

प्रथम वर्ष कला
भूगोल अभ्यासपत्रिका क्र. १
प्राकृतिक भूगोल
सत्र - १
विषय कोड : UBA 1.27

डॉ. सुहास पेडणेकर कुलगुरु, मुंबई विद्यापीठ, मुंबई	
डॉ. कविता लघाटे प्राध्यापक नि-संचालक दूर व मुक्त अध्ययन संस्था, मुंबई विद्यापीठ, मुंबई	प्रा. अनिल आर. बनकर, सहयोगी प्राध्यापक इतिहास आणि सहाय्यक संचालक व प्रभारी अध्ययन साहित्य विभाग, दूर व मुक्त अध्ययन संस्था, मुंबई विद्यापीठ, मुंबई

कार्यक्रम समन्वयक प्रा. अनिल आर. बनकर, सहयोगी प्राध्यापक इतिहास आणि सहाय्यक संचालक, दूर व मुक्त अध्ययन संस्था, मुंबई विद्यापीठ, मुंबई	प्रकल्प समन्वयक प्रा. अजित पाटील दूर व मुक्त अध्ययन संस्था, मुंबई विद्यापीठ, मुंबई
लेखक डॉ. भिमराव बी. सोनुले प्राध्यापक भूगोल विभाग, मुंबई विद्यापीठ, मुंबई	डॉ. हेमंत एम. पेडणेकर प्राचार्य, सोनोपंत दांडेकर महाविद्यालय, पालघर
डॉ. सवित्स्मिता विलासराव चव्हाण सहयोगी प्राध्यापक, भूगोल विभाग, मुंबई विद्यापीठ, मुंबई	डॉ. शिवराम अ. ठाकूर बी.ओ.एस. भूगोल विभागप्रमुख, माजी चेअरमन एस.पी.के. महाविद्यालय, सावंतवाडी
डॉ. समीर बुटाला उपप्राचार्य व विभागप्रमुख भूगोल विभाग, पोलादपूर महाविद्यालय, जि. रायगड	प्रा. भारती उन्नी विभागप्रमुख, सहयोगी प्राध्यापक भूगोल विभाग, साठे महाविद्यालय, विलेपार्ले, मुंबई
प्रा. प्रकाश शिंदे माजी विभागप्रमुख, उपप्राचार्य, भूगोल विभाग जोशी बेडेकर महाविद्यालय,	डॉ. राजाराम बी. पाटील सहयोगी प्राध्यापक, विभागप्रमुख, फोंडाघाट महाविद्यालय, सिंधुदुर्ग, जि. सिंधुदुर्ग
डॉ. अनिता अवटी आय.सी.एस. महाविद्यालय, खेड, जि. रत्नागिरी	प्रा. सुरेश शेटकर विभागप्रमुख, सहयोगी प्राध्यापक, भूगोल विभाग, एन.के. महाविद्यालय, मालाड, मुंबई

डिसेंबर २०२०, प्रथम वर्ष कला, भूगोल अभ्यासपत्रिका क्र. १, प्राकृतिक भूगोल

प्रकाशक	: प्रभारी संचालक, दूर व मुक्त अध्ययन संस्था, मुंबई विद्यापीठ, विद्यानगरी, मुंबई - ४०० ०९८.
----------------	---

अक्षर जुळणी	: अश्विनी आर्टस्, गुरुकृपा चाळ, एम्. सी. छगला मार्ग, बामणवाडा, विलेपार्ले (पूर्व), मुंबई - ४०० ०९९.
मुद्रण	:

अनुक्रमणिका

क्रमांक	अध्याय	पृष्ठ क्रमांक
	प्रथम सत्र	
१.	भूगोलाची तोंड ओळख	०१
२.	खडक आणि खनिजे	२२
३.	नदीचे कार्य	५६
४.	हिमनदीचे व भूमीगत पाण्याचे कार्य	६८
५.	वाऱ्याचे व सागरी लाटांचे कार्य	८१
६.	समोच्चतादर्शकरेखा व बाह्याकार	९८



I

SYLLABUS

**Subject: Geography- Paper- I Physical Geography Part-I
(Landforms)**

SEMESTER-I

Unit I

Physical Geography – Importance, definition and branches
Interior of the Earth, Distribution of land and water

Unit II

Rocks and Minerals, Folds and Faults, Weathering types, Mass
movements

Unit III

Work of River- erosional and depositional landforms
Work of Glacier- erosional and depositional landforms

Unit IV

Work of Wind- erosional and depositional landforms
Work of Sea waves- erosional and depositional landforms
Work of Underground water- erosional and depositional
landforms

Unit V

Practical: Interpolation of contour lines, contour landforms
and cross-sections, profiles -importance and types



घटक - १

प्राकृतिक भूगोलाची प्रस्तावना/ओळख

घटक संरचना:

- १.० उद्दिष्टे
- १.१ प्रस्तावना
- १.२ भूगोलाच्या व्याख्या
- १.३ भूगोलाचे स्वरूप व व्याप्ती
- १.४ भूगोलाच्या शाखा
- १.५ घटकांचे प्रादेशिक वितरण
- १.६ प्राकृतिक भूगोलाचे महत्व
- १.७ पृथ्वीची अंतर्गत रचना
- १.८ भूकंप लहरी
- १.९ जमीन व पाणी यांचे वितरण

१.० उद्दिष्टे

- भूगोलाची तोंडओळख या पहिल्या घटकांत विद्यार्थ्यांना भूगोल विषयाचे स्वरूप व व्याप्ती समजण्यास मदत होईल.
- वेगवेगळ्या भूगोलतज्ञांनी त्यांच्या व्याख्यांच्या माध्यमातून भूगोलाला कशाप्रकारे अभ्यासले ते समजेल.
- प्राकृतिक भूगोलाचे महत्व समजून घेणे
- पृथ्वीच्या अंतरंगातील विविध घटकांचा अभ्यास करणे.
- भूकंप व त्याच्या लहरींबाबत जाणून घेणे.
- पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर -जगात- जमीन व पाणी यांचे वितरण का व कसे झाले आहे ते समजून घेणे.

१.१ प्रस्तावना

पृथ्वीची निर्मिती सुमारे ४६०० दशलक्ष वर्षांपूर्वी झाली. मानवाच्या आधी पृथ्वीवर वनस्पती, प्राणी, कीटक, मासे-जलचर इ. निर्माण झाले.

मानव फक्त २ दशलक्ष वर्षापूर्वी पृथ्वीवर आला. मानवाकडे निरिक्षणाची व विश्लेषणाची क्षमता आहे त्याने शास्त्र व तंत्रज्ञानाचा विकास केला नैसर्गिक भूदृश्यात बदल केला. मानवनिर्मित भूरूपेही उदा. इमारती, पूल कारखाने, उद्योगधंदे वाहतूक व दळणवळण इ. निर्माण केले. पृथ्वीवर नैसर्गिक भूरूपेही उदा. पर्वत, नद्या, मैदाने इ आढळतात.

सूर्यमालिकेतील पृथ्वी या एकमेव ग्रहावर प्राकृतिक पर्यावरण सजीव-मानवाची वस्ती आढळते. पृथ्वीवरील प्राकृतिक पर्यावरणातील विविध घटक, त्यांचा परस्पररांशी असणारा संबंध व त्यांच्या एकत्रीकरणातून तयार झालेले पृथ्वीचे गुंतागुंतीचे/बहुविध स्वरूप 'भूगोल' या मूलभूत शास्त्रामुळे समजण्यास मदत होते. वेगवेगळ्या प्रदेशात वेगवेगळ्या प्रकारचे लोक राहतात. त्यांच्या प्रादेशिक वितरणावर परिणाम करणाऱ्या घटकांचा अभ्यास भूगोलतज्ञ करतात. प्राकृतिक भूगोलाचे तज्ञ भूरूपांची उत्क्रांती, भूपृष्ठाच्या हालचाली, हवा व हवामान, महासागराचे गुणधर्म, वनस्पती व प्राणी या घटकांचे स्पष्टीकरण देतात.

मानवी भूगोलाचे तज्ञ मानव व त्याचे प्राकृतिक पर्यावरण यांच्यातील सहसंबंधांचे स्पष्टीकरण देतात. भूगोलाच्या काही शाखांमध्ये प्राकृतिक व मानवी घटकांतील परस्पर संबंधांचा, त्यांचा एकमेकांवरील होणाऱ्या परिणामांचा एकत्रितरित्या अभ्यास केला जातो. पृथ्वीवरील विविध प्रणाल्यांचा अभ्यास भूगोलतज्ञांनी वेगवेगळ्या दृष्टीकोनातून केल्यामुळे भूगोलाच्या वेगवेगळ्या वैशिष्ट्यपूर्ण शाखा निर्माण झाल्या आहेत.

१.२ भूगोलाच्या व्याख्या

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील विविध नैसर्गिक किंवा मानवनिर्मित घटकांच्या वितरणाचा संबंध भूगोलाशी आहे. ग्रीक तज्ञ इरॅटोस्थेनिस यांनी सर्वप्रथम 'भूगोल' या संज्ञेचा वापर केला. -भूगोल-Geography हा शब्द दोन ग्रीक शब्दांच्या एकत्रीकरणातून तयार झाला आहे. 'Geo' म्हणजे पृथ्वी व 'graphy' म्हणजे वर्णन त्यामुळे भूगोल म्हणजे पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे, तिच्यावरील विविध घटकांचे वितरणांचे वर्णन भूगोलतज्ञांनी त्यांच्या दृष्टीकोनातून भूगोलाचे वर्णन केले आहे. त्यापैकी काही पुढीलप्रमाणे आहेत.

१. भूगोलाच्या या विषयात पृथ्वीवरील विविध ठिकाणांचे -मानवाच्या जगाचेह- वर्णन व विश्लेषण केले जाते. -रिचर्ड हार्टश्रोन
२. भूगोलाच्या अभ्यासातून कोणता घटक कोठे आहे? कां आहे? व तो कशाचा बनला आहे ते समजते. -बोमन
३. भूगोल हे प्रदेशांचे शास्त्र आहे. -व्हिदाल द ला ब्लाश
४. भूगोल हे सहसंबंधाचे शास्त्र आहे. -ग्रिफिथ टेलर
५. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील प्रादेशिक तफावतींचे वर्णन व स्पष्टीकरण भूगोलाशी संबंधित आहे. - डेव्हिड हार्वे

तुमची प्रगती तपासा :

१. वेगवेगळ्या भूगोलतंत्रांनी केलेल्या भूगोलाच्या व्याख्या सांगा.

१.३ भूगोलाचे स्वरूप व व्याप्ती

पृथ्वीवरील विविध प्राकृतिक व मानवी घटकांचे प्रादेशिक वितरण समजून घेण्यास उपयुक्त असणाऱ्या शास्त्रांपैकी भूगोल एक शास्त्र आहे. पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचा व त्यावरील घटकांचा अभ्यास प्राकृतिक भूगोलात केला जातो. या घटकांच्या सहसंबंधातून निर्माण होणारे प्रादेशिक आकृतीबंध भूगोलात अभ्यासले जातात. थोडक्यात भूगोलात पृथ्वीचे पुढील प्रमुख भाग येतात.

भूपृष्ठ-जमीन व त्यावरील घटक (शीलावरण)

पाणी-महासागर- त्यांचे गुणधर्म (जलावरण)

पृथ्वीच्या सभोवती असणारे वायूंचे आवरण (वातावरण)

पर्यावरणातील सजीव (जीवावरण)

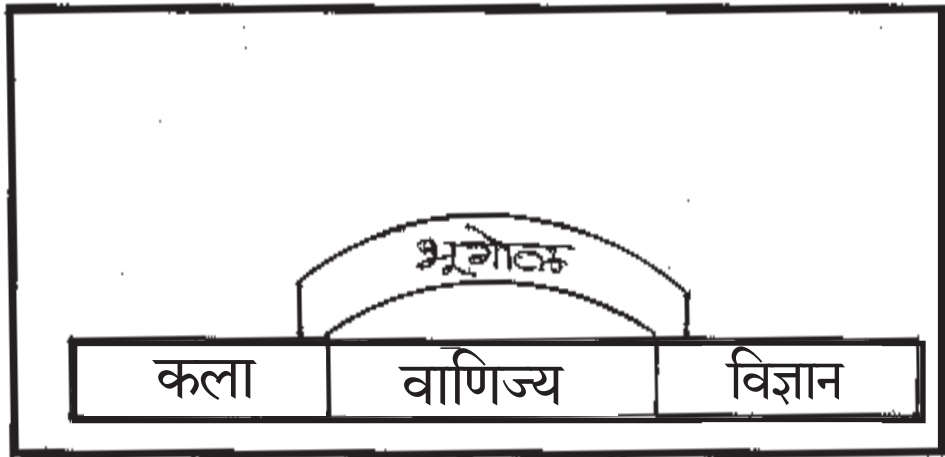
भूगोलाची व्याप्ती-

प्राकृतिक भूगोलात पुढील प्रमुख घटकांचा समावेश होतो.

(अ) शीलावरण (ब) जलावरण

(क) वातावरण (ड) जीवावरण

हे चार प्रमुख घटक व त्यांच्या प्रादेशिक तसेच कालानुरूप होणाऱ्या बदलातून पृथ्वीवर विविध गुणधर्म असलेले घटक निर्माण झाले आहेत. याचा अभ्यास विविध घटकांच्या प्रादेशिक वितरणात केला जातो. उदा. भूरूपे आणि वनस्पती, पक्षी, प्राणी, मानवी जीवन इ. या सर्व घटकांचे पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील वितरण अत्यंत असमान आहे.



आकृती १.१ : भूगोलाची व्याप्ती

तुमची प्रगती तपासा :

२. भूगोलाचे स्वरूप व व्याप्ती स्पष्ट करा.

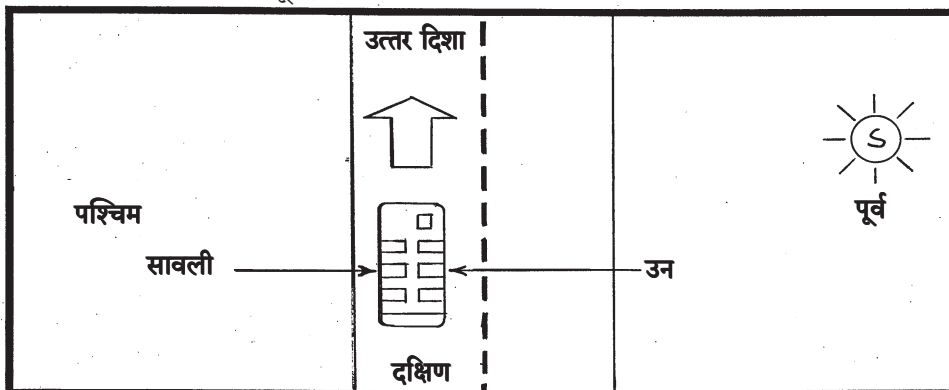
१.४ भूगोलाच्या शाखा-



(अ) प्राकृतिक भूगोल

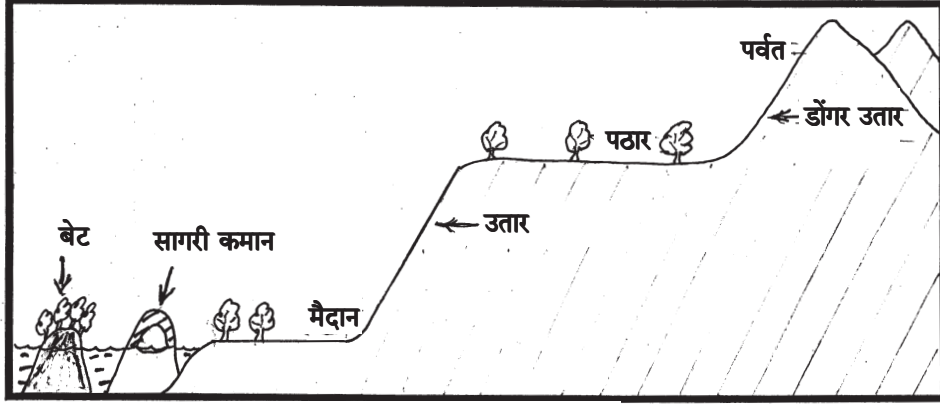
प्राकृतिक भूगोलाच्या शाखा पुढीलप्रमाणे

- (१) **अवकाशीय भूगोल-** सूर्यमालेतील व इतर ग्रह ताऱ्यांच्या संबंधातील पृथ्वीचे स्थान व त्यांचा पृथ्वीवर होणारा परिणाम अवकाशीय भूगोलात अभ्यासला जातो. हा गणिती भूगोलाचा भाग आहे. यात पृथ्वी या ग्रहाचा आकार घनफळ, अक्षवृत्ते व रेखावृत्ते या काल्पनीक संदर्भ रेषा, टाईम झोन-पृथ्वीची दैनिक-वार्षिक गती-ऋतू इत्यादींचा अभ्यास केला जातो.



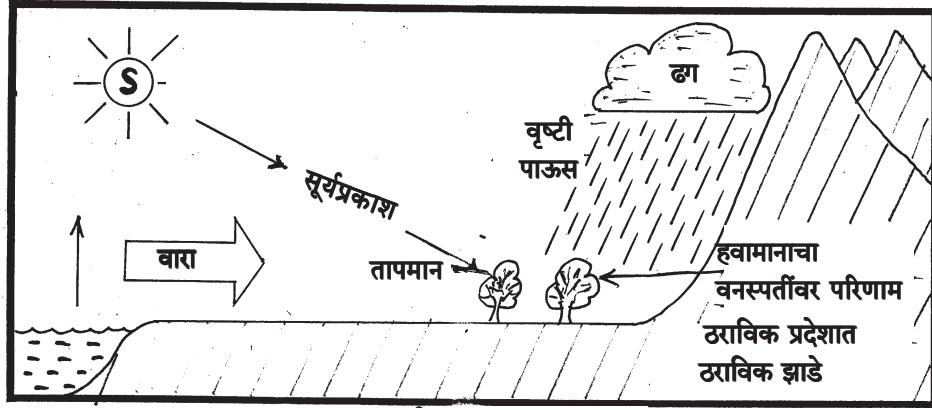
आकृती १.१अ - भूगोलाची उपयुक्तता

- (२) **भूरूपशास्त्र**— 'ब्लूम' या भूगोल तज्ञाच्या मते भूरूप शास्त्र हे पृथ्वीवरील विविध भूरूपांच्या वर्णनाचे/विश्लेषणाचे व त्यावर प्रक्रिया करणाऱ्या प्रक्रियांचे शास्त्र आहे.



आकृती १.२ - भूरूपशास्त्र

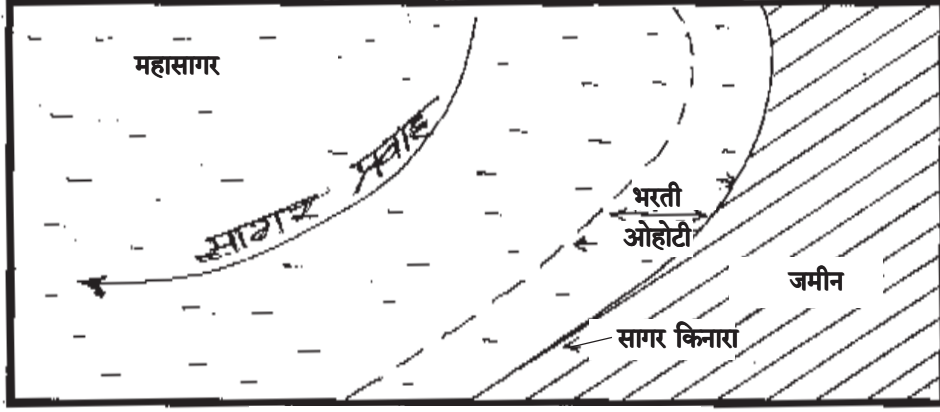
- (३) **हवामानशास्त्र**—'मिलर' यांच्या मते दीर्घकाळ हवामानचे बारकाईने निरीक्षण करून त्याचे विश्लेषण करण्याचे काम हवामान शास्त्रात केले जाते. हवामानशास्त्रात तापमान, आर्द्रता व वायुभार यामुळे वातावरणात होणाऱ्या बदलाचा अभ्यास केला जातो. या बदलाच्या परिणामामुळे पृथ्वीवर विविध हवामानविभाग निर्माण झाले आहेत. त्यांचा परिणाम नैसर्गिक पर्यावरणावर होतो.



आकृती १.३ - हवामानशास्त्र

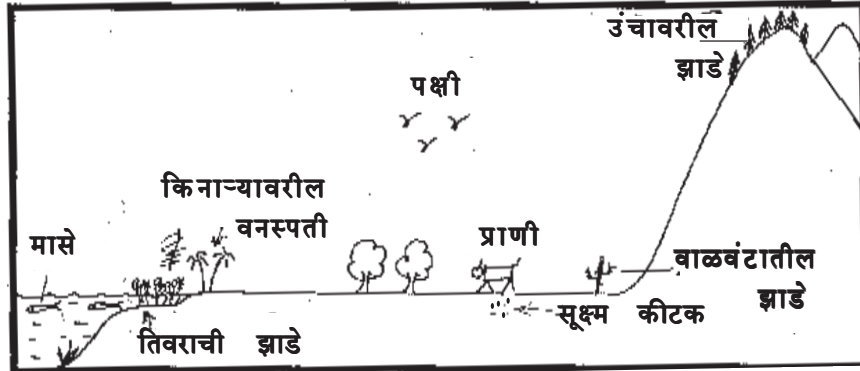
- (४) **सागरशास्त्र**— जे प्राऊडन यांच्या मते सागरशास्त्रात सागरजलाच्या प्राकृतिक व जैविक गुणधर्मांचा अभ्यास, तापमान-गती यांच्या संदर्भात केला जातो. या

विषयात महासागराची तळरचना सागर जलाच्या हालचाली-भरती ओहोटी, सागर प्रवाह इत्यादींचा अभ्यास केला जातो.



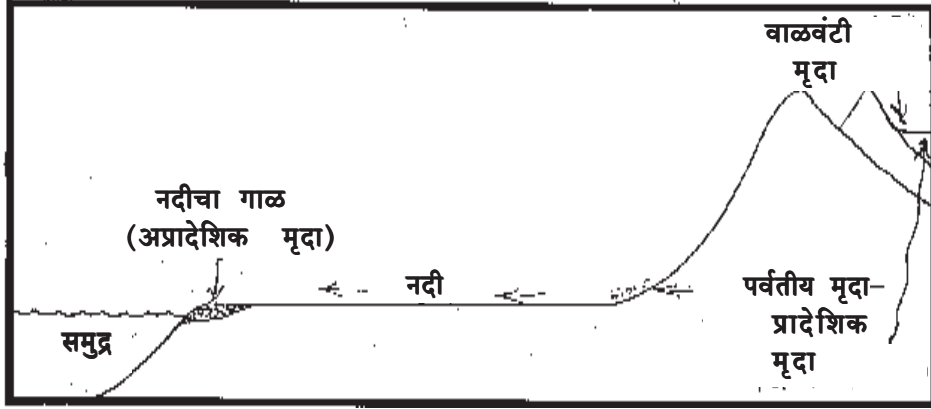
आकृती १.४ - सागरशास्त्र

- (५) **जलशास्त्र**- पृथ्वीवरील विविध रूपांमध्ये आढळणाऱ्या जलरूपांचा अभ्यास या शास्त्रात केला जातो. उदा. महासागर, नदी, हिमनदी, तळी व समुद्र तसेच भूमीगत पाणी, वातावरणातील बाष्प यांचा समावेश होतो.
- (६) **भूजीवशास्त्र**-पृथ्वीवर वनस्पती व प्राणी यांचे विविध प्रकार वेगवेगळ्या ठिकाणी आढळतात त्यांचे पृथ्वीवरील वितरण असमान आहे. या सर्वांचा अभ्यास भूजीवशास्त्रात केला जातो.



आकृती १.५ - जैवभूगोल

- (७) **मृदा भूगोल**- मृदा पृथ्वीवरील अत्यंत महत्वाची घटक आहे. नैसर्गिक वनस्पतींची वाढ व विकास मृदेवर अवलंबून असते. वेगवेगळ्या मृदांमध्ये वेगवेगळ्या वनस्पतींची वाढ वेगाने होते. मृदेचे स्वरूप, त्यातील सूक्ष्म कणांचे स्वरूप तिचे वितरण याचा अभ्यास मृदा भूगोलात केला जातो.

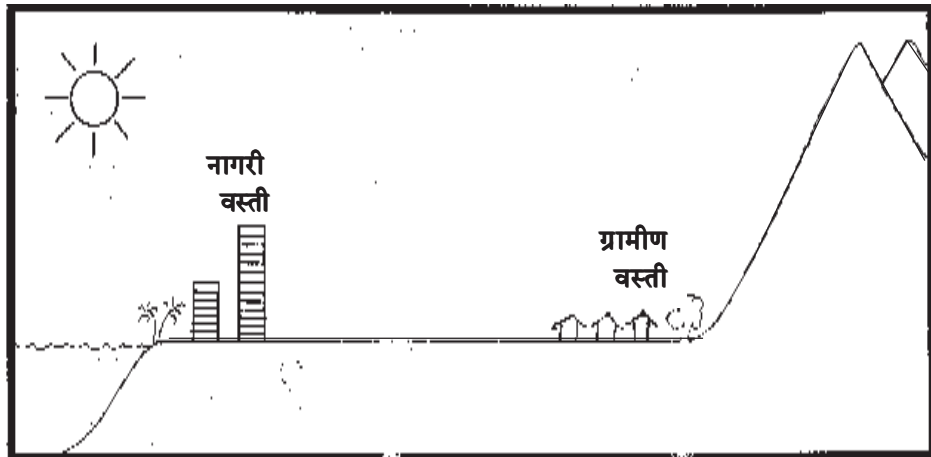


आकृती १.६: मृदा भूगोल

(ब) मानवी भूगोल-

मानवी भूगोलाच्या शाखा पुढीलप्रमाणे आहेत.

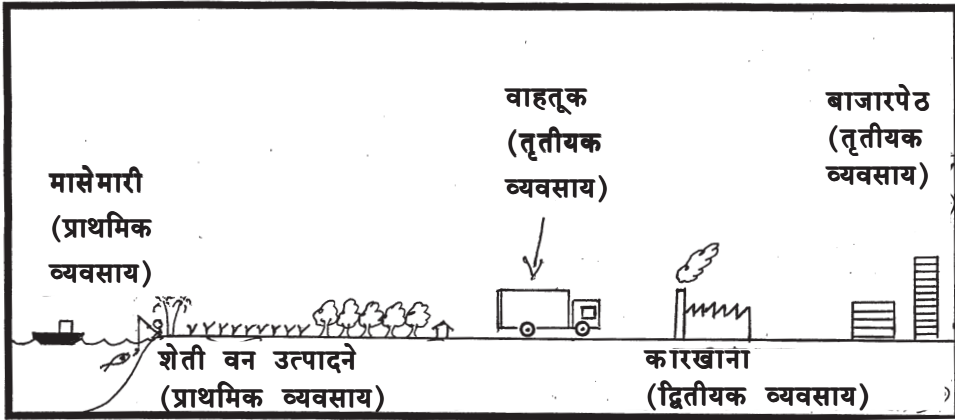
- (१) **लोकसंख्या भूगोल-** पृष्ठभागावरील लोकसंख्येच्या वितरणावर परिणाम करणाऱ्या विविध घटकांचा अभ्यास लोकसंख्या भूगोलात केला जाते. तसेच मानवी लोकसंख्येशी संबंधित विविध घटकांचा अभ्यासही या विषयात करतात. यात लोकसंख्या वाढीचे स्पष्टीकरण लोकसंख्येची संरचना व लोकांचे व्यवसाय या सर्वांचा लोकसंख्या व सामाजिक व आर्थिक घटकांवर परिणाम या विषयात अभ्यासला जातो.
- (२) **वस्ती भूगोल-** ग्रामीण नागरी वस्त्यांची उत्क्रांती, त्यांचे स्थान व त्यांची, संरचना, आकृतीबंध, स्वरूप व कार्ये यांचा अभ्यास वस्ती भूगोलात केला जातो.



आकृती १.७: वस्ती भूगोल

- (३) **आर्थिक भूगोल-** मानवाचे आर्थिक व्यवसाय प्रदेशानुसार वेगवेगळे असतात. प्राकृतिक घटकांचा परिणाम मानवाच्या आर्थिक व्यवसायांवर होतो. या व्यवसायांचे प्रादेशिक वितरण कशाप्रकारे झाले आहे याचा अभ्यास आर्थिक भूगोलात केला जातो. मानवाच्या आर्थिक व्यवसायांचे पुढीलप्रमाणे वर्गीकरण केले जाते.

- (१) प्राथमिक व्यवसाय- उदा-कंदमुळे/ जंगलातील अन्न घटक गोळा करणे, शिकार, शेती, मासेमारी, खाणकाम इ.
- (२) द्वितीयक व्यवसाय- कारखाने, उद्योगधंदे, बांधकाम
- (३) तृतीयक व्यवसाय-उदा-व्यापार, वाहतुक, व दळणवळण.
- (४) चतुर्थक व्यवसाय-उदा. विशिष्ट सेवा- बँका, विमा कंपनी, प्रशासकीय व शैक्षणिक सेवा, संरक्षण विषयक, सुरक्षा विधी व वैद्यकीय सुविधा.
- अविकसित देशांमध्ये प्राथमिक व्यवसायात गुंतलेल्या लोकांचे प्रमाण अधिक असते तर द्वितीयक, तृतीयक व चतुर्थक व्यवसायातील लोकांचे प्रमाण विकसित देशांमध्ये जास्त असते.



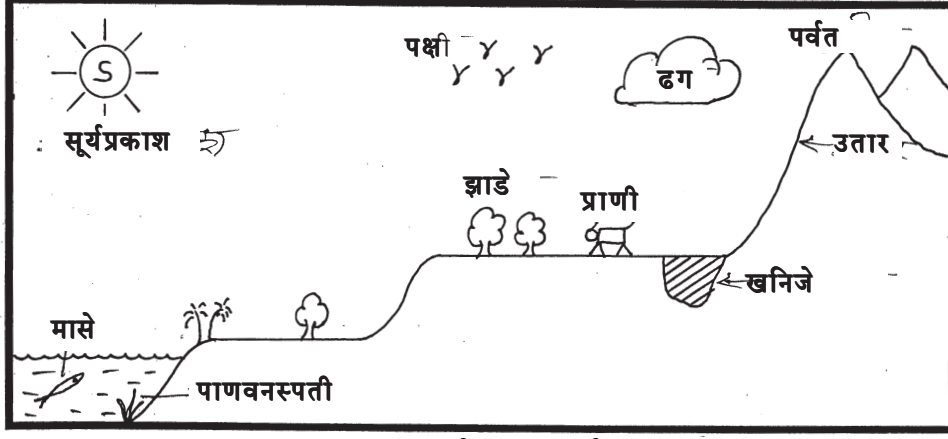
आकृती १.८: आर्थिक भूगोल

- (४) **प्रादेशिक भूगोल-** भूगोलाच्या या शाखेत समान प्राकृतिक गुणधर्म असणाऱ्या भागाला/ प्रदेशाला 'प्रदेश' (Region) असे संबोधले जाते. हवामान, भूप्रदेश रचना, नैसर्गिक वनस्पती व लोकसंख्या या निकषांच्या आधारे 'प्रदेश' ठरविले जातात. उदा. मान्सूनचा प्रदेश हवामानावर आधारीत आहे, हिमालयाचा डोंगराळ प्रदेश भूप्रदेश रचनेवर आधारीत आहे. किनारपट्टीचा प्रदेश किनारपट्टीच्या स्थानावर अवलंबून आहे. सिंधू-गंगा या नद्यांच्या खोऱ्यांतील प्रदेश नदीच्या सभोवतालच्या प्रदेशाशी- (पूर मैदानातील) संबंधीत आहे. याचप्रमाणे सव्हाना प्रदेश गवताळ, अ‍ॅमेझॉन प्रदेश वनव्याप्त तर लोकसंख्येवर आधारीत प्रदेश लोकसंख्येच्या निकषांवर आधारीत असतात.
- (५) **सांस्कृतिक भूगोल-** प्रत्येक प्रदेशात रहाणाऱ्या लोकांच्या रहाणीमान, कपडे, अन्न जेवणाच्या सवयी, धार्मिक क्रिया, समारंभ, जत्रा, सण, कला, स्थापत्य, भाषा व व्यवसाय या सर्वांवर त्यांच्या पारंपारीक संस्कृतीचा प्रभाव आढळतो. उदा. ख्रिश्चन ख्रिसमस, हिंदू दिवाळी, मुस्लीम ईद, बुध्द जयंती बौध्द व महावीर जयंती जैन साजरे करतात.
- स्थापत्य शास्त्रातही असा वेगळेपणा आढळतो. उदा. ब्रिटिशांची गॉथिक शैली, मोंगलांची मुघल शैली, दक्षिण भारतीयांची द्राविडी शैली, बौध्दांचे स्तूप व पैगोडा. या सर्व स्थापत्या शैलींचा अभ्यास सांस्कृतिक भूगोलात केला जातो. कालानुरूप या खूप बदल अनुभव, गरज व परस्पर संबंध यानुसार होत गेले. काळ व तंत्रज्ञान यातील बदलानुसार मानवाच्या संस्कृतीत बदल होत गेला.-

भटका-शिकार करून, अन्न गोळा करून जगणारा प्राथमिक अवस्थेतील मानव, ग्रामीण भागातील शेती करणारा शेतकरी, शहरातील कारखानदार, वाहतूकदार यांच्या रूपाने हा बदल लक्षात येतो. जगातील विविध समाजांवर या बदलांचा प्रभाव कमी-जास्त असल्याचे आढळते.

- (६) **ऐतिहासिक भूगोल-** विविध प्रदेशांत व विविध काळात घडणाऱ्या ऐतिहासिक घटनांवर त्या प्रदेशातीलौगोलिक- प्राकृतिक व मानवी घटकांचा प्रभाव आढळतो. याचा अभ्यास ऐतिहासिक भूगोलात करतात.
- (७) **राजकीय भूगोल-** विविध देशांतील राजकीय प्रणालींचे वितरण भूगोलाच्या या शाखेत अभ्यासले जाते. यात प्रदेशाच्या सीमा, देशांचे परस्पर संबंध यांचा अभ्यास केला जातो. राजकीय प्रणालींवर सरकारची स्थिरताह्द-अस्थिरता अवलंबून असते. त्याचा प्रभाव देशांत तसेच जगातील इतर देशांवर जाणवतो.
- (क) **संयुक्त भूगोल-**
- प्राकृतिक भूगोल तसेच मानवी भूगोलात उपयुक्त असणाऱ्या भूगोलाच्या शाखांचा समावेश संयुक्त भूगोलात केला आहे.
- (१) **विषयवार नकाशाशास्त्र (Thematic Cartography)-** एखाद्या प्रदेशाचा भौगोलिक अभ्यास करताना नकाशे व आकृत्यांची गरज लागते. सर्वेक्षणाच्या माध्यमातून जमा केलेली माहिती नकाशाद्वारे दाखविल्यानंतर अधिक स्पष्ट होते. उदा. जगातील लोकसंख्येची घनता, पर्जन्याचे वितरण इ.
- (२) **कॉम्प्युटर नकाशाशास्त्र (Computer Cartography)-** या शाखेत कॉम्प्युटरच्या सहाय्याने माहितीचे विश्लेषण करून नकाशे आकृत्या तयार केल्या जातात. त्यामुळे वेळ, खर्च व श्रम वाचतात.
- (३) **दूर संवेदन (Remote sensing)-** दूर संवेदन याचा अर्थ एखाद्या घटकाचा/ प्रदेशाची माहिती दूर अंतरावरून गोळा करणे. उदा. विमानांचा वापर करून हवाई छायाचित्रण केले जाते तर उपग्रहांच्या माध्यमातून आपल्याला पृथ्वीवरील प्रदेशांची उपग्रह छायाचित्रे (Satellite imagery)- मिळतात. अनेक कारणांसाठी त्यांचा उपयोग होतो. उदा. हवेच्या स्थितीची माहिती, संरक्षण, पूरस्थिती, भूकंप, दरड कोसळणे यासारख्या आपत्ती, नैसर्गिक साधन-संपत्तीचा अभ्यास इ.
- (४) **सांख्यिकीय भूगोल (Quantitative Geography)-** या शाखेत भूगोलाच्या अभ्यासात गणित व संख्याशास्त्राची मदत घेतली जाते. त्यामुळे माहितीचे विश्लेषण अचूकतेने व परिणामकारक रितीने करणे शक्य होते. संशोधनात मदत होते.
- (५) **आरोग्य भूगोल (Geography of Health)-** आरोग्य, विविध आजार, त्यांचे प्रादेशिक वितरण, कारणे यांचा अभ्यास आरोग्य भूगोलात केला जातो.

- (६) **पर्यावरणीय भूगोल**-प्राकृतिक पर्यावरण व मानवनिर्मित पर्यावरण यांचा परिणाम पृथ्वीच्या पर्यावरणावर होतो. त्यामुळे प्रदूषणासारख्या गंभीर समस्याही निर्माण होतात. याचा अभ्यास पर्यावरण भूगोलात करतात.



आकृती १.९: पर्यावरणीय भूगोल

- (७) **भौगोलिक माहिती प्रणाली GIS**- यामध्ये जमीन, पाणी यावरील साधनसंपत्ती व मानवी व्यवसाय याबद्दलची प्रचंड माहिती कॉम्प्युटरच्या सहाय्याने एकत्र साठवून त्या माहितीचे विश्लेषण केले जाते. हे करण्यासाठी आधुनिक कॉम्प्युटर त्याला लागणारी आज्ञाप्रणाली (Software) वापरली जाते. यामध्ये माहिती साठवून, त्याचे विश्लेषण करून वापर केला जातो. GIS चा वापर आज विविध प्रकारच्या साधनसंपत्तीचे नियोजन, पर्यावरण रक्षण, संवर्धन, दळणवळण, संरक्षण व नियोजनात मोठ्या प्रमाणावर केला जातो.

तुमची प्रगती तपासा :

३. प्राकृतिक भूगोलाच्या विविध शाखांची चर्चा करा.

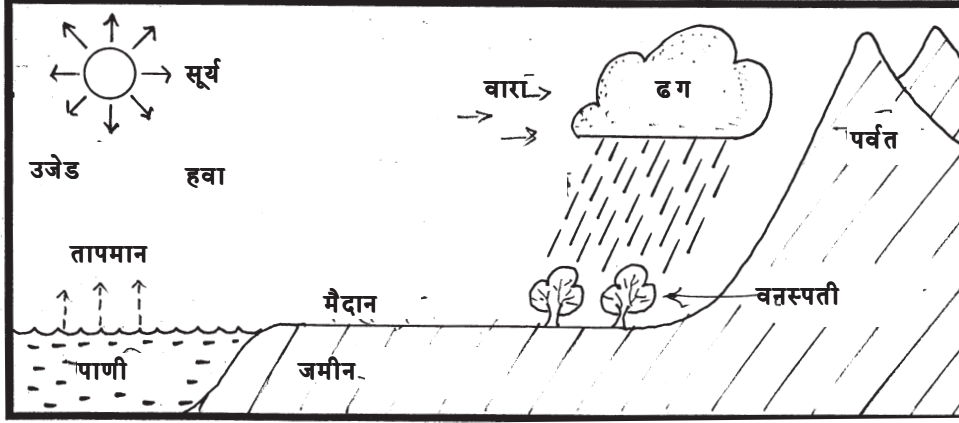
४. मानवी भूगोलाच्या विविध शाखांची चर्चा करा.

५. संयुक्त भूगोलाच्या विविध शाखांची चर्चा करा.

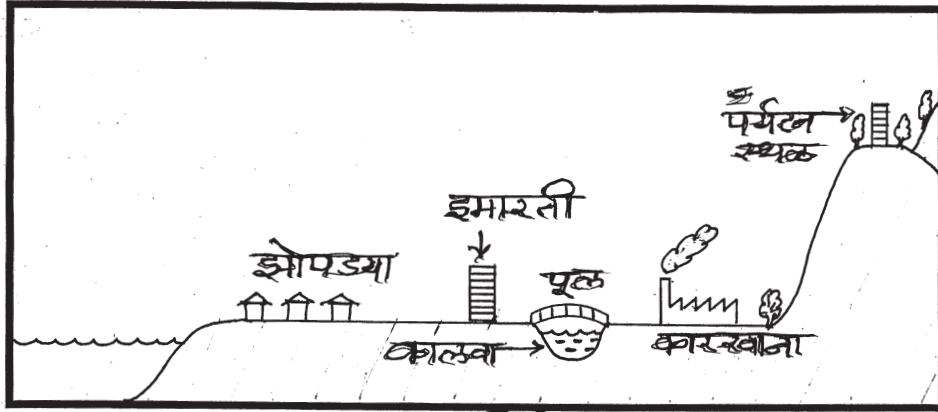
१.५ घटकांचे प्रादेशिक वितरण

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील सर्व घटकांचे वितरण समान झालेले नाही. काही ठिकाणी विशिष्ट घटक आढळतात तर काही ठिकाणी त्यांचा अभाव असतो. उदा. वाळूच्या

टेकड्या वाळवंटात व समुद्र किनाऱ्याजवळ आढळतात. कोळसा गाळाच्या खडकांत आढळतो. उच्च शिक्षण देणाऱ्या संस्था, उत्तम वैद्यकीय सुविधा मोठ्या शहरात आढळतात. शून्यापेक्षा कमी तापमान असलेल्या ठिकाणी हिमनद्या/हिम आढळते. खनिजे खाणीत आढळतात तर शेती व वने अनुकूल प्रदेशांत आढळतात.



आकृती १.१०: नैसर्गिक घटक



आकृती १.११: मानव निर्मित घटक

भूगोलतज्ञ विविध घटकांच्या प्रादेशिक वितरणाचा अभ्यास करतात. उदा. लोकसंख्या कोठे अधिक आहे व का? यालाच प्रादेशिक विश्लेषण (Spatial Analysis) असे संबोधले जाते.

पृथ्वीवरील विविध घटक दर्शविण्यासाठी भूगोलतज्ञ नकाशांचा वापर करतात. यामुळे घटकांची दाटी झालेले प्रदेश व घटकांचा अभाव असणारे प्रदेश यांच्यामधील फरक लगेच लक्षात येतो. हा फरक का आहे हे भूगोलतज्ञ शोधण्याचा प्रयत्न करतात.

नकाशाच्या सहाय्याने असा अभ्यास करणे सोपे होते.

तुमची प्रगती तपासा :

६. 'घटकांचे प्रादेशिक वितरण' म्हणजे काय ते विविध उदाहरणाच्या सहाय्याने स्पष्ट करा.

१.६ प्राकृतिक भूगोलाचे महत्त्व

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील विविध घटकांच्या वितरणाचा अभ्यास भूगोलात केला जातो. भूगोलाचा संबंध आपल्या दैनंदिन जीवनात सतत येत असतो. सकाळी आपण वर्तमानपत्र वाचतो त्यात विविध ठिकाणी घडलेल्या घटनांच्या बातम्या असतात. बातमी -NEWS हा शब्दच

N - North E - East
W - West S - South

या चार प्रमुख दिशांच्या एकत्रीकरणातून बनला आहे. दिशा, स्थान, अंतर यांचाही संबंध सतत येतो. त्यासाठी आपण नकाशांचा वापर करतो. भूगोलाच्या अभ्यासातून आपल्याला नकाशा वाचन कसे करावे, एखादे स्थान, पर्यटन स्थळ कोणत्या दिशेला व किती अंतरावर आहे तसेच तेथे जाण्यासाठी कोणते वाहतूक-मार्ग उपलब्ध आहेत हे समजते. तंत्रज्ञानातील प्रगतीमुळे आता इंटरनेट कॉम्प्युटर व मोबाईल वरही नकाशे उपलब्ध आहेत. GPS च्या माध्यमातून (GPS - Global Positioning System) आपण सध्या ज्या ठिकाणी आहोत ते स्थान व सभोवतालचा प्रदेश, त्यातील मार्ग दर्शविले जातात. त्याच्या आधारे आपल्याला इच्छित स्थळी पोहोचणे सहज शक्य होते.

आपण सहलीसाठी निसर्गरम्य ठिकाणी जातो त्या ठिकाणी असणारी भव्य भूरूपे पाहून थक्क होतो. पण ही भूरूपे कशी तयार झाली हे आपल्याला भूगोलाच्या अभ्यासातून समजते. आपण आपल्या सहकाऱ्यांना त्याबद्दलची माहिती देऊन ट्रिपमध्ये 'हिरो' बनू शकतो. या शास्त्रीय माहितीशिवाय सुंदर पर्यटन स्थळ पहाणे म्हणजे आपल्याला न कळणाऱ्या भाषेतील सुंदर चित्रपट पहाण्यासारखेच आहे.

आज जागतिक तापमान वाढीची चर्चा सर्वत्र सुरु आहे. हवा व हवामान यांच्या अभ्यासातून मिळू शकते. जागतिक तापमान नियंत्रण, पर्यावरण संवर्धन यासाठी आपण हातभार लावू शकतो. दैनंदिन जीवनातही याचा उपयोग होतो. समजा आपल्याला बसने उत्तरेच्या दिशेला जायचे आहे तर बसच्या उजव्या बाजूकडील (पूर्वेच्या) खिडकीतून उन येईल व डाव्या बाजूला सावली असेल. याच्या आधारे आपल्याला कोणत्या बाजूला बसमध्ये बसायचे आहे ते ठरविता येईल (उन्हाळ्यात डावीकडे सावलीत व हिवाळ्यात उजवीकडे)

भूगोलाच्या विद्यार्थ्यांना अनेक क्षेत्रात संधी आहेत. या विषयात सर्वच विषयांचा समावेश होत असल्याने स्पर्धा परीक्षांसाठी भूगोलाचा अभ्यास महत्त्वाचा ठरतो. त्याचप्रमाणे (GIS - Geographical Information system) (भौगोलिक माहिती प्रणाली) या क्षेत्रातही

भूगोलाच विद्यार्थ्यांना खूप संधी आहेत. त्याचप्रमाणे पर्यटन, नागरी प्रादेशिक नियोजन शिक्षण अशी अनेक क्षेत्रे भूगोलाच्या विद्यार्थ्यांना खुली आहेत.

१.७ पृथ्वीची अंतर्गत रचना

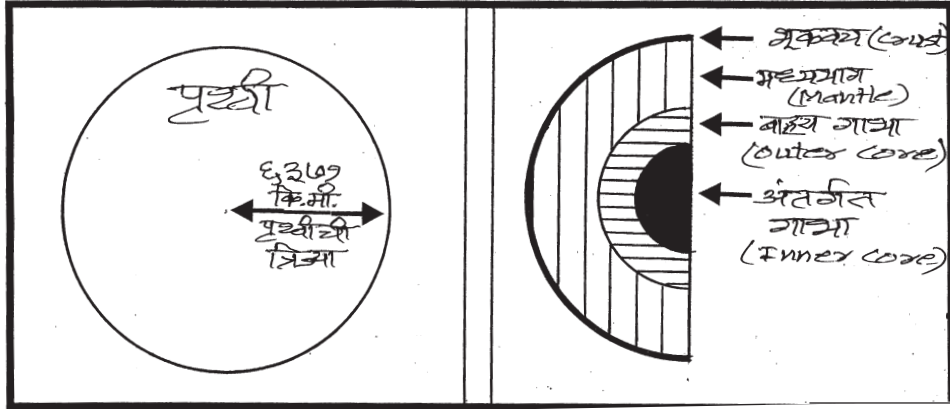
पृथ्वीवरील काही भूरूपे पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील हालचालीमुळे निर्माण झालेली असतात, व त्यामुळे पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेची माहिती घेणे अत्यावश्यक आहे. पृथ्वीची त्रिज्या ६,३७१ कि.मी आहे. पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेचे ३ प्रमुख भाग पुढीलप्रमाणे आहेत

१) भूकवच (Crust)

२) मध्यभाग (Mantle)

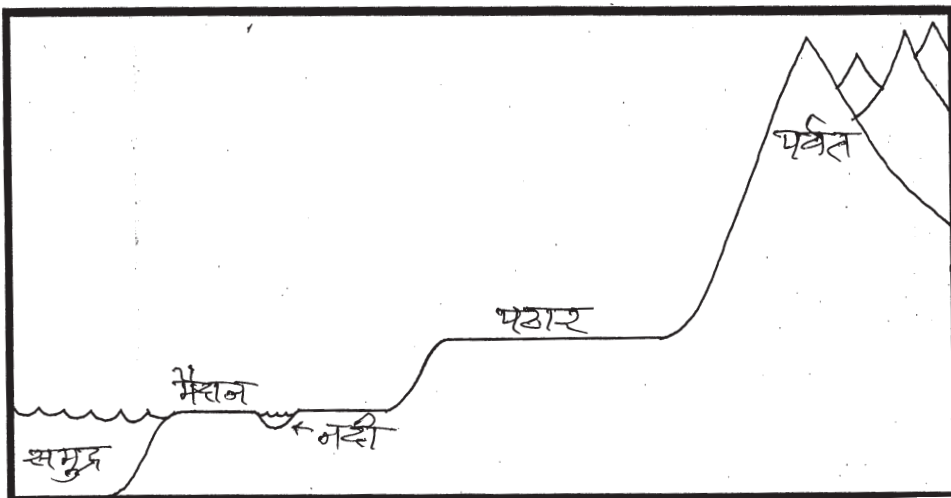
३) गाभा (Core) : अ) बाह्य गाभा (Outer Core)

ब) अंतर्गत गाभा (Inner Core)



आकृती १.१२ - पृथ्वीची अंतर्गत रचना

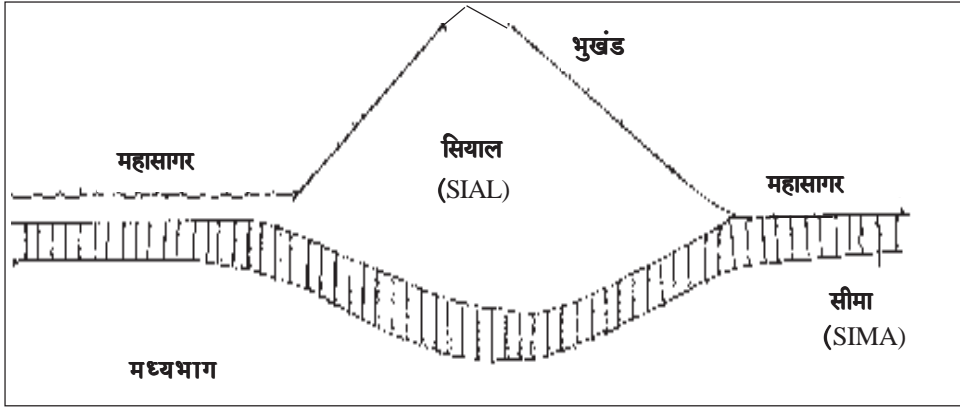
१) **भूकवच (Crust)** : पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेचा हा सर्वात बाहेरचा भाग. आपण भूकवचावर रहातो. पर्वत, पठारे, मैदाने, नद्या, तळी, समुद्र व महासागर असे विविध भौगोलिक घटक भूकवचावर आढळतात.



आकृती १.१३ भूकवचावरील भूरूपे

भूकवचाची जाडी सुमारे ३० कि.मी. असून हा थर इतर थरांच्या मानाने खूपच पातळ आहे. उदा. उकडलेले अंड आपण कापले तर त्या अंड्याच्या कवचाप्रमाणे भूकवच असते. अंड्याच्या आतील सफेद भाग पृथ्वीच्या त्सारखा व पिवळा भाग पृथ्वीच्या गाभ्यासारखा असेल.

भूकवचाचा वरचा भाग SIAL (SI Silica Al, Aluminim) हा तुलनात्मकरित्या हलक्या घटकांनी निर्माण झाला आहे. अॅल्युमिनियम, पोटॅशियम व सोडियम यांचे सिलिकेट या थरात मुबलक प्रमाणात आढळतात. भूखंड सियालचे बनले आहेत. या थराची घनता सुमारे २.७८ ग्रॅम/सेमी^३ आहे.



१.१४ भूकवचाचा थर

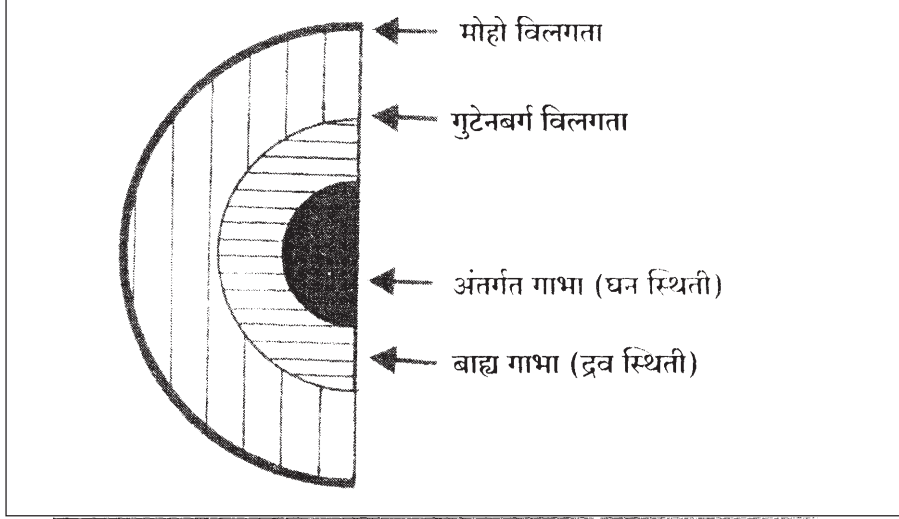
महासागरांचे तळ सीमा (SIMA) या अधिक घनतेच्या द्रव्याने बनले आहेत. (SIMA SI Silica- MA Magnesium)

‘सीमा’ हा थर ‘सियाल च्या खाली आढळतो. या थराची घनता सुमारे ३.०९ ग्रॅम/से.मी.’ आहे. मॅग्नेशियम, कॅल्शियम व लोहाचे सिलिकेट्स या थरात आढळतात. या थरात आढळणारा ‘मॅग्मा’ ज्वालामुखीय उद्रकाच्या वेळी भूपृष्ठावर येतो तेव्हा त्याला ‘लाव्हा’ असे संबोधले जाते.

भूकवच व त्याखालील थर ‘मध्यभाग’(Mantle) यातील सीमारेषा मोहो विलगता (Moho discontinuity) किंवा मोहोरोव्हिसिक विलगता (Mohorovicic Discontinuity) या नावाने ओळखला जातो.

- २) **मध्यभाग (Mantle) :** हा थर भूकवच आणि गाभ्याच्या मध्ये आढळतो. भूकवचापासून सुमारे २९०० कि.मी खोलीपर्यंत मध्यभाग आढळतो. या थरात खोल जाताना तापमान व घनता वाढत जातात. लोह व मॅग्नेशियम यांनी समृद्ध अशी सिलिकेट खनिजे या थरात आढळतात. मध्यभाग व गाभा यांच्यामधील सीमारेषा ‘गुटेनबर्ग विलगता’ (Gutenberg Discontinuity) या नावाने ओळखली जाते.
- ३) **पृथ्वीचा गाभा :** सुमारे २९०० कि.मी. खोलीतून पृथ्वीच्या मध्यभागापर्यंत (६३७१ कि.मी.) पृथ्वीचा गाभा आढळतो. गाभ्याचे दोन भाग आहेत असे मानतात.

- अ) बाह्यगाभा (Outer Core) : मध्यभागापासून सुमारे ५१०० कि.मी. खोलीपर्यंत
 ब) अंतर्गत गाभा (Inner Core) : सुमारे ५१०० कि.मी. खोलीपासून पृथ्वीच्या मध्यापर्यंत सुमारे ६३७१ कि.मी. खोलीपर्यंत अंतर्गत गाभा आढळतो. प्रचंड दाबामुळे अंतर्गत गाभा घनस्थितीत असावा असे मानतात.



आकृती १.१५ : विलगता आणि गाभा

चुंबकसूचीच्या सहाय्याने आपण उत्तर दिशा ठरवतो, कारण पृथ्वीला स्वतःचे चुंबकीय क्षेत्र आहे व त्याचा प्रभाव चुंबकसूचीवर होतो. पृथ्वीच्या गाभ्यामध्ये लोह समृद्ध खनिजे असल्यामुळेच पृथ्वीला चुंबकीय क्षेत्र प्राप्त झाले आहे. पृथ्वीचा गाभा निकेल (Nickel) व लोह (Ferrous) खनिजांपासून बनला आहे असे मानतात. त्यामुळे पृथ्वीच्या गाभ्याला नीफे (Nife) असे संबोधले जाते. (Ni Nickel. fe Ferrium)

पृथ्वीवर मुबलक प्रमाणात आढळणाऱ्या जड, अधिक, घनतेच्या घटकांनी - निकेल व लोखंड यांनी गाभा तयार झाला आहे.

गाभ्याची घनता १० ग्रॅम/सेमी^३ पेक्षा जास्त आहे असे मानतात.

पृथ्वीची सरासरी घनता ५.५ ग्रॅम/सेमी^३ आहे पण पृथ्वीवर (भूकवचावर) आढळणाऱ्या खडकांची घनता सुमारे २.७ ग्रॅम/सेमी^३ आढळते. याचा अर्थ भूकवचाची घनता सरासरी घनतेपेक्षा कमी आहे. ($५.५ - २.७ = २.८$) भूकवचाची घनता सरासरी घनतेपेक्षा कमी असल्यामुळे आलेली तूट दुसऱ्या ठिकाणी भरून काढली गेली तरच सरासरी घनता ५.५ ग्रॅम/सेमी^३ येईल. यामुळेच गाभ्याची घनता सरासरीपेक्षा जास्त असून गाभा निकेल व लोखंड या घटकांनी बनला आहे असे मानतात.

पृथ्वीच्या गाभ्याची घनता जास्त का असावी हे समजून घेण्यासाठी पुढील उदाहरण पाहा.

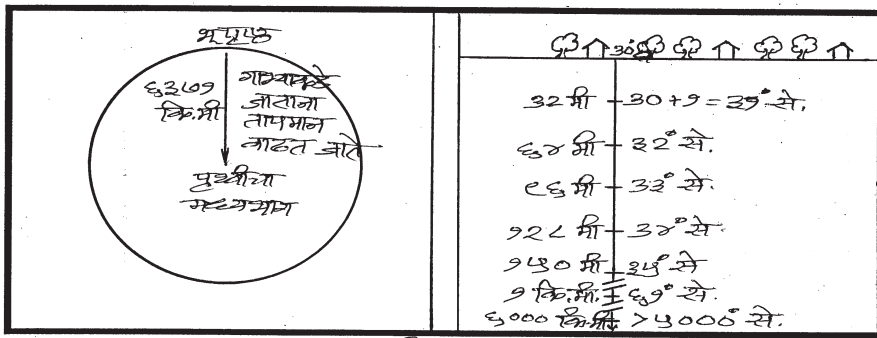
x	y
१०	५
+ १०	+ १०
+ १०	+ १५
एकूण = ३०	= ३०

$$\begin{aligned} \text{सरासरी} &= \frac{30}{3} = \frac{30}{3} \\ &= १० = १० \end{aligned}$$

वरील उदाहरणात x मध्ये सर्व संख्यांचे मूल्य सारखेच म्हणजे '१०' आहे. त्यामुळे सरासरी १० आहे तर y उदाहरणात पहिल्या संख्येचे मूल्य सरासरीपेक्षा कमी आहे व तिसऱ्या संख्येचे मूल्य सरासरीपेक्षा जास्त आहे. त्यामुळे सरासरी १० आहे. याचप्रमाणे भूकवचातील खडकांची घनता कमी असली तरी ही तूट गाभ्यातील घटकांनी भरून काढली असल्यामुळे पृथ्वीची सरासरी घनता ५.५ ग्रॅम/सेमी^३ आहे तर गाभ्याची घनता १०ग्रॅम/सेमी^३ पेक्षा जास्त आहे असे मानतात.

पृथ्वीच्या गाभ्याचे तापमान :

पृथ्वीच्या गाभ्याचे तापमान प्रचंड आहे असे मानतात. आपण भूपृष्ठाकडून पृथ्वीच्या गाभ्याकडे जाऊ लागले की तापमानात वाढ होत जाते. साधारणतः प्रत्येक ३२ मीटर्स खोलीवर तापमान १° सेल्सियसने वाढते.



आकृती १.१६: पृथ्वीच्या गाभ्याचे तापमान

आकृतीवरून असे लक्षात येते की पृथ्वीच्या गाभ्याचे तापमान ५०००° सेल्सियसपेक्षा जास्त असावे लोखंड, अॅल्युमिनियम, तांबे, टंगस्टन या सर्वच धातूंचे विलयबिंदू (Melting point) ५०००° सें. पेक्षा कमी आहेत. यामुळेच आपण पृथ्वीचा बाह्य गाभा हा द्रव स्थितीत आहे असे मानतो. (प्रचंड दाबामुळे पृथ्वीचा अंतर्गत गाभा हा घनस्थितीत असावा असे मानतात.)

तुमची प्रगती तपासा :

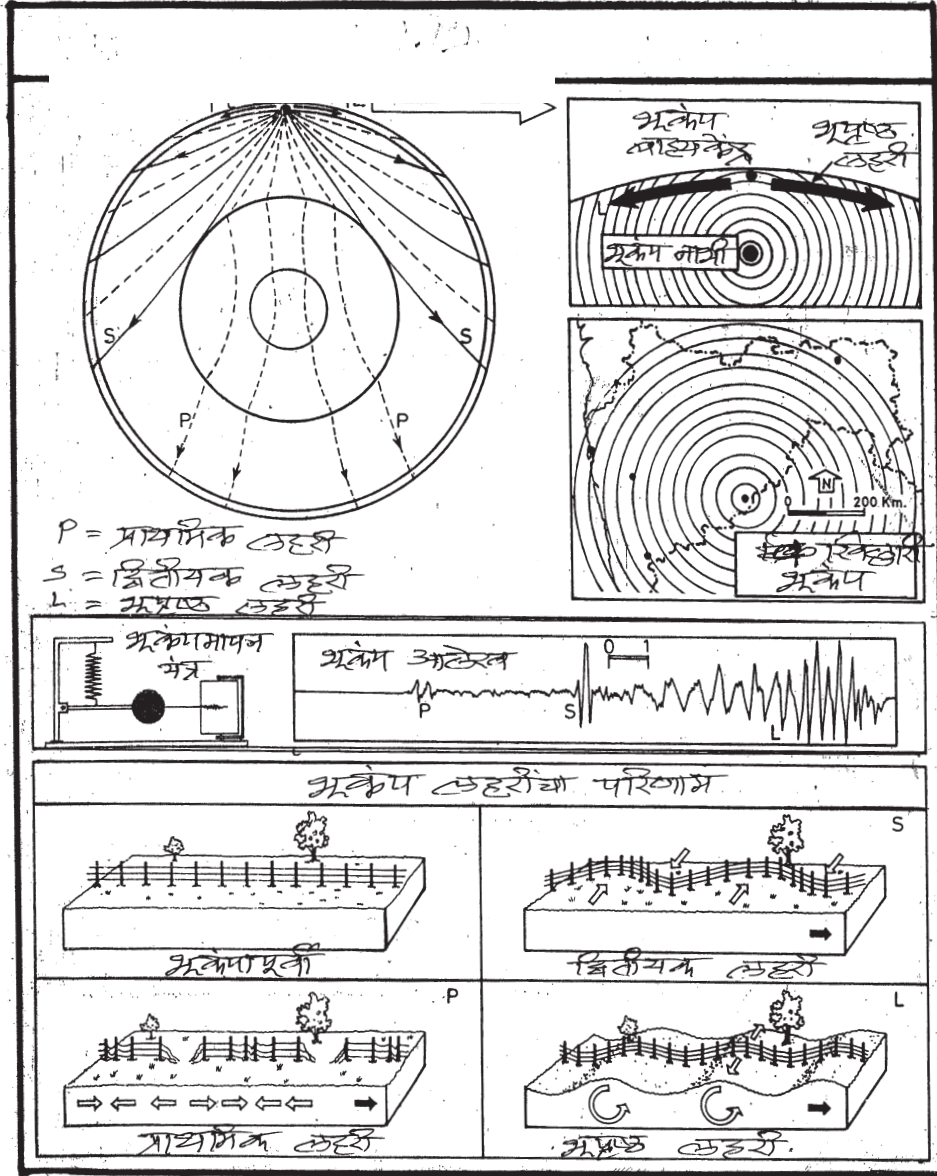
७. सुबक आकृतीच्या सहाय्याने पृथ्वीची अंतर्गत रचना स्पष्ट करा.
-
८. पृथ्वीचा गाभा द्रव स्थितीत आहे असे का मानले जाते ?
-
९. पृथ्वीच्या गाभ्याची घनता जास्त आहे असे तुम्हाला का वाटते ते स्पष्ट करा.
-
१०. टीपा द्या.
- (अ) भूकवच (crust)
- (ब) पृथ्वीचा गाभा
- (क) सियाल व सीमा १.८
-

१.८ भूकंप लहरी :

भूकंपलहरी पृथ्वीच्या अंतरंगाबद्दल उपयुक्त माहिती देतात. भूकंपाच्यावेळी वेगवेगळ्या प्रकारच्या भूकंप लहरी निर्माण होतात. प्राथमिक लहरी ('P' waves) द्वितीयक लहरी ('S' waves) व पृष्ठीय लहरी ('L' waves) या प्रत्येक भूकंप लहरीची हालचाल वेगवेगळ्या प्रकारे होते आणि त्यामुळेच त्यांचे गुणधर्म वेगवेगळे आहेत. उदा. 'P' लहरी द्रव घटकांतून जाऊ शकतात. पण 'S' लहरी द्रव घटकांत शोषल्या जातात.

- अ) **'P' लहरी-प्राथमिक लहरी** : या लहरी सरळ रेषेत प्रवास करतात. यांचा वेग साधारणतः दर सेकंदाला १२ कि.मी. असतो. पृथ्वीच्या अंतरंगातील घन व द्रव घटकांतून या लहरी प्रवास करू शकतात. भूकंप झाल्यावर भूकंप-मापन यंत्रावर या लहरींची नोंद सर्वप्रथम होते यामुळे या लहरींना 'प्राथमिक' लहरी असे संबोधले जाते.
- ब) **'S' लहरी-द्वितीयक लहरी** : या भूकंप लहरी प्राथमिक लहरीपेक्षा हळू जातात कारण त्या नागमोडी (सापासारख्या) हालचाल करित पुढे सरकतात. या लहरी घन घटकांतून जाऊ शकतात मात्र या द्रव घटकांत शोषल्या जातात. यामुळे भूकंप झालेल्या ठिकाणाच्या प्रतिसाद स्थानावर या लहरींची नोंद होत नाही.
- क) **'L' waves** : यांना भूपृष्ठ लहरी (Surface waves) किंवा लव्ह लहरी (Love waves) असेही संबोधले जाते- 'लव्ह' या शास्त्रज्ञाने या लहरींचा शोध लावला म्हणून त्यांना लव्ह लहरी असे संबोधले जाते या लहरी भूकंप ज्या ठिकाणी

होतो त्या क्षेत्रातच आढळतात. त्या दूरवर जाऊ शकत नाहीत. भूकंपमापन यंत्राच्या (Seismograph) सहाय्याने विविध भूकंप लहरी जगभर नोंदविल्या जातात त्याच्या अभ्यासातून शास्त्रज्ञांना पृथ्वीच्या अंतरंगाबद्दल माहिती मिळते.



आकृती १.१७ - भूकंप लहरी

तुमची प्रगती तपासा :

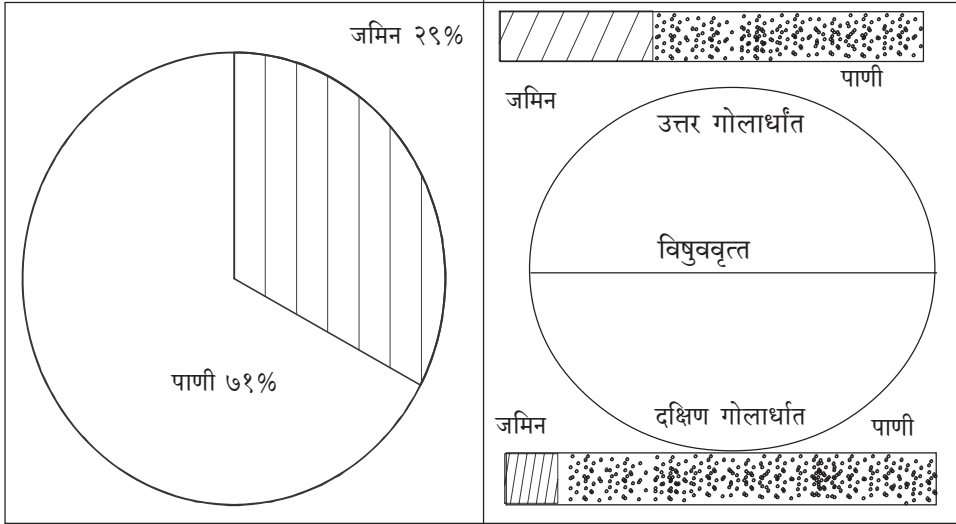
११. सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने भूकंपाबद्दल माहिती द्या.

१२. भूकंप लहरी बद्दल माहिती द्या.

अ

१.९ पृथ्वीवरील जमीन व पाणी यांचे वितरण

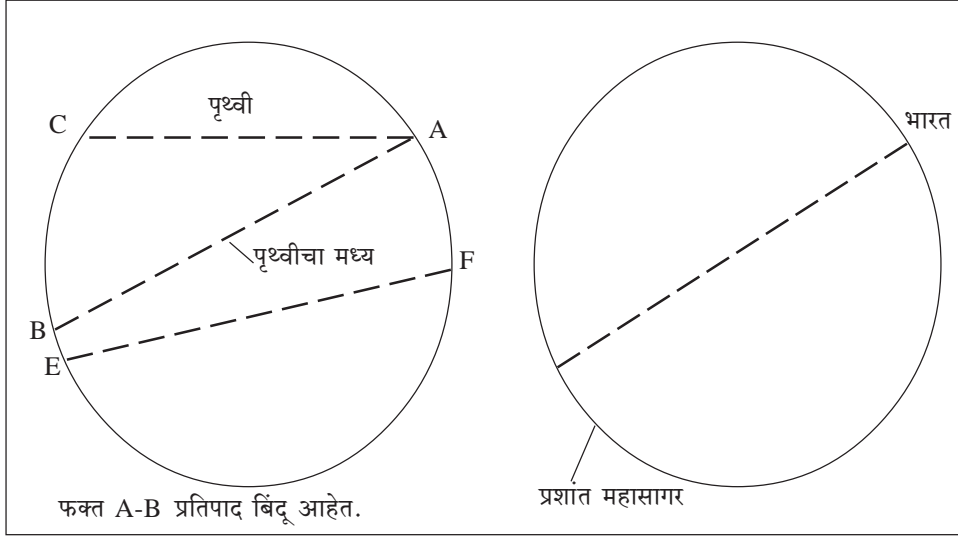
१) पृथ्वीवरील जमीन आणि पाणी यांचे वितरण समान नाही. पृथ्वीचा २९% भाग हा खंडांनी (जमिनीने) व्यापला आहे. तर ७१% भागावर पाणी (समुद्र, महासागर इ.) आढळते.



आकृती १.१८ : पृथ्वीवरील जमीन व पाणी यांचे वितरण

२) जमीन व पाणी यांचे वितरण उत्तर गोलार्धात साधारणतः समसमान आहे पण दक्षिण गोलार्धात मात्र ते अत्यंत विषम आहे. दक्षिण गोलार्धातील पाण्याचे प्रमाण हे जमिनीपेक्षा १५ पटींनी जास्त आहे.

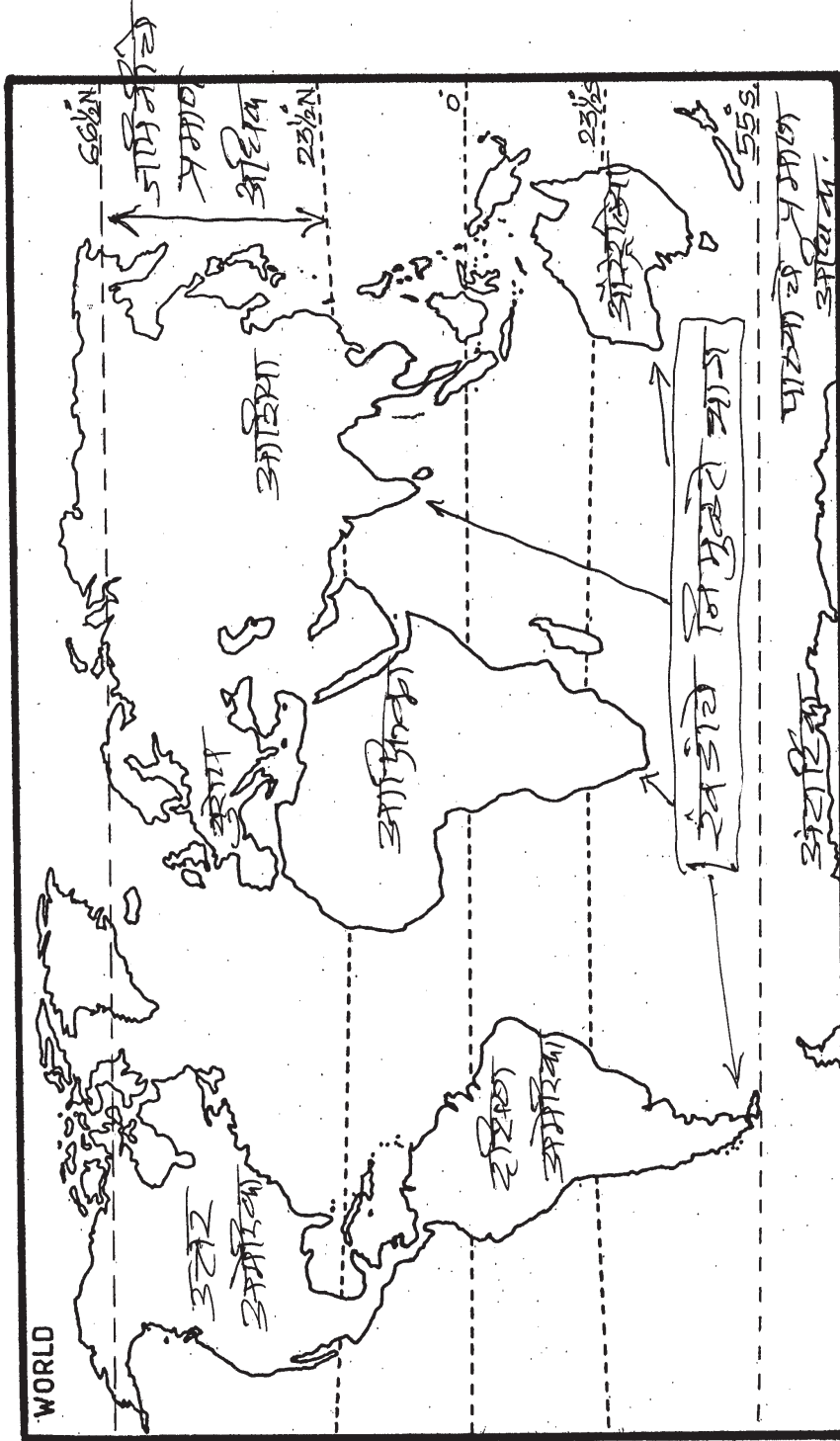
३) भूखंडांच्या प्रतिपाद (Antipodal) स्थानांवर पाणी -(समुद्र-महासागर) आढळते.



आकृती १.१९ : प्रतिपाद बिंदू स्थान

- ४) उत्तर गोलार्धात समशीतोष्ण कटिबंधात साधारणतः (२३½ उ. ते ६६½ उ. अक्षवृत्ते) सलग जमीन आढळते.
- ५) दक्षिण गोलार्धात ५५° द. अक्षवृत्ताच्या दक्षिणेस अंटार्क्टिका खंडापर्यंत सर्वत्र पाणी (महासागर) आढळते.
- ६) दक्षिण गोलार्धात भूखंड (जमिनीचे भाग) अरुंद होत गेलेले आढळतात.
- ७) उत्तर गोलार्धात पूर्व-पश्चिम वाहतूक व व्यापारी मार्ग अधिक महत्त्वाचे आहेत तर दक्षिण गोलार्धात उत्तर-दक्षिण दिशेतील वाहतूकमार्ग अधिक महत्त्वाचे आहेत. उत्तर गोलार्धातील ट्रान्स सैबेरियन रेल्व, उत्तर पॅसिफिक मार्ग, आंतरखंडील अमेरिकन रेल्वे व उत्तर अटलांटिक सागरी मार्ग यामुळे वाहतूक व व्यापाराचे सलग जाळे निर्माण झालेले आढळते.
- ८) दक्षिणेकडील अंटार्क्टिका खंडाला ऑस्ट्रेलिया, दक्षिण आफ्रिका व दक्षिण अमेरिकेच्या दिशेत तीन टोके (विस्तारित प्रदेश) दिसून येतात.
- ९) जगातील बरेचसे प्रमुख भू भाग उत्तर गोलार्धात आहेत. ऑस्ट्रेलिया त्यांच्या पासून दूर दक्षिण गोलार्धात आहे.
- १०) जगाची सुमारे ९०% लोकसंख्या उत्तर गोलार्धात एकवटली आहे आणि म्हणून वाहतूक व दळणवळण यांचा विकास उत्तर गोलार्धात अधिक झाला आहे.
- ११) उत्तर गोलार्धात भूभाग विस्तृत असल्यामुळे खंडांच्या अंतर्गत भागात (उदा. आशिया), उन्हाळ्यातील तापमान व हिवाळ्यातील तापमान यामध्ये खूप फरक आढळतो. समुद्र किनाऱ्याकडून खंडांच्या अंतर्गत भागात जाताना तापमान कक्षा वाढत जाते. (तापमान कक्षा म्हणजे कमाल व किमान तापमानातील फरक.)

- १२) दक्षिण गोलार्धातील खंडांचे भाग-द.अमेरिका, द. आफ्रिका व आशियाचे भाग दक्षिणेकडे निमुळते होत गेले आहेत. त्यामुळे हा भूभाग चिंचोळा असून तो महासागरांनी वेढलेल्या आहे. यामुळे या ठिकाणी तापमान कक्षा कमी आढळते.



आकृती १.२०: जमीन व पाणी यांचे वितरण

तुमची प्रगती तपासा :

१३. सुबक आकृत्यांच्या साहाय्याने पृथ्वीवरील जमीन व पाण्याचे वितरण स्पष्ट करा.
१४. दक्षिण गोलार्धात पाण्याचे प्रमाण जमिनीपेक्षा अधिक आहे. विधान स्पष्ट करा.
१५. पृथ्वीवरील जमिनीच्या प्रतिपास स्थानावर समुद्र / महासागर आढळतात. विधान स्पष्ट करा.



घटक - २

खडक आणि खनिजे

घटक संरचना :

- २.० उद्दिष्टे
- २.१ प्रस्तावना
- २.२ खडक व खनिजे
 - खडक चक्र
 - खडकांचे वर्गीकरण
- २.३ वळ्या आणि भ्रंश-त्यांचे प्रकार
- २.४ विदारण व विदारणाचे प्रकार
- २.५ विस्तृत झीज
- २.६ प्रश्न संदर्भ सूची

२.० उद्दिष्टे

- भूकवचावरील घटकांची खडक व खनिजांची तोंड ओळख
- खडकांच्या निर्मितीची प्रक्रिया समजून घेणे.
- खडकांच्या प्रकारांची माहिती घेणे
- वळ्यांच्या विविध प्रकारांची माहिती घेणे
- भ्रंशांचे विविध प्रकारांची माहिती घेणे
- विदारण प्रक्रिया व विदारणांचे प्रकार समजून घेणे
- विस्तृत झीजेची संकल्पना व तिचे प्रकार समजून घेणे

२.१ प्रस्तावना

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर, भूकवचावर अनेक प्रकारचे खडक व खनिजे आढळतात. यांचे वेगवेगळे प्रकार कोणते व त्यामधील घटक काय? खडकांची निर्मिती कशी होते याबद्दलची माहिती या प्रकरणात आपल्याला मिळेल.

पृथ्वीच्या अंतर्गत हालचालीचे परिणाम भूपृष्ठावरही होतात. काही परिमाण 'भूकंप' व 'ज्वालामुखी' सारखे तीव्र असतात तर भूपृष्ठाच्या मंद हालचालीमुळे भूपृष्ठाला वळ्या पडतात. पर्वतांची निर्मिती होते. उदा. हिमालय. काही ठिकाणी भ्रंश निर्माण होतो. जमीन खचते व विविध भूरूपे तयार होतात.

पृथ्वीवरील भूरूपांचे वारा पाणी, उष्णता, इत्यादी अनेक कारणामुळे विदारण होते. खडकाचे तुकडे होतात व विस्तृत झीजेमुळे हे तुकडे डोंगर उतारावरून खाली गडगडत येतात. याबद्दलचीही माहिती आपल्याला या प्रकरणात मिळेल.

२.२ खडक आणि खनिजे

भूपृष्ठाच्या अभ्यास करीत असताना पृथ्वीचे कवच व त्यामधील पदार्थांचा अभ्यास महत्त्वाचा ठरतो. सुरुवातीच्या काळात पृथ्वी तप्त वायूरूप होती. सावकाश थंड होत जाताना बाहेरचा भाग प्रथम थंड होऊन घनरूप स्थितीमध्ये आला. या १६ ते ४० कि.मी. जाडीच्या बाहेरच्या कठिण भागाला 'शिलावरण' असे म्हणतात. शिलावरणाचा हा भाग निरनिराळ्या खनिज द्रव्यापासून किंवा खडकापासून बनलेला आहे. शिलावरणांची ही माहिती खडक व खनिजे या संज्ञेमध्ये घेतली जाते.

साधारण भूपृष्ठावरील कठिण स्वरूपातील दगडांचा समावेश खडक या संज्ञेमध्ये केला जाते, मात्र शास्त्रीय दृष्टीकोनातून खडकाची व्याख्या सांगत असताना पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील अतिशय कठिण अशा दगडापासून ते मृदू अशा बारीक रेती-मातीपर्यंत सर्व पदार्थांचा समावेश खडक या संज्ञेमध्ये केला जातो किंवा भूपृष्ठावरील कोणत्याही भूपदार्थांचा नैसर्गिक संचय म्हणजे 'खडक' होय.

खडक हे विविध खनिजांच्या मिश्रणापासून बनलेले असतात. (खनिजे ही अनेक मूलद्रव्यांच्या संयुगापासून बनलेली असतात.) काही खडक ग्रॅनाइटसारखे कठिण व हलके असतात. काही रेतीप्रमाणे मृदू असतात. काही चुनखडीसारखे विरघळणारे, काही स्लेटसारखे अछिद्र असतात तर काही संगमरवरासारखे कठिण चमकणारे असतात. वेगवेगळ्या खनिज द्रव्यापासून हे खडक निर्माण होतात. या खडकांचे गुणधर्म त्यामध्ये असणाऱ्या खनिज द्रव्यावर अवलंबून असतात. भूकवचात आढळणाऱ्या खडकामध्ये मोठ्या प्रमाणात ऑक्सिजन, सिलिकॉन, अॅल्युमिनिअम, लोखंड, कॅल्शियम यासारखी प्रमुख दहा मूलद्रव्ये आढळून येतात. ऑक्सिजन व सिलिकॉनचे प्रमाण यामध्ये सर्वाधिक असते. तक्ता मध्ये त्यांचे विश्लेषण दिले आहे.

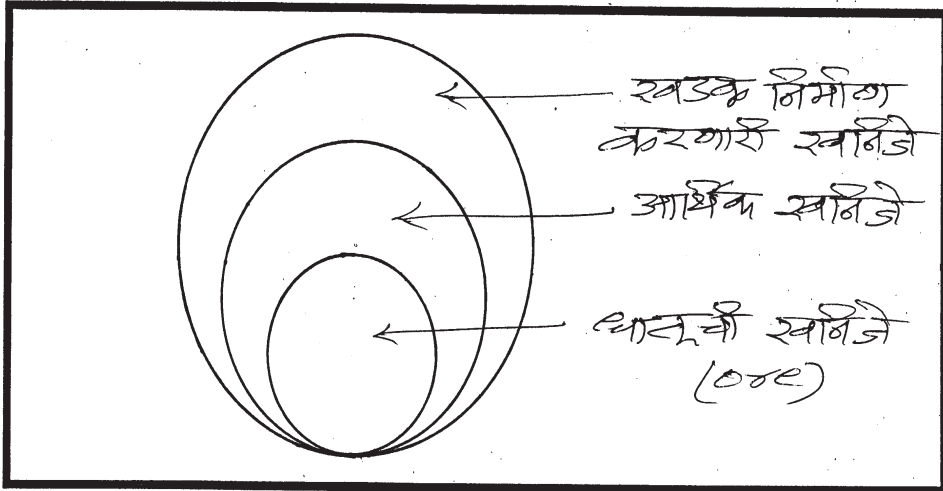
क्र.	मूलद्रव्ये	रासयनिक सूत्रे	% प्रमाण
१.	ऑक्सिजन	O	४६.६०%
२.	सिलिकॉन	Si	२७.७२%
३.	अॅल्युमिनिअम	Al	८.१५%
४.	लोखंड	Fe	५.००%
५.	कॅल्शियम	Ca	३.६३%
६.	सोडियम	Na	२.८३%
७.	पोटॅशियम	K	२.५९%
८.	मॅग्नेशियम	Mg	०.१४%
९.	हायड्रोजन	H	०.४%
१०.	टिटॅनियम	Ti	४%

खनिजे व त्यांचे गुणधर्म :

खडक हे खनिजांचे बनलेले असतात तर खनिजे ही मूलद्रव्यांच्या संयोगाने बनलेली असतात. खनिजे ही निसर्गात आढळणारी असेंद्रीय रासायनिक पदार्थ असतात. मूलद्रव्यांच्या अणूंपासून ती बनलेली असतात. त्यामुळे त्यांनाही विशिष्ट अणुरचना व रासायनिक सूत्र असते. उदा. मूलद्रव्यांच्या एकत्रीकरणातून खनिजे तयार होतात. उदा. सिलिका - (क्वार्टझ) - हे खनिज ($\text{SiO} = \text{Si} + \text{O}_2$) सिलिकॉन व ऑक्सिजन यांच्या एकत्रीकरणापासून तयार झाले आहे. खनिजांची रासायनिक घटना गुंतागुंतीची असते. प्रत्येक खनिजाला त्याचा विशिष्ट रंग, चकाकी, रचना कठिणता इ. गुणधर्म असतात. काही खनिजे स्फटिकांची बनलेली असतात. मूलद्रव्ये विद्युतीकरणामुळे एकत्र जोडली जातात. य मूलद्रव्यापासून खनिज निर्माण होतात. ऑक्सिजन, कार्बन, सिलिकॉन या मूलद्रव्यांचे प्रमाण खनिजामध्ये अधिक आढळते. विविध स्वरूपाच्या खनिजांच्या मिश्रणापासून खडकाची निर्मिती होत असते. त्यामध्ये असणाऱ्या खनिजांवरती त्या खडकाचा रंग, स्फटिक रचना, कठिणता अवलंबून असते.

काही खनिजे मुबलक प्रमाण सर्वत्र मिळतात. अशी खनिजे 'खडक निर्माण करणारी खनिजे' म्हणून ओळखली जातात. उदा. क्वार्टझ (गारगोटीचा दगड)

काही खनिजे दुर्मिळ असतात व ठराविक ठिकाणीच आढळतात. त्या ठिकाणी खनिजांच्या खाणी असतात. अशी खनिजे 'आर्थिक खनिजे' म्हणून ओळखली जातात. त्या आर्थिक खनिजांपासून धातू मिळतो त्या आर्थिक खनिजांना त्या 'धातूचे खनिज' असे संबोधले जाते. उदा. बॉक्साईट ह्या खनिजापासून अॅल्युमिनियम मिळते.



आकृती २.१ : खनिजांचे प्रकार

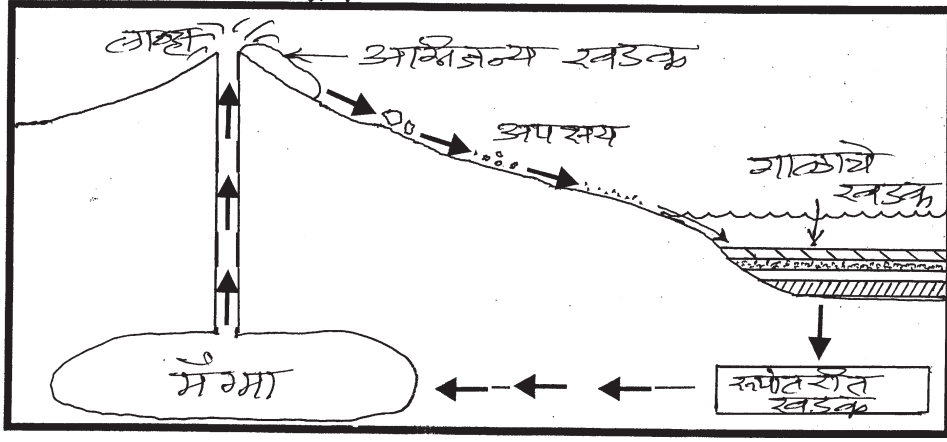
खडकांची वर्गीकरण/प्रकार :

पृथ्वीची उत्पत्ती झाल्यानंतर तप्त वायूगोलात असणारी पृथ्वी थंड होत जाताना बाह्यकण सुरुवातीला घनरूप झाले. ते संपूर्ण बाह्यकवच शिलावरण म्हणून ओळखले जाते. या कवचामध्ये काळानुरूप बदल होऊन वेगवेगळ्या प्रकारचे भिन्न गुणधर्माचे

खडक निर्माण झाले. उत्पत्ती किंवा निर्मितीनुसार खडकाचे पुढील तीन प्रकार सांगितले जातात.

खडकांचे प्रकार :

- १) अग्निजन्य खडक - प्राथमिक खडक / मूलभूत खडक (Igneous Rock/Primary Rock)
- २) स्तरीत खडक - जलजन्य खडक (Sedimentary Rock)
- ३) रूपांतरीत खडक - Metamorphic Rock



आकृती २.२ : खडक चक्र

खडक चक्र (Rock Cycle) :

भूपृष्ठाखालील मॅग्मा ज्वालामुखीच्या उद्रेकात भूपृष्ठावर येतो. त्याला 'लाव्हा' असे संबोधले जाते. लाव्हा थंड होऊन तयार होणारे खडक अग्निजन्य (अग्नि + जन्य - आगीपासून तयार होणारे) - खडक म्हणून ओळखले जातात.

अग्निजन्य खडकांचे विदारण होते. विदारित खडकांचे तुकडे नदी वाहून नेते. या तुकड्यांचा चुरा होऊन नदीचा गाळ तयार होतो. नदी समुद्रात मिळते. समुद्राच्या तळावर नदीने आणलेला गाळ साठत जातो. थरावर थर साठतात. थरांचा व समुद्राच्या पाण्याचा दाब पडून गाळाचे कण एकमेकांना चिकटतात व गाळाच्या किंवा स्तरित खडकांची निर्मिती होते. भूकवचाच्या हालचालीमुळे गाळाचे खडक खोलवर जातात. तेथील प्रचंड उष्णता व दाब यामुळे गाळाच्या खडकांचे स्वरूप बदलते व त्यांचे रूपांतरीत खडकांत रूपांतर होते.

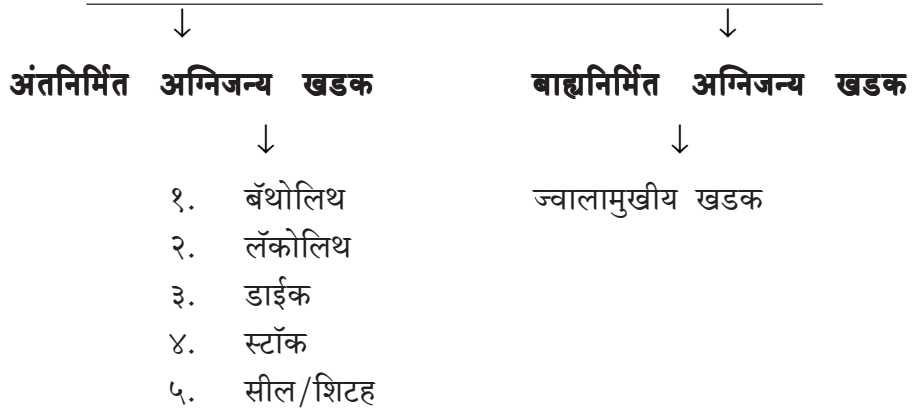
रूपांतरीत खडक भूकवचाच्या हालचालीमुळे भूपृष्ठावर येतात किंवा खोलवर जाऊन वितळतात. मॅग्माचा भाग बनतात, अशाप्रकारे खडक चक्र चालू रहाते.

१) अग्निजन्य खडक (Igneous Rock)

अंतर्गत भागातील तप्त पदार्थापासून हे खडक निर्माण झालेले असतात. त्यामुळे

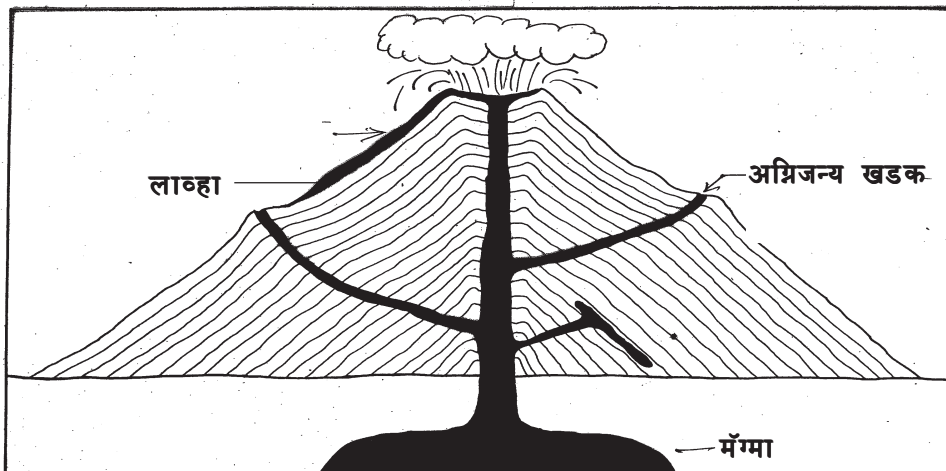
त्यांना अग्निजन्य खडक म्हटले जाते. पृथ्वीची उत्पत्ती झाली तेव्हा पृथ्वी तप्त वायूगोलाच्या स्वरूपात होती. पृथ्वीचे बाह्यकवच थंड होऊन घनरूप बनले. हा संपूर्ण बाह्यकवचाचा घनरूप भाग अग्निजन्य खडकामध्ये समाविष्ट होतो. अग्निजन्य खडक निर्मितीची प्रक्रिया आजही सुरु असून अंतरंगातील तप्त पदार्थ भूपृष्ठावरती येऊन किंवा भूकवचाखाली थंड होऊन त्यापासून अग्निजन्य खडक निर्माण होतो. त्या खडकाच्या स्थानावरून त्याचे दोन प्रकार केले जातात. पुढील तक्त्यामध्ये मध्ये अग्निजन्य खडकाचे प्रकार दिले आहेत.

अग्निजन्य खडकाचे प्रकार



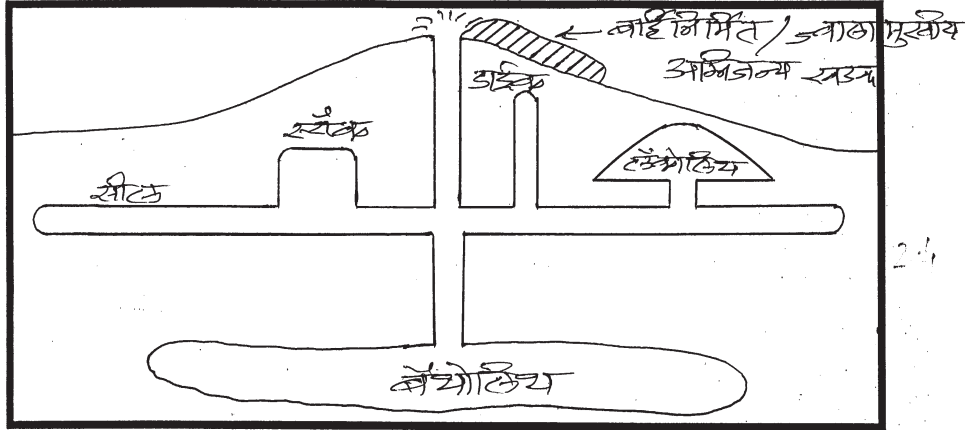
अ) अंतर्निर्मित अग्निजन्य खडक :

काही वेळा भूगर्भातील तप्त 'लाव्हा' वरती येत असताना भूकवच कठिण असल्यास तो भूपृष्ठावरती तो येतो अंतर्गत भागात निर्माण झालेल्या पोकळी मध्ये थंड होऊन त्यापासून विविध आकाराच्या खडकांची निर्मिती होते. भूकवचाखाली हे खडक निर्माण होत असल्याने यांना अंतर्निर्मित 'अग्निजन्य खडक' म्हटले जाते किंवा हे खोलीवर निर्माण होत असल्याने यांना 'पातालिक खडक' असे म्हटले जाते. अंतर्गत भागात हे खडक सावकाश थंड होत असल्याने यांचे स्फटिक आकारचे मोठे असतात. या खडकाच्या वेगवेगळ्या आकारानुसार/रचनेनुसार त्यांना विविध नावे दिली जातात.



आकृती २.३ : ज्वालामुखी व अग्निजन्य खडक

१. **बॅथोलिथ अग्निजन्य खडक** : भूकवचाखाली अधिक खोलीवर लाव्हारसापासून अवाढव्य आकाराच्या अग्निजन्य खडकांची निर्मिती होते. ओबडधोबड स्वरुपाच्या अशा खडकांना **बॅथालिथ** म्हटले जाते. काही वेळा वरती बाजूच्या भूपृष्ठाची झीज झाल्यास ते दिसू शकतात. पर्वतीय प्रदेशात अधिक खोली वरती हे मोठ्या प्रमाणात आढळून येतात.
२. **लॅकोलिथ** : भूपृष्ठाखाली मात्र कमी खोलीवर बॅथोलिथ सारखी रचना असणाऱ्या मात्र आकाराने लहान अशा भूछत्रासारख्या खडकाची निर्मिती होते त्यालाच लॅकोलिथ म्हटले जाते. वरील भाग घुमटाकार व तळभाग साधारण सपाट अशा स्वरुपाची रचना असून भूपृष्ठाची झीज झाल्यास काही वेळा हे दृष्टीस पडतात.
३. **डाईक** : ज्यावेळी अंतर्गत भागातील तप्त लाव्हारस भूपृष्ठाखाली निर्माण झालेल्या उभ्या पोकळी मध्ये थंड होऊन भिंतीसारखे अग्निजन्य खडक निर्माण होतात त्यांना 'डाईक' म्हटले जाते. अनियमित रुंदचे व उंचीचे असे डाईक पृथ्वी अंतरंगामध्ये मोठ्या प्रमाणात निर्माण झालेले आढळून येतात. बदलापूरजवळ नदीच्या पात्रात डाईक आढळतो.



आकृती २.४ : अग्निजन्य खडकांचे प्रकार (रचानुसार)

४. **स्टॉक** : भूगर्भातील लाव्हारस वरती येत असताना खडकांमध्ये निर्माण झालेल्या उभ्या पोकळीमध्ये थंड होतो त्याचा वरील भाग फुगीर गोलाकार स्वरुपात निर्माण होतो ही रचना 'स्टॉक' म्हणून ओळखली जाते. पर्वतीय प्रदेशात अशी रचना मोठ्या प्रमाणात आढळून येते.
५. **सील** : अंतर्गत भागातील तप्त लाव्हारस वरती येत असताना भूपृष्ठाला आडव्या पातळीत निर्माण झालेल्या पोकळीत अग्निजन्य खडकाची निर्मिती होते. त्याला 'सील' म्हणून ओळखले जाते.

ब) बहिर्निर्मित अग्निजन्य खडक :

अंतर्गत भागातील तप्त लाव्हारस ज्वालामुखी उद्रेकाद्वारे भूपृष्ठावर येऊन थंड होतो व त्यापासून खडकांची निर्मिती होते. हे खडक बाह्य पृष्ठ भागावर निर्माण होत

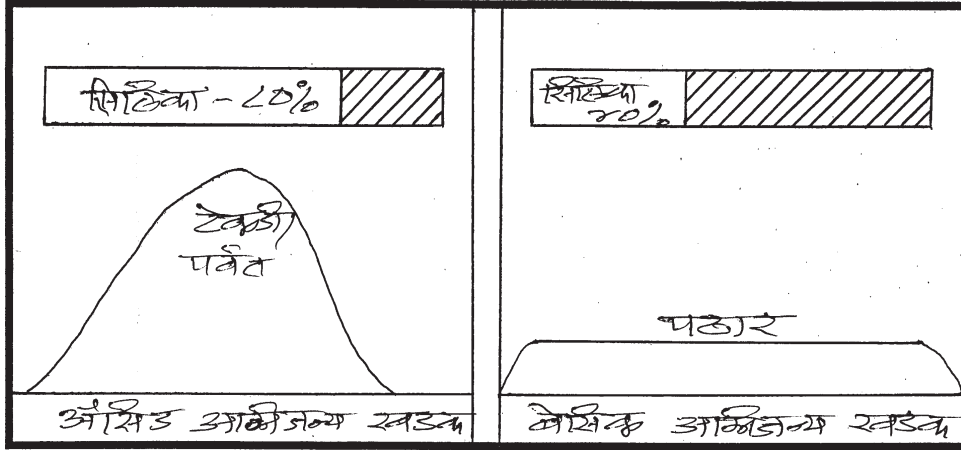
असल्याने त्यांना बहिर्निर्मित अग्निजन्य खडक म्हटले जाते.

या खडकांतील स्फटिक अत्यंत सूक्ष्म असतात कारण भूपृष्ठावरील लाव्हा जलद गतीने थंड होतो.

रासायनिक गुणधर्मानुसार अग्निजन्य खडक प्रकार :

- १) अॅसिड अग्निजन्य खडक - आम्लधर्मी - घट्ट
- २) बेसिक अग्निजन्य खडक - अल्कधर्मी - पातळ

लाव्हारसामध्ये विविध प्रकारची खनिजे असतात. सिलिका, अॅल्युमिनिअम, निकेल, मॅग्नेशिअम या सारख्या खनिज द्रव्यामध्ये त्याच्य प्रमाणानुसार रासायनिक गुणधर्मानुसार अग्निजन्य खडकांचे दोन प्रकारात वर्गीकरण केले जाते.



आकृती २.५ : अग्निजन्य खडकांचे प्रकार (घटकांनुसार)

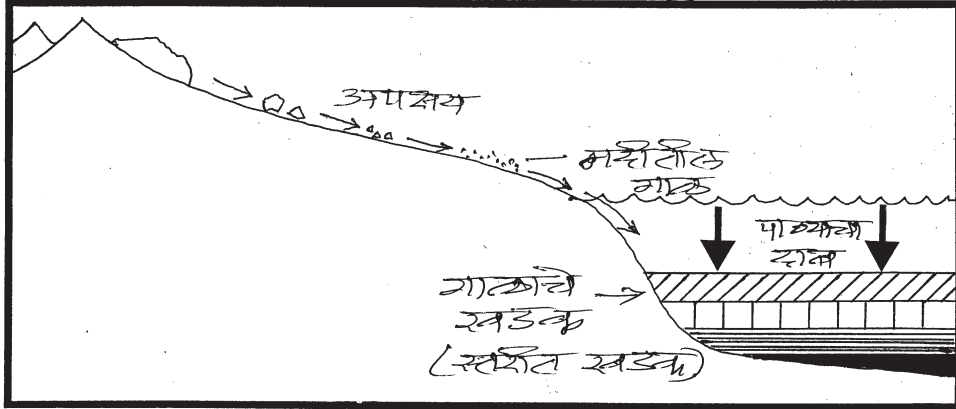
- १) **अॅसिड अग्निजन्य खडक** : ज्या लाव्हारसामध्ये सिलिका या घटकद्रव्याचे प्रमाण जास्त असते त्याला 'अॅसिड लाव्हा' म्हटले जाते व त्यापासून बनलेला खडक अॅसिड अग्निजन्य खडक म्हणून ओळखला जातो. यामध्ये ६०% पर्यंत सिलिकाचे प्रमाण असते. यामुळे हा लाव्हा घट्ट स्वरूपाचा असतो. भूपृष्ठावरील आल्यानंतर याच्यापासून जास्त उंचीचे व कमी विस्ताराचे लाव्हा शंकू निर्माण होतात. टेकड्या तयार होतात.
- २) **बेसिक अग्निजन्य खडक** : या लाव्हारसामध्ये ४०% सिलिका व बाकीची इतर खनिजद्रव्ये असतात. सिलिका कमी असल्याने हा लाव्हा पातळ स्वरूपाचा असतो. याला 'बेसिक लाव्हा' म्हटले जाते. भूपृष्ठावर आल्यानंतर सर्व दूर पसरल्याने यापासून कमी उंचीचे व जास्त विस्ताराचे खडक निर्माण होतात. बेसाल्ट हे याचे चांगले उदाहरण आहे. यामुळे पठारांची निर्मिती होते.

अग्निजन्य खडकाचे गुणधर्म :

- १) अग्निजन्य खडक हे प्राथमिक व मूलभूत खडक म्हणून ओळखले जातात.
- २) हे खडक लाव्हारसाच्या थंड होण्याच्या प्रक्रियेने निर्माण होतात.
- ३) या खडकातील स्फटिकांची रचना व्यवस्थित नसते यामधील काही स्फटिक आकाराने मोठे असतात.
- ४) अग्निजन्य खडकात स्तर/थर नसतात मात्र त्यांना जोड निर्माण होतात.
- ५) या खडकांमध्ये खनिजद्रव्ये मोठ्या प्रमाणात आढळतात.
- ६) या खडकांमध्ये वनस्पती व प्राण्यांचे अवशेष आढळता नाहीत.
- ७) या खडकांची अतिशय सावकाश झीज होते.

२) स्तरीत खडक/गाळाचे खडक/जलजन्य खडक(Sedimentary Rock) :

अग्निजन्य खडकाची निर्मिती झाल्यानंतर उष्णता, वारा, पाऊस, नदी, हिमनदी, सागरी लाटा, वनस्पती, प्राणी किंवा काही मानवी क्रियेमुळे कायिक किंवा रासायनिक स्वरूपाच्या विदारणाच्या प्रक्रिया होऊन मूळ खडकांची झीज होते. ते विखंडीत होऊन त्यापासून रेती-मातीची निर्मिती होते. हे पदार्थ बाह्य कारकांच्या वहन क्रियेमुळे सखल भागाकडे वाहून नेले जातात. नदी, सरोवरे, सागर येथे याचे थर साचले जातात. ही क्रिया सतत सुरु असते. गाळाच्या वरच्या थराचा व पाण्याचा दाब खालच्या स्तरावरती पडल्यामुळे ते कठिण होतात व त्यापासून थराच्या रचनेचे खडक निर्माण होतात. थरांची रचना असल्यामुळे यांना 'स्तरीत खडक' म्हटले जाते.



आकृती २.६ : गाळाचे खडक

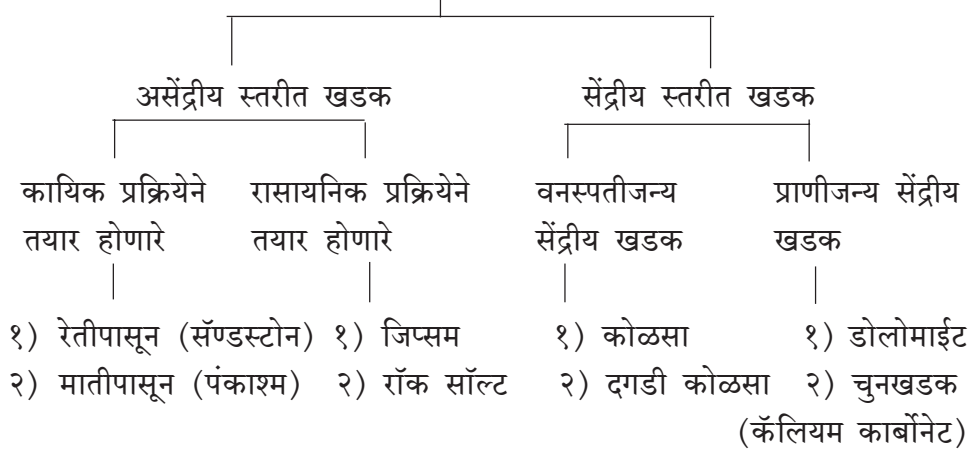
वाहून आणलेले पदार्थ गाळाच्या स्वरूपातील असतात. गाळापासून तयार झाल्याने यांना गाळाचे खडक म्हटले जाते व सामान्यतः हे खडक पाण्यामध्ये अधिक प्रमाणात तयार होतात म्हणून त्यांना जलजन्य खडक म्हटले जाते. हे खडक निर्माण होण्याची प्रक्रिया आजही सुरु आहे. पृथ्वीच्या बाह्यकवचामध्ये अशा प्रकारचे खडक मोठ्या प्रमाणात आढळतात. त्यांच्या निर्मिती वरून त्यांचे दोन उपप्रकार केले जातात ते पुढीलप्रमाणे आहेत.

अ) असेंद्रीय स्तरीत खडक

ब) सेंद्रीय स्तरीत खडक

- अ) **असेंद्रीय स्तरीत खडक** : कायिक व रासायनिक प्रक्रियेमुळे मूळ प्रकारची झीज होऊन त्यापासून बारीक रेती-माती व खडकाचे तुकडे निर्माण होतात. या खडकांमध्ये खनिजद्रव्ये अधिक प्रमाणात आढळतात. या रेती-मातीपासून स्तरीत खडकाची निर्मिती होते. या खडकांमध्ये मूळ खडकाचे गुणधर्म काही वेळ तसेच राहतात तर काही वेळी बदलतात त्यामुळे विदारणाच्या प्रक्रियेमधून निर्माण होणाऱ्या अशा खडकांना असेंद्रीय खडक असे संबोधले जाते याचे उपप्रकार पुढीलप्रमाणे आहेत.

स्तरीत खडक/गाळाचे/जलजन्य खडकाचे प्रकार



- १) **कायिक प्रक्रियेने तयार होणारे** : ऊन, वारा, पाऊस, वाहते पाणी किंवा काही मानवी प्रक्रियेमुळे मूळ खडकाची झीज होऊन तयार होणाऱ्या पदार्थापासून परत स्तरीत खडकाची निर्मिती होते. यामध्ये मूळ खडकाचे गुणधर्म तसेच राहतात. यामधील काही खडक रेतीपासून तयार होतात. तर काही खडक माती किंवा चिखलापासून तयार होतात.
- २) **रासायनिक प्रक्रियेने तयार होणारे असेंद्रीय स्तरीत खडक** : मूळ खडकावरती विविध प्रकारची वायु, वायुमिश्रित पाणी, आम्ल यांची रासायनिक प्रक्रिया होऊन वेगळ्या गुणधर्माचे पदार्थ तयार होतात व या पदार्थांच्या संचयनापासून जे खडक तयार होतात त्यांचा समावेश या प्रकारामध्ये केला जातो. जिप्सम, रॉक सॉल्ट ही याची उदाहरणे आहेत.

ब) सेंद्रीय स्तरीत खडक

पृथ्वीवरील वनस्पती, पाणी किंवा सजीवांच्या अवशेषापासून तयार होणाऱ्या खडकांना सेंद्रीय खडक म्हटले जाते. प्राचीनकाळी हालचालीमुळे भूपृष्ठावरील वनस्पती,

प्राणी अंतर्गत भागात गाडले गेले. त्यांच्यावरती अंतरंगातील प्रचंड उष्णता व दाबाचा परिणाम होऊन कालांतराने त्याचे खडकामध्ये रुपांतर झाले त्यांनाच **सेंद्रीय खडक** म्हटले जाते. त्याचे दोन उपप्रकार केले जातात.

- १) **वनस्पतीजन्य सेंद्रीय खडक** : वनस्पतीमध्ये कार्बनचे प्रमाण अधिक असते. प्राचीन काळी भूगर्भातील हालचालीमुळे भूपृष्ठावरील विस्तृत स्वरूपाची जंगले भूगर्भात गाडली गेली. अंतरंगातील प्रचंड उष्णता व भूकवचाचा दाब यामुळे वनस्पतीमधील कार्बनचे कोळशामध्ये रुपांतर झाले. हा कोळसा वनस्पतीजन्य खडक म्हणून ओळखला जातो. यामधील कार्बनच्या प्रमाणानुसार विविध प्रकार केले जातात. आज आढळणारे बहुतेक दगडी कोळशाचे साठे सुमारे तीस कोटी वर्षापूर्वी निर्माण झाले असावेत असे मानले जाते.
- २) **प्राणीजन्य सेंद्रीय खडक** : अंतर्गत हालचालीमुळे भूपृष्ठावरील प्राणी अंतर्गत भागात गाडले गेले. दाब व उष्णतेचा परिणाम होऊन रासायनिक प्रक्रियेने प्राण्यांच्या अविशिष्ट भागाचे खडकामध्ये रुपांतर झाले. यामध्ये डोलोमाईट, चुनखडक (कॅल्शियम कार्बोनेट) हे प्रकार आढळतात.

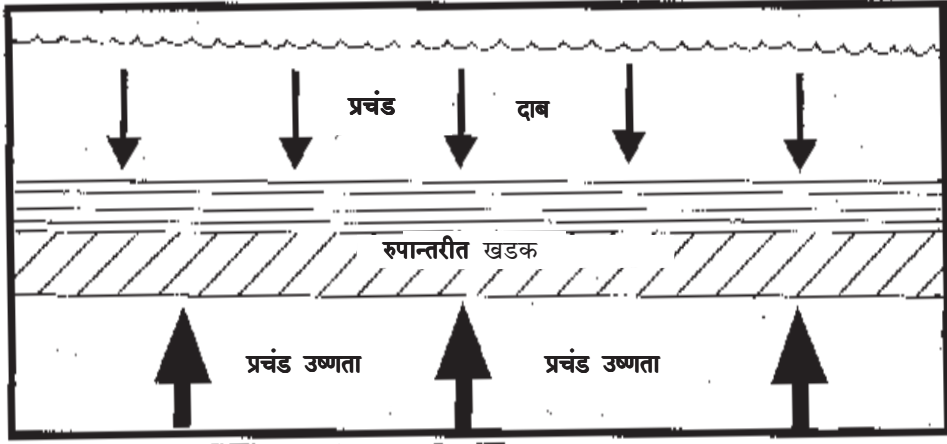
वरील प्रकारा व्यतिरिक्त बाह्य कारकांच्या संचयन कारकामुळे काही स्तरित खडक निर्माण होतात त्याआधारे त्यांचे काही प्रकार सांगितले जातात.

- १) जलजन्य स्तरीत खडक
- २) वायुजन्य स्तरीत खडक
- ३) हिमानी स्तरीत खडक

- १) **जलजन्य स्तरीत खडक** : नदी किंवा वाहत्या पाण्यामुळे वाहत आलेल्या गाळाचे नदी सरोवरे किंवा सागरतळावरती सतत संचयन होऊन स्तरित स्वरूपाचे खडक निर्माण होतात. पाण्यात हे खडक निर्माण होत असल्याने यांना **जलजन्य स्तरीत खडक** म्हटले जाते.
- २) **वायुजन्य स्तरीत खडक** : वाऱ्याच्या खनन कार्यामुळे खडकांची झीज होऊन झीज झालेले पदार्थ वाऱ्याबरोबर वाहत जातात, ज्यामध्ये वाळू, रेतीचे प्रमाण अधिक असते. जेथे वाऱ्याचा वेग कमी होतो किंवा मार्गात अडथळे येतात तेथे यांचे संचयन होते. ही क्रिया सतत होत राहिल्यास तेथे स्तरित खडकाची निर्मिती होते. वाऱ्याच्या कार्यामुळे हे खडक निर्माण झाल्याने त्यांना **वायुजन्य खडक** असे म्हटले जाते.
- ३) **हिमानी स्तरीत खडक** : उंच पर्वतीय प्रदेश किंवा ध्रुवीय प्रदेशात हिमनदी बरोबर मोठ्या प्रमाणात गाळ वाहत येतो. या गाळाचे संचयन हिमनदीच्या पात्रात, कडेवरती किंवा हिमनदीच्या मुखाजवळ सतत होत राहते. त्यामुळे थरावरती थर साचून स्तरित खडकाची निर्मिती होते. हिमनदीमुळे हे खडक निर्माण झाल्यामुळे यांना **हिमानी स्तरित खडक** म्हटले जाते.

स्तरित खडकाचे गुणधर्म :

- १) स्तरित खडकांचा सर्वात महत्त्वाचा गुणधर्म म्हणजे यामध्ये थराची रचना असते.
- २) मूळ खडकाची झीज होऊन बाह्यकारकाच्या संचयन कार्यामुळे हे खडक निर्माण होतात.
- ३) या खडकांमध्ये स्फटिकांची रचना आढळते मात्र ते व्यवस्थित रचनेत नसते.
- ४) इतर खडकापेक्षा हे खडक मृदु / मऊ असतात.
- ५) हे खडक सच्छिद्र असल्यामुळे यामधून पाणी पाझरण्याची प्रक्रिया होते.
- ६) या खडकामध्ये अनेक प्रकारची खनिजे आढळतात. त्यामुळे त्यांना वेगवेगळा रंग प्राप्त होतो.
- ७) या खडकाचे आणखी एक वैशिष्ट्य म्हणजे त्यात वनस्पती व प्राणीजन्य अवशेष आढळतात व त्या आधारे खडक निर्मितीचा कालखंड समजू शकतो.
- ८) या खडकाची मोठ्या प्रमाणात झीज होते.



आकृती २.७ : रूपान्तरीत खडक

३) रूपान्तरीत खडक - (Metamorphic Rock) :

अग्निजन्य किंवा स्तरित खडकावरती अंतर्गत किंवा बहिर्गत शक्तीचा परिणाम होऊन मूळ खडकांची मोडतोड न होता त्याच्या रचनेत व गुणधर्मात बदल होऊन वेगवेगळ्याच गुणधर्माचे खडक निर्माण होतात त्यांना रूपान्तरित खडक म्हटले जाते. प्रामुख्याने उष्णता, दाब यामुळे खडकाच्या गुणधर्मात रासायनिक प्रक्रियेने बदल होतात. हे रूपांतर प्रामुख्याने अग्निजन्य - रूपान्तरित तसे स्तरित-रूपान्तरित किंवा काही वेळा रूपान्तरीत खडकाचेही पुन्हा रूपांतर होते. आजही या प्रकारच्या खडक निर्मितीची प्रक्रिया सुरु असलेली आढळते. निर्मितीनुसार याचे दोन प्रकार केले जातात.

- १) स्पर्शजन्य रूपान्तरित खडक
- २) प्रादेशिक रूपान्तरित खडक

- १) **स्पर्शजन्य रूपान्तरित खडक** : ज्वालामुखीचे उद्रेक होत असताना. ज्वालामुखीमधून तप्त लाव्हारस, राख, वायू मोठ्या प्रमाणात बाहेर पडत असते. हे तप्त पदार्थ ज्वालामुखीच्या नलिकेमधून बाहेर पडत असताना नलिकेच्या सभोवतालच्या खडकावरती उष्णतेचा परिणाम होऊने तेथील मूळ खडकाच्या रचनेमध्ये, गुणधर्मांमध्ये

बदल होऊन वेगळ्या गुणधर्माचे खडक निर्माण होतात. तस पदार्थांच्या संपर्कामुळे हे खडक निर्माण होत असल्याने यांना स्पर्शजन्य रूपांतरित खडक म्हटले जाते. या खडकांचा विस्तार मात्र मर्यादित आढळतो.

- २) **प्रादेशिक रूपांतरित खडक** : पर्वत निर्माणकारी हालचालीमुळे किंवा भूकवचातील उलथा-पालथीमुळे भूपृष्ठाचा विस्तृत भाग अंतरंगात गाडला जातो. अंतर्गत भागातील प्रचंड उष्णता व बाह्य कवचाचा दाब यामुळे रासायनिक प्रक्रिया होऊन विस्तृत स्वरूपाचा मूळ खडकाचे गुणधर्म बदलले जातात. त्यामुळे त्यांना प्रादेशिक रूपांतरित खडक म्हटले जाते. या खडकांचा विस्तार विस्तृत स्वरूपाचा असून दगडी कोळसा, गारगोटी, संगमरवर यासारखे खडक या प्रक्रियेने तयार झालेले आढळतात.

- १) औष्णिक रूपांतरित खडक
- २) शक्तीजन्य रूपांतरित खडक
- ३) शक्ती व तापजन्य रूपांतरित खडक

मूळ खडक	रूपांतरित खडक
ग्राफाईट	नीस
वालुकामय स्तरित	गारगोटी
पंकाशम	स्लेट (पाटीचा)
चुनखडक	संगमरवर/मार्बल
कोळसा	ग्राफाईट

रूपांतरित खडकाचे गुणधर्म :

- १) मूळ खडकांची मोडतोड न होता त्या खडकांमध्ये विकृती निर्माण होऊन रूपांतरित खडक निर्माण होतात.
- २) मूळ खडकाच्या रचना व गुणधर्मांमध्ये बदल होतो.
- ३) हे खडक कठिण, उष्ण व चमकदार असतात.
- ४) या खडकांमध्ये थरांची रचना आढळत नाही.
- ५) या खडकांमध्ये जोड आढळतात.
- ६) या खडकांमध्ये जीवाश्म आढळत नाही, मात्र विविध खनिजे मोठ्या प्रमाणात आढळतात.
- ७) या खडकाची कायिक व रासायनिक प्रक्रियेने अतिशय सावकाय झीज होते.

तुमची प्रगती तपासा :

- १) सुबक आकृतीच्या साहाय्याने खडक-चक्राची माहिती द्या.
- २) अग्निजन्य खडकांची निर्मिती कशी होते?
- ३) खडकांचे तीन उपयोग सांगा.

- ४) अग्निजन्य खडकांची दोन उदाहरणे द्या.
- ५) गाळाच्या खडकांची दोन उदाहरणे द्या.
- ६) रुपांतरित खडकांची दोन उदाहरणे द्या.
- ७) खनिजांची उपयुक्तता स्पष्ट करा.
- ८) गाळाचे खडक कोठे तयार होतात? तीन स्थाने सांगा.
- ९) अग्निजन्य खडकांचे गुणधर्म सांगा.
- १०) गाळाच्या खडकांचे गुणधर्म सांगा.
- ११) रुपांतरित खडकांचे गुणधर्म सांगा.
- १२) अग्निजन्य खडकांच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.
- १३) गाळाच्या खडकांच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.

टीपा लिहा :

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| १) खडक व खनिजे | २) अग्निजन्य खडक |
| ३) गाळाचे खडक | ४) रुपांतरित खडक |
| ५) स्तरित खडक | ६) अग्निजन्य खडकांचे गुणधर्म |
| ७) गाळाच्या खडकांचे गुणधर्म | ८) रुपांतरित खडकांचे गुणधर्म |
| ९) सेंद्रीय स्तरित खडक | १०) असेंद्रीय स्तरित खडक |
-
-
-
-
-

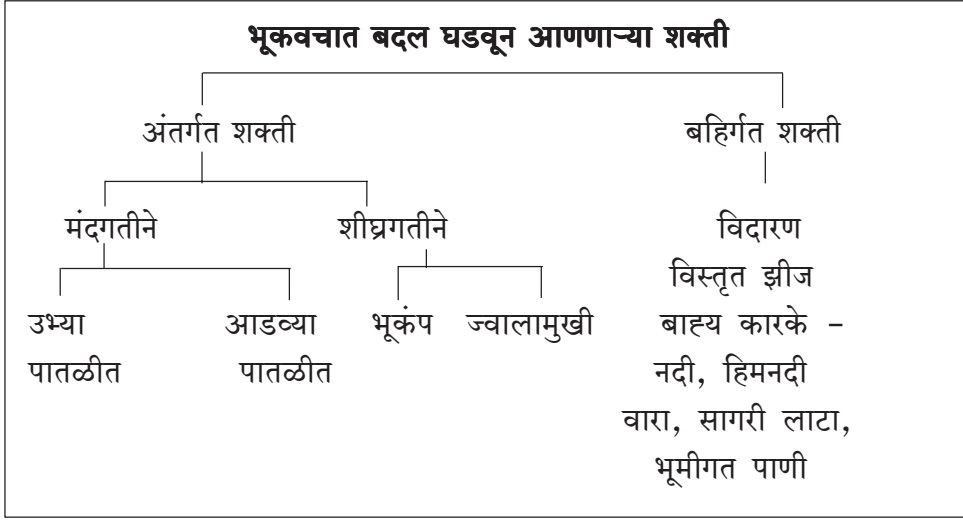
सुबक आकृत्या काढून भागांना नावे द्या.

- १) खडक चक्र
- २) अग्निजन्य खडकांचे प्रकार

२.३ वळ्या आणि भ्रंश

पृथ्वीची उत्पत्ती झाल्यापासून भूकवचात अनेक बदल घडून आलेले आहेत. भूखंडाच्या किंवा समुद्राच्या पातळीमध्ये बदल होऊन विविध भूरूपे निर्माण होताना आढळतात. पूर्वी समुद्र असलेल्या भागात पर्वताची निर्मिती झालेली आढळते. उदा. हिमालय पर्वत, पर्वताचे, मैदानाचे भाग खचून किनाऱ्यांचे भाग खचून बेटाची निर्मिती तर किनारे उंचावून मैदानाची, पठाराची निर्मिती झालेली आढळते. भूपृष्ठामध्ये आजही हे बदल होताना आढळून येतात. हे बदल काही अंतर्गत शक्तीमुळे, बाह्य शक्तीमुळे, काही वेळा शीघ्र स्वरूपात तर काही वेळा मंद स्वरूपात होताना आढळतात. त्या आधारे भूकवचात बदल घडवून आणणाऱ्या शक्तीचे दोन प्रकार केले जातात.

- १) अंतर्गत शक्ती २) बहिर्गत शक्ती



भूकवचात बदल घडविणाऱ्या शक्ती

१) अंतर्गत शक्ती

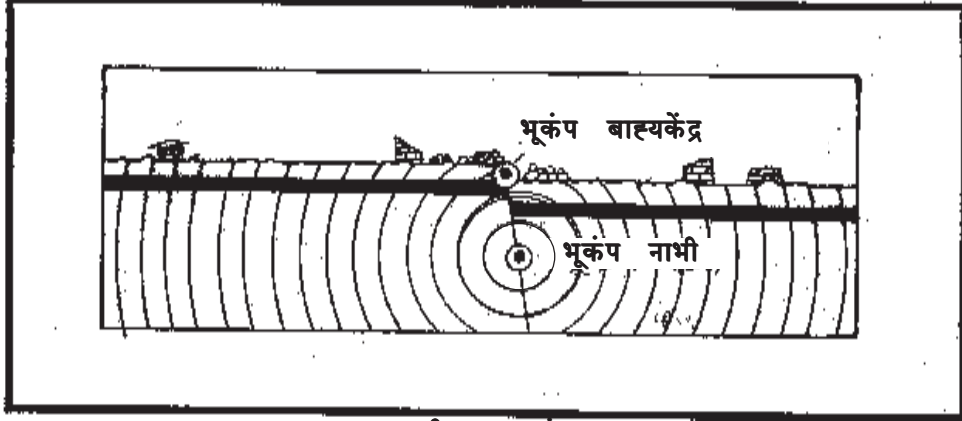
भूगर्भात निर्माण होणाऱ्या शक्तींना अंतर्गत शक्ती म्हटले जाते. अंतरगातील प्रचंड उष्णतेमुळे ह्या निर्माण होतात. त्यामुळे अंतर्गत भागात हालचाल होऊन भूपृष्ठावरती दाब-ताण पडतो. त्यामुळे भूकवचावरती बदल घडून येतात. या शक्त काही वेळा शीघ्र स्वरूपात तर काही वेळा मंद स्वरूपात कार्य करतात. त्याआधारे दोन प्रकार केले जातात.

- १) शीघ्र गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती; २) मंदगतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती

१. शीघ्र गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती-पृथ्वीच्या अंतरगातील हालचाली:

- १) **भूकंप** : भू-पृष्ठाच्या अंतर्गत भागातील शीघ्र स्वरूपाच्या हालचालीत भूपृष्ठाला हादरे बसतात. भूपृष्ठा खालच्या खडकांच्या संतुलनात अडथळा आल्यास भूकवच कंपायमान होते. यालाच भूकंप म्हटले जाते किंवा काही कारणामुळे भूकवच कंप पावणे, हादरणे किंवा थरथरणे म्हणजे भूकंप होय. भूकवचामध्ये बदल घडवून आणणारी ही शीघ्र स्वरूपाची हालचाल असून या हालचालीमुळे भूकवचात झालेले बदल ताबडतोब जाणवून येतात. या हालचालीमुळे भूकवचात मोठाले बदल घडून येतात. ही शक्ती पृथ्वीच्या अंतरंगातून कार्य करित असल्याने तिला **अंतर्गत शक्ती** असे म्हटले जाते.
- २) **भूकंप नाभी** : भूकवचात ज्या ठिकाणी खडकामध्ये हालचाल होते. त्याला भूकंपाची नाभी म्हटले जाते. भूपृष्ठापासून २५ ते ३० कि.मी. खोलीवरती भूकंपाचे हे अंतर्गत केंद्र असते.

- ३) **भूकंप बाह्यकेंद्र (Epicenter)** : भूकंप नाभीच्या वरच्या बाजूचा भूपृष्ठावरील सर्वात जवळचा बिंदु भूकंपाचे बाह्य केंद्र म्हणून ओळखला जातो. भूकंप मापक यंत्राच्या सहाय्याने हे बाह्यकेंद्र ठरवले जाते. भूकंप नाभीपासून निघणाऱ्या लहरी भूपृष्ठावरील काटकोनात असणाऱ्या भूपृष्ठाच्या भागात सर्वात आधी पोहचतात. तेच भूकंप बाह्यकेंद्र म्हणून ओळखले जाते.



आकृती २.८ : भूकंप

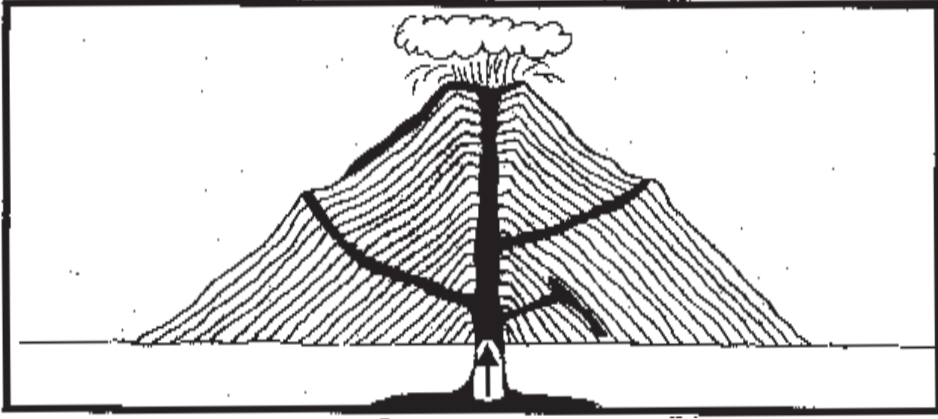
- ४) **भूकंप लहरी** : भूकंप निर्माण झाल्यानंतर भूकंप केंद्रापासून भूकंपाचे हादरे विशिष्ट लहरींच्या स्वरूपात सर्वदूर पसरतात. त्यांना भूकंप लहरी म्हटले जाते. भूकंप नाभीपासून निर्माण झालेल्या लहरी भूपृष्ठाकडे सर्वदूर प्रवास करतात. त्याचे प्रकार पुढीलप्रमाणे आहेत.
- (अ) **प्राथमिक लहरी (P waves)** : भूकंप झाल्यानंतर भूकंप केंद्रापासून एका सरळ रेषेत भूपृष्ठाकडे या लहरी प्रवास करतात. ध्वनी लहरीसारखी याची रचना असते. सेकंदाला ८ ते १२ कि.मी. वेगाने या लहरी प्रवास करतात. भूकंप झाल्यावर भूकंपामापन यंत्रावर याची प्रथम नोंद होते म्हणून या लहरींना प्राथमिक लहरी असे संबोधले जाते.
- (ब) **दुय्यम लहरी (S waves)**: भूकंप केंद्रापासून या लहरी निर्माण होत असून सेकंदाला ४ ते ८ कि.मी. वेगाने प्रवास करणाऱ्या या लहरींची रचना पाण्यावरील तरंगाप्रमाणे असते. त्यामुळे त्या अधिक विध्वंसक ठरतात. या लहरी द्रवरूप भागामधून प्रवास करू शकत नाही.
- (क) **पृष्ठीय लहरी (L waves)**: यांनाच लव्ह लहरी असे संबोधले जाते. लव्ह नावाच्या शास्त्रज्ञाने याचा शोध लावला. या सर्वात जास्त विध्वंसक असात. भूकंप बाह्यकेंद्रालगत या लहरी आढळतात.

२) **ज्वालामुखी** :

पृथ्वीच्या अंतर्भागात तप्त मॅग्मा भूकवचाच्या हालचालींमुळे भूपृष्ठावर येतो त्याला ज्वालामुखीचा उद्रेक असे संबोधले जाते. मॅग्मा भूपृष्ठावर आल्यावर त्याला 'लाव्हा' म्हणतात. ज्वालामुखीय उद्रेक दोन प्रकारचे असतात.

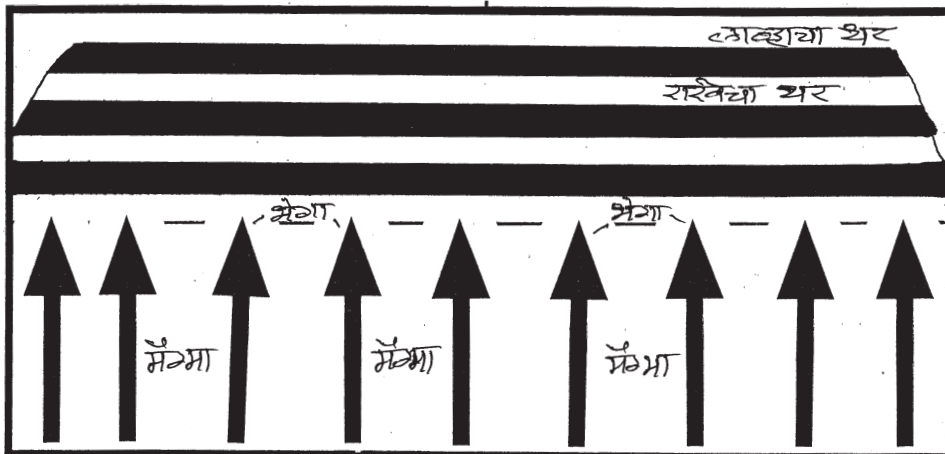
- १) केंद्रीय उद्रेक (स्फोटक प्रकार) २) भेगी उद्रेक (शांत प्रकार)

- १) **केंद्रीय उद्रेक (स्फोटक प्रकार)** : अंतर्गत भागातील तप्त पदार्थ लहानमोट्या खडकांचे तुकडे, वायू, पाणी चिखल प्रचंड स्फोटाद्वारे बाहेर टाकले जातात व त्यांच्या संचनापासून भूपृष्ठावरती अग्निजन्य खडकाची निर्मिती होते त्यांना स्फोटक प्रक्रियेने निर्माण झालेले अग्निजन्य खडक म्हटले जाते. उदा. व्हॅलकॅनिक बॉम्ब, टफ, ब्रेसिस इत्यादी.



आकृती २.९ : ज्वालामुखी - केंद्रीय उद्रेक

- २) **भेगी उद्रेक (शांत प्रकार)**: पृथ्वीच्या पृष्ठभागाला भेगा पडतात व त्यातून अंतर्गत भागातील तप्त लाव्हारस ज्वालामुखी उद्रेकातून शांत स्वरूपात बाहेर पडतो. त्याच्या संचयनापासून भूपृष्ठावरती विस्तृत स्वरूपाचे खडक, पठारे, मैदाने निर्माण होतात. भारताचे 'दख्खनचे पठार' अशा स्वरूपाच्या उद्रेकामधूनच निर्माण झालेले आहे.



आकृती २.१० : ज्वालामुखी - भेगी उद्रेक

- २) **मंदगतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती :**

अंतर्गत भागातील शक्ती भूकवचावरती अतिशय मंद गतीने कार्य करतात. अंतर्गत हालचालीमुळे भूकवचावरी दाब व ताण पडून भूपृष्ठाचा भाग उंचावला जातो किंवा

खचून आडव्या स्वरूपात दाब पडल्याने भूपृष्ठाला वळ्या पडतात. प्रस्तर भंग होतो. हे बदल अतिशय सावकाश घडून येतात. या मंद गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती काही वेळा उभ्या दिशेने तर काही वेळा आडव्या दिशेने कार्य करतात. त्या आधारे दोन प्रकार केले जातात.

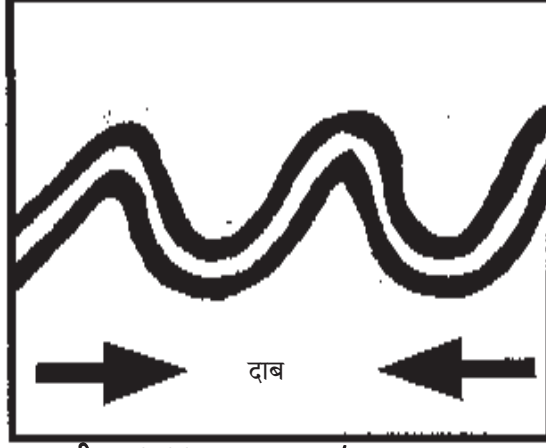
- १) **उभ्या दिशेने कार्य करणाऱ्या शक्ती**-(भूखंड निर्माणकारी हालचाली) : अंतर्गत भागात मंद गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती काही वेळा भूकवचात त्रिज्येच्या दिशेने कार्य करतात. त्यामुळे पृथ्वीचा विस्तृत भाग उंचावला जातो किंवा विस्तृत भाग खचतो. त्यामुळे भूमीखंडे, पठारे, मैदाने, समुद्र तळाची निर्मिती होते. त्यामुळे यांना भूखंड निर्माणकारी हालचाली म्हटले जाते. उ. अमेरिका, सैबेरियाचा किनारा या प्रक्रियेने तयार झालेला आहे.
- २) **आडव्या दिशेने कार्य करणाऱ्या शक्ती** - पर्वत निर्माणकारी हालचाली) : काही वेळा अंतर्गत भागातील मंद गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती भूकवचात भूपृष्ठाला समांतर दिशेने कार्य करतात. त्यामुळे भूपृष्ठावरती दाब किंवा दाब पडून काही वेळा वळ्या निर्माण होतात. तर काही वेळा जोड प्रस्तर भंग होते. या प्रक्रियेमुळे पर्वताची निर्मिती होते. म्हणून त्या पर्वत निर्माणकारी हालचाली म्हणून ओळखल्या जातात. हिमालय, रॉकी, अँडीज हे घडी पर्वत तसेच तापी नदीची खचदरी या प्रक्रियेनेच निर्माण झालेली आहे.

आडव्या किंवा क्षितीज समांतर हालचालीचे परिणाम :

काही वेळा अंतर्गत भागातील मंद गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती भूकवचाला समांतर/ आडव्या दिशेने कार्य करतात. त्यामुळे भूपृष्ठावरती दाब किंवा ताण निर्माण होतो. खडक नरम असेल व त्यावरती दाब पडल्यास त्या खडकाला वळ्या निर्माण होतात. या वळ्यांची उंची वाढत जावून त्यापासून वळी किंवा घडी पर्वताची निर्मिती होते. खडक कठीण स्वरूपाचे असतील तर त्यावरती दाब, ताण निर्माण झाल्यास त्यांना तडे जातात. भेगा पडतात. काही वेळा भेगांवरती खडकाच्या तुकड्याचे स्थानांतर होऊन खडकाचे थर खालीवर सरकतात त्यामुळे गट, पर्वत, खचदरी, धबधबे यांची निर्मिती होते. 13अ आडव्या हालचालींमुळे प्रामुख्याने पर्वताची निर्मिती होत असल्याने याला पर्वत निर्माणकारी हालचाली म्हटले जाते. स्तरीत खडकावरती आडव्या दिशेने दाब निर्माण झाल्यास त्यामुळे वळ्या निर्माण होतात. दाब सतत वाढत गेल्यास वळ्याची उंची वाढत जावून कालांतराने तेथे घडी पर्वताची निर्मिती होते.

ब) वळ्या /घड्या पडणे (Folding)

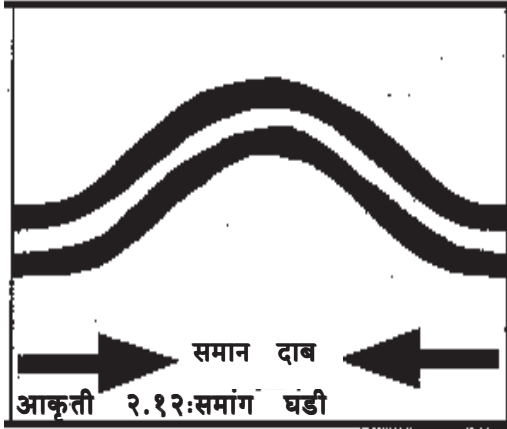
आडव्या हालचाली जेव्हा भूकवचात कार्य करतात तेव्हा भूपृष्ठाच्या मृदू भागास घड्या किंवा वळ्या पडतात. या क्रियेत भूपृष्ठावर दाब पडून भूपृष्ठाला घड्या पडतात. अर्थात ही क्रिया अतिशय सावकाशपणे होते. दाबाचे प्रमाण कमी असेल तर एकाच समांतदिशेने भूपृष्ठ अनेक ठिकाणी उंचावले जाते. आणि या घड्यांच्या दरम्यान खोलगट भाग तयार होतात. ज्या ठिकाणी अशा घड्या पडतात. त्या ठिकाणी भूपृष्ठाचे दृष्य प्रमाणे दिसते.



आकृती २.११ : वळ्या /घड्या

घड्यांचे प्रकार :

प्रत्येक घडीस दोन बाजू असतात. पण त्या बाजूस रोख प्रत्येक ठिकाणी सारखा असेलच असे नाही. या आधारावर घड्यांचे पुढील सहा प्रकार पडतात.

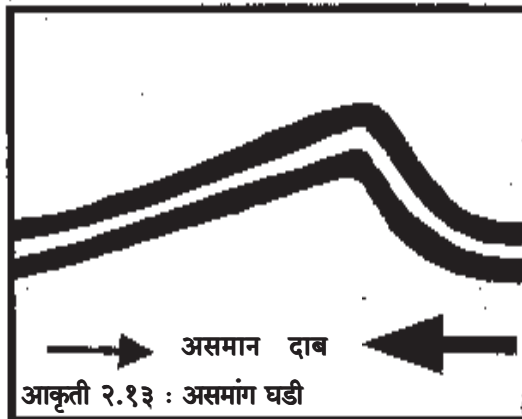


आकृती २.१२:समांग घडी

१)समांग घडी (Rock) : ज्या घडीत दोन्ही अंगाच्या आसांकडील बाक आणि त्यांची लांबी सारखी असते अशा घडीला **समांग घडी** म्हणतात. दोन्ही दिशेने सारखा दाब पडल्यास अशी घडी तयार होते. या घडीच्या दोन्ही बाजूस समान उतार असतो.

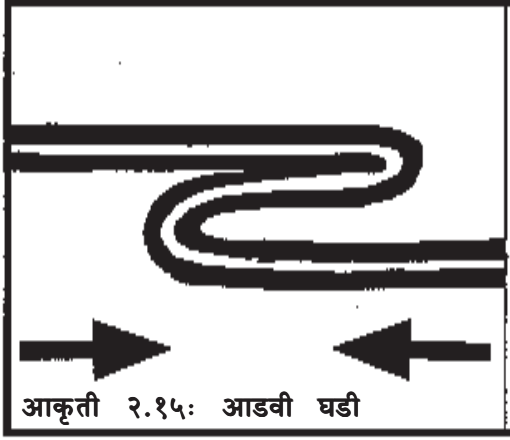
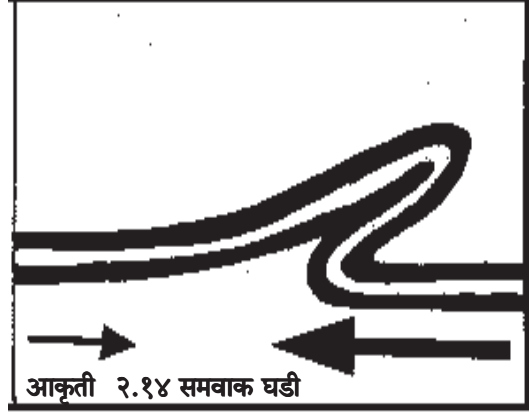
२)असमांग घडी (Asymmetrical Fold) : ज्या घडीची एक बाजू

लांब व सौम्य उताराची आणि दुसरी बाजू छोटी व तीव्र उताराची असते त्या घडीस **असमांग घडी** म्हणतात. एका बाजूने जास्त व दुसऱ्या बाजूने कमी दाब पडल्यास अशी घडी तयार होते.



आकृती २.१३ : असमांग घडी

- ३) **समवाक घडी (Isoclinal Fold)** : सारख्या बाक असलेल्या घडीची पुनरावृत्ती झाल्यास ती घडी एका बाजूस झुकते. या घडीलाच समवाक घडी किंवा झुकलेली घडी म्हणतात. या घडीची एक बाजू सौम्य उताराची व दुसरी बाजू



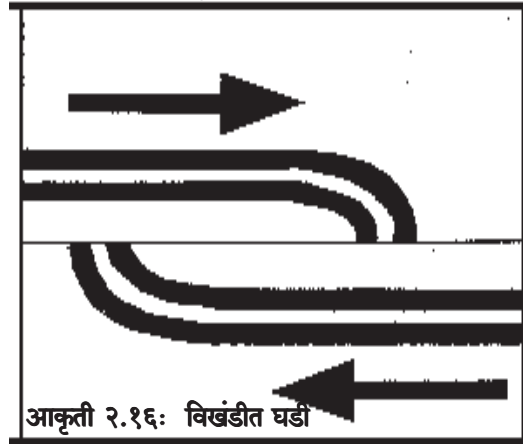
अतिशय तीव्र उताराची असते.

- ४) **आडवी घडी (Recumbent Fold)** : कधी जास्त दाबामुळे समवाक घडी भूपृष्ठावर पडते त्यास आडवी घडी म्हणतात. या घडीच्या दोन्ही बाजू क्षितिज समांतर असतात.

- ५) **विखंडीत घडी (Thrust Fold)** : बऱ्याच वेळा जास्त दाबामुळे आडवी घडी तुटते व ती थोडी पुढे

सरकते. या वेळी वरच्या घडतीतील खडक खालच्या घडतील खडकावर येतात. यालाच विखंडीत घडी किंवा नेप (Nappe) म्हणतात. आल्पस पर्वतात अशा घड्या निर्माण झालेल्या आहेत.

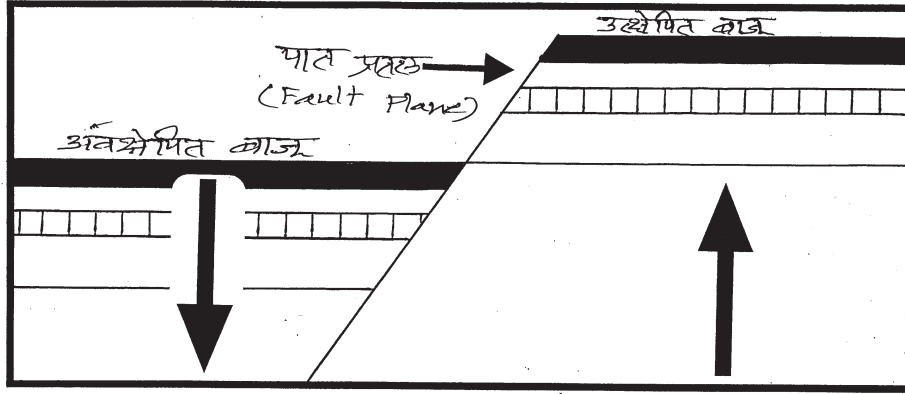
- ६) **पंखाकृती घडी (Fan Shaped Fold)** : भूकवच अधिक मऊ असल्यास आणि दाबाचे प्रमाण जास्त असल्यास त्या ठिकाणी घड्या निर्माण होतात. घड्या



पडल्यावर दाब चालू राहिल्यास तेथे लहान मोठ्या घड्या वर उचलल्या जाऊन त्यांना पंख्याचा आकार प्राप्त होतो.

क) भूकवचातील जोड :

आडव्या स्वरूपाच्या हालचालीमुळे खडकावरती दाब-ताण पडून खडकाला तडे जातात. मात्र खडकांचे थर खालवर न सरकता आहेत तेथेच राहतात. अशी रचना भूकवचातील जोड म्हणून ओळखली जाते. उभे, आडवर, तिरपे कसेही जोड निर्माण होतात. जोडामुळे भूरूपाची निर्मिती होत नसली तरी विदारण क्रियेसाठी हे जोड उपयुक्त ठरतात. जोडामध्ये पाणी पाझरल्यामुळे किंवा रासायनिक प्रक्रियेमुळे खडकांची मोठ्या प्रमाणात झीज होते.

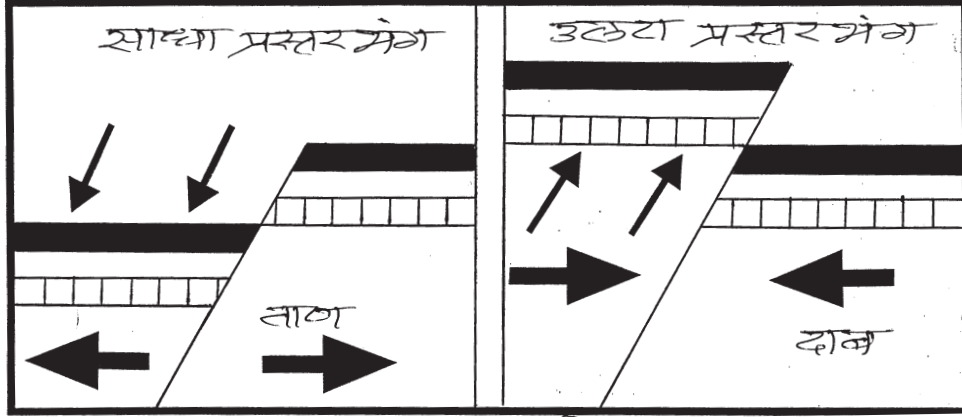


आकृती २.१७ : प्रस्तरभंग

अ) प्रस्तरभंग होणे (Faulting)

भूकवचातील आडव्या हालचालीमुळे प्रस्तरभंग होतात. विशेषतः कठीण खडक असलेल्या भागात प्रस्तरभंगाच्या क्रिया घडून येतात. आडव्या हालचाली जेव्हा भूकवचात कार्य करतात तेव्हा भूपृष्ठाच्या एका बाजूस दाब व दुसऱ्या बाजूस ताण पडतो. भूपृष्ठावर पडणारा हा ताण स्थानिक किंवा प्रादेशिक स्वरूपाचा असतो. या हालचाली मंदपणे घडून आल्यास त्यांचा प्रभाव एकदम जाणवत नाही. पण दाब व ताण वाढल्यास खडकाचे थर वाकलेले दिसतात. ही क्रिया अशीच सुरू राहिल्यास खडकाचे थर आहेत त्या स्थितीत राहू शकत नाहीत. भूकवचातील दाब वाढल्यास भूपृष्ठाचा काही भाग वर सरकतो किंवा काही भाग खाली दबतो. यालाच प्रस्तरभंग म्हणतात.

प्रस्तरभंग ज्या पृष्ठभागाच्या अनुषंगाने खडकाचे थर खाली घसरतात त्यास पात पतल (Fault Plane) म्हणतात. प्रस्तरभंगात दोन बाजू असतात. जी बाजू खाली फेकली जाते त्या बाजूस अवक्षेपित (Down Thrown Side) बाजू म्हणतात व जी बाजू वर फेकली जाते तिला उत्क्षेपित बाजू (Up Thrown Side) म्हणतात. प्रस्तरभंगाची उंची काही सें.मी. पासून काही मीटर्सपर्यंत असते. कधी कधी एकाच भागात अनेक प्रस्तरभंग होतात. अशा अनेक प्रस्तरभंग झालेल्या भागास प्रस्तरभंग विभाग (Fault Zone) म्हणतात.

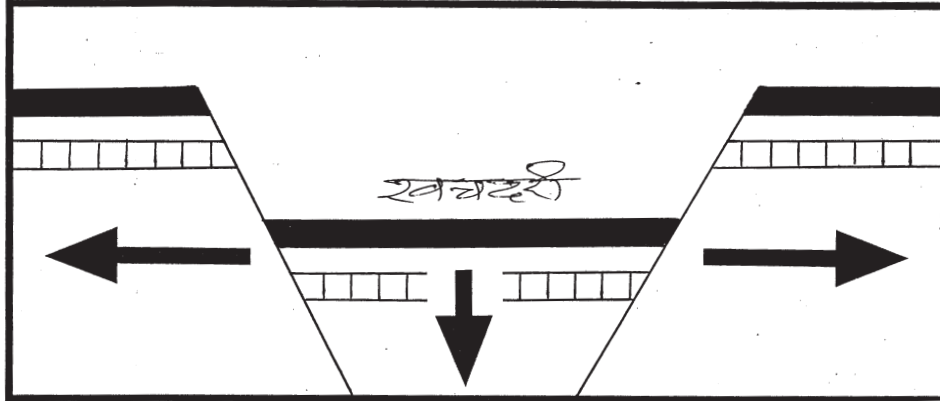


आकृती २.१८ : प्रस्तरभंगाचे प्रकार

प्रस्तरभंगाचे प्रकार :

प्रस्तरभंगाचे पुढील प्रकार पडतात.

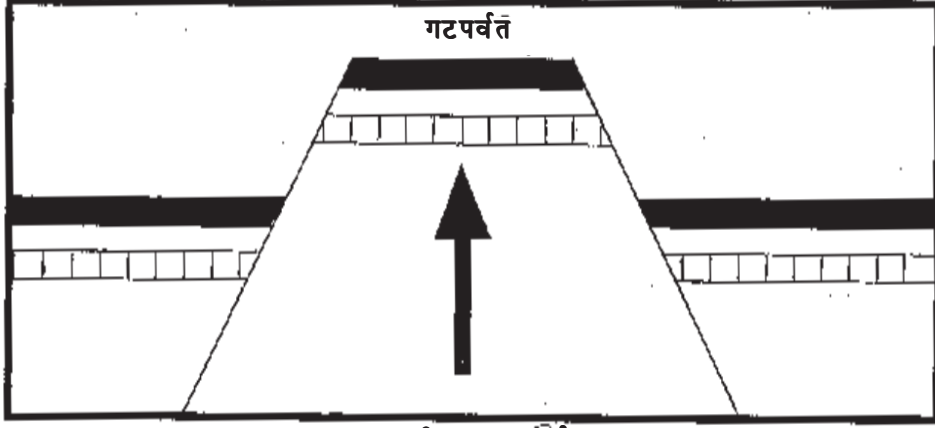
- १) **साधा प्रस्तरभंग (Normal Fault) :** अंतर्गत हालचालीमुळे भूपृष्ठावर ताण पडल्याने भूपृष्ठाला तडे जातात. त्यामुळे भूपृष्ठाची एक बाजू गुरुत्वाकर्षणामुळे खाली सरकते. याला साधा प्रस्तरभंग म्हणतात. खचदरीची निर्मिती साध्या प्रस्तर भंगामुळे होते.



आकृती २.१९ : खचदरी

- २) **उलटा प्रस्तरभंग (Reverse Fault) :** कधी कधी अंतर्गत शक्तीमुळे भूपृष्ठावर दाब पडून भूपृष्ठास तडे जातात. त्यामुळे भूपृष्ठाची एक बाजू वर सरकते. ही

क्रिया गुरुत्वाकर्षणाच्या विरुद्ध दिशेने असल्यामुळे याला उलटा प्रस्तरभंग म्हणतात. गटपर्वताची निर्मिती उलट्या प्रस्तरभंगामुळे होते.



आकृती २.२० गटपर्वत

तुमची प्रगती तपासा :

प्रश्न १. खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

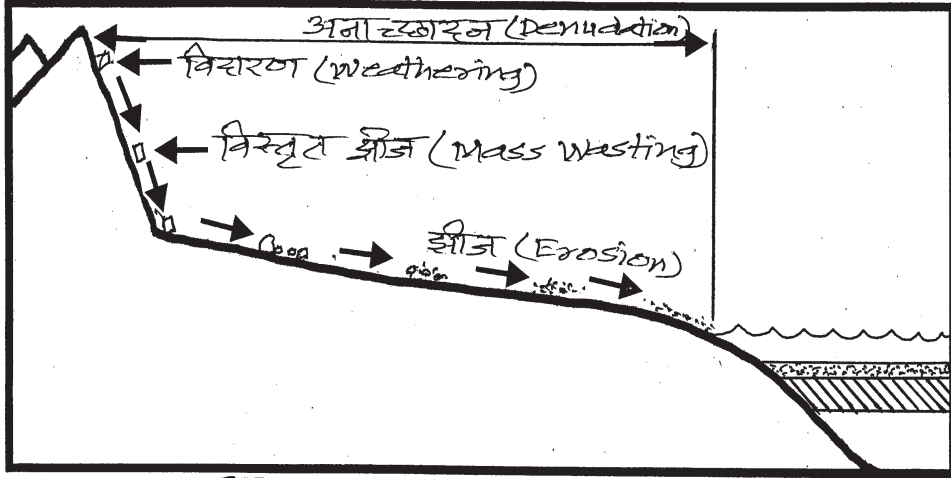
- १) वळ्यांच्या निर्मितीची कारणे सांगून वळ्यांच्या विविध प्रकारांचे वर्णन करा.
- २) भ्रशांच्या निर्मितीची कारणे सांगून भ्रशांच्या विविध प्रकारांचे वर्णन करा.
- ३) वळ्या व भ्रश यांची निर्मिती कशी होते ते स्पष्ट करा.
- ४) सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने वळ्यांच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.
- ५) सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने भ्रशांच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.

प्रश्न २. टीपा लिहा.

- १) वळ्यांचे प्रकार
- २) भ्रशांचे प्रकार
- ३) खचदरी
- ४) गटपर्वत

२.४ विदारण व विस्तृत झीज

अंतर्गत शक्तीमुळे विविध भूरूपांची निर्मिती होते. काही भाग उंचावला जातो काही खाली खचतो त्या अंतर्गत हालचालीमुळे विषमता निर्माण होते. ही विषमता नष्ट करण्याचे कार्य भूपृष्ठावरून वातावरामधून कार्य करणाऱ्या बाह्यशक्ती करित असतात. बाहेरून या शक्ती कार्य करत असल्याने त्यांना बाह्यशक्ती म्हटले जाते. ऊन, वारा, पाऊस, नदी, हिमनदी, सागरी लाटा, भूमीगत पाणी, वनस्पती, प्राणी हे सर्व घटक महत्वाचे ठरतात. खनन, वहन संचयन यामुळे अंतर्गत भूकवचामध्ये बदल घडवून आणला जातो हे कार्य अतिशय मंदगतीने होते. विदारणाच्या प्रक्रियेमध्ये विविध कार्यांमार्फत भूपृष्ठात बदल होऊन विविध आकाराची भूरूपे निर्माण होतात. बाह्यशक्तीच्या कारकाद्वारे घडून येणाऱ्या कार्यात विदारण, झीज, खनन, वहन, संचयन या क्रिया महत्वाच्या ठरतात. बाह्यशक्तीची ती साधने म्हणून (हत्यारे) कार्य करतात.



आकृती २.२१ अनाच्छादन

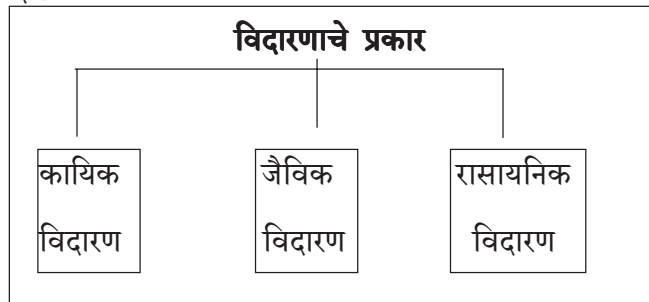
विदारण/अनाच्छादन :

बाह्यशक्तीच्या कारकांमुळे भूपृष्ठावरील खडकाची मोडतोड होऊन तो खडक विखंडीत होऊन तुटतो. फुटतो त्याचे लहान तुकड्यांमध्ये रेती, मातीमध्ये रूपांतर होते. या प्रक्रियेला विदारण म्हटले जाते. सूर्याची उष्णता, पाऊस, वारा, पाणी, पाणी गोठण्याची प्रक्रिया, वनस्पती, प्राणी, तसेच काही रासायनिक व मानवी क्रियेमुळे खडकावरती दाब, ताण निर्माण होऊन त्याचे रासायनिक संघटन बदलून मूळ खडक विखंडीत होऊन त्याचे रेती, मातीमध्ये रूपांतर होते ही विदारणाची प्रक्रिया भूकवचामध्ये बदल घडवून आणणाऱ्या प्रक्रियेमध्ये अत्यंत महत्वाचे ठरते. विदारणामुळे ह-

- १) बहिर्गत शक्तीच्या खनन कार्यात मदत होते.
- २) विदारणामुळे भूपृष्ठाची झीज घडून येते.
- ३) भूह-आकारामध्ये बदल घडून येतात.
- ४) जमिन-मृदेच्या निर्मितीस ही प्रक्रिया मदत करते.

विदारणाचे प्रकार :

- १) कायिक/यांत्रिक विदारण
- २) रासायनिक विदारण
- ३) जैविक विदारण

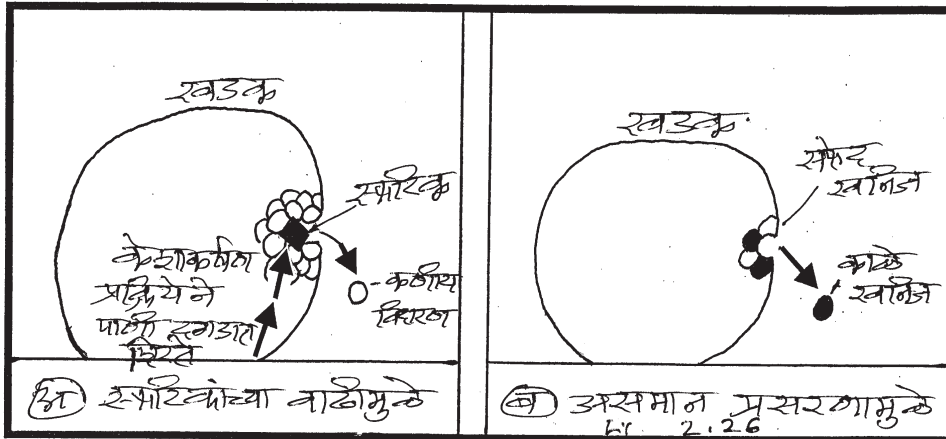


१) कायिक विदारण/यांत्रिक विदारण:

निरनिराळ्या भौतिक क्रियांचा मूळ खडकावरती परिणाम होऊन ती खडक विखंडीत होतो. तुटतो, फुटतो व त्याचे बारीक रेती-मातीमध्ये रूपांतर होते. या प्रक्रियेमध्ये मात्र मूळ खडकातील गुणधर्म बदलले जात नाहीत. विदारण झालेल्या पदार्थांमधील या मूळ खडकाचे गुणधर्म ही तसेत राहतात. या स्वरूपाच्या विदारणाला **कायिक/यांत्रिक विदारण** म्हटले जाते. या प्रकारचे विदारण सूर्य प्रकाश, सूर्याची उष्णता, पाऊस, वाहते पाणी. पाणी गोठणे, प्रक्रिया, बाष्पीभवन, वारा, सागरी लाटा, वनस्पती, प्राणी व काही मानवी क्रियेमुळे घडून येते. हिमाच्छादित प्रदेशात पावसामुळे, नद्यांच्या खोऱ्यात वाहत्या पाण्यामुळे, वनस्पतीची मुळे, उंदीर, घुशीसारखे प्राणी, मानवाच्या खाणकाम, खडीकरण, स्फोट, अणु चाचण्या या क्रियामुळे कायिक स्वरूपाचे विदारण घडून येते या स्वरूपामध्ये किंवा ज्या पध्दतीने खडकाचे विदारण होते. त्या आधारे त्यांचे वेगवेगळे प्रकार सांगितले जातात.

४) **कणीय विदारण (Grannular disintegration):** विदारणाच्या प्रक्रियेमुळे मूळ खडकाचे बारीक कणामध्ये रेती, मातीमध्ये रूपांतर होते. या प्रक्रियेला कणीय विदारण म्हटले जाते. बाह्य कारकामुळे खडकाचे विदारण होत असते. खडकातील बारीक कण एकमेकांपासून अलग होतात व कालांतराने मूळ खडक नाहीसा तोगो.

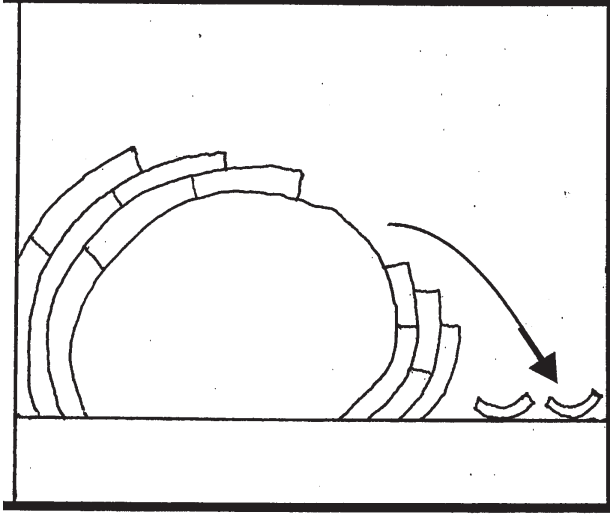
अ) **स्फटिकांच्या वाढीमुळे विविध** क्षार पाण्यात विरघळतात. सच्छिद्र खडकांत केषाकर्षणाने हे पाणी खडकांत शिरते. पाण्याचे बाष्पीभवन होते व क्षाराचा स्फटिक तयार होतो. ही क्रिया सतत होत राहिल्यामुळे स्फटिक मोठा होतो व त्याचा दाब बाजूच्या कणांवर पडून ते कण मूळ खडकापासून वेगळे होतात.



आकृती २.२२: कायिक विदारण

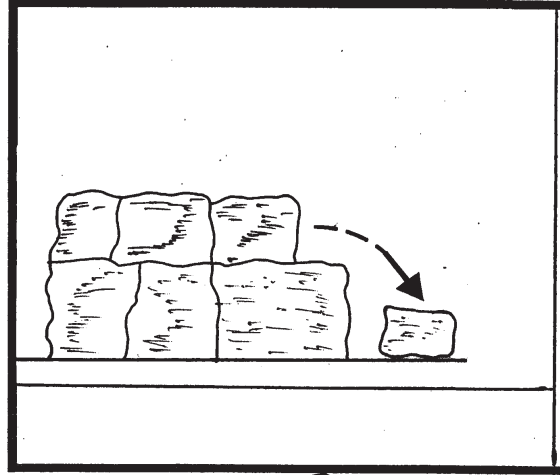
ब) **असमान प्रसरणामुळे** : खडकांत विविध रंगांची खनिजे असतात. काळ्या रंगाची खनिजे पांढऱ्या रंगाच्या खनिजापेक्षा अधिक उष्णता शोषून घेतात व जास्त प्रसरण पावतात. या असमान प्रसरणामुळे खडकांचे कण वेगळे होतात.

- २) **अपर्णन (Extoliation) पापुद्रे अलग होणे/विलगीकरण** : विदारणामुळे मूळ खडकापासून वेगवेगळ्या आकाराचे पापुद्रे होऊन खडकांचे विदारण होते. कालांतराने तो संपूर्ण खडक नाहीसा होतो. या प्रक्रियेला अपर्णन म्हटले जाते.



आकृती २.२३

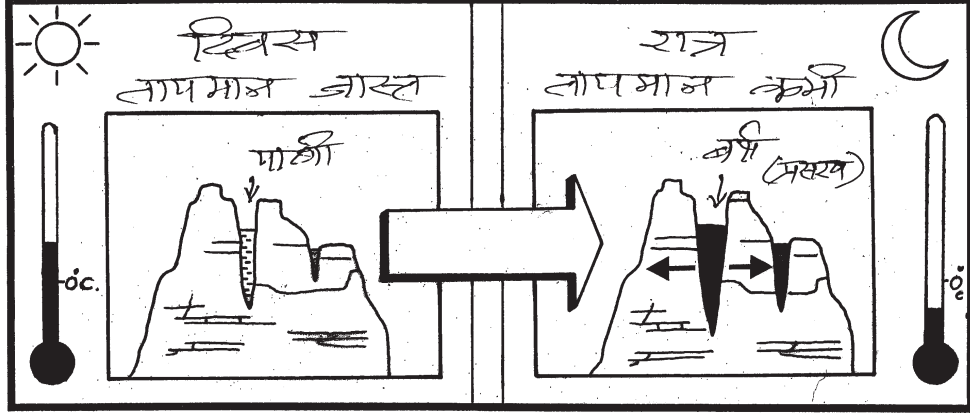
- ३) **खंडविदारण गटविभंजन (Block disintegration)** : मूळ खडकावरती दाब व ताण पडल्याने खडकाला उभ्या आडव्या स्वरूपाच्या भेगा निर्माण होतात. पाणी गोठण्याची प्रक्रिया यामुळे या भेगा रुंदावत जातात. शेवटी मूळ खडकापासून लहान मोठ्या आकाराच्या ठोकळ्या सारखे तुकडे वेगळे होतात. या प्रक्रियेला खंडविदारण प्रक्रिया म्हटले जाते. मूळ खडकातील गुणधर्म विदारित खडकामध्ये तसेच राहतात.



आकृती २.२४

- ४) **हिमामुळे होणारे तुकडीकरण (Frost Shattering)** : समशीतोष्ण कटिबंधात दिवसा तापमान गोठणबिंदूपेक्षा (0°C) जास्त असते त्यावेळी पाणी खडकांच्या भेगांमध्ये शिरते. रात्री तापमान गोठणबिंदूपेक्षा (0°C) कमी होते त्यावेळी खडकांतील भेगेमध्ये असलेल्या पाण्याचे बर्फ होते. पाण्याचे बर्फ झाल्यावर त्याचे आकारमान

वाढते व त्यामुळे खडकांवर दाब पडून भेग रुंदावते. ही क्रिया सतत होत राहिल्यामुळे खडकाचे तुकडे मूळ खडकापासून वेगळे होतात.

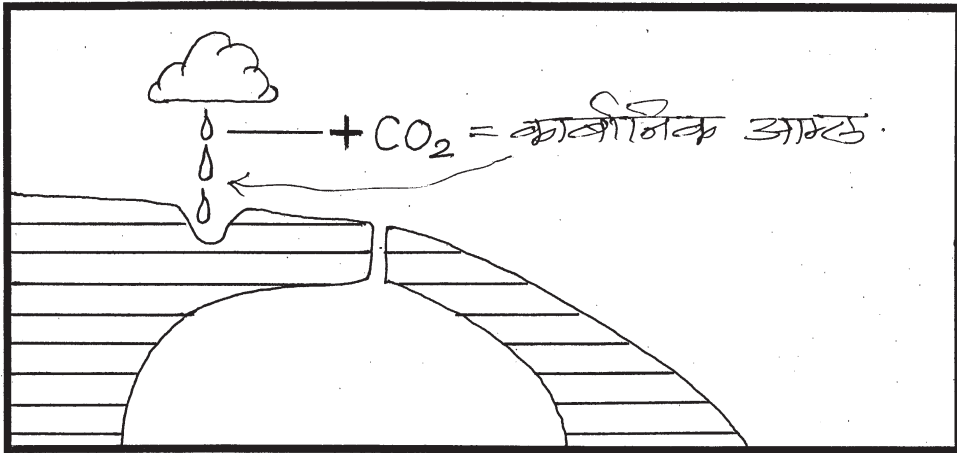


आकृती २.२५ : हिमामुळे होणारे तुकडीकरण

२) रासायनिक विदारण (Chemical Weathring)

मूळ खडकावरती बाह्यशक्तीच्या कारणामुळे काही रासायनिक प्रक्रिया होऊन होऊन त्या खडकांमधील खनिज द्रव्यावरती परिणाम होऊन त्यापासून वेगळे गुणधर्म असणारे पदार्थ, रेती-माती तयार होते. रासायनिक प्रक्रियेने हे विदारण होत असल्याने ते रासायनिक विदारण म्हणून ओळखले जाते. पावसाचे पाणी, वातावरणातील वायू, जमिनीतील खनिज द्रव्ये, बाष्प यामुळे या रासायनिक प्रक्रिया घडून येतात. ज्या कारणामुळे किंवा ज्या स्वरूपात खडकाचे विदारण होते. त्या आधारे रासायनिक विदारणाचे प्रकार पुढील प्रमाणे :

- १) **कार्बोनेशन (Carbonation)** : मूळ खडकावरती कार्बन आम्लाची प्रक्रिया होऊन तो खडक विखंडीत होतो व त्यापासून वेगळ्या गुणधर्माचे पदार्थ निर्माण होतात याला कार्बोनेशन म्हटले जाते. अग्निजन्य खडकावरती कार्बन आम्लाची प्रक्रिया होऊन त्या खडकापासून कॅल्शियम, सिलीका, मॅग्नेशियम ही घटक द्रव्ये अलग होतात व कालांतराने तो खडक नाहीसा होतो.



आकृती २.२६: कार्बोनेशन

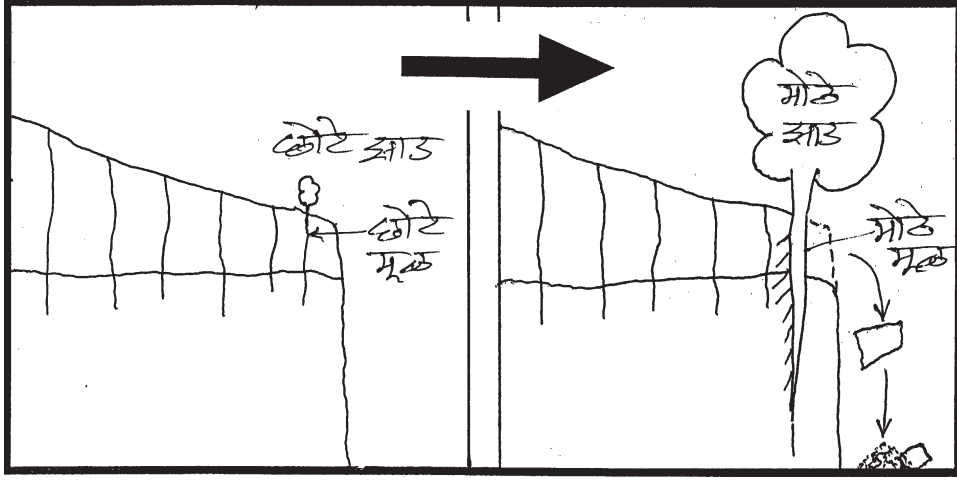
- २) **ऑक्सिडेशन (Oxidation)** : पावसाच्या पाण्यात वातावरणातील ऑक्सिजन मिसळला जातो. वातावरणातील ऑक्सिजन मिश्रीत बाष्प किंवा वातावरणातील ऑक्सिजनची लोहयुक्त खडकावरती रासायनिक प्रक्रिया होते. त्यामुळे गंजण्याच्या प्रक्रियेमधून त्या खडकाचे विदारण होते. व वेगळ्या गुणधर्माच्या पदार्थांमध्ये त्याचे रूपांतर होते. ही प्रक्रिया ऑक्सिडेशन म्हणून ओळखली जाते.
- ३) **हायड्रोजन (Hydration)**: पावसाचे पाणी खडकांमध्ये पाझरल्यास त्या पाण्याचा खडकावरती, खनिज द्रव्यवरती परिणाम होऊन तेथे स्फटिकीकरणाची प्रक्रिया होते. त्यामुळे खडकाचे आकारमान लहान-मोठे होत असताना खडकावरती दाब-ताण पडून त्याचे विखंडन होते. या प्रक्रियेला हायड्रेशन म्हटले जाते.
- ४) **सोल्युशन (Solution)** : काही खडक किंवा खनिजद्रव्ये पाण्यामध्ये विरघळतात. काहींचे संघटन बदलून मूळ खडक किंवा खनिजद्रव्ये विरघळून नाहीशी होतात. या प्रक्रियेला सोल्युशन म्हटले जाते. चुनखडक क्षाराचे खडक किंवा मीठ यांचे विदारण याच प्रक्रियेने होते.

काही वेळा वनस्पतींच्या मुळाच्या टोकाजवळ जास्त तयार होते. या आम्लामुळे रासायनिक प्रक्रिया होऊन त्या खडकामधून वनस्पतीची मुळे आरपार जावू शकतात. ही वाढत असताना कालांतराने खडकाचे विदारण होते. रासायनिक स्वरूपाचे विदारण प्रामुख्याने तापमान, पावसाचे पाणी, पाण्यामध्ये विरघळलेले वायू खडकामधील खनिज द्रव्ये त्यांची रचना यावर अवलंबून असते.

३) जैविक विदारण :

पृथ्वीवरील जैविक घटकांच्या क्रियेमुळे जे खडकांचे विखंडन होते त्यास जैविक विदारण म्हणतात. वनस्पती आणि प्राणी हे पृथ्वीवरील प्रमुख जैविक घटक आहेत. वनस्पती जीव-जंतू, प्राणी व मानव यांच्यामुळे जैविक अपक्षय क्रिया घडून येते. जैविक अपक्षय कायिक किंवा रासायनिक प्रकारचे असू शकते.

पाण्याच्या शोधार्थ वनस्पतींची मूळे खडकांच्या भेगांतून खोलीपर्यंत शिरतात. वनस्पतींच्या वाढीबरोबर त्या मुळांचाही वाढ होते. ही मुळे मोठी झाल्याने खडकांच्या भेगांवर दाब पडून भेगा रुंदावतात. या क्रियेमुळे खडक फुटतात व अपक्षय घडून येते. वनस्पतींच्या मुळाशी असणारे पाणी काही अंशी आम्लधर्मी असल्याने अशा पाण्याजवळील खडक रासायनिक खडक अपक्षयास बळी पडतात. वनस्पती आपले अन्न तयार करताना अनेक रसायने निर्माण करित असतात. याचा परिणाम खडकावर होऊन खडकांचे विखंडन होते किंवा खडकांचे काही भाग विरघळतात. वनस्पतींमुळे जमिनीतील ओलावा टिकून राहतो व पाण्याचा खडकांशी जास्त काळ संबंध आल्याने अपक्षय क्रियेस मदतच होते.



आकृती २.२७: जैविक विदारण

उंदीर, घुशी, खेकडे, गोगलगायी, मुंग्या यांसारखे प्राणी व काही जीवजंतू जमीन पोखरून बिळे तयार करतात. या क्रियेतही अपक्षय होते. काही प्राण्यांचे मूत्र अतिशय तीव्र असते व असे मूत्र खडकांवर पडून खडकाचे रासायनिक विदारण होते.

वनस्पती व प्राण्यांच्या विनासानंतर त्यांचे अवशिष्ट भाग मृदेत मिसळतात व ते कुजतात. यामुळे देखील खडकांच्या अपक्षयाला मदतच होते.

वाढत्या लोकसंख्येमुळे व औद्योगिकीकरणामुळे मोठ्या प्रमाणात कारखान्यातून औद्योगिक जल व रसायने भूमीवर व पाण्यात मिसळत असल्याने रासायनिक अपक्षयाची क्रिया वेगाने होत आहे.

१) **विदारणाचे परिणाम** : विदारणावरती विविध स्वरूपाचे भौगोलिक रासायनिक घटक परिणाम करतात. या घटकाला अनुसरून विदारणाच्या वेगवेगळ्या प्रक्रिया घडत असतात. प्रदेशानुसार घटकामध्ये भिन्नता असल्याने विदारणामध्येही विविधता आढळून येते. पुढील काही घटकांचा विदारणावर परिणाम होतो.

- १) भूरचना - पर्वत, पठार, मैदान
- २) जमिनीचा उतार
- ३) खडकाचा प्रकार, रचना
- ४) हवामान - तापमान, पर्जन्य, आर्द्रता, वायू
- ५) खडकामधील खनिज द्रव्ये
- ६) वनस्पतीचे आच्छादन
- ७) बाह्यकारके - नदी, हिमनदी, वारा, सागरी लाटा
- ८) मानवी क्रिया - स्फोट

विदारणाचे परिणाम :

- अ) भूपृष्ठरचनेमध्ये बदल - भूमिस्वरूपामध्ये बदल
- ब) अपक्षयक्रियेमध्ये विदारण उपयुक्त
- क) खनिज निर्मितीसाठी
- ड) जमिनीच्या निर्मितीसाठी विदारण उपयुक्त
- इ) विदारणामुळे विविध स्वरूपाच्या भूरूपाची निर्मिती

२) **वहन** : बहिर्गत शक्तीच्या कार्यामध्ये खनन व संचयनाइतकेच महत्व वहन क्रियेला आहे. या प्रक्रियेमध्ये कोणतेही भुरूप निर्माण होत नाही. मात्र भूमिस्वरूपाच्या निर्मितीसाठी ही प्रक्रिया मदत करते. विदारणामध्ये निर्माण झालेले पदार्थ बाह्यकारकाकडून एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी वाहून नेले जातात. ही प्रक्रिया वहन-म्हणून ओळखली जाते. नदी, हिमनदी, वारा, सागरी लाटा, या बाह्यकारकांच्या वहन क्रियेमुळे पदार्थ एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी वाहून नेले जातात. त्यामुळे विदारणासाठी इथला भाग परत उघडा पडतो. हे पदार्थ वाहत जाताना मार्गातील भूपृष्ठावरती घासले जातात. त्यामुळे खनन कार्याला आणखी मदत होते. प्रक्रिया प्रामुख्याने प्रदेशाचा उतार, बाह्यकारकाची गती, वाहत जाणाऱ्या पदार्थाचे प्रमाण व स्वरूप, प्रदेशाची रचना, मार्गात येणारे अडथळे यावरती अवलंबून असते.

३) **संचयन** : बाह्यकारकाच्या त्रिमिती कार्यामधील हे अंतिम कार्य विधायक स्वरूपाचे असते. विदारित झालेले पदार्थ वहन कार्य सखल भागाकडे वाहून नेले जातात. तेथे त्यांचे सातत्याने संचलन होत जाते. त्यामुळे विविध स्वरूपाची भूरूपे निर्माण होऊन भूकवचामध्ये बदल घडून येतो. संचायनाचे कार्य प्रामुख्याने प्रदेशाची रचना, मार्गात येणारे अडथळे, वाहत जाणाऱ्या पदार्थाचे प्रमाण, स्वरूप, यावरती अवलंबून असते.

वातावरणातून कार्य करणारी बाह्यकारके भूपृष्ठावरती खनन, वहन, संचयन या त्रिविध स्वरूपाचे कार्य करून विशिष्ट टप्प्यामधून भूकवचामध्ये निर्माण झालेली विषमता नष्ट करण्याचे कार्य करतात. वेगवेगळ्या व्यवस्थेमधूनही कार्य करताना भूकवचात मोठ्या प्रमाणात बदल होतो. त्यामधून अनेक भूमि स्वरूपाची निर्मिती होते. मात्र हा बदल होण्यासाठी, भूरूपे निर्माण होण्यासाठी दीर्घ कालावधी लागतो. अंतर्गत हालचाली मधून उंचावलेले प्रदेश या बाह्यकारकाच्या त्रिमित कार्यामध्यन परत मूळच्या पातळीला आणण्याचे कार्य या कारकाकडून होते. त्यालाच अपक्षय चक्र म्हटले जाते.

तुमची प्रगती तपासा :

प्रश्न १. खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

- १) विदारणाच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.
- २) विस्तृत झीजेच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.
- ३) सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने क्वचित विदारणाच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.
- ४) रासायनिक विदारणाच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.

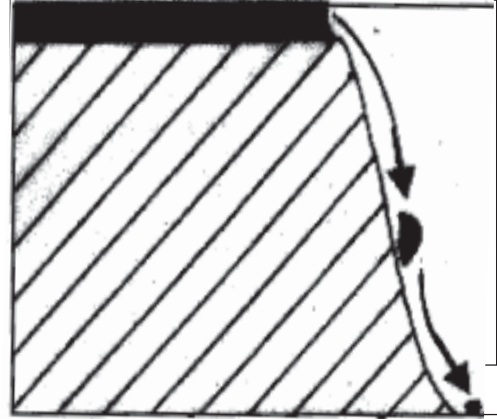
प्रश्न २. टीपा लिहा.

- १) कणीय विदारण
- २) जैविक विदारण
- ३) रासायनिक विदारण
- ४) कार्बोनेशन व ऑक्सीडेशन
- ५) दरड कोसळणे.

२.५ विस्तृत झीज

झीज वहनाने किंवा संचयाने उपलब्ध झालेली माती, खडकांचा भुगा, लहान तुकडे इ. पदार्थांचे उतारानुसार होत असलेल्या घसरणीस विस्तृत झीज म्हणतात. वाहते पाणी, वारा, हिमनदी इ. मुळे पदार्थांचे वहन होत असेल तर त्याचा समावेश मात्र विस्तृत झीज या संकल्पनेत केला जात नाही. तथापि स्तर धुलाईचा समावेश विस्तृत झीज या संकल्पनेत केला जात नाही.

तथापि स्तर धुलाईचा समावेश विस्तृत झीजेत होतो. विस्तृत झीज व स्तर धुलाई यामुळे धुलाई यामुळे भूमीच उंची घटते तसेच प्रदेशाचा आकार बदलतो. जलप्रवाहाच्या क्षरण कार्याचा प्रभाव एकूण भूपृष्ठाच्या फार कमी क्षेत्रावर होत असतो. परंतु जलप्रवाहाच्या दरम्यानाच भूभाग सावकाश परंतु अखंडपणे कोरला जात



आकृती २.२८

असतो. भूपृष्ठाचा आकार प्राप्त करून देणाऱ्या विविध प्रक्रियांमध्ये विस्तृत झीज व स्तर धुलाईचे कार्य लक्षणीय असते. विदारण व झीज यांच्या दरम्यानची विस्तृत झीज ही संक्रमण प्रक्रिया आहे. अर्थात अपक्षय व क्षरण या प्रक्रियांचा घटकांच्या एकत्रित प्रभावामुळे विस्तृत झीज होते.

उतार निर्मिती कारणीभूत प्रमुख प्रक्रियांचे दोन गट आहे. १) अपक्षय व २) पृष्ठीय वहन. अपक्षयामुळे खडकाचे तुकडे किंवा भूगा उतारावरती पडलेला असतो. तो उताराला अनुसरून त्याचे गुरुत्वाकर्षण प्रेरणेमुळे कठीण अशा खडक तळावर विस्कळीत अशा डबराचे आच्छादन असते. अशा डबराचे व मृदेचे वहन किंवा हालचाल उताराखाली होत असते. हे वेगवेगळ्या प्रक्रियेतून घडते. त्यातील प्रक्रिया सावकाश पण सतत सुरु असतात. तर काही प्रक्रिया व्यापक व विस्तृत असतात. त्यांचे वर्ग किंवा गट केले जातात.

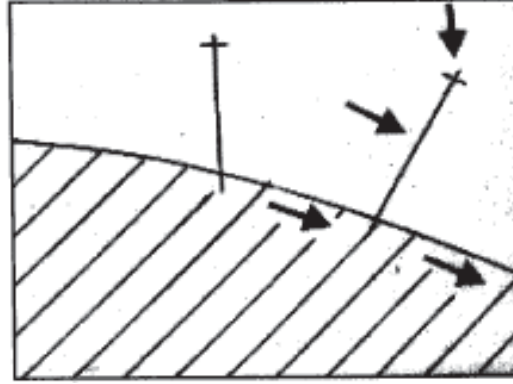
- १) पृष्ठीय विस्तृत झीज खोल विस्तृत झीजेचा परिणाम मूळ खडक पृष्ठावर होतो.
- २) विस्तृत पदार्थाची हालचाल किंवा द्रव्यांची हालचार - यास ढीगचलन असे म्हणणे उचित राहिल यास राशी हालचाल ही म्हणता येईल. अनेकदा पदार्थ अवशेष किंवा द्रव्ये अपशेष या संकल्पनेची अंतर्प्रवर्तनीय संज्ञा म्हणून उपयोगात आणली जाते. काही तज्ञांच्या मते मोठ्या वस्तूंच्या ढिगांच्या हालचालीस द्रव हालचाली ही संज्ञा वापरली जाते.

द्रव्य हालचालींचे वर्गीकरण :

भूउतारावरून खडक पदार्थांच्या चलनाचे दोन प्रमुख गट डबरात असलेल्या पाण्याच्या प्रमाणावरून पाडले जातात. ते म्हणजे प्रवाहीत हालचाल भूमी घसरण होय.

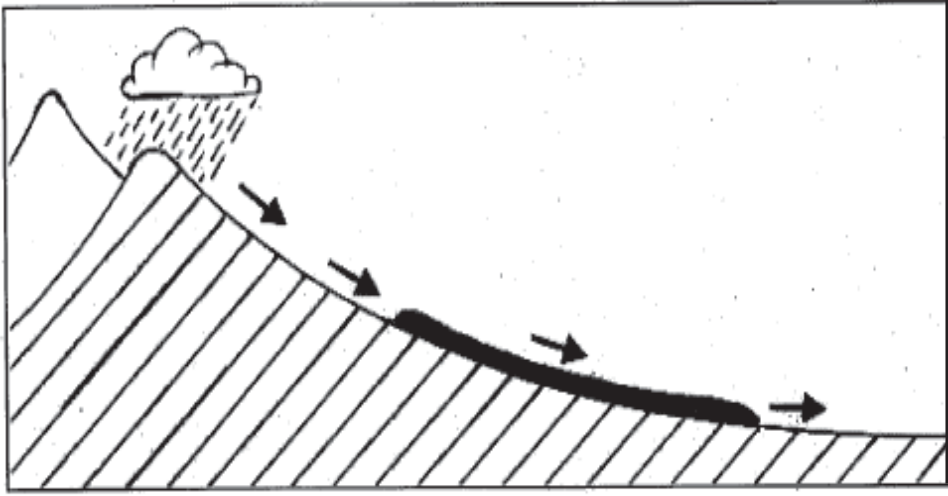
- १) **प्रवाहीत हालचाल** : डबरामध्ये पाणी असल्यास पाण्याबरोबर डबर खाली वाहू लागतो. जर पाण्याचे प्रमाण कमी असेल तर डबराची हालचाल कमी होते आणि पाण्याचे प्रमाण जास्त असेल तर डबराची हालचाल जलद होते. यावरून पुन्हा दोन उपप्रकार पाडले जातात ते म्हणजे मंद प्रवाह हालचाल व शिघ्र प्रवाह हालचाल होय.

- अ) **मंद प्रवाह हालचार** : यात मृदा सरपटण, डबर सरपटण, हिमानी खडकांचे सरपटण इत्यादींचा समावेश होतो. त्यात मृदा सरपटण (Soil Creep) जास्त महत्वाचे असते. मृदेच्या द्रव्याची मंदगतीने हालचाल उताराला अनुसरून प्रक्रिया उष्ण व समशितोष्ण हवामान प्रदेशात आढळते. मृदा सरपटणाच्या प्रभावामुळेच अनेकदा टेलिफोनचे खांब, झाडे उताराकडे झुकलेले आढळतात. मृदा सरपटण हे अनेक प्रक्रियांच्या एकत्रित प्रभावामुळे घडून येत असते. सुक्ष्मकण उताराला अनुसरून वहातात. पावसाचे थेंब किंवा पर्जन्यधुलाई यामुळे सुक्ष्म कण हलविले जातात. खडक तापल्यामुळे किंवा अनेकदा खडक गोठल्यामुळे सुद्धा खडकांच्या ढिगांचे तुकडे होतात. त्याची मृदा सरपटण्यास मदत होते.



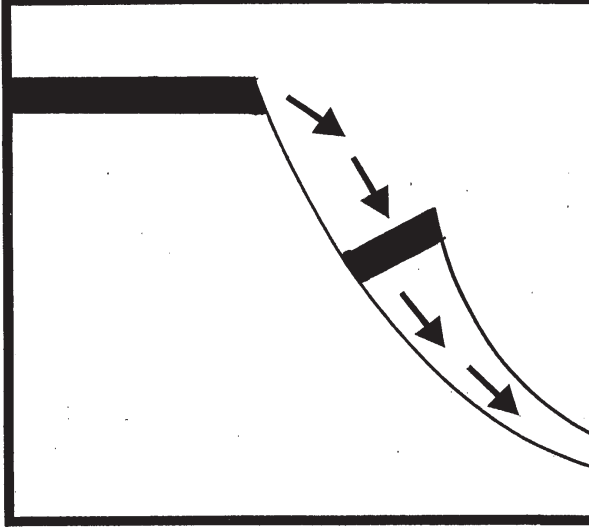
आकृती २.२९ - भूमी घसरण

- ब) **शिघ्र प्रवाह हालचाल** : खडक भूभागाच्या डबरामध्ये पाण्याचे प्रमाण जास्त असल्यास शीघ्र हालचाल होते. माती प्रवाह व चिखल प्रवाह (Mud Flow) हे याची प्रमुख उदाहरणे होत. दोन्ही प्रकारामध्ये ओल्या डबराची हालचाल आढळून येते. चिखल प्रवाह तीव्र उतार असलेल्या व वेगळ्या वनस्पती असलेल्या अनुकूल परिस्थिती आढळून येतो. निमशुष्क व शुष्क प्रदेशातील पर्वतावर चिखल प्रवाहास अनुकूल परिस्थिती आढळून येते. कारण या भागात नैसर्गिक वनस्पतींचा अभाव असतो तसेच अल्पकालावधीसाठी अति पर्जन्य होत असतो. तीव्र उतार असलेल्या दमट हवामान प्रदेशात जलसंपृक्त माती किंवा तळखडक उताराला अनुसरून खाली घसरतो त्यास माती प्रवाह म्हणतात. पर्वतीय प्रदेश जलप्रवाहातून खोल भागाकडे गाळ वाहतो त्यास चिखल प्रवाह म्हणतात.



आकृती २.३०: शिघ्र प्रवाह हालचाल

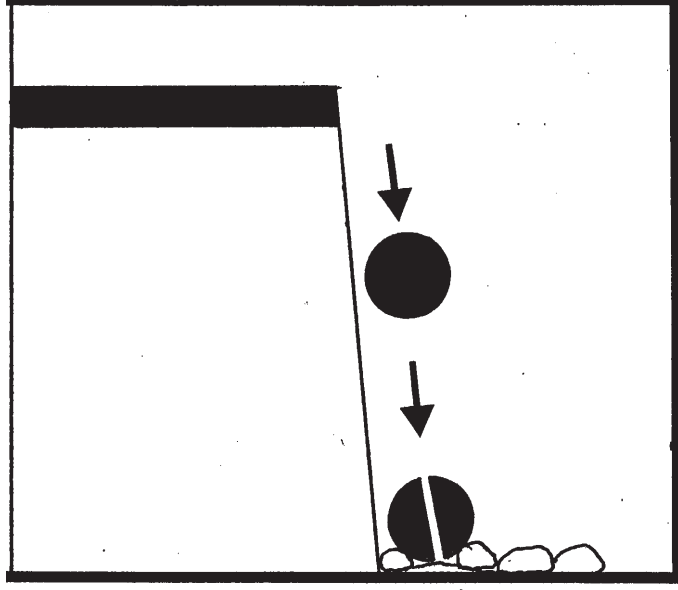
२) **घसरण किंवा भूमी घसरण हालचाल** : माती, डबर व खडक याची राशी गुरुत्वाकर्षणामुळे तीव्र उतारावरून खाली पडण्याची, घसरण्याची अथवा वाहत जाण्याची क्रिया म्हणजे भूमीपात होय. ही राशी १ धन मी. पासून १ अब्ज घन मीटर पर्यंत असू शकते. भरपूर पाऊस, भूकंप यामुळे भूमीपात अधिक होतात. भूमीपाताचे भू-कोसळ (Land Slide) भूसर्पण असे प्रकार केले जातात.



आकृती २.३१ : भूमी घसरण

भूपृष्ठ कोसळणे :

खडक व माती यांची राशी हवेतून मुक्तपणे पडण्याच्या क्रियेस भूहकोसळ म्हणतात. नदी, सागरी लाटा यांच्या कार्यामुळे कपे निर्माण होतात. ते अधांतरी दिसतात. कालांतराने कडे कोसळतात. अपक्षयामुळे दुभंगलेले उंच कड्यांचे भाग किंवा दरडी खाली कोसळतात.



आकृती २.३२: भू-कोसळ

भूसर्पण :

खडकांची राशी अंतर्गोल अथवा सपाट पृष्ठावरून घसरते या क्रियेस भूसर्पण म्हणतात. काही वेळा लक्षावधी घन चौ.मी. खडक राशी घसरतात. जगातील सर्वात अधिक विध्वंसक भूमिपात म्हणून या भूसर्पणास ओळखले जाते.

भूप्रवहन :

मृदा व भूसभूशीत ओलसर झालेले खडक प्रवाहाप्रमाणे घसरतात त्यांना भूप्रवहन असे म्हणतात.

संमीश्र भूमिपात :

वरीलपैकी दोन्ही किंवा तिन्ही प्रकाराने भूमिपात होतो. त्यांना संमीश्र भूमिपात म्हणतात. शुष्क घसरण प्रक्रियेत प्रामुख्याने कोरड्या पदार्थांची खाली शीघ्र हालचाल आढळून येते. भूमिपाताचे पदार्थनुसार प्रकार केले जातात. खडक घसरण, डबर घसरण आणि भूमी घसरण असे विविध प्रकार पडतात. त्यात भूमी घसरण महत्त्वाची मानली जाते. भूमी घसरणामध्ये एखादा विशाल खडक व डबर त्याखाली असलेल्या खडकापासून अलग होतो आणि उताराला अनुसरून शीघ्रपणे खाली घसरायला लागतो.

भूमी घसरण्याची कारणे :

जमीन किंवा माती घसरण्याची विविध कारणे आहेत. त्यातील प्रमुख कारणे पुढीलप्रमाणे होत.

अ) **खडकाची रचना** : काही खडकांचे थर हे विस्कळीत झालेले असतात. आणि अस्थिर असतात. विशेषतः स्थिरित खडकात अशी परीस्थिती आढळून येते. अशी संरचना असलेला खडक भूमी घसरण्यास कारणीभूत ठरतो.

ब) **तीव्र उतार** : जमीन किंवा माती घसरण्यासाठी एखादा कडा असणे किंवा जमिनीला तीव्र उतार असणे आवश्यक आहे असे असल्यास भूमी घसरण सुरू होते.

क) **जलस्थिती** : तीव्र उतारावर सुक्ष्म पाण्याचे अल्प अस्तित्व सुद्धा डबर किंवा भूमी घसरणास पुरेसे असते. पाणी पृष्ठावर किंवा उतार पृष्ठावर जमा झाल्या भूमी घसरणास कारणीभूत ठरते. थंड प्रदेशात खडकातील भेगामध्ये गेलेले पाणी गोठते, जेव्हा हे गोठलेले पाणी वितळते तेव्हा भूमी घसरण्यास त्याची मदत होते.

ड) **अति पर्जन्य** : ज्या ठिकाणी अति पर्जन्य असते. अशा भागामध्ये भूमी घसरणाचे प्रमाण अधिक असते. विशेषतः ज्या ठिकाणी वृक्षतोड झालेली असते. आणि पाऊस जास्त असतो अशी वादळी वृष्टी असलेले हवामान भूमी घसरणास अनुकूल असते.

२.६ प्रश्न संदर्भ सूची

प्रश्न १ खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

- १) विदारणाच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.
- २) विस्तृत झीजेच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.
- ३) सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने कचिक विदारणाच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.
- ४) रासायनिक विदारणाच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.

प्रश्न २. टीपा लिहा.

- १) कणीय विदारण
- २) जैविक विदारण
- ३) रासायनिक विदारण
- ४) कार्बोनेशन व ऑक्सीडेशन
- ५) दरड कोसळणे.



घटक - ३

खडक आणि खनिजे

घटक संरचना :

- २.० उद्दिष्टे
- २.१ प्रस्तावना
- २.२ खडक व खनिजे
 - खडक चक्र
 - खडकांचे वर्गीकरण
- २.३ वळ्या आणि भ्रंश-त्यांचे प्रकार
- २.४ विदारण व विदारणाचे प्रकार
- २.५ विस्तृत झीज
- २.६ प्रश्न संदर्भ सूची

२.० उद्दिष्टे

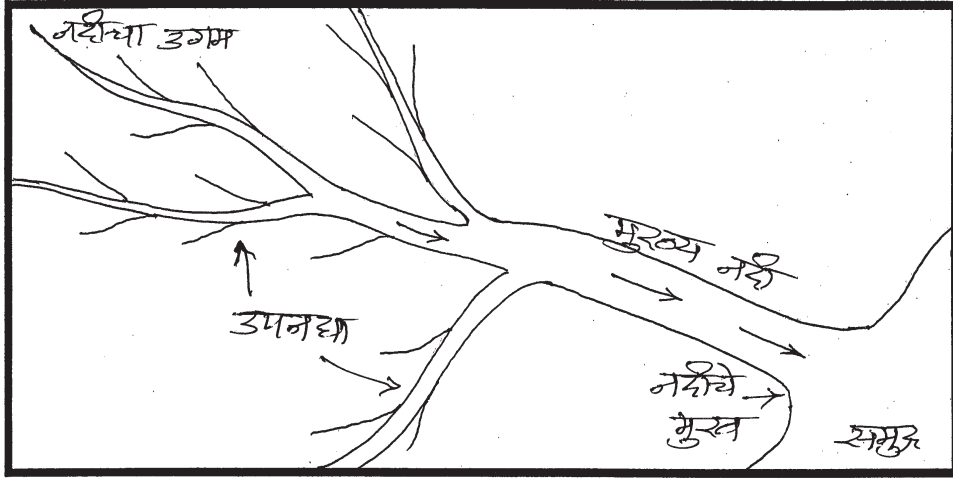
- भूकवचावरील घटकांची खडक व खनिजांची तोंड ओळख
- खडकांच्या निर्मितीची प्रक्रिया समजून घेणे.
- खडकांच्या प्रकारांची माहिती घेणे
- वळ्यांच्या विविध प्रकारांची माहिती घेणे
- भ्रंशांचे विविध प्रकारांची माहिती घेणे
- विदारण प्रक्रिया व विदारणांचे प्रकार समजून घेणे
- विस्तृत झीजेची संकल्पना व तिचे प्रकार समजून घेणे

२.१ प्रस्तावना

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर, भूकवचावर अनेक प्रकारचे खडक व खनिजे आढळतात. यांचे वेगवेगळे प्रकार कोणते व त्यामधील घटक काय? खडकांची निर्मिती कशी होते याबद्दलची माहिती या प्रकरणात आपल्याला मिळेल.

पृथ्वीच्या अंतर्गत हालचालीचे परिणाम भूपृष्ठावरही होतात. काही परिमाण 'भूकंप' व 'ज्वालामुखी' सारखे तीव्र असतात तर भूपृष्ठाच्या मंद हालचालीमुळे भूपृष्ठाला वळ्या पडतात. पर्वतांची निर्मिती होते. उदा. हिमालय. काही ठिकाणी भ्रंश निर्माण होतो. जमीन खचते व विविध भूरूपे तयार होतात.

त्यालाच आपण भूमिगत पाणी या नावाने संबोधतो. काही पाणी हे वाहत असतानाच वातावरणातील उष्णतेमुळे त्याचे बाष्पीभवन होते व ते परत बाष्परूपाने पुन्हा वातावरणामध्ये फेकले जाते. जे पाणी उताराच्या दिशेला अनुसरून प्रवाह रूपाने वाहू लागते त्यालाच भूपृष्ठावरून वाहणारे पाणी असे म्हटले जाते. सुरुवातीला जो एक लहानसा जलप्रवाह असतो तो हळूहळू भूपृष्ठाची झीज घडवून आणतो. या प्रवाहाच्याद्वारे उभे आणि आडवे (प्रवाहाला लंबरूप) असे दोन्ही प्रकारचे खननाचे कार्य घडून येते. त्याचा परिणाम म्हणून तो जलप्रवाह हा अधिकाधिक खोल जातो व पार्श्ववर्ती खनन किंवा घर्षण घडून येते. त्यामुळे तो जलप्रवाह अधिकाधिक रुंद होत जातो. या स्वरूपाची प्रक्रिया ही सातत्याने सुरू राहिल्यानंतर त्या लहानशा जलप्रवाहाला एखाद्या नदीचे स्वरूप प्राप्त होते आणि ही नदी आपल्या खोऱ्याचा हळूहळू विकास करू लागते. ही नदी वाहत जाताना वाटेत त्या नदीला इतर प्रदेशामधून वाहात येणाऱ्या अनेक उपनद्या येऊन मिळतात आणि याचा परिणाम म्हणून त्या प्रदेशामध्ये हळूहळू प्रवाह प्रणाली विकसित होते.



आकृती ३.२ : नदीचा प्रवाह

३.२ नदीचे कार्यद्वखननहवहन व संचयन

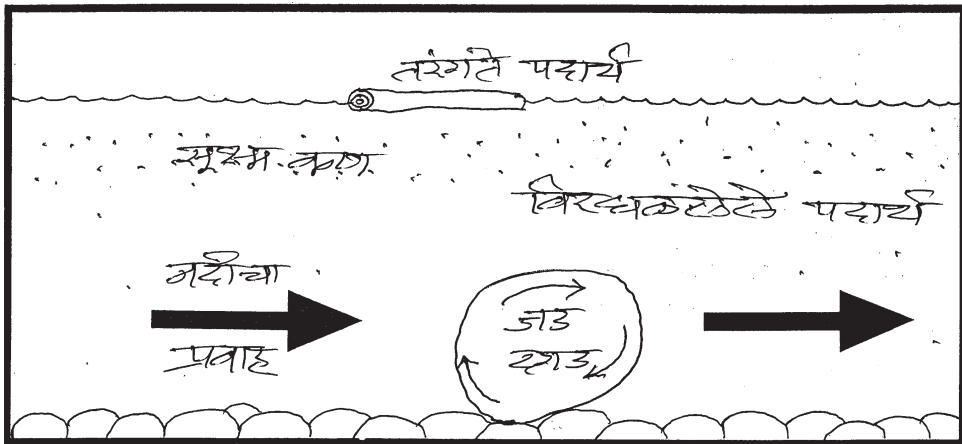
नदीचे कार्य (Work of River) बहिर्गत शक्तीच्या कारकांपैकी नदी हा एक अतिशय प्रभावी कारक समजला जातो. नदीच्या द्वारे प्रत्यक्ष भूपृष्ठावर जे कार्य घडून येते ते कार्य त्रिविध स्वरूपाचे (Three fold work) असते ते खालीलप्रमाणे आहे. (१) खनन/घर्षण/अपक्षय/झीज(Erosion)(२) वहनाचे कार्य(Transportation) (३) संचयन/निक्षेप(Deposition)

हे तीनही प्रकारचे कार्य पूर्णपणे स्वतंत्र स्वरूपाचे असत नाही, तर ते परस्परावर अवलंबून असते याचाच अर्थ असा की ज्या नदीची वहन करण्याची क्षमता मोठी असते तीच नदी खनन कार्य सुध्दा मोठ्या प्रमाणावर करू शकते आणि अशाच प्रकारच्या नदीच्याद्वारे संचयन कार्य सुध्दा मोठ्या प्रमाणात घडून येते.

नदीच्या प्रवाहाबरोबर एकूण तीन प्रकारचे पदार्थ वाहत जात असतात. त्यामध्ये खडकांचे तुकडे, वाळू, बारीक रेती, वनस्पती व प्राण्याचे अवशिष्ट भाग यातील जे वजनाने जड पदार्थ असतात ते नदीच्या तळभागाला घर्षण करून पुढे-पुढे वाहत जातात. या उलट कॅल्शियम कार्बोनेटसारखे क्षार पदार्थ नदीच्या पाण्यामध्ये विरघळून प्रवाहाबरोबर पुढे पुढे वाहत जातात या तीन प्रकारच्या पदार्थांना अनुक्रमे (१) धन पदार्थ(Solid Material), (२) तरंगते पदार्थ (Flowing Material) (३) विरघळलेले पदार्थ (Dissolved Material) असे म्हटले जाते. या सर्व पदार्थांचा मिळून जो एक प्रकारचा गाळ निर्माण होतो, त्याला (Alluvium) नदीचा गाळ असे म्हटले जाते. नदी प्रवाहाची वहन करण्याची क्षमता ही प्रामुख्याने प्रमुख दोन घटकांवर अवलंबून असते ते घटक खालील प्रमाणे असतात.

नदी प्रवाहाच्या द्वारे जे खनन अपक्षय, घर्षण कार्य घडून येते ते एकूण दोन प्रकारचे असते.

- (i) **रासायनिक खनन (Chemical Erosion):** नदीचा प्रवाह वाहत असताना त्या पाण्यामध्ये वातावरणातील विविध वायुरूप पदार्थ मिसळलेले असतात त्यांची रासायनिक प्रक्रिया ही नदीच्या प्रवाह मार्गातील खडकांच्यावर घडून येते. त्यामुळे खडकांचे रासायनिक विदारण होऊन खडक/खनिजे विरघळतात.
- (ii) **यांत्रिक खनन(Mechanical Erosion):** नदीचा प्रवाह वाहत असताना वाहत्या पाण्याचा आघात हा प्रवाह मार्गातील खडकांच्यावर होतो व या आघाताचा परिणाम म्हणून भूपृष्ठावरील खडकांची मोडतोड होते आणि नदीला प्राप्त झालेले पदार्थ/घटक वाहत्या पाण्याबरोबर वाहून नेले जातात यालाच यांत्रिक खनन असे म्हटले जाते. खनन कार्यामध्ये जे विविध पदार्थ नदीप्रवाहाला प्राप्त होतात त्यालाच (Alluvium) नदीचा गाळ असे म्हटले जाते. त्यापैकी अधिकांश पदार्थ खननानेच प्राप्त होतात आणि म्हणून नदीच्या द्वारे जी भुरूप निर्मिती होते त्यामध्ये रासायनिक खननापेक्षा यांत्रिक खनन हेच महत्त्वाचे असते हे खनन दोन प्रकारचे होत असते.



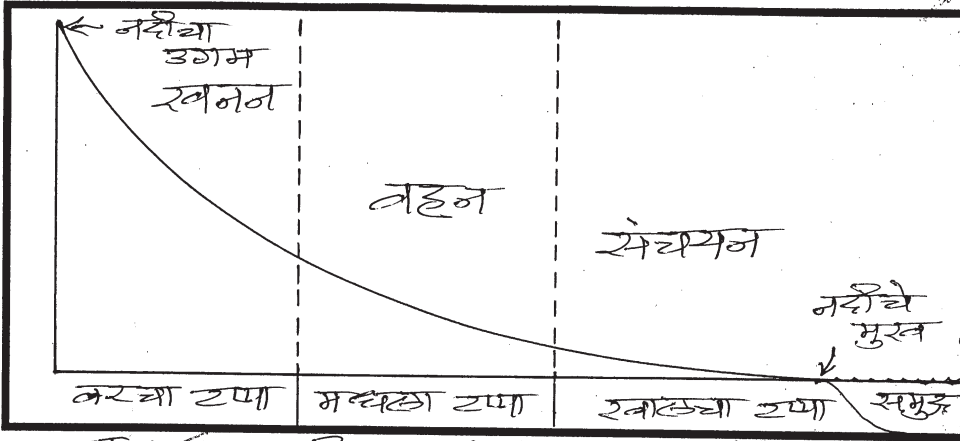
आकृती ३.३ नदीच्या प्रवाहातील वहन

(अ) **लंबवर्ती किंवा उभे खनन (Vertical Erosion):** नदीच्या पात्रातील पाण्याचा आघात हा नदीच्या तळभागातील खडकांवर घडून येऊन नदीचे पात्र हे हळूहळू-हळू खोल होत जाते यालाच लंबवर्ती किंवा उभे खनन असे म्हटले जाते.

(ब) **पार्श्ववर्ती किंवा आडवे खनन (Lateral Erosion):** नदीच्या प्रवाहातील पाण्याचा प्रवाह हा नदीच्या दोन्ही तीरावरील प्रदेशात खनन होऊन नदीचे पात्र हे हळू-हळू रुंद बनत जाते यालाच पार्श्ववर्ती किंवा आडवे खनन असे म्हटले जाते.

नदी प्रवाहाचा वेग कमी झाल्यानंतर त्या नदीची वहन करण्याची क्षमताही कमी होत जाते आणि त्याचा परिणाम म्हणून नदी प्रवाहाबरोबर वाहून आलेल्या गाळाचे संचयन घडून येते व त्या संचयनापासून काही भूरूपांची निर्मिती होते. आकृती मध्ये नदी प्रवाहाचे टप्पे कसे असतात ते दाखवलेले आहेत.

नदी प्रवाहाचे टप्पे व नदीचे कार्य (१) नदी प्रवाहाचा वरचा टप्पा (Upper course) (२) नदी प्रवाहाचा मधला टप्पा (Middle course) (३) नदी प्रवाहाचा खालचा टप्पा (Lower course)



आकृती ३.४ : नदी प्रवाहाचे टप्पे व नदीचे कार्य

सर्व सामान्यपणे नदीचा उगम हा उंच अशा पर्वतीय प्रदेशामध्ये होतो आणि या उगमस्थानापासून नदी ज्या ठिकाणी महासागराला येऊन मिळते त्या नदी मुखपर्यंत जो संपूर्ण नदी प्रवाह असतो त्यालाच असे म्हटले जाते. या प्रत्येक भागामध्ये नदीचे कार्य भिन्न-भिन्न स्वरूपाचे असलेले दिसून येते.

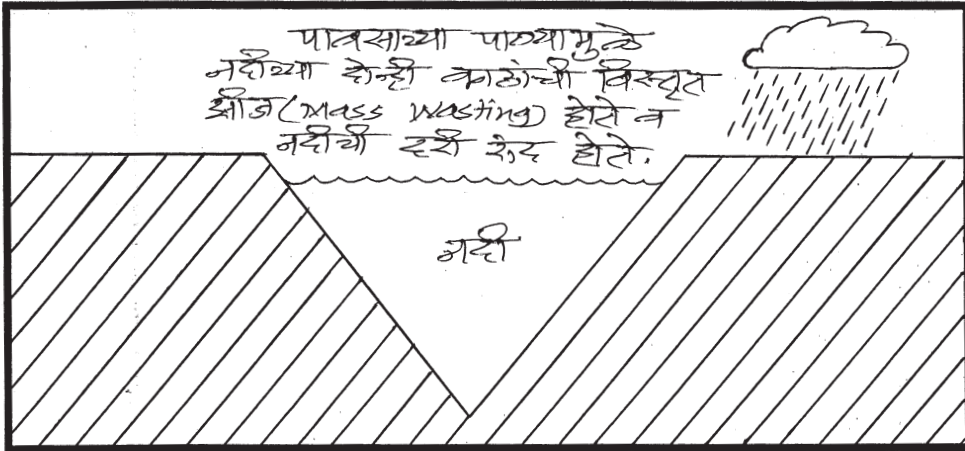
३.३ नदीच्या वरच्या टप्पातील खननाची भूरूपे

(१) नदी प्रवाहाचा वरचा टप्पा (Upper course):

नदीचा उगम पर्वतीय प्रदेशामध्ये झाल्यानंतर उगमस्थानापासून ते पर्वतीय प्रदेश संपेपर्यंत जो नदीचा प्रवाह मार्ग असतो त्याचा समावेश हा नदीप्रवाहाच्या पहिल्या टप्प्यामध्ये केला जातो. या विभागात प्रदेशाचा उतार हा अतिशय तीव्र स्वरूपाचा

असल्याकारणाने नदी प्रवाह अतिशय जलद गतीने वाहत असतो. शिवाय या विभागात नदीला येऊन मिळणाऱ्या उपनद्यांची संख्याही अतिशय कमी असते. पाण्याच्या प्रवाहाचा वेग हा मात्र जास्त असतो. त्यामुळे नदी प्रवाहाची वहन शक्ती ही अधिक असते. याचा परिणाम म्हणून या टप्प्यात नदीच्या प्रवाहाबरोबर मोठे-मोठे खडकांचे तुकडे, वनस्पती आणि प्राणी यांचे अवशिष्ट भाग या सारख्या जड पदार्थांचेही वहन सहजरितीने घडून येते. वहन शक्ती प्रचंड असल्याने नदी प्रवाहाच्या द्वारे विध्वंसक कार्य (Destructive work) हेच मोठ्या प्रमाणावर घडून येते आणि रचनात्मक कार्य (Constructive work) मात्र घडून येत नाही. त्यामुळे नदीप्रवाहाच्या या टप्प्यात पुढील भूरूपांची निर्मिती होते.

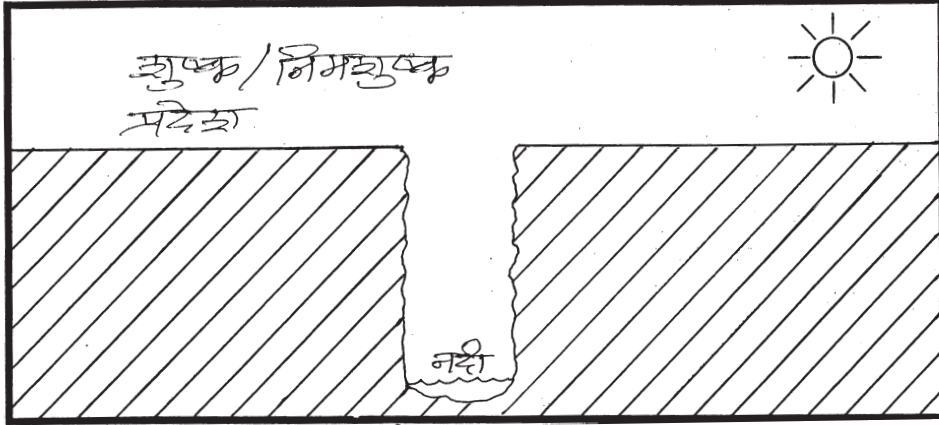
(i) **V आकाराची दरी (V Shaped Valley):** नदी प्रवाहाच्या वरच्या टप्प्यामध्ये नदीचा प्रवाह मार्ग जर मृदू खडकांनी युक्त असेल तर नदी प्रवाहाच्या लंबवर्ती व उभ्या खननाचा परिणाम म्हणून नदीला आकृतीमध्ये दर्शविल्याप्रमाणे अरुंद आकार प्राप्त होतो त्याला V आकाराची दरी असे म्हणतात. या दरीचा आकार इंग्रजीतील V आकारासारखा असतो. या दरीची खोली रुंदीपेक्षा कमी असते. उदा. विशालगडजवळ मचकुंदी नदीची दरी व खंडाळ्याजवळील उल्हास नदीची दरी साधारतः जास्त पावसाच्या प्रदेशात नदीची V आकाराची नदी आढळते.



आकृती ३.५ : V आकाराची दरी

(२) **घळई (River Gorge):** नदीच्या प्रवाहमार्गात कठीण खडक आल्यास नदीच्या काठापेक्षा तळभागाची झीज अधिक होते. उभे खनन मोठ्या प्रमाणावर होते.

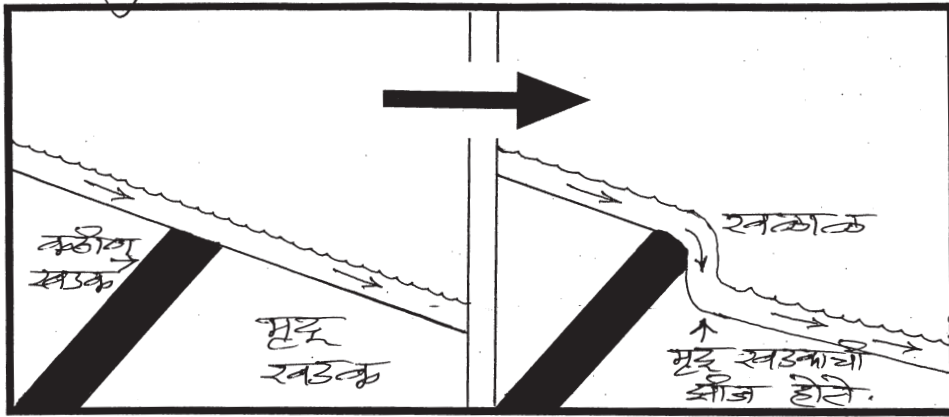
नदीचा प्रवाह मार्ग जर कठीण खडकांनी बनलेला असेल तर नदीची घळई हा भूआकार प्राप्त होतो. उदा. संयुक्त संस्थाना मधील कोलोरेडो नदी ज्या प्रदेशातून वाहते त्या ठिकाणी नदीने उभ्या स्वरूपाचे खनन कार्य करून एक प्रचंड स्वरूपाची घळई निर्माण केलेली आहे, त्यालाच “Grand Canyon” असे म्हटले जाते. घळईचे उतार तीव्र असतात. उदा. सिंधू, सतलज, नर्मदा आणि ब्रह्मपुत्रा नदीने घळई तयार केल्या आहेत.



आकृती ३.६ : घळई

(३) **एकमेकांत गुंतलेले डोंगराचे बाहू (Interlocking Spurs):** नदी उंचावरील डोंगराळ प्रदेशात उगम पावते. सुरुवातीला-नदीच्या उगमाजवळील प्रदेशात नदीच्या पात्रातील पाण्याचे प्रमाण कमी असते. वाटेत आलेल्या डोंगराच्या बाहूंना (Spurs) वळसा घालून ती पुढे सरकते. यामुळे तिचा प्रवाह वळणा-वळणाचा होतो व डोंगराचे बाहू एकमेकांमध्ये गुंतल्यासारखे दिसतात.

(४) **खळाळ (Rapids):** नदीच्या तटावर कठीण व मृदू खडक असल्यास नदीच्या प्रवाहामुळे मृदू खडकांची कठीण खडकांपेक्षा जास्त झीज होते. त्यामुळे नदीच्या मार्गात तीव्र उतार तयार होतो. त्यावरून नदीचे पाणी अधिक वेगाने-खळखळत वाहते यामुळे त्यास खळाळ (Rapids) असे संबोधले जाते.

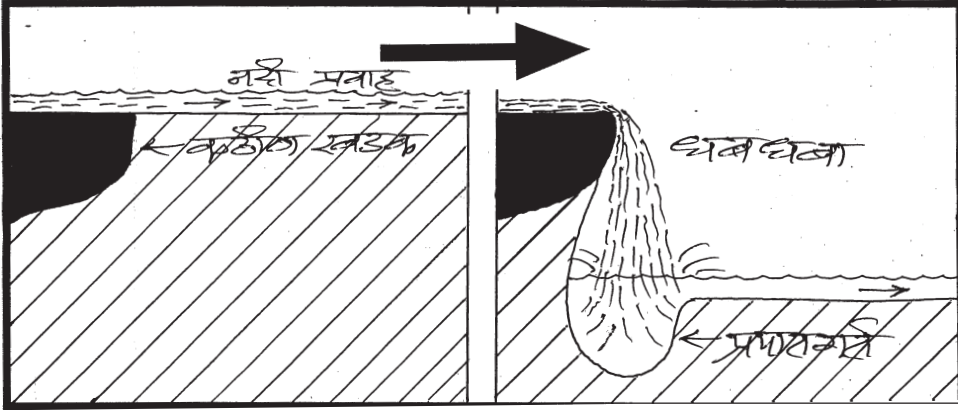


आकृती ३.७ : खळाळ

(५) **जलप्रपात (Water Falls):** जलप्रपातांची निर्मिती नदीप्रवाहाच्या वरच्या

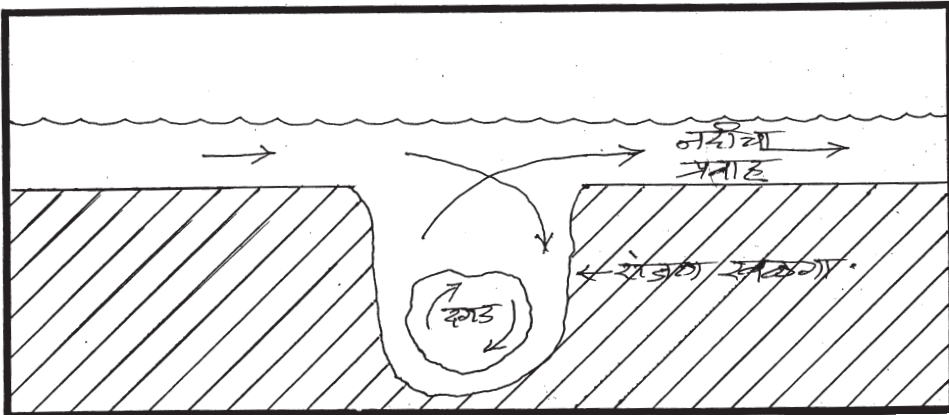
टप्प्यामध्ये प्रवाहाच्या द्वारे जे असमान खनन कार्य घडून येते त्याचा परिणाम म्हणून घडून येते. जर नदीचा प्रवाह मार्ग एकाच प्रकारच्या आणि एकच प्रकारच्या आणि एकच घनता असणाऱ्या खडकांनी बनलेला असेल तर त्यावेळी नदीचे खनन कार्य समान स्वरूपामध्ये घडून येईल. नदीप्रवाहाचा उतार सुध्दा समान राहिल आणि अशा वेळी जलप्रपात निर्माण होणार नाहीत. परंतु नदीचा प्रवाह कठीण आणि मृदू खडकांचा असेल तर

मात्र नदी प्रवाहाच्या द्वारे असमान खनन घडून येईल. मृदू खडकांची झीज अधिक प्रमाणात होईल. तर कठिण खडकांची झीज कमी प्रमाणात होईल. कठिण खडकांचे भाग नदी प्रवाहाला अडथळा निर्माण करतील त्यामुळे नदीप्रवाहातील पाणी कठिण खडकाच्या भागावरून जलप्रपाताच्या स्वरूपात वेगाने खाली कोसळेल कठिण खडकांची झुकण्याची दिशा नदी प्रवाहाच्या दिशेच्या जर विरुद्ध असेल तर अशावेळी मात्र निर्माण होणारे जलप्रपात अल्पकाळ टिकणारे असतील. अशा जलप्रपातांना अस्थयी जलप्रपात असे म्हटले जाते. नदीच्या प्रवाह मार्गामध्ये जर कठिण खडक लंबरूप स्वरूपामध्ये असेल तर अशा प्रकारचे जलप्रपात मात्र दिर्घकाळ टिकणारे असतात. कठिण आणि मृदू खडकांचे थर जर क्षितीज समांतर दिशेने पसरलेले असतील तर या परिस्थितीतही जलप्रपात निर्माण होतात.परंतु याप्रकारचे जलप्रपात स्थिर स्वरूपाचे नसतात. कठिण खडकावरून नदी प्रवाहातील पाणी वेगाने कोसळून त्या पाण्याच्या आघाताने मृदू खडकाची तळाची सतत झीज होत राहते आणि त्या ठिकाणी खड्डे निर्माण होतात त्यांनाच **प्रपातगर्त** असे म्हटले जाते.



आकृती ३.८ : धबधबा

(६) **रांजण खळगे (Pot Holes)**: नदीच्या पात्रात असलेला अणकुचीदार खडक दुसऱ्या दगडामुळे पुढे जाऊ शकत नाही. नदीच्या जोरदार प्रवाहामुळे तो जागच्या जागी गोलाकार फिरतो. त्याच्या अणकुचीदार कोपऱ्यांमुळे बाजूच्या खडकांची झीज होऊन गोलाकार खोलगट खड्डा नदीच्या पात्रात तयार होतो. त्याला **रांजणखळगा** (Pot hole) असे संबोधले जाते.

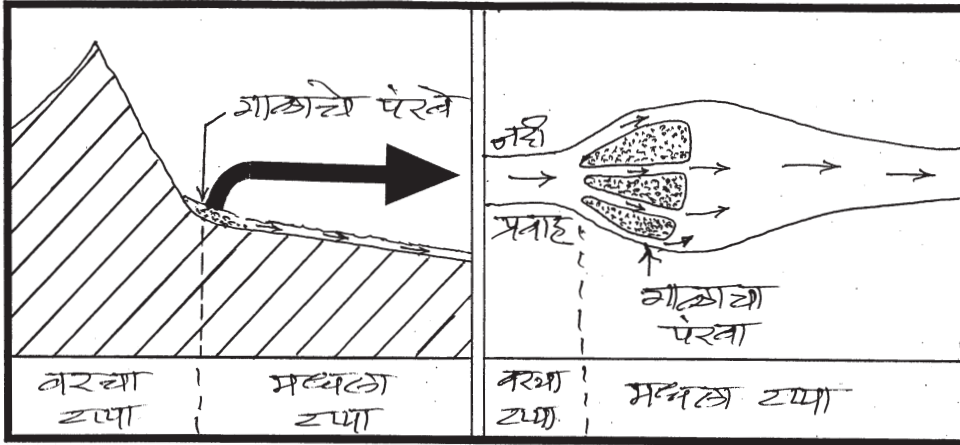


आकृती ३.९ : रांजण खळगा

३.४ नदीच्या मधल्या व खालच्या टप्प्यातील संचयनाची भूरूपे

नदी प्रवाहाचा मधला टप्पा (Middle Course):

डोंगराळ प्रदेश संपून ज्यावेळी नदीचा प्रवाह काहीसा सखल प्रदेशामध्ये प्रवेश करतो त्या प्रदेशापासून ते मैदानी प्रदेशाला सुरुवात होईपर्यंत जो नदीचा मार्ग असतो तो भाग हा नदीप्रवाहाच्या मधल्या टप्प्यामध्ये येतो. या प्रदेशामध्ये वरच्या टप्प्याच्या तुलनेने प्रदेशाचा उतार कमी झालेला असतो. त्याचा परिणाम म्हणून नदी प्रवाहाचा वेग हा सुद्धा काहीसा मंदावलेला असतो त्याच बरोबर मुख्य नदीला इतर प्रदेशातून अनेक उपनद्या येऊन मिळत असतात. त्यामुळे नदीच्या पात्रातील पाण्याचे प्रमाण वाढलेले असते. या सर्व घटकांचा नदीच्या कार्यावर प्रभाव पडतो. मधल्या टप्प्यामध्ये नदीप्रवाहाच्याद्वारे केवळ खनन कार्यच घडून न येता काही प्रमाणामध्ये संचयन कार्य सुद्धा घडून येते. त्याचप्रमाणे जे खननाचे कार्य होते ते उभ्या खननापेक्षा पार्श्ववर्ती खनन हे अधिक महत्त्वपूर्ण असते आणि याचा परिणाम म्हणून नदीचे पात्र हे रुंदावत जाते या टप्प्यामध्ये खालील भूआकार निर्माण झालेले दिसून येतात.

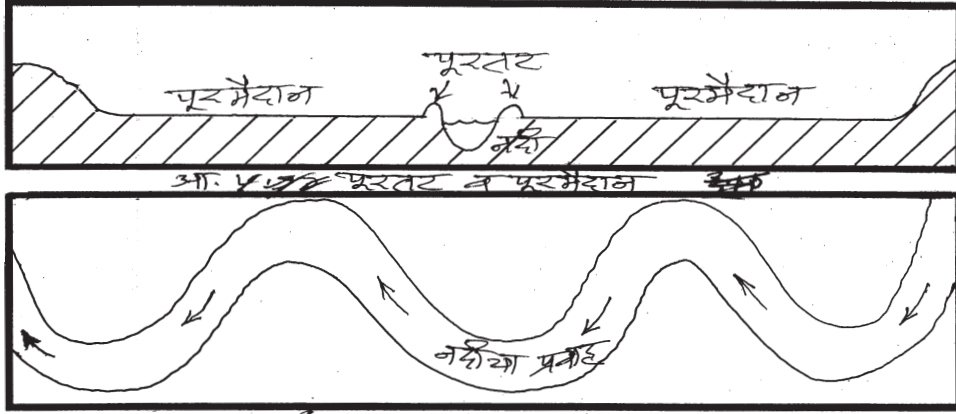


आकृती ३.१०: गाळाचे पंखे

(७) **गाळाचे पंखे (Alluvial Fans):** पर्वतीय प्रदेश संपवून ज्यावेळी नदीचा प्रवाह हा पर्वताच्या पायथ्याशी येतो. त्यावेळी नदी प्रवाहाचा वेग अतिशय मंद झालेला असतो आणि नदीप्रवाहाबरोबर वाहून आलेल्या गाळाचे संचयन हे पर्वताच्या पायथ्याशी सातत्याने होत राहते या स्वरूपाच्या सततच्या संचयनाचा परिणाम म्हणून पर्वताच्या पायथ्याजवळ गाळाचे पंखे(मैदाने) निर्माण होतात. या मैदानांचा आकार हा काहीसा पंख्याप्रमाणे असल्याकारणाने या मैदानी प्रदेशांना पंख्याच्या आकाराची मैदाने असे म्हटले जाते. संयुक्त संस्थानांमध्ये कॅलिफोर्निया या राज्यामध्ये या प्रकारची पंख्याच्या आकाराची मैदाने निर्माण झालेली आहेत. विशेषतः कॅलिफोर्निया या राज्यामध्ये या मैदानी प्रदेशाचा वापर हा फलोदयान आणि कृषी उत्पादनासाठी मोठ्या प्रमाणात केला जातो.

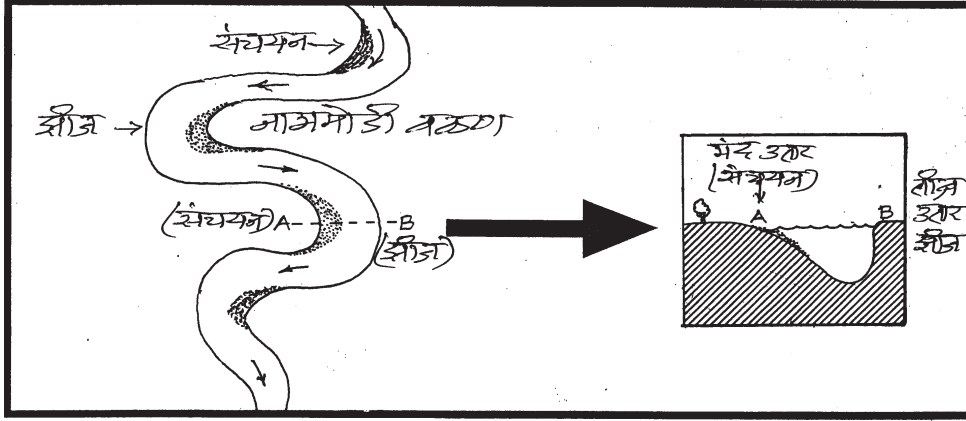
(३) नदी प्रवाहाचा खालचा टप्पा (Lower Course): नदीच्या प्रवाहाने मैदानी प्रदेशामध्ये प्रवेश केल्यानंतर तो नदीचा प्रवाह महासागराला मिळेपर्यंत म्हणजेच नदीमुखापर्यंत जो संपूर्ण प्रदेश असतो त्याचा समावेश हा नदीप्रवाहाच्या खालच्या टप्प्यामध्ये होतो. या प्रदेशामध्ये भूपृष्ठाचा उतार हा अत्यंत मंद स्वरूपाचा असतो त्यामुळे नदी प्रवाहातील पाण्याचा वेग हा सुद्धा अतिशय कमी असतो नदी प्रवाहातील पाणी हे अतिशय संधगतीने वाहात असते. त्याचबरोबर मुख्य नदीला येऊन मिळणाऱ्या उपनद्यांची संख्या ही देखील अधिक असते आणि त्या मोठ्या विस्ताराच्या असतात. त्यामुळे मुख्य नदीच्या प्रवाहामध्ये पाण्याचे प्रमाण भरपूर असते. मात्र पाण्याचा वेग हा अतिशय कमी असतो. त्यामुळे वहन शक्ती सुद्धा अतिशय कमी झालेली असते. तर खनन कार्याचा जवळ-जवळ अभावच असतो त्यामुळे संचयन किंवा रचनात्मक कार्य हेच महत्त्वपूर्ण असते. या टप्प्यामध्ये नदीमार्गामध्ये पुढील भूआकार निर्माण होतात.

(८) पूरमैदाने व पूरतट (नैसर्गिक बांध) (Flood plains and Natural levees or embankments): मुख्य नदी आणि तिच्या उपनद्या यांना ज्यावेळी पूर येतात त्यावेळी पूराचे पाणी मुख्य नदीच्या पात्रामध्ये सामावू शकत नाही.



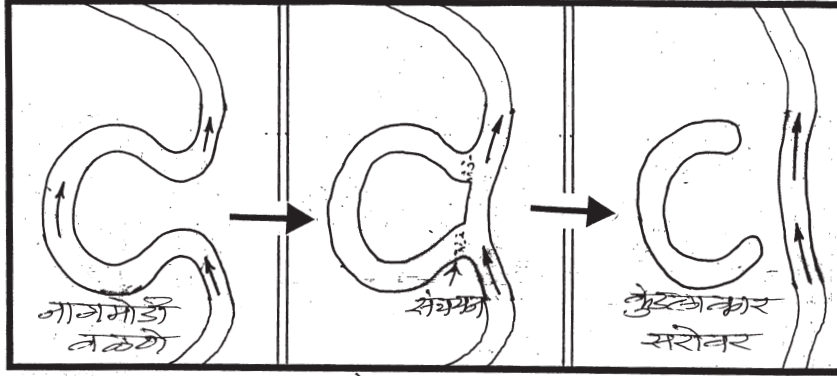
आकृती ३.११ : नागमोडी वळणे

हे पाणी नदीच्या दोन्ही तीरावरील प्रदेशात विस्तृत भूभागावर पसरते या पसरलेल्या पाण्याबरोबर जो गाळ वाहून येतो त्याचे संचयन होऊन विस्तृत आकाराची पूरमैदाने तयार होतात. ही मैदाने कृषी व्यवसायासाठी अतिशय महत्त्वपूर्ण मानली जातात. पुराच्या पाण्याबरोबर पर्वतीय प्रदेशामधून वाहून आलेले खडकांचे तुकडे वाळू, रेती, वनस्पती आणि प्राणी यांचे अवशिष्ट भाग या सारख्या पदार्थांचे संचयन नदीप्रवाहाजवळील दोन्ही तीरावर घडून येते. या स्वरूपाच्या संचयनामुळे त्या प्रदेशाची उंची वाढते आणि कालांतराने जे बांध निर्माण होतात त्यांनाच पूरतट किंवा **नैसर्गिक बांध** असे म्हटले जाते. पूरतटांच्याद्वारे पूर मैदानांचे संरक्षण केले जाते परंतु जर एखाद्या वर्षी नदी प्रवाहाला प्रचंड स्वरूपाचा पूर आला तर पुराच्या पाण्याच्या तडाख्याने पूरतटाचे काही भाग विखंडीत होतात यावेळी मात्र नदीचे पाणी दोन्ही तीरावरील प्रदेशात दूर अंतरापर्यंत पसरून पूरस्थितीची भयानकता वाढते. पाकिस्तानमधील सिंध प्रांतामध्ये सिंधू नदीने या स्वरूपाचे पूर तट निर्माण केलेले आहेत. चीनमधील होअँग हो नदीला 'चीनचे अश्रू' असे म्हणतात.



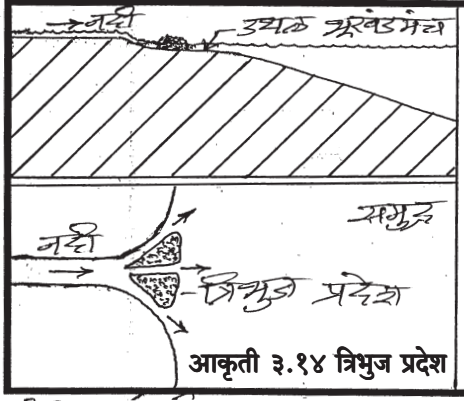
आकृती ३.१२ : नागमोडी वळणाचे छेद

(९) नागमोडी वळणे व धनुष्याकृती/चंद्राकृती सरोवरे (Meanders and Ox-box lakes) : जर नदीच्या प्रवाहाच्या मार्गामध्ये एखादा कठिण खडकाचा अडथळा निर्माण झाला तर तो अडथळा दूर करण्याची क्षमता त्या नदीप्रवाहामध्ये नसते अशावेळी तो नदीप्रवाह एखादे लहानसे वळण घेऊन वाहू लागतो या वळणाच्या आंतरवक्र बाजूवर



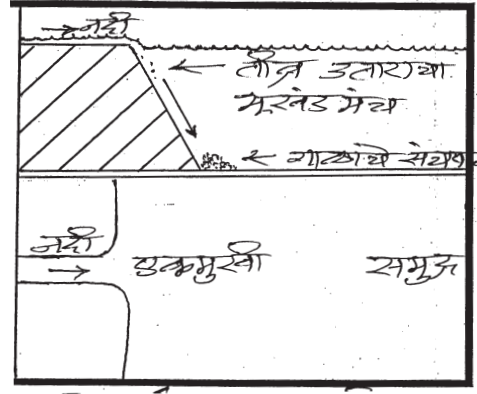
आकृती ३.१३ : कुंडलाकार सरोवराची निर्मिती

हळू हळू झीज घडून येवू लागते आणि बहिवक्र बाजूला काही काही प्रमाणामध्ये संचयन कार्य घडून येते. या स्वरूपाच्या प्रक्रियेचा परिणाम म्हणून वळणाचा विस्तार आकृती मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे वाढत जातो आणि तो नदीप्रवाह नागमोडी वळणाने वाहू लागतो. अशा प्रकारच्या प्रवाहालाच नागमोडी वळणे “Meanders” असे म्हटले जाते. झीज आणि संचयन या स्वरूपाची प्रक्रिया ही वर्षानुवर्षे सुरु राहिल्यानंतर वळणाचा विस्तार हळू-हळू वाढत जावून त्या वळणाची ‘C’ आकाराची दोन्ही टोके एकमेकांना मिळतात आणि नदीचा प्रवाह सरळ मार्गाने वाहू लागतो. नदीच्या तीरावर जो वळणाचा भाग निर्माण झालेला असतो त्यालाच धनुष्याकृती किंवा चंद्राकृती सरोवर किंवा कुंडलाकार सरोवर असे म्हटले जाते.



(१०) त्रिभूज प्रदेश(Delta): नदी प्रवाहाच्या तिसऱ्या टप्प्यामध्ये संचयन कार्याचा परिणाम म्हणून त्रिभूज प्रदेशाची निर्मिती होते. नदी प्रवाहाबरोबर जो गाळ वाहून येतो त्या गाळाचे संचयन नदी ज्या ठिकाणी सागराला मिळते त्या ठिकाणी नदीच्या मुखाजवळ मंदगतीने घडून येते. या स्वरूपाची प्रक्रिया ही वर्षानुवर्षे सुरु

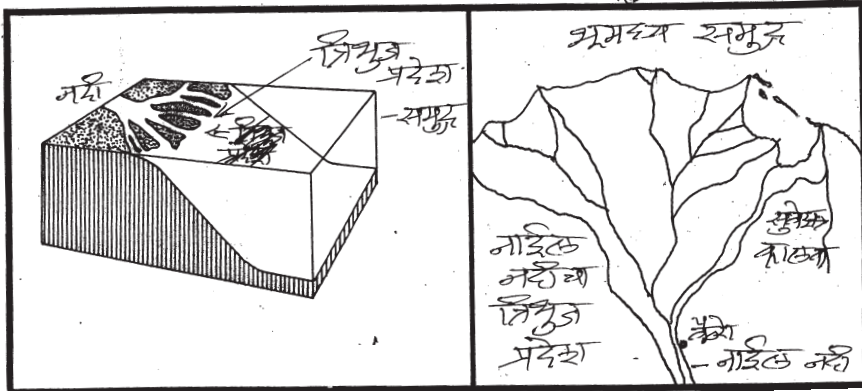
राहिल्यानंतर नदीच्या मुखाचा भाग गाळाने भरून येतो. मुख्य नदी प्रवाहाला त्यामुळे अडथळा निर्माण होतो. अडथळा दूर करण्याची क्षमता त्या नदी प्रवाहामध्ये असत नाही त्यामुळे संचयन झालेल्या गाळाच्या ठिकाणी ज्या-ज्या ठिकाणी कमकुवत भाग असतो. त्या- त्या ठिकाणाहून जलप्रवाह वाहू लागतो. त्यामुळे नदी अनेक मुखांनी महासागराला जाऊन मिळते.



आकृती ३.१५ एकमुखी

भिन्न स्वरूपाच्या या जलप्रवाहाच्या दरम्यान जे गाळाचे संचयन असते त्याचा आकार काहीसा त्रिकोणाकृती असतो म्हणून त्या प्रदेशाला त्रिभूजप्रदेश असे म्हटले जाते.

त्रिभूज प्रदेशामध्ये गाळाचे संचयन असल्याने अशा प्रकारचे प्रदेश कृषी व्यवसायासाठी अतिशय महत्त्वपूर्ण ठरतात. उदा. गंगानदीचा त्रिभूज प्रदेश, कृष्णा, कावेरी, गोदावरी या नद्यांचे त्रिभूज प्रदेश, आफ्रिकेतील नाईल नदीचा त्रिभूज प्रदेश, चीनमधील यांगत्सी नदीचा त्रिभूज प्रदेश, म्यानमार या देशातील इरावती नदीचा त्रिभूज प्रदेश, व्हिएतनाम मधील मेकाँग नदीचा त्रिभूज प्रदेश, यांना कृषी व्यवसायाबाबतीत महत्त्व प्राप्त झाले आहे.



आकृती ३.१६ त्रिभुज प्रदेश

३.५ सारांश / समारोप

जमिनीवरील पावसाच्या वाहून जाणाऱ्या पाण्यामुळे भूपृष्ठाची झीज कशा प्रकारे होते हे नदीच्या कार्यातून स्पष्ट होते.

नदीच्या खननाचे कार्य कशा प्रकारे केले जाते ते समजले व संचयन कार्यामुळे विविध प्रकारची भूरूपे कशी तयार होतात ते समजते.

३.६ प्रश्न संदर्भ सूची

प्रश्न १ खालील प्रश्न सोडवा.

- १) नदीच्या प्रवाहामुळे गाळाचे खनन व वहन कोणत्या प्रकारे होते ते सांगा.
- २) नदीच्या वरच्या टप्प्यातील भूरूपांचे स्पष्टीकरण द्या.
- ३) धबधबा व रांजण खळगा कसा निर्माण होतो ते सांगा.
- ४) गाळाचे पंखे व पूरतर यांची निर्मिती कशी होते.
- ५) नागमोडी वळणे व कुंडलाकार सरोवरांची निर्मिती स्पष्ट करा.
- ६) त्रिभुज प्रदेश कसा निर्माण होतो ते सांगा.
- ७) सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने नदीने तयार केलेल्या संचयनाच्या भूरूपांचे स्पष्टीकरण द्या.



घटक - ४

हिमनदीचे व भूमीगत पाण्याचे कार्य

घटक संरचना :

- ४.० प्रस्तावना
- ४.१ उद्दिष्टे
- ४.२ हिमनदीचे कार्य
- ४.३ हिमनदीने तयार केलेली खननाची व संचयनाची भूरूपे
- ४.४ भूमीगत पाठ्याचे कार्य
- ४.५ भूमीगत पाठ्यामुळे तयार झालेली खननाची व संचयनाची भूरूपे
- ४.६ समारोप
- ४.७ प्रश्न

४.० उद्दिष्टे

- हिमनदीच्या खननाचे (क्षरबाचे) कार्य समजून घेणे.
- हिमनदीच्या खनन कार्यामुळे तयार झालेल्या विविध भूरूपांचा अभ्यास करणे.
- हिमनदीच्या संचयन कार्यामुळे तयार झालेल्या विविध भूरूपांचा अभ्यास करणे.
- भूमीगत पाण्याचे खनन कार्य कशाप्रकारे होते ते समजून घेणे.
- भूमीगत पाण्याच्या खनन व संचयन कार्यामुळे तयार झालेल्या भूरूपांचा अभ्यास करणे.

४.१ प्रस्तावना

पृथ्वीवरील समुद्रसपाटीपासून उंच असलेल्या प्रदेशात, समशीतोष्ण कटिबंधात हिवाळ्यात तर शीत कटिबंधात सतत हिमवृष्टी होत असते व ती हिमक्षेत्रे हिमनदीची उगमस्थाने असतात. या हिमक्षेत्रात हिम, भूपृष्ठाचा उताराला अनुसरून पुढे पुढे सरकते, यापुढे सरकणाऱ्या हिमाला हिमनदी असे म्हणतात.

“A Glaciar is a mass of snow or ice that moves slowly over the land away from its place of accumulation.”

हिमाच्या थरांचा परस्परांवर असलेला भार, प्रदेशाचा उतार आणि गुरुत्वाकर्षण शक्ती यामुळे हिमक्षेत्रातून बर्फाच्या राशी हिमनद्यांच्या रुपाने पुढेपुढे सरकत असते. जास्त उंचीकडून कमी उंचीकडून सरकणारा बर्फाचा समुदाय म्हणजे हिमनदी होय. बर्फाचे पाण्यात रूपांतर होण्याच्या प्रमाणावरही हिमनदीच्या विकास आणि विस्तार अवलंबून असतो. बर्फ वितळण्यापेक्षा हिमवर्षावाचे प्रमाण जास्त असेल तर हिमनदी बऱ्याच दूरपर्यंत वाहत जाऊ शकते. हिमनदी पुढे पुढे जाताना ज्या प्रदेशानुसार ती वाहत जाते त्या प्रदेशाचा आकार धारण करते.

हिमरेषेच्या खाली हिमनद्या उतरतात तेव्हा किंवा प्रदेशातील तापमान शून्य अंश सेल्सिअस पेक्षा जास्त असते त्यावेळी हिमनदीतील बर्फ वितळून पाण्यात रूपांतर होते व हिमनदीचा शेवट होतो.

४.२ हिमनदीचे कार्य

हिमनदी ही दुर्गम प्रदेशात असल्याने हिमक्षेत्रातील भूप्रदेश हिमाच्या जाड अशा आवरणाखाली झाकला असल्यामुळे हिमनदीच्या कार्याचे बराच काळापर्यंत अध्ययन करता आले नाही. बाह्यशक्तीच्या इतर कारकांच्या मानाने हिमनदीचे कार्य क्षेत्रच मर्यादित असल्याने त्या संदर्भात पुरेसे संशोधन केले गेले नव्हते. पण इ.स. १८९७ पासून हिमनदीच्या कार्याविषयी काही प्रमाणात माहिती उपलब्ध होऊ लागली. त्यामुळे शास्त्रज्ञांच्या मतानुसार हिमनदी इतर कारकाप्रमाणे क्षरण, वहन व निरपेक्ष संचयन अशी विविध कार्ये करते.

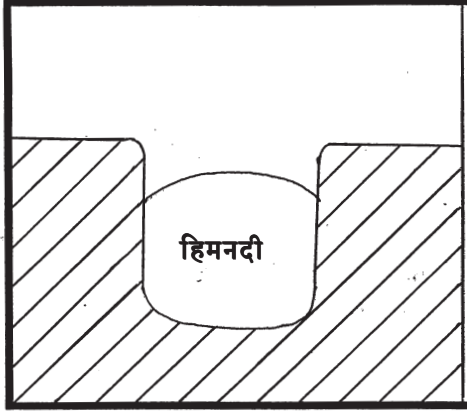
हिमनदीचे क्षरण(Erosional Work of Glaciers): हिमनदी जोपर्यंत हिमराशी गतीशील असतात तोपर्यंत त्या मोठ्या प्रमाणावर क्षरणाचे कार्य करतात व त्या स्थिर झाल्या की भूपृष्ठाचे संरक्षण करतात. हिमनदीतील हिमराशी भूपृष्ठावरून पुढे पुढे सरकत असताना खडकाचा पृष्ठभाग खरवडून काढतात. कारण क्षरण कार्यात हिमनदीतील फक्त बर्फ अबाधित नसून वितळलेल्या बर्फाचे पाणी व बर्फात रूतून वाहत जाणारे खडकाचे तुकडे, मातर्चे बारीक कण व रेती इ. पदार्थ या कार्यात मदत करतात.

हिमनदीचे क्षरणकार्य पुढील घटकांवर अवलंबून असते (१) हिमनदीतील हिमाचा वाटा: हिमनदीला बर्फाचा पुरवठा जास्त होत असल्यास क्षरण कार्य वेगाने घडते. (२) **हिमोढाचे प्रमाण:** हिमनदीतील गाळाला हिमोढ म्हणतात. या हिमोढाचे हिमनदीतील प्रमाण जास्त असल्यास क्षरण कार्य वेगाने घडते. (३) **हिमनदीचा वेग:** तीव्र उताराच्या प्रदेशात हिमनदी वेगाने वाहते त्यामुळे क्षरण कार्य देखील वेगाने घडते. (४) **हिमनदी बरोबर वाहत जाणाऱ्या पदार्थाचे प्रमाण व स्वरूप:** हिमनदी बरोबर वाहत जाणारे पदार्थ जास्त प्रमाणात व ओबडधोबड स्वरूपाचे असतील तर क्षरण कार्य वेगाने घडते.

४.३ हिमनदीने तयार केलेली खननाची व संचयनाची भूरूपे

हिमनदीच्या क्षरणकार्यामुळे निर्माण होणारे भूआकार/भूरूपे हिमनदीच्या क्षरणकार्यामुळे खालील प्रकारचे वेगवेगळे भूआकार तयार होतात. (१) यू आकाराच्या दऱ्या (२) लोंबत्या दऱ्या (३) सर्क किंवा हिमगव्हर (४) थूकवूह किंवा फणीकटक (५) गिरीशृंग (६) दैत्य सोपान किंवा भव्य पायऱ्या (७) मेषशीला (८) हिमगर्त मालिका किंवा शृंखला हिमगर्त (९) तळपात्र (रॉक बेसिन्स) (१०) शृंग व पृच्छ (११) हिमखाडी (फियाॅर्ड)

(१) **यू आकाराच्या दऱ्या (U Shaped Valley):** हिमक्षेत्रातून हिमनदया वाहत असताना पर्वतातील पूर्वीच्या दऱ्यांमधून आपला मार्ग प्रस्थापित करतात. आपल्या प्रभावी क्षरण कार्यामुळे दरीच्या मूळ आकारात परिवर्तन घडवून आणतात.

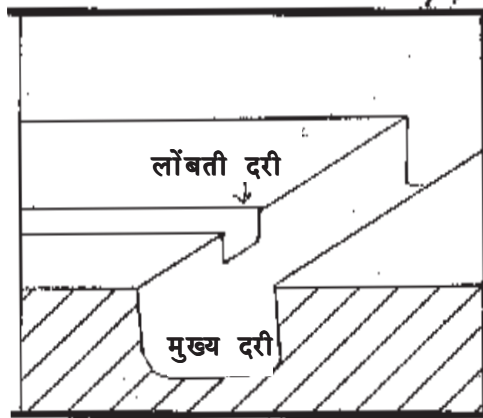


आकृती ४.१ : यू आकाराच्या दऱ्या

नदयांच्या दऱ्यांमधून हिमनदया वाहू लागल्यावर त्या दऱ्यांच्या पार्श्वभागाची व तळभागाची मोठया प्रमाणात झीज करतात. यामुळे पूर्वीचे अरूंद व्ही आकाराचे पात्र पसरट व खोल बनते व दरीला यू आकार प्राप्त होतो. याचे कारण म्हणजे हिमनदी एकाचवेळी अधोगामी व पार्श्वगामी क्षरण करीत

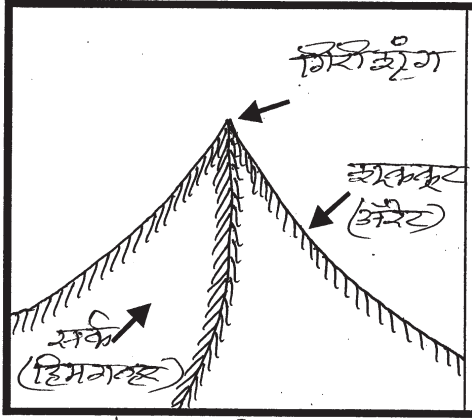
असते. या दऱ्या खोल असून त्यांचा तळभाग रूंद व सपाट असतो व दऱ्यांच्या कडा तीव्र आकाराच्या असतात.

(२) **लोंबत्या दऱ्या (Hanging Valley):** पर्वतीय प्रदेशातील हिमक्षेत्रात पूर्वीच्या दऱ्यातून हिमनदया त्यांचा मार्ग काढतात. मुख्य/प्रमुख हिमनदीचे पात्र रूंद असते. मुख्य हिमनदीत बर्फाचे प्रमाणही जास्त असते व त्यामुळे मुख्य हिमनदीची खनन क्षमता जास्त असते. तिचे पात्र खोल असते. उपहिमनदीचे पात्र त्यामानाने अरूंद असते. उपहिमनदीत बर्फाचे प्रमाणही कमी असते त्यामुळे खननक्षमता ही कमी असते. ज्याठिकाणी मुख्य हिमनदीला उपहिमनदया येऊन मिळतात ते भाग मुख्य हिमनदीच्या तळभागापेक्षा जास्त उंचीवर असतात. त्यामुळे मुख्य हिमनदीवर उपहिमनदयांच्या दऱ्या लोंबताना दिसतात. यांनाच **लोंबत्या दऱ्या** असे म्हणतात.



आकृती ४.२ : लोंबत्या दऱ्या

(३) **सर्क किंवा हिमगव्हर(Cirque):** पर्वतीय प्रदेशातून हिमनदी वाहत असताना तिच्या क्षरण कार्यामुळे पर्वताच्या उतारावर अर्धवर्तुळाकार खड्ड्याची निर्मिती होते. याचा आकार एखाद्या आरामखुर्चीसारखा किंवा रंगमंचासारखा असतो. हे खोलगट भाग एका बाजूने उघडे असतात. यांना सर्क असे म्हणतात. हे प्रदेश हिमाने आच्छादलेले असल्याने यांना हिमगर्त किंवा हिमसागर असेही म्हणतात. पिरनीज पर्वतातील गेव्हनी नावाचा गर्त जगात सर्वात मोठा आहे. वेगवेगळ्या देशात हे गर्त वेगवेगळ्या नावाने ओळखले जातात. स्कॅटलंडमध्ये कॉरी, जर्मनीत कारेन, वेल्समध्ये स्वीम, स्कॅडेनेव्हियामध्ये कॅसेल व फ्रान्समध्ये सर्क या नावाने हिमगर्त ओळखले जातात.



आकृती ४.३ :

सर्क मधून हिमनदया वाहतात. सर्कमधील बर्फ वितळल्यानंतर त्या ठिकाणी खोल व विशाल आकाराचे सरोवर तयार होते त्यास (Tam Lake) असे म्हणतात.

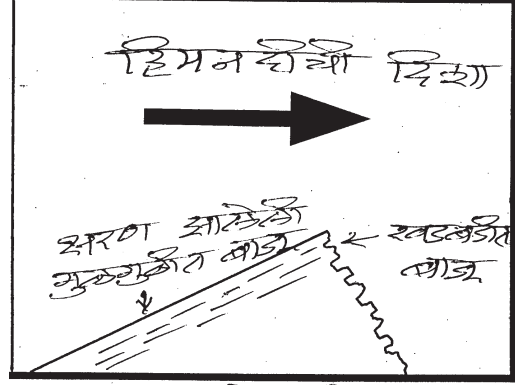
(४) **शूककूट किंवा फणीकटक (Arete or Comb Ridge):** दोन विरूध्द बाजूला असलेल्या हिमगर्तांचा विस्तार डोंगराच्या शिखराकडे वाढत जाऊन शिखराचा अरूंद व लांब भाग या हिमगर्तांना

परस्परांपासून विभक्त करतो. या भागाला शूककूट असे म्हणतात. या शिखराच्या कडा कंगव्याच्या दातांसारख्या दिसतात. म्हणून त्यांना फणी कटक असेही म्हणतात. हिमगर्तांचा विस्तार असाच वाढत राहिला तर कालांतराने त्या हिमगर्तामधील डोंगराचा अरूंद भाग कोसळून खाली पडतो व तिथे खिंड तयार होते त्या भागाला ग्रीवा असे म्हणतात.

(५) **गिरीश्रृंग(Horn):** काही पर्वत शिखरांच्या अनेक बाजूना सर्कची निर्मिती होते. हिमाच्या घर्षणामुळे या सर्व सर्कचा विस्तार पर्वताच्या शिखराकडे वाढत जातो. शेवटी अनेक सर्कच्या कडा पर्वत शिखरांजवळ परस्परांना मिळतात व पर्वताच्या शिखराचा भाग शिंगाप्रमाणे उंच व अणकुचीदार तीक्ष्ण अग्राचा दिसू लागतो. याला गिरीश्रृंग असे म्हणतात. स्वित्झर्लंडमधील आल्प्स पर्वतातील मॅटरहॉर्न गिरीश्रृंग जगप्रसिध्द आहे.

(६) **दैत्यसोपान किंवा भव्य पायऱ्या(Glacial Stairways):** डोंगर उतारावरून सरकणाऱ्या हिमाच्या घर्षण कार्यामुळे उतारावरील मोठमोठे शिलाखंड निखळून काढले जातात आणि उतार भागावर प्रचंड आकाराच्या पायऱ्या निर्माण होतात. त्यांनाच दैत्यसोपान असे म्हणतात. यातील प्रत्येक पायरी दुसऱ्या पायरीपासून पर्वताच्या कड्यांनी वेगळी झालेली असते. अशा पायऱ्यांची उंची ३० मीटरपासून ३०० मीटरपर्यंत आढळते. हिमनदीच्या घर्षण कार्यामुळे पायऱ्यांच्या पृष्ठभागावर मोठमोठे खड्डे निर्माण होतात. बर्फ वितळल्यावर या खड्ड्यामध्ये पाणी साचते व मोठमोठी सरोवरे होतात.

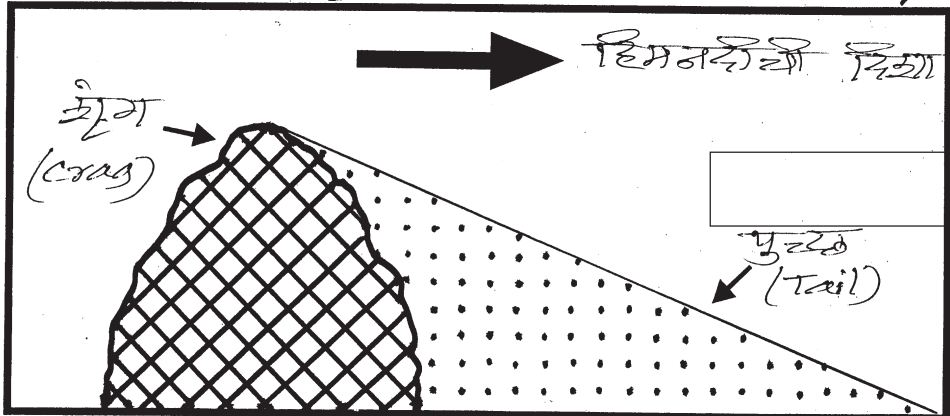
(७) **मेषशीला (Roche Moutonee):** हिमनदीच्या मार्गात लहान लहान टेकड्या किंवा खडक यासारखा अडथळा आल्यास ती आपली दिशा न बदलता त्या अडथळ्यावरून वाहण्याचा प्रयत्न करते. हिमनदीच्या मार्गात टेकडीसारखा कमी उंचीचा अडथळा आल्यास त्या अडथळ्याच्या ज्या भागावरून हिमनदी वर चढते. त्या बाजूवर जास्त प्रमाणात क्षरण होऊन ती बाजू अधिक गुळगुळीत होते. विरुद्ध उताराची बाजू त्यामानाने खडबडीत रहाते. अशा प्रकारे निर्माण झालेल्या टेकड्या दूरवरून पाहिल्यास एखाद्या बसलेल्या मेंढ्यासारख्या दिसत असल्याने त्यांना मेषशीला असे म्हणतात. फ्रेंच भाषेत यांनी रोची मुतोनी असे म्हणतात. आल्प्स पर्वत, द. स्वीडन, उत्तर वेल्स, फिनलंडमधील उप पर्वत क्षेत्रात मेषशीला आढळतात.



आकृती ४.४: मेषशीला

(८) **तळपात्र (Crag and Tail):** हिमनदीच्या दरीच्या तळभागावर बर्फाच्या क्षरण कार्यामुळे लहान-मोठ्या आकाराचे खळगे निर्माण होतात. पुढे यात पाणी साचून सरोवराची निर्मिती होते. हिमनदीच्या दरीच्या तळभागावरून खडक झिजून अशा खळग्यांची निर्मिती होते. या खळग्यांनाच रॉक बेसिन्स किंवा तळपात्र असे म्हणतात. भूशास्त्रज्ञांच्या मते उत्तर अमेरिकेतील ग्रेट लेक ची निर्मिती याचप्रकारे झाली असावी.

(९) **शृंग व पुच्छ (Crag and Tail):** काही वेळेस हिमनदीच्या मार्गात बेसाल्टसारखा कठीण खडक आल्यास त्याची झीज होऊ शकत नाही. अशा खडकास शृंग असे म्हणतात. परंतु या कठीण खडकाच्या प्रवाहभिमुख बाजूकडील मृदू खडकाची झीज होऊन विस्कळीत झालेला द्रव्याचा समुच्चय शृंगाच्या विरुद्ध बाजूस प्रवाहाच्या दिशेत संचयीत होऊन मंद उताराचे लांबट भाग तयार होतात. याला पृच्छ असे म्हणतात. स्कॉटलंडमधील कॅसल रॉक ऑफ एडिन बर्ग हे याचे उत्तम उदाहरण आहे. एडिन बर्ग येथील शृंगावर किल्ला बांधलेला असून किल्ल्यापर्यंत जाणारा मार्ग पुच्छावरून तयार केला



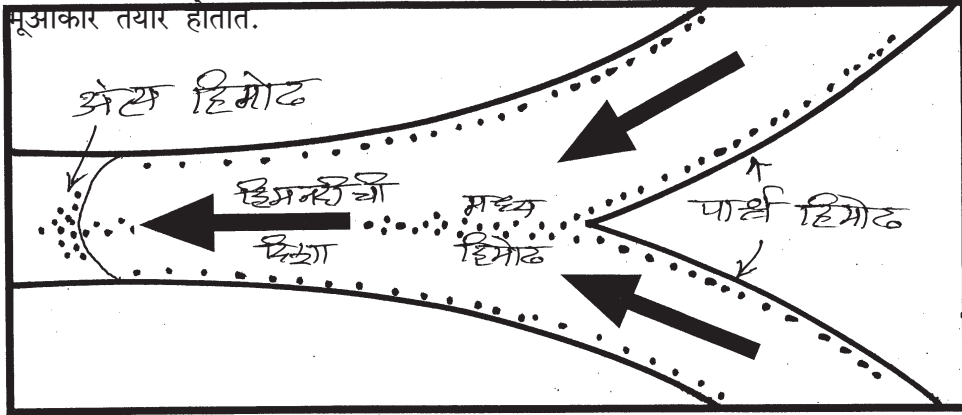
आकृती ४.५: शृंग व पुच्छ

आहे.

(१०) हिमखाडी फियॉर्ड (Fiord): हिमनदी समुद्राला मिळाली तरी देखील तिचे अपक्षय कार्य चालूच असते. हिमनदी समुद्राला मिळाल्यावर तिचे पात्र समुद्राकडील भागात उथळ परंतु जमिमीकडील भागात खोल असते. यामुळे समुद्राचे पाणी हिमनदीच्या प्रवाहातून जमिनीकडील भागात आत शिरलेले आढळते. आत शिरलेल्या या समुद्राच्या भागाला **फियॉर्ड** असे म्हणतात व तयार होणाऱ्या समुद्रकिन्याला फियॉर्ड समुद्र किनारा असे म्हणतात.

फियॉर्डच्या भिंती किंवा उतार फार तीव्र असतात. फियॉर्डच्या मुखाशी बरीचशी बेटे विखुरलेली असतात. फियॉर्डच्या मुखाजवळील समुद्र खोल व शांत असल्याने असे समुद्र भाग वाहतूक व मासेमारीसाठी उपयुक्त ठरतात. परंतु त्यांच्या मुखाजवळ बेटे विखुरलेली असल्याने चांगली बंदरे आढळत नाहीत. फियॉर्ड किनारे फारच दंतूर व खचलेले असतात. स्कॉटलंड, नॉर्वे, स्वीडन, अलास्का येथील किनारे या प्रकारचे आहेत.

हिमनद्यांचे निक्षेप/संचयन कार्य (Depositional Work of Glacier): ज्यावेळी हिमनदीतील सर्व बर्फ वितळून जाते. त्यावेळी निक्षेपाची क्रिया घडून येते. हिमनदी आपल्या बरोबर जो गाळ वाहून आणते तो हिमनदीच्या वेगवेगळ्या भागात साचतो. यात हिमनदीच्या गाळापासून अतिशय बारीक व मृदू मातीपासून खडकांच्या मोठमोठ्या तुकड्यांचा समावेश होतो. या हिमनदीच्या गाळापासून वेगवेगळ्या प्रकारचे मूआकार तयार होतात.



आकृती ४.६: हिमोढांचे प्रकार

(१) हिमोढ (Moraines) (२) हिमानी गाळाचे मैदान (टील प्लेन) (Till Plain) (३) हिमोढगिरी (ड्रमलिन) (Drumlins) (४) हिमोढ कटक (एस्कर्स) (Eskers) (५) पाहुणे खडक (Erratic Rocks) (६) कंकतगिरी (केम्स) (Kames) (७) उत्क्षालित मैदान (Out Wash Plain)

(१) हिमोढ (Moraines): हिमनदीने आपल्या बरोबर वाहून आणलेल्या विविध पदार्थांच्या गाळाच्या निक्षेपणापासून जे ढीग तयार होतात. त्यांना हिमोढ असे म्हणतात. हिमनदीच्या पात्रात जेथे गाळाचे निक्षेपण होते त्याच्या स्थितीनुसार हिमोढाचे पुढील प्रकार पडतात. आकृती मध्ये हिमोढचे प्रकार दाखवलेले आहेत.

(अ) **पार्श्व हिमोढ (Lateral Moraines)**: हिमनदीने आपल्याबरोबर वाहून आणलेल्या गाळाचे तिच्या दरीच्या काठावर निक्षेपण होऊन गाळाचे लांबच लांब ढीग तयार होतात. यांना **पार्श्व हिमोढ** असे म्हणतात. हिमनदीची गती पात्राच्या काठावर मंद असल्याने काठावर मोठ्या प्रमाणात गाळाचे निक्षेपण होते. काठावर हिमोढाची मालिका तयार होते. या हिमोढाची उंची शेकडो मीटर पर्यंत असते.

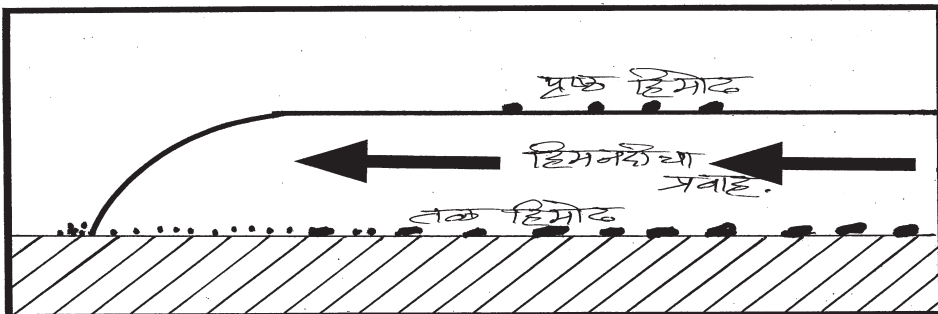
(ब) **मध्य हिमोढ (Medial Moraines)**: ज्या ठिकाणी दोन हिमनद्या एकमेकींना येऊन मिळतात. या भागात हिमनद्यांचे पार्श्ववर्ती हिमोढ एकत्र येतात. पार्श्ववर्ती हिमोढांचे एकत्रीकरण होऊन निर्माण होणाऱ्या द्रव्य समुच्चयास **मध्य हिमोढ** असे म्हणतात. या हिमोढाचे लांबच लांब ढीग तयार होतात. काही ठिकाणी हे हिमोढ बर्फाच्या आवरणाखाली झाकलेले असतात.

(क) **पृष्ठ हिमोढ (Ablation Moraines)**: खडकाचे लहान मोठे तुकडे हिमनदीच्या पृष्ठभागावरून वाहतात व ते तुकडे हिमनदीतील बर्फाच्या राशीच्या पृष्ठभागावर रुतलेले असतात. बर्फाच्या पृष्ठभागावरील या समुच्चयाच्या निक्षेपाला **पृष्ठ हिमोढ** असे म्हणतात. हे हिमोढ हिमनदीच्या पृष्ठभागावरून वाहत असल्यामुळे यावर झिजेचा फारसा परिणाम होत नाही.

(ड) **भूहिमोढ (Ground Moraines)**: हिमनदीतील बर्फात खडकाचे तुकडे व इतर पदार्थ रुतलेले असतात. बर्फ वितळल्यावर हे सर्व पदार्थ हिमनदीच्या तळभागावर संचयीत होतात. त्या संचयनाला **भूहिमोढ** असे म्हणतात. या हिमोढामध्ये अगदी बारीक कणापासून खडकांच्या मोठमोठ्या तुकड्यांचा समावेश होतो.

(इ) **अंत्य हिमोढ (Terminal Moraines)**: हिमनदीतील बर्फ वितळल्यावर ज्या भागात हिमनदीचा अग्रभाग स्थिरावतो त्या भागात हिमनदीने वाहून आणलेल्या गाळाचे निक्षेपण होऊन विस्तृत ढीग तयार होतात. यांनाच **अंत्य हिमोढ** असे म्हणतात. हिमनदीची गती मध्यभागी जास्त असल्याने या हिमोढच्या ढिगाला अर्धचंद्राकार प्राप्त होतो.

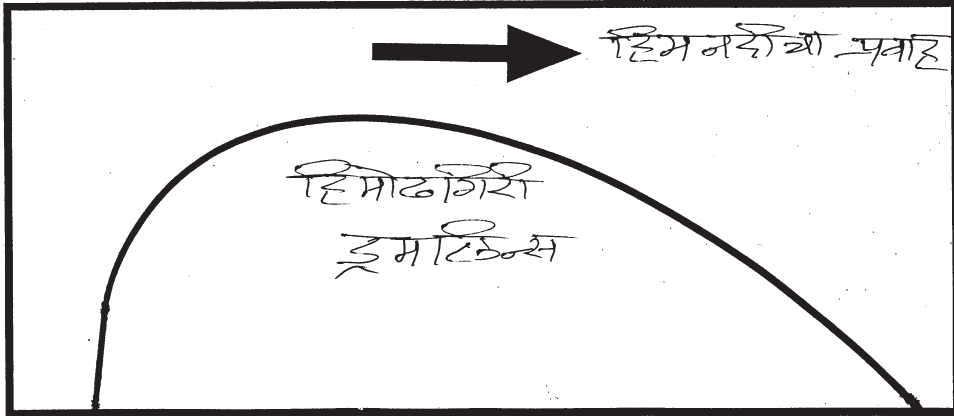
(२) **हिमानी गाळाचे मैदान/टील प्लेन (Till Plain)**: हिमनदीचा अग्रभाग जस जसा मागे सरकू लागते. त्याबरोबर प्रत्येक वेळी हिमनदीच्या मुखाजवळ बारीक गाळाचे संचयन होऊन हिमानी गाळाचे मैदान तयार होते. या मैदानात गाळाचे असंख्य थर आढळतात. या प्रकारच्या काही मैदानाचा विस्तार हजारो चौ.कि.मी. पर्यंत असतो. मैदानाचा पृष्ठभाग ओबडधोबड व उपसखल असून त्यात हिमोढाचे थर आढळत नाहीत.



आकृती ४.७ हिमोढांचे प्रकार

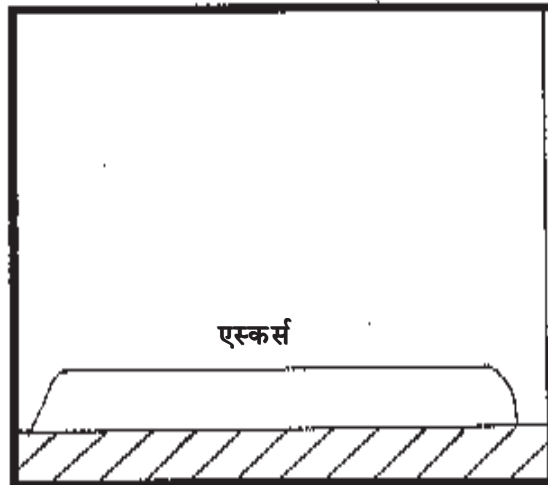
संयुक्त संस्थानाच्या पश्चिममध्य भागात हजारो चौ.कि.मी. क्षेत्रात हिमोढ पसरून हिमानी गाळाचे मैदाने तयार झालेली आहेत.

(३) हिमोढगिरी/ड्रमलिनस (Drumlins): हिमनदीच्या संचयन कार्यामुळे निर्माण होणाऱ्या विशिष्ट आकाराच्या लहान टेकड्यांना **ड्रमलिनस** असे म्हणतात. यांचा आकार लांबीनुसार कापलेल्या अर्ध्या अंड्यासारखा किंवा उलट्या बोटीसारखा दिसतो. या प्रकारच्या टेकड्यांची उंची ७० ते ९० मीटरपर्यंत असते. या टेकड्यांची निर्मिती ही हिमनद्यांच्या काही काळ पुढे जाण्याच्या व मागे जाण्याच्या प्रवृत्तीमुळे निर्माण होते. ज्यावेळी ज्या ज्या ठिकाणी तिचा अग्रभाग स्थिरावतो त्या त्या ठिकाणी अंतिम हिमोढाची निर्मिती होते. या क्रियेत हिमनदीच्या भागात परस्परांना समांतर अशा अंतिम हिमोढाच्या असंख्य रांगा तयार होतात. परंतु या निर्मितीनंतर काही कारणामुळे हीच हिमनदी परत पुढे सरकू लागते. या क्रियेत हिमनदीच्या समोर असलेल्या प्रत्येक हिमोढाच्या उतारावरील पदार्थ हिमनदीबरोबर वाहत येऊन विरुद्ध उतारावर साचतात व त्यांची उलट्या बोटीसारखी आकाराच्या टेकडीची निर्मिती होते. यांनाच ड्रमलिन म्हणतात. उदा.आयरलंड, स्कॉटलंड व इंग्लंडच्या उत्तर भागामध्ये या प्रकारच्या टेकड्या आढळतात.



आकृती ४.८: हिमोढगिरी / ड्रमलिनस

(४) हिमोढ कटक / एस्कर्स (Eskers): हिमनदीतून जलप्रवाह वाहू लागल्यावर जलप्रवाहाबरोबर हिमोढातील गाळाचे वहन होऊ लागते. जलप्रवाहाच्या मार्गात अडथळा आल्यास त्यांचा वेग मंदावून त्यांच्याबरोबर वाहत येणाऱ्या पदार्थांचे पात्रात निक्षेपण होते. निक्षेपण आकाराने व उंचीने वाढत जाऊन त्यापासून लांब



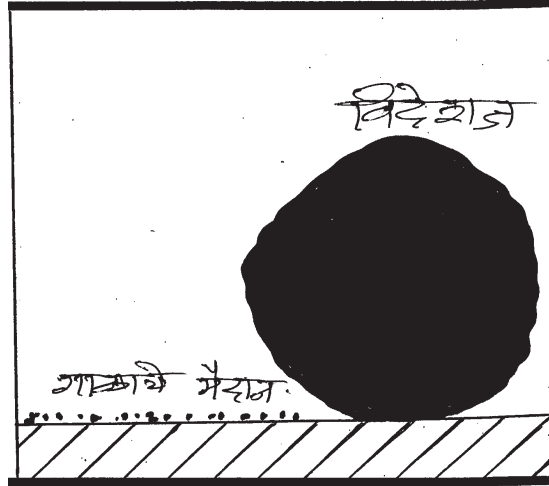
आकृती ४.९: एस्कर्स

परंतु कमी उंचीच्या अरूंद टेकड्यांची निर्मिती होते. अशा टेकड्यांना **एस्कर्स** असे म्हणतात. अशा टेकड्यांचा विस्तार हिमनदीच्या प्रवाहाच्या दिशेला समांतर असतो. बारीक माती, रेती, खडकांचे लहान-मोठे तुकडे यापासून टेकड्या निर्माण होतात. टेकड्यांची लांबी २५ कि. मी. पर्यंत व उंची ९० ते ६०० मीटर असते.

बर्फाच्या आवरणाखालून वाहणाऱ्या जलप्रवाहाच्या मार्गात एखादा अडथळा झाल्यास त्यापदार्थाचे निक्षेपण नागमोडी आकारात होऊन एस्कर्सची निर्मिती होते. हिमनदीतील संपूर्ण बर्फ वितळल्यानंतर एस्कर्स दिसू लागतात. हिमनदीच्या तळावर जलप्रवाहाच्या दिशेने अनेक हिमोढ कटकाची मालिका तयार होते. त्यांना हिमोढ कटक मालिका असे म्हणतात.

आयलँडमधील आयरिश भाषेत एस्कर्स याचा अर्थ मार्ग असा होतो. स्वीडन, फिनलंड या देशात हिमोढ कटकांचा उपयोग वाहतुकीच्या मार्गासाठी करून घेतला आहे. स्वीडन, फिनलंड, स्कॉटलंडमध्ये हिमोढ कटक मोठ्या संख्येने आहेत.

(५) पाहुणे खडक (Erratic Rock): हिमनदी आपल्याबरोबर लहान मोठ्या दगड गोठ्यापासून ते मोठ्या शिलाखंडापर्यंत वस्तूमान वाहून आणते. काही शिलाखंड दूरवरच्या प्रदेशातून वाहून आणले जातात. बर्फ वितळल्यावर हे मोठ्या आकाराचे शिलाखंड वाहून नेले जावू शकत नाही यामुळे ते पात्रात तसेच पडून राहतात. अशा मोठ्या शिलाखंडाना **पाहुणे खडक** असे म्हणतात.



आकृती ४.१०: पाहुणे खडक

(६) कंकतगिरी/केम्स

(Kames): तीव्र उताराच्या परंतु लहान आकाराच्या या टेकड्या असतात. हिमनद्याच्या अग्रभागावर या टेकड्या निर्माण होतात. हिमनदीच्या मुखाजवळील भागात मोठमोठ्या भेगा पडलेल्या असतात. त्या भेगामध्ये हिमनदीबरोबर वाहत आलेला गाळ साचतो व कालांतराने या भेगा भरून येतात. संचयनाची क्रिया सतत सुरु राहिल्यास तेथे लहान लहान टेकड्यांची निर्मिती होते. या टेकड्यांची निर्मिती होते. या टेकड्यांनाच कंकतगिरी असे म्हणतात. बर्फाचे आवरण नष्ट झाल्यावर भूपृष्ठावर या टेकड्या उघड्या पडतात. या टेकड्यांची लांबी ३० ते ४५ मी. पर्यंत असून आकार शंखाकृती असतो.

(७) उत्कालित मैदान (Out Wash Plain): हिमनदीच्या अग्रभागापासून उगम

पावणाच्या जलप्रवाहाच्या निक्षेपण कार्यामुळे विस्तृत असे मैदान अंत्य हिमोढाच्या अग्रभागी तयार होते. यालाच उत्कालित मैदान असे म्हणतात.

जलप्रवाहाबरोबर अति सूक्ष्म गाळ व वाळू वाहत येऊन संचयित होते व या मैदानाची निर्मिती होते या मैदानामध्ये अधूनमधून खोल खळगे आढळतात. खळग्यात पाणी साचून सरोवरे निर्माण होतात. आईसलँडमध्ये १६ कि. मी. रुंदीचे मैदान आहे. संयुक्त संघानातील मिशिगन व इंडियाना या राज्यात अशी उत्कालित मैदाने असून या मैदानावर सरोवरे आढळतात.

४.४ भूमिगत पाण्याचे कार्य

(क) कार्स्ट प्रदेश(Karst Topography) कार्स्ट या शब्दाची उत्पत्ती (Serbo-croat) भाषेतील क्रास्ट(Krass) या शब्दापासून झालेली आहे.

ज्या प्रदेशात चुनखडकांचे प्रमाण जास्त आढळून येते त्या भूभागाला कार्स्ट(Karst) प्रदेश म्हणतात. एड्रियाटिक सागर किनाऱ्यावर सागरी पाण्याच्या पातळीच्या २०० मी. उंचीवर सुमारे ४८० कि. मी. लांब व ८० कि. मी. रुंद असा कार्स्ट(Karst) प्रदेश आढळून येतो.

दक्षिण फ्रान्समध्ये कौसे(Causse)ग्रीस, स्पेनिस, जमैका, पश्चिम क्युबा, यु.एस.ए., इंडियाना, टेनेसी, मध्यवर्ती फ्लोरिडा राज्य या प्रदेशामध्ये कार्स्ट भूरूपे बघायला मिळतात. भूमिगत पाण्याचे प्रभावी कार्य चुनखडीच्या प्रदेशात दिसून येते.

रासायनिक विदारणामुळे चुनखडक विखळतो. पावसाने पाणी आकाशातून खाली येताना त्यात हवेतील CO_2 वायू विरघळतो व कार्बनिक आम्लाची निर्मिती होते. हे आम्ल चुनखडकावर ($CaCO_3$) पडल्यावर चुनखडक विरघळतो व विविध भूरूपे निर्माण होतात.

४.५ भूमिगत पाण्याच्या खनन व संचयन कार्यामुळे निर्माण

होणारी भूरूपे (Erosional Karst Landforms)

(१) लॅपीज (Lapies): विषम रचना असलेल्या खडकांच्या प्रदेशांमध्ये भूमिगत पाण्यामुळे ही क्रिया घडून येते CO_2 वायू युक्त पावसाचे पाणी खडकांच्या भेगातून झिरपते. यामुळे खडकांना असणाऱ्या भेगा रुंद होतात व वरचे टोक निमुळते होते व खडकांचा खालचा भाग मात्र एकच असतो. म्हणून या भूरूपाला लॅपीज(Lapies) असे संबोधले जाते हे उघडया खडकांवरच आढळून येतात.

(२) विवर (Sink Hole): चुनखडीच्या प्रदेशामध्ये भूमिगत पाण्यामुळे खडकांना बारीक बारीक छिद्र पडतात किंवा खडकांना छोटे छोटे खड्डे पडल्यासारखा आकार येतो त्यास विवर असे म्हणतात. विवरांची खोली ३ ते १० मीटरपर्यंत असते.

ही भूरूपे पाण्यामुळे घडून येतात. भूमिगत पाण्याची द्रावण क्रिया फार प्रभावी असते. त्यामुळे खडकात मोठे खड्डे तयार होतात.

(३) **युवाला (Uvala):** अनेक छोटी-छोटी विवरे एकमेकांना जोडली जातात. तेव्हा एक नवीनच भूरूप तयार होते. हे तयार झालेले भूरूप लांबच लांब दिसते म्हणून यास युवाला(Uvala) असे म्हणतात, उत्तर अमेरिकेच्या केंटुकी प्रांतात अनेक युवाला आहेत.

(४) **पोल्जे(Polje)(महाकुंड):** विवराचा खालचा भाग आणखी खाली खाली खचत जातो. एक मोठे महाकुंड तयार होते. याच महाकुंडामध्ये वाळू साचते व साचलेल्या वाळूमुळे प्रवाह लुप्त होतात. महाकुंडाच्या बाजू तीव्र उताराच्या तर तळ सपाट असतो. उदा. युरोपमधील ब्रिस्केच्या समुद्राच्या पश्चिमेस सर्वात मोठा महाकुंड आहे. भारतात पंचमढी येथे महाकुंड आहे.

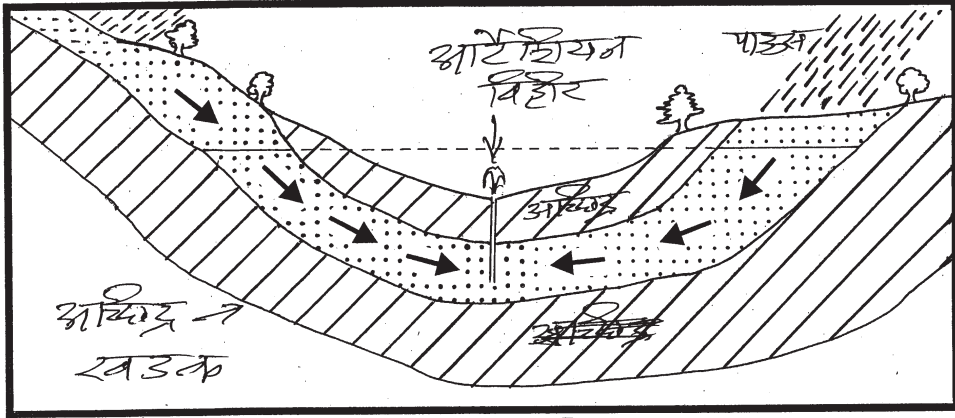
(५) **पोनार्स(Ponors):** पोनार्स म्हणजे भूमिगत जलमार्ग असतो. त्या मार्गाने पाणी एखाद्या गुहेत प्रवेश करते आणि मार्ग एखाद्या मोठ्या बिळासारखा असतो. म्हणून त्यास बोगदा पोनार्स (Ponors) असे म्हणतात. उदा. उत्तर अमेरिकेतील व्हर्जिनिया राज्यातील एका बोगदाची लांबी ३० मीटर आहे.

(६) **अधोगामी ओढे(Sinking Creek):** चुनखडीच्या प्रदेशामध्ये अनेक छिद्र असतात. हा प्रदेश एखाद्या चाळणीसारखा दिसतो. या भूभागावर वाहणारी नदी जेव्हा या प्रदेशाजवळ येते तेव्हा ती लुप्त होते व तिचा प्रवाह भूपृष्ठावर दिसत नाही म्हणून या भूपृष्ठाच्या अधोगामी ओढे(Sinking Creek) असे म्हणतात. उदा. अमेरिकेतील इंडियाना प्रदेशामध्ये लॉस्ट लिवर ही नदी १३ कि. मी. भूपृष्ठाच्या आतून वाहते व रेका नदीचा २१ कि. मी. प्रवाह आतून आहे.

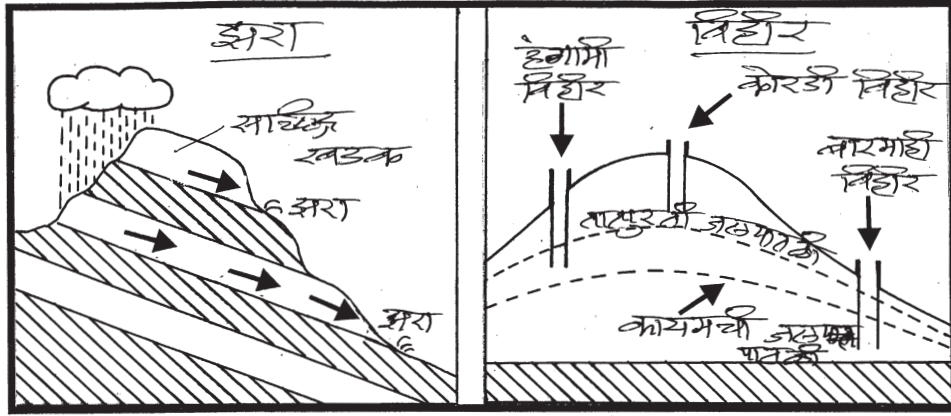
(७) **अधंदरी(Blind Valley):** भूपृष्ठावरून वाहणारी नदी भूमिगत होते व ती पुढे कोणत्या दिशेस वाहते ते दिसत नाही. या होणाऱ्या भूपृष्ठाच्या अधंदरी(Blind Valley) असे म्हणतात.

(८) **प्राकृतिक पूल(Natural Bridge):** चुनखडीच्या प्रदेशामध्ये पाण्याच्या द्रावण क्रियेमुळे पाणी भूमिगत होते व काही अंतरावर पुन्हा भूपृष्ठावर प्रगट होते. ही क्रिया ज्या भूभागांमध्ये घडून येते त्या भूभागास प्राकृतिक पूल(Natural Bridge)असे म्हणतात.

(९) **गुहा(Caves):** भूपृष्ठावरील पाणी चुनखडीच्या प्रदेशामध्ये भूमिगत होते व त्या पाण्यामुळे आतील चुनखडकांची झीज होऊन भूभागाला गुहेसारखा आकार प्राप्त होतो. आसाममध्ये बस्तर जिल्ह्यात कोटामसार येथे असे भूरूप बघावयास मिळते. संयुक्त संस्थानच्या टेनेसी राज्यात १०० गुन्हा असून न्यू मेक्सिकोमध्ये कार्लस बॅंड ही जगप्रसिध्द गुहा आहे.



आकृती ४.११ : आर्टेशियन विहीर



आकृती ४.१२ : झरा व विहीर

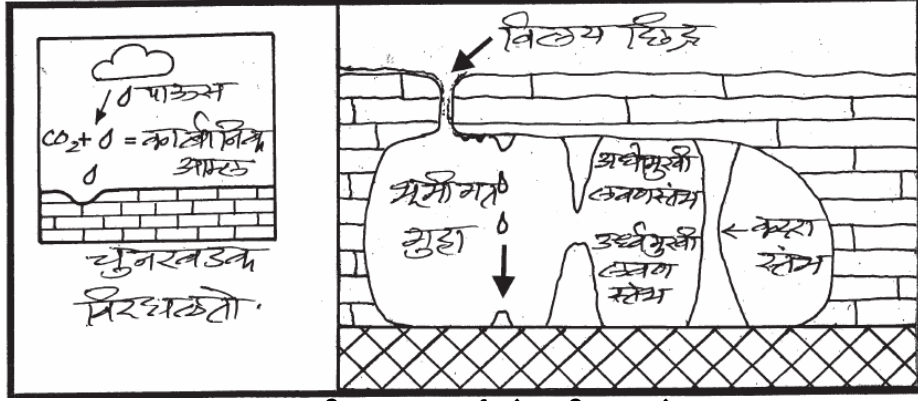
संचयन कार्यामुळे निर्माण होणारी भूरूपे

(१) **अधोमुखी लवण स्तंभ (Stalactite):** भूमिगत पाण्यामुळे जी गुहा निर्माण होते त्या गुहेमध्ये गुहेच्या छतावरून क्षार मिश्रीत पाणी टपकते व ज्या ठिकाणावरून पाणी टपकत राहते तेथे क्षार जमा होतात व क्षारापासून अधोमुखी स्तंभ तयार होतो.

(२) **उर्ध्वमुखी लवण स्तंभ (Stalagmite):** अधोमुखी लवणस्तंभ तयार होत असतानाच उर्ध्वमुखी लवण स्तंभ तयार होतात पाणी जेव्हा वरच्या भागाकडून खाली ज्या ठिकाणी टपकते तेथे क्षार जमा होतात व या क्षारापासून उर्ध्वमुखी लवण स्तंभ तयार होतात.

(३) **कदरास्तंभ (Pillar):** जेव्हा गुहेमध्ये वरील दोन्ही स्तंभ तयार होत असताना त्यांची लांबी वाढत जाते व ते एकमेकांना चिकटतात. एकमेकांना चिकटल्यावर जो स्तंभ तयार होतो त्यास कदरास्तंभ असे म्हणतात.

उदा. आंध्र प्रदेशामध्ये विशाखापट्टणमपासून ११२ कि. मी. अंतरावर अराकू दरीमध्ये अतिशय सुंदर असे लवण स्तंभ दिसून येतात. याच ठिकाणी अनंतगिरी पर्वताजवळ बोरा या टेकडीजवळ लवणस्तंभ आढळतात. या शिवाय महाराष्ट्रात वडगाव येथे लवणस्तंभ आढळतात. साधारणतः एक सें. मी. लवणस्तंभाच्या वाढीसाठी कमीत कमी १०० ते १५० वर्षांचा कालावधी लागतो.



आकृती ४.१३ कार्स्ट प्रदेशातील भूरूपे

४.६ समारोप

जमिनीवरून वाहणाऱ्या बर्फाच्या नदीमुळे - हिमनदीमुळे तयार झालेल्या विविध भूरूपांचा अभ्यास या प्रकरणात आपण केला. हा अभ्यास आकृत्यांच्या सहाय्याने केला तर चटकन लक्षात रहाते व संकल्पना पक्की होते.

पावसाचे पाणी जमिनीत झिरपते. त्याला भूमीगत पाणी असे संबोधले जाते. चुनखडीच्या प्रदेशात भूमीगत पाण्याच्या खनन व संचयन कार्यामुळे विविध भूरूपे तयार होतात. त्यांची माहिती आपल्याला या प्रकरणात मिळाली.

४.७ प्रश्न

प्रश्न १ खालील प्रश्नांची उत्तरे द्या.

- १) हिमनदीने तयार केलेल्या खननाच्या भूरूपांचे वर्णन करा.
- २) सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने हिमनदीने तयार केलेल्या संचयनाच्या भूरूपांचे वर्णन करा.
- ३) भूमीगत पाण्याच्या खनन व संचयन कार्यामुळे तयार होणाऱ्या विविध भूरूपांचे स्पष्टीकरण द्या.

प्रश्न २ टीपा द्या.

- | | |
|---------------------------------|---------------------|
| १) 'U' आकाराची दरी व लोंबती दरी | २) सर्क व गिरीशृंग |
| ३) मेषशीला | ४) हिमोढांचे प्रकार |
| ५) ड्रमलिन, एस्कर्स | ६) लवणस्तंभ |
| ७) भूमीगत गुहा | |



घटक - ५

वाऱ्याचे व सागरी लाटांचे कार्य

घटक संरचना :

- ५.० उद्दिष्टे
- ५.१ प्रस्तावना
- ५.२ वाऱ्याचे कार्य
- ५.३ वाऱ्याच्या कार्यामुळे तयार झालेली भूरूपे
- ५.४ सागरी लाटांचे कार्य
- ५.५ सागरी लाटांच्या कार्यामुळे तयार झालेली भूरूपे
- ५.६ समारोप
- ५.७ प्रश्न

५.० उद्दिष्टे

- वाऱ्यामुळे होणाऱ्या खनन, वहन व संचयानाचे स्वरूप समजून घेणे.
- वाऱ्याच्या खनन व संचयन कार्यामुळे तयार झालेल्या विविध भूरूपांचा अभ्यास करणे.
- सागरी लाटांमुळे होणाऱ्या खनन, वहन व संचयनाचे स्वरूप समजून घेणे
- सागरी लाटांच्या खनन व संचयन कार्यामुळे तयार झालेल्या विविध भूरूपांचा अभ्यास करणे.

५.० प्रस्तावना

वाऱ्याचे कार्य : वाळवंटी प्रदेशात वाऱ्याचे कार्य प्रभावी स्वरूपाचे असते. वाळवंटी प्रदेशात वार्षिक बाष्पीभवनाचा वेग वार्षिक पर्जन्यापेक्षा अनेक पटीने जास्त असतो. त्यामुळे येथील हवा ही कोरडी असते. कोरडया हवेत खडकांची प्रामुख्याने कायिक विदारण प्रक्रिया घडून येते. वाळवंटी प्रदेशात पाण्याच्या अभावाने वनस्पती जवळजवळ नसतात. वनस्पतीच्या अभावाने वाऱ्याची लहानशी झुळूकसुध्दा माती व रेतीला वाहून नेते. भूपृष्ठात बदल घडविणाऱ्या बाह्यशक्तिच्या कारकांमध्ये वारा हा सुध्दा हा महत्त्वाचा कारक आहे. उष्ण वाळवंटी प्रदेशात वाऱ्याकडून भूपृष्ठाची झीज होत असते.वाऱ्याचे कार्य प्रामुख्याने ओसाड वाळवंटी प्रदेशातच आढळते. जगाचा सुमारे ३०% भूभाग ओसाड वाळवंटी प्रदेशाने व्यापलेला आहे. उष्ण कटिबंधातील विषुववृत्ताच्या उत्तरेस व दक्षिणेस २० व ३० अक्षवृत्ताच्या दरम्यान असे उष्ण ओसाड प्रदेश आहेत. आफ्रिकेच्या वायव्य भागातील मोरोक्कोपासून भारताच्या वायव्ये पर्यंत जगातील सर्वात मोठा वाळवंटी पट्टा पसरला आहे. या पट्टयात सहारा वाळवंटे समशितोष्ण कटिबंधात आहेत. ज्या ठिकाणी

वार्षिक सरासरी २० से.मी. पेक्षा कमी पाऊस पडतो तो प्रदेश ओसाड वाळवंटी व जेथे वार्षिक सरासरी २० ते ४० से.मी. इतका पाऊस पडतो. तो प्रदेश निमओसाड वाळवंटी म्हणून ओळखला जातो. अनेक खंडाच्या पश्चिम भागात जगातील प्रमुख वाळवंटे पसरलेली आढळतात.

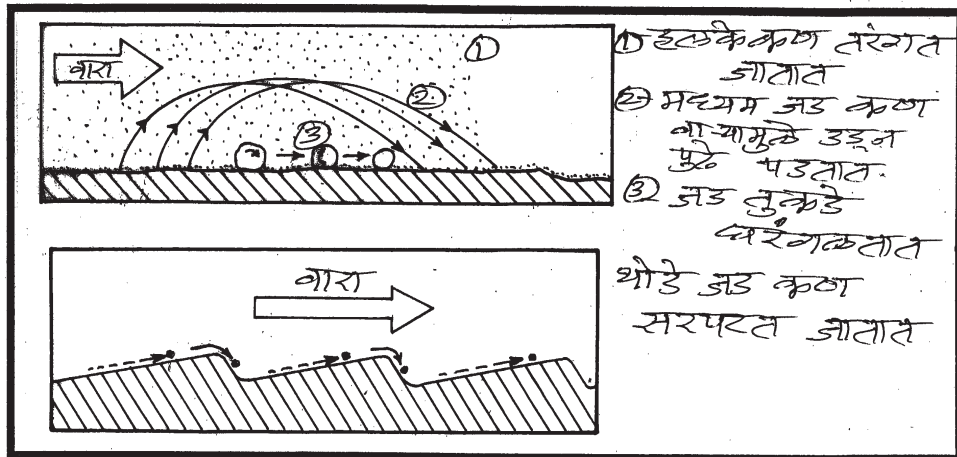
रूक्ष ओसाड प्रदेशात अत्याधिक तापमान असते. अत्याधिक तापमानामुळे दिवसा खडक प्रसरण पावतात व रात्री तापमान कमी झाल्याने ते आकुंचन पावतात. प्रसरणाच्या व आकुंचनाच्या क्रियेमुळे खडकाची तूटफूट होऊन कालांतराने त्याचे बारीक मातीत व रेतीत रूपांतर होते. या रेतीच्या सहाय्याने वारा आपले कार्य करतो. वारा प्रामुख्याने खनन, वहन व भरण असे तीन प्रकारचे कार्य करतो.

५.२ वाऱ्याचे कार्य

वाऱ्याचे खनन (अपक्षय) कार्य: वाऱ्यापासून होणारे खनन कार्य प्रामुख्याने यांत्रिक स्वरूपाचे असते. वाळवंटातून वारा वाहत असताना त्याच्या बरोबर धुळीचे कण व वाळूचे लहानमोठे तुकडे सुध्दा असतात. या पदार्थांच्या सहाय्याने वारा खननाने कार्य करतो. पण वाऱ्याचे हे खनन कार्य सर्वत्र सारखे नसते. कारण वाऱ्याचे खनन कार्य पुढील दोन गोष्टींवर अवलंबून असते.

(१) **वाऱ्याचा वेग:** वाऱ्याच्या गतीवर वाऱ्याबरोबर वाहत जाणाऱ्या पदार्थांचे प्रमाण अवलंबून असते. वेगाने वाहणाऱ्या वाऱ्याबरोबर निरनिराळे पदार्थ एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी वाहून नेले जातात. त्यामुळे खननाची क्रिया मोठ्या प्रमाणात होते. याउलट वारा मंदगतीने वाहत असल्यास खननाचे कार्य कमी प्रमाणात होते.

(२) **वाऱ्याबरोबर वाहत जाणाऱ्या पदार्थांचे स्वरूप:** वाऱ्याबरोबर वाहत जाणारे पदार्थ जड व अणकुचीदार असतील तर त्या पदार्थांच्या आघातामुळे भूपृष्ठाची मोठ्या प्रमाणावर झीज होते. अर्थात ही गोष्ट देखील वाऱ्याच्या गतीवरच अवलंबून असते. त्यामुळे दोन्ही गोष्टी एकाच वेळी कार्य करित असतील तर वाऱ्याच्या घर्षण कार्याला मदत होते.

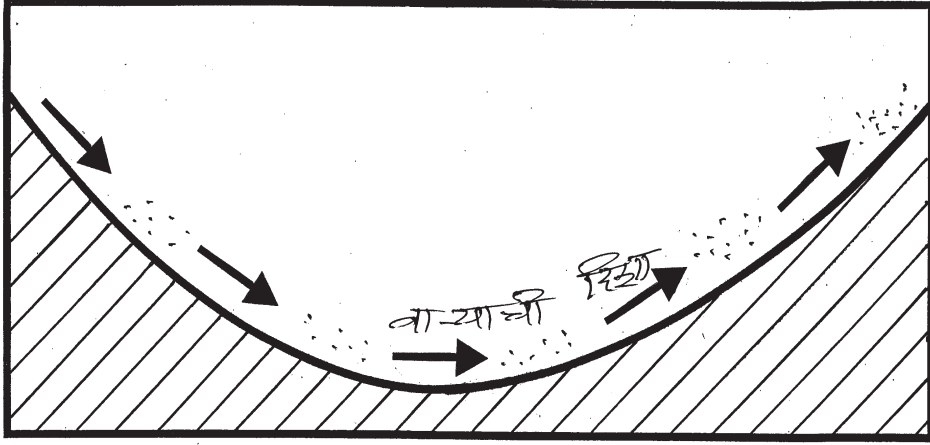


आकृती ५.१ : वाऱ्यामुळे होणारे वहन

५.३ वाऱ्याच्या कार्यामुळे तयार झालेली भूरूपे

रूक्ष प्रदेशातील वाऱ्याच्या खनन(अपक्षय) कार्यामुळे निर्माण होणारी भूमीस्वरूपे वारा वाहत असताना वाऱ्याबरोबर खडकांचे तुकडे, रेती, माती इत्यादी पदार्थ वाहत जातात. त्यामुळे भूपृष्ठाची झीज होऊन त्यापासून पुढील भूमीस्वरूपे निर्माण होतात.

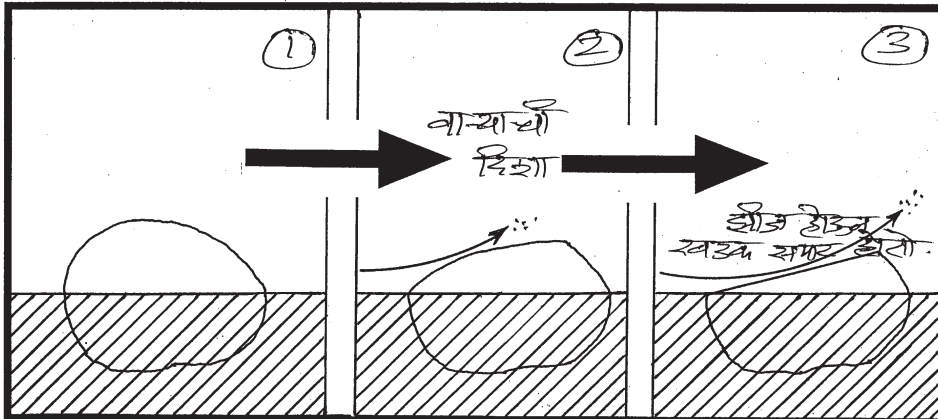
(१) **गर्त किंवा खळगे (Blowout or Deflated Hollows):** वाळवंटात दिवसा तापमान खूप असते. त्यामुळे दिवसा तेथील खडक प्रसरण पावतात. रात्री वाळवंटात तापमान कमी असते. त्यामुळे खडक आकुंचन पावतात. प्रसरणाच्या व आकुंचनाच्या क्रियेमुळे खडकांची तुटफूट होते. खडकांचे तुकडे वाऱ्याबरोबर दूर वाहून नेले जातात. त्यामुळे वाळवंटात खळगे तयार होतात. यांनाच गर्त म्हणतात.



आकृती ५.२ : गर्त किंवा खळगे

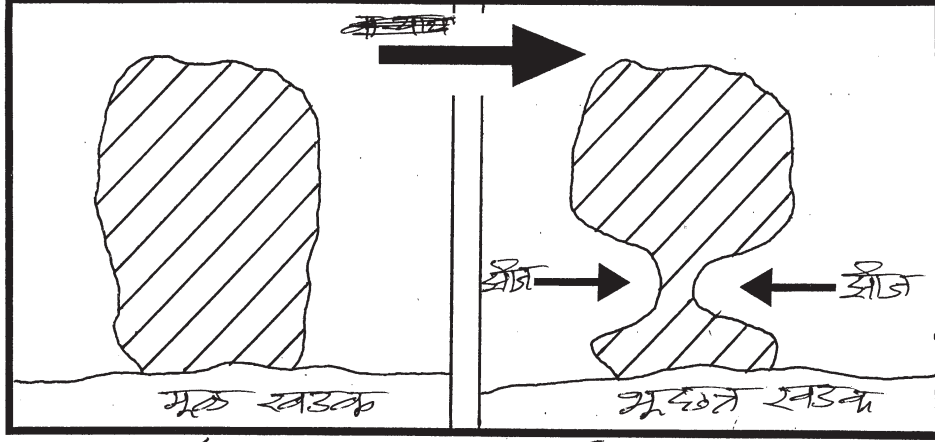
(२) **वातघृष्ट (Ventifact):** वाळवंटात वाऱ्याच्या वाहत येणाऱ्या वाळू व खडकांच्या कणांच्या घर्षणामुळे खडकांच्या (दागडोट्यांची) तुकड्यांची झीज होवून त्यांचे पृष्ठभाग गुळगुळीत होतात. या खडकांच्या तुकड्यांना वातघृष्ट (Ventifact) असे म्हणतात. यांना कोणताच आकार नसतो.

कधी कधी वाळवंटात वारा चोहो बाजूंनी वाहत असेल तर अशावेळी खडकांच्या तुकड्यांचे तिन्ही भाग झिजून त्यांना त्रिकोणासारखा आकार प्राप्त होतो. त्यांना **त्र्यनिक (Dreikanters)** असे म्हणतात. उदा. सहारा वाळवंटात याप्रकारे पुष्कळ त्रिकोणी खडक आढळतात.



आकृती ५.३ : वातघृष्टची निर्मिती टप्पे

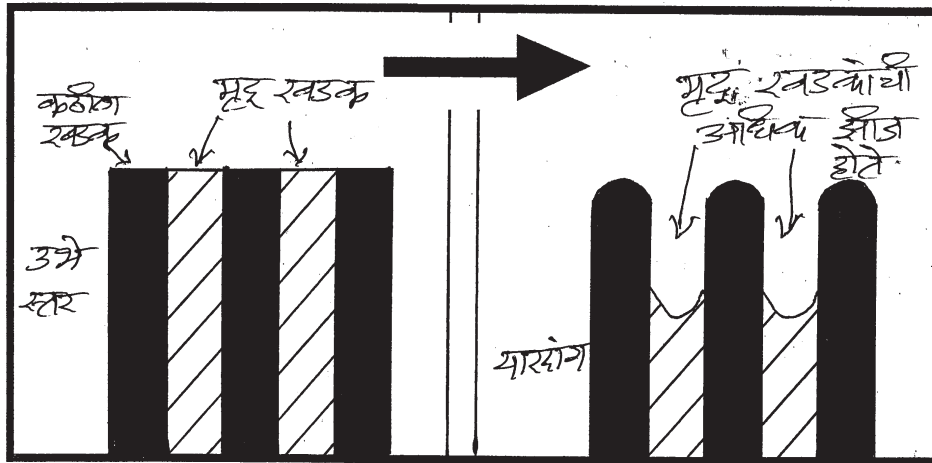
(३) **भूछत्र खडक (Mushroom Rock):** वाळवंटातील खडकावर चोहोबाजूंनी वारा वाहत येऊन खडकांची झीज करतो. तेव्हा भूछत्र खडकांची निर्मिती होते. वाळवंटातील असणारे उंचवटे किंवा खडक यांच्यातील थरात वरचे थर कठीण व खालचे थर मृदु प्रकारचे असतील तर खालच्या थरात झीज होऊन खडकांना (आळंबी) सारखा आकार प्राप्त होतो. यांनाच **भूछत्र खडक** म्हणतात.



आकृती ५.४ भूछत्र खडक

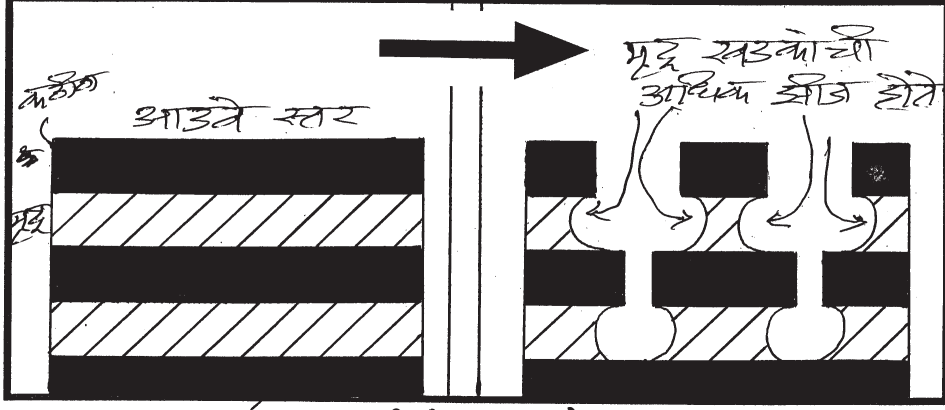
वाळवंटात अशा खडकावर खनन क्रिया सतत चालू राहिल्यास खडकाच्या तळाजवळील भाग बारीक होतो व वरचा भाग कमी झिजून छत्रीचा आकार प्राप्त होतो. अशा प्रकारच्या भूआकाराला भूछत्र खडक म्हणतात. बहुतेक वाळवंटात हा प्रकार आढळतो.

(४) **यारदांग (Yardang):** वाळवंटात कठीण व मृदू खडकांचे थर भूपृष्ठाला लंबरूप (उभे) असतील तर वाऱ्याच्या खनन कार्यामुळे मृदू खडकांची कठीण खडकांपेक्षा अधिक झीज होते व यारदांग या भूरूपाची निर्मिती होते.



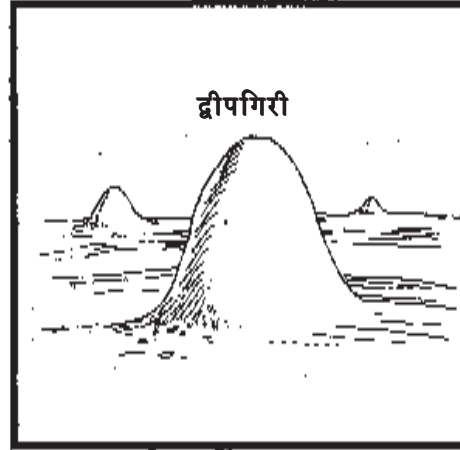
आकृती ५.५ यारदांग

(३) **इयुजेन(Zeugen):** वाळवंटी भागात एखाद्या ठिकाणी कठीण खडक व मृदू खडकाचे थर भूपृष्ठाला समांतर व एकमेकांवर असतात. जर कठीण खडकाचा थर मृदू खडकावर असेल तर मृदू खडकांची झीज खनन क्रियेमुळे होऊन इयुजेन भूरूपाची निर्मिती होते.



आकृती ५.६ : इयुजेन

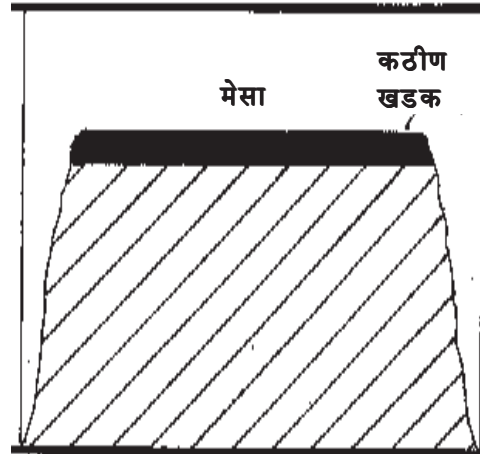
(५) **द्वीपगिरी(Inselberg):** इन्सेलबर्ग हा जर्मन भाषेतील शब्द असून याचा अर्थ पर्वत, द्वीप, द्विपीय पर्वत असा होतो. वाळवंटात ग्रॅनाइट व निससारख्या खडकांची झीज होऊन त्याचे माथे गोलाकार होतात व उतार तीव्र असतो. वाळवंटी प्रदेशातील वाऱ्याच्या खनन क्रियेत मृदू खडकाचे खनन लवकर होते. परंतु कठीण खडक एका अविशिष्ट टेकडीप्रमाणे दिसतात. यांनाच वातनिर्मित **द्वीपगिरी** म्हणतात.



आकृती ५.७

वाळवंटात पडणारा थोडा पाऊस व वारा यांच्या संयुक्त क्रियेने असे उंचवटे तयार होतात. अशी भूरूपे कलहारी वाळवंट, नायजेरिया, युगांडा व ऑस्ट्रेलियन वाळवंटात आढळतात.

(६) **मेसा(Mesa):** मेसा हा स्पॅनिश शब्द आहे. याचा अर्थ टेबल असा होतो. वाळवंटाच्या काही भागांत कठीण मऊ खडकांचे आडवे थर असतात. अशा भागात घळ्या निर्माण झालेल्या असतात. वाऱ्याच्या घर्षण कार्यामुळे अशा भागातील वरील कठीण खडकांची झीज होत नाही. पण अशा भागाच्या आजूबाजूस घळ्या निर्माण



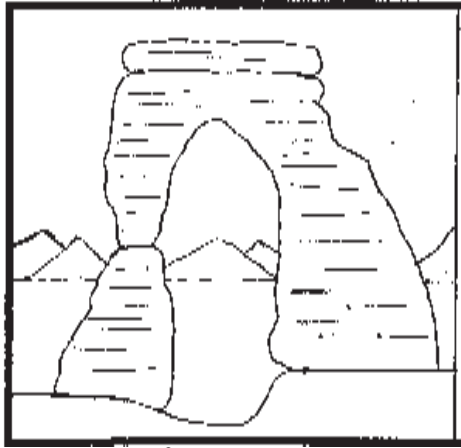
आकृती ५.८

झालेल्या असल्याने त्यांची वाऱ्यांच्या घर्षण कार्याने झीज होते. हा भाग चौकोनी टेबलसारखा दिसतो. यालाच **मेसा (Mesa)** म्हणतात. मेसाच्या बाजू तीव्र उताराच्या असतात.

(७) **मृत्तिका स्तंभ(Earth Pillar) (भूस्तंभ)**: वाळवंटात जेथे मऊ खडकावर कठीण खडकाचा भाग असतो, तेथे वाऱ्याच्या खनन कार्यामुळे मऊ खडकाची झीज होऊन त्यास खांबाचा आकार प्राप्त होतो. कालांतराने या खांबाच्या शिरोभागी असलेल्या खडकाची झीज होऊन त्यास साधारण गोल आकार प्राप्त होतो. हा कठीण खडकाचा भाग माणसाच्या डोक्याला फेटा बांधल्याप्रमाणे दिसतो. या खांबाची उंची १० मीटर्स पर्यंत असते. यांनाच **मृत्तिका स्तंभ** किंवा **भूस्तंभ** म्हणतात. फ्रान्सच्या शुष्क प्रदेशात असे मृत्तिका स्तंभ आढळतात.

(८) **नक्षीदार दगड(Stone Lattice)**: वाऱ्यात असणारे वाळूचे कण खडकावरून घासतात व खडकावर एक प्रकारची नक्षी तयार होते. म्हणून त्यास (Stone Lattice) म्हणतात.

(९) **खडक गवाक्ष(Rock Window)**: व **खडक सेतू(Rock Bridge)**: वाऱ्याच्या

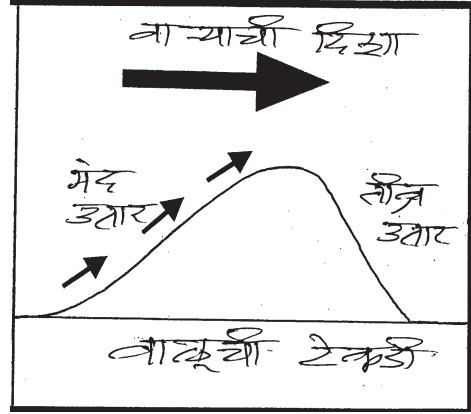


आकृती ५.९ : खडक गवाक्ष

मार्गातील उंचवटे, खडक वा मृदास्तंभात खोलगट भाग निर्माण होतात. कालांतराने त्याचे आरपार छिद्रात रूपांतर होते. त्यास खडक गवाक्ष म्हणतात. अशा खडकांचे वा उंचवट्यांचे तळाच्या बाजूने छिद्र मोठे झाल्यास वरचा भाग कमानीसारखा बनतो. ही कमान पुलासारखी दिसते. त्याला खडक सेतू म्हणतात. या सेतूखालून रस्ताही तयार केला जातो. उदा. अमेरिकेतील उटाह राज्यातील रेनब्रो ब्रिज अशाच प्रकारचा आहे. अलबामा भागात असे पूल आहेत.

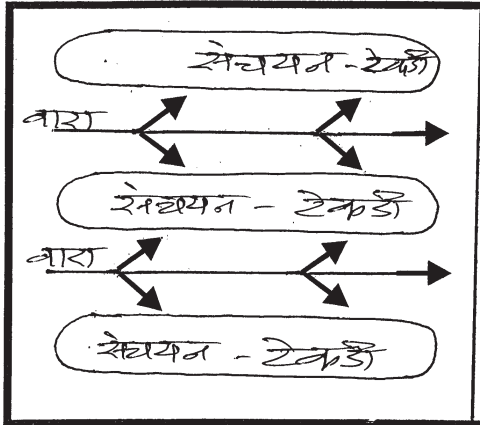
रूक्ष प्रदेशातील वाऱ्याच्या संचयन कार्यामुळे निर्माण होणारी भूमीस्वरूपे घर्षण कार्यामुळे भूपृष्ठाची झीज होऊन निर्माण झालेले सूक्ष्म कण दगडाचे तुकडे वारा एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी वाहून नेतो. ज्या ठिकाणी वाऱ्याचा वेग मंदावतो किंवा वाऱ्याच्या मार्गात झुडुपे किंवा अन्य अडथळा आल्यास त्या ठिकाणी पदार्थाचे संचयन होते. अशा संचयनामुळे पुढील भूमीस्वरूपे निर्माण होतात.

(१) **वालुकगिरी किंवा वाळूच्या टेकड्या(Sand Dunes):** वाळवंटातून वेगाने वाहणाऱ्या वाऱ्याबरोबर वाळू एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी वाहून नेली जाते. या वाऱ्याच्या मार्गात झुडुपे किंवा खडकांचे उंच भाग आडवे आल्यास त्या ठिकाणी वाऱ्याबरोबर वाहत जाणाऱ्या वाळूचे संचयन होऊ लागते. या प्रकारे वाळूचे संचयन होऊन तेथे वाळूच्या टेकड्यांची निर्मिती होते. यांनाच वालुकगिरी किंवा वाळूचे स्तूप म्हणतात.



आकृती ५.१०

(२) **लंबाकृती किंवा पवनानुवर्ती वाळूच्या टेकड्या (Longitudinal or Seif Dunes):** या टेकड्या वाऱ्याच्या दिशेस



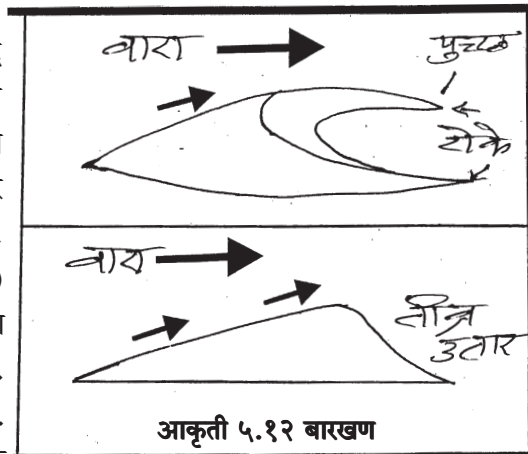
आकृती ५.११ पवनानुवर्ती वाळूच्या टेकड्या

समांतर लांब व अरुंद अशा निर्माण होतात. वाळवंटात जास्त वेगाने वाहणाऱ्या वाऱ्यामुळे यांची निर्मिती होते. या टेकड्यांना सैफ ड्युन (Seif dunes) असेही म्हणतात. यांची उंची सुमारे १००मी. तर लांबी ८० कि.मी. पर्यंत आढळून येते. उदा. राजस्थानात शहागडच्या पश्चिमेस तसेच सहारा वाळवंटात या टेकड्या आढळतात.

(३) **बारखण (Barkhan):** चंद्राकृती वाळूच्या टेकड्या(Barkhan) वाऱ्याच्या दिशेची काटकोनात अशी यांची वाढ होते. या टेकड्या मध्यभागी फुगीर बहिर्वक्र व एका बाजूस अंतर्वक्र

उताराच्या असून दोन्ही टोकांना निमुळत्या होत गेलेल्या असतात. यांच्या टोकांना पुच्छ(Horns) असे म्हणतात.

या टेकड्यांची वाऱ्याकडील बाजू मंद उताराची व विरुद्ध बाजू शिघ्र उताराची असते. वारा मंद असून बारीक वाळूचा सतत व पुष्कळ पुरवठा होत असेल तर या अर्धचंद्राकृती टेकड्या तयार होतात. यांना (Sickle shaped sand dunes) असेही म्हणतात. तुर्कस्थानात अशा अर्धचंद्राकृती टेकड्या पुष्कळ आढळतात. तेथे त्यांना बारखण असे म्हणतात. बारखण वाऱ्याच्या दिशेने एकाला एक



आकृती ५.१२ बारखण

लागून साखळी सारखे तयार झालेले असतात. कधी कधी या प्रकारच्या दोन किंवा अधिक टेकड्या एकमेकांना मिळतात. त्यामुळे मध्यभागात टेकड्यांची उंची एकदम वाढते यावेळी पुरवठा कमी झाला व वाऱ्याचा वेग वाढला तर या टेकड्यांच्या उतारावर खोलगट भाग तयार होतात यांना (Blow out)असे म्हणतात. अशा प्रकारच्या बारखणाची उंची ३० मी. पेक्षा जास्त असते. वाळूचा सतत पुरवठा होत असेल तर बारखण आपल्या मूळ जागेतून पुढेपुढे सरकतात. त्यामुळे कधीकधी हिरवळीच्या जागा नष्ट होतात. बारखण कधी कधी एकमेकांपासून वेगळे तर कधी समूहात आढळतात. उदा. राजस्थानातील बारमेर परिसरात तसेच इराण, सहाराच्या वाळवंटी प्रदेशात बारखण आढळतात. त्यांची उंची २२० ते ३०० मी. लांबी ६ कि. मी. पर्यंत आढळते.

(४) **उर्मी चिन्हे (Ripple Marks):** वाऱ्याबरोबर वाहत येणाऱ्या माती व बारीक वाळूच्या संचयनाने अशी चिन्हे निर्माण होतात. अनेक वेळा माती व बारीक वाळूचे कमी अधिक प्रमाणात संचयन होते. या संचयनाचे दृश्य पाण्याच्या पृष्ठभागावरील जलतरंगाप्रमाणे असते. या संचयनाची उंची $\frac{1}{2}$ सें. मी. पर्यंत असते, यांनाच उर्मी चिन्हे म्हणतात. ही चिन्हे अस्थायी स्वरूपाची असतात. वेगाने वाहणाऱ्या वाऱ्यामुळे ही चिन्हे नाहिशी होतात.

(५) **लोएस(Loess):** वाऱ्याबरोबर वाहत येणाऱ्या अतिसूक्ष्म कणांनी वाऱ्याचा वेग कमी होतो आणि अतिसूक्ष्म कणांचे तेथे संचयन झाल्यावर कालांतराने या संचयनापासून मैदानांची निर्मिती होते. या मैदानाना लोएस मैदाने असे म्हणतात. लोएस म्हणजे मऊ पिवळसर अत्यंत बारीक माती. लोएसचे कण ०.०२ मी. मी. पेक्षा कमी व्यासाचे असतात. ते सच्छिद्र असून पाणी धरून ठेवण्याचा त्यांचा गुणधर्म असतो. लोएस मातीच्या संचयनाची जाडी १५ ते ३० मी. पर्यंत आढळते.

चीनच्या उत्तर भागात होयाँगहो खोऱ्यात व शान्सी प्रांतात जगातील मोठा लोएस प्रदेश आहेत. याचे क्षेत्र सुमारे ६ लाख चौ. कि. मी. असून याची जाडी १०० मी ते १०००मी. पर्यंत आहे. तसेच अमेरिकेतील मिसिसिपी, मिसूरी खोऱ्यात, मध्य बेल्जियम, ईशान्य व पूर्व फ्रान्स इ. ठिकाणी लोएसचे प्रदेश आढळतात. मातीतील अॅल्युमिनिअम, सिलिका, अभ्रक, क्वार्ट्ज, फेल्डस्पार इ. घटक असतात. त्यामुळे अशा भागात लोकवस्ती दाट आढळते.

(६) **वायुजन्य पठारे:** वाळवंटातून वाऱ्याबरोबर वाहत जाणाऱ्या सूक्ष्म मातीच्या कणांचे एखाद्या भागात हजारो वर्षे संचयन होऊन काही वेळा पठारे निर्माण होतात. यांनाच वायुजन्य पठारे किंवा लोएस पठारे म्हणतात. उत्तर चीनमधील होयाँगहोच्या खोऱ्यातील लोएस पठार व पाकिस्तानातील पोटवारचे पठार ही पठारे अशाच प्रकारे तयार झालेली आहेत.

५.४ सागरी लाटांचे कार्य

सागरी लाटा: पृथ्वीचा सुमारे ७१% भाग जलाशयाने व्यापलेला आहे. सागर देखील एक कारक असून त्याचे कार्य सागरी किनाऱ्यापर्यंत मर्यादित असते. भरती-

ओहोटी, समुद्रप्रवाह यांच्यामार्फत सागराचे अपरक्षण कार्य होते तर सागरी लाटाचे कार्य नदी, हिमनदी, वारा यांच्या कार्यापेक्षाही अधिक प्रभावी असते.

भूमी आणि समुद्र ज्या भागात एकमेकांना येऊन मिळतात. त्या भागास समुद्रकिनारा म्हणतात. (The term coast is conveniently used to indicate the zone of contact between land and sea) या शब्दात एफ. जे मॉकाउसने समुद्रकिनाऱ्याची व्याख्या केली.

समुद्रकिनाऱ्यावरील लाटाचे कार्य : समुद्रकिनाऱ्याच्या स्वरूपात परिवर्तन घडवून आणण्याच्या कार्यात लाटाचे कार्य महत्त्वाचे असते. समुद्रकिनाऱ्यावर पडणारा लाटांचा प्रभाव हा लाटांच्या शक्तिवर अवलंबून असतो. समुद्रकिनाऱ्यावर लाटा जितक्या वेगाने आदळतात तितक्याच जास्त प्रमाणात समुद्रकिनाऱ्याच्या स्वरूपात परिवर्तन घडून येते. लाटांच्या कार्यावर खालील बाबींचा प्रभाव पडतो.

(१) **किनाऱ्यावरील खडकांची रचना:** किनाऱ्यावरील खडक जर मृदू असतील तर लाटांच्या आघातामुळे किनाऱ्याचे क्षरण वेगाने घडून येते. कठीण खडकांपासून बनलेल्या किनाऱ्यावर या प्रकारची क्रिया मंद गतीने होते.

(२) **किनाऱ्यावरील खडकांच्या थरांचा क्रम:** खडकांचे थर जर उभे असतील तर लाटांचे कार्य मंद गतीने घडून येते. जर खडकांचे थर आडवे असतील तर लाटाचे कार्य जलदगतीने होते.

(३) **खडकांच्या थरांची कलण्याची दिशा:** खडकांचे थर परस्परांना समांतर व आडवे असतील आणि ते समुद्राकडे कललेले असतील तर अशावेळी किनाऱ्यावर लाटांच्या आघातामुळे क्षरणाची क्रिया जलद गतीने घडून येते. याउलट खडकांचे थर विरुद्ध बाजूला झुकले असतील तर क्षरणाची क्रिया मंद गतीने घडून येते.

(४) **लाटांचा वेग व दिशा:** क्षरणाचे कार्य, लाटांचा वेग व दिशा या वर अवलंबून असते. जर लाटांचा वेग जास्त असेल व त्या किनाऱ्यावर लाटा जर सरळ दिशेने आघात करत असतील तर अशावेळी किनाऱ्याचे मोठ्या प्रमाणात क्षरण होते. याउलट लाटा कमी वेगाने व तिरप्या दिशेने किनाऱ्यावर आघात करत असतील तर किनाऱ्यावरील खडकांचे क्षरण कमी प्रमाणात होते.

(५) **लाटाबरोबर वाहून येणारे पदार्थ:** लाटांबरोबर वाहत येणारे पदार्थ जर जास्त असतील व ते पदार्थ ओबडधोबड असतील तर लाटांकडून किनाऱ्यावरील क्षरण कार्य फार मोठ्या प्रमाणात घडून येते. याउलट लाटाबरोबर वाहत येणारे पदार्थ जर कमी असतील व ते पदार्थ ओबडधोबड नसतील तर लाटांकडून किनाऱ्यावरील क्षरणकार्य कमी प्रमाणात घडून येते.

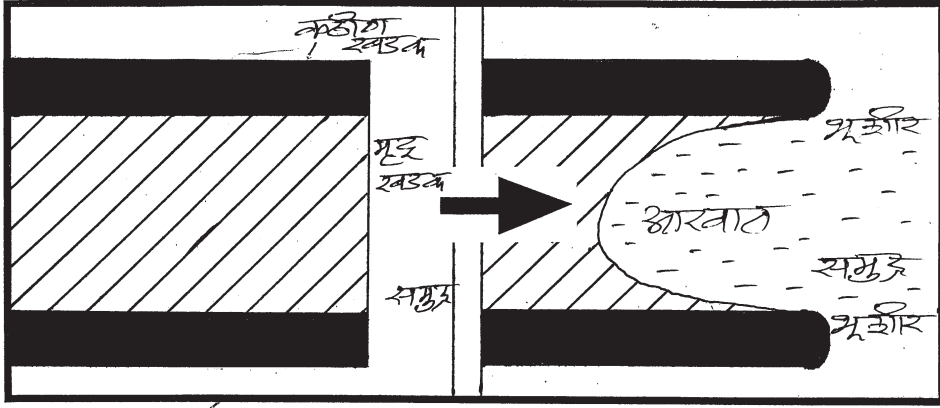
सागरी लाटांचे क्षरण कार्य : समुद्रकिनाऱ्यावर फुटणाऱ्या लाटामुळे क्षरणकार्य घडते. समुद्रकिनाऱ्यावर आपटणाऱ्या लाटा या फार शक्तीशाली असतात. या प्रचंड शक्तीच्या लाटामुळे समुद्रकिनाऱ्यावरील भागात खडक झिजतात व त्याचे तुकडे होतात. त्यातुन

निरनिराळे भूआकार निर्माण होतात.

५.५ सागरी लाटांच्या कार्यामुळे तयार झालेली भूरूपे

समुद्र लाटांच्या क्षरणकार्यामुळे निर्माण होणारे भूआकार/भूविशेष : समुद्र लाटांच्या क्षरणकार्यामुळे खालील भूआकार निर्माण होतात. (१) आखात व भूशिर (२) अर्धवर्तुळाकार खळगे(कोव्हेज) (३) समुद्र कडा (४) सागरी गुहा (५) समुद्रतटीय कमानी व स्तंभ (६) तरंगघर्षी चबुतरा

(१) **आखात व भूशिर (Bay and Promontaries):** सागरकिनाऱ्यावरील भूभाग मृदू व कठिण खडकांच्या थरांनी बनलेला असल्यास लाटांच्या निरंतर आघाताने मृदू खडकांची जास्तीत जास्त झीज होते. कालांतराने झिजेमुळे या भागात सागराचे पाणी जमीनीत आत शिरल्यासारखे दिसते. अशा भूदृश्याला आखात असे म्हणतात.



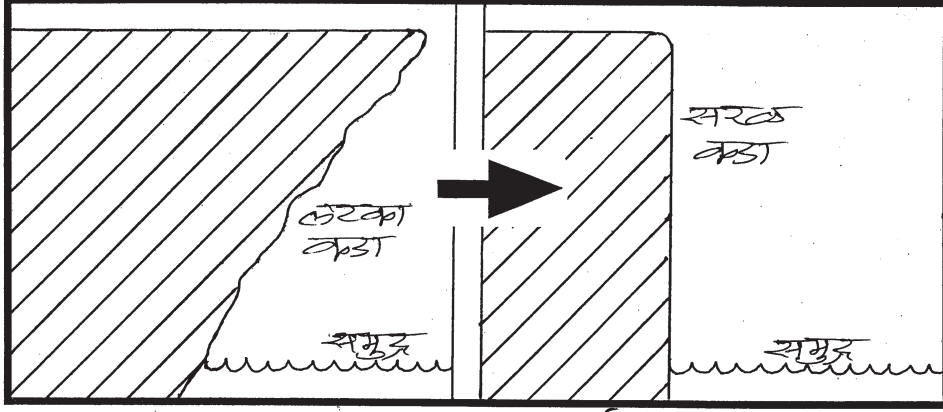
आकृती ५.१३ : आखात व भूशिर

सागरकिनाऱ्यावरील कठीण खडकांची झीज मात्र फारशी होत नसल्याने अशा खडकांचे लांबट आकाराचे भाग सागराच्या आत शिरल्यासारखे दिसतात. यांस **भूशिर** असे म्हणतात.

(२) **समुद्रकडा (Sea Cliff):** सागरकिनाऱ्याचा भाग एकाच प्रकारच्या खडकांनी बनलेला असेल तर त्यावर लाटांचा मारा एकसारखा होऊन उभ्या भिंतीसारखा भाग तयार होतो. यालाच **समुद्रकडा** असे म्हणतात.

लाटांच्या आघातामुळे कड्याच्या पायथ्याशी झिज अधिक प्रमाणात होते. मात्र त्यावरील झिजलेला भाग समुद्राकडे कललेला असल्यासारखा वाटतो. त्यास लटककडा असे म्हणतात. कालांतराने लटकत्या आधार नष्ट झाल्याने कडा कोसळतो. व पुन्हा सरळ कडा तयार होतो. श्रीवर्धन-हरिहरेश्वर व रत्नागिरीच्या किनारपट्टीवर असे कडे आहेत.

(३) **सागरी गुहा (Sea Caves) व नैसर्गिक चिमणी (उभे छिद्र) (Blow Holes)/ Natural Chimaneys:** सागरीकिनाऱ्यावरील खडकांवर लाटांच्या निरंतर आघातामुळे खडकांच्या पायथ्याशी झीज जास्त होऊन प्रथम तेथे खोल खड्डा तयार होतो. या खोल

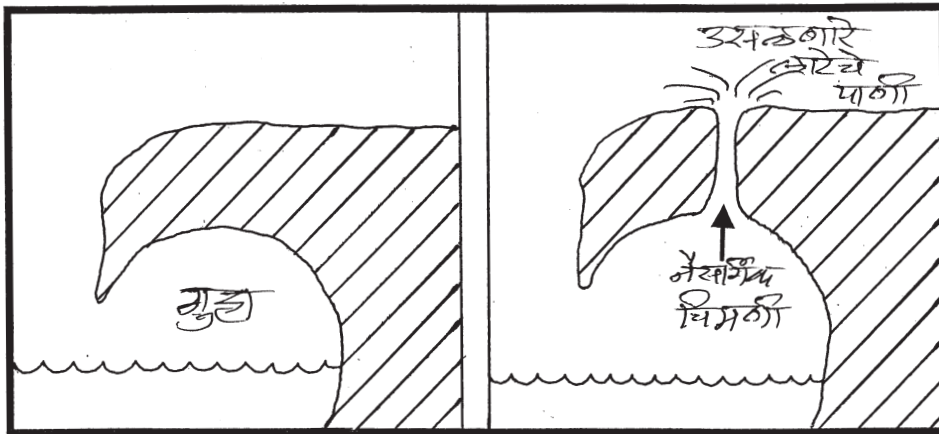


आकृती ५.१४ : समुद्र कडा

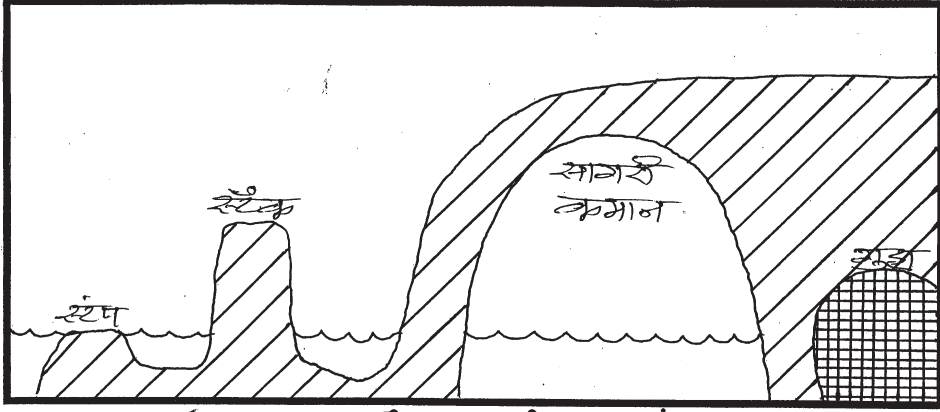
खड्डयात लाटांचे पाणी भोवऱ्याप्रमाणे चक्राकार फिरू लागतो. यामुळे कपारीचा/ खड्डयाचा भाग विशाल होऊन गुहाची निर्मिती होते. रत्नागिरी येथे सुमारे ७० मीटर लांबीची गुहा आहे.

सागर किनाऱ्यावरील गुहेचा पूर्णपणे विकास झाल्यावर जेव्हा लाटांचे पाणी गुहेत प्रवेश करते तेव्हा गुहेतील हवेवरील दाब वाढल्याने ती हवा गुहेतून बाहेर पडण्याचा प्रयत्न करते. त्यामुळे त्या कोंडलेल्या हवेच्या प्रचंड दाबामुळे गुहेच्या छताला आरपार छिद्र पडते व त्या छिद्रातून कोंडलेली हवा जोराने बाहेर पडते. त्या गुहेच्या छिद्राला उभे छिद्र/ नैसर्गिक चिमणी असे म्हणतात. काही भागातही छिद्रे शेकडो मिटरस असतात.

(४) सागरी कमानी व स्तंभ(Sea arches and Stacks): समुद्रकिनाऱ्यांवरील खडकांचा भाग समुद्रापर्यंत पसरलेला असेल अशा भागात जर मृदू व कमकुवत खडकांचे भाग असतील तर ते लाटांच्या आघातामुळे झिजून नाहीसे होतात व त्या भागात संपूर्ण खडकांवर आरपार विस्तिर्ण असे छिद्र पडते. लाटांच्या आघातामुळे या छिद्राजवळील खडकाचे भाग नाहीसे होऊन छिद्र अधिकच विस्तिर्ण होत जाते. अशा छिद्रामुळे शिल्लक राहिलेला खडकाचा भाग कमानीसारखा दिसतो. याला सागरी कमानी असे म्हणतात.



आकृती ५.१५ : सागरी गुहा व नैसर्गिक चिमणी

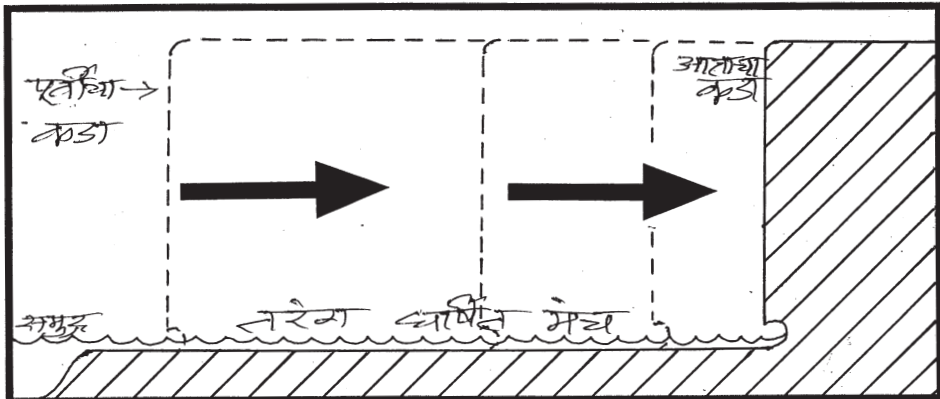


आकृती ५.१६: सागरी कमान व स्तंभ

लाटांच्या आघातामुळे या कमानीच्या छतावरील खडक विदीर्ण होतात व कालांतराने कमानीचे छत खाली कोसळते व कमानीच्या भिंतीचे भाग समुद्रात स्तंभासारखे उभे असतात. यांना सागरी स्तंभ असे म्हणतात. यात पाण्याखाली बुडालेल्या खडकाच्या स्तंभासारख्या भागाना **स्टॅम्प** म्हणतात व पाण्याच्या वर असलेल्या स्तंभासारख्या भागाना **स्टॅम्प** असे म्हणतात. उदा. स्कॉटलंडमध्ये मिडल आय नावाची कमान आहे. तर महाराष्ट्राच्या पश्चिम किनारपट्टीवरील डहाणू, मुरुड, गोवा व वेंगुर्ला येथे सागरी स्तंभ पहावयास मिळतात.

(५) **तरंग घर्षित मंच (Wave cut platform)**: सागरी लाटांच्या प्रहरामुळे किनाऱ्यावर समुद्रकडा निर्माण होते या समुद्रकड्यावर लाटाचा सतत आघात होत असल्यास कड्याच्या पायथ्याजवळ सागरी गुहा तयार होते. गुहेवरील छपराचा भाग सागरतळावर लटकत राहाते व त्याचा भर असह्य झाल्यास तो सागरात कोसळतो व किनारा मागे सरकतो. त्यामुळे समुद्र कड्याच्या पायथ्यापासून सागराकडे उतार असलेला चबुतरा निर्माण होतो. या चबुतर्याची निर्मिती लाटांच्या घर्षणामुळे होत असल्यामुळे त्याला तरंगघर्षित मंच/चबुतरा असे म्हणतात. स्कॉटलंडच्या पश्चिम किनाऱ्यावर या प्रकारचे किनारे आढळतात.

सागरी लाटांचे निक्षेप/संचयन कार्य: समुद्राच्या लाटांच्या आघातामुळे समुद्रकिनाऱ्यावरील खडकांची एकसारखी झीज होत असते. खडकांची उंची कमी होते व त्या भागात त्याचे संचयन होते असे पदार्थ समुद्रकिनाऱ्यावर किंवा समुद्राच्या उथळ

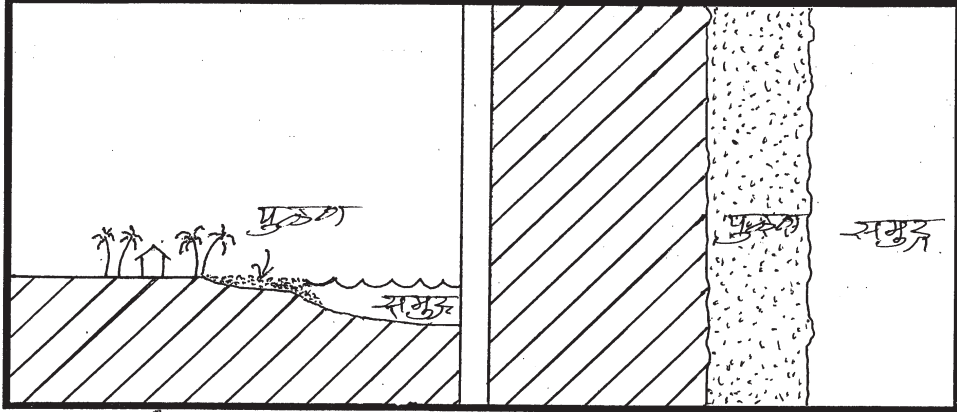


आकृती ५.१७ : तरंग घर्षित मंच व कडा

भागात साचतात. समुद्रकिनाऱ्याजवळील उथळ समुद्राच्या भागात पदार्थांच्या संचयनामुळे निरनिराळे भूआकार निर्माण होतात.

सागरी लाटांच्या संचयन कार्याने निर्माण होणारे भूविशेष/भूआकार: (१) तरंगनिर्मित चबुतरा/मंच (२) पुळण (३) वाळुचे दांडे (४) भूसंलग्न दांडा (५) टोंबालो (६) वलयाकार दांडे (७) सागरकिनारी वालुकागिरी

(१) **तरंगनिर्मित चबुतरा/मंच**(Wave built platform): लाटांच्या क्षरणकार्यामुळे तयार होणारे पदार्थ लाटांबरोबर समुद्राकडे वाहत येतात. यातील काही पदार्थ खोल समुद्रात वाहून जातात, तर काही पदार्थ उथळ समुद्राच्या तळभागावर जमा होतात. अशा रीतीने समुद्रकिनाऱ्यांचा जलमग्न भाग गाळाने भरून येतो. पदार्थांच्या सततच्या संचयनामुळे जलमग्न समुद्रकिनाऱ्याच्या भागाला चबुतर्यासारखा आकार प्राप्त होतो. याला तरंगनिर्मित **चबुतरा** असे म्हणतात.



आकृती ५.१८ : पुळण

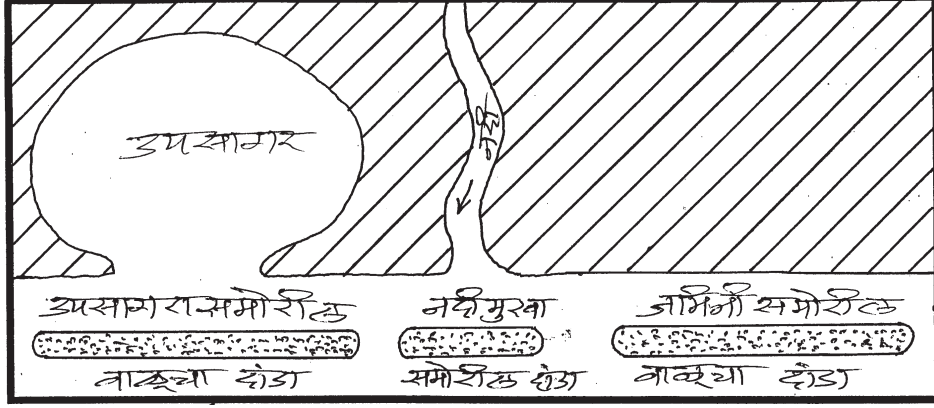
(२) **पुळण(Beaches):** समुद्र लाटांबरोबर वाहत येणारे पदार्थ समुद्राच्या उथळ भागात समुद्रकिनाऱ्याला लागून समांतर दिशेत साचतात या प्रकारच्या गाळाच्या संचयनाला **पुळण** असे म्हणतात. गाळाच्या अशा सतत संचयनामुळे पुळणीच्या भागाचा विस्तार होत जाऊन उथळ समुद्राचा भाग असा संचयनाने भरून येतो. त्यामुळे बहुतेक समुद्रकिनाऱ्यांना समांतर असे गाळाचे पट्टे तयार झालेले आढळतात. गोव्यातील कोलवा बीच व कलंगुट बीच प्रसिध्द आहेत. जगातील सर्वात मोठी पुळण ब्राझीलच्या दक्षिण किनाऱ्यावर आहे. या पुळणास लगे डॉस पॅटोस म्हणतात. याची लांबी १२५४ किमी आहे.

पुळणीचे प्रकार-(अ) लघु पुळण : जे पुळण आकाराने व विस्ताराने लहान असतात त्यांना लघुपुळण म्हणतात.

(ब) **अग्रखाडी पुळण:** उपसागराजवळ पुळणाची निर्मिती झाली असल्यास त्याला अग्रखाडी पुळण म्हणतात.

(क) **अर्धचंद्राकार पुळण:** जेव्हा लाटांचा वेग अधिक असतो तेव्हा आखतामधील पाण्याची खोली वाढते. झीजेतून मिळणाऱ्या पदार्थांचे प्रमाण विपुल असते अशावेळी

आखात किंवा उपसागराच्या किनाऱ्याजवळ विस्तृत निक्षेप होते हे निक्षेपण अर्धचंद्राकार असल्याने त्याला अर्धचंद्राकार पुळण असे म्हणतात

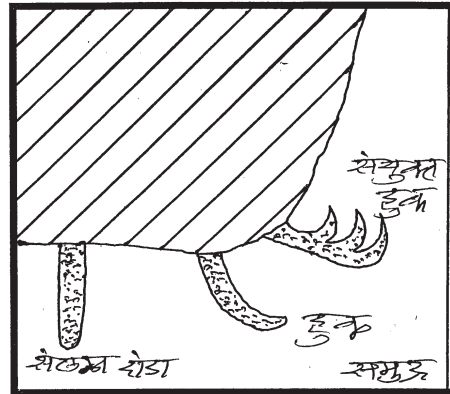


आकृती ५.१९: वाळूचे दांडे

(३) **वाळूचे दांडे (Barriers)**: समुद्रकिनाऱ्याजवळील उथळ समुद्रात लाटा फुटून त्यांच्याबरोबर वाहत आलेली वाळू व इतर पदार्थ समुद्राच्या उथळ भागात साचतात. ही क्रिया सतत सुरु राहिल्यास उथळ समुद्राच्या तळभागावर वाळूच्या संचयनाची उंची वाढत जाते व कालांतराने वाळूच्या संचयामुळे किनाऱ्याला समांतर अशा वाळूच्या दांड्यांची निर्मिती होते हे वाळूचे दांडे पाण्याबाहेर आल्यावर चिंचोळ्या बेटासारखे दिसतात. वाळूचे दांडे तयार झाल्यावर समुद्रकिनारा व वाळूचे दांडे यांच्या दरम्यानच्या भागात खाऱ्या पाण्याची लांबच लांब उथळ सरोवरे निर्माण होतात. या सरोवरांना **खाजण (Lagoon)** असे म्हणतात. भारतात ओरिसाच्या किनाऱ्यावर चिल्का व तमिळनाडूच्या किनाऱ्यावर **पुलकित** नावाची सरोवरे अशाच प्रकारची आहेत. महाराष्ट्राच्या सिंधुदूर्ग जिल्ह्याच्या किनारपट्टीवरील मालवणच्या दक्षिणेला देवबाग येथे सुमारे ५ कि.मी. लांबीचा वाळूचा दांडा तयार झाला आहे. या वाळूच्या दांड्यांवर लोकवस्ती आढळते.

(४) **भूसंलग्न दांडा (Spits)**: मुख्य भूभागाशी संलग्न असून सागराकडे वाढत गेलेल्या वाळूच्या दांड्याला **भूसंलग्न दांडा किंवा स्पिट** असे म्हणतात. सागरी लाटांबरोबर वाहणारे पदार्थ सागराच्या खोल भागात वाहत न जाता किनाऱ्याकडे येणाऱ्या लाटांमुळे ते पदार्थ खाडीच्या मुखासमोर व बाजूस साचतात. त्यामुळे **भूसंलग्न दांड्यांची** निर्मिती होते.

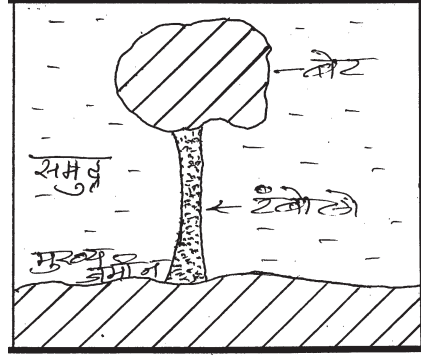
वाळूच्या सतत संचयनामुळे या वाकलेल्या टोकांचा विस्तार किनाऱ्याच्या दिशेने एक सारखा वाढत जातो. समुद्रकिनाऱ्याकडे झुकलेल्या अशा वाळूच्या दांड्यांना **हूक (Hook)** असे म्हणतात. काही भागात वाळूच्या मुख्या दांड्याला लंबवत स्थितीत पुष्कळसे लहान लहान फाटे फुटतात.



आकृती ५.२० : सलग्न वाळूचे दांडे

यातील प्रत्येक फाट्यांची टोकेही समुद्रकिनाऱ्याकडे वळलेली असतात. या फाट्यांचा आकार हाताच्या बोटासारखा दिसतो या प्रकारच्या वाळूच्या दांड्यांना **संयुक्त हुक**(Compound Hooks) असे म्हणतात.

(५) **टॉंबोलो(Tombolo)**: काही समुद्रभागात वाळूच्या दांड्यामुळे समुद्रातील बेटे मुख्य भूमीखंडाशी जोडली जातात. काही भागात जवळजवळ असलेली समुद्रातील दोन बेटे या प्रकारच्या दांड्यानी जोडली जातात. इटलीमध्ये अशा दांड्यांना **टॉंबोलो** असे नाव आहे. जिब्राल्टरच्या समुद्रधुनीत असे दांडे पहावयास मिळतात. तसेच रत्नागिरी येथील मिऱ्या नावाचे गाव ही अशाच प्रकारचे आहे.



आकृती ५.२१ : टॉंबोलो

(६) **वलयाकार दांडे (Bar Loops)**: काही ठिकाणी समुद्रकिनाऱ्यावर निर्माण होणाऱ्या वाळूच्या दांड्यांची समुद्राकडील टोके किनाऱ्याकडे वाकतात. कालांतराने या टोकांचा विस्तार वाढत जाऊन ती टोके समुद्रकिनाऱ्याला जाऊन मिळतात व अशा रीतीने वलयाकार दांड्यांची निर्मिती होते. यांना बार लूप्स असे म्हणतात.

(७) **सागरकिनारी वालुकागिरी(Coastal sand dunes)**: किनाऱ्यावर साचलेली वाळू वाऱ्यामुळे फेकली जाऊन वाळूच्या लहानमोठ्या आकाराच्या टेकड्या सागरकिनारी भागात तयार होतात. यांना **सागरकिनारी वालुकागिरी** असे म्हणतात. टेकड्यांची उंची २० ते ४० मीटरपर्यंत असते. काही किनाऱ्यावर टेकड्यांचे पट्टे आढळतात. फ्रान्स, बेल्जियम, डेन्मार्क, नेदरलँडच्या किनारी भागात वालुकागिरीचे पट्टे आढळतात.

५.६ समारोप

वाळवंटात वाऱ्याचे कार्य प्रभावी असते. वाऱ्याच्या खनन कार्यामुळे तयार झालेल्या विविध भूरूपांचा अभ्यास आपण या प्रकरणात केला. उदा. भूछत्र खडक, यारदांग, झ्युजेन, वातघृष्ट, खडक, गवास, सेसा इ. तसेच वाऱ्याच्या संचयन कार्यामुळे तयार होणाऱ्या विविध आकाराच्या/प्रकाराच्या टेकड्यांचा अभ्यासही आपण केला.

सागरी लाटांचे कार्य सागर किनाऱ्यापुरते मर्यादित असते. लाटांच्या सतत माऱ्यामुळे किनाऱ्यालगतच्या खडकांची झीज होऊन सागरी गुहा, कडा, भूशीर, स्तंभ, सागरी कमान यासारखे विविध भू आकार तयार होतात तसेच लाटांच्या संचयन कार्यामुळे वाळूचे दांडे, भूसंलग्न दांडे, टंबोला इ. तयार होतात त्यांचा अभ्यास आपण या प्रकरणात केला.

५.७ प्रश्न

प्रश्न १. खालील प्रश्नांची उत्तरे द्या.

१. वान्याच्या खनन कार्यामुळे तयार झालेल्या विविध भूरूपांचे स्पष्टीकरण द्या.
२. वान्याच्या संचयन कार्यामुळे तयार होणाऱ्या विविध भूरूपांचे वर्णन करा.
३. सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने सागरी लाटांमुळे निर्माण होणाऱ्या विविध भूरूपांचे स्पष्टीकरण द्या.

प्रश्न २. टीपा द्या.

१. भूछत्र खडक
२. यारदांग व झ्युडोन
३. वाळूच्या टेकड्या
४. सागरीकमान व गुहा
५. वाळूचे दांडे
६. भूशीर व आखात
७. टंबोलो
८. द्वीपगिरी



प्रथम वर्ष कला शाखेतील भूगोल अभ्यासक्रमांसाठी २०२०-२०२१ पासून
सत्रांतीपरीक्षेसाठी प्रश्नपत्रिकेचा सुधारित नमुना

परीक्षेचा कालावधी : ३ तास

एकूण गुण : १०० (प्रती सत्र)

सूचना :

- १) सर्व प्रश्न (प्रश्न क्र. १ ते ५) सोडविणे अनिवार्य आहे.
- २) आवश्यक ठिकाणी सुबक आकृत्या व आराखड्याचा वापर करा.
- ३) नकाशा पुरवणी मुख्य उत्तरपत्रिकेस जोडा.
- ४) उजवीकडील अंक पूर्ण गुण दर्शवितात.

प्र. १ कोणतेही एक प्रश्न सोडवा. (प्रकरण ५)	२० गुण
अ	
ब	
क	
प्र. २ कोणतेही दोन प्रश्न सोडवा. (प्रकरण १)	२० गुण
अ	
ब	
क	
प्र. ३ कोणतेही दोन प्रश्न सोडवा. (प्रकरण २)	२० गुण
अ	
ब	
क	
प्र. ४ कोणतेही दोन प्रश्न सोडवा. (प्रकरण ३)	२० गुण
अ	
ब	
क	
प्र. ५ कोणतेही दोन प्रश्न सोडवा. (प्रकरण ४)	२० गुण
अ	
ब	
क	

