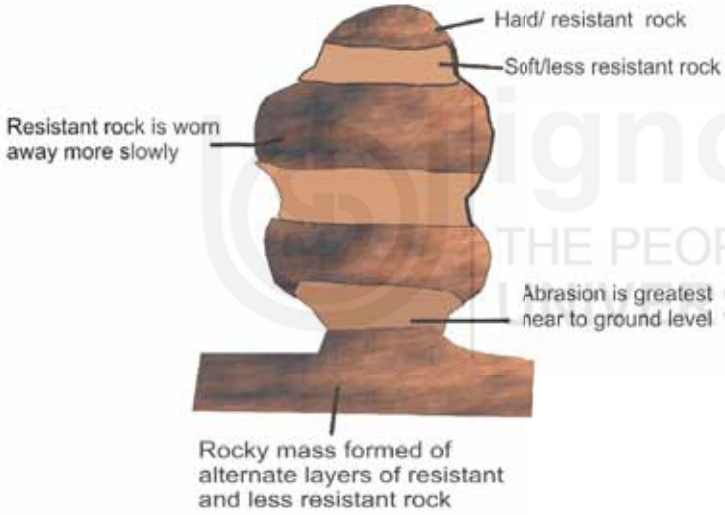
iv) **यारडांग (Yardang)**: यह एक लहरदार रेखीय पहाड़ी है जो वायु अपघर्षण, धूल और रेत और अपस्फीति की दोहरी क्रिया के द्वारा शैल अथवा ठोस य अर्ध ठोस पदार्थों के कटने से बनता हैं। यारडांग लम्बी आकृति वाला होता है जिसकी लम्बाई, चौडाई से तीन या अधिक गुना होती है (3:1 के अनुपात में) और ऊपर से देखने पर नाव के ऊपरी आवरण जैसा दिखता है। कठोर शैल 20 मीटर से अधिक ऊचाई तक खड़े रहते है (चित्र 7.4) तथा यह मध्य एशिया के रेगिस्तानों का सामान्य लक्षण है। ये सामान्यतयः (i) असममिति आकृति के होते हैं क्योकि वायु दिशा एक जैसी नही रहती और (ii) प्रतिपवन पूंछ दीर्घीकृत दिखती है।

v) **पीठिका शैल (Pedestal rock)**: वायु के द्वारा जब वजनी और बडे कण सतह के पास बचे रहते हैं तथा छोटे हल्के कण वायु के साथ उड़ कर ऊंचाई पर पहुंच जाते हैं तब इनका निर्माण होता है। जब ये कण रास्ते में आने वाले समांगी शैलों

से टकराते हैं तब ये खड़े शैल पिण्ड को इस तरह से रगड़ते हैं अथवा काटते हैं कि शैल का ऊपरी भाग चलते हुए कणों के हमले से बहुत संकरे स्तंभ पर संतुलित रहता है तथा परिणामस्वरूप इसकी आकृति पेडेस्टल पंखे की तरह होती है। इसे पीठिका शैल कहा जाता है (चित्र 7.5a, b और c)।



चित्र 7.4: यारडांग के विकसित होने की अवस्थाएं।



(b)

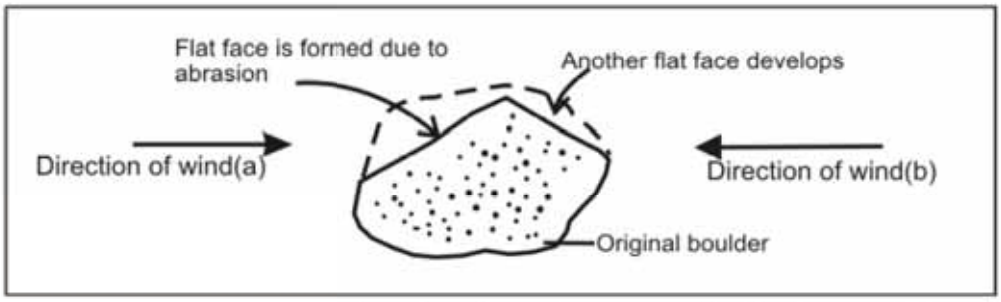
(c)

चित्र 7.5 : पीठिका शैल का निर्माण: a) अन्तरीय अपरदन के द्वारा निर्मित पीठिका शैल का आरेख; b) थार रेगिस्तान (Photo credit: Prof. K.L. Shrivastava); और c) मदन महल, जबलपुर में एक पीठिका शैल जो सामान्यतया संतुलित गोलाश्म के नाम से प्रसिद्व है। यह बड़े गेंद सदृश सिरा से अभिलाक्षणिक है, जो पतले गर्दन जैसा मूल शैल पिण्ड पर टिका हुआ है। (Photo credit: Prof. Vaibhava Srivastava)

vi) **वातगर्त (Blow-outs)**: ये पहाड़ी में चौडी छिछली गुफांऐ होती हैं जो वायु अपरदन से बनती हैं (चित्र 7.6)।

चित्र 7.6 : वातगर्त, थार रेगिस्तान का क्षेत्र फोटोग्राफ। (Photo credit: Prof. K.L. Shrivastava)

vii) **वायुघृष्टाश्म (Ventifacts)**: ये संरचनाएं वायु अपघर्षण से गोलाश्म और शैल सतहों पर उत्पन्न होती हैं। वायुघृष्टाश्म शैल है जो वायु प्रेरित बालू के द्वारा घिसे तथा बने गर्त जो खांचेदार, निक्षारित अथवा चिकने होते हैं (चित्र 7.7)।



चित्र 7.7 : वायुघृष्टाश्म के निर्माण को दर्शाता आरेख। ध्यान दीजिये की हवा दो दिशाओं से बह रही है।

7.2.3 निक्षेपण भूआकृतियां

हम अपरदन भूआकृतियों के बारे में पढ़ चुके हैं अब हम वायु क्रिया से विकसित निक्षेपित भूआकृतियों को पहचानेंगें। वायु, क्रिया के द्वारा निक्षेपण को **वायूढ़ निक्षेप** कहा जाता है। वायु पदार्थों को उनकी आकृति, वजन और आकार के अनुसार छटाई (sorting) के लिए बहुत अच्छा कारक है। वायु के वेग में कमी आने के कारण प्रकृति में अधिक छटे हुये हवा के द्वारा बहाये गये अवसादों का निक्षेप होता है।

हम निक्षेपित भूआकृतियों की व्याख्या करने से पहले वायूढ़ निक्षेप के कारणों के बारे में अध्ययन करें। वायु द्वारा निक्षेपण निम्नलिखित कारणो से हो सकता है :

- वायु के विस्थापन में बाधा जैसे खड़ी चटटानें, पेड़, झाड़ी, भवन इत्यादि।
- वायु वेग में कमी
- आर्द्रता में वृद्धि।

वायु कारक निम्नलिखित निक्षेपित भूआकृति बनाते हैं :

i) **लोएस (Loess)**: मृत्तिका और पांशु भाग लोएस की तरह निक्षेपित होता है ('लस' उच्चारित किया जाता है जैसे 'लक्स')। लोएस खंडज होता है, प्रधानतः मृत्तिका और पांशु आकृति के अवसाद, जो वायु प्रवाहित घूल से बना हुआ तथा महाद्वीपीय हिमनद के बार-बार आगे बढ़ने और पीछे हटने से दिखता है। लोएस समांगी, छिद्रिल, भुरभुरा, फीका पीला अथवा हल्का सुसंगत, विशेष रूप से असंस्तरित और अक्सर चूनेदार होता है (चित्र 7.8)। लोएस कण थोड़ा चिकना अथवा गोलाई लिये हुऐ कोणीय होता है और क्वार्ट्ज, फेल्स्पार, अभ्रक और दूसरे खनिजों से बना होता है। लोएस निक्षेप प्रचुर मिट्टी उत्पन्न करता है। जैसे उत्तरी चाईना में 300 मीटर मोटाई वाला लोएस निक्षेप मिलते है।

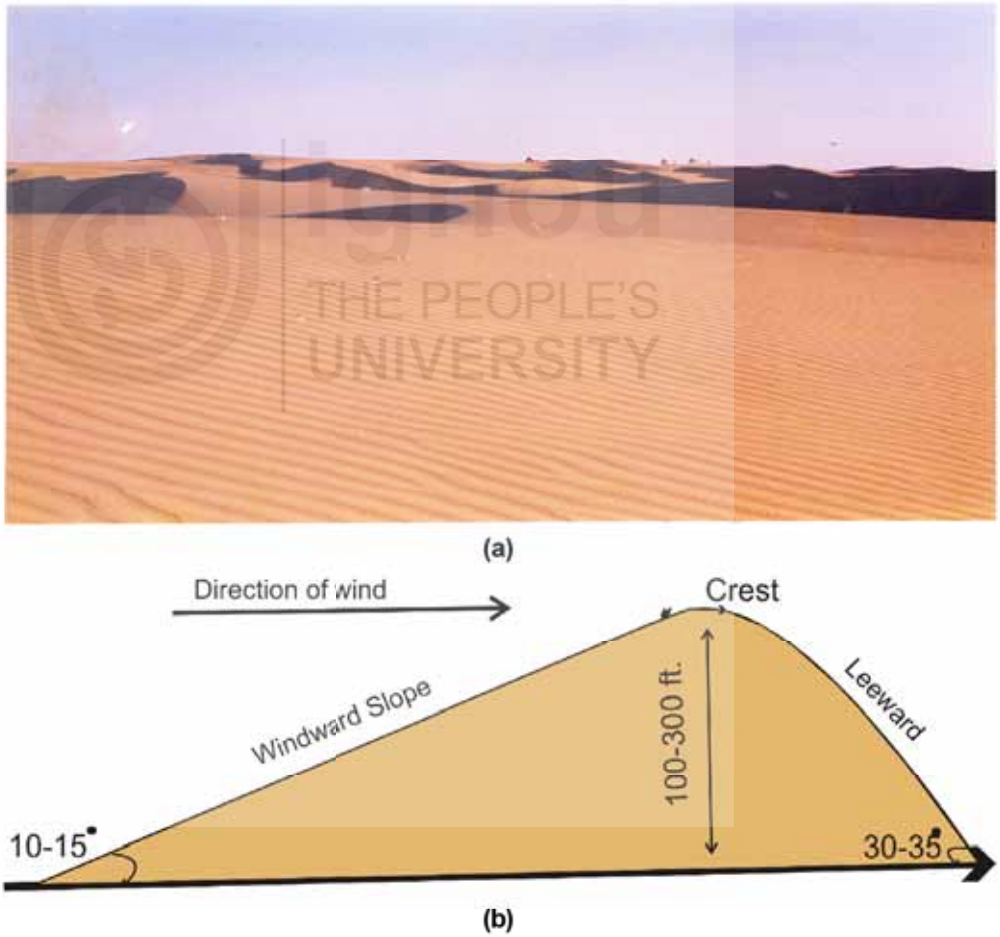
चित्र 7.8: दिल्ली कटक (Delhi ridge) पर निक्षेपित लोएस अवसाद, इग्नू परिसर, मैदानगढ़ी।

ii) **बालूका टिब्बा/स्तूप** : तीन प्रकार के रेगिस्तान होते हैः (i) **चट्टानी** (rocky) रेगिस्तान ज्यादातर बंजर, कठोर तथा पत्थरीले पठार के बने होते है जहां पर रेत बहुत कम मात्रा मे उपस्थित होती है, उदाहरण के तौर पर सहारा मरूस्थल, (ii) **पथरीला** (stony) रेगिस्तान ज्यादातर पत्थरीला होता है। उदाहरण बीकानेर का मरूस्थल, (iii) **बालूमय** (sandy) रेगिस्तान में रेत तथा कम वनस्पति पायी

जाती है, उदाहरण पोखरन, राजस्थान। जब आप रेगिस्तान के बारे में सोचते होंगे तो सबसे पहले दिमाग में बालू टिब्बा और टिब्बा क्षेत्र आता है (चित्र 7.9)। कई बार टिब्बा 300 मीटर ऊचाई तक बढ़ते हैं। टिब्बा निर्माण की अवस्थाएं हैं:

- मुक्त अवसादों की प्रचुर आपूर्ति यथा बालू;
- अवसाद विस्थापन के लिए पर्याप्त उर्जा यथा वायु वेग;
- अवरोध जिसके चारों ओर बालू एकत्र हो सके यथा खडी पहाड़ी, वनस्पतियों की गात्रा, तथा
- सूखी तथा शुष्क जलवायु।

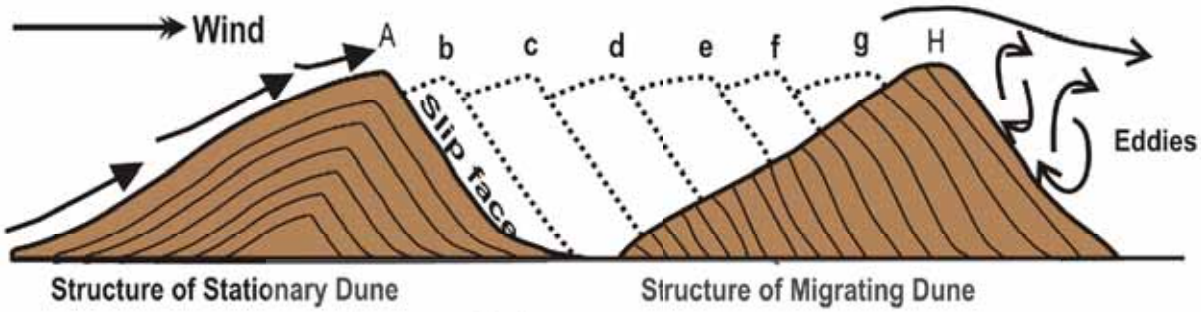
बालू टिब्बा शिखर सहित बालू निक्षेप का ढ़ेर अथवा कटक होता है (चित्र 7.9)। एक **आदर्श टिब्बा** में वायु की दिशा में लगभग 10 से 15^0 का सामान्य ढ़ाल होता है। दूसरी ओर इसमें इससे अधिक तीक्ष्ण प्रतिपवन ढ़ाल 30 से 35^0 होता है। इसकी ऊंचाई 100 से 300 फिट अथवा इससे अधिक होती है जो अपवाहक शक्ति अथवा उपस्थित पदार्थ पर निर्भर करता है।



चित्र 7.9 : **a) थार रेगिस्तान से टिब्बा क्षेत्र का छायाचित्र** (Photo credit: Prof. K.L. Shrivastava); **और b) टिब्बा का आकृति विज्ञान।**

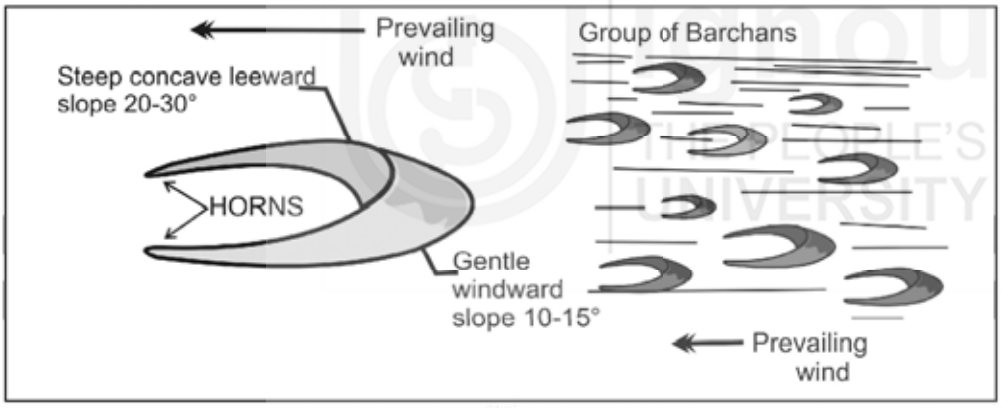
टिब्बे का प्रवसन : एक बालू टिब्बे का रेगिस्तान क्षेत्र में अक्सर एक स्थान से दूसरे स्थान को पवनाभिमुख (windward) विस्थापन अथवा प्रवसन होता है। वायु बालू कणों को वायु दिशा की ओर से उठा लेता है और प्रतिपवन (leeward) दिशा जिसे सर्पण पार्श्व भी कहा जाता है, की ओर गिरा देता है। एक टिब्बा बालू के प्रत्येक कण के विस्थापन से विकास

करता है जैसे जैसलमेर रेगिस्तान। स्थैतिक (stationary) और प्रवसनित (migrating) टिब्बो की संरचना चित्र 7.10 में दर्शायी गयी है।



चित्र 7.10: टिब्बों का प्रवसन

टिब्बो का प्रकार : टिब्बो को आकृति के आधार पर वर्गीकृत किया गया है। विभिन्न प्रकार के बालू टिब्बों के लक्षणों को सारणी 7.1 में संक्षेपण किया गया हैं इनके चार मुख्य प्रकार होते हैं। पहले तीन प्रकार के टिब्बे वायु के दिशा में साधारण ढ़ाल तथा प्रतिपवन (leeward) दिशा में तीक्ष्ण ढ़ाल सहित असममित होते हैं। चौथा प्रकार यानि **तारक टिब्बा**, भुजाओं और कटकों सहित जटिल होता है तथा वायु के विभिन्न दिशाओं में बहने के द्वारा बनता है (चित्र 7.12e)। आप इनके बारे में सारणी 7.1 में पढ़ेंगे। आप चापाकार टिब्बा - बरकान जो एक टिब्बे का प्रकार है, के समूह का अवलोकन चित्र 7.11 में कर सकते हैं।

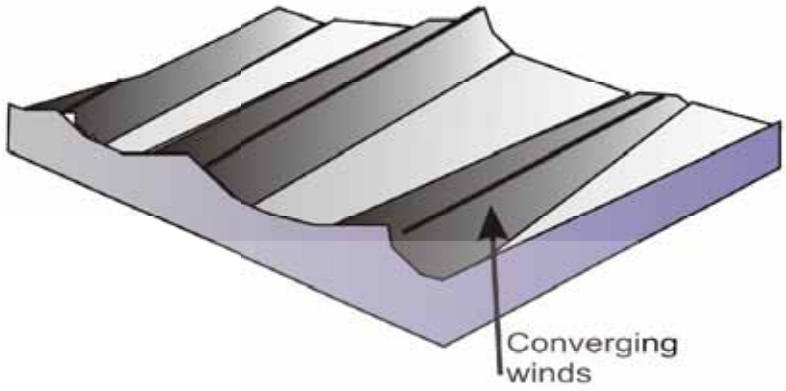


(a)

(b)

चित्र 7.11: a) टिब्बा क्षेत्र में बरकान टिब्बा और चापाकार आकृति बालू टिब्बा का आकृति विज्ञान; और b) थार रेगिस्तान से बरकान का क्षेत्र छायाचित्र। (Photo credit: Dr. L.K. Sinha)

(iii) **सीफ टिब्बा**: बरकान के सदृश्य होता है इसमें केवल एक पक्ष (wing) नहीं होता अथवा वायु की दिशाओ के अभिसरण से बनता है।

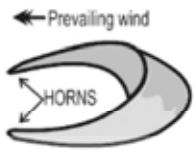
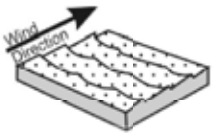
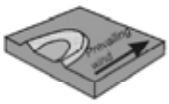
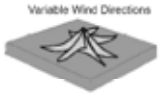


चित्र 7.12: सीफ टिब्बा।

(iv) **प्लाया**: रेगिस्तान द्रोणी के तलहटी पर समतल क्षेत्र को प्लाया कहते हैं और जब इसमें पानी एकत्र हो जाता है तब एक नखलिस्तान (oasis) बन जाता है। यदि प्लाया निक्षेप में अधिक लवणीय पदार्थ और लवण होता है तब इसे **लवणकच्छ** (salina) कहा जाता है। जैसा पहले उल्लेख किया जा चुका है कि जब भौमजल स्तर द्रोणी के तलहटी में प्रतिच्छेद करता है तब नखलिस्तान विकसित होता है।

सारणी 7.1: बालू टिब्बों के प्रकार को आकृति, कणों के आकार, वायु विशिष्टता और निक्षेप के वातावरण के आधार पर अभिलाक्षणित किया गया है। (स्रोत : Fletcher, 2011)

क्र.सं.	टिब्बा के प्रकार	चापाकार		परवलयाकार	अनुदैर्ध्य	तारक
		बरकान	अनुप्रस्थ			
1	आकृति	चापाकार चॉद, पतले होते सींग वायु दिशा की अनुदिश, तीक्ष्ण सर्पण फलक अवतल पार्श्व पर होता है।	लम्बा, तरंगित रेखीय कटक का अभिविन्यास वायु दिशा के अनुप्रस्थ होता है।	चापाकार चांद, सींग हवा के विपरीत दिशा को इंगित करता है	लम्बा, रेखीय अथवा हल्का लहरदार वालू कटक, सामान्यतया, लम्बाई से बहुत अधिक चौड़ाई	पिरैमिड आकृति एक बिन्दु से अथवा अधिक भुजाऐं निकलती हुयी
2	वायु विशिष्टता	एक दिशा से नियत वायु	नियत एवं माध्यम वायु गति एक दिशा में	परिवर्तनीय सामर्थ्य, एक दिशा में वायु	तेज, दो दिशा से बहने वाली एक समान वायु	वायु कई विभिन्न दशाओं में बहती है।
3	निक्षेपण वातावरण	सीमित वनस्पति, और अवसाद, अक्सर समतल अनावृत शैलों पर	सीमित वनस्पति, बरखान से अधिक अवसाद	रेत की अधिक आपूर्ति और सामान्य वनस्पति	बालू कटक की लम्बाई अक्ष कुल बालू विस्थापन दिशा के समान्तर होती है	ऊँचाई में बढ़ती है प्रवसन की अपेक्षा

4	कण आकार विशिष्टता	अति महीन से मध्यम बालू, बहुत अच्छी छंटाई	अति महीन से मध्यम बालू, बहुत अच्छी छंटाई	अति महीन से मध्यम बालू, बहुत अच्छी छंटाई	अति महीन से मध्यम बालू, बहुत अच्छी छंटाई	अति महीन से मध्यम बालू, बहुत अच्छी छंटाई
5	चित्र	 चित्र 7.12a बरखान टिब्बा	 चित्र 7.12b अनुप्रस्थ टिब्बा	 चित्र 7.12c परवलयाकार टिब्बा	चित्र 7.12d अनुदैर्ध्य टिब्बा	 चित्र 7.12e तारक टिब्बा

आप वायु के भूवैज्ञानिक कारक तथा वायु किया के द्वारा अपरदन और निक्षेपित भूआकृतियों के बारे में पढ़ चुके हैं। आप की प्रगति की जांच के लिए तथा भौमजल के भूवैज्ञानिक कार्य की व्याख्या करने से पहले हम 5 मिनट का समय देते हैं।

बोध प्रश्न 1

a) वायु को परिभाषित करें। हवा चलने का कारण क्या है ?

b) वायु अवघर्षण और संनिघर्षण के बीच अंतर बताइए।

c) वायु के लिए अपरदन का आधार तल क्या है?

d) एक टिब्बा का आरेख बनाकर आकृति को बताइए ?

7.3 जलस्तर और भौमजल का संचलन

जैसा कि हम जानते हैं कि पृथ्वी की सतह पर जल का प्रकटीकरण पदार्थ की तीनों ज्ञात अवस्थाओं जैसे ठोस (हिमनद के रूप में), तरल (जैसे जल) और गैस (जैसे वाष्प) में होता है। ये आपस में मिलकर **जलचक्र** संस्थापित करते हैं जो कमोबेश स्थिर होता है। इसके सभी रूपों का निर्णायक स्रोत बड़ा जलाशय जैसे महासागर होता है। जल समुद्र सतह से वाष्प के रूप में वाष्पित होता है जो वायुमण्डल में एकत्र होकर बरसात और हिमपात के रूप में पृथ्वी की सतह पर नीचे आता है। बरसात का जल सतह पर बहता है जो आपस में मिलकर सरिता का रूप लेता है अथवा रिसकर नीचे चला जाता है और भौमजल का निर्माण करता है। भौमजल, जलचक्र का एक जलाशय है और विश्व के ताजे जल की पूर्ति का लगभग 22 प्रतिशत निर्धारित करता है। यहाँ पर ध्यान देने योग्य है कि कई घटक जैसे भूमि की ढाल, भूमि का निर्माण करने वाले शैल का अभिवृति (attitude) सतह पर जल बहाव और रिसाव को प्रभावित करती है। सतह जल एवं भौमजल दोनों नीचे की ओर अन्त में समुद्र में जाते हैं और जलचक्र को पूरा करते हैं।

भौमजल का स्रोत बरसात तथा बर्फ का पिघलना है। उथली गहराईयों पर पदार्थ अवसंतृप्ति होते हैः छिद्र पूर्णतः जल से भरे हुए नहीं होते तथा उनमे कुछ वायु भी होती

है। इस स्तर को **अवसंतृप्ति क्षेत्र** (undersaturated zone) कहा जाता है, इसको **अधिभौमजलक्षेत्र** (vadoose zone) भी कहा जाता है। इसके नीचे **संतृप्ति क्षेत्र** है। यह प्रायः **अधौभौमजल** (phreatic zone) के नाम से जाना जाता है जिसमें छिद्र पूरी तरह जल से भरे रहते है। दोनों क्षेत्र के बीच की सीमा को **भौमजल स्तर** (groundwater table) जिसे प्रायः **जल स्तर** कहा जाता है (चित्र 7.13)। जल स्तर एक सतह है जो संतृप्ति क्षेत्र की ऊपरी सीमा को चिन्हित करती है। हम लोगों को यह समझना चाहिए कि जल स्तर जमीन की सतह के नीचे निश्चित नहीं रहता है। बल्कि किसी क्षेत्र में नूतन बरसात, सतह पर पानी के बहाव के द्वारा आयी कमी और पम्प के द्वारा जल निकासी की मात्रा के आधार पर बदलता है। जल स्तर ऊपर उठता है और इसको आसानी से नमी वाले समय में निरक्षण किया जा सकता है।

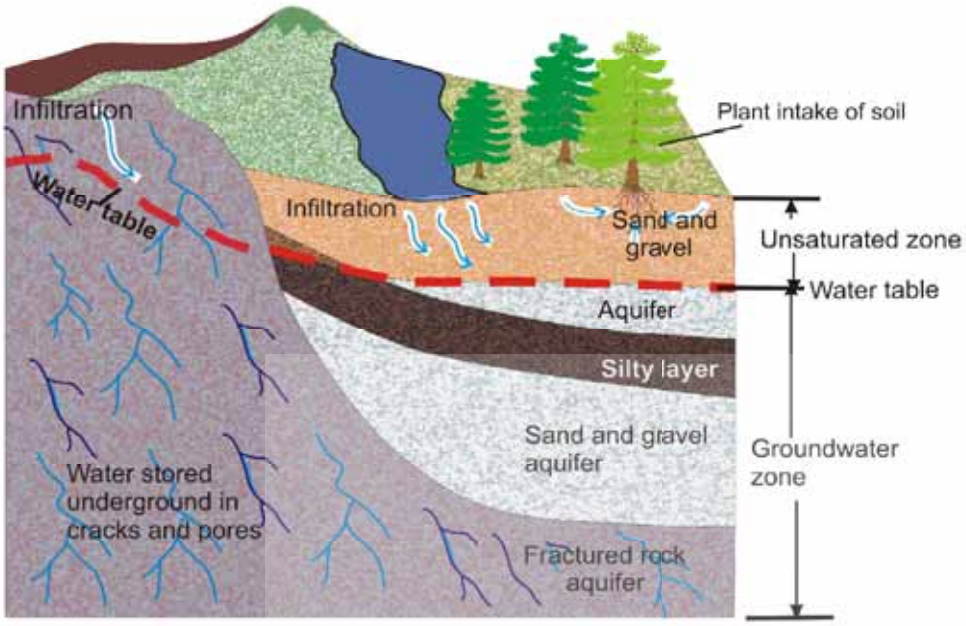
जल स्तर अपरदन और निक्षेपण दोनों एक महत्वपूर्ण कारक है तथा कार्स्ट स्थलाकृति (karst topography) और विभिन्न प्रकार की गुफा आकृतियों के विकास के लिए जिम्मेदार है। आइए हम भौमजल के गति के बारे में जानते हैं। जल किसी प्रणाली में प्रवेश करता है जब सतह का जल जमीन में रिसता है तथा शैल के छिद्रों से रिसने के द्वारा प्रणाली में जाता है और अन्त में धाराओं झरनों और झीलों में रिसाव के द्वारा प्रणाली को छोड़ देता है। इस बहाव रास्ते के अनुदिश भौमजल भूवैज्ञानिक कार्य करता है जो अधिकतर शैल के विलयन (solution) अथवा अवक्षेपण (precipitation) के परिणामस्वरूप होता है। भौमजल गुरूत्वबल के कारण नीचे को जाता है। यह सामान्यतया सतह स्थलाकृति का अनुसरण करता है और इसलिए यह एक नियमित तल अथवा अनियमित असमान सत्ह हो सकता है। भौमजल को निम्नलिखित घटक नियंत्रित करते हैं :

- जलवायु
- स्थलाकृति, तथा
- शैल अभिलक्षण जैसे पारगम्यता (permeability) और सरंध्रता (porosity)

सरंध्रता और पारगम्यता, पृथ्वी के पदार्थों जैसे मिट्टी, अवसाद और अवसादी शैलों का एक महत्वपूर्ण भौतिक गुण है जो कि भौमजल की मात्रा, उपस्थिति और गति के लिए अधिक जिम्मेदार होता है। जल, भूमि के द्वारा सोख लिया जाता है क्योंकि मिट्टी, अवसादों और शैलो में खाली स्थान अथवा छिद्र होते है। **सरंध्रता** पूर्ण आयतन का प्रतिशत अथवा कणों के बीच उपलब्ध रिक्त स्थान की मात्रा यथा मिट्टी अवसाद और अवसादी शैलों के कणों के बीच उपलब्ध छिद्र स्थान होता है। **पारगम्यता** द्रव संचारित करने के लिए भूमि पदार्थों का गुण और सामर्थ्य है। पारगम्यता केवल संरध्रता पर निर्भर नहीं है बल्कि छिद्र के आकार और आपसी संबंधों पर निर्भर है। हम लोग एक उदाहरण को पढ़ते हैं जो सरंध्रता और पारगम्यता के सम्बन्धों को बताएगा। मृत्तिका (Clay) अवसाद अधिक सूक्ष्म कणित होते हैं। इनमें मौजूद असुविधाजनक ढंग से जुड़े छिद्र इनको पारगम्यता प्रदान करते है।

7.4 भौमजल का सतह पर प्रकटीकरण

हम पिछले अनुभाग में संतृप्त और असंतृप्त क्षेत्र तथा जल स्तर के बारे में पढ़ चुके हैं। अब हम आपको भौमजल के सतह पर प्रकटीकरण के स्रोतों से परिचित कराते हैं।



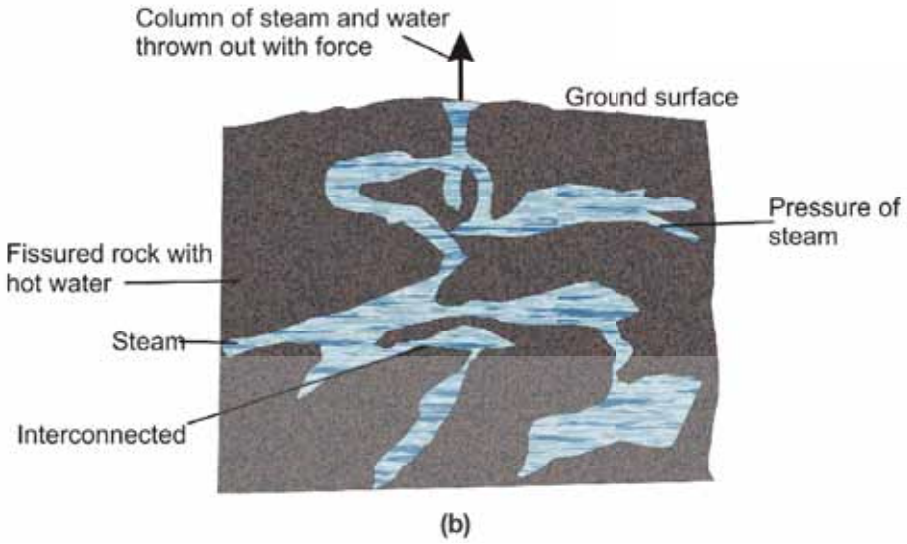
चित्र 7.13 : भूमि के नीचे जल संतृप्ति क्षेत्र जल स्तर के नीचे पाया जाता है।

- **झरना** : यह प्राकृतिक रूप से पाये जाने वाले सुराख होते हैं जिसके द्वारा जल बाहर आता है और सतह पर बहता है (चित्र 7.14a)।
- **गरम झरना** : जब जल पृथ्वी के भीतर गर्म स्रोत के संपर्क में आता है, कई स्थानों पर झरनों से गरम पानी बहार आता है (चित्र 7.14b)।
- **साधारण कुंआ** : इन कुंओं में जल स्तर के पास जल मिलता है। ये क्षेत्र में जल स्तर की गहराई को इंगित करते हैं।
- **नलकूप** : ये साधारण कुएं की तरह होते हैं लेकिन इसमें यांत्रिक तरीके से पानी निकासी के लिए छिद्र किया जाता है।
- **उत्सुत कूप (Artesian wells)** : ये विशेष प्रकार के कूप होते हैं जिसमें जल स्तर के द्वारा प्रेरित जल सतह पर एक **जलभृत** (aquifer) के रूप में निकलता रहता है। जलभृत, शैल समूह है जिससे कूपों में पर्याप्त मात्रा में भौमजल की पूर्ति होती है। जलभृत वह शैल संस्तर होते है जिनसे भौमजल प्रचुर मात्रा में पाया जाता है जिससे कुओं में आपूर्ति होती है। **जलीय प्रवणता** (hydraulic gradient) जलभृत में दो बिंदुओं की उचाई में अंतर का उनकी दूरी से भाग को कहते है। **अप्रवेस्थ** (imprevisious) शैलो में पायी जाने वाली पारगम्यता को कहते है।
- **उष्णोत्स (Geysers)** : ये गरम झरने होते हैं जिसमें कुछ अन्तराल पर गरम पानी और वाष्प बाहर आता रहता है। इसमें पानी फव्वारे की तरह कई सौ फीट तक ऊपर उठ जाता है। तापमान 70 से 90^0 के बीच होता है (चित्र 7.15a)। जैसे कि ये गरम झरने होते हैं अतः नीचे खाली स्थानों का ताप बढ़कर वाष्प बनता है। जिससे दाब बढ़ जाता है, जिसके कारण गरम पानी और वाष्प मुख से बाहर आता है और उष्णोत्स (geyser) का निर्माण करता है (चित्र 7.15b)।

(a)

(b)

चित्र 7.14: ताल कावेरी पश्चिमी घाट का प्राकृतिक झरना जो कावेरी नदी का स्रोत है; और b) मनीकरन, कुल्लू (हिमांचल प्रदेश) के पास गरम पानी का झरना। पानी का ताप इतना अधिक है कि जल में धातु के बर्तन रखकर चावल पकाया जा सकता है।



चित्र 7.15: a) रौतरवा, न्यूजीलैण्ड के पास उष्णोत्स निकलते हुए; और b) उष्णोत्स का कार्य।

7.5 भौमजल का भूवैज्ञानिक कार्य

हम जल स्तर, संबंधित शब्द और भौमजल के प्रकटीकरण के बारे में पढ चुके हैं। अब हम भौमजल के भूवैज्ञानिक कार्य और कार्स्ट स्थलाकृति के बारे में पढ़ेंगे। हम भौमजल की क्रिया द्वारा विकसित अपरदन और निक्षेपित भूआकृतियों को समझेंगें। चूना प्रस्तर (खनिज कैल्साइट- $CaCO_3$ से बना हुआ) क्षेत्र अथवा कुछ दूसरे घुलनशील शैल पदार्थ यथा सेंधा नमक में भौमजल के विलयन का प्रभाव विशिष्ट होता है। चूना प्रस्तर {डोलोमाइट, $CaMg(CO_3)$ सहित} जल में साधारणतया घुलनशील होता है, लेकिन यदि जल के विलयन में CO_2 होता है, तब यह चूना प्रस्तर का बहुत अच्छा विलायक हो जाता है। वायुमण्डल में लगभग 0.03 प्रतिशत कार्बन डाईआक्साइड होता है। इसके अतिरिक्त कार्बनिक पदार्थों के क्षय से मिट्टी में कार्बन डाईआक्साइड उत्पन्न होता है। ज्यादातर भौमजल हल्का अम्लीय होता है। चूना प्रस्तर के विभिन्न छिद्रों से जब भौमजल रिसता है तब हल्का अम्लीय जल कैल्साइट के साथ प्रकिया करके विलयक कैल्सियम बाईकार्बोनेट बनाता है। भौमजल की किया के द्वारा जो स्थलाकृति विकसित होती है इसे **कार्स्ट स्थलाकृति** (karst topography) कहा जाता है।

हम अनुभाग 7.6 में कार्स्ट स्थलाकृति के बारे में अध्ययन करेंगें।

7.5.1 अपरदन भूआकृतियां

भौमजल के द्वारा अपरदन में मुख्यतः रासायनिक क्रिया की विधियां होती हैं यथा विलयन, ऑक्सीकरण, जलीकरण, कार्बनीकरण इत्यादि जिनकी व्याख्या ईकाई 5 शैल अपक्षय में की गई है। आप भौम नलियों में भौमजल के प्रवाह के द्वारा हुए यांत्रिक अपरदन की उपेक्षा नहीं कर सकते। अब हम भौमजल की क्रिया के कारण विकसित अपरदन भूस्थलाकृति के बारे में सीखेंगे।

i) **भूस्खलन** : भौमजल शैलों में उपस्थित दरारों में प्रवेश करता है जो एक चिकनाई (lubricate) का कार्य करता है और विस्थापन में मदद करता है। अस्थिर शैल पिण्ड का गुरूत्व के कारण सर्पण हो सकता है और भूस्खलन हो सकता है।

ii) **गुफा (Cave)** : यह घुलनशील शैल जैसे चूना प्रस्तर (कैसियम कार्बोनेट का बना हुआ) में विलयन क्रिया के फलस्वरूप बनता है (चित्र 7.16)।

चित्र 7.16 : क्रेम मामलुह, खासी पहाड़ी, मेघालय से चूना प्रस्तर गुफा। (Photo credit: Prof. R. Baskar).

iii) **भौम चैनल (Underground channel)** : ये शैलों में मुख्यतः कार्बोनेट जैसे चूना प्रस्तर के घुलने के कारण विकसित भूमिगत सुरंग है जिससे भौमजल बहता है। ये चैनल एक दूसरे गुफाओं को जोड़ता है (चित्र 7.17)। छिछले भौमजल में कार्बन डाईआक्साईड घुल जाता है और हल्के अम्ल का निर्माण करता है। हल्का अम्लीय जल तब संधियों, विभंगों और संस्तर तलों के अनुदिश बहता और रिसता है, जिससे धीरे-धीरे चूना प्रस्तर घुल जाता है और छिद्र और बड़ा हो जाता है (चित्र 7.17, 7.18 और 7.19)। इससे घुलनशील शैल संस्तरों में जुड़े हुए गलियारों का प्रणाली तैयार हो जाती है जिसे गुफा कहते हैं जैसे हिमालयी क्षेत्र में अमरनाथ गुफा।

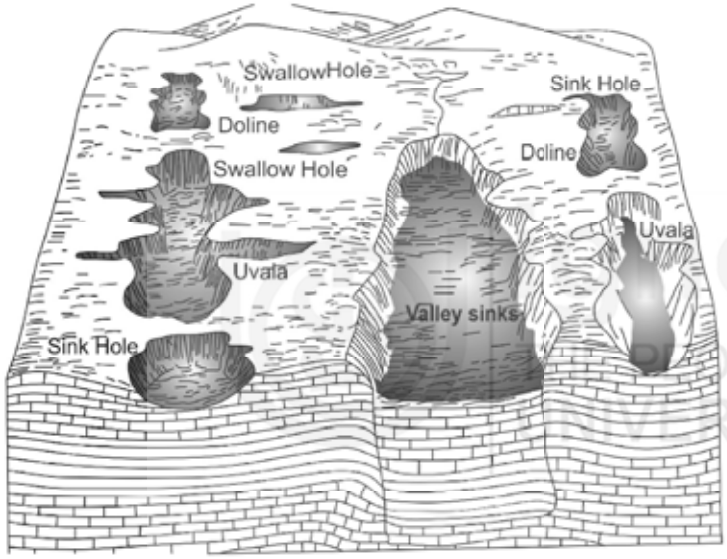
iv) **कंदरा (Cavern)** : ये चूना प्रस्तर में आपस में जुड़ी हुई गुहिकाएं हैं जो भौमजल के विलयन क्रिया के द्वारा बनती हैं। इन भूमिगत कन्दराओं में कभी-कभी नालियां बहती हैं (चित्र 7.17)। कन्दराएं क्षैतिज **गैलरी** और उर्ध्वाधर **शाफ्ट** (shaft) से जुड जाती हैं।

v) **विलय गर्त, घोल रंध्र/विलयन रंध्र, डोलाइन, सकुण्ड/युवाला** : ये द्रोणी आकृति अथवा कीप आकृति का विभिन्न आकारों का खोखला स्थान होता है जो चूना प्रस्तर क्षेत्र में भौमजल विलयन के द्वारा विकसित होता है। सतह जल के

चित्र 7.17: बाएं ओर को भूमिगत जल सुरंग दिख रहा है जो जल को मुख्य चैनल में लाता है।

विलयन में अच्छी मात्रा में CO_2 होता है। जब ये जल चूना प्रस्तर से नीचे रिसता है तब अच्छी मात्रा में शैल विलयन में चला जाता है। परिणामस्वरूप छत्र टूट जाता है और द्रोणी एक कीप का रूप ले लेता है। इस तरह सांद्रित विलयन लगभग वृत्ताकार गर्त का निर्माण करता है जिसे **घोल रंध्र** या **विलयन रंध्र** कहा जाता है। यह कार्स्ट स्थलाकृति का प्रमुख लक्षण है। घोल रंध्रों के बड़े गढ्ढों में सम्मिलन के कारण शंकु से लेकर बेलनाकार एवं एक मीटर से कम से लेकर सेकड़ों मीटर गहराई एवं चौड़ाई वाली आकृति को **डोलाइन** या **विलय रंध्र** कहा जाता है। जब विलयन रंध्र मिल जाता है तब बड़ी छतों के ढहने से बड़ा गढ़ढा बनता है उसे **सकुण्ड/युवाला** अथवा **घाटी गर्त** कहते हैं और यह पहले वाले भौमजल के रास्ते के अनुदिश रेखीय व्यवस्थित रहता है (चित्र 7.13)। डोलाइन और युवाला शब्द स्लैविक भाषा से है और पूर्व यूगोस्लाविया में प्रयोग किये जाते थे।

vi) **विलयन घाटी** : चूना प्रस्तर क्षेत्र की घाटी में जब कई विलयन लक्षण आपस में मिल जाते है तब उसे विलयन घाटी कहा जाता है।



चित्र 7.18: विलय गर्त, घाटी गर्त, डोलाइन विलय रंध्र और युवाला को दर्शाता आरेख चित्र।

7.5.2 निक्षेपण भूआकृतियां

हमने भौमजल के अपरदन क्रिया के कारण विकसित भूआकृति के बारे में पढ़ा। अब हम लोग भौमजल के कार्य से बनने वाले निक्षेपित भूआकृति के बारे में पढ़ेगें।

i) **गीजराइट (Geyserite)**: उष्णोत्स में गरम पानी में कई पदार्थ घुले रहते हैं। जब यह सतह पर आता है तब ठंडा हो जाता है और पदार्थ ऐसे झरने के मुंह पर गीजराइट अथवा सिन्टर (sinter) निक्षेप के रूप में निक्षेपित हो जाते हैं (चित्र 7.19)।

ii) **प्रतिस्थापन (Replacement)**: रिसने वाला पानी अपने साथ विलयन में कुछ पदार्थ को अपने साथ ले जाता है और एक समान आयतन का पदार्थ जो विलयन में पानी के साथ रहता है निक्षेपित हो जाता है। ऐसा प्रतिस्थापन सामान्यतया अणु का अणु द्वारा होता है जिससे घुलनशील पदार्थ की मूल संरचना बनी रहती है। विलेय पदार्थ कम विलेय पदार्थ के द्वारा विस्थापित होता है जैसे अश्मीभवन।

iii) **अश्मीभवन (Petrification)**: इस प्रकिया में सेल्यूलोज़ का सिलीका द्वारा प्रतिस्थापन होता है। क्योंकि यह प्रतिस्थापन आयतन का आयतन द्वारा होता है, लकड़ी की संरचना पूरी तरह से संरक्षित होती है।

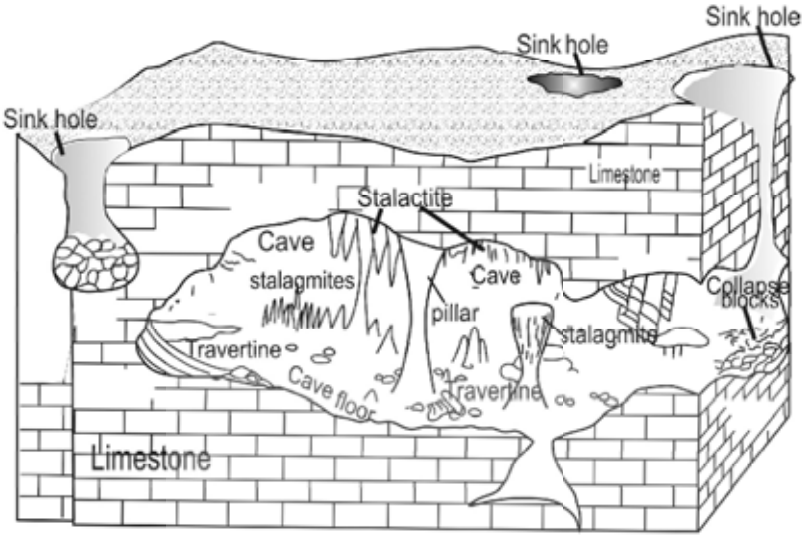
चित्र 7.19: रौतरवा, न्यूजीलैण्ड के पास उश्णोत्स के चारों ओर गीइजराइट की वेदिका बनी हुई है।

iv) **जियोड (Geode)** : अल्पसिलिक ज्वालामुखीय शैलों में उपस्थित खाली स्थान में आमतौर पर सिलिका, कैल्साइट, जिओलाइट इत्यादि के विलयन, जो भौमजल के द्वारा विलयन में लाया गया था भर जाता है।

v) **कंकड़** : भौमजल के रिसने पर अनियमित आकृति एवं आकार के कंकड़ बनते हैं। ये ग्रंथिल आकृति के होते हैं और अवसादी संस्तरों में अथवा सतहों पर होते हैं। ये घिरी हुई शैलों से कठोर होते हैं और विशेषतः खड़े रहते हैं जैसे कंकड़ जो कैल्सियम कार्बोनेट के निक्षेप से बनता है।

vi) **आश्चुताश्म/स्टैलैक्टाइट और निश्चुताश्म/स्टैलैग्माइट**: ये चूना प्रस्तर की गुफाओं में निक्षेपण आकृति हैं। ये $CaCO_3$ के बने होते हैं। स्टैलैक्टाइट, गुफाओं की छत से लटकता हुआ द्रव्यमान है। जब कि स्टैलैग्माइट गुफा की तलहटी में बना हुआ निक्षेप है (चित्र 7.19)। स्टैलैक्टाइट लम्बा इकहरा द्रव्यमान है जबकि स्टैलैग्माइट मोटा होता है। कृपया नोट करें कि स्टैलैक्टाइट में 'C' छत (ceiling) को तथा स्टैलैग्माइट में 'G' जमीन (ground) को इंगित करता है। कभी-कभी छत का स्टैलैक्टाइट और फर्श का स्टैलैग्माइट आपस में मिलकर स्तम्भ (pillar) बनाते हैं जिसकों स्तम्भी निक्षेप कहा जाता है। इन गुफा निक्षेपों को सामूहिक रूप से द्रप्साश्म (dripstone) कहा जाता है। उदाहरणार्थ हम इन लक्षणों को सहस्त्रधारा क्षेत्र देहरादून उत्तराखण्ड में निरीक्षण कर सकते हैं। गुहागौण निक्षेप (speleothem) गुफाओं में निक्षेपित रसायनिक निक्षेप के लक्षण का जातीय शब्द है। गुहागौण निक्षेप कई प्रकार के गठनों और आकृतियों में विकसित होता है।

vii) **कैल्सियमी टूफा** : $CaCO_3$ गुफा की फर्श पर परत के रूप में निक्षेपित होता है। आप इसे चित्र 7.20 में देख सकते हैं।



(a)

(b)

चित्र 7.20: a) विलयन रंध्र, गुफा, स्टैलैक्टाइट, स्टैलैग्माइट और गुफा स्तम्भ को दिखाता हुआ आरेख; और b) क्रेम मॉमलूह, खासी पहाड़ी, मेघालय से आश्चुताश्म/स्टैलैक्टाइट, निश्चुताश्म/स्टैलैग्माइट और द्रप्साश्म (स्तम्भ)। (Photo credit: Dr. Sushmitha Baskar)

बोध प्रश्न 2

a) भौमजल के संचालन को नियंत्रित करने वाले घटकों की सूची बनाएं।

b) स्टैलैक्टाइट और स्टैलैग्माइट क्या हैं?

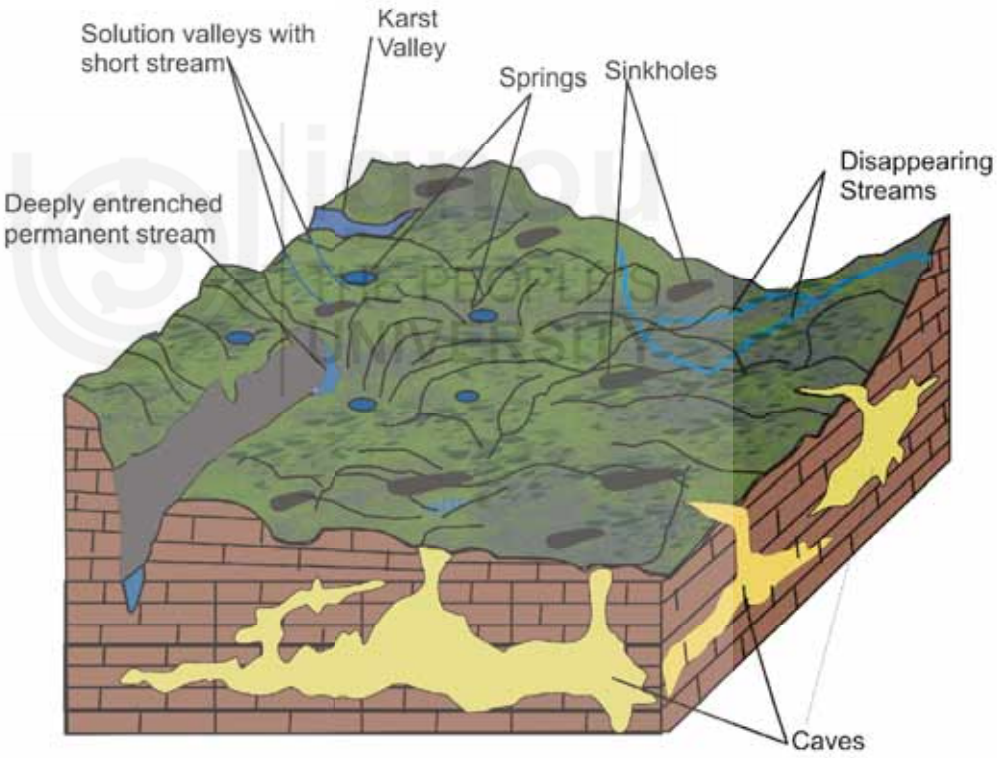
c) गुफा कैसे बनती है?

d) गीइजराइट क्या है?

e) भौमजल के सतह प्रकटीकरण की सूची दें।

7.6 कार्स्ट स्थलाकृति

विभिन्न प्रकार के अपरदन लक्षणों को दर्शाने वाला चूना प्रस्तर क्षेत्र के अनियमित स्थलाकृति को कार्स्ट स्थलाकृति के नाम से जाना जाता है। इसका टाइप क्षेत्र यूगोस्लाविया और उत्तर पश्चिम इटली है। विभिन्न अपरदन और निक्षेपित लक्षण (जिनको पूर्व के दो अनुभागों में पढ़ चुके हैं) के साथ बहुत दूसरे भी कार्स्ट स्थलाकृति में पाए जाते हैं (चित्र 7.21)। इटेलियन शब्द कार (Kar) जिसका अर्थ है शैल का जर्मन रूप कार्स्ट है। इटालियन शब्द कॉर्सो (Carso) है और स्लोवेनियन शब्द में क्रास (Kras) अथवा कर्स (Krs) का अर्थ है नंगी पथरीली जमीन और एक उबड़ खाबड़ क्षेत्र। कार्स्ट स्थलाकृति का टाइप क्षेत्र यूगोस्लाविया तथा उत्तर इटली है। कार्स्ट स्थलाकृति का निर्माण चूना प्रस्तर शैल मे भौम विलयन के परिणामस्वरूप होता है। यह अनियमित सतह लक्षण स्थानीय शैल यथा चूना प्रस्तर के अन्तरीय अपरदन के द्वारा बनता है। विलय गर्त, कन्दरा, भौम चैनल और विलयन घाटी के निर्माण से जल विहीन उबड़ खाबड़ तल वाला विशिष्ट सतह लक्षण उत्पन्न होता है जैसे टपकेश्वर, देहरादून, उत्तराखंड।



चित्र 7.21: गुफा, चैनल, विलय गर्त और विलयन घाटी वाला **कार्स्ट स्थलाकृति।**

7.7 सारांश

पृथ्वी का भूदृश्य विभिन्न भौमिकीय कारकों यथा पवन और भौमजल के द्वारा लक्षित है। अब हमने इस इकाई में जो सीखा हैं उसे संक्षेप में देखते हैं।

- वायु अपरदन से अपरदन भूस्थलाकृतियां यथा अपस्फीति द्रोणी, रेगिस्तान कुट्टिम, छत्रक मेज, यारडांग, पीठिका शैल और वायुघृश्टाश्म बनती हैं। जो अपस्फीति, अपघर्षण और संनिघर्षण विधियों से होता है। वायु के द्वारा उत्पन्न अवसादों को तरंगित, कर्षण, वल्गन अथवा निलंबन के द्वारा परिवहित किया जाता है। जिससे निक्षेपित भूस्थलाकृति जैसे लोएस निक्षेप और बालू टिब्बा बनता है।

- भौमजल वह जल है जो नीचे की ओर रिसता है। असंतृप्त और संतृप्त क्षेत्र के बीच की सीमा को भौमजल स्तर अथवा जल स्तर कहा जाता है। भौमजल का स्रोत बरसात और हिमानी गलन है। झरना, साधारण कूप नलकूप, उत्सुत कूप गरम झरना और उष्णोत्स भौमजल का प्रकटीकरण है। भौमजल की क्रिया से विकसित स्थलाकृति को कार्स्ट स्थलाकृति कहते हैं।
- भौमजल के द्वारा अपरदन में रासायनिक क्रिया की विधियां सन्निहित हैं। परिणामस्वरूप भूस्खलन, गुफा, भौम चैनल, कन्दरा और विलयन गर्त अपरदन भूआकृतियां हैं। CO_2 के कमी होने के कारण भौमजल के निक्षेपण से निक्षेपित भूआकृति जैसे गीइजराइट, कैल्सियमी टूफा, प्रतिस्थापन, जियोड, कंकड़, स्टैलैक्टाइट, स्टैलैग्माईट और द्रप्साश्म इत्यादि बनती हैं।
- बाह्य कारको के भूवैज्ञानिक कार्य जैसे नदी, वायु और भौमजल जिनको हम पूर्व के इकाई में पढ़ चुके हैं को सारणी 7.2 में दिया गया है।

सारणी 7.2 बाह्य कारकों के द्वारा किया गया भूवैज्ञानिक कार्य।

भूवैज्ञानिक कार्य		वायु	नदी	भौमजल
अपरदन	अपरदन संबंधी प्रकम	अपस्फीति, अपघर्षण, संनिघर्षण	संक्षारण/विलयन क्रिया, जलीय क्रिया, अपघर्षण, संनिघर्षण	रासायनिक क्रिया, यांत्रिक क्रिया
	अपरदित भूआकृति	अपस्फीति, द्रोणी, रेगिस्तान, कुट्टिम, छत्रक मेज, ज्यूगेन, यारडांग, पीठिका शैल, वायुघृष्टाश्म	आकृति घाटी, पॉट होल्स, गार्ज, झरना।	भूस्खलन, गुफा, भौम चैनल, कन्दरा, संधियों का चौड़ीकरण, कार्स्ट स्थलाकृति
परिवहन	परिवहन संबंधी प्रकम	कर्षण, वल्गन, निलंबन	विलयन, निलंबन, कर्षण, तरंगित, उछाल	विलयन में
	निक्षेपण के कारण	अवरोध, वेग में कमी, बरसात	ढ़ाल और आयतन में कमी, नदी संस्तर चौड़ीकरण, अवरोध विसर्पण, बजरी में ढलना	CO_2 में कमी, वाष्पीकरण, ताप में कमी, दाब में कमी, रासायनिक क्रिया
निक्षेपण	निक्षेपण भूआकृति	लोएस, टिब्बा, चापाकार, परवलायाकार, अनुदैर्ध्य, अनुप्रस्थ, तारक, प्लाया, लवणकच्छ, रेगिस्तान	जलोढ़ पंख और शंकु, गुंफित और विसर्पी नदी निक्षेप, चाप झील, बाढ़ का मैदान, जलोढ़ निक्षेप, लेवी, डेल्टा, बार, स्पीट, हुक	गीइजराइट, प्रतिस्थापन, जिओड, कंकड़, स्टैलैक्टाइट, स्टैलैग्माइट, कैल्सियमी टूफा

7.8 क्रियाकलाप

जिस किसी भी क्षेत्र में आप रह रहे हो, देख रहे हो अथवा कार्य कर रहे हो वहॉ पर हमेशा अपनी चारों ओर प्रकृति का निरीक्षण करने मिलन-जुलने और आनन्द उठाने का अवसर होता है।

1. अपने कम्प्यूटर में घर पर अथवा इंटरनेट कैफे में "गुगल अर्थ" में नदियों, पर्वतों, रेगिस्तान और हिमालयी क्षेत्रों को देखें और इस इकाई में पढ़ें और इस इकाई में पढ़े हुये विभिन्न प्रकार के अपरदन और निक्षेपित भूआकृति की पहचान करने की कोशिश करें।

2. अपने क्षेत्र में उपस्थित भूआकृति को गुगल अर्थ छायाचित्र पर पहचान करने की कोशिश करें।

3. जिन भूआकृतियों को आपने गुगल अर्थ छायाचित्र में पहचान किया हैं उसे अब जमीन पर निरीक्षण करने की कोशिश करें।

4. एक धूल भरी आंधी अथवा गरमी के समय की एक शाम आप चारों ओर धूल जैसा पा सकते हो। थोड़े बरसात के बाद वायुमण्डल चारों ओर साफ हो जाता है। ऐसा क्यों है? बालू और धूल कहाँ चली जाती है?

7.9 सात्रिक प्रश्न

1. "वायु एक वाहन कारक के रूप में" का विस्तृत विवरण दीजिए।

2. वातोढ़ अपरदन भूआकृति का वर्णन कीजिये। जहॉ कहीं आवश्यकता हो रेखांकित चित्र बनाइये।

3. भौमजल के भूवैज्ञानिक कार्य के द्वारा उत्पन्न निक्षेपित भूआकृतियों की व्याख्या कीजिये।

4. बालू टिब्बा के प्रवसन के बारे में संक्षेप में लिखिये तथा रेखांकित चित्र बनाइए।

5. वायु, नदी और भौमजल के द्वारा उत्पन्न अपरदन और निक्षेपित भूआकृति की सूची तैयार कीजिये।

7.10 सन्दर्भ

- Fletcher, C., (2011) Physical Geology, The Science of Earth. John Wiley & Sons, 679p.
- www.flashearth.com (वेबसाइट 15 दिसंबर 2014 को देखा गया)

7.11 आगे / प्रस्तावित अध्ययन

- Dutta, A.K. (2010) (Reprinted), Introduction to Physical Geology, Kalyani Publishers, Ludhiana, 250p.
- Mahapatra, G.B. (2013) (Reprinted) A Textbook of Geology, CBS Publishers, New Delhi, 366p.
- Verma, V.K. (2002) Lectures on Geomorphology, Pilgrims Book Pvt. Ltd. Delhi, 485p.

7.12 उत्तर

बोध प्रश्न

1. a) हवा में गति के रूप में वायु को परिभाषित किया जा सकता है। यह दाब में परिवर्तन के द्वारा उत्पन्न होता है। हवा उच्च दाब से निम्न दाब की ओर बहती है। जितना दाब अधिक होगा उतना ही वायु वेग में अन्तर होगा।

   b) दोनों अपघर्षण और संनिघर्षण वायु अपरदन की विधियां है। अपघर्षण में कण वायु के द्वारा चलता है, और रास्ते में पड़ने वाले शैलों से टकराता है। दूसरी ओर संनिघर्षण में हवा के साथ चलने वाले कण आपस में टकराते हैं जिससे गोलाकार और छोटे हो जाते हैं।

   c) आधार तल वह तल है जिसके नीचे अथवा पार में अपरदन की विधियां निस्प्रभावी हो जाती है। जल की उपस्थिति में वायु निष्प्रभावी हो जाती है। अतः जल स्तर वायु अपरदन का आधार तल होता है।

   d) एक आदर्श टिब्बा में वायु की दिशा की ओर 10 से 15^0 का साधारण ढाल होता है। दूसरी ओर 3 से 35^0 का अधिक तीक्ष्ण प्रति पवन ढाल होता है। वाहन क्षमता और उपस्थित पदार्थ के आधार पर इनकी ऊँचाई 100 से 300 फीट तक अथवा अधिक होता है।

2. a) जलवायु, स्थलाकृति और शैल लक्षण जैसे पारगम्यता और संरध्रता।

   b) झरने, गरम झरने, साधारण कूप, नलकूप, उत्स्रुत कूप, जल भृत् और उष्णोत्स।

   c) घुलनशील शैल जैसे चूना प्रस्तर में विलयन क्रिया के फलस्वरूप गुफाऐं बनती हैं। हल्का अम्लीय जल संधियों विभंगो और संस्तर तल के अनुदिश बहता और रिसता है तथा धीरे-धीरे चूना प्रस्तर घुलता रहता है और दरारे और बड़ी हो जाती हैं जो घुलनशील संस्तर शैलों में आपस में जुडें हुए रास्ता बना देता है।

   d) जब उष्णोत्स से गरम पानी सतह पर आता है, यह ठंडा हो जाता है तथा ऐसे झरनों के मुख के चारों ओर पदार्थ निक्षेपित हो जाता है जिसे गीइजराइट कहा जाता है।

   e) वे चूना प्रस्तर गुफा में निक्षेपित लक्षण होते है तथा वे $CaCO_3$ से संघटित है। गुफा के छत से लटकने वाला द्रव्यमान आश्चुताश्म (स्टैलैक्टाइट) होता है। जबकि निश्चुताश्म स्टैलैग्माइट निक्षेप गुफा के आधार पर बनता है। स्टैलैक्टाइट लम्बा इकहरा होता है जबकि स्टैलैग्माइट मोटा होता है।

सात्रिक प्रश्न

1. उपअनुभाग 7.2.1 का संदर्भ लें। वायु के द्वारा परिवाहित तीन प्रकार के भार की व्याख्या कीजिये और उनके परिवहन के अवस्थाओं को बताइये।

2. उपअनुभाग 7.2.2 का संदर्भ लें। पहले वायु क्रिया के तीन विधियों जैसे अपस्फीति, वायु अपघर्षण और वायु संनिघर्षण की व्याख्या कीजिये। अपरदन भूआकृति जैसे अपस्फीति द्रोणी, छत्रक मेज अथवा ज्यूगेन, यारडांग, पीठिका शैल और वायुघृष्टाष्म की विवेचना कीजिये।

3. उत्तर के लिये उपअनुभाग 7.2.3 का संदर्भ लें। टिब्बों के आकृति विज्ञान एवं प्रवसन को दिखाने के लिए चित्र 7.9 और 7.10 को बनाएं।

4. उपअनुभाग 7.2.4 का संदर्भ लें। आप गीइजराइट, प्रतिस्थापन, जियोड, कंकड़, स्टैलैक्टाइट और स्टैलैग्माइट की व्याख्या कर सकते हैं।

5. सारांश सारणी 7.2 में उल्लेखित सारणी का संदर्भ लें।

ignou
THE PEOPLE'S
UNIVERSITY

इकाई 8

हिमनदों और महासागरों के भूवैज्ञानिक कार्य

इकाई की रूपरेखा

8.1 प्रस्तावना
अपेक्षित लक्ष्य
8.2 हिमनदों के भूवैज्ञानिक कार्य
हिमनदों के प्रकार
हिमनदों की आकारिकी
अपरदन प्रकियाएं
अपरदन भूआकृतियां
हिमनदीय परिवहन
निक्षेपण भूआकृतियां
8.3 महासागरों के भूवैज्ञानिक कार्य
अपरदन प्रकियाएं
अपरदन भूआकृतियां
परिवहन
निक्षेपण भूआकृतियां
8.4 सारांश
8.5 क्रियाकलाप
8.6 सात्रिक प्रश्न
8.7 संदर्भ
8.8 आगे / प्रस्तावित अध्ययन
8.9 उत्तर

8.1 प्रस्तावना

पूर्व की इकाइयों में हमने कुछ कारक जैसे वायु, नदी एवं भूमिगत जल द्वारा किये जाने वाले भूवैज्ञानिक कार्यों के विषय में अध्ययन किया। हमने पृथ्वी की सतह की आकृतियों के निर्माण हेतु संलग्न अपरदन प्रक्रियाओं के विषय में भी विचार-विमर्श किया। इसके साथ ही हमने इन कारकों द्वारा निर्मित होने वाले अपरदन तथा निक्षेपणात्मक स्थलाकृतियों के विषय में भी अध्ययन किया। अब इस इकाई में हम भूवैज्ञानिक कारकों जैसे हिमनद, समुद्र तथा महासागरों के विषय में जानकारी प्राप्त करने के साथ-साथ उनके द्वारा निर्मित होने वाली भूआकृतियों से भी अवगत होंगे। समुद्र अथवा महासागर के जल पर तरंगों द्वारा अवसादों को तट पर लाना तथा वापस ले जाने की प्रक्रिया देखना रोमांचकारी लगता है। इस इकाई में समुद्री प्रक्रिया के फलस्वरूप विकसित होने वाले भूआकृतियों का अध्ययन करेंगे। इसी प्रकार घाटी के निचले हिस्से में हिमनद की गति के फलस्वरूप हिमनदीय प्रक्रिया के कारण अपरदन तथा निक्षेपण प्रक्रिया आरंभ होती है।

अपेक्षित लक्ष्य

हम अपेक्षा करते है कि इस इकाई का अध्ययन करने के पश्चात् आप :

- ❖ हिमनद को परिभाषित, तथा उसके प्रकार एवं आकारिकी पर चर्चा कर सकेंगें;
- ❖ हिमनद के भूवैज्ञानिक कार्यों की अपरदन प्रक्रिया को समझा सकेंगें;
- ❖ हिमनद के परिवहन पर चर्चा करने में सक्षम होगें;
- ❖ हिमनद के भूवैज्ञानिक कार्यों के फलस्वरूप विकसित अपरदन एवं निक्षेपण भूआकृतियों की सूची बनाने में सक्षम होगें;
- ❖ महासागरीय अपरदन प्रक्रियाओं की पहचान कर सकेंगे; तथा
- ❖ महासागरीय अपरदन तथा निक्षेपण के फलस्वरूप विकसित भूआकृतियों का वर्णन कर सकेंगें।

8.2 हिमनदों के भूवैज्ञानिक कार्य

शायद आपने हिमनद देखा होगा। आइये इसे परिभाषित करें।

हिमनद बर्फ की नदी हैं जो गुरूत्व के कारण प्रवाहित होती हैं। भूवैज्ञानिकों की राय में हिमनद भूसतह पर बर्फ का पिंड है जो नीचे ढाल की तरफ पने संग्रहण/जमाव स्थल से दूर प्रवाहित होता है। हिमनद एक दिन में एक सेंटीमीटर के कुछ हिस्से से लेकर कई मीटर तक खिसकते हैं।

हिमरेखा (snowline) स्थायी बर्फ अथवा हिम की सबसे निचली रेखा होती है। यह वह रेखा है जहां तक ग्रीष्म ऋतु में बर्फ पिघलती है। हिमरेखा के उपर सभी ऋतुओं में बर्फ सदैव उपस्थित रहती है। आईये अब हम **बर्फ** एवं **हिम** में अंतर स्पष्ट करें।

ताजा गिरी हुई हिम परतदार, अत्यंत हल्की एवं संरन्ध्री होती है (चित्र 8.1)। इसे हिम कहते है। हिम के टुकडे दानेदार बर्फ के पिंड में परिवर्तित होते हैं **इन्हें** फैंच भाषा में '*नेवे*' तथा जर्मन भाषा में '*फर्न*' कहा जाता है। जब दानेदार हिम के कण अधिक सघन होते हैं तो वायु भी इनमें प्रवेश नहीं कर पाती और तब इसे **बर्फ** कहा जाता है। तापक्रम, दाब तथा आर्द्रता के प्रभाव में हिमनद निर्माण की प्रक्रिया आरंभ होती है। हिमपात के दौरान हिम के कण लगातार गिरकर एकत्रित होते रहते हैं, इस वजह से हिम आच्छादित क्षेत्र की मोटाई में लगातार वृद्धि होती है। मोटाई में हो रही लगातार वृद्धि से हिम की अधः स्थित परत पर दाब में वृद्धि होती है। बर्फ अधिक मोटी होती जाती है और पहाड़ी के निचले हिस्सों की तरफ गुरूत्व के प्रभाव के कारण लुढ़कती है। बर्फ की यह गति किनारों की तुलना में मध्य के हिस्से में अधिक होती है।

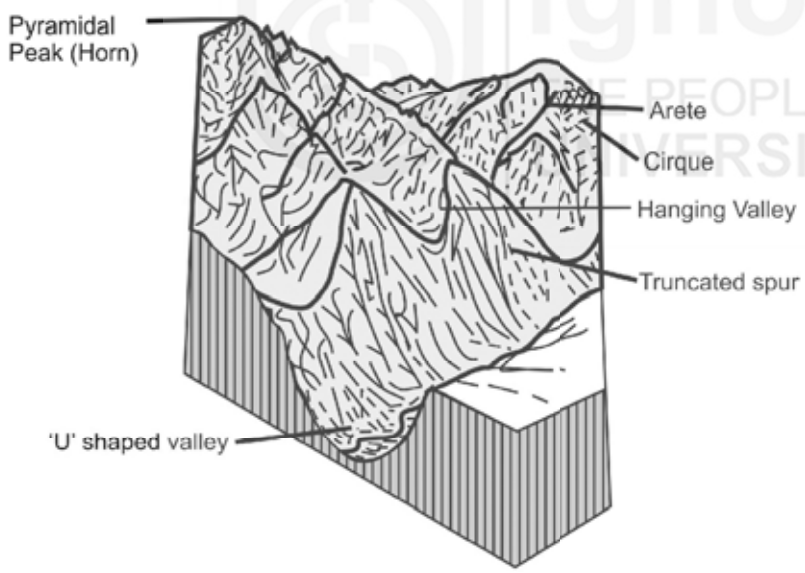
8.2.1 हिमनदों के प्रकार

हिमनदों के तीन मुख्य प्रकारों की पहचान की गई है -

a) **पहाड़ी/घाटी हिमनद** : पहाड़ी/घाटी हिमनद (mountain valley glacier) अल्पाइन हिमनद के नाम से भी जाना जाता है। यह हिमरेखा के ऊपर उपस्थित रहते हैं तथा पूर्व में उपस्थित घाटियों को अधिग्रहित करते हैं। **लटकते हिमनद** (hanging glacier) हिम की वे शाखाएं होती हैं जो समान स्तर पर मुख्य हिमनद

से जाकर नहीं मिलती (चित्र 8.2) तथा हमेशा लटकती रहती हैं। घाटी हिमनद, बर्फ के लंबे तथा संकरे हिस्से होते हैं जो अधिग्रहित घाटी के आकार के अनुरूप अपना आकार निर्मित करते हैं। उस स्थान पर विद्यमान स्थलाकृतिक प्रवणता (topographic slope) द्वारा प्रवाह की दिशा ज्ञात होती है।

चित्र 8.1: संरन्ध्री एवं नरम बर्फ जिसे हिम के टुकड़े के रूप में जाना जाता है।



चित्र 8.2: पहाड़ी हिमनद के घटक।

b) **गिरिपद हिमनद** : गिरिपद हिमनद (Piedmont glacier) वे हिमनद हैं जो पर्वतों के निचले तल (पाद) के समीप निर्मित होते हैं। दो या अधिक घाटी हिमनदों के मिलने के फलस्वरूप ये निर्मित होते हैं।

c) **हिम चादर एवं हिम टोपी** : हिम चादर एवं हिम टोपी (ice sheets and ice caps) बर्फ के विस्तृत तथा विशाल कवर होते हैं इन्हें **महाद्वीपीय हिमनद** (continental glacier) अथवा **हिमचादर** (Ice sheets) कहा जाता है। ये विस्तृत तथा कम से कम लगभग 50,000 वर्ग कि॰मी॰ क्षेत्र को ढके हुए होते हैं। ये भूआकृति द्वारा संचालित नहीं होते। इनका आकार एवं गति नीचे स्थित परिदृश्य

द्वारा नियंत्रित नहीं होते। कभी-कभी कटक एवं शैल का बर्फ के द्वारा प्रक्षेपण होता हैं जिन्हें **नूनाटक** (nunatak landscape) कहा जाता है (चित्र 8.3)। अति विस्तृत महाद्वीपीय हिमनदों की तुलना में घाटी हिमनद अपेक्षाकृत छोटे होते हैं। इसके बावजूद ये कई किलोमीटर तक फैले हुए तथा सैकड़ों मीटर मोटाई युक्त होते हैं।

चित्र 8.3: शैल पिंड–बर्फीले आवरण में प्रक्षेपित नूनाटक।

8.2.2 हिमनदों की आकारिकी

अब हम हिमनदों की आकारिकी (morphology of glacier) से अवगत होंगे। हिमनद का सर्वाधिक महत्वपूर्ण एवं सामान्य सतही घटक है **हिमविदर** (crevasse)। हिमविदर मुख्यतः हिमनदीय बर्फ की सतह पर पाई जाने वाली दरारें होती है। ये दरारें उन स्थलों में अधिक पाई जाती हैं जहां हिमनदीय विरूपण ज्यादा शक्तिशाली होता है। आप उत्पति तथा स्थापन के आधार पर हिमविदरों के प्रकारों का अध्ययन करेंगे (चित्र 8.4a तथा b)।

i) **वर्गश्रृण्ड (Bergschrund):** ये अत्यधिक चौड़ी एवं गहरी हिमविदर होते है जो हिमनद के मुहाने पर उपस्थित होते है। ये मोटाई युक्त बर्फ के ढाल की तरफ नीचे खिंचाव के कारण निर्मित होते है (चित्र 8.4a)।

ii) **अनुदैर्ध्य अथवा पार्श्ववर्ती हिमविदर (Longitudinal and lateral crevasses):** ये हिमविदर हिमनदों के पार्श्व में उपस्थित होते हैं। जब हिमनद संकीर्ण घाटियों से चौड़ी घाटियों की ओर प्रवेश करते हैं तब इनका निर्माण होता है (चित्र 8.4b)।

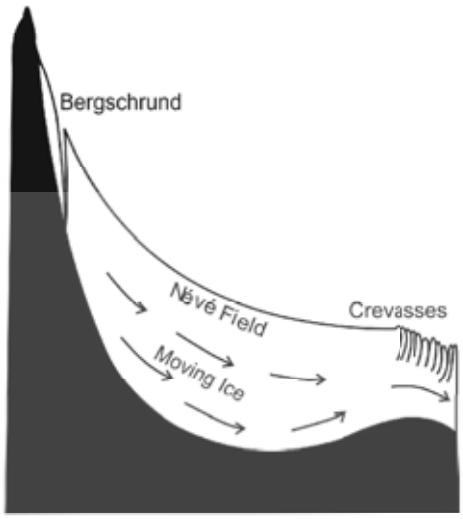
iii) **अनुप्रस्थ हिमविदर (Transverse crevasses):** हिमनदीय घाटी प्रवाह की प्रणवता में वृद्धि के कारण ये हिमनद की लंबाई के लम्बवत् अथवा समकोणिक पाये जाते हैं (चित्र 8.4b)।

iv) **सीमान्त हिमविदर (Marginal crevasses):** हिमनद के मध्य हिस्से में तीव्र गतिविधि के कारण ये हिमनद के अंत में निर्मित होते हैं। ये पर्वतों में ऊपरी ओर दिशा में निर्देशित होते हैं (चित्र 8.4b)।

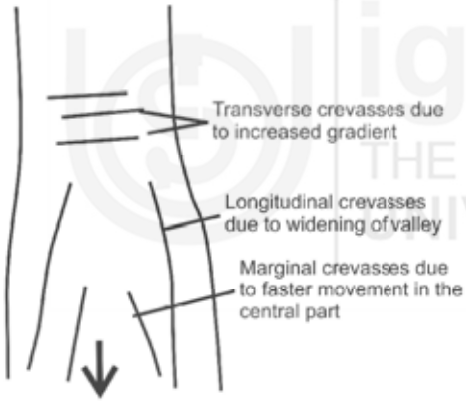
हिमनदन (Glaciation) वह प्रक्रिया है जिसमें हिमनद बर्फ की वृहद गतिविधि के फलस्वरूप भूसतह का परिवर्तन होता है। इस प्रक्रिया में अपरदन, परिवहन एवं निक्षेपण

क्रियाएं समाहित होती हैं। हिमनदन संचलित हो रहे बर्फ की सतह पर है जबकि हिमानीकरण (glacierisation) किसी क्षेत्र में हिमनदीय बर्फ का फैलाव है।

आइये हम अगले अनुच्छेद में हिमनदीय अपरदन प्रक्रिया का अध्ययन करें।



a)



(b)

चित्र 8.4 : a) वर्गश्रुण्ड; और b) हिमविदर।

8.2.3 अपरदन प्रक्रियाएं

जैसे-जैसे हिमनद आगे खिसकते हैं अधः स्थित शैलों को अपरदित करते जाते हैं। रगड़ एवं घिसाई के कारण शैलों में खरोंच के निशान, रेखाएं तथ नालीनुमा संरचनाएं निर्मित होती हैं। हिमनदीय अपरदन निम्न कारकों द्वारा प्रभावित होता है:

- बर्फ की मोटाई
- इसके द्वारा परिवहित शैल पदार्थों की मात्रा
- हिमनदों के वेग तथा
- आधार संस्तर की प्रकृति

हिमनदों द्वारा विकसित अपरदन भूआकृतियों के अध्ययपन के पूर्व हम हिमनदीय अपरदन (glacial erosion) की दो मुख्य प्रक्रियाओं को सूचीबद्ध करें।

i) **उत्पाटन (Buckling)** की प्रक्रिया में हिमनद के नीचे विद्यमान दरारों एवं हिमविदरों में पिघला जल प्रवेश करता है तथा सहचर्य शैल (associated rock) को बांधे रखता है जबकि गति के दौरान हिमनद शैलों व पिंडो को खंडित/पृथक करते हैं।

ii) **अपघर्षण (Abrasion)** की प्रक्रिया में रगड के कारण शैल पिंड विखंडित होते है। हिमनद के नीचे आधार शैलों की घिसाई एवं सूक्ष्म कणिक होने के फलस्वरूप नालिका नुमा संरचनाएं निर्मित होती हैं इन्हें **हिमानी खरोंच** (glacial striation) कहते हैं। महीन कणों युक्त शैल को **शैलचूर्ण** (rock flour) कहते हैं।

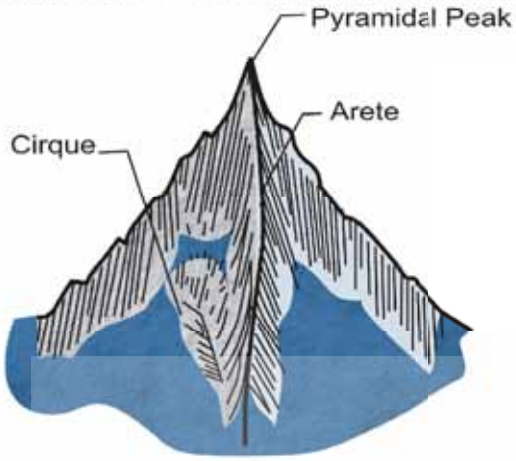
8.2.4 अपरदन भूआ तियां

आइये अब हम हिमनद द्वारा निर्मित कुछ अपरदन भूआकृतियों के विषय में चर्चा करें।

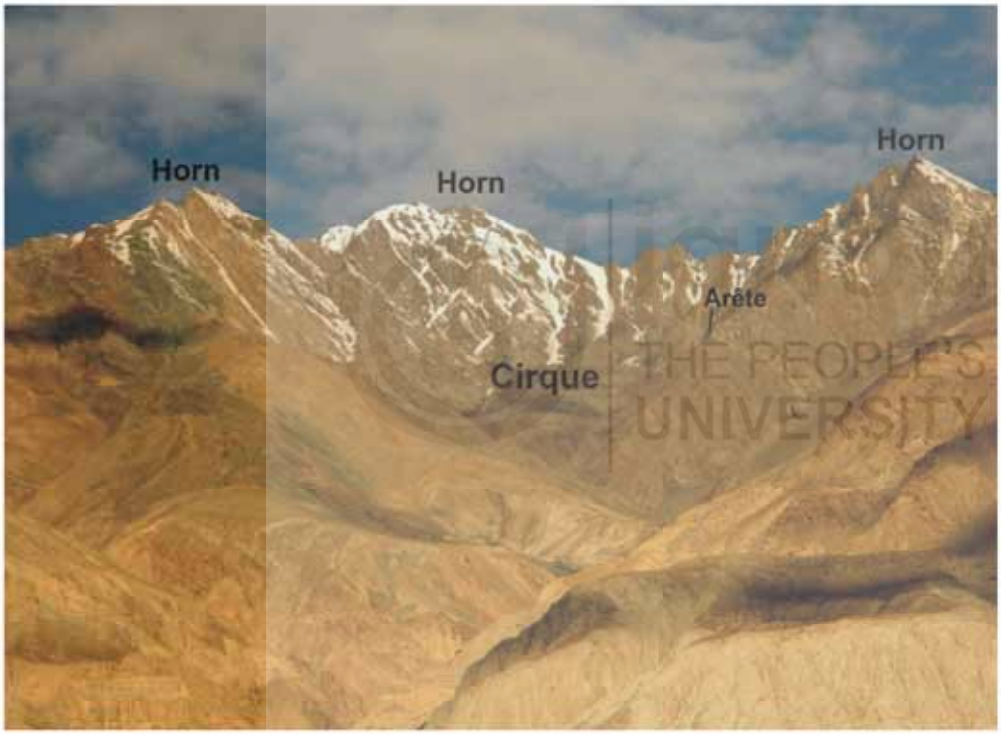
i) **हिमजगह्वर/सर्क (Cirque)**: यह हिमनद मुख पर स्थित तश्तरी के आकार का अखाड़े की भूमि के सदृश्य गढ़डा होता है जो कि हिमनदीय उत्पाटन (glacial plucking) एवं अपघर्षण के कारण निर्मित होता है। ये घाटी हिमनद की उत्पति के स्थान को इंगित करती हैं। इन स्थानों पर हिम निक्षेपीकरण हेतु उपयुक्त परिस्थितियां विद्यमान रहती हैं (चित्र 8.5a एवं 8.6b)। इनका निर्माण पर्वतों के किनारे पूर्व विद्यमान गड्ढों के अपरदन के फलस्वरूप होता है। जैसे ही हिम तथा बर्फ गढ़े में निक्षेपित होते हैं, उत्पादन एवं तुषार भंजन (frost wedging) तथा हिमनद अपरदन की प्रक्रिया के फलस्वरूप तीक्ष्ण पर्वत का शीर्ष अखाड़े के मैदान के सदृश्य सर्क निर्मित होता है। अपघर्षण, उत्पाटन एवं विभिन्न बहत् क्षरण प्रक्रियाओं के फलस्वरूप होने वाला शीर्षवर्ती अपरदन के द्वारा सर्क चौड़े तथा पर्वतीय किनारों पर गहरे होते जाते हैं। उदाहरणार्थ तीक्ष्ण सर्क की शीर्ष दीवार घंसक सकती हैं जब निरंतर तुषार भंजन के कारण असंपिंडित शैल नीचे की ओर लुढ़कती हैं। इन प्रक्रियाओं के संयुक्त रूप से क्रियाशील रहने के फलस्वरूप पर्वतीय किनारों पर विद्यमान छोटा गड्ढा बड़े सर्क में परिवर्तित हो जाता है। बर्फ के पिघलने के पश्चात् सर्क छोटी झील में परिवर्तित हो जाता है इसे **टार्न** (tarn) अथवा **सर्क झील** (cirque lake) कहते हैं।

ii) **तीक्ष्ण कटक/अरेट (Arête)**: चित्र 8.5 एवं 8.6 में प्रदर्शित चित्रानुसार हिमनदीय बर्फ से भरे हुए दो समीपस्थ सर्क एक तीक्ष्ण कटक रेखा निर्मित करते हैं। अरेट आरी के सदृश्य दांतेदार पहाड़ी होती हैं जो दो प्रकार से निर्मित होती है। कई परिस्थितियों में सर्क पहाड़ी के विपरीत किनारों पर निर्मित होती है तथा शीर्षवर्ती अपरदन पहाड़ी को तब तक अपरदित करती रहती हैं जब तक शैल का केवल एक पतला टुकड़ा शेष रहता है। ठीक इसी प्रकार की प्रक्रिया तब होती है जब दो सामान्तर हिमनद द्रोणी में अपरदन के फलस्वरूप पहाड़ी शैल की एक पतली हड्डी की तरह हो जाती है।

iii) **श्रृंग अथवा पिरैमिडीय शीर्ष (Horn or pyramidal peak)**: यह पिरामिड की तरह तीक्ष्ण शीर्ष युक्त चोटी होती है जो तीन या अधिक सर्क के मिलने पर निर्मित होती है (चित्र 8.5 and 8.6)। लगभग सभी पर्वत चोटियों की यह प्रमुख विशेषता होती है कि वे श्रृंग की तरह, खड़ी दीवाल युक्त, परिमिडीय शीर्ष वाली होती हैं जो कि सर्क के शीर्षवर्ती अपरदन के कारण निर्मित होती हैं। श्रृंग निर्मित होने के लिये एक पर्वत चोटी पर कम से कम तीन सर्क की उपस्थिति उसके किनारों पर आवश्यक है तथा इन सभी का शीर्षवर्ती अपरदन लगातार होना चाहिए।



चित्र 8.5 : हिमनदीय क्षेत्र में हिमजगह्वर/सर्क एवं तीक्ष्ण कटक/अरेट।
(Photo credit: Dr. Rakesh Chandra)

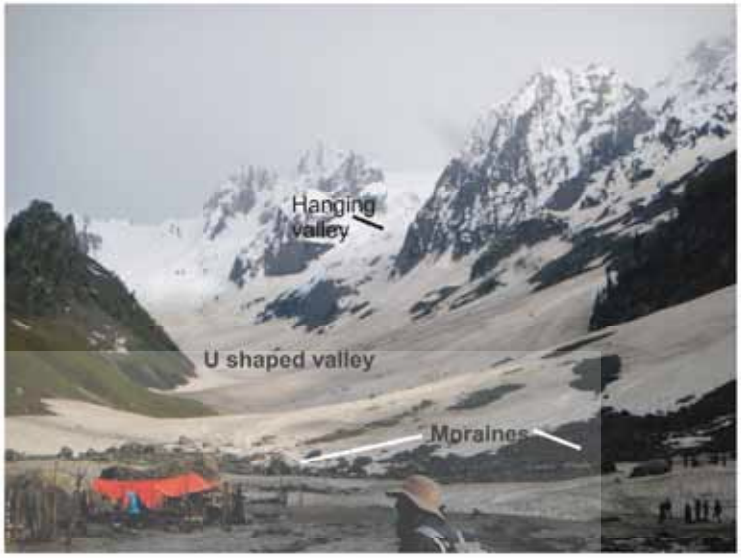


चित्र 8.6 : हिमनदीय क्षेत्र का छायाचित्र, नुबरा घाटी, लद्दाख, जम्मू एवं कश्मीर।
(Photo credit: Dr. Rakesh Chandra)

iv) **'U' आकृति घाटी अथवा हिमनदीय गर्त (U shaped valleys or glacial trough)**:

जब हिमनद अपने सर्क से नीचे की ओर प्रवाहित होता है तो यह नई घाटी निर्मित करता है अथवा वर्तमान में उपस्थित नदी घाटी को और गहरा करता है तथा उसे विशिष्ट रूप से 'U' आकृति की घाटी में परिवर्तित कर देता है (चित्र 8.7)। 'U' आकृति की हिमनदीय गर्त घाटी में हिमनदन प्रक्रिया की विशिष्ट पहचान है।

v) **लटकती घाटी (Hanging valleys)**: जब बर्फ पिघलती है तो सहायक घाटियां लटकती घाटी के सदृश्य शेष रह जाती है। ये मुख्य नदी घाटी तल के ऊपर स्थित होती है (चित्र 8.7) । बर्फ के पिघलने के पश्चात् नदियां घाटी को अधिग्रहित कर लेती हैं तथा इनका समागम (junction) जलप्रपात द्वारा प्रदर्शित होता है।



(a)

(b)

चित्र 8.7 : **(a) लटकती घाटी तथा U आकृति घाटी (सोनमर्ग, कश्मीर घाटी)** (Photo credit: Dr. Rakesh Chandra); **और (b) कश्मीर हिमालय का हवाई जहाज से लिया गया छायाचित्र जिसमें सर्क, अरेट, श्रृंग तथा U आकृति घाटी स्पष्ट दिखाई पड रहें है** (Photo credit: Ms Sainandini Mishra)

vi) **खरोंच (Striations)**: हिमनद के घिसटने की प्रक्रिया के दौरान उसके नीचे स्थित तलीय शैल पर घर्षण निर्मित होने के कारण कठोर खरोंच के निशानों को खरोंच कहते हैं।

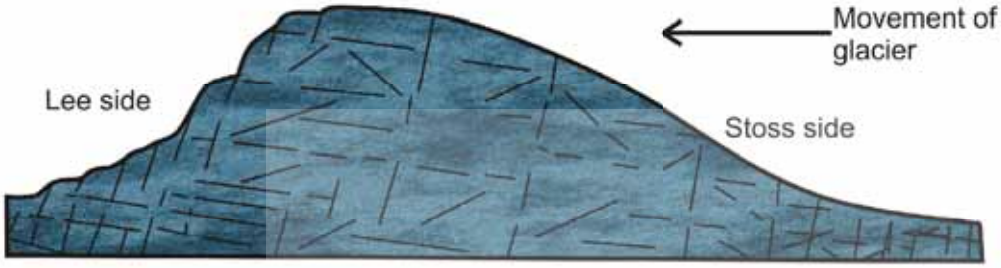
vii) **हिम सोपान (Glacial stairways)**: ये हिमनदीय अपरदन के फलस्वरूप निर्मित होने वाली वृहद सीढ़ीनुमा संरचना होती हैं।

viii) **फियोर्ड (Fiord)**: अर्धडूबी हुई हिमनदीय घाटियों को फियोर्ड कहते हैं। ये समुद्री तटों के समीप निर्मित होने वाली भूआकृतियां हैं जहां समुद्री जल भूमि पर अति प्रवणता वाली हिमनदीय घाटी तथा ऊंची दीवारों वाले शैलों के द्वारा प्रवेश करता है। फियोर्ड निर्माण के लिये मुख्य रूप से आवश्यक परिस्थितियां निम्नानुसार हैं।

- ऊंचे पर्वतीय क्षेत्र अथवा पठार
- तीव्र हिमनदन
- गहरी नदी के सदृश्य घाटियां

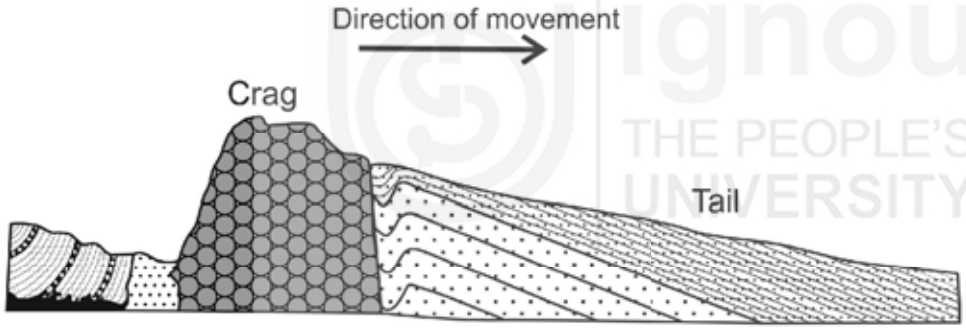
फियोर्ड केवल ऊंचाई वाले क्षेत्रों तक ही सीमित रहते हैं जबकि हिमनद निचले क्षेत्रों में भी पाये जाते है जैसे अलास्का, पश्चिमी कनाडा, स्कैंडीनैविया, ग्रीन लैंड, दक्षिणी न्यूजीलैंड तथा दक्षिणी चिली।

ix) **भेड़ पीठ शैल (Roche moutonnees)**: इसमें विभिन्न आकार के शैलों के असममित पहाड़ीनुमा संरचनाएं होती है जिनमें एक तरफ समतल अपघर्षित ढाल पायी जाता है। इसे अतिपवन पार्श्व (stoss side) कहते हैं तथा दूसरी तरफ तीक्ष्ण असमतली ढाल पायी जाता है इसे प्रतिपवन पार्श्व (lee side) कहते हैं (चित्र 8.8)।



चित्र 8.8: भेड़पीठ शैल भेड़ के पीठ सदृश्य होती है।

x) **श्रृंगपृच्छ (Crag and tail)**: इनका निर्माण तब होता है जब कठोर उर्ध्वाधर शैल जैसे डाइक (भित्ति) हिमनद के रास्ते को बाधित करती है। जिस दिशा में हिमनदीय बर्फ आगे की ओर गतिशील होता है श्रृंग (crag) दृढ़ता से उसका सामाना करते हैं। पृच्छ (tail) का निर्माण क्रमशः ढाल की विरूद्ध दिशा में होता है जहां अवसाद श्रृंग की बाधा के कारण सुरक्षित होते हैं (चित्र 8.9)।



चित्र 8.9: श्रृंगपृच्छ।

xi) **हिमानी टेबल (Glacial tables)**: यदि रेत एवं शैलों के टुकड़े हिमनद के कुछ हिस्से पर गिरते हैं तो ये हिमनदीय बर्फ को पिघलने से रोकते हैं। इसलिये कभी कभी हिमनदीय क्षेत्रों में बर्फ के विशालकाय पिंड देखने को मेलते हैं। ये बर्फ के कुरसीनुमा आकृति (Pedestal) के ऊपर स्थित होते हैं तथा हिमनदीय टेबल कहलाते हैं।

xii) **केटिल (Kettle)**: कभी कभी हिमनद का बर्फ हिमनद के प्रवाह में दबा रहता है। कुछ समय पश्चात् बर्फ जब पिघलती है तथा उपरी छत घंसक जाती है जिसके कारण बेसिन निर्मित होती है। इसे केटेल कहते है।

xiii) **हिमानी सागरीय प्रवाह (Glacio marine drift)**: यह हिमानी निक्षेप है जो हिमनद के झील अथवा सागर में पहुंचने पर निर्मित होता हैं। स्तरित प्रवाह (stratified drift) वे निक्षेप हैं जो सरिता अथवा हिमनदों के पिघलने के कारण निर्मित पूल (ताल) के द्वारा छोड़ दिये जाते हैं। इनकी छंटाई तथा परतें साइज पर निर्भर होती हैं। हिमानी बर्फ के द्वारा निक्षेपित तथा बिना छंटाई व अस्तरित प्रवाह को टिल (till) कहते हैं। ये आकार में मृतिका के आकार से लेकर बड़े बोल्डर यहां तक कि ट्रक के आकार के भी होते है।

8.2.5 हिमानी परिवहन

महाद्वीपीय हिमनदों की अपेक्षा घाटी हिमनद ज्यादा तीव्रता से गतिशील होते हैं परंतु दोनों की विस्थापन दरें कुछ सेंटीमीटर से लेकर दस मीटर प्रतिदिन तक होती हैं। घाटी हिमनद तंत्र में मुख्य हिमनद में वृहद मात्रा में बर्फ उपस्थित होती हैं और इसी वजह से इसमें अपनी सहायक नदियों की अपेक्षा अधिक प्रवाह तथा प्रवाह वेग होता है। घाटी हिमनद पर तापक्रम का ऋतु अनुसार नियंत्रण होता है क्योंकि प्लास्टिक (plastic) प्रवाह पूरे वर्ष भर स्थिर रहता है। इसके बावजूद ग्रीष्म काल में आधार पर फिसलन (basal slip) अति महत्वपूर्ण होती है जब पिघला हुआ जल वृहद मात्रा में उपस्थित होता है। बर्फ के भीतरी हिस्से में ही प्रवाह की दर भिन्न होती है। घाटी हिमनद नदियों के सदृश्य होते हैं जिसमें घाटी की दीवारें तथा तल, प्रवाह के विरूद्ध घर्षण प्रतिरोध उत्पन्न करती है। इसके फलस्वरूप घाटी की दीवारों तथा तल के संपर्क में आने वाला बर्फ दीवारों से दूर प्रवाहित होने वाले बर्फ की अपेक्षा धीमी गति से गतिशील होते हैं।

समय अंतराल पर बर्फ की मात्रा एकत्रित होती जाती है तथा खिसकने, प्रवाहित होने एवं फिसलने के कारण बर्फ का विरूपण तथा ढाल की दिशा में प्रवाह आरंभ हो जाता है। चैनल के मध्य हिस्से में कम घर्षण के कारण किनारों की अपेक्षा बर्फ का तीव्र वेग होता है। हिमनद मे एक सीधी रेखा को चिहित करके तथा समय के साथ रेखा में परिवर्तन का अवलोकन करके हिमनद के वेग को मापा जा सकता है। बर्फ की चादर के शीर्ष एवं तल में भी प्रवाह में भिन्नता होती है। शीर्ष पर उच्चतम वेग प्रवाह होता है। विरूपण का वेग से सीधा संबंध होता है। निम्न वेग प्रवाह वाले बर्फ चादरों की तुलना में तीव्र वेग प्रवाह वाले क्षेत्रों में कम विरूपण होता है। बर्फ के प्रवाह के दौरान क्रियाशील प्रतिबल गुरूत्वीय तथा घर्षण बलों दोनों पर निर्भर करता है। हिमनदों द्वारा अधिकांश पदार्थो का परिवहन **कर्षण** (traction) द्वारा होता है। कर्षण का अर्थ होता है रगड़ने की क्रिया। परिवहन की प्रक्रिया में पुनः जम जाने की प्रक्रिया **रीजलेशन** (regelation) महत्वपूर्ण होती है। रीजलेशन का अर्थ होता है दाब के कारण बर्फ का पिघलना तथा उसके पश्चात् पुनः जम जाना। कुछ पदार्थ बर्फ एवं परिवहित पदार्थों में मिश्रित हो जाते है। **हिमस्खलन** में बर्फ के बहुत बड़े बड़े पिंड होते हैं जो अलग होकर बहुत तेज गति से ढालान पर बहते हैं। ये ढालान से गिरते समय अलग हो जाते हैं और अपने रास्ते मे आने वाली चीजों को नष्ट करने के लिए भूस्खलन की तरह उतरते हैं। हिमस्खलन को एक प्रकार का बृहत् क्षरण माना जा सकता है। कभी-कभी हिमनद समुद्र तक पहुंचते हैं और उसके हिस्से टूटकर पानी में तैरना शुरू करते हैं। बर्फ के इस तरह के तैरते पिंडों को आइसबर्ग्स (icebergs) कहा जाता है

8.2.6 निक्षेपण भूआकृतियां

हिमनदों द्वारा निक्षेपण की प्रक्रिया तब आरंभ होती है जब बर्फ पिघलना आरंभ होती है तथा हिमनद नीचे प्रवाहित होकर समाप्त हो जाता है तथा इसकी परिवहन क्षमता भी क्षीण होती जाती है। अपशिष्ट पदार्थों अथवा हिमानी बर्फ की बहुतायत में उपस्थिति से बर्फ पिघलना प्रारंभ हो जाती है। आइये हम कुछ निक्षेपणीय भूआकृतियों का अध्ययन करें:

i) **टिल अथवा बोल्डर मृत्तिका** : हिमनदों के द्वारा निक्षेपित अवसाद अत्यधिक अवर्गीकृत होते हैं इसे टिल (till) या बोल्डर मृत्तिका (boulder clay) कहा जाता है। इनके दृढ़ीकरण के पश्चात् निर्मित होने वाली शैल को टिलाइट (tillite) कहते है।

ii) **इरेटिक्स (Erratics)** : ये बड़े से और अधिक बड़े आकार के बोल्डर होते हैं जिनमें हिमनदों द्वारा छोड़े गये कोणीय खरोंच के निशान उपस्थित होते हैं जो कि हिमानी बर्फ के पिघलने के कारण उत्पन्न होते हैं।

iii) **हिमोढ़ (Morainic deposits)**: ये भूआकृतियां मुख्यतः टिल से बने होती हैं जो कि पीछे खिसकते अस्तरित, अवर्गीकृत मलबे युक्त पदार्थ जैसे बोल्डर, पेबल, ग्रेवल, सैण्ड, पांशू एवं मृत्तिका युक्त हिमनद द्वारा पीछे छोड़ जाने के कारण बनती है। हिमनद द्वारा कहीं भी निर्मित इन आकृतियों को हिमोढ़ (moraine) कहते हैं।

आइये हम पांच विभिन्न प्रकार के हिमोढ़ों की चर्चा करें (चित्र 8.10)। इन्हें घाटी में इनकी स्थिति के आधार पर वर्गीकृत किया गया है:

- **तलस्थ हिमोढ़ (Ground moraine)**: यह भूमि अथवा तलस्थ शैल पर निर्मित होते हैं जिन पर हिमनद गति करता है। इनमें निक्षेपों की पतली एवं असमतल सतह होती है।

- **पार्श्विक हिमोढ़ (Lateral moraine)**: घाटी हिमनद बड़ी मात्रा में अपने पार्श्वो के अनुदिश अवसादों का परिवहन करते हैं। इनमें से अधिकांश, घर्षण एवं घाटी की दीवारों से रगड़ के कारण पृथक हो जाते हैं परंतु इसके पश्चात् भी अवसादों की उल्लेखनीय मात्रा बृहत क्षरण के द्वारा हिमनद के साथ प्रवाहित होती है अथवा खिसकती है। किसी भी स्थिति में यह अवसाद टिल के लंबी कटक (ridges) के अनुदिश परिवहित एवं निक्षेपित होते है ये हिमनदों के किनारों के समीप स्थित होते हैं और पार्श्विक हिमोढ़ कहलाते हैं।

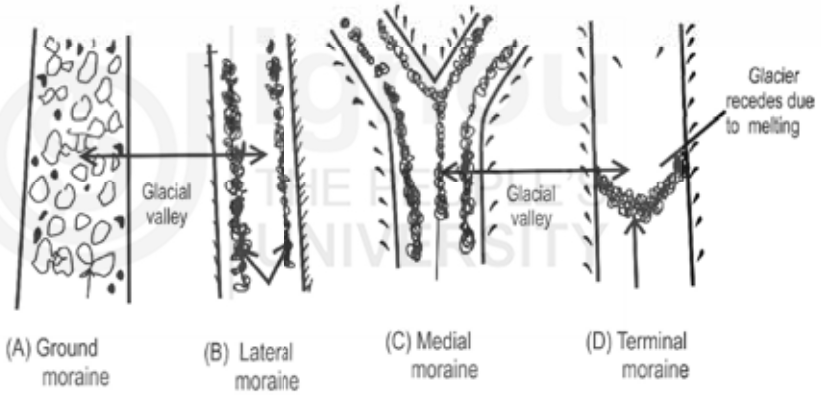
- **मध्यस्थ हिमोढ़ (Medial moraine)**: यह हिमनद के मध्य भाग में स्थित होता है या फिर इसका निर्माण दो प्रतिछंदित घाटियों में स्थित दो पार्श्विक हिमोढ़ के युग्मीकरण के फलस्वरूप होता है। जब सहायक हिमनद बड़े हिमनद में प्रवाहित होते हैं तो दो पार्श्विक हिमोढ़ डूब जाते हैं और मध्यस्थ हिमोढ़ का निर्माण होता है। एक बड़े हिमनद की सतह पर अधिकांशतः अवसादों के गहरे पट्टे दिखाई देते हैं। इनमें से प्रत्येक मध्यस्थ हिमोढ़ होता है। घाटी हिमनदों में उपस्थित मध्यस्थ हिमोढ़ की संख्या के आधार पर कोई भी घाटी हिमनदों की सहायक हिमनदों की जानकारी प्राप्त कर सकता है।

- **अंतस्थ हिमोढ़ (Terminal moraines)**: ये हिमनद के अंतिम अवस्था में निक्षेपित होते हैं जहां बर्फ पिघलना आरंभ होता है। हिमनद के मध्य हिस्से में तीव्र गति होने के कारण इनमें नीचे की तरफ उत्तल (convex) साइड होता है।

- **अवरोधक हिमोढ़ (Recessional moraines)**: जब हिमरेखा ऊपर उठती है तो पिघलने के फलस्वरूप हिमनद पीछे खिसक जाते हैं। जब हिमनद

थोड़े समय के लिए पीछे खिसकता है तो टर्मिनस (अंतिम बिन्दु) पुनः स्थिर हो जाता है तथा अंतस्थ हिमोढ़ निर्मित होता है। बर्फाच्छादित क्षेत्र में कमी आने के कारण इसे अवरोधक हिमोढ़ कहते है।

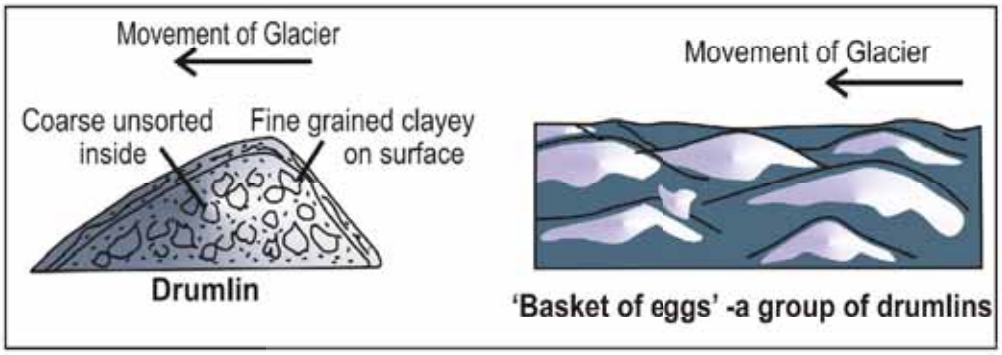
(a)



(b)

चित्र 8.10 : **a) कश्मीर घाटी में भूवैज्ञानिक हिमोढ़ निक्षेपों का अध्ययन करते हुए; और b) हिमोढ़ निक्षेपों के प्रकारों का आरेख।** (Photo credit: Dr. Rakesh Chandra)

iv) **ड्रमलिन् (Drumlins):** इन्हें "अंडो की टोकरी" (basket of eggs) भी कहा जाता है। ये प्रायः समूह में पाये जाते हैं तथा इनकी आकृति उल्टे चाय के चम्मचों के समान होती है। इनकी लंबी एक्सिस बर्फ की गति के दिशा के सामान्तर होती है। ये ऊंची पहाड़ी के किनारे खड़ी ढाल युक्त है। निचली पहाड़ी के किनारे क्रमशः ढाल युक्त होते हैं (चित्र 8.11 तथा 8.13)। अनेक क्षेत्रों में जहां महाद्वीपीय हिमनद टिल निक्षेपित करते हैं, कालांतर में टिल की आकृति परिवर्तित होकर विस्तृत लंबी पहाड़ी निर्मित करती है इसे ड्रमलिन कहते हैं। इनका आकार 50 मीटर ऊंचाई से लेकर 1 किमी लंबाई तक हो सकती है। परंतु अधिकांश का आकार काफी छोटा होता है। ड्रमलिन अकेले अथवा पृथक पहाड़ी के रूप में बहुत कम पाये जाते हैं अपितु ये ड्रमलिन क्षेत्र (drumlins fields) के रूप में मिलते हैं जहां सैकड़ों अथवा हजारों ड्रमलिन उपस्थित होते है।



चित्र 8.11 : ड्रमलिन् अंडो की टोकरी के समान प्रतीत होते है।

v) **एस्कर (Eskers)**: ये लंबी पतली वक्राकार, तीक्ष्ण ढाल वाली कटक या पहाड़ीनुमा आकृतियां होती है जो हिम के पिघलने से प्राप्त जलधाराओं द्वारा मलबे के निक्षेपण से निर्मित होती है। एस्कर जलीय हिमानी निक्षेप (fluvio-glacial deposit) होते है जो बर्फ के पिघलने के कारण तथा उपहिमानी सुरंग में निक्षेपण के फलस्वरूप निर्मित होते है। इनकी ऊंचाई कम तथा लंबाई अधिक होती है (चित्र 8.12a)। अधिकांश एस्कर की तीक्ष्ण शीर्ष तथा लगभग 30^0 अंश प्रवणता होती है। इनमें से कुछ की ऊंचाई 100 मीटर तथा 500 किमी से अधिक लंबाई होती है।

vi) **हिमानी सरिताएं (Glacial streams)**: बर्फ के पिघलने के कारण हिमानी सरिताएं निर्मित होती हैं। ऐसी सरिता जो हिमनद के तल अथवा उसके समीप पाई जाती हैं उपहिमानी सरिता (subglacial stream) कहलाती है। हिमनद के ऊपरी हिस्से में उपस्थित सरिताओं को सुपर हिमानी सरिता (superglacial stream) कहते हैं। हिमनद के पिंड के अंदर उपस्थित सरिता को अंतः हिमानी सरिता (englacial stream) कहते हैं (चित्र 8.12a)।

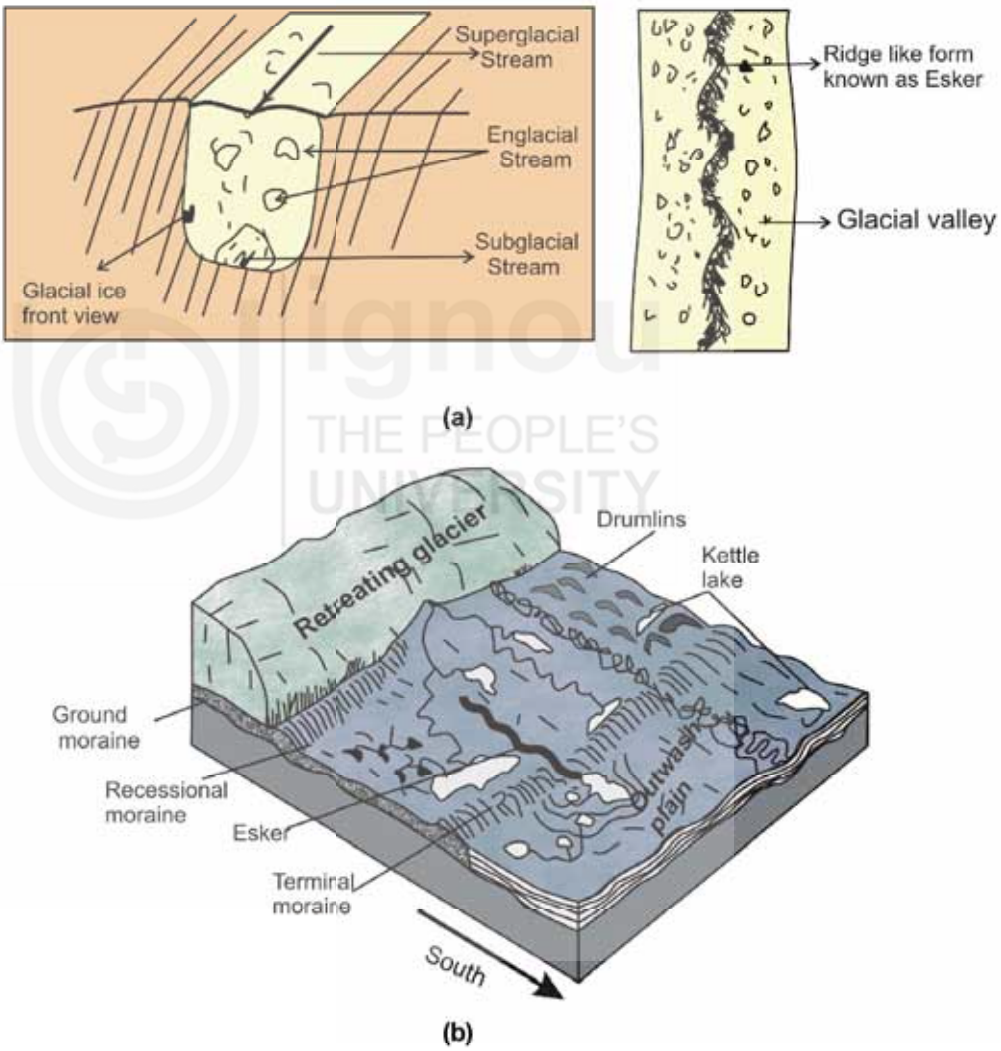
vii) **केम वेदिका (Kames or kames terraces)**: हिम ड्रिफ्ट से आच्छादित लगभग समतल शीर्ष तीक्ष्ण किनारों वाले तथा असमान उतार-चढ़ाव वाले क्षेत्रों को केम या केम वेदिका कहते हैं (चित्र 8.12b)। इनकी उत्पति के संबंध में अवधारणा है कि उच्च स्तर से अथवा घाटी की दीवारों एवं हिमनदों की जीभ के मध्य अवसादन के दौरान हिमानी सरिताओं द्वारा अवसादों के निरंतर प्रवाह के कारण इनकी उत्पत्ति होती है। केम्स लगभग 50 मीटर ऊंची कोणीय स्तरित ड्रिफ्ट युक्त पहाड़ी होती हैं। इनमें से अनेक का निर्माण हिमनद की सतह पर उपस्थित गहरे गड्डे में सरिता द्वारा अवसादों के निक्षेपण के दौरान होता है। जैसे ही बर्फ पिघलती है निक्षेप भूसतह तक नीचे आ जाता है। केम का निर्माण स्थिर बर्फ के नीचे अथवा अंदर भी होता है।

viii) **दरारों का भरण (Crevasse filling)**: ये छोटे कटक होते हैं। जो सामान्यतः सीधे होते हैं। इनका निर्माण हिमनद के दरारों को के हिमनदीय मलबे द्वारा भरे जाने के कारण होता है।

ix) **हिमानी वार्व (Glacial varve)**: ये स्तरित दीर्घ एवं सूक्ष्म कणिक पदार्थों के निक्षेप होते हैं। प्रत्येक युग्म एक "**वार्व**" कहलाता है जो एक वर्ष को निरूपित करता है तथा निक्षेपों की आयु ज्ञात करने में सहायक होता है।

x) **हिमनद अपक्षेप मैदान (Outwash plain)**: पिघले हुए जल युक्त सरिताओं द्वारा परिवहित ड्रिफ्ट को हिमनद अपक्षेप कहते हैं तथा ये अधिकांशतः वृहद अवसदी मैदानों का निर्माण पिघलते हिमनदों के निचले तरफ करते हैं। इन्हें हिमनद अपक्षेप मैदान कहा जाता है। ये हिमनदीय निक्षेपों के बीच में अच्छी तरह वर्गीकृत होते हैं। शक्तिशाली पवन सूक्ष्मकणिक पदार्थों को हिमनद अपक्षेप मैदान से उड़ाकर लंबी दूरी तक परिवहित करती है तथा लोएस निक्षेपण करती है (चित्र 8.12b) ।

xi) **केटेल झील (Kettle lake)**: आंशिक रूप से दफन बर्फीले खंडो के पिघलने के बाद पीछे छोड़ी गयी भूआकृतियों को केतली (केटल) कहते है। इनमे से कई जल से भरे हुए होते है जिनको केटेल झील कहते है (चित्र 8.12b) ।



चित्र 8.12 : a) हिमानी सरिताएं (सामने का दृश्य), एवं एस्कर भूआकृतियां; और b) हिमनद द्वारा निर्मित अपरदन एवं निक्षेपण भूआकृतियां।

हमने पूर्व अनुभाग में हिमनदों के भूवैज्ञानिक कार्य तथा फलस्वरूप निर्मित भूआकृतियों का अध्ययन किया। अगले अनुभाग में जाने के पूर्व 5 मिनट यहाँ व्यतीत कर जांचे कि आप किस प्रकार प्रगति कर रहे हैं।

बोध प्रश्न 1

a) हिमविदर क्या है?

b) घाटी के नीचे अंतस्थ हिमोढ़ उत्तल क्यों होते हैं?

c) हिमनी अपरदन प्रक्रियाओं के नाम बताइये।

d) हिमनद अपक्षेप मैदान क्या हैं?

8.3 महासागरों के भूवैज्ञानिक कार्य

महासागर एवं सागर आपस में मिलकर पृथ्वी की सतह का लगभग 71% क्षेत्र आच्छादित करते हैं। यह अनुमानित है कि पृथ्वी के कुल क्षेत्रफल में से 361 मिलियन वर्ग कि॰मी॰ क्षेत्र महासागर एवं समुद्रों द्वारा अधिग्रहित है। जनसंख्या का बहुत बड़ा हिस्सा तटीय इलाकों में निवासरत है। यदि आप समुद्री तटों के समीप निवास करते तो आपको शायद लहरों के प्रभाव एवं शक्तिशाली आंधी/तूफान द्वारा होने वाले दुष्प्रभावों की जानकारी होती। इस अनुभाग में हम महासागरों एवं सागर द्वारा की जाने वाली भूवैज्ञानिक गतिविधियों का अध्ययन करेंगे। विश्व में कुल छः महासागर हैं जिनका नाम प्रशांत महासागर, उत्तरी अटलांटिक तथा दक्षिणी अटलांटिक महासागर, हिन्द महासागर, आर्कटिक महासागर तथा अंटार्कटिक महासागर है। निम्नलिखित प्रकार के समुद्रों की भी पहचान की गयी है:

- **सीमान्त सागर (Epicontinental or marginal sea)**: ये महाद्वीपों के किनारे पर उपस्थित होते हैं तथा इनका महासागर से सीधा संबंध होता है उदाहरण -अरब सागर।
- **महादेशीय सागर (Epeiric sea)**: वे सागर जो भूभागों द्वारा घिरे हुए होते हैं। उदाहरण-लाल सागर।
- **अवशिष्ट सागर (Relic sea)**: ये महासागरों के वे हिस्से होते हैं जो पृथ्वी के संचलन के फलस्वरूप होने वाले भूभागों के उत्थान अथवा निक्षेपण के कारण पृथक हो जाते हैं। उदाहरण-कैस्पियन सागर।

आपने अवलोकन किया होगा कि तीन प्राथमिक क्रियाएं अधिकांश समुद्र तटों पर क्रियाशील होती हैं तथा ये निरन्तर गतिशील रहती हैं इन्हें लहरें, ज्वार तथा पवन कहते हैं। तरंगे अंर्तसतह के अनुदिश सीमा अपरूपण बल के कारण होने वाले पवन उर्जा के जलसतह पर स्थानांतरण के परिणाम स्वरूप निर्मित होती हैं। तरंगों की गति की दिशा पवन की दिशा द्वारा नियंत्रित होती है। ज्वार (tides) चंद्रमा पृथ्वी के आकर्षण के फलस्वरूप उत्पन्न गुरूत्वाकर्षण बल के कारण उत्पन्न होने वाली गुरूत्वीय तरंगे है। जब तरंगे समुद्र तट को किसी कोण पर मिलती हैं तो वे दीर्घ तटीय प्रवाह (long shore current) उत्पन्न करती हैं। ये तरंगों के प्रवाह की दिशा में ही गमन करती हैं। महासागरीय तल अत्यधिक असमतल, उबड़-खाबड़ तथा ऊच्चावच (relief) वाले महाद्वीपों के समान होते हैं।

आप महासागर एवं समुद्रों के भूवैज्ञानिक कार्यों के तीन प्रमुख पहलू जैसे कि अपरदन, परिवहन तथा निक्षेपण का अध्ययन आगामी अनुभाग में करेंगे।

8.3.1 अपरदन प्रक्रिया

समुद्र तथा महासागर अपने तटों पर निरन्तर शैल कणों को अपरदित करते रहते हैं। समुद्र के द्वारा किया जाने वाला अपरदन समुद्री अपरदन (marine erosion) कहलाता है। ये चार भिन्न विधियों द्वारा संचालित होता है :

i) **जलगति क्रिया (Hydraulic action)**: महासागरीय तरंगें प्रवाह तथा ज्वार तटीय शैलों से जल गति क्रिया करती हैं। जब लहरें बलपूर्वक खड़ी चट्टानों (cliff) पर वृहद जल के हथौड़े के सदृश्य टकराती हैं तो शैल टूट जाते हैं।

ii) **अपघर्षण (Corrasion or abrasion)**: इसमें शैलों के टुकड़े युक्त तरंगे चट्टानों के विरूद्ध टकराती हैं तथा नुकसान पहुंचाती है।

iii) **सन्निघर्षण (Attrition)**: तरंगों द्वारा अतिक्रमण के दौरान अपरदित कण यांत्रिक रूप से एक दूसरे से टकराते हैं तथा कण के अपक्षय के कारण इनकी साइज रेत एवं सिल्ट के समान छोटी हो जाती है। शैलों के टुकड़े अपना नुकीलापन खो देते हैं।

iv) **संक्षारण (Corrosion)**: यह रासायनिक प्रक्रिया है जिसमें उन शैलों के अवयव पृथक हो जाते हैं जिन पर यह क्रिया होती है।

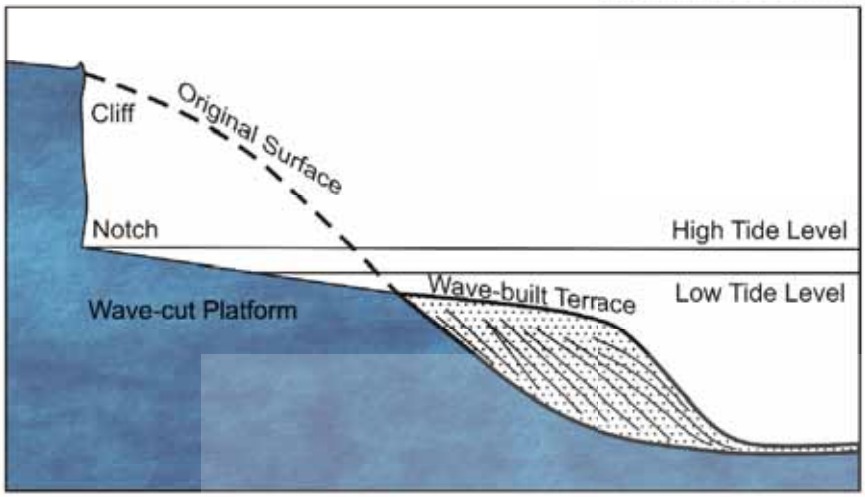
8.3.2 अपरदन भूआकृतियां

आइये सागरीय अपरदन के फलस्वरूप निर्मित होने वाली अपरदनकृत भूआकृतियों के विषय में जानकारी प्राप्त करें।

i) **सागरीय भृगु (Sea cliff)**: सागरीय तरंगे मध्यम ऊंचाई वाले तटों को निरन्तर काटती रहती हैं तथा परिणामस्वरूप सागर की तरफ मुंह करते हुए तीव्र ढाल युक्त आकृति निर्मित होती है। सागरीय तरंगे क्लिफ की संपूर्ण लंबाई के अनुदिश प्रहार करती है (चित्र 8.13a एवं b)।

ii) **तरंग घर्षित बेदी (Wave cut platform or terrace)**: सागरीय क्लिफ के टूट जाने के पश्चात् टूटे हुए पदार्थ आधार पर गिरते हैं तथा इसके कारण तरंगों को क्लिक के विरूपण में औजार की भांति सहायता मिलती है। शैल अथवा रेत युक्त सागरीय जल तलीय असमनताओं को अपरदित कर बेदी अथवा प्लेटफार्मनुमा संरचना निर्मित करता है। इसे तरंग घर्षित बेदी (wave cut platform) कहते है (चित्र 8.13$_a$ एवं b)।

(a)



चित्र 8.13: a) तरंग घर्षित बेदी, सागरीय क्लिफ का फोटोग्राफ (Photo credit : Dr. S. D. Shukla), और **b)** अनुभाग दृश्य।

iii) **सागरीय गुहिका/कंदरा (Sea caves)**: ये तरंगों द्वारा क्लिक की गई कटिंग के रिक्त नरम हिस्से होते हैं। मुख्य रूप से तरंगों के द्वारा अपघर्षण तथा जलगतिक क्रिया के फलस्वरूप सागरीय गुहिका निर्मित होती है (चित्र 8.14a)।

iv) **सागरीय खोह/लघुनिवेशिका एवं अंतरीप (Sea coves and headland)**: सागरीय तरंगे दृढ़ एवं कठोर शैलों की तुलना में मृदु एवं नरम शैलों को अधिक अपरदित करती हैं। इसके फलस्वरूप सागरीय लघुनिवेशिका निर्मित होते है। सागर में प्रक्षेपित शैल की तरह दिखाई देने वाले कठोर शैलो को अंतरीप कहते हैं (चित्र 8.14a)।

v) **सागरीय मेहराब/चाप (Sea arch)**: इनका निर्माण मुख्यतः सागरीय गुहिकाओं के आंशिक अपरदन के फलस्वरूप होता है। शेष बचा हिस्सा सेतु अथवा ब्रिज के समान आकृति निर्मित करता है। इसे सागरीय चाप अथवा सागरीय सेतु भी कहा जाता है (चित्र 8.14b)।

vi) **सागरीय स्तंभ (Stacks)**: यह पूर्व अंतरीप के अपरदन के पश्चात् शेष बचे अवशेष होते हैं (चित्र 8.16)।

vii) **किनारे (Coast)**: यह सागरीय क्रिया के फलस्वरूप निर्मित भूभाग का एक पट्टा होता है जिसकी चौड़ाई असीमित होती है। समुद्री किनारे तथा तट में उल्लेखनीय परिवर्तन दिखाई देता है (चित्र 8.15)। तट एक भौगोलिक आकृति है जो सागरीय तटों के समीप पाई जाती है। यह क्लिफ के ठीक पीछे स्थित होती है। इसमें तरंगों द्वारा निर्मित भूसतहों का भी समावेश होता है।

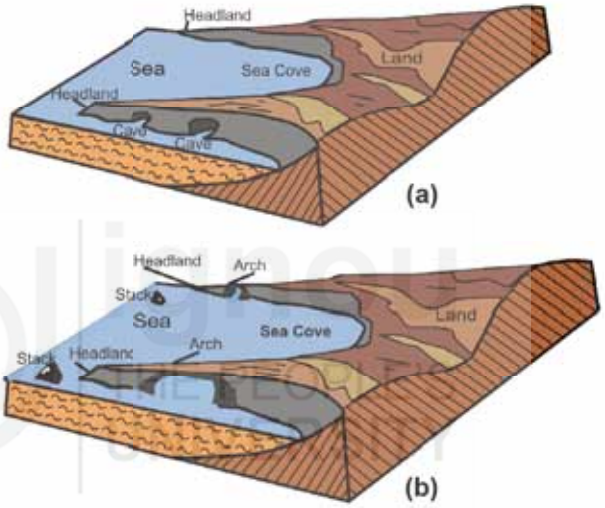
viii) **तट (Shore)**: यह सागर एवं भूमि का प्रतिच्छेदन स्थल होता है (चित्र 8.15)। एक तटीय रेखा भूमि को जल से पृथक करती है। उच्च ज्वार तथा निम्न ज्वार वाले क्षेत्रों के मध्य के क्षेत्र को तट अथवा तटीय क्षेत्र कहते हैं।

इस इकाई में आपने सागर अथवा समुद्रों के द्वारा होने वाली अपरदन प्रक्रियाओं तथा इनसे निर्मित होने वाली भूआकृतियों के विषय में अध्ययन किया। अगले अनुभाग में आप समुद्र अथवा सागर द्वारा परिवहन का अध्ययन करेंगे।

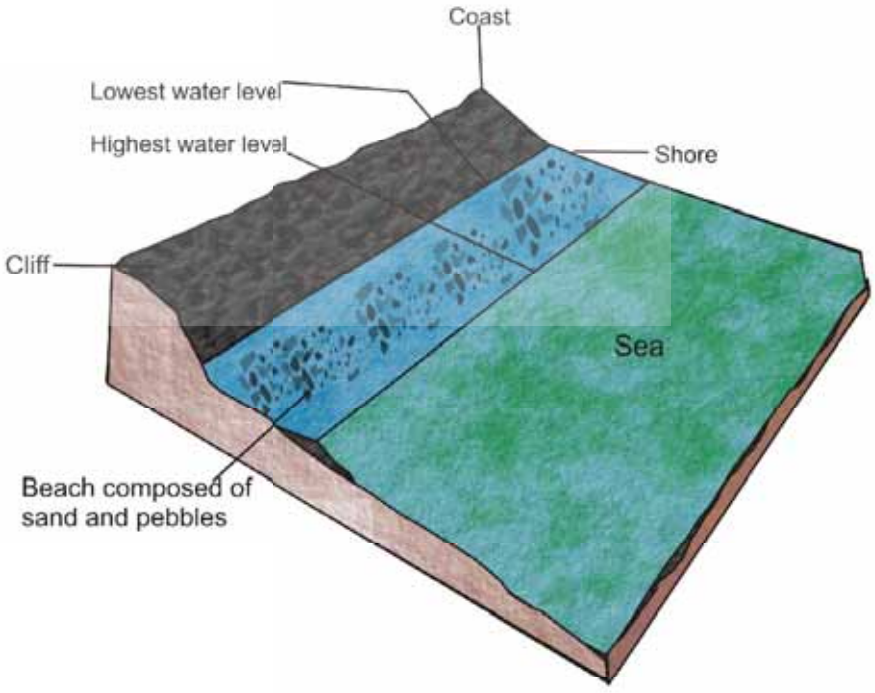
8.3.3 परिवहन

सागर में उपस्थित विभिन्न प्रकार की धाराओं के कारण अवसादों का परिवहन होता है। इनमें कुछ धाराएं जिनके द्वारा अवसादों का परिवहन होता है, निम्नानुसार हैं :

- तिर्यक (oblique) तरंगों के कारण पुलिन प्रवाह (beach drift)।
- दीर्घ तटीय धाराएं लगभग समुद्री किनारों के सामानान्तर प्रवाहित होती हैं तथा किनारों के अनुदिश ही पदार्थों का परिवहन करती हैं।
- सागरीय तल के समीप प्रवाहित होने वाले अपेक्षाकृत भारी एवं निलंबित अवसाद युक्त जलधाराओं को **आविल धारा** (turbidity current) कहते हैं। ये तटों से गहराई युक्त क्षेत्रों में गमन करती हैं तथा सागर तल पर क्षैतिज रूप से विस्तारित हो जाती है।



चित्र 8.14: सागरीय गुहिका, सागरीय लघुनिवेशिका, सागरीय चाप एवं अंतरीप।



चित्र 8.15: तट, किनारे, पुलिन एवं भृगु (क्लिफ)।

8.3.4 निक्षेपण भूआकृतियां

इस अनुभाग में आप सागर एवं समुद्रों द्वारा किये गये भूवैज्ञानिक कार्यों के द्वारा निर्मित निक्षेपणीय भूआकृतियों का अध्ययन करेंगे। सागर द्वारा किया गया निक्षेपण **समुद्री निक्षेपण** कहलाता है। समुद्री निक्षेपण मुख्यतः दो प्रकार के होते हैं :

- **उथले जलीय निक्षेप (Shallow water deposits)**
- **गहरे समुद्री निक्षेप (Abyssal or deep sea deposits)**

(A) **उथले जलीय निक्षेप**

i) **सागर पुलिन (Sea beach)**: यह समुद्र तटीय पर्यावरण में निर्मित तट हैं जो मुख्यतः रेत तथा पेबल द्वारा निर्मित होते हैं। यह तट का क्रमशः ढाल युक्त हिस्सा होता है जो कि तरंगों, ज्वार एवं दीर्घ तटीय धाराओं के द्वारा अवसादों के निक्षेपण एवं परिवहन द्वारा निर्मित होता है। पुलिन सबसे परिचित तटीय भूआकृतियां होती है जो कि लाखों पर्यटकों को प्रतिवर्ष आकर्षित करती है तथा विभिन्न समुदायों को आर्थिक सुदृढ़ता प्रदान करती है।

ii) **अवरोधक द्वीप (Barrier island)**: यह रेत से निर्मित लंबा सुदूर किनारा होता है जो खुली सागरीय तरंगो एवं मुख्य सागरीय तटों के मध्य अवरोधक का कार्य करता है। जब समुद्री तल का ढाल अथवा प्रवणता कम होती है तब नदियां अपने साथ बहाकर लाई गई सामग्री को समुद्र में कुछ दूर तक ले जाती हैं तथा समुद्री तटों के लगभग सामानान्तर उनको निक्षेपित करती हैं (चित्र 8.16)। भूमि तथा अवरोधक के बीच उपस्थित जल अनूप या (समुद्रताल या) लैगून (lagoon) निर्मित करते हैं।

iii) **तरंग निक्षेपित वेदिका (Wave built terrace)**: सागरीय क्लिफ तथा तरंग घर्षित वेदिका के अपरदन से प्राप्त पदार्थ समुद्र में उसके समीप ही निक्षेपित हो जाता है तथा समतल सतही प्लेटफार्म निर्मित करता है इसे तरंग निक्षेपित वेदिका कहते हैं (चित्र 8.13)। ध्यान दें कि तरंग घर्षित बेदी समुद्र की विनाशकारी क्रिया द्वारा बनाई गयी प्लेटफार्मनुमा भूआकृति है जबकि तरंग निक्षेपित वेदिका समुद्र तरंगों की रचनात्मक क्रिया के कारण निर्मित प्लेटफार्मनुमा होती है।

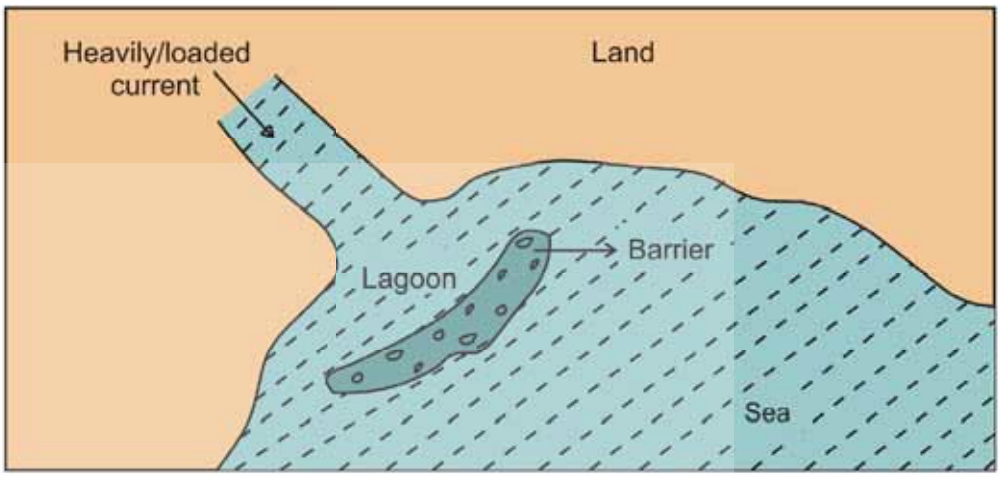
iv) **तटीय प्रवाल (Fringing reef)**: ये मुख्य द्वीप अथवा ज्वालामुखी शंकु के समीप निर्मित होती हैं तथा ज्वार के समाप्ति के समय उभर कर दिखाई देती हैं।

v) **अवरोधक प्रवाल भित्ति (Barrier reef)**: मुख्यतः भूमि जैसे अवरोधकों से दूर निर्मित होती हैं तथा मुख्य भूमि एवं भित्ति के मध्य जलराशि के साथ जुड़ी होती हैं। उदाहरण के लिए, ग्रेट बैरियर रीफ।

vi) **एटाल (Atoll)**: ज्यादा अथवा कम वक्रता युक्त प्रवाल भित्ति होती हैं तथा विशिष्ट लैगून के साथ जुड़ी रहती हैं (चित्र 8.16b)।

vii) **संलग्न भित्ति/स्पिट (Spit):** यह संकरी तथा नीचे तल पर स्थित रेत/ग्रेवल की जीभ की सदृश्य आकृति है जो सागर में उपस्थित होती

है। इसका एक सिरा भूमि से जुड़े होने के कारण यह रोधिका (bar) से भिन्न होता है। दूसरे शब्दों में, स्पिट जल राशि जैसे खाड़ी में उंगली के समान पुलिन का प्रक्षेपण होता है। हुक के आकार के तथा अंदर की ओर मुड़े निक्षेपों को अंकुश या हुक (hook) कहते है।



(a)

(b)

चित्र 8.16 : a) अवरोधक तक लैगून का आरेख; b) लैगून तथा एटॉल की उपग्रह छायाचित्र, लक्षद्वीप में अगाती एटॉल तथा इसका विशिष्ट केन्द्रीय लैगून।
(source: wikimapia)

vii) **रोधिका (Bar)**: यदि स्पिट स्वयं को समुद्री रास्तों से जोड़ ले तथा जल राशि के साथ युग्मित हों तो इन्हें रोधिका कहते है। वास्तव में रोधिका रेत एवं शैलों के टुकड़ों से निर्मित पहाड़ी होती है जो कि नदी अथवा खाड़ी के अनुप्रस्थ निर्मित होती है।

ix) **प्रवाल भित्ति (Coral reefs)**: यह कार्बनिक निक्षेपों से निर्मित द्वीप के सदृश्य संरचनाएं होती हैं। प्रवाल भित्ति सर्वाधिक रूप से प्रशांत महासागर तथा हिंद महासागर में पाई जाती हैं। प्रवाल भित्ति तीन प्रकार की होती हैं:

B) गहरे सागरीय निक्षेप

ये अवसाद समुद्र की गहराई में लगभग 2000 मीटर से ज्यादा गहराई पर निर्मित होते हैं। अधिकांशतः तीन से चार कि.मी. गहरे समुद्र तल की गहराई पर कार्बनिक निक्षेप निर्मित होते हैं। इनमें सबसे प्रचलित **लाल मृत्तिका** (red clay) तथा **उज़** (oozes) हैं।

बोध प्रश्न 2

a) सागर के प्रकारों की सूची बनाइये।

b) सागरीय अपरदन की मुख्य प्रक्रियाओं की सूची बनाइये।

c) उन प्रक्रियाओं के नाम बताइये जिनके द्वारा सागरीय अपरदन की प्रक्रिया संचालित होती है।

d) आविल धारा को परिभाषित कीजिये।

8.4 सांराश

पृथ्वी की भूआकृतियों का निर्माण विभिन्न भूवैज्ञानिक कारक जैसे वायु, जल (नदी, भूमिगत जल एवं समुद्री/सागरीय) तथा हिमनदों द्वारा होता है। इस इकाई में हमने हिमनद तथा समुद्री जल के द्वारा होने वाली अपरदन प्रक्रियाओं तथा अपरदन एवं निक्षेपण के फलस्वरूप निर्मित होने वाली भूआकृतियों का अध्ययन किया। आइये जो हमने सीखा उसका संक्षेपीकरण करें :

- हिमानीकृत घाटियां 'U' आकार द्वारा प्रदर्शित होती हैं। हिमनद तीन प्रकार के होते हैं जैसे हिम चादर, हिम आवरण अथवा महाद्वीपीय हिमनद, पर्वत या घाटी हिमनद तथा गिरिपद हिमनद। हिमनद का सबसे प्रमुख एवं प्रचलित सतही संरचना दरारें है।
- हिमानी अपरदन मुख्यतः दो प्रकार से अपघर्षण तथा उत्पाटन द्वारा होता है।
- अपरदन भूआकृतियां जैसे सर्क, अरेट, बर्गश्रृण्ड श्रृंग अथवा पिरैमिडीय शीर्ष लटकती घाटियां, हिम सोपान, फियोर्ड, भेड़ पीठ शैल, केटेल, हिमानी टेबल, श्रृंग पुच्छ, आदि उत्पाटन एवं अपघर्षण के कारण निर्मित होती हैं।
- विशिष्ट निक्षेपणीय आकृतियां हिमोढ़, टिल अथवा बोल्डर मृत्तिका, ड्रमलिन, एस्कर, दरारों का भरण, तथा हिमनद अपक्षेप मैदान हैं।
- सागरीय अपरदन चार प्रकार से होता है - जलगतिक क्रिया, अपघर्षण, सन्निघर्षण तथा संक्षारण।
- सागरीय गतिविधियों के फलस्वरूप निर्मित होने वाली अपरदन भूआकृतियों में सागर क्लिफ, तरंग घर्षित वेदिका, सागरीय गुहिका तथा शीर्षभूमि, समुद्री चाप तथा स्टैक शामिल हैं। उथले समुद्री निक्षेपों में सागरीय पुलिन तथा रोधिका हैं। गहरे समुद्री निक्षेप, उज तथा लाल मृत्तिका हैं।
- समुद्री निक्षेप उथले जलीय अथवा गहरे समुद्री निक्षेप हो सकते हैं।
- सारणी 8.1 में कुछ बाह्य कारकों द्वारा किये जाने वाले भूवैज्ञानिक कार्यों को सारणीबद्ध किया गया है।

सारणी 8.1: बाह्य कारकों द्वारा किये जाने वाले भूवैज्ञानिक कार्यों का संक्षेप

भूवैज्ञानिक प्रक्रिया		वायु	नदी	भूमिगत जल	हिमनद	महासागर
अपरदन	अपरदन प्रक्रियाएं	अपवाहन, अपघर्षण, सन्निघर्षण	अपघर्षण, विलयन प्रक्रिया, जलगतिक क्रिया, संक्षारण, सन्निघर्षण	रासायनिक क्रिया यांत्रिकी क्रिया	उत्पाटन, अपघर्षण	जलगतिक क्रिया अपघर्षण/विलयन संक्षारण, सन्निघर्षण
	अपरदन भूआकृतियां	अपवाहन बेसिन, मरूफर्श, मशरूम टेबल, ज्यूजेन, यारडंग, गौर, पीठ शैल, वेन्टीफैक्ट, वायुदृष्टाश्म	V आकृति घाटी, विलयन रन्ध्र, गार्ज, जलप्रपात	भूस्खलन, गुहिकाएं भूमिगत चैनल, कंदराएं, संधियों का चौड़ा होना, विलयन घाटियां, कार्स्ट स्थलाकृति	सर्क, अरीट, श्रृंग, U आकृति घाटी, खरोंच, हिमानी सोपान, फियोर्ड, भेड़ पीठ, नुमाशैल, श्रृंग और पिच्छ, हिमानी टेबल, केटेल	सागरीय क्लिफ, तरंग घर्षित वेदिका, सागरीय गुहिका, सागरीय लघु निवेशिका, सागरीय चाप, स्टैक, सागरीय किनारा, सागरीय तट, सागर पुलिन
परिवहन	परिवहन प्रक्रियाएं	कर्षण, उत्परिवर्तन, निलंबन,	विलयन, निलंबन, कर्षण लुढ़कना, उत्परिवर्तन	विलयन रूप में	कर्षण, रिलीगेशन, हिमानी बर्फ के मिश्रण के साथ, पुनः जमना	पुलिन, ड्रिफ्टिंग, लंबी तटीय धाराएं, आवलन धाराएं
निक्षेपण	निक्षेपण के कारण	अवरोध, वेग में कमी, वर्षा	प्रवणता एवं आयतन में कमी, नदी तल का चौड़ा होना, अवरोध, विसर्पण, ग्रैवल्स में डूब जाना	ऑक्सीजन में कमी, वाष्पीकरण, तापक्रम नें कमी दाब में कमी, रासायनिक अभिक्रिया	मलबे के साथ अतिभार बर्फ का पिघलना	उथले जल निक्षेपण, गहरे सागरीय निक्षेपण
	निक्षेपण भूआँतियां	लोएस, टिब्बा, अर्ध चन्द्राकर, परवलय, अनुदैर्ध्य, अनुप्रस्थ, स्टार, प्लेया, सेलिना, मरूस्थल	जलोढ़ पंखा तथा शंकु, गुम्फित तथा विसर्पित, नदी निक्षेप, छाड़ झील, बाढ़कृत मैदान, जलोढ़ निक्षेप, लेवीस, डेल्टा, अवरोध, स्पिट, हुक	ीसेराइट, प्रतिस्थापन, जिओड, कंक्रीशन, स्टेलेक्टाइट स्टेलेग्माइट, कैल्सियम युक्त गुफा	टिल अथवा बोल्डर, मृतिका, इरेटिक, हिमोढ़, ड्रमलिन, एस्कर, दरारों का भरना, हिमनद अपक्षेप मैदान	उथले जल निक्षेप, सागर पुलिन, अवरोधक प्रवाल भित्ति, एटॉल, हुक, डेल्टा, तरंग निर्मित वेदिका, गहरे सागरीय निक्षेप, ऊजेस तथा लाल मृतिका

8.5 क्रियाकलाप

आप जिस भी क्षेत्र में निवास कर रहे है घूमने जा रहे अथवा कार्य करते हों, आपके पास हमेशा अपने आसपास की प्रकृति का अवलोकन करने तथा आनंद उठाने का भरपूर अवसर रहता है।

1. आप अपने घर पर अथवा इंटरनेट कैफे में जाकर कम्प्यूटर पर भुवन, गूगल अर्थ अथवा अन्य समकक्ष साप्टवेयर में हिमालय क्षेत्र एवं सागर तटीय क्षेत्रों में हिमनदों का अवलोकन करें। साथ ही इस अध्याय में आपके द्वारा अध्ययन किये गये अपरदन एवं निक्षेपणीय भूआकृतियों को पहचानने का भी प्रयास करें।
2. उन छायाचित्रों चित्रों में पहचानी गई आकृतियों को उनके वास्तविक क्षेत्र पर अवलोकन करने का प्रयत्न करें।

8.6 सात्रिक प्रश्न

1. हिमानी प्रक्रिया के फलस्वरूप निर्मित होने वाले अपरदन भूआकृतियों की विवेचना कीजिये। आवश्यकतानुसार स्पष्ट नामांकित चित्र भी बनाइये।
2. सागरीय प्रक्रिया के फलस्वरूप निर्मित होने वाले निक्षेपणात्मक भूआकृतियों का वर्णन कीजिये। जहां आवश्यक हो वहां स्पष्ट नामांकित चित्र भी बनाइये।
3. हिमनदों तथा सागर के भूवैज्ञानिक कार्यों के फलस्वरूप होने वाली अपरदन प्रक्रियाओं में अंतर स्पष्ट कीजिये।
4. नदी की घाटी एवं हिमनद की घाटी में अंतर स्पष्ट करिये।
5. वायु, नदी, भूमिगत जल, हिमनद तथा सागरों द्वारा निर्मित अपरदन तथा निक्षेपणा भूआकृतियों की सूची बनाइये।

8.7 संदर्भ

- Fletcher, C. (2011) Physical Geology, The Science of Earth John Wiley & Sons, 679p.
- www.wikimapia.org. (वेबसाइट15 मई 2015 को देखा गया)

8.8 आगे / सम्भावित अध्ययन

- Dutta, A.K. (2010), Introduction to Physical Geology, Kalyani Publishers, Ludhiana, 250p.
- Mahapatra, G.B. (2013), A Textbook of Geology, CBS Publishers, New Delhi, 366p.
- Verma, V.K. (2002) Lectures on Geomorphology, Pilgrims Book Pvt. Ltd. Delhi, 485p.

8.9 उत्तर

बोध प्रश्न

1. a) हिमानी बर्फ की सतह पर उपस्थित दरारों को हिमनद दरार कहते हैं।

   b) हिमनद मध्य भाग में ज्यादा तेजी से गमन करते हैं जब पिघलने के दौरान वे छोटे होते जाते हैं तथा हिमोढ़ निक्षेप छोड़ जाते हैं जो नीचे की ओर उत्तल होते हैं।

   c) जलगति अभिक्रिया, अपघर्षण, सन्निघर्षण, संक्षारण

   d) ऐसा ड्रिफ्ट जो पिघले हुए जल युक्त सरिताओं द्वारा परिवहित किया जाता है। हिमनद अपक्षेप कहलाता है। यह अधिकांशतः पिघलते हिमनदों के डाऊन स्ट्रीम साइड में चौड़े अवसादी मैदान निर्मित करता है इसे हिमनद अपक्षेप मैदान कहते हैं। शक्तिशाली पवन सूक्ष्म कणिक पदार्थों को हिमनद अपक्षेप मैदानों से लंबी दूरी तक परिवहित कर लोएस निक्षेपों का निर्माण करते हैं।

2. a). अवशिष्ट सागर, महादेशीय सागर, सीमान्त सागर।

   b). संक्षारण, अपघर्षण, सन्निघर्षण, जल गति अभिक्रिया।

   c). सागरीय क्लिफ, तरंग घर्षित वेदिका, सागरीय गुहिका, तट, सागरीय चाप, स्टैक, किनारा, लघु निवेशिका, शीर्ष भूमि।

   d). निलंबित अवस्था में अवसाद युक्त तल पर बहती हुई घनत्वीय धाराओं को आविल धारा (टरबिडिटी करंट) कहते हैं। ये अवसाद तटों से गहराई युक्त क्षेत्रों एवं समुद्र तल पर क्षैतिज रूप से विस्तारित होते हैं।

सात्रिक प्रश्न

1. कृपया उपअनुभाग 8.2.2 तथा सारणी 8.1 देखें ।
2. कृपया उपअनुभाग 8.3.3 तथा सारणी 8.1 देखें।
3. कृपया हिमानी अपरदन की प्रमुख प्रक्रिया उत्पाटन तथा अपघर्षण होती है जबकि सागरीय अपरदन में संक्षारण, अपघर्षण, सन्निघर्षण तथा जल गति अभिक्रिया।
4. हिमनदीय एवं नदी घाटी में मुख्य अंतर -

हिमनद की घाटी	नदी की घाटी
क्षैतिज अपरदन के कारण U आकृति की घाटी	आधार के अपरदन के कारण V आकृति की घाटी
मुख्य हिमनदों से जुड़ने वाले हिमनदों हेतु लटकती हिमनद घाटी उपस्थित	घाटी में मुख्य नदी को जोड़ने वाली सहायक नदियां
युवा, प्रौढ़ अथवा वृद्धावस्था घाटियों में कोई विभेदन नहीं, हिमानी सोपान उपस्थित	चार पृथक अवस्थाएं उपस्थितः प्रारंभिक, युवा, प्रौढ़ावस्था तथा वृद्धावस्था घाटी, नदी वेदिका उपस्थित
साम्यावस्था की कोई प्रोफाइल नहीं। ये समुद्र तल के नीचे तक अपरदन कर सकते हैं।	साम्यावस्था की प्रोफाइल उपस्थित, समुद्र तल के नीचे अपरदन नहीं कर सकते

5. दर्शायी गई सारणी 8.1 का अवलोकन करें।

शब्द संग्रह

अपघर्षण (Abrasion) : जल, वायु एवं हिम द्वारा परिवहित शैल कणों के प्रभाव एवं घर्षण के कारण होने वाली शैल सतहों की घिसाई एवं खुरचना (scraping)।

गहरे सागरीय मैदान (Abyssal plain): गहरे सागरीय तल के ऐसा क्षेत्र जो सामान्यतः महाद्वीपीय उत्थान के निचले तल पर स्थित होता है।

वायूढ़ निक्षेप (Aeolion Deposits) : पवन द्वारा परिव्हन के कारण उत्पन्न अवसाद।

जलोढ़ पंख (Alluvial fan) : पंखे के आकार के ऐसे निक्षेप जो नदी के अनुदेश ऐसे बिंदु पर जमा होते हैं जहां से ढाल या प्रवणता में कमी आती है अर्थात् पहाड़ों से मैदान की ओर।

जलोढ़ सरिता (Alluvial Channel) : ऐसी नदी जिसके तल एवं किनारे मुख्य रूप से अदृढ़ (लूज) कणों द्वारा निर्मित रहते हैं जो कि घाटी में पूर्व से निक्षेपित थे।

एलुवियम (Alluvium) : सरिता अथवा नदी द्वारा जमा किये गये अदृढ़ (लूज) अवसाद।

प्रसुप्त कोण (Angle of repose) : ऐसा खड़ा कोण जिसमें अदृढ़ पदार्थ (लूज मटेरियल) बिना ढाल पर फिसले स्थिर रहता है।

जलभृत (Aquifer) : ऐसी शैल अथवा अवसाद जिसमें भूमिगत जल आसानी से प्रवाहित होता है।

अरेट (Arete) : दो समीपस्थ हिमानीकृत घाटियों को पृथक करने वाली चाकू के सदृश्य संकरी घाटी।

एटाल (Atoll) : प्रवाल भिति (कोरल रीफ) का ऐसा पूर्ण अथवा खंडित वलय जो कि केंद्रीय लैगून के चारों ओर स्थित होता है।

पृष्ठ दलदल (Back swamp) : बाढ़कृत मैदान में उपस्थित असिचिंत क्षेत्र जो कि प्राकृतिक तटबंध की उपस्थिति के कारण निर्मित होते हैं।

अवरोधक द्वीप (Barrier Island) : समुद्री तट के सामान्तर स्थित निचली रैखिक लंबाई युक्त पहाड़ी।

आधार सतह (Base level) : ऐसा तल जिसके नीचे नदी अपरदन नहीं कर सकती।

पुलिन (Beach) : झील अथवा समुद्र के भूभागीय किनारे की ओर एकत्रित अवसादों का ढेर।

तलभार (Bed load) : प्रवाहित जल के द्वारा अवसाद नदी के तल पर लुढ़कते हैं अथवा कणों की भूसतह पर पवन के द्वारा रगड़ने की प्रक्रिया होती है।

तलीय शैल (Bed rock) : शैलों हेतु प्रयुक्त एक सामान्य शब्द जो कि मुख्य रूप से मृदा अथवा लूज सतही अवसदों/पदार्थों के नीचे स्थित होता है।

वातगर्त (Blowout/Deflation Hollow): आसानी से अपरदित हो सकने वाले पदार्थों में पवन द्वारा खोदा गया गर्त।

तल समूह संस्तर (Bottom set bed): सूक्ष्म अवसादों की ऐसी सतह जो कि डेल्टा के अग्रणी किनारों पर निक्षेपित होती है तथा डेल्टा में लगातार वृद्धि के कारण कालान्तर में ढक जाती है।

गुम्फित नदी (Braided river) : अनेक छोटी-छोटी सरिताओं में विभक्त एक नदी।

कन्दरा (Cavern) : प्राकृतिक रूप से निर्मित एक या अधिक भूमिगत कक्षनुमा आकृति जो कि मुख्य रूप से चूना पत्थर क्षेत्रों में विलयन गृहिका के कारण निर्मित होती है।

रासायनिक अपक्षय (Chemical Weathering) : ऐसी प्रक्रिया तत्वों के पृथक होने अथवा जुड़ जाने के कारण खनिजों की आतंरिक संरचना में परिवर्तन होता है।

हिमजग्हवर (Cirque) : हिमानीकृत घाटी के शीर्ष पर स्थित सीढ़ी नुमा सदृश्य भूमि जिसका निर्माण मुख्यतः तुषार विखंडन अथवा उत्पाटन (प्लाकिंग) के कारण होता है।

तट (Coast) : भूमि की ऐसी पट्टी जिसका विस्तार भूमि से समुद्र तट तक होता है तथा समुद्र से संबंधित आकृतियां भी पाई जाती है।

रेंगना (Creep) : मृदा एवं रेगोलिथ की पहाड़ी ढाल पर मंद गति।

हिमविदर (Crevasse) : हिमनद की भंगुर सतह पर पाई जाने वाली गहरी दरार।

मलबा प्रवाह (Debris flow) : इसे पंक प्रवाह (Mud flow) भी कहते हैं। यह तीव्र प्रकार का वृहत् क्षरण (मासवेस्टिंग) है जिसमें बड़ी मात्रा में जलयुक्त मृदा एवं रेगोलिथ का प्रवाह होता है।

अपवाहन (Deflation) : पवन के द्वारा अदृढ़ पदार्थो का पृथ्ककरण एवं ऊपर उठाना।

डेल्टा (Delta) : अवसादों का ऐसा जमाव जो कि वहां निर्मित होता है जहां नदी झील अथवा समुद्र में जाकर मिलती है।

दुमाकृतिक सरिता प्रवाह (Dendritic drainage pattern) : ऐसा नदी तंत्र जो वृक्ष की शाखाओं के सदृश्य दिखता है।

अनावृतिकरण (Denudation) : इसमें लंबे समय तक प्रभावी ऐसी प्रक्रियाओं का समावेश होता है जिसमें जल, हिम, पवन अथवा लहरों के क्रिया के फलस्वरूप पृथ्वी की सतह पर पाये जाने वाले उच्चावच (relief) तथा उच्चता (elevation) में कमी होती है।

मरुस्थल (Desert) : यह भूमि का वह निर्जन स्थल है जहां अल्पवर्षा होने के कारण पौधे एवं जन्तुओं के जीवन यापन की विरूध्द परिस्थितियां होती हैं। वनस्पति जगत की अनुपस्थिति के कारण भूमि की खुली सतह अनावृत्त होती जाती है।

मरूस्थलीय फर्श (Desert pavement) : बड़े पेबल (Pebble) तथा ग्रेवल (Gravel) कणों की ऐसी परत जो कि पवन द्वारा सूक्ष्म पदार्थों के पृथक्करण के फलस्वरूप निर्मित होती है।

विलयित भार (Dissolved load) : नदी का ऐसा भार जो कि विलयन द्वारा ले जाया जाता है।

जल वितरिका (Distributary) : नदी का ऐसा हिस्सा जो मुख्य धारा से पृथक हो जाता है।

नदी घाटी (Drainage basin) : भूमि का वह हिस्सा जो नदी को जल उपलब्ध कराता है।

टिब्बा (Dune) : पवन द्वारा निक्षेपित बालू से निर्मित पर्वत पृष्ठ अथवा पहाड़ी।

अपवहन (Eluviation) : नीचे रिसते जल के द्वारा मृदा परिच्छेदिका के 'A' क्षेत्र से सूक्ष्म मृदा घटकों का पृथक्करण।

अंत हिमोढ़ (End moraine) : हिमनद के सामने हिस्से की पूर्वावस्था को प्रदर्शित करने वाली पहाड़ी।

अपरदन (Erosion) : जल, पवन एवं बर्फ जैसे गतिशील कारकों के कारण पदार्थों को समाहित एवं परिवहित करना।

एस्कर (Esker) : मुख्यतः रेत एवं ग्रैवल द्वारा निर्मित ऐसी वक्राकार पहाड़ी जो कि हिमनद (ग्लेशियर) के नीचे उपस्थित सुरंग में प्रवाहित नदी द्वारा उसके अंतिम पड़ाव के समीप निर्मित होती है।

बारनद (Estuary) : यह आंशिक रूप से घिरी खारे पानी युक्त तटीय संरचना जिसमें एक या एक से अधिक नदी प्रवाहित होती है। इन नदियों का समुद्र से खुला संबंध होता है। नदी के स्वच्छ जल प्रवाह के कारण यहां पानी के खारेपन में उल्लेखनीय कमी होती है।

अपदलन गुंबद (Exfoliation dome) : यह शैलों की आरामदेह अवस्था का दर्शनीय परिणाम होता है जो शैलों पर आरोपित दाब में अपरदन के फलस्वरूप कमी के कारण निर्मित होता है। वृहद गुंबद आकृति की संरचना मुख्यतः ग्रेनाइट द्वारा निर्मित एवं परतों में विभक्त होने के कारण होती है।

बाह्य प्रक्रिया (External process) : अपक्षय, वृहत् क्षरण, अपरदन आदि प्रक्रियाएं जो सूर्य द्वारा संचालित होती है तथा ठोस शैलों को अवसादों में परिवर्तित कर देती हैं।

उतार (Fall) : वृहत् क्षरण (मास वेस्टिंग) के सदृश्य ऐसी गति जिसमें किसी भी आकार के शैल के टुकड़े टूट-टूट कर नीचे गिरते हैं।

फियोर्ड (Fiord) : हिमनद के आंशिक रूप से समुद्र में डूबने के दौरान निर्मित खड़ी ढाल युक्त प्रवेश मार्ग।

बाढ़कृत मैदान (Flood plain) : नदी घाटी का समतल एवं निचला क्षेत्र जहां समय अंतराल पर बाढ़ आती रहती है।

अग्रस्तर (Fore set bed) : डेल्टा के सम्मुख निक्षेपित एक आनत संस्तर।

तुषार विघटन (Frost wedging) : शैलों का यांत्रिकी विघटन जो मुख्यतः दरारों एवं हिमविदरों में एकत्रित जल के विस्तार के फलस्वरूप होता है।

गीजर (Geyser) : गर्मपानी का ऐसा फव्वारा जो कुछ समय अंतराल पर भूमि से बाहर निकलता है।

हिमड्रिफ्ट (Glacial drift) : हिमनदीय उत्पत्ति वाले अवसाद हेतु प्रयुक्त प्रचलित शब्द जो कि अवसादों के स्थान एवं निक्षेपण आकृति से प्रभावित नहीं होता।

हिमनद (Glacier) : हिम का मोटा द्रव्यमान जो कि हिम के सुदृढ़ीकरण एवं पुनर्क्रिस्टलीकरण के कारण निर्मित होता है।

क्रमिक संस्तर (Graded bed) : अवसादों की ऐसी परत जो कि तल से शीर्ष तक अवसादों की साइज में लगातार कमी द्वारा प्रदर्शित होती है।

प्रवणता (Gradient) : नदी या सतह की ढाल।

भूहिमोढ़ (Ground moraine) : बर्फ के शीर्ष भाग में कमी के कारण निक्षेपित टिल की असमतल सतह।

लटकती घाटी (Hanging valley) : हिमानी द्रोणी मे प्रवेश करने वाली एक सहायक घाटी जो कि द्रोणी के तल से एक निश्चित ऊंचाई पर होती है।

शीर्षवर्ती अपरदन (Headward erosion) : अपरदन से घाटी के शीर्ष हिस्से की ऊपरी ढाल का विस्तार।

हार्न (Horn) : पिरैमिड सदृश्य चोटी जो कि पर्वत समूहों के तीन या अधिक हिमगहवर में हिमानी प्रक्रिया के फलस्वरूप निर्मित होते हैं।

उष्ण झरने (Hot spring) : ऐसा झरना जिसमें जल 6° से 9° सेल्सियस (10°F से 15°F) तक उस क्षेत्र के औसत वार्षिक वायु तापक्रम से अधिक होता है।

केम (Kame) : रेत एवं ग्रैवल से निर्मित तीक्ष्ण ढाल युक्त पहाड़ी जो कि स्थिर हिमानी बर्फ की खुली जगहों में अवसादों के एकत्रीकरण के द्वारा निर्मित होती है।

केटिल रंध्र (Kettle holes) : हिमखंड के हिमानी निक्षेपों में रहने तथा उसके पश्चात् पिघलने के दौरान निर्मित गर्त।

वक्र हिमोढ़ (Lateral moraine) : घाटी हिमनद के किनारों पर स्थित हिल की पहाड़ी जो कि मुख्य रूप से घाटी की दीवारों से हिमनद पर गिरने वाले मलबे से बनी होती है।

लोएस (Loess) : पवन द्वारा उड़ाकर लाये गये मांस के रंग के पांशू के निक्षेप जिनमें परतें अदृश्य होती हैं तथा उर्ध्वाधर क्लिफ को बनाये रखने की क्षमता युक्त होते हैं।

अनुदैर्ध्य टिब्बा (Longitudnal dunes): पवन के प्रवाह की दिशा में निर्मित रेत की लंबी पहाड़ीनुमा संरचनाएं। ये टिब्बे वहां निर्मित होते हैं जहां सप्लाई सीमित होती है।

बृहत् क्षरण (Mass wasting) : गुरुत्व के फलस्वरूप शैल, रैगोलिथ तथा मृदा की नीचे ढाल की तरफ प्रवाहित होता है।

दीर्घ किनारा प्रवाह (Long shore current) : तटों के समीप पाये जाने वाले दीर्घ प्रवाह जो तट के सामान्तर प्रवाहित होता है।

विसर्पण (Meander) : नदी अथवा सड़क का वक्रीय घुमाव।

यांत्रिकी अपक्षय (Mechanical weathering) : शैलों के भौतिकी अपघटन के फलस्वरूप सूक्ष्म टुकड़ों में विभक्त होना।

मध्य हिमोढ़ (Medial moraine) : दो युग्म हिमनदों के मिलाप से निर्मित पार्श्विक हिमोढ़ के दौरान निर्मित टिल की पहाड़ी/कटक।

मुख (Mouth) : नदी के डाऊन स्ट्रीम तरफ का वह बिंदु जहां नदी का पूरा जल दूसरी नदी में अथवा किसी जलाशय में प्रवाहित होता है।

पंक विदर (Mud crack) : कुछ अवसादी शैलों की ऐसी संरचना जो गीले पंक के शुष्क होने, सिकुड़ने अथवा दरारें उत्पन्न होने पर होती है।

प्राकृतिक तटबंध (Natural levees) : एलूवियम द्वारा निर्मित झुकी हुई स्थलाकृतियां जो कुछ नदियों के सामान्तर तथा उनके जल को रोकने का कार्य करती हैं, केवल बाढ़ की स्थिति को छोड़कर।

हिमनद अपक्षेप मैदान (Outwash plain) : सापेक्षिक रूप से सपाट क्रमशः ढाल युक्त मैदान बर्फ की चादर के किनारों के सम्मुख पिघले हुए जल नदियों द्वारा निक्षेपित सामग्री युक्त होता है।

भौतिक भूविज्ञान (Physical geology): भूविज्ञान की वह शाखा जिसके अंतर्गत पृथ्वी की सतह तथा नीचे से लगने वाले बलों एवं प्रक्रियाओं को समझने हेतु भूसामग्री का अध्ययन करते हैं।

प्लेया (Playa) : असिंचित मरूस्थलीय द्रोणी के मध्य के सपाट क्षेत्र।

प्लेया झील (Playa lake) : प्लेया में स्थित अस्थायी झील।

उत्पाटन (Plucking) : हिमनद द्वारा तलीय शैलों के टुकड़ों को स्थल से पृथक करने की विधि।

बिंदु रोधक (Point bar) : विसर्पित धारा के अंदर विकसित रेत एवं ग्रेवल का अर्धचन्द्राकार आकृति का जमाव।

अरीय अपवाह प्रतिरूप (Radial drainage pattern) : एक केन्द्र बिन्दु से सभी दिशाओं में प्रवाहित होने वाला नदियों का समूह।

रेगोलिथ (Regolith) : खनिजों के टुकड़े तथा शैलों की परत जो प्रायः सभी जगहों पर पृथ्वी की भूसतह को ढंकती है।

नदी (River) : सरिता हेतु प्रयुक्त सामान्य शब्दावली जो अपने साथ बड़ी मात्रा में जल राशि को प्रवाहित करती है तथा इसकी अनेक शाखाएं होती है।

भेड़पीठ शैल (Roche moutonnee) : हिमनद के आगे बढ़ने के दौरान मार्ग में कठोर चट्टानों के टीलों द्वारा अवरोध होता है। हिमनदीय अपघर्षण के कारण इन टीलों को अपरदित कर हिमनद अपना मार्ग बनाता है। इन टीलों पर जिस ओर से हिमनद बढ़ते हैं उस ओर हिमनद के अपघर्षण द्वारा टीले का भाग घर्षित होकर चिकना तथा हल्के ढाल वाला हो जाता है। परंतु दूसरी ओर हिमनद द्वारा अपरदन कम होता और उत्पादन द्वारा खरोंच पड़ने के कारण ढाल तीव्र एवं उबड़ खाबड़ होता है।

शैल चूर्ण (Rock flour) : हिमनद की घिसाई प्रक्रिया के कारण निर्मित शैलों का चूर्ण।

शैल स्खलन (Rock slide) : कमजोर तलों के अनुदिश शैलों का तीव्र गति से फिसलना।

सतही प्रवाह (Runoff) : भूमि के अंदर रिसने के बजाय भूसतह पर प्रवाहित होने वाला जल।

उत्परिवर्तन (Saltation) : लगातार उछलते अथवा कूदते हुए अवसादों का परिवहन।

सागरीय चाप (Sea arch) : लहरों के अपरदन के फलस्वरूप चाप निर्मित होती है जब जब शीर्ष भूमि के विपरीत किनारों पर कंदराएं एकीकृत हो जाती हैं।

समुद्री स्टैक (Sea stack) : अग्र भूमि के समुद्री लहरों द्वारा अपरदन के कारण सुदुर किनारे पर निर्मित शैल का स्थिर एकांकी पिंण्ड।

विलयन रन्ध्र (Sink hole) : ऐसे क्षेत्रों में निर्मित गर्त भूमिगत जल द्वारा विलयशील शैलों को पृथ्क कर दिया जाता है।

खिसकना (Slide) : वृहत् क्षरण प्रक्रिया के दौरान की सामान्य गतिविधि जिसमें नीचे ढाल की तरफ खिसकने की प्रक्रिया में पदार्थ पूर्ण रूप से संलग्न होते हैं तथा एक पूर्ण निर्धारित सतह के अनुदिश गति करते हैं।

खिसकने वाला तल (Slide face) : रेतीले चापाकार टिब्बे की तीक्ष्ण सामने वाली सतह जो लगभग 34° की प्रवणता बनाये रखती है।

स्लंप (Slump) : शैलों का ढाल की तरफ नीचे खिसकना अथवा वक्राकार सतह पर अदृढ़ पदार्थों के एक एकाई के समान गतिशील होना।

हिम मैदान (Snow field) : ऐसा क्षेत्र जो वर्ष भर हिम से आच्छादित रहता है।

हिमरेखा (Snow line) : वर्षभर जमा रहने वाले हिम की निचली सीमा।

मृदा (Soil) : कार्बनिक पदार्थों, जल एवं वायु का ऐसा मिश्रण। रैगोलिथ का वह भाग जो पौधों की वृद्धि में सहायक होता है।

मृदा संस्तर (Soil horizon) : निश्चित पहचान युक्त गुणों वाले मृदा की परत जो मृदा निर्माणकारी प्रक्रियाओं अथवा रासायनिक अपक्षय द्वारा होती है।

मृदा परिच्छेदिका (Soil profile) : मृदा की उर्ध्वाधर काट जिसमें क्रमागत संस्तर तथा नीचे स्थित पदार्थ दिखाई देते हैं।

मृदा वर्गीकरण (Soil taxonomy) : मृदा वर्गीकरण की प्रणाली जिसमें मृदा की विशेषताओं के आधार पर 6 प्रमुख भागों में विभक्त किया गया है। यह प्रणाली 12 मृदा क्रम की पहचान करती है।

स्पिट (Spit) : रेत की लंबी पहाड़ी जो कि भूमि से लेकर समीपस्थ खाड़ी के मुहाने तक प्रक्षेपित होती है।

स्टेलेक्टाइट (Stalactite) : कंदरा की छत से लटकती हुई बर्फ की नुकीली चट्टान सदृश्य संरचना।

सरिता (Stream) : प्राकृतिक चैनल की सीमा में प्रवाहित जल हेतु सामान्यतः प्रयुक्त शब्द। अतः छोटी नलिका अथवा बड़ी नदियां दोनों ही सरिता हैं।

हिमानी खरोंच (Glacial striations) : तलीय शैल के सतह पर उपस्थित खरोंच या रगड़ के निशान जो कि मुख्यतः हिमनदों द्वारा घिसाई तथा अवसादों के भार के कारण निर्मित होते हैं।

उपमृदा (Sub soil) : मृदा परिच्छेदिका के B संस्तर हेतु प्रयुक्त शब्द।

निलंबित भार (Suspended load) : प्रवाहित जल अथवा वायु के अंदर ले जाये जाने वाले सूक्ष्म अवसाद।

टेलस (Talus) : क्लिफ (घाटी) के आधार पर एकत्रित शैल मलबा।

विवर्तनिकी (Tectonics) : पृथ्वी की सतह को विरूपित करने वाली वृहद पैमाने पर सक्रिय सामूहिक प्रक्रियाओं का अध्ययन।

अंतस्थ हिमोढ़ (Terminal moraine): अंत हिमोढ़ जो कि ग्लेशियर के सूदूर अग्र गति को प्रदर्शित करता है।

छत (Terrace) : सपाट समुद्री किनारे जैसी संरचना जो मुख्यतः नदी के डाऊन कटिंग के कारण छुटी हुई होती है।

टिल (Till) : हिमनद के द्वारा सीधे निक्षेपित बिना छटाई किये अवसाद।

टिलाइट (Tillite) : हिमानी टिल के शैलीकरण के द्वारा निर्मित शैल।

टापसेट (Topset) : अनिवार्यतः क्षैतिज अवसादी परत जो कि बाढ़ के दौरान डेल्टा के शीर्ष पर निक्षेपित होती है।

ट्रैवरटाइन (Travertine) : चूना पत्थर का ऐसा स्वरूप जो कि उष्ण झरने अथवा कंदरा निक्षेप द्वारा निक्षेपित होता है।

ट्रेलिस अपवाह (Trellis drainage) : नदियों का ऐसा तंत्र जिसमें नदियां अपनी सहायक नदियों के लगभग सामान्तर होती हैं। ये सहायक नदियों वलित संस्तर के घाटी कटाव को घेरे रहती है।

टरबिडाइट (Turbidite) : क्रमशः संस्तरण द्वारा प्रदर्शित उतार-चढ़ाव युक्त प्रवाह से निर्मित निक्षेप।

आवलि धारा प्रवाह (Turbidity current) : गाढ़े अवसाद युक्त जल का ढाल की तरफ प्रवाह तब निर्मित होता है जब रेत तथा पंक महाद्वीपीय शैल्फ में तथा ढाल से पृथक होकर निलंबित अवस्था में फेंक दिये जाते हैं।

असामान्य प्रवाह (Turbulent flow) : जल का ऐसा अनिश्चित प्रवाह जो कि प्रायः भंवर , चक्रीय गति द्वारा प्रदर्शित होता है। अधिकांश नदी प्रवाह इसी प्रकार के होते है।

अंतिम आधार सतह (Ultimate base level) : समुद्र तल, अंतिम स्तर जहां नदी अपरदन भूमि को नीचे कर देता है।

घाटी हिमनद (Valley glacier) : पहाड़ी घाटी में सीमित हिमनद जो कि अधिकांशतः पूर्व में नदी घाटी होती है।

वेन्टीफैक्ट (Ventifact) : पवन के रेत विस्फोट प्रक्रिया के प्रभाव से निर्मित पेबल अथवा कोबल की पॉलिशिंग एवं आकार ।

जल स्तर (Water lable) : संतृप्त भूजल क्षेत्र की ऊपरी सतह।

तरंग घर्षित क्लिफ (Wave cut cliff): समुद्र की ओर मुख वाली क्लिफ जो कि तीक्ष्ण ढाल युक्त समुद्र तट के अनुदिश होती हैं, जो कि आधार पर लहरों द्वारा अपरदन अथवा वृहत् क्षरण के कारण निर्मित होती है।

तरंग घर्षित बेदी (Wave cut platform) : समुद्र तट के अनुदिश पाये जाने वाला बैंच (शेल्फ) जैसी संरचना जो लहरों द्वारा अपरदन के कारण कट होती है।

लहर ऊंचाई (Wave height) : लहरों के शीर्ष एवं द्रोणी के बीच का ऊर्ध्वाधर दूरी।

अपक्षय (Weathering) : पृथ्वी की सतह के समीप शैलों का विघटन एवं अपघटन।

यारडंग (Yardung) : नदी के समीप, पवन द्वारा निर्मित पहाड़ी जिसकी आकृति भेड़ की उल्टी पीठ के समान होती है तथा बहती पवन के सामान्तर स्थित होती है।

एकत्रीकरण क्षेत्र (Zone of accumulation) : हिमनद का वह हिस्सा जो हिम के एकत्रीकरण तथा बर्फ के निर्माण द्वारा प्रदर्शित होता है।

संतृप्त जल क्षेत्र (Zone of saturation) : ऐसा क्षेत्र जहां अवसादों एवं शैलों में उपस्थित रिक्त स्थान पूर्ण रूप से जल से भरे होते है।

MPDD/IGNOU/P.O.1.8K/August, 2019

ISBN : 978-93-89668-16-2