महाराष्ट्र लोकसेवा आयोग आणि इतर स्पर्धा परीक्षांसाठी उपयुक्त

भूगोल संपूर्ण मार्गदर्शक

* प्राकृतिक भूगोल
* आर्थिक भूगोल
* महाराष्ट्राचा मानवी आणि सामाजिक भूगोल
* पर्यावरण भूगोलशास्त्र
* लोकसंख्या भोगूल
* रिमोट सेन्सिंग
* हवामान

STUDY CIRCLE PUBLICATIONS

भूगोल संपूर्ण मार्गदर्शक

प्रकाशक
©स्टडी सर्कल पब्लिकेशन्स प्रा. लि.

मुंबई :
१०२, पहिला मजला, डेक्कन विहार,
भवानी शंकर रोड, दादर (पश्चिम),
मुंबई - ४०००२८.
दूरध्वनी : ०२२-२४३६२६५६, २४३२५८२७.

पुणे :
स्टडी सर्कल ३/४, अमित कॉम्पलेक्स, ४७४ बी,
सदाशिव पेठ, टिळक रोड, पुणे-३०.
फोन : ०२०-२४४८६२४५, २४४९०६१९, ६५२३०८४७

नाशिक :
स्टडी सर्कल, दुसरा मजला, लेले कॉम्प्लेक्स,
मेहेर प्लाझामागे, गोळे कॉलनी, नाशिक-२.
फोन : ०२५३-२२३२९४७/३२९११७२
ई-मेल : enquiry@studycircle.co.in

अक्षर जुळणी :
स्टडी सर्कल (मुंबई)

मूल्य : २५०/- रुपये

Website
studycircleonline.com

© Strictly reserved with the Publishers.

The Title "SPARDHA PARIKSHA BHUGOL SAMPURNA MARGDARSHAK" is published by Dr. Anand B. Patil for Study Circle Publication (P) Ltd. This book is a copyright. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronics or mechanical including photocopying, recording or by any transformation storage and retrieval system without prior permission from the Publishers.

प्रकरण
१

भूरुपशास्त्र

(Geomorphology)

भूरुपशास्त्राचा अभ्यासक्रम –

१) पृथ्वीचे अंतरंग, रचना आणि घटना
२) अंतर्गत व बहिर्गत शक्ती
३) खडक व खनिजे
४) भूमीस्वरूपांच्या उत्क्रांतीवर परिणाम करणारे घटक
५) भूरुपचक्र संकल्पना, नदी, हिमनदी, वारा व सागरी लाटांशी संबंधित भूमीस्वरूपे
६) भारतीय उपखंडाची उत्क्रांती आणि भूरुपशास्त्र
७) भारताचे प्रमुख प्राकृतिक विभाग
८) महाराष्ट्र राज्याची प्राकृतिक रचना आणि येथील भूरुपीकीय वैशिष्ट्ये
९) महाराष्ट्रातील नैसर्गिक भूदृश्ये/भूमीस्वरूपे – टेकड्या, कटक, पठारी प्रदेश, कुंभगर्ता (रांजण खळगे) धबधबे, उष्ण पाण्याचे झरे, पुळण (बीचेस)

भूरुपशास्त्र ही भूगोलाची एक शाखा आहे. म्हणून आपणास भूगोल व त्याच्या शाखांबद्दल थोडी माहिती असणे आवश्यक आहे.

भूगोल ही एक अतिशय प्राचीन अशी ज्ञानशाखा आहे. प्रारंभिक अवस्थत भूगोलाचा अभ्यास पृथ्वीचे वर्णन करण्याइतपतच मर्यादित होता. त्यामुळे त्या काळात भूगोल म्हणजे पृथ्वीचे वर्णन अशी व्याख्या केलेली होती. परंतु त्याच्या ज्ञान कक्षेत मोठ्या प्रमाणात वृध्दी होत गेली. सध्या भूगोलात पृथ्वीच्या वर्णनाबरोबरच पृथ्वी व मानव यांच्या परस्पर संबंधाचा ही अभ्यास केला जातो.

भूगोल हे स्थान वैशिष्ट्यांच्या अभ्यास करणारे शास्त्र आहे. भौगोलिक स्थान हे संस्कृति निर्मिती व तिच्या विकासामध्ये महत्त्वाची भूमिका बजावत असते. प्रादेशिक विविधता, भिन्नता ही त्या ठिकाणच्या, क्षेत्राच्या स्थानाच्या वैशिष्ट्यांवर आधारलेली असते. प्रत्येक स्थान वैशिष्ट्यपूर्ण असल्याने त्या स्थान वैशिष्ट्यांची ओळख, आकलन आणि विविध स्थानातील परस्पर संबंध हे आपणास स्थानाच्या व्यक्तिमत्वावरुन समजण्यास मदत होते. क्षेत्रस्थान हे अद्वितीय असते व एक स्थान दुसऱ्याशी संलग्न अथवा संबंधित असते. क्षेत्रस्थान हे गतीशील असते त्याची गुणवैशिष्ट्ये कालमानानुसार बदलत असतात. विशिष्ट स्थान कोणत्या घटकामुळे भिन्न आहे. त्या घटकाचा परिणाम त्या

स्थानाच्या विकासामध्ये कसा झाला आहे व तेथील प्राकृतिक रचना, हवामान, वनस्पती, जलाशये, प्राणी, मानवी जीवन, मानवी विकास, मानवी वृत्ती वर्तणूक कशा प्रकारे आहे. याबद्दल आपणास माहिती व ज्ञान भूगोलाच्या अभ्यासातून होते. भौगोलिक स्थान हे परस्परांशी संबधित असल्यामुळे त्यांच्यामध्ये परस्परावलंबीत्व निर्माण झालेले आपणास दिसते. आजच्या जागतिकीकरणाच्या युगात कोणतेही युगात कोणतही स्थान अलिप्त राहु शकत नाही. आपले दैनंदिन जीवन व व्यवहार जागतीक वस्तुच्या उपलब्धतेशी निगडीत झाले आहेत. त्यामुळेच भौगोलिक स्थान वैशिष्ट्याचा अभ्यास महत्त्वाचा आहे. भूगोलामध्ये स्थान वैशिष्ट्याचा प्रामुख्याने अभ्यास केला जातो.

भूगोल या विषयाच्या ज्ञानकक्षेत जसजशी वृद्धी होत गेली तसतशी भूगोलाची व्याप्ती वाढत गेली. भूगोलाची व्याप्ती वाढल्यामुळे भूगोलात समाविष्ट होणाऱ्या सर्व घटकांचा अभ्यास एकत्र करणे अशक्य झाल्यामुळे भूगोलात विविध शाखा निर्माण झाल्या. दोन प्रमुख शाखा असून त्याच्या उपशाखा बाजूच्या तक्त्यामध्ये दिलेल्या आहेत.

भूरुपशास्त्र (Geomorphology) ही प्राकृतिक भूगोलाची एक मुलभूत व नव्याने विकसित होत असलेली शाखा आहे. भूरुपशास्त्र म्हणजे म्हणजे (Geo) म्हणजे पृथ्वी, (Morphe) म्हणजे रुप किंवा आकार व (Logos) म्हणजे शास्त्र अशा अर्थाने Geomorphology यांस भूरुपशास्त्र ही संज्ञा प्राप्त झालेली आहे. भूरुपशास्त्रांत भूरुपांचा इतिहास, विकास, वर्णन, वर्गीकरण उत्पत्ती यांचा अभ्यास करतात. थोडक्यांत पृथ्वीरुपांचा अभ्यास करणारे शास्त्र म्हणजे भूरुपशास्त्र.

भूरुपशास्त्राच्या व्याख्या –

१) एफ्. जे. माँकहाऊस – ''पृथ्वीवरील भूरुपांची उत्पत्ती व विकास यांचे शास्त्रीय विवेचन म्हणजे भूरुपशास्त्र होय.''

२) वर्सेस्टर यांच्या मते ''भूरुपशास्त्र हे भूउठाव वैशिष्ट्यांचे पृथ:करणात्मक वर्णन करणारे शास्त्र होय''.

३) प्रा. सर डडले स्टँप – भूरुपशास्त्र हे भूमीस्वरुपाचे शास्त्र असून त्यांत प्रामुख्याने भूपृष्ठाच्या आकार, उत्पत्ती व उत्क्रांती यांचा समावेश होतो.

४) बुलरिज यांच्या मते ''भूरुपांचा तुलनात्मक अभ्यास व ती भूरुपे निर्माण करणाऱ्या कारकांचा विश्लेषणात्मक अभ्यास म्हणजे भूरुपशास्त्र होय.

भूगोल Geography)

- **१) प्राकृतिक भूगोल** (Physical Geography)
  - खगोलशास्त्र
  - भूरुपशास्त्र
  - सागरशास्त्र
  - मृदाशास्त्र
  - हवामानशास्त्र
  - जीवशास्त्र
- **२) मानवी भूगोल** (Human Geography)
  - **अ) सामाजिक भूगोल**
    - I) लोकसंख्या भूगोल
    - II) वसाहती भूगोल
      ग्रामीण, नागरी व वसाहती भूगोल
    - III) राजकीय भूगोल
    - IV) ऐतिहासिक भूगोल
    - V) वैद्यक भूगोल
    - VI) लष्करी भूगोल
  - **ब) आर्थिक भूगोल**
    - I) साधनसंपत्ती भूगोल
    - II) कृषी भूगोल
    - III) औद्योगिक भूगोल
    - IV) वाहतूक भूगोल
    - V) व्यापारी भूगोल
    - VI) विपणन भूगोल
    - VII) पर्यटन भूगोल

५) डब्लू जी मूर – ''पृथ्वीवरील भूरुपांचे स्वरुप व संरचना विषद करणारे शास्त्र म्हणजे भूरुपशास्त्र होय.

वरील व्याख्यांवरुन असे स्पष्ट होते की पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर विविध भूरुपे आहेत. त्यांची घडण वेगवेगळी आहे. कारण त्यांच्या उत्पत्तीचा इतिहास वेगळा असतो. त्यामुळे पर्वत, पठारे, मैदाने, टेकड्या, दऱ्या, धबधबे, वालुकागिरी, पुळण (बीच) इत्यादी भूरुपे वेगवेगळे आकार धारण करतात. त्या भूरुपांचा कार्यकारण भाव स्पष्ट करण्याचे काम भूरुपशास्त्र करते. भूपृष्ठ व त्याच्याशी निगडित असणारे हवा–पाण्याचे वेष्टण यांच्या परस्पर क्रियेतून भूरुपे ''जुने टाकून नवे रुप' घेत असल्याने ही गतिमान प्रक्रिया भूरुप शास्त्रांत अभ्यासली जाते. अनुभवजन्य व सांख्यिकीय दृष्टिकोनातून भूरुपशास्त्राचा अभ्यास केला जातो.

नमुना प्रश्न : पृथ्वीचे अंतरंग, रचना आणि घटना

१) प्राकृतिक भूगोलाच्या व्याप्तीमध्ये खालीलपैकी किती आवरणांचा अभ्यास केला जातो.

अ) मृदावरण किंवा शिलावरण (Lithosphere) ब) वातावरण (Atmosphere)

क) जलावरण (Hydrosphere) ड) जीवावरण (Bio-Sphere)

१) फक्त (अ) व (ब) २) फक्त अ

३) (अ),(ब) व (क) **४) वरील पैकी सर्वच आवरणांचा**

२) प्राकृतिक भूगोलाबद्दल खालीलपैकी कोणते विधान अयोग्य आहे ?

१) प्रा. भूगोल ही भूगोलाची प्राचीन शाखा आहे

२) नैसर्गिक घटकांचा आणि घडामोडींचा अभ्यास प्राकृतिक भूगोलात केला जातो.

३) प्रा. भूगोलात सांस्कृतिक पर्यावरणाचा पद्धतशीर अभ्यास केला जातो.

४) प्राकृतिक भूगोल म्हणजे भूमी, जल, वातावरण व जीवावरण यांचा वितरणात्मक अभ्यास होय.

३) भूगोलाच्या मुख्य शाखा कोणत्या ?

१) आर्थिक व मानवी भूगोल २) सामाजिक व आर्थिक

३) जैविक व मृदा भूगोल **४) प्राकृतिक व मानवी भूगोल**

* * *

१) पृथ्वीचे अंतरंग, रचना आणि घटना

पृथ्वीचे अंतरंग

भूगोलात प्रामुख्याने पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचा अभ्यास केला जातो. पृथ्वीच्या अंतर्गत भागांत ज्या हालचाली होतात त्यामुळे पृष्ठभागावर काही परिणाम झालेले स्पष्टपणे दिसतात, त्यामुळे पृथ्वीच्या अंतरंगाचा अभ्यास भूरुपशास्त्रांत केला जातो. पृथ्वीचे अंतरंग हे निसर्गातील सर्वात मोठ गूढ आहे. विविध शास्त्रांचा विकास झालेला असला तरी अद्यापि कोणत्याही शास्त्राच्या साहाय्याने पृथ्वीच्या अंतरंगाविषयी (Interior of the Earth) निश्चित अशी माहिती मिळालेली नाही. अंतरंगाचा पूर्ण वेध घेणारे उपकरण आजपर्यंत तरी तयार करण्यांत आलेले नाही. पृथ्वीवर होणारे भूकंप, ज्वालामुखींचे उद्रेक व पर्वतांच्या निर्मिती करणाऱ्या भूहालचाली यांच्या परिणामांचे पुरावे एकत्र करुन शास्त्राज्ञानी पृथ्वीच्या अंतरंगाविषयी काही तर्क केले आहेत.

अंतरंगाच्या अभ्यासातील प्रमुख अडचणी –

अ) अपारदर्शकता – पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर जे खडक आहेत ते अतिशय कठीण व अपारदर्शक आहेत. जर खडक पारदर्शक असते तर वेगवेगळ्या किरणांच्या सहाय्याने अंतरंगाचे प्रत्यक्ष निरीक्षण करता आले असते.

ब) तापमानवृद्धी – भूशास्त्रज्ञांच्या अनुमानानुसार पृथ्वीचा अंतर्गत भाग जास्त घन व उष्ण असावा, कारण ज्वालामुखीतून बाहेर पडणारा लाव्हारस जास्त उष्ण असतो. तसेच अनेक ठिकाणी उष्णोदकाचे झरे व फवारे आहेत. खाणी खणताना असे आढळून येते की, ३२ मीटर खोल गेल्यावर १° से. ने तापमान वाढते. म्हणजे सुमारे ३ कि. मी. पेक्षा जास्त खोलीवर तापमान उत्कलन बिंदूपेक्षाही अधिक असते. सुमारे २४०० ते २५०० किमी. खोलवर तापमान २२०० ते २५०० से. असावे.

शास्त्रज्ञांची विविध अनुमान –

पृथ्वीच्या अंतर्गत भागाचे प्रत्यक्ष निरीक्षण करता येत नाही; त्यामुळे पृथ्वीच्या अंतरंगाविषयी शास्त्रज्ञांत मतभेद आहेत.

अ) अंतरंग द्रवरुप – काही शास्त्रज्ञांच्या मताप्रमाणे, पृथ्वीचा अंतर्गत भाग हा द्रवरुप आहे. ज्वालामुखीतून बाहेर पडणारा लाव्हारस पातळ व प्रवाही असतो. त्यावरुन हे अनुमान काढण्यात आले आहे.

ब) अंतरंग घनरुप – दुसऱ्या गटाच्या मते, अंतर्गत भाग हा घनरुप असावा. त्याच्या समर्थनार्थ ते, भूकंप लहरी पृथ्वीच्या बऱ्याच खोलीपर्यंत प्रवास करतात, ही गोष्ट नमूद करतात. भूपृष्ठ स्थिर असल्याचे नमूद करुनही ते आपल्या मताचे समर्थन करतात. समुद्रावर भरती आहोटी निर्माण होण्यासाठी किमान ३२० कि. मी. अंतर्गत भाग घनरुप असावा लागतो. ज्या अर्थी समुद्रावर भरती आहोटी निर्माण होते त्या अर्थी पृथ्वीचा अंतर्गत–भाग घनरुप असला पाहिजे. सूर्यमालेतील इतर ग्रह व उपग्रह घनरुप अवस्थत आहेत, म्हणून पृथ्वीचा अंतर्भाग घनरुप असावा.

क) अंतरंग वायुरुप – तिसऱ्या गटातील शास्त्रज्ञांच्या मताप्रमाणे, पृथ्वीचा अंतर्गत भाग वायुरुप असावा, कारण ज्वालामुखीतून फार मोठ्या प्रमाणात वायू व पाण्याची वाफ बाहेर पडते.

ड) नवीन अनुमान – काही शास्त्रज्ञांनी नवीन मत मांडले. त्यांच्या मताप्रमाणे पृथ्वीचे कवच घनरुप आहे. या कवचाप्रमाणेच पृथ्वीच्या केंद्राजवळील भागही घनरुप असावा. या दोन्हींच्या दरम्यान द्रवरुप पदार्थाचा एखादा पट्टा असावा. भूहालचालीमुळे एखाद्या भागातील दाब ज्या वेळी कमी होते. त्या वेळी त्या ठिकाणचे कवचाखालील खडक प्रसरण पावून वितळत असावेत.

अंतरंग अभ्यासास भूकंपशास्त्राची मदत –

पृथ्वीचे अंतरंग प्रत्यक्ष निरीक्षणाद्वारे समजून घेता येत नसल्याने अप्रत्यक्ष पुराव्यांवर अवलंबून राहावे लागते. अप्रत्यक्ष पुराव्यामध्ये भूकंपशास्त्राची (Seismology) खूप मदत झालेली आहे. पृथ्वीवर एखाद्या ठिकाणी जरी भूकंप झाला तरी त्याचे धक्के पृथ्वीच्या बऱ्याच भागात बसतात. हे धक्के लहरींच्या स्वरुपात असतात व त्यांची नोंद भूकंपलेखावर (Seismograph) होते.

भूकंपाच्या लहरी

भूकंपाच्या मुख्य लहरी – भूकंपाच्या लहरी तीन प्रकारच्या असतात.

१) 'P' Waves प्राथमिक लहरी किंवा अनुतरंग

२) 'S' Waves – दुय्यम लहरी किंवा अवतरंग

३) 'L' Waves – पृष्ठतरंग किंवा भूपृष्ठलहरी

वरीलपैकी पहिल्या दोन लहरींच्या भूगर्भात जो वैशिष्ट्यपूर्ण प्रवास होतो. त्यावरुन पृथ्वीच्या अंतरंगाविषयी आपणास माहिती मिळू शकते. भूकंपलहरी जास्त घन भागातून जात असतांना त्यांच्या मूळ वेगापेक्षा जास्त वेगाने प्रवास करतात. सामान्यपणे भूपृष्ठापासून २,८८० कि. मी. खोलीपर्यंत भूकंप लहरींचा वेग वाढत जातो. त्यानंतर काही विशिष्ट भागात या लहरींचा वेग बदलतो. काही लहरी यापलीकडे प्रवास करु शकत नाहीत. काही लहरी सरळ पृष्ठभागाजवळून भूकंपलेखन यंत्रापर्यंत पोहोचतात, तर काही पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील विशिष्ट अंतरावरुन परावर्तित होऊन मग भूकंपलेखन यंत्रापर्यंत पोहचतात. काही लहरी बऱ्याच अंतर्गत भागापर्यंत प्रवास करतात. माध्यम बदलले की वक्रीभूत होतात. यावरुन पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून केंद्रापर्यंत निरनिराळ्या घनतेचे कमी–अधिक जाडीचे थर असावेत असा निष्कर्ष काढता येतो.

पृथ्वीच्या अंतर्गत भागात १०३° ते १४३° च्या दरम्यान कोणत्याच भूकंप लहरी पोचत नाहीत. (सामान्यपणे ४५०० कि.मी. च्या भागांत) त्या प्रदेशाला Seismic Shadow Zone 'छाया पट्टा' असे म्हणतात. कारण या भागांत प्राथमिक लहरी वक्रीभूत होतात तर दुय्यम लहरी पोचतच नाहीत.

भूकंप लहरींची वैशिष्ट्ये–

१) 'P' Waves प्राथमिक लहरी –

अ) या लहरींना अनुतरंग असेही म्हणतात.

ब) भूकंप लेखन यंत्रावर या लहरींचा नोंद सर्वात प्रथम होते.

क) या लहरींचा वेग जास्त असतो. भूकंप लहरींचा वेग दर सेकंदास मोजतात. पृथ्वीच्या मृदावरणांत म्हणजे वरच्या थरांत प्राथमिक लहरींचा वेग दर सेकंदास ५.४ किमी. असतो. मध्यावरणांत ६ ते ७ किमी तर खालील थरात दर सेकंदास ७.८ किमी वेगाने या लहरी प्रवास करतात.

ड)	या लहरींना इंग्रजीत Primary Wave, push waves, pull waves किंवा logitudinal waves म्हणतात.

इ)	या लहरी द्रव, घन व वायुरुप म्हणजे सर्व माध्यमातून प्रवास करतात.

ई)	अतिशय जास्त घनतेच्या खडकांत या लहरींचा वेग कधीकधी दर सेकंदास १४ कि. मी. पर्यंत वाढतो.

प)	भूकंप केंद्राच्या अगदी विरुद्ध टोकापर्यंत या लहरींना पोहचण्यास सुमारे २१ मिनिटांचा कालावधी लागतो.

फ)	माध्यम बदलतांना या लहरींच्या वेगात फरक पडतो. तसेच त्यांची दिशाही बदलते म्हणजे या लहरी वक्रीभूत होतात. फक्त याच लहरी द्रव स्थितीतल्या बाह्य गाभ्यातून प्रवास करतात.

म)	प्राथमिक भूकंप लहरींचा वेग दुय्यम लहरीपेक्षा १.७ पट जास्त असतो.

य)	या लहरीतील वस्तूकणांची हालचाल पुढे-मागे होते. परंतु सर्व कणांची हालचाल लहरींच्या सामान्य दिशेनेच होत असते.

२) 'S' Waves दुय्यम लहरी -

i)	या लहरींना अवतरंग असेही म्हणतात

ii)	प्रमिक लहरीनंतर या लहरींची नोंद होते.

iii)	या लहरींचा दर सेकंदाचा सरासरी वेग ४ कि. मी. इतका असतो. मृदावरणांत म्हणजे वरच्या थरांत या लहरींचा वेग दर सेकंदास ३.३ कि. मी. असतो तर मध्यावरणांत दर सेकंदास ३ ते ४ कि. मी. असून खालील थरांत या लहरी दर सेकंदास ४ ते ५ किमी वेगाने प्रवास करतात.

iv)	या लहरींना इंग्रजीमध्ये Secondary Waves, transverse waves, shake waves किंवा shear waves असेही म्हणतात.

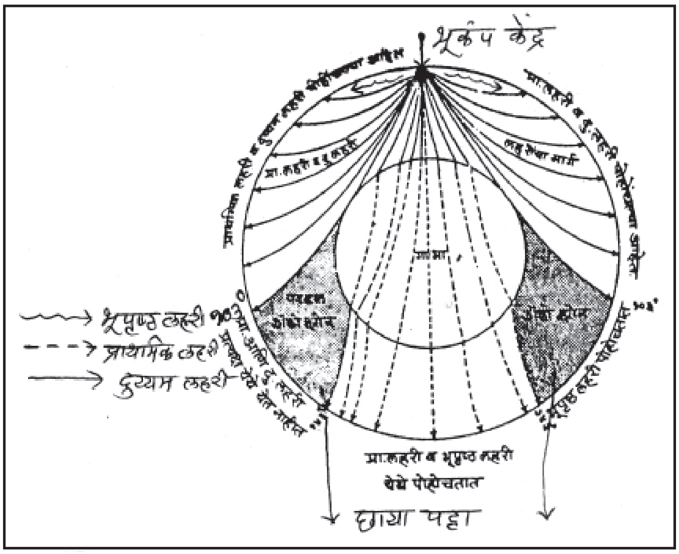
v)	या लहरी पृष्ठभागापासून २८८० किमी. खोलीपर्यंतच प्रवास करतात. त्यावरुन अंतरंगातील एका थराची निश्चिती करता येते.

vi)	या लहरी फक्त घन माध्यमातूनच प्रवास करतात, म्हणजे द्रव किंवा वायुरुप माध्यमातून या जात नाहीत.

vii)	दुय्यम लहरी उभ्या दिशेने म्हणजे वर-खाली प्रवास करतात. (म्हणजेच या लहरीतील वस्तूकणांची हालचाल वर-खाली होते.) या लहरी प्राथमिक लहरींना काटकोनांत प्रवास करतात.

ix)	माध्यम बदलले की लहरी परावर्तित होतात.

x)	खडकांची घनता वाढली की या लहरींचा वेग देखील वाढतो.



३) 'L' Waves भूपृष्ठ लहरी –

i) भूपृष्ठलहरींना पृष्ठतरंग असेही म्हणतात.

ii) या लहरी फक्त भूपृष्ठाजवळच प्रवास करतात, म्हणजे फार खोलीपर्यंत जात नाहीत.

iv) या लहरींच्या अभ्यासावरुन बाह्य व अंतर्गत थरांच्या घनतेतील फरक स्पष्ट होतो.

v) भूपृष्ठलहरी सागर तळावर भूपृष्ठापेक्षा जास्त वेगाने प्रवास करतात.

vi) पृष्ठभागापासून थोड्या खोलीवरच त्या नष्ट होतात.

vii) या लहरींचा वेग 'P' व 'S' लहरीपेक्षा कमी असतो. या लहरींचा दर सेकंदास सरासरी वेग ३ कि. मी. इतका असतो. या लहरीची अगदी शेवटी भूकंपलेखन यंत्रावर नोंद होते.

viii) या लहरी अतिशय विध्वंसक असतात. यामुळेच इमारतीची पडझड होते. नदीवरील किंवा इतर जलाशयावरील पूल कोसळतात.

भूकंप–तरंगाच्या अभ्यासावरुन पृथ्वीच्या अंतरंगाबाबत पुढील अनुमाने करता येतात –

१) पृथ्वीच्या अंतरंगाचे शिलावरण, प्रवारण व गाभा असे तीन प्रमुख विभाग आहेत

२) पृष्ठभागावर ‘सिआल‘ थर आहे.

३) सियाल थराखाली तुलनेने जड असा ‘सिमा‘ थर आहे.

४) सियाल व सिमा थर ‘कॉनरॅड‘ विलगतेमुळे अलग होतो.

५) सिमा थराखाली मिश्रप्रकारच्या खडकांचा जो थर आहे तो ‘प्रावरण‘थर.

६) शिलावरण व प्रावरण ‘मोहो‘ थरामुळे विलग होतात.

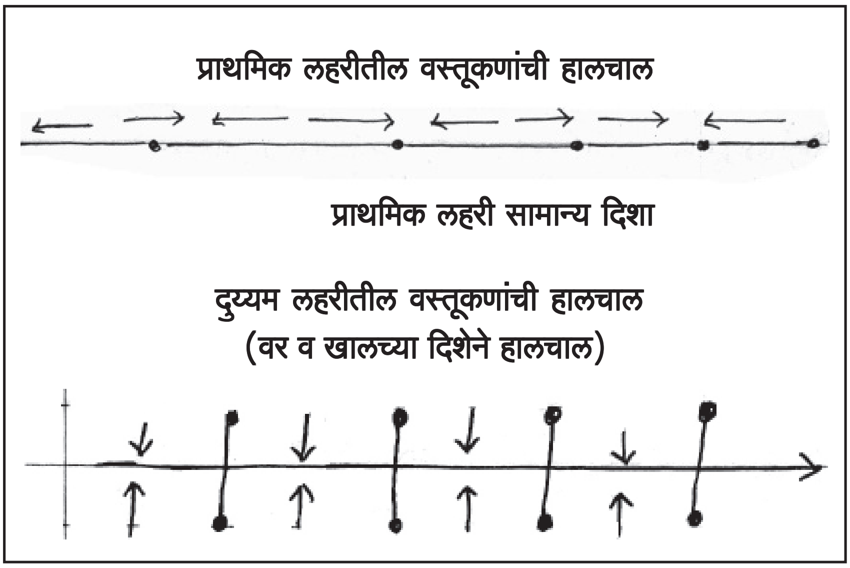
७) पृथ्वीचा बाह्य गाभा द्रवरुप आहे.

८) प्रावरण व गाभा यांच्या दरम्यान ‘गुटेनबर्ग‘ विलगता आहे.

९) पृथ्वीच्या केंद्राभोवती अंतर्गत गाभा घनरूप आहे

१०) बाह्य प्रावरण व आंर्तप्रावरण यांच्या दरम्यान रेपेट्टी (Repetti) विलगता आहे.

११) बाह्यगाभा व अंतर्गत गाभा यांच्या दरम्यान लेहमन विलगता आहे



पृथ्वीचे अंतरगातील – मुख्य थर व उपथर

भूगर्भशास्त्रज्ञांनी पृथ्वीच्या अंतरंगाचे खालील मुख्य थर पाडले आहेत.

१) भूकवच किंवा शिलावरण (Crust / Lithosphere)

२) प्रावरण किंवा मध्यावरण (Mantle / Mesophere)

३) गाभा किंवा केंद्रावरण (Core / Centrosphere)

१) शिलावरण –

पृथ्वीचा बाह्य थर भूकवच म्हणून ओळखला जातो. भुपृष्ठालगतच्या खडकांच्या थराला शिलावरण म्हणतात. काही तज्ञांच्या मते शिलावरण म्हणजेच भूकवच होय. तर काहींच्या मते भूकवच व प्रावरणाचा वरचा भाग शिलावरण बनले आहे. शिलावरणाची सरासरी जाडी ४० कि. मी. आहे. शिलावरणाच्या ७१% भाग महासागराने व २९% भाग भूखंडाने व्यापलेला आहे. शिलावरणाची समुद्राजवळील जाडी १० कि.मी. तर भूखंडाखाली ७० ते ८० कि.मी. आहे. शिलावरणाचे सिआल व सिमा असे दोन उपथर असून या थरांच्या दरम्यान कॉनरॅड विलगता आहे.

अ) सियाल थर – हा शिलावरणातील सर्वात वरचा थर आहे. हा थर कमी वजनाच्या द्रव्यापासून निर्मिती आहे. भूमीखंडे ही सिआलची बनलेली आहेत. या थरात सिलकॉन (Si) व ॲल्युमिनिअम (Al) या घटक द्रव्यांचे प्रमाण अत्याधिक असल्याने या थराला (Si+Al = SiAl) असे म्हणतात. या थराची सरासरी जाडी २९ कि. मी. आहे. या थराची घनता **२.७ g/cm^3** इतकी आहे. या थरात प्रामुख्याने ग्रॅनाईट खडकांचे प्रमाण जास्त आहे. या थरात भूकंपाच्या प्राथमिक लहरी दर सेकंदाला ५.६ कि. मी. वेगाने तर द्वितीय लहरी सेकंदास ३.२ कि. मी. वेगाने प्रवास करतात. सिआल थरात प्राचीन काळापासून होत असलेल्या ज्वालामुखी उद्रेकामुळे ठिकठिकाणी बेसॉल्टचे आवरण निर्माण झाले आहे.

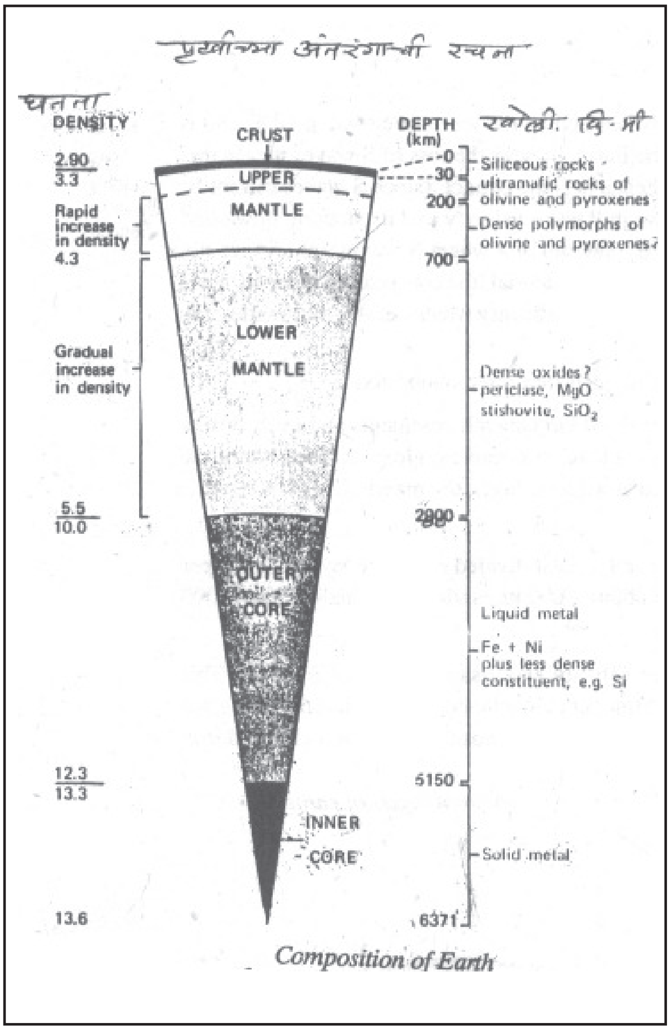
ब) सिमा थर – सियाल थराखाली हा थर आहे. सिमा थरात सिलीका (Si) व मॅग्नेशियम (Mg) या दोन घटकांचे प्रमाण अधिक असल्याने त्याला (Si+Mg= SiMa) असे म्हणतात. या थरातील खडक सियाल थरातील खडकांपेक्षा अधिक जड आहेत. या थराची सरासरी जाडी ११ कि.मी. असून सागरतळाशी याची जाडी अधिक आहे. या थराची घनता २.९ ते ३.३ इतकी आहे. या थरात बॅसोल्ट व ग्रॅबो खडक जास्त प्रमाणात आहेत. सिमा थरांत भूकंपाच्या प्राथमिक लहरींचा वेग दर सेकंदास ६.४ ते ७.२ कि.मी. असून द्वितीय लहरी सेकंदास ३.२ ते ४ कि.मी. वेगाने प्रवास करतात. सिमा थराची घनता सिआलपेक्षा जास्त असल्याने सियाल थर तराफ्याप्रमाणे यावर तरंगतात.

क) कॉनरॅड विलगता (Conrad Discontinuity) – सियाल व सिमा थर अलग करणारा हा थर आहे. हा थर ठिकठिकाणी कमी अधिक खोलीवर आहे.

२) प्रावरण किंवा मध्यावरण –

भूकवचापासून सुमारे २८८० कि. मी. खोलीपर्यंतचा भाग प्रावरण म्हणून ओळखला जातो. या थराने पृथ्वीच्या एकूण घनफळापैकी ८३% भाग व्यापलेला आहे. तसेच पृथ्वीच्या एकूण वस्तूमानापैकी ६८% वस्तुमान प्रावरणांत आहे. प्रावरणात वेगवेगळ्या स्वरुपाचे खडक आढळतात. पृथ्वीच्या अंतर्गत शक्तीची निर्मिती या थरातच होते. मोहो विलगतेच्या थराची माहिती **मोहोव्हिसिंक** याने १९०९ मध्ये दिली. तो युगोस्लाव्हियातील भूकंपतज्ञ होता.

मोहोविलगता– शिलावरण व प्रावरण या दोन थरांना अलग करणाऱ्या विलगतेस 'मोहो विलगता' म्हणतात. या थरात भूकंप लहरींची गती एकदम वाढते. सागरतळाखाली या विलगतेची जाडी १० ते १२ कि. मी. असून भूमीखंडाखाली ती ३५ कि.मी. जाडीची आहे. प्रावरणाचे बाह्यावरण व आंतर्प्रावरण असे दोन विभाग पडतात.



Composition of Earth

१) बाह्यप्रावरण – बाह्य प्रावरण पृथ्वीच्या अंतरंगात ४० कि.मी. ते ७०० कि.मी. खोलीवर आढळते. यात ऑलिव्हन ६० ते ७० टक्के व पायरॉक्सिन १५ ते २० टक्के इतके असते. हेच प्रमाण उत्कांच्या बाह्य भागात असते. याची घनता ४.३ च्या दरम्यान आहे.

२) अंतर्प्रावरण – पृथ्वीच्या अंतरंगात ७०० ते २,८८० कि.मी. खोलीवर अंतर्प्रावरण आहे. अंतर्प्रावरणामध्ये अधिक घनतेची सिलिका द्रव्ये व विविध ऑक्साईडस् सापडतात. अशाच प्रकारची द्रव्ये उल्कांच्या आंतरभागात असतात.

प्रावरण हे पृथ्वीच्या अंतर्गत शक्तीचे भांडार व उगमस्थान आहे. खंडवहन, सागरतळ – विस्तार, ज्वालामुखी, भूकंप व पर्वतनिर्मितीच्या हालचाली प्रावरणातील अंतर्गत शक्तीमुळेच होत असाव्यात. प्रावरणामध्ये खोलीनुसार घनतेत वाढ होते. उदाहरणार्थ – ४२ ते ७०० कि.मी. दरम्यान घनता ४.३ इतकी ७०० ते १००० कि.मी. दरम्यान ५.५ इतकी, तर १००० पासून २,८८० कि.मी. खोलीपर्यंत घनता १० पर्यंत वाढत जाते.

प्रावरणाची रचना उल्कांच्या अभ्यासावरुन चांगली समजू शकते; कारण सर्व ग्रह, उपग्रह, लघुग्रह व उल्का यांची घटनात्मक रचना सूर्यकुलात समान असावी. तथापि, प्रावरणाच्या प्रचंड वस्तुमानामुळे तापमान व दाबाच्या प्रभावामुळे येथील द्रव्य वैविध्यपूर्ण बनले असावे.

३) गाभा –

भूपृष्ठापासून सुमारे २,८८० कि.मी. खोलीपासून पृथ्वी–केंद्रापर्यंतचा भाग म्हणजे गाभा होय. प्रावरण–थराच्या खाली गाभा आहे. पृथ्वीच्या एकूण घनफळापैकी १६ टक्के घनफळ व एकूण वस्तुमानापैकी ३२ टक्के वस्तुमान गाभ्याने व्यापले आहे. गाभ्याची सरासरी घनता प्रावरणाच्या सरासरी घनतेपेक्षा जवळ जवळ दुप्पट आहे. गाभ्याच्या अंतर्गत भागात खोलीनुसार तापमानात व दाबात प्रचंड वाढ होत जाते. या थरात निकेल व लोखंड यांच्या मिश्रणामुळे आत्यंतिक चुंबकत्व, लवचिकता, लिबलिबीतपणा हे गुणधर्म निर्माण झाले आहेत.

गाभ्याचे खालीलप्रमाणे तीन उपभाग किंवा उपथर आढळून येतात –

१) गटेनबर्ग विलगता – प्रावरण व गाभा या दोन थरांच्या सीमावर्ती भागास 'गटेनबर्ग विलगता' असे म्हणतात. या विलगतेच्या भागात घनता व भूकंपलहरींच्या वेगात एकदम बदल झालेला दिसून येतो.

२) बाह्य गाभा– या गाभ्याचा विस्तार २,८८० कि. मी. पासून ५,१५० कि.मी. खोलीपर्यंत आहे. या गाभ्यातून दुय्यम भूकंपलहरी जाऊ शकत नसल्याने हा भाग द्रवरुप असावा, असा अंदाज आहे. बाह्य गाभ्याची घनता 'गटेनबर्ग' विलगते' जवळ १० इतकी तर अंतर्गाभ्याजवळ १२.३ इतकी असल्याचे अनुमान काढता येते.

पृथ्वीच्या अंतरंगातील दाब

पृथ्वीच्या अंतर्गत भागांत खोलीनुसार दाबत ही वाढ होत जाते.

खोली	**दाब**
समुद्र पातळी	१ वातावरण (atmosphere) दाब
२५०० कि. मी.	१० लाख वातावरण दाब
३५०० कि. मी.	२० लाख वातावरण दाब
९३७१ कि. मी.	३५ लाख वातावरण दाब

पृथ्वीच्या अंतरंगातील तापमान

खोली (कि. मी.)	**तापमान (अंश से.)**
३०	५००० सें. ग्रे.
२००	१४०० सें. ग्रे.
१०००	१७०० सें. ग्रे.
२०००	२००० सें. ग्रे.
३०००	२३०० सें. ग्रे. (बाह्यगाभा)
६०००	२५,००० सें.ग्रे.पेक्षा जास्त (अंतर्गाभा)

खोली (कि.मी.)	**घनता**
पृष्ठभागापासून २९ कि.मी. ४२ कि.मी.	२.७
पृष्ठभागापासून ४२ कि.मी.	३ ते ३.३
४२–७०० कि.मी.	४.६
७००–१००० कि.मी.	५.५
१०००–२८८० कि.मी.	१०–०
२८८०–५१५० कि.मी.	१२.३
५१५० ते केंद्रापर्यंत	१३.३ ते १३.६

३) अंतर्गाभा – अंतर्गाभा भूपृष्ठापासून ५,१५० ते ६,३७१ कि. मी. खोलीपर्यंत (पृथ्वीच्या केंद्रापर्यंत) आढळतो. आंतर्गाभ्याची घनता १२.३ ते १३.६ इतकी असावी.

पृथ्वीचा गाभा मुख्यत्त्वे निकेल (Ni) व लोह (Fe) या घटकद्रव्यांचा बनलेला असल्याने त्यास Ni +Fe = NiFe (निफे) असेही म्हणतात. आधुनिक संशोधनानुसार गाभ्यांत २०% सिलिकॉन तर ८०% लोह व निकेलचे प्रमाण आहे. लोह व निकेल यांच्या मिश्रणामुळे या भागात आत्यंतिक चुंबकत्व, लवचिकता, लिबलिबितपणा हे गुणधर्म निर्माण झालेले आहेत. वरच्या सर्व थरांचा प्रचंड दाब अंतर्गाभ्यावर पडल्याने तेथील घनता प्रचंड असावी व अंतर्गाभा हा घनरुप राहिला असावा. निकेल व लोह या जड द्रव्याबरोबर हा गाभ्यात साल्फाईड व कार्बाईड ही हलकी द्रव्येही असावीत. परिणामी, लोहसंयुगाचे रुपांतर धातूमध्ये व सिलिकेटचे रुपांतर सिलीकॉन सारख्या अति

घनतेच्या द्रव्यांत झाले असावे. पृथ्वीच्या गाभ्याचे तापमान १०,०००° से. पेक्षाही जास्त आहे.

सध्याच्या अंतराळप्रवासाच्या युगात अवकाशयाने भराऱ्या मारीत आहेत. चंद्राची व सूर्य – कूलातील पृथ्वीच्या इतर ग्रहांची अधिक माहिती हाताशी येईल तशी जिज्ञासा अधिक वाढेल. पृथ्वी हे मानवाचे घरकुल आहे. एवढ्याच कारणासाठी पृथ्वीच्या अंतरंगाच्या माहितीचे मोल नसून सूर्यमालेतील अन्य ग्रहांच्या अंतरंगावर देखील या माहितीने नवा प्रकाश पडणार आहे. या दृष्टीने पृथ्वीच्या अंतरंगाचा शोध घेणे हे मानवी बुद्धीला सतत आव्हान राहणार आहे.

वस्तुनिष्ठ बहुपर्यायी प्रश्न

१) पृथ्वीच्या अंतर्गत भागात वेगवेगळे गुणधर्म असलेले तीन विभाग ओळखले गेले. उदा. कवच,प्रावरण व गाभा.

a) सियाल व सीमा यांच्यामधील घनतेत बदल होणाऱ्या क्षेत्रास कॉनरॅड विलगता म्हणून ओळखले जाते.

b) भूकंप लहरींच्या गतीमध्ये अचानक बदल होणाऱ्या क्षेत्रास मोहो बिलगता म्हणून ओळखले जाते.

c) प्रावरण–गाभा सीमारेषा ही गुटेनबर्ग विलगतेने ठरविले जाते.

वरील विधानांपैकी कोणते विधान/विधाने सत्य आहेत?

१) (a) फक्त २) (b) आणि (c) फक्त ३) (a) आणि (c) फक्त **४) (a), (b) आणि (c)**

1) Three zones of varying properties have been identified in the earth i.e. crust, mantle and core.

a) The area of change in density between sial and sima is known as Conrad discontinuity.

b) The area of sudden change in seismic waves velocity is known as Moho dicontinuity.

c) The mantle - core boundary is determined by Gutenberg discontinuity.

1) (a) only 2) (b) and (c) only 3) (a) and (c) only **4) (a), (b) and (c)**

२) पृथ्वीच्या अंतरंगातील पदार्थांमधील प्रमुख घटक व त्यांचे प्रमाण (१७ कि. मी. खोलीपर्यंत)

a) ऑक्सिजन	i) २८.०
b) सिलिकॉन	ii) ८.१
c) ॲल्युमिनियम	iii) ४७.०
d) लोह	iv) ११.१
e) कॅल्शियम, सोडियम, पोटॅशियम व मॅग्नेशियम	iii) ९.५

पर्यायी उत्तरे :

	(a)	**(b)**	**(c)**	**(d)**	**(e)**
१)	(i)	(iii)	(v)	(iv)	(ii)
२)	**(iiii)**	**(i)**	**(ii)**	**(v)**	**(iv)**
३)	(i)	(ii)	(v)	(iv)	(iii)
४)	(iii)	(ii)	(i)	(v)	(iv)

2) Major contents and their proportions in the composition of the Earth's crust (up to 17 km depth)

a) Oxygen	i) 28.0
b) Silicon	ii) 8.1

c) Aluminium	iii) 47.0
d) Iron	iv) 11.1
e) Calcium, Sodium, Potassium and Magnesium	iii) 9.5

Answer options :

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
१)	(i)	(iii)	(v)	(iv)	(ii)
२)	**(iiii)**	**(i)**	**(ii)**	**(v)**	**(iv)**
३)	(i)	(ii)	(v)	(iv)	(iii)
४)	(iii)	(ii)	(i)	(v)	(iv)

३) पृथ्वीचे भूकवच मध्यावरण यांच्या दरम्यान ...... ही विलगता आढळते.
१) मोहोरव्हिसिक २) गटेनबर्ग ३) विचर्ट ४) भूभौतिक

3) The .... discontinuity appears between the Earth's crust and the mantle.
1) Mohorvinic 2) Gutenberg 3) Weichert 4) geophysical

४) सियाल व सिमा या दोन थरांच्या दरम्यान असणाऱ्या थरास .... असे म्हणतात.
a) मोहो विलगता आणि सिमा वलगता
b) कॉनरॅड विलगता
c) गुटेनबर्ग विलगता आणि मोहो विलगता
पर्यायी उत्तरे :
१) फक्त (a) बरोबर आहे **२) फक्त (b) बरोबर आहे**
३) (a), (b) बरोबर आहेत ४) फक्त (c) बरोबर आहे

4) The layer between Sial and Sima is called us ....
a) Moho discontinuity and Sima discontinuity
b) Conrad discontinuity
c) Gutenberg discontinuity and Moho discontinuity
Answer Options :
1) Only (a) is correct **2) Only (b) is correct**
3) (a), (b) are correct 4) Only (c) is correct

५) पृथ्वीच्या अंतरंगातील गाभ्याच्या रचनेविषयी खालीलपैकी कोणते विधान सत्य आहे?
१) पृथ्वीच्या अंतरंगाचा गाभा सियालपासून बनलेला आहे.
२) पृथ्वीच्या अंतरंगाचा गाभा सायमापासून बनलेला आहे.
३) पृथ्वीच्या अंतरंगाचा गाभा निफेपासून बनलेला आहे.
४) पृथ्वीच्या अंतरंगाचा गाभा कठीण खडकापासून बनलेला आहे.

5) Which of the following statements is correct about the structure of core of interior of the earth?
1) The core of interior of the earth is made up of sial.
2) The core of interior of the earth is made up of sima.

3) The core of interior of earth is made up of nife.
4) The core of interior of earth is made up of hard rocks.

६) पृथ्वीचा केंद्रभाग कोणत्या नावाने ओळखला जातो?
१) सियाल २) सायमा **३) निफे** ४) शिलावरण

6) How is the core of the Earth known ?
1) Sial 2) Sima **3) Nife** 4) Crust

७) गाभ्याची घनता ही प्रावरणाच्या घनतेच्या दुपटीपेक्षा जास्त आहे परंतु घनफळ व वस्तुमान हे पृथ्वीच्या एकूण घनफळाच्या अनुक्रमे .... आणि .... आहे.
१) १६% आणि ३२% २) १२.३% आणि १३.३%
३) २९०० आणि ६३७१ ४) ५.५ आणि १0.00

7) The density of the core is more than twice the density of the mantle but the volume and mass of the core are .... and .... of the total volume and mass of the earth respectively.
1) 16% and 32% 2) 12.3% and 13.3%
3) 2900 and 6371 4) 5.5 and 10.00

८) पृथ्वीच्या अंतरंगातील गाभा थर प्रामुख्याने .... व .... या धातुपासून बनलेला आहे.
१) लोह आणि थोरीयम २) सिलीका आणि ॲल्युमिनियम
३) निकेल व लोह ४) युरेनियम व जडपाणी

8) Core Part of the Earth is mainly made up of .... and .... minrals.
1) Iron and Thorium 2) Silica and Aluminium
3) Nickel and Iron 4) Uranium and Heavy Water

९) पृथ्वीच्या अंतरंगातील तापमान पृष्ठभागापासून खोल जावे तसे ....
१) वाढत्या प्रमाणात कमी होते २) वाढत्या प्रमाणात वाढते
३) सारख्या प्रमाणात वाढते **४) घटत्या प्रमाणात वाढते.**

9) With increasing depth, temperature in the interior of the earth ....
1) Decreases at an increasing rate 2) Increases at an increasing rate
3) Increases at a constant rate **4) Increases at a reduced rate**

१०) खालील विधाने पहा :
a) पृथ्वीची सरासरी घनता ५.१२ ग्रॅम प्रति घन सें.मी. आहे.
b) पृथ्वीच्या भूकवचाची घनता २.८ ग्रॅम प्रति घन सें.मी. आहे.
पर्यायी उत्तरे :
१) फक्त विधान (a) बरोबर आहे. **२) फक्त विधान (b) बरोबर आहे.**
३) विधाने (a) आणि (b) बरोबर आहेत. ४) विधाने (a) आणि (b) बरोबर नाहीत.

10) Observe the following statements :
a) The average density of the earth is 5.12 gram/cubic centimenter.
b) The density of the earth's crust is 2.8 gram/cubic centimeter.
Answer options :
1) Only statement (a) is correct **2) Only statement (b) is correct**
3) Statements (a) and (b) are correct 4) Statements (a) and (b) are incorrect

नमुना प्रश्न : पृथ्वीचे अंतरंग, रचना आणि घटना

१) पृथ्वीच्या केंद्राभोवती असलेला थर कोणता ?
१) सायमा २) उर्ध्य प्रावरण **३) निफे** ४) अधो प्रावरण

२) गुटेनबर्ग विलगतेमुळे कोणते थर वेगळे होतात ?
१) सियाल व सीमा २) द्रवरुप व घनरुप गाभा **३) प्रावरण व गाभा** ४) उर्ध्व व अधो प्रावरण

३) पृथ्वीच्या अंतरंगातील खालीलपैकी कोणत्या थराची जाडी सर्वात जास्त आहे.
१) अधो प्रावरण २) उर्ध्व प्रावरण **३) द्रवरुप गाभा** ४) घनरुप गाभा

४) निकेल व .... यापासून पृथ्वीचा गाभा तयार झाला आहे.
१) सिलिका **२) लोह** ३) ऑलिव्हीन ४) ॲल्युमिनिअम

५) पृथ्वीच्या गाभ्यास .... असेही म्हणतात.
१) प्रावरण **२) निफे** ३) सायमा ४) सियाल

६) मृदावरण व प्रावरण यांच्या दरम्यान कोणती विलगता आढळते ?
१) कॉनरॅड २) युटेनबर्ग **३) मोहो** ४) रेपेही

७) पृथ्वीच्या अंतरंगातील विलगतेच्या पातळ्यांच्या पुढील पैकी कोणता क्रम बरोबर आहे ?
१) मोहो, कॉनरॅड,रेपेट्टी, गुटेनबर्ग **२) कॉनरॅड, मोहो,रेपेट्टी, गुटेनबर्ग**
३) रेपेट्टी, मोहो, गुटेनबर्ग, कॉनरॅड ४) गुटेनबर्ग, मोहो, कॉनरॅड, रेपेट्टी

८) खालीलपैकी कोणते तरंग भूकंपाची निगडीत नाहीत?
१) पी तरंग २) पृष्ठीय **३) विद्युत चुंबकीय** ४) एस्. तरंग

९) कॉनरॅड विलगता ...... यांना विभागते.
१) सियाल व सीमा २) मृदावरण व प्रावरण
३) बाह्यगाभा व आंर्तगाभा ४) आंर्तप्रावरण व बाह्य प्रावरण

२) अंतर्गत व बहिर्गत शक्ती, भूकंप, ज्वालामुखी

भूकवचात बदल घडवून आणणाऱ्या अंतर्गत व बहिर्गत शक्ती

भूकवचातील बदल –

निरनिराळ्या खडकांपासून तयार झालेला भूकवचाचा भाग स्थिर नाही. पृथ्वीच्या कवचाचा भाग तयार झाल्यापासून आजतागायत त्यात सारखे बदल होत आहेत. याचा परिणाम म्हणजे पृथ्वीचा पृष्ठभाग हा निरनिराळ्या भूआकारांनी व्यापलेला आढळतो. पृथ्वीची उत्पत्ती झाली त्यावेळी या प्रकारचे भूआकार पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर अस्तित्वात नसावेत. पृथ्वीच्या कवचातील विशिष्ट हालचालींमुळे या प्रकारचे भूविशेष निर्माण झाले असावेत. भुकवचात घडणाऱ्या हालचालींमुळे या प्रकारचे बदल सारखे होत असून ते भूभागावर व जलभागावर होताना आढळतात. सध्या पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर जो जमिनीचा भाग दिसतो तो पूर्वी जलमय असावा व हल्लीचा समुद्राचा तळभाग पूर्वी उघडा असावा. भूकवचात होणाऱ्या विशिष्ट हालचालींचा समुद्राच्या व भूमिखंडाच्या सर्वसाधारण पातळीवर परिणाम होऊन या प्रकारचे बदल पाहावयास मिळतात.

भूकवचातील बदलांची उदाहरणे –

सध्या पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर ज्या वली पर्वतांच्या रांगा आढळतात त्या पूर्वी उथळ समुद्राचे भाग होते असे भूगर्भशास्त्रीयदृष्ट्या सिद्ध होते. उदाहरणार्थ, हिमालय पर्वताची निर्मिती होण्यापूर्वी त्या ठिकाणी 'टेथिस' नावाच्या समुद्राच्या लांबच लांब भाग होता. कित्येक वेळा या प्रकारे भूकवचात होणाऱ्या हालचाली सावकाश घडत असतात; तर काही वेळेस या हालचाली तीव्र स्वरुपाच्या असतात.

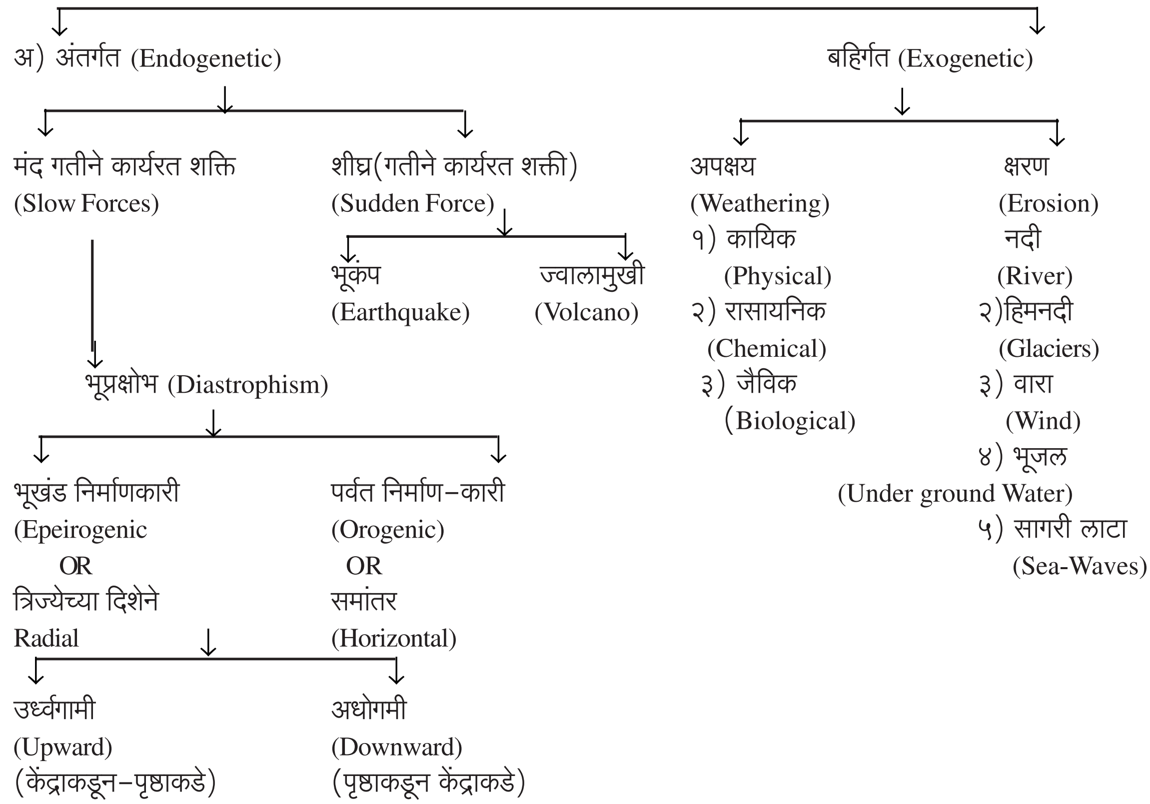
भूपृष्ठावर होणारे भूकंप आणि ज्वालामुखी यांमुळेही भूकवचात शीघ्र बदल घडून येतात. भूकंपाच्या तीव्र हादऱ्यामुळे निर्माण झालेले बदल चटकन लक्षात येतात. काही वर्षांपूर्वी आसाम आणि कच्छच्या आखातात, तसेच २६ जानेवारी, २००१ रोजी गुजरातमध्ये भूज, अडयार आणि बच्छाव परिसरात झालेल्या तीव्र स्वरुपाच्या भूकंपाच्या हालचालींमुळे या प्रकारचे बदल फार मोठ्या प्रमाणात घडून आले आहेत.

इटलीतील नेपल्स शहराजवळील सेरापीस मंदिराला तीन खांब आहेत. टोकापासून ३.६ मीटर खांबाचा भाग गुळगुळीत आहे; पण त्यानंतर २.७ मीटरपर्यंत खांबाचे भाग खडबडीत झाले आहेत. या २.७ मीटरचा भाग पूर्वी समुद्रात बुडालेला असावा व समुद्रात राहणाऱ्या प्राण्यांमुळे या भागावर खाचा पडल्या असाव्यात. मंदिर बांधल्यानंतर जमिनीचा भाग खचून हे खांब पाण्यात बुडाले असावेत; परंतु पुन: जमीन वर उंचावल्यामुळे हे खांब परत पाण्याच्या वर आले असावेत.

भूगर्भीय शक्तीचे प्रकार

भूकवचात किंवा भूपृष्ठात बदल घडवून आणण्याच्या कार्यात काही विशिष्ट शक्ती आणि प्रेरणा (Forces

अंतर्गत व बहिर्गत शक्ति
पृथ्वीच्या शक्तीचे वर्गीकरण



affecting the earth's crust) भाग घेतात. या शक्ती भूगर्भात तसेच पृथ्वीवरील वातावरणातून निर्माण होतात. यावरुन या शक्तीचे एक अंतर्गत किंवा आभ्यंतरित किंवा भूगर्भीय शक्ती (Internal or Endogenic Forces) आणि दुसरी बहिर्गत किंवा बाह्यशक्ती (External or Exogenic Forces) असे दोन प्रकार पडतात.

अंतर्गत शक्ती

अंतर्गंत शक्तीच्या (Internal Forces) भूकवचात कार्य करणाऱ्या स्वरुपावरुन दोन प्रकार पडतात-

१) भूकवचावर मंद गतीने किंवा सावकाश कार्य करणाऱ्या शक्ती (Slow Forces)

२) भूकवचावर शीघ्र गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती (Sudden Forces)

मंद गतीने व शीघ्र गतीने कार्य करणाऱ्या शक्तीची निर्मिती ही पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातून होते. या शक्ती पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातून भूकवचावर कार्य करतात. भूगर्भातील प्रचंड तापमानाचा या शक्तींच्या निर्मितीशी संबंध असतो. तसेच यांतील काही शक्ती पृथ्वीच्या संतुलनात बिघाड होऊनही निर्माण होतात.

भूगर्भातील अत्यधिक तापमानामुळे पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील द्रव्ये स्थिर राहू शकत नाहीत व त्यांच्यात काही घडामोडी निर्माण होऊन अंतर्गत शक्ती निर्माण होतात.

१) सावकाश कार्य करणाऱ्या शक्ती –

भूगर्भातील अत्यधिक तापमानामुळे अंतर्गत शक्ती निर्माण होऊन या शक्ती भूकवचावर अनेक दिशांनी कार्य करतात; त्यामुळे भूकवचात अनेक दिशांनी दाब (Compression) व ताण (Tension) निर्माण होतात. कधीकधी या शक्ती भूकवचावर ऊर्ध्वगामी दिशांनी कार्य करतात; त्यामुळे भूकवचात ऊर्ध्वगामी भूहालचाली (Vertical Movement) निर्माण होतात.

त्रिज्येच्या दिशेने कार्यरत शक्ती – भूकवचाचा काही भाग खालून वर रेटला जातो तर काही भाग वरुन खाली खचतो, या हालचाली पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या दिशेने होणाऱ्या असतात; म्हणून त्यांना 'Radial Earth-movements' असे म्हटले जाते. या प्रकारच्या हालचालींमुळे पृथ्वीवर विस्तृत पठारे व मैदाने यांची निर्मिती झाली आहे; यामुळे यांना भूखंड निर्माणकारी भूहालचाली (Continent-making-movements) असे म्हणतात. भूगर्भशास्त्रात या प्रकारच्या हालचालींना 'Epeirogenic Earth-movements' असे म्हणतात. उत्तर अमेरिकेच्या मध्य भागातील विस्तृत सखल प्रदेश, रशियातील विस्तृत मैदानी प्रदेश, आफ्रिकेतील पठारी भाग व भारतातील दख्खनचे पठार हे सर्व भूप्रदेश या प्रकारच्या भूहालचालींमुळे निर्माण झाले आहेत. अशा हालचालींमुळे भूप्रदेशाचा एखादा विस्तृत भाग खाली खचतो किंवा समुद्राचा विस्तृत असा तळभाग वर उचलला जातो. या प्रकारच्या भूहालचालींमुळे कधी–कधी समुद्राची पातळीही वर किंवा खाली जाते. या हालचालींमुळे होणारे बदल विश्वव्यापी स्वरुपाचे असू शकतात.

क्षितिज समांतर हालचाली – काही वेळेस अंतर्गत भागात निर्माण होणाऱ्या शक्ती पृथ्वीच्या कवचावर किंवा भूपृष्ठभागावर त्याला समांतर दिशांनी कार्य करतात; त्यामुळे भूकवचातील खडकांवर क्षितिजसमांतर दिशांनी दाब व ताण निर्माण होतो. त्यामुळे निर्माण होणाऱ्या क्षितिजसमांतर भूहालचालींना 'Horizontal Earth-movements' या नावाने ओळखले जाते. क्षितिजसमांतर दाब व ताणामुळे मृदू खडकांना वळ्या पडतात. कठीण खडकांवर मात्र या प्रकारचा दाब आणि ताण निर्माण होऊन त्यांना वळ्या न पडता मोठमोठ्या भेगा (Faults) पडतात; याला 'भूपटलभ्रंश' (Crustal Faulting) असे म्हणतात. काही वेळेस अशा प्रकारे दाब व ताण निर्माण होताना खडकात उभे, आडवे आणि निरनिराळ्या दिशांनी जोड निर्माण होतात. या प्रकारच्या भूहालचालींमुळे गाळाच्या खडकांना विस्तीर्ण अशा वळ्या पडून वलीपर्वतांची निर्मिती झाली आहे. भारतातील हिमालय पर्वत या प्रकारे निर्माण झाला आहे. साहजिकच, या हालचालींना 'पर्वतनिर्माणकारी भूहालचाली' (Mountain-making-Earth-movements) या नावाने ओळखले जाते. भूगर्भशास्त्रात या हालचालींना 'Orogenic-Earth-movements' असे म्हणतात.

भूप्रक्षोभ – भूखंडनिर्माणकारी व पर्वतनिर्माणकारी भूहालचाली भूकवचावर मंद गतीने कार्य करणाऱ्या प्रेरणेमुळे (Slow Forcs) निर्माण होतात; त्यामुळे या हालचालींमुळे भूकवचात सावकाश बदल होत असतो. या दोन्ही प्रकारच्या हालचालींमुळे भूकवचावर जे परिणाम होतात त्या सर्व परिणामांना संयुक्तरित्या 'भूप्रक्षोभ' (Diastrophism) असे म्हणतात.

२) शीघ्र गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती –

भूगर्भात निर्माण होणाऱ्या अंतर्गत शक्तीमुळे काही वेळेस भूकवचावर आकस्मिक किंवा शीघ्र कार्य करणाऱ्या शक्ती (Sudden Forces) निर्माण होतात. या प्रकारच्या शक्तीचे स्वरुप तीव्र असते. यात भूपृष्ठावर निर्माण होणारे ज्वालामुखी व भूकंप यांचा प्रामुख्याने समावेश होतो. ज्वालामुखी व भूकंप यांसारख्या शीघ्र शक्तींमुळे भूकवचात फार मोठ्या प्रमाणावर बदल घडून येतो.

बहिर्गत शक्ती

पृथ्वीभोवती असलेल्या वातावरणातून या शक्ती निर्माण होतात; त्यामुळे या शक्ती बाहेरुन भूकवचावर कार्य करतात. या शक्ती आपल्या कारकांद्वारे भूकवचावर कार्य करतात. सूर्याची उष्णता, पाऊस, हिम, हिमनद्या, वाहते पाणी (नदी), वारा इत्यादी बहिर्गत शक्तीचे मुख्य कारक आहेत. या कारकांच्या कार्यामुळे भुकवचात फार मोठ्या प्रमाणावर बदल घडून येतो. या कारकांच्या कार्याचा पुढील प्रकरणात सविस्तर विचार केला आहे.

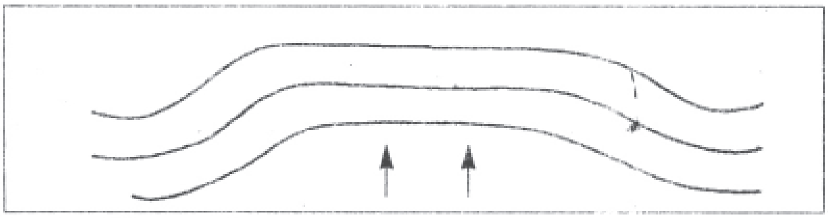
भूप्रक्षोभाचे भूकवचावरील परिणाम

पृथ्वीच्या अंतर्गत शक्ती आणि बाह्य शक्ती यांच्या क्रिया–प्रक्रियांनी पृथ्वीच्या नवीन नवीन भूआकारांची निर्मिती होते. अंतर्गत शक्तीमुळे 'भूखंडनिर्माणकारी' व 'पर्वतनिर्माणकारी' भू–हालचाली होऊन त्या भूकवचावर मंद गतीने कार्य करतात. या शक्तींच्या प्रभावाचा परिणाम शेकडो वर्षांनी लक्षात येतो. या दोन्ही प्रकारच्या शक्तींमुळे घडून येणाऱ्या परिणामांचा 'भूप्रक्षोभ' (Diastrophism) या भूगर्भशास्त्रीय संज्ञेत समावेश होतो.

भूखंड निर्माणकारी भूहालचालींचे परिणाम

१) पठारे, मैदाने व बेटांची निर्मिती –

या उभ्या भूहालचाली असून भूकवचावर पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या दिशेने कार्य करतात. या प्रकारच्या हालचालीमुळे भूकवचाचा फार मोठा भाग वर उंचावला जातो; तर एखादा भाग खाली खचला जातो. पृथ्वीवरील विस्तृत मैदाने व पठारे यांची निर्मिती या प्रकारच्या भूहालचालींमुळे झाली आहे. त्याचप्रमाणे ग्रेट ब्रिटन व श्रीलंका ही बेटे या हालचालींमुळे निर्माण झाली आहेत. पूर्वी हे अनुक्रमे युरोप व भारत या खंडप्राय भूमीचे भाग होते. भारतातील दख्खनचे पठार, आफ्रिकेचे पठार, उत्तर अमेरिकेच्या मध्य भागातील विस्तृत सखल प्रदेश व रशियाचा विस्तृत मैदानी प्रदेश हे या हालचालींमुळे निर्माण झाले आहेत. या प्रकारच्या हालचालींमुळे भूकवचातील खडकांचे थर वर किंवा खाली रेटले गेले तरी त्यांच्या थरांचा क्रम बदलत नाही. या हालचालींचा समुद्रतळावरही परिणाम होतो. समुद्रतळाचा काही भाग वर उंचावून बेटांची निर्मिती होते; तर काही वेळेस समुद्रतळाचा भाग खाली खचतो व पूर्वीअस्तित्वात असलेली बेटे पाण्याखाली गडप होतात. हल्ली भूपृष्ठावर आढळणारे गाळाचे खडक हे या प्रकारच्या हालचालींचे महत्त्वाचे परिणाम आहेत. समुद्रतळावर गाळाचे संचयन होऊन या प्रकारचे खडक तयार झाले व भूखंडनिर्माणकारी भूहालचालींमुळे असा समुद्राचा तळभाग उंचावून हे खडक भूपृष्ठावर उघडे पडले.



भूखंड निर्माणकारी भू–हाचलचाली

२) समुद्रकिनाऱ्यांचे उंचावणे व खचणे –

पृथ्वीवरील काही खंडांचे किनारे वर उंचावत असल्याचे पुरावे उपलब्ध झाले आहेत. उत्तर अमेरिकेतील फ्लॉरिडा, युरोपमधील स्वीडन तसेच वेस्ट इंडीज बेटे या प्रदेशांचे किनारे हळूहळू वर वर येत आहेत असे दिसून येते. पृथ्वीची निर्मिती झाल्यावर अगदी प्रारंभिक अवस्थेत या प्रकारच्या हालचाली फार मोठ्या प्रमाणात घडल्या

असाव्यात व त्यामुळे आज पृथ्वीवर जी भूमिखंडे व सागरविभाग आढळतात ते निर्माण झाले असावेत.

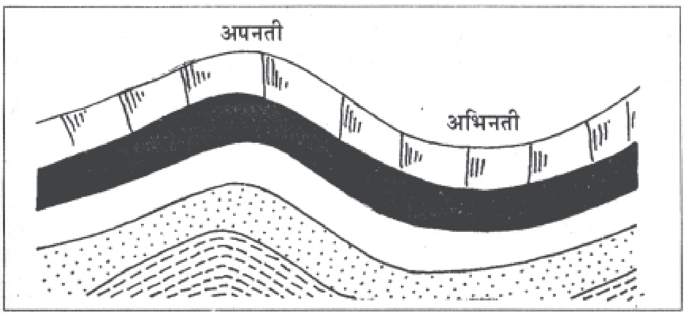
या प्रकारच्या भूहालचालींमुळे एखाद्या ठिकाणचा भाग वर उंचावल्यावर त्याच वेळी दुसऱ्या ठिकाणचा भाग खाली खचतो. जमिनीचे उंचावणे व खचणे या दोन्ही क्रिया एकाच वेळी घडत असतात. उत्तर समुद्राकाठचा सखल प्रदेश क्रमाक्रमाने पाण्याखाली जात असल्याचे आढळून आले असून दिवसेंदिवस उथळ पाण्याचे क्षेत्र वाढत आहे.

३) स्थानिक व प्रादेशिक परिणाम –

भूखंडनिर्माणकारी भूहालचालींचे परिणाम हे स्थानिक स्वरुपाचे किंवा प्रादेशिक स्वरुपाचे देखील असू शकतात. दोन्ही प्रकारच्या परिणामांमध्ये कोणत्या प्रकारच्या भूहालचालींचा परिणाम जास्त तीव्र आहे, हे सांगणे कठीण आहे; कारण जमिनीच्या उंचावण्याच्या व खचण्याच्या क्रियांमध्ये पर्वतनिर्माणकारी भूहालचालींचाही थोडाफार परिणाम झालेला असतो. यात भूखंडनिर्माणकारी भूहालचालींचे कार्य हे प्रमुख व पर्वतनिर्माणकारी भूहालचालींचे कार्य दुय्यम स्वरुपाचे असू शकेल. तसेच पृथ्वीवरील कोणतेही घडीचे पर्वत हे केवळ पर्वतनिर्माणकारी भूहालचालींमुळे निर्माण झाले असावेत, असे सांगता येत नाही. या क्रियेत भूखंडनिर्माणकारी भूहालचालींचा काही वाटा असू शकेल. या कारणामुळे पृथ्वीवर भूमिस्वरुपाच्या निर्मितीमध्ये या दोन्ही प्रकारच्या भूहालचालींचा परस्पर असा संबंध असतो. भूमिखंडाच्या उंचावण्याच्या व खचण्याच्या क्रियांबरोबरच भूमिखंडावरील खडकांना वळ्या किंवा भेगा पडतात.

पर्वत निर्माणकारी भूहालचालींचे परिणाम

अंतर्गत शक्ती ज्या वेळी भूकवचावर क्षितिजसमांतर दिशेने कार्य करतात त्या वेळी या प्रकारच्या भूहालचाली निर्माण होऊन भूकवचावर समांतर दिशेने ताण (Tension) व दाब (Compession) निर्माण होतो. या प्रकारच्या भूहालचालींमुळे भूकवचातील खडकांना वळ्या पडतात किंवा खडकांना मोठमोठ्या भेगा पडतात; तर बऱ्याच ठिकाणी खडकांत आडवे व उभे जोड निर्माण होतात. यामुळे पृथ्वीवर निरनिराळे भूआकार निर्माण होतात.



आकृती – अपनती व अभिनती

या हालचालींमुळे मुख्यत्वेकरुन वलीपर्वतांची निर्मिती होते. हिमालय, आल्प्स, रॉकी व अँडीज हे पर्वत या प्रक्रियांनी निर्माण झाले आहेत. भूकवचावर दाब पडून वळ्यांची निर्मिती होते; तर भूकवचावर ताण पडून भूकवचातील खडकांत मोठमोठ्या तडा पडतात किंवा जोड निर्माण होतात.

१) वळ्या किंवा घड्या –

पर्वतनिर्माणकारी भूहालचालींमुळे भूकवचाच्या ज्या भागात निरनिराळ्या दिशांनी दाब निर्माण होतो त्या भागात मृदू खडकांच्या भागांना मोठमोठ्या वळ्या पडतात. भूकवचातील खडकांवर दोन्ही बाजूंनी येणारा दाब जर सारख्या प्रमाणात असेल तर आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे सारख्या आकाराच्या वळ्या पडतात. यात वळीच्या वर आलेल्या भागाला अपनती (Anticline) व वळीच्या खाली गेलेल्या भागाला अपनती (Anticline) व वळीच्या खाली गेलेल्या भागाला अभिनती (Syncline) असे म्हणतात. अपनती व अभिनती वळ्यांमुळे संपूर्ण वळ्यांची रचना ही

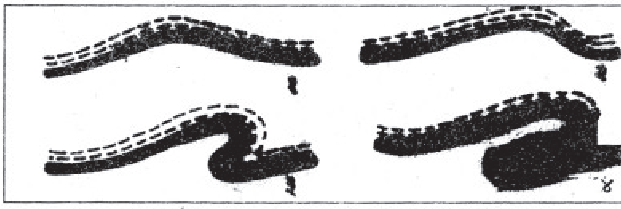
एखाद्या लाटेसारखी दिसते.

आकृती मध्ये वळ्यांचे सर्वसाधारण स्वरुप दाखविले आहे. या प्रकारच्या साध्या वळ्या भूपृष्ठावर क्वचितच आढळतात. दोन्ही बाजूंनी पडणारा हा दाब नेहमीच सम प्रमाणात नसतो. सर्वसाधारण क्षितिजसमांतर हालचालींमुळे भूकवचावर सर्व दिशांनी दाब पडतो व तोही सारख्या प्रमाणात नसतो. अशा वेळी भूकवचाला निरनिराळ्या आकारांच्या व रचनेच्या वळ्या पडतात. कधी कधी हा दाब इतका तीव्र स्वरुपाचा असतो की त्यामुळे निर्माण झालेल्या वळ्या या क्लिष्ट स्वरुपाच्या असतात. काही वेळेस तीव्र दाबामुळे वळीच्या आसाजवळील भाग दुभंगून वळ्यांच्या एका बाजूच्या भुजा व दुसऱ्या बाजूच्या भुजा वर सरकतात किंवा एकमेकीपासून दूर लोटल्या जातात. भूकवचावर जर कोणत्याही एका बाजूने दाब पडत असेल तर अशा वेळी आकृती क्र. ४.४ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे भूकवचाला अगदी साध्या वळ्या पडतात. या क्रियेत निर्माण होणाऱ्या वळ्या या रुंद व कमी उंचीच्या असतात. या प्रकारच्या वळ्यांना 'Open Folds' किंवा 'Jura Type Folds' असे म्हणतात.

भूपृष्ठावर पडणारा दाब जर दोन्ही बाजूंनी येत असून तो तीव्र स्वरुपाचा असेल तर अशा वेळी निर्माण होणाऱ्या घड्या या जास्त उंच व अरुंद असतात. अशा प्रकारच्या वळ्या एकमेकींच्या अगदी जवळ जवळ येतात व शेवटी त्यांच्या भुजा एकाच दिशेने झुकतात. अशा प्रकारे निर्माण होणाऱ्या प्रत्येक वळीला दोन भुजा किंवा बाजू (Sides or Limbs) असतात. वळ्यांच्या या दोन्ही भुजांचा उतार हा सारखाच असेल असे नाही. सारख्या उताराच्या भुजा असलेल्या वळ्या क्वचितच आढळतात.

भूकवच वळ्यांचे प्रकार –

भूहालचालींच्या स्वरुपावरुन व वळ्यांच्या रचनेवरुन भूकवचाला पडणाऱ्या वळ्यांचे निरनिराळे प्रकार पडतात.



आकृति – (१) संमित वळ्या (२) असंमित वळ्या (३) समनत वळ्या (४) परिवलीत वळ्या

१) संमित वळ्या (Symmetrical Folds) – या भूकवचावर दोन्ही बाजूंकडून येणाऱ्या समान दाबामुळे निर्माण होतात. या वळ्यांच्या दोन्ही भुजा समान उताराच्या असतात.

२) असंमित वळ्या (Asymmetrical Folds) – एका बाजूने जास्त दाब व दुसऱ्या बाजूने कमी दाब असेल तर या प्रकारच्या वळ्यांची निर्मिती होते. या वळ्यांच्या भुजा असमान उताराच्या असतात.

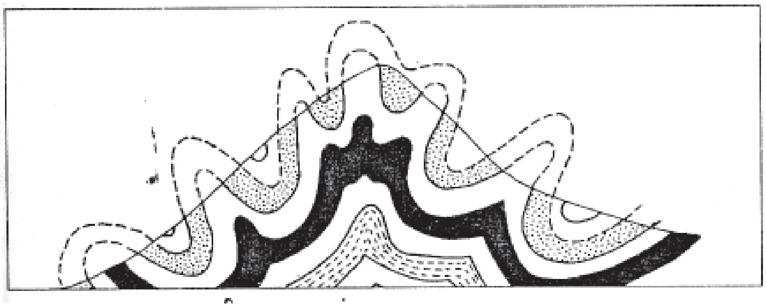
३) एकप्रवणक वळ्या (Monoclinal Folds) – दोन बाजूंनी येणारा दाब सारख्याच प्रमाणात नसेल व त्यात एका बाजूने पडणारा दाब दुसऱ्या बाजूने पडणाऱ्या दाबापेक्षा जास्त जोरदार असेल तर अशा वेळी निर्माण होणाऱ्या वळ्यांची एक भुजा मंद उताराची व दुसरी भुजा लंबवत असते. या प्रकारच्या वळ्यांना 'एकप्रवणक वळ्या' असे म्हणतात.

४) समनत (Isoclinal Folds) – काही वळ्यांच्या दोन्ही भुजा कोणत्याही एका बाजूला इतक्या झुकलेल्या असतात की त्या परस्परांना जवळ जवळ समांतर असतात. या भुजांचा उतारही एकाच बाजूला असतो. या प्रकारच्या वळ्यांना 'समनत वळ्या' (Isoclinal Folds, Over Folds, Overturned Folds) असे म्हणतात.

५) परिवलीत वळ्या (Recumbent Folds) – काही वळ्यांच्या दोन्ही भुजा एकाच अंगाला इतक्या

झुकलेल्या असतात की त्या परस्परांना तर समांतर असतातच; परंतु त्याच वेळी त्या भूपृष्ठाला देखील समांतर असतात. या वळ्यांना 'परिवलीत वळ्या' असे म्हटले जाते.

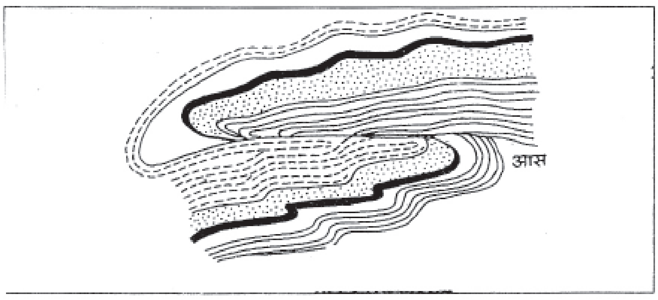
६) पंख्याच्या आकाराच्या वळ्या (Fan-Foldimng) – भूकवचावर दोन्ही बाजूंकडून येणारा दाब हा समान असून जर तीव्र स्वरुपाचा असेल तर अशा वेळी भूकवचाला



आकृती – पंख्याच्या आकाराच्या वळ्या

दोन्ही बाजूंना पुष्कळ लहानमोठ्या वळ्या पडतात. असा दाब सतत येत राहिला तर दोन्ही बाजूंकडील वळ्या मोठमोठ्या होत जातात. दोन्ही बाजूंकडून येणारा दाब ज्या भागात केंद्रित होतो त्या भागातील वळी इतर वळ्यांच्या मानाने जास्त वर आलेली असते. अशा रीतीने भूकवचाला वळ्या पडून भूकवचाला पंख्याचा आकार येतो. पंख्याच्या आकाराच्या या वळ्यांना 'Fan-folding' असे म्हणतात.

७) ग्रीवाखंड (Nappes) – वळ्या निर्माण झाल्यावर काही वळ्यांच्या आसावर (Axis) इतका ताण पडतो की आसाजवळील वळ्याचा भाग दुभंगतो व त्यामुळे काही वेळेस दुभंगलेल्या भागाला अनुसरुन जास्त दाबाकडील वळीची भुजा दुसऱ्या भुजेवर सरकते. अशा विखंडित वळीला 'ग्रीवाखंड' (Nappes) असे म्हणतात. या प्रकारच्या वळ्या आल्प्स पर्वतात व हिमालय पर्वतात काही भागांत पाहावयास मिळतात. या प्रकारच्या वळीला 'Overthrust Fold' असे म्हणतात.

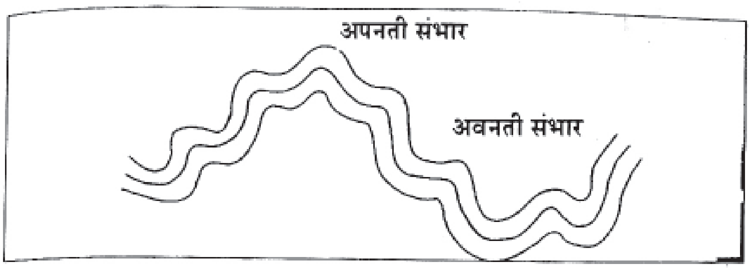


आकृती क्र. ८ – ग्रीवाखंड

या प्रकारच्या वळ्या पडून जी भूरचना तयार होते तिला 'Imbricate Structure' असे म्हणतात. भू–प्रक्षोभामुळे फार मोठ्या प्रदेशात भूकवचाला वळ्या पडून भूपृष्ठाचा भाग उंचावला असेल तर अशा क्रियेला 'Warping ' असे म्हणतात. या क्रियेत भूपृष्ठाचा भाग बराच वर उंचावला जातो. या प्रकारची क्रिया समुद्रकिनाऱ्यावरील प्रदेशात व क्षितिजसमांतर थर असलेल्या गाळाच्या खडकाने व्याप्त प्रदेशात घडताना आढळते.

काही भागांत भूपृष्ठाला वळ्या पडल्यावर मुख्य अपनती व अभिनती वळ्यांमध्ये लहान लहान वळ्या पडलेल्या आढळतात. या प्रकारची क्रिया अपनती वळ्यांवर घडून निर्माण होणाऱ्या वळीला 'अपनती संभार' (Anticlinorium)

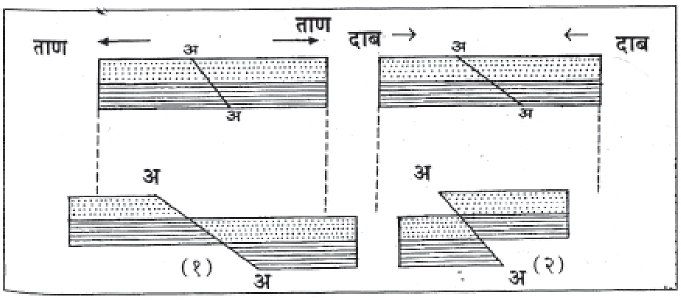
व अभिनती वळीला लहान लहान वळ्या पडून निर्माण होणाऱ्या वळीला 'अवनती संभार' (Synclinorium) असे म्हणतात. या प्रकारची भूरचना स्कॉटलंडच्या दक्षिण भागातील उंचवट्याच्या प्रदेशात व वेल्डमध्ये आढळते



आकृती क्र. ९ – अपनती व अवनती संभार

भूपटलभ्रंश

भूगर्भीय हालचालींमुळे भूकवचावर एखाद्या ठिकाणी दाब पडल्यावर लगेच दुसऱ्या ठिकाणी ताण निर्माण होतो. भूकवचावर ताण निर्माण झाल्यावर भूकवचाचे भाग विरुद्ध दिशेने ओढले जाऊन भूकवचावरील खडकांना मोठमोठ्या भेगा पडतात किंवा जोड निर्माण होतात. यासच 'भूपटलभ्रंश' (Crustal Faulting) म्हणून ओळखले जाते. याउलट, भूकवचावर दाब निर्माण झाल्यास भूकवचाचा भाग आकुंचन पावतो व त्यामुळे भूकवचातील खडकांना वळ्या पडतात किंवा प्रतिकूल भेगा (Reverse Faults) पडतात. खडकाला भेग पडून त्या भेगेजवळील खडकांच्या तुकड्यांमध्ये स्थानांतर झाल्यास त्या भेगेला 'भ्रंश' (Faults) म्हणतात. खडकाला भेग पडून भेगेजवळील तुकड्यांची वर किंवा खाली हालचाल झाल्यास तिला "Throw" असे म्हणतात. खडकांमध्ये असे स्थानांतर लहानमोठ्या प्रमाणात होत असते. खडकांमध्ये जर तिरप्या भेगा पडल्या असतील तर अशा वेळी भेगांच्या जवळील खडकांच्या तुकड्यांमध्ये क्षितिजसमांतर दिशेने स्थानांतर होते.



आकृती क्र. १० – १) प्रसामान्य प्रस्तरभंग, २) प्रतिकूल प्रस्तरभंग

खडकांवर ताण पडून निर्माण होणाऱ्या भेगेजवळील खडकांच्या तुकड्यांत क्षितिजसमांतर दिशेने हालचाल होते व ते एकमेकांपासून विरुद्ध दिशेकडे सरकतात. या प्रकारच्या भेगेला 'प्रसामान्य प्रस्तरभंग' (Normal Fault) असे म्हणतात. या भेगेमुळे खडकांच्या तुकड्यांमध्ये स्थानांतर होऊन मूळ खडकाचा विस्तार वाढतो. याउलट, खडकांवर दाब पडून निर्माण होणाऱ्या भेगेमुळे भेगेजवळील खडकांचे भाग एकमेकांकडे सरकतात. या प्रकारच्या भेगेला 'प्रतिकूल प्रस्तरभंग' (Reverse Fault) किंवा) यात मूळ खडकाचा विस्तार कमी होतो.

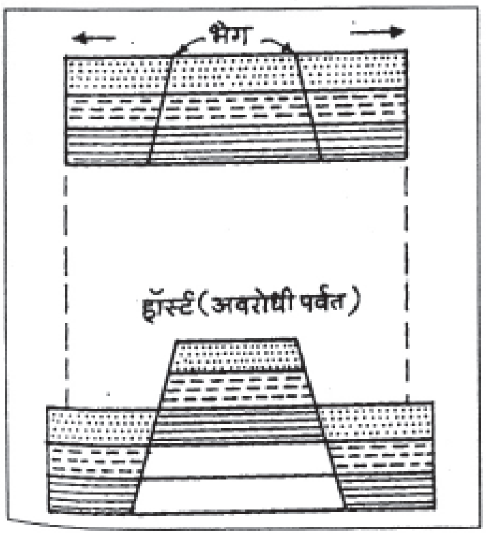
भूकवचाचा भाग कठीण खडकांचा असेल किंवा भूकवचावर भगर्भीय हालचालींचा एकसारखा परिणाम होत असेल तरच खडकांना भेगा पडतात. काही वेळा खडकांना उभ्या भेगा (Vertical Faults) पडतात. अशा वेळी भेगेजवळील खडकांच्या भागात क्षितिजसमांतर स्थानांतर होत असेल तर अशा भेगांना 'Tear Faults' किंवा 'Strike Slip Faults' असे म्हणतात. भूकंपाच्या वेळी या प्रकारच्या हालचाली पाहावयास मिळतात. स्कॉटलंडमधील 'ग्रेट ग्लेन' भेग या प्रकारात मोडते. या भेगेमुळे १०४ कि. मी. अंतरापर्यंत खडकाचे भाग सरकलेले आढळतात.

भूपटभ्रंशामुळे निर्माण होणारे भूआकार

भूपटलभ्रंशामुळे भूकवचाला जवळजवळ समांतर अशा पुष्कळशा भेगा पडून भेगांच्या दरम्यान असलेले खडकाचे तुकडे खाली घसरतात किंवा वर उचलले जातात. या प्रकारच्या भूपटलभ्रंशाला 'Block Faulting' असे म्हणतात.

१) गटपर्वत –

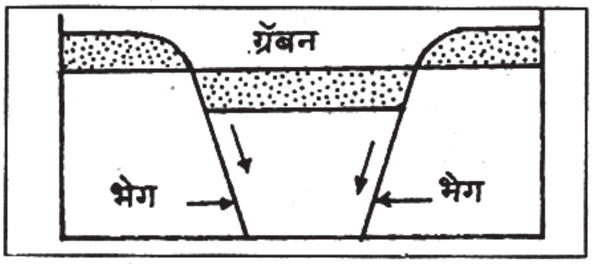
भूकवचाला ज्या वेळी समोरासमोर दोन समांतर भेगा पडतात त्या वेळी काही ठिकाणी दोन भेगांच्या दरम्यान असलेला भूकवचाचा भाग वर उचलला जातो. सभोवतालच्या भागापेक्षा या जास्त उंच भागाला 'हॉर्स्ट' (Horst) असे म्हणतात. पर्वतासारख्या अशा उंचावलेल्या भागाला 'गटपर्वत' किंवा 'अवरोधी पर्वत (Block Mountain) असेही म्हणतात. या प्रकारचे भूआकार भेगांच्या बाजूकडील भूकवचाचे भाग खाली खचून तयार होतात किंवा दोन भेगांच्या दरम्यान असलेला भूकवचाचा भाग उंचावून निर्माण होतात.



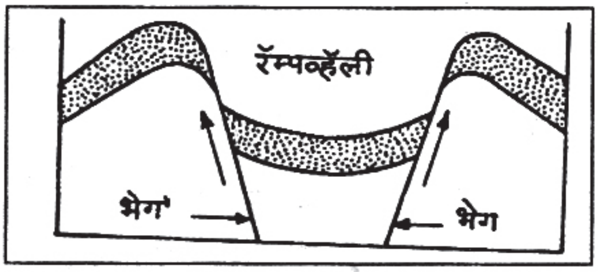
मध्य युरोपातील व्हॉसजेस, ब्लॅक फॉरेस्ट आणि हॅर्झ हे पर्वत या प्रकारे निर्माण झाले आहेत. सुएझ व बत्तकाबा यांच्या दरम्यान असलेला सिनाई पर्वत आणि पीत समुद्र व जपानचा समुद्र यांच्या दरम्यान असलेले कोरियातील पर्वत हे याच प्रकारे निर्माण झाले आहेत.

२) ग्रॅबन –

काही वेहेस भूकवचाला समोरासमोर दोन भेगा पडून त्या दोन भेगांच्या दरम्यानचा भूकवचाचा भाग खाली खचतो व त्या ठिकाणी दरीसारखा खोलगट भाग तयार होतो. या खोलगट भागाला 'ग्रॅबन' (Graben) असे म्हटले जाते. या प्रकारचा खोलगट दरीसारखा भाग भूकवचाला पडलेल्या दोन प्रसामान्य भेगांमधील भूकवचाचा भाग खाली खचून निर्माण होतो.



आकृती क्र. १२



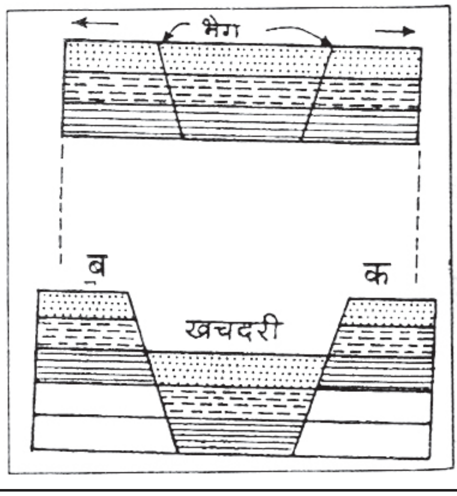
आकृती क्र. १३

३) रॅम्प व्हॅली –

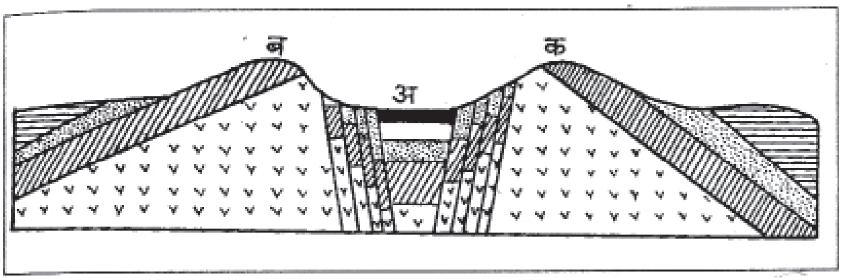
काही वेळेस भूकवचाला पडलेल्या दोन भेगांच्या बाहेरील बाजूवरील भूकवचाचा भाग वर उंचावून त्या भेगांच्या दरम्यान खोलगट दरीसारखा भाग तयार होतो. अशा खोलगट भागाला 'रॅम्प व्हॅली' (Ramp Valley) म्हणून ओळखतात.

४) खचदरी –

भूकवचाला समोरसमोर पडलेल्या भेगांच्या दरम्यान असलेला भूकवचाचा भाग एकदम खाली खचून काही वेळेस अतिशय खोल व अरुंद दऱ्यांची निर्मिती होते. या प्रकारच्या दऱ्यांना खचदरी (Rift Valley) असे म्हणतात. अशा काही खचदऱ्यांच्या दोन्ही बाजूंवरील खडकांत पुष्कळशा भेगा पडलेल्या असतात; त्या भागातही खडकात हालचाल झालेली असते. अशा खचदऱ्या कशा निर्माण होतात; याविषयी पुष्कळ मते प्रतिपादन केली गेली आहेत. भूकवचावर ताण पडून भूकवचाचे भाग विरुद्ध बाजुला रेटले जातात व त्यामुळे मध्यभाग खचून खोलगट दरी निर्माण होते. काही वेळेस दोन्ही बाजूंनी भूकवचावर दाब पडून भूकवचाचे भाग वर रेटले जातात व मध्यभभागात दरीसारखा भाग तयार होतो.



खचदऱ्या कोणत्याही कारणाने निर्माण होत असल्या तरी अशा खचदऱ्या कोणत्याही प्रदेशातील स्थलाकृतींचे महत्त्वाचे वैशिष्ट्य असते. युरोपमधील ऱ्हाईन नदीची दरी हे खचदरीचे उत्तम उदाहरण आहे. या दरीच्या एका बाजूला व्हॉसजेस व दुसऱ्या बाजूला ब्लॅक फॉरेस्ट गटपर्वत आहेत. ही दरी ३२० कि. मी. लांब व ३२ कि. मी. रुंद आहे



आकृती – 'अ' – खचदरी; 'ब' व 'क' – गटपर्वत

खचदरीची भूरचना आकृतीत दाखविल्याइतकी साधी नसते. काही खचदऱ्यांच्या दरम्यानच्या भागात एकमेकींना समांतर अशा भेगा पडून पायऱ्यापायऱ्यांचा प्रस्तरभंग होतो व दरीची भूरचना क्लिष्ट स्वरुपाची होते. या प्रकारची क्लिष्ट भूरचना ऱ्हाईन नदीच्या खचदरीत आढळते. जगात अशा खचदरीची उदाहरणे पुष्कळ भागांत आढळतात. पूर्व आफ्रिकेतील खचदरी न्यासा सरोवरापासून उत्तरेकडे सीरियापर्यंत पसरलेली आहे. सीरिया व पॅलेस्टाईनमध्ये येणाऱ्या या खचदरीच्या भागातच मृत समुद्र निर्माण झाला आहे. याशिवाय सुएझ व अकाबाचे आखात, तांबडा समुद्र व एडनचे आखात, रुडॉल्फ, न्यासा, टांगानिका, एडवर्ड व अलबर्ट ही आफ्रिकेतील सरोवरे या खचदरीत आढळतात. सीरियापासून झांबेझीपर्यंत या खचदरीची लांबी सुमारे ४८० कि. मी. असून पूर्व आफ्रिकेत या खचदरीच्या दोन शाखा पूर्व व पश्चिमेकडे गेल्या आहेत. या खचदरीत समाविष्ट होणाऱ्या मृत समुद्राचा तळभाग भूमध्य समुद्राच्या पातळीपासून सुमारे ७५० मीटर खोल आहे. दक्षिण ऑस्ट्रेलिया, स्पेन्सरचे आखात व टॉरेन्स सरोवर अशाच खचदरीपासून निर्माण झाले आहेत. स्कॉटलंडमधील मध्यवर्ती दरीचा प्रदेश अशा खचदऱ्यांमुळे निर्माण झाला आहे.

भूकवचातील जोड

क्षितिजसमांतर हालचालींमुळे भूकवचावर ताण निर्माण होऊन खडकांना नुसत्या तडा जातात. तडा गेलेल्या भागाच्या सभोवताली असलेल्या तुकड्यांत कोणत्याच प्रकारचे स्थानांतर होत नाही; अशा भेगांना 'जोड' (Joints) असे म्हटले जाते. हे जोड खडकांच्या थरांशी काटकोन करणाऱ्या दिशांनी किंवा कधी कधी थरांच्या दिशेने व त्यांच्याशी काटकोन करणाऱ्या अशा दोन्ही दिशांनी पडलेले आढळतात. खडकातील जोड जसे खडकावर ताण पडल्यामुळे निर्माण होतात तसेच ते अग्निजन्य खडक थंड होतानाही निर्माण होतात. काही वेळेस स्तरित खडक वाळताना जोड निर्माण होतात.

जोड हे खडकातील स्थानिक ताणामुळे निर्माण होत असून स्थानिक ताण ४ प्रकारे निर्माण होतो –

१) निवण्याच्या क्रियेत अग्निजन्य खडक आकुंचन पावतात; त्यामुळे खडकांवर ताण पडून जोड निर्माण होतात.

२) गाळाचे खडक वाळल्यावर आकुंचन पावतात व त्यांच्यात जोडांची निर्मिती होते.

३) काही खडकांत स्फटिकीभवनाची क्रिया होत राहिल्याने खडकांच्या थरात ताण निर्माण होतो आणि जोड तयार होतो.

४) अभिनती व अपनती वळ्यांवर दाब पडून जोड तयार होतात. अपनतीच्या आसावर जोडाच्या निर्मितीची क्रिया तीव्रतेने होते. या भागावरील जोड रुंद असतात. अभिनतीवरही जोडांची निर्मिती होते; परंतु तेथील जोड रुंद आणि स्पष्ट नसतात.

अग्निजन्य खडक थंड होण्याच्या क्रियेत तयार होणारे जोड स्तंभासारखे असतात; परंतु गाळाच्या किंवा स्तरित खडकांत निर्माण होणारे जोड हे स्तरांना समांतर दिशेने असतात. स्तरित खडकांतील अशा जोडांना 'Cleavage Planes' असे म्हणतात; परंतु या प्रकारे जोड जास्त दाबाखाली निर्माण झालेल्या खडकांत अधिक प्रमाणात आढळतात. या जोडांना अनुसरुन किंवा जोडालगत स्तरित खडकांतील थर तुटतात.

खडकांच्या जोडाजवळील भाग कमकुवत असल्यामुळे या खडकांवर बहिर्गत शक्तींच्या कार्याचा फार लवकर परिणाम होतो. भूमिस्वरुपाच्या निर्मितीत पुढील वैशिष्ट्यांमुळे जोड अतिशय महत्त्वाचे ठरतात –

१) जोडांजवळील खडकाच्या भागात अपक्षयकार्य जलद होते.

२) जमिनीत मुरणारे पाणी खडकांतील जोडांतून फार जलद भूपृष्ठात शिरते.

३) खडकांत होणाऱ्या रासायनिक क्रिया तसेच पाण्याखाली गोठण्याची क्रिया या दोन्ही क्रिया जोडांमध्ये जलद होतात.

४) हिमनद्यांच्या क्षरणकार्यात जोडांची फार मदत होते.

भूकंप

भूकंप म्हणजे काय ?

''काही कारणामुळे भूकवचाला हादरे बसतात; याला 'भूकंप' असे म्हणतात.''

"An earthquake, as the word implies, is the shaking of the earth crust." या शब्दांत **पी. लेक** यांनी भूकंपाची व्याख्या केली आहे.

''भूपृष्ठावरील किंवा भूपृष्ठाखाली असलेल्या खडकांच्या संतुलनात क्षणिक अडथळा निर्माण होऊन भूपृष्ठ कंपायमान होते; याला 'भूकंप' असे म्हणतात. (An earthquake is a vibration or oscillation of the surface of the earth caused by a transient disturbance of gravitational equilibrium of rocks at or beneath the surface of the earth.") या शब्दांत **वर्सेस्टर** भूकंपाची व्याख्या करतात.

भूकंपाची व्याख्या करताना **डब्ल्यू. जी. मूर** यांनी म्हटले आहे. ''नैसर्गिक कारणाने भूपृष्ठाखाली निर्माण झालेल्या हालचालींमुळे भूपृष्ठाला हादरे बसतात; याला भूकंप असे म्हणतात.' ("An earthquake is a movement or tremor of the earth crust which originates naturally and below the surface of the earth.")

वरील वेगवेगळ्या व्याख्यांवरुन भूकंपाचे स्वरुप लक्षात येऊ शकते. पृथ्वीच्या कवचात किंवा कवचाखाली असणाऱ्या द्रव्यात दाब एकदम कमीजास्त होऊन किंवा अन्य नैसर्गिक कारणांमुळे काही घडामोड होते; त्यामुळे पृथ्वीच्या कवचाला कमी–अधिक तीव्र स्वरुपाचे हादरे बसतात. त्यालाच भूकंप म्हणतात.

भूकंपाच्या निर्मितीची कारणे –

भूकंप नक्की कोणत्या कारणाने होतात; हे अद्यापही निश्चितपणे सांगता येत नाही. पावसाचे पाणी जमिनीत मुरुन खोल जाते. भूगर्भातील अतिशय उष्णतेमुळे त्या पाण्याची वाफ होते. या वाफेच्या दाबामुळे भूकंप होत असावेत, असा समज बरेच दिवस प्रचलित होता; परंतु नंतरच्या काळात पृथ्वीच्या आतील द्रव्यांच्या हालचालींचाही भूकंपाशी संबंध असावा, असे निरीक्षणांती अनुमान काढले गेले आहे. अर्थात, (पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील द्रव्यांचे आकुंचन, त्यात वाफेचाही थोडा भाग असणे शक्य आहे.) त्यावर असणारा कवचाचा व वातावरणाचा भार, तसेच जमिनीची झीज व भर यांमुळे पृथ्वीच्या संतुलनात बिघाड होऊन अंतर्गत भागात हालचाली निर्माण होतात व त्यामुळे भूपृष्ठाला हादरे बसतात, असेही अनुमान काढले जाते.

भूपृष्ठावरील नैसर्गिक तद्वतच मनुष्यनिर्मित हालचालींमुळे भूकंप होतो, असेही एकमत आहे. मानवनिर्मित हालचालींमध्ये भूपृष्ठावर होणारे मोठमोठे स्फोट; आगगाड्या, मोटारी यांच्या आघातांमुळे जमिनीला बसणारे हादरे यांचा समावेश होतो; परंतु ते सौम्य प्रकारचे असतात; नैसर्गिक भूकंप मात्र तीव्र स्वरुपाचे असतात.

भूकंपांच्या निर्मितीची कारणे पुढीलप्रमाणे देता येतील –

१) भूकवच हे स्थिर नाही. त्यावर पृथ्वीच्या अंतर्गत शक्ती व बहिर्गत शक्ती सतत कार्य करीत असतात. पृथ्वीच्या अंतर्गत शक्तीच्या आघातामुळे भूपृष्ठावर भू–हालचाली निर्माण होतात. या हालचालींमुळे भूपृष्ठावरील किंवा भूकवचातील खडकांवर दाब अथवा ताण निर्माण होऊन खडकांना मोठमोठे तडे जातात किंवा वळ्या पडतात. खडकांच्या थरांत या प्रकारे हालचाल निर्माण होऊन पृथ्वीच्या संतुलनात अडथळे निर्माण होतात; त्यामुळे भूपृष्ठाला हादरे बसून भूकंप होतो. अशा भूकंपांना 'भ्रंशमूलक भूकंप' (Tectonic earthquake) असे म्हणतात. २८ ऑक्टोबर, १८९१ मध्ये जपानमध्ये झालेला भूकंप तसेच ६ एप्रिल, १९०६ रोजी सॅन्फ्रान्सिस्को येथे झालेला भूकंप अशा स्वरुपाचा होता. अशा भूकंपात भूपृष्ठापासून ४.८ ते २४ कि. मी. खोलीवरील खडकांना भेगा पडून भूपृष्ठाला हादरे बसतात. हे भूकंप हानिकारक असून त्यांचा परिणाम फार मोठ्या प्रदेशावर होतो. भारतात १५ ऑगस्ट, १९५० रोजी आसाममध्ये व इ. स. १९४३ मध्ये बिहारमध्ये या कारणानेच भूकंप झाला होता.

२) ज्वालामुखींच्या प्रदेशात ज्या वेळी ज्वालामुखीचे उद्रेक होतात त्या वेळी ज्वालामुखीतून जोरात बाहेर पडणारा तप्त शिलारस, वायू व इतर पदार्थांच्या धक्क्यांमुळे भूपृष्ठाला हादरे बसून भूकंप होतात; यांना 'ज्वालामुखीय भूकंप' (Volcanic Earthquakes) असे म्हणतात. जेथे वारंवार ज्वालामुखीय उद्रेक होतात तेथे वरील प्रकारचे भूकंप नेहमी अनुभवास येतात. ज्वालामुखीच्या उद्रेकाच्या पूर्वी किंवा उद्रेक होत असताना या प्रकारे भूकंप होतात. अशा भूकंपांची तीव्रता ज्वालामुखीच्या उद्रेकाच्या तीव्रतेवर अवलंबून असते. ज्वालामुखीचा उद्रेक बंद झाल्यावर भूकंप होणे थांबते. असे भूकंप सहसा तीव्र स्वरुपाचे नसतात. त्यांचा परिणाम १६० ते २४० कि. मी. परिसरावर होतो; परंतु हे भूकंप कधी कधी तीव्र स्वरुप धारण करतात; अशा वेळी त्यांचा परिणामही विस्तृत प्रदेशावर होतो. इ. स. १८८३ मध्ये क्रकाटोआ बेटावर झालेला असा भूकंप अतिशय तीव्र स्वरुपाचा होता. त्याचा परिणाम तेथून १२,८०० कि. मी. दूर असलेल्या अमेरिकेतील केप हॉर्न या द्वीपकल्पावर झाला होता.

३) भूपृष्ठापासून अतिशय खोल, पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील खडकांत रासायनिक स्फोट होऊन किंवा खडकांतील खनिज द्रव्यांचे पुन: स्फटिकीकरण होऊन किंवा अणूंच्या स्थितीत बदल होऊन कधी कधी भूकंप होतात, यांना 'पातालिक भूकंप' (Plutonic Earthquakes) असे म्हणतात. या प्रकारचे भूकंप क्वचितच होतात. त्यांच्या निर्मितीचा अभ्यास अजून फारसा झालेला नाही. भूगर्भशास्त्रज्ञांच्या मतानुसार, या प्रकारचे भूकंप भूपृष्ठापासून २४० ते ६७५ कि. मी. खोलीवरील खडकांत हालचाल झाल्याने निर्माण होत असावेत.

४) बहिर्गत शक्तींच्या कारकांच्या खनन व संचयन कार्यामुळे पृथ्वीवरील काही भागांची झीज होते तर काही भागांत भर पडते; त्यामुळे भूपृष्ठाचे संतुलन बिघडून भूपृष्ठाला सौम्य असे हादरे बसतात. यांना 'संतुलनमूलक भूकंप' (Isostatic Earthquakes) असे म्हटले जाते. असे भूकंप विशेष हानिकारक नसतात. १९४९ मध्ये हिंदुकुश पर्वतीय भागात या प्रकारचा भूकंप झाला होता. त्याचे सौम्य धक्के लाहोर व त्याच्या आसपासच्या प्रदेशात अनुभवास आले.

५) भूकंपनिर्मितीसंबंधात विसाव्या शतकात एक नवीन सिद्धांत मांडला गेला तो 'स्थितिस्थापक प्रतिक्षेप सिद्धान्त' होय. हा सिद्धान्त एच. एफ. रीड या शास्त्रज्ञाने प्रस्तुत केला. या सिद्धान्तानुसार त्यांनी भूकंपनिर्मिती समर्थन पुढीलप्रमाणे दिले आहे –

'' भूपृष्ठावर एखाद्या ठिकाणी गाळाच्या व इतर पदार्थांच्या अत्यधिक संचयनामुळे भूपृष्ठाचे संतुलन बिघडते. भूपृष्ठावरील पदार्थांच्या अत्यधिक भारामुळे त्याखाली असलेले पृथ्वीचे कमकुवत होते. या कवचाखाली असलेले खडक दुभंगतात व विखंडित खडकांच्या तुकड्यांचे ऊर्ध्वगामी व अधोगाम स्थानांतर होते. यात खाली गेलेले खडकांचे तुकडे पुन: वर रेटले जातात व अशा रीतीने ते पूर्वस्थितीत येण्याचा प्रयत्न करतात. या हालचालींमुळे भूपृष्ठाला धक्के बसतात व भूकंप होतो.'' अशा भूकंपांना 'स्थितिस्थापकत्वजन्य भूकंप' असे म्हणतात. अशा प्रकारच्या भूकंपनिर्माणकारी हालचाली भूपृष्ठापासून ८० ते ८०० कि.मी. खोलीवरील खडकांत घडतात.

६) भूकंपनिर्मितीचे भूपट्ट सांरचनिकी हेच प्रमुख कारण अलीकडे मानले जाते. पृथ्वीचे भूकवच हे सलग, एकसंध नाही. ते सात मोठ्या पट्ट्यांमध्ये किंवा घन तबकड्यांमध्ये व अनेक लहान लहान पट्ट्यांमध्ये विभागलेले आहे. हे पट्टे मंद गतीने सतत हालचाल करीत असतात. या हालचालींमुळे पट्ट्यांच्या कडांवर असलेल्या खडकांवर दाब पडतो व ताण निर्माण होतो. दाबामुळे किंवा ताणामुळे खडकांच्या थरांची वरखाली किंवा मागेपुढे हालचाल होते. त्यामुळेच भूपट्ट्यांच्या सीमाक्षेत्रांत भूकंपनिर्मितीची केंद्रे दिसून येतात.

गटेनबर्ग व सी. एफ. रीश्टर या भूगर्भशास्त्रज्ञांनी भूकंपांचा अभ्यास करुन असे अनुमान काढले आहे की, भूकंप भूपृष्ठापासून निरनिराळ्या खोलींवर होत असले तरी त्यांची कारणे एकच असतात.

या शास्त्रज्ञांनी भूकंपांचे वर्गीकरण पुढीलप्रमाणे केले आहे –

१) साधारण खोलीवरील भूकंप (Normal Earthquake) – असे भूकंप भूपृष्ठापासून ५० किलोमीटर किंवा त्यापेक्षा कमी खोलीवर निर्माण होतात.

रिश्टर भूकंप महत्ता मापक्रम

महत्ता पायरी	*तितकीच ऊर्जा विमुक्त होण्यासाठी लागणारे ट्राय नायट्रोटोल्युइन स्फोटक*	*विमुक्त होणाऱ्या ऊर्जेचे दृश्य परिणाम*
०	६०० ग्रॅम	झाडांचा बुंधा उखडण्यासाठी केलेला स्फोट
१	२० किलोग्रॅम	बांधकामातील पाया खणण्यासाठी केलेला लहान स्फोट
२	६०० किलोग्रॅम	सर्वसामान्य दगडांच्या खाणीतील स्फोट
३	२० मेगॅग्रॅम	खाणीतील मोठा स्फोट
४	६०० मेगॅग्रॅम	लहान अणुबॉंब
५	२० गिगॅग्रॅम	सर्वसामान्य अणुबॉंब
६	६०० गिगॅग्रॅम	हायड्रोजन बॉंब
७	२० टेरॅग्रॅम	३० हायड्रोजन बॉंब एकत्रित स्फोट
८	६०० टेरॅग्रॅम	एक हजार बॉंबचा एकत्रित स्फोट
९	२०,००० टेरॅग्रॅम	जगातील सर्व दगडी कोळसा व खनिज तेल यांच्या ५ वर्षांच्या उत्पादनातून निर्माण होणारी ऊर्जा, ३०,००० हायड्रोजन बॉंबचा एकत्रित स्फोट.

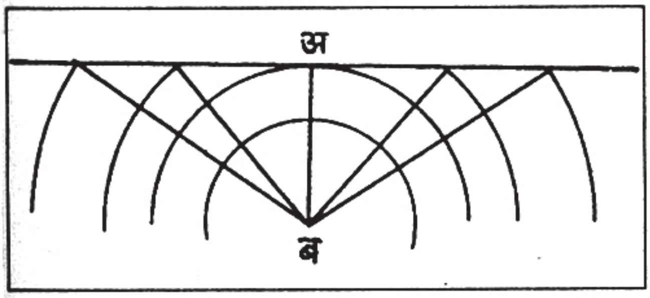
* १ मेगॅग्रॅम = $१०^{६}$ ग्रॅम = १,००० किलोग्रॅम = १ टन
* १ गिगॅग्रॅम = $१०^{९}$ ग्रॅम = १ किलोटन, १,००० टन
* १ टेरॅग्रॅम = $१०^{१२}$ ग्रॅम = १ मेगॅटन = १०,००,००० टन

२) मध्यम खोलीवरील भूकंप (Normal Earthquake) – या प्रकारचे भूकंप भूपृष्ठापासून ७० ते २५० किलोमीटर खोलीपर्यंत होताना आढळतात.

३) जास्त खोलीवरील भूकंप (Deep Focus Earthquakes) – असे भूकंप २५० ते ७०० किलोमीटर खोलीवर निर्माण होतात.

भूकंपनाभी व भूकंपलहरी

भूकवचात किंवा भूकवचाखाली काही कि.मी. खोलीवर खडकांत स्थानांतर किंवा अन्य हालचाली होऊन भूकंप निर्माण होतो. ज्या ठिकाणी भूकंप निर्माण होतो त्याला 'भूकंपनाभी' किंवा 'भूकंपकेंद्र' म्हणतात. कवचात किंवा भूकवचाखाली किती अंतरावर भूकंपाचे केंद्र आहे हे भूकंपालेख यंत्राद्वारे ठरविता येते.



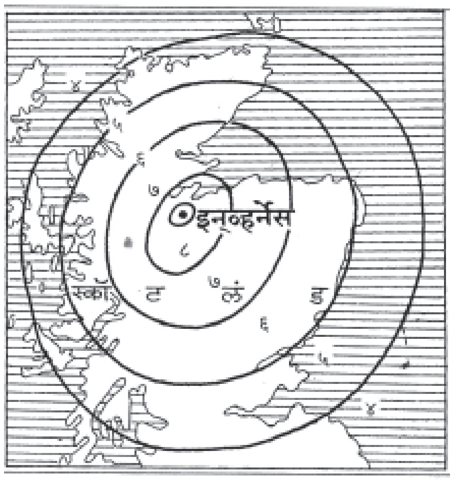
भूकंपाच्या केंद्रापासून भूकंपाचे हादरे लहरींच्या स्वरुपात सर्व दिशांनी जातात. या लहरींची दिशा व तीव्रता यांची नोंद निरनिराळ्या भागांतील वेधशाळांच्या भूकंपालेख यंत्रावर होते. अनेक ठिकाणांच्या या निरीक्षणांच्या अभ्यासावरुन भूकंपाचे केंद्र (Earthquakes Focus) कोठे असावे,हे निश्चित करता येते. ही केंद्रे बहुधा पृष्ठभागाखाली १६ ते २० कि. मी. च्या भागात असतात. क्वचित अशी केंद्रे भूपृष्ठापासून १६० ते ३२० कि. मी. खोलीवरही आढळतात. भूकंपकेंद्रापासून निघणाऱ्या भूकंपलहरी, त्या भूकंपकेंद्राच्या अगदी वर असलेल्या भूपृष्ठाच्या भागात सर्वांत आधी पोहोचतात.

भूकंपकेंद्राच्या अगदी वर असलेल्या भुपृष्ठावरील या केंद्राला **भूकंपाचे बाह्य केंद्र (Epicentre)** असे म्हणतात. भूकंपकेंद्र भूपृष्ठाखाली कधी कधी लहानशा भागापुरते मर्यादित असते तर एखाद्या वेळी ते विस्तृतही असते. भूपृष्ठाखाली असलेल्या खडकांना भेग पडून भूकंप निर्माण झाल्यास संपूर्ण भेग अशा वेळी भूकंपकेंद्र असते. इ. स. १९०६ मध्ये सॅन्फ्रान्सिस्को येथे भूपृष्ठाखाली असलेल्या खडकांत ३०५ कि. मी. लांब व ४.८ कि. मी. खोल भेग पडून भूकंप झाला होता; त्यावेळी ही भेग भूकंपाचे केंद्र होते.

भूकंप झाल्यास भूकंपाच्या लहरी सर्वांत प्रथम भूपृष्ठावरील बाह्य केंद्राला पोहोचतात तेथून भूपृष्ठावर पसरतात. पाण्यात खडा टाकल्यावर ज्याप्रमाणे पाण्याच्या पृष्ठभागावर तरंग निर्माण होऊन पसरत जातात त्याचप्रमाणे भूपृष्ठावर भूकंपलहरी पसरतात. भूपृष्ठावर जेथे या लहरी तीव्रपणे अनुभवास येतात तेथे भूकंपाचे तीव्र स्वरुपाचे धक्के बसतात.

निरनिराळ्या ठिकाणी भूकंप येण्याच्या वेळेची जर नोंद केली गेली तर त्यावरुन भूकंपाचे बाह्य केंद्र ठरविता येते.नकाशावर प्रत्येक ठिकाणाची भूकंप होण्याची वेळ लिहितात व ज्या ठिकाणी एकाच वेळी भूकंपाचे धक्के बसले असतील अशी ठिकाणे रेषेने जोडतात. सारख्या वेळेची ठिकाणे जोडून नकाशावर तयार होणाऱ्या रेषांना 'Homoseismal Lines' म्हणतात. नकाशावर तयार झालेल्या या रेषा जवळजवळ लंबवर्तुळाकार असतात. त्यांचा केंद्रबिंदू हे भूकंपाचे बाह्य केंद्र असते. भूकंपकेंद्र या बाह्य केंद्राच्या खाली भूकवचात काही कि. मी. खोलीवर असते.

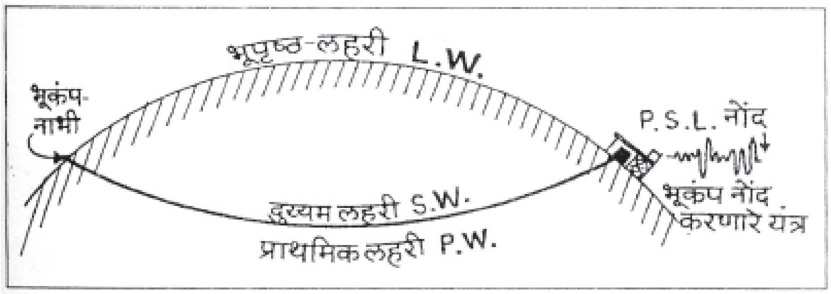
भूकंपलहरी येण्याच्या वेळेची प्रत्येक ठिकाणी केलेली नोंद नेहमीच बरोबर नसते; त्यामुळे भूकंपाचे बाह्य केंद्र ठरविण्याची ही पद्धत फारशी समाधानकारक म्हणता येत नाही. यासाठी एक दुसरी पद्धत शोधून काढलेली आहे



आकृती – आयसोसीसमल लाईन्स. या रेषांचा केंद्रबिंदू ग्रेट ब्रिटनमधील 'इनव्हर्नेस' या शहराजवळ आहे. रेषांवरील आकडे भूकंपाची तीव्रता दर्शवितात.

भागात भूकंपाच्या हालचाली तीव्र स्वरुपाच्या असतात; परंतु जसजसे या केंद्रापासून दूर जावे तसतशी भूकंपाची तीव्रता कमी कमी होत जाते. या पद्धतीत निरनिराळ्या ठिकाणांच्या भूकंपांच्या तीव्रतेची नोंद घेतात. नकाशावर भूकंपाची तीव्रता सारखी असलेली ठिकाणे रेषांनी जोडतात. अशा रीतीने सारख्या तीव्रतेची ठिकाणे जोडून नकाशावर तयार होणाऱ्या रेषांना 'Isoseismal Lines' असे म्हणतात. या रेषा अनियमित आकाराच्या असतात. नकाशावर अशा पुष्कळ रेषा मिळाल्यावर त्यांच्या साहाय्याने भूकंपाचे बाह्य केंद्र शोधून काढता येते. या रेषांचा केंद्रबिंदू म्हणजे भूकंपाचे बाह्य केंद्र असते.

भूकंप निर्माण झाल्यावर एकूण तीन प्रकारच्या लहरी निर्माण होतात, असे आढळून आले आहे.



आकृती – भूकंपाच्या लहरी – भूकंपालेख

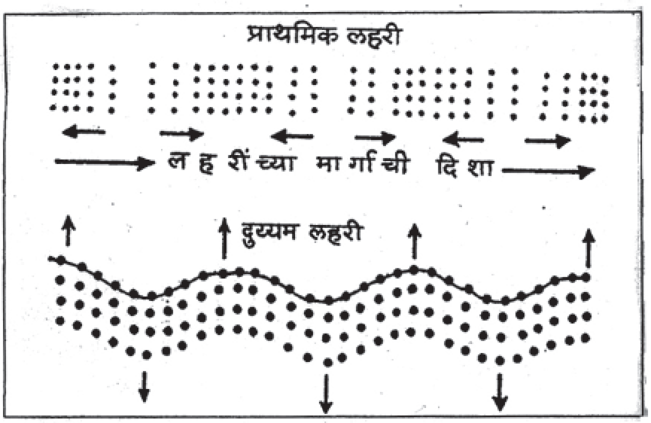
भूकंपलहरी भूकंपकेंद्रापासून भूपृष्ठाकडे प्रवास करतात. यात त्यांना कमीजास्त घनतेच्या खडकांच्या थरांतून जावे लागत असल्याने त्या लहरींचे स्वरुप क्लिष्ट होते. भूकंपाच्या बाह्य केंद्राजवळ या लहरी येऊन मिळतात; त्यामुळे त्या परस्परांपासून ओळखणे अवघड असते. त्या ठिकाणी केंद्रापासून नंतर या लहरी भूपृष्ठावरुन सर्वदूर पसरतात. बाह्य केंद्रापासून जसजसे दूर जावे तसतसे प्रत्येक लहरींचे स्वरुप स्पष्ट होते. या लहरी ठराविक वेळेच्या

अंतराने अनुभवास येतात. बाह्य केंद्रापासून जसजसे अंतर वाढते त्याप्रमाणे या तीन प्रकारच्या लहरींमधील वेळेचे अंतर वाढत जाते.

भूकंपकेंद्रापासून बाहेर पडणाऱ्या लहरी खालीलप्रमाणे असतात –

१) प्राथमिक लहरी (Primary Waves or P-Waves) –

भूकंप निर्माण झाल्यावर या प्रकारच्या लहरी भूकंपाच्या केंद्रापासून एका सरळ रेषेत भूपृष्ठाकडे प्रवास करतात. इतर सर्व लहरींच्या मानाने या लहरी अतिशय वेगाने प्रवास करतात. या लहरी ध्वनिलहरींसारख्या असून त्या भूकवचातून प्रवास करीत असताना यांच्यातील वस्तुकण त्या लहरींच्या प्रवासाच्या दिशेने पुढे–मागे ढकलले जातात. यांचा सरासरी वेग दर सेकंदाला ५ कि. मी. असतो. या लहरींना 'Push Waves' किंवा 'Waves of Condensation किंवा 'Longitudinal Waves' असे म्हणतात. अधिक घनता असलेल्या खडकांच्या माध्यमातून जाताना या लहरींचा वेग वाढतो. भूगर्भात अतिशय कठीण खडकांच्या थरातून या लहरी दर सेकंदाला ८ ते १४.५ कि. मी. या वेगाने प्रवास करताना आढळतात. या लहरींची तीव्रताही अधिक असते.



आकृती – प्राथमिक व दुय्यम लहरी प्रवास करीत असताना त्यांच्यातील वस्तुकणांची होणारी हालचाल

२) दुय्यम लहरी (Secondary Waves or S-Waves) –

या लहरी भूकंप–केंद्रापासून बाहेर प्रवास करीत असून त्यांचा वेग प्राथमिक लहरींपेक्षा कमी असतो. या लहरी सरळ रेषेत प्रवास करीत नसून प्रवासाच्या दिशेशी काटकोन करुन पुढे जातात. तरंग ज्या दिशेने जातात त्यांच्याशी काटकोन करुन यांतील वस्तुकणांची हालचाल होते. या लहरी वरखाली दिशेत हालचाल करीत पुढे जातात. प्रकाशलहरींशी यांचे सादृश्य असते. या लहरींना 'Transverse Waves' किंवा 'Shake Waves' किंवा 'S-Waves' असेही म्हणतात. या लहरी द्रवपदार्थांच्या माध्यमातून प्रवास करु शकत नाहीत. यांचा वेग प्राथमिक लहरींच्या वेगाच्या निम्मा असला तरी त्या जास्त विध्वंसक स्वरुपाच्या असतात.

३) भूपृष्ठलहरी (Surface Waves or L-Waves) –

प्राथमिक व दुय्यम लहरी बाह्य केंद्रावर पोहोचल्यावर भूपृष्ठलहरींची निर्मिती होते. यातील वस्तुकणांची हालचाल दुय्यम लहरींसारखीच असून पाण्याच्या पृष्ठभागावरील तरंगाशी त्यांचे साधर्म्य असते. या भूपृष्ठापासून जास्त खोलवर प्रवास करु शकत नाहीत.

वरील दोनही लहरींपेक्षा या लहरींचा वेग कमी म्हणजे दर सेकंदाला ३.२ कि. मी. पर्यंत असतो; परंतु त्या अतिशय विध्वंसक स्वरुपाच्या असतात. वरील दोन लहरींच्या मानाने या लहरींचा प्रवासमार्ग विस्तृत असून त्या

सर्वात शेवटी अनुभवास येतात. अतिशय खोल भागात निर्माण झालेल्या भूकंपात प्राथमिक व दुय्यम लहरी भूपृष्ठावर सर्वात प्रथम येऊन पोहोचतात. कारण त्यांचा प्रवासमार्ग हा अगदी सरळ असतो. या दोन्ही लहरी भूपृष्ठावर पोहोचल्यावर काही वेळाच्या मध्यंतराने भूपृष्ठलहरी भूपृष्ठभागावर येऊन पोचतात; कारण त्यांचा वेग कमी असून प्रवासमार्गही दीर्घ असतो.

अलीकडील काळात भूकंपलहरींच्या अभ्यासावरुन भूकंपलहरींच्या वेगासंबधात एक सर्वसामान्य नियम तयार करण्यात आला आहे. कठीण खडकाच्या माध्यमातून जाताना भूकंपलहरींचा वेग मूळच्या वेगापेक्षा वाढतो. याउलट, मृदू, खडकांच्या किंवा द्रव पदार्थांच्या माध्यमातून जाताना त्यांचा वेग मूळच्या वेगापेक्षा कमी होतो. काही लहरी द्रव पदार्थांच्या माध्यमातून पुढे प्रवास करु शकत नाहीत. या नियमाच्या आधारे पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेच्या स्वरुपाविषयी पुष्कळ माहिती उपलब्ध झाली आहे. भूगर्भाकडे जाताना २,८८० कि. मी. खोलीपर्यंत या लहरींचा वेग वाढत जातो; परंतु २,८८० कि. मी. खोलीनंतर या लहरी अंतर्गत भागात प्रवास करु शकत नाहीत. त्यांच्या या वैशिष्ट्यावरुन २,८८० कि. मी. खोलीवरील पृथ्वीचा अंतर्गत भाग द्रव स्थितीत असावा, असे अनुमान शास्त्रज्ञांनी काढले आहे. प्राथमिक लहरी मात्र पृथ्वीच्या गाभ्यातून प्रवास करतात. पृथ्वीच्या ज्या भागातून कोणत्याच लहरी प्रवास करु शकत नाहीत त्या भागाला 'छाया पट्टा' (Shadow Zone) असे संबोधतात.

भूकंपाचे परिणाम

भूकंप ही नैसर्गिक भौगोलिक आपत्ती काही सेकंद निर्माण होत असली तरी तिचे अनेक गंभीर परिणाम होतात. भूकंपामुळे पर्यावरणावर विध्वंसक व विधायक असे दोन्ही प्रकारचे परिणाम होतात; पण विधायक परिणामांपेक्षा विध्वंसक परिणाम भयानक असल्याने त्यांचे परिणाम प्रकर्षाने जाणवतात. भूकंपाचे मुख्य परिणाम पुढीलप्रमाणे –

१) जीवितहानी व वित्तहानी – भूकंपामुळे होणारा हा परिणाम फारच विध्वंसक स्वरुपाचा आहे. भूकंपामुळे घरे पडून, भूमिपात होऊन किंवा वसाहती गाडल्या जाऊन मोठ्या प्रमाणात मानवहानी होते. त्याबरोबरच पाळीव प्राणी व वन्यप्राणी देखील भूकंपात मरतात; परंतु यांची विशेष दखल घेण्यात येत नाही.

* इ. स. १५५० मध्ये चीनमधील शेन्सी येथे इतिहासात नोंद असलेल्या भूकंपापैकी सर्वात जास्त प्राणहानीचा भूकंप झाला. या भूकंपात ८ लक्ष ३० हजार लोक मृत्युमुखी पडले.
* इ. स. १८९७ मध्ये आसाममध्ये सर्वात मोठ्या ऊर्जेचा भूकंप झाला. यामध्ये सुमारे ७, ८७,००० चौ. कि. मी. क्षेत्रातील सर्व इमारती कोसळल्या.
* इ. स. १९३७ मध्ये कोलकात्याजवळच्या भूकंपात सुमारे ३ लक्ष लोक मेले.
* इ. स. १९०८ मध्ये इटलीतील भूकंपात २ लक्ष ५० हजार लोक मेले.
* इ. स. १९२३ मध्ये जपानच्या भूकंपात १ लक्ष ४० हजार लोक मृत्युमुखी पडले.
* ३० सप्टेंबर, १९९३ रोजी मराठवाड्यातील किल्लारी परिसरात झालेल्या भूकंपामुळे लातूर जिल्ह्यातील ५२ व उस्मानाबाद जिल्ह्यातील ३२ गावांना त्याचा तडाखा बसला. या भूकंपाने १० हजारांपेक्षा जास्त लोकांना बळी घेतले.
* २६ जानेवारी, २००१ रोजी गुजरातमधील भूज, अजार व बच्छाव परिसरातील भूकंपामुळे गावेच्या गावे नष्ट झाली. शहरातील अनेक मजली इमारती जमीनदोस्त झाल्या. ६.८ रिश्टर इतक्या तीव्रतेच्या या भूकंपादरम्यान भूज परिसरात निर्माण झालेली ऊर्जा ५.३ मेगा टन हायड्रोजन बॉम्बच्या स्फोटातून निर्माण होणाऱ्या ऊर्जेइतकी होती. अशा प्रकारे भूकंपामुळे लक्षावधी जीवांची व कोट्यवधी रुपयांच्या मालमत्तेची हानी होते. सर्व परिणामांत हा परिणाम भयंकर आहे.

२) भूपृष्ठाला भेगा पडणे – भूकंपामुळे भूपृष्ठावर अनेक ठिकाणी ताण निर्माण होतो; त्यामुळे त्या भागांत लांब, अरुंद व जास्त खोलीच्या भेगा पडतात. या भेगांमुळे आसपासच्या भूभागाची वरखाली किंवा क्षितिजसमांतर हालचाल होते.

* इ. स. १९०६ मध्ये सॅन्फ्रान्सिस्को प्रदेशात भूकंपामुळे ३०५ कि. मी. लांबीची व ४.८ कि. मी. खोलीची भेग पडली. ही भेगच त्या भूकंपाचे केंद्र होते.
* इ. स. १९६७ मध्ये कोयनानगर येथे झालेल्या भूकंपामुळे कोयना धरणापासून पूर्वेकडे वारणा नदीपर्यंत ४८ कि. मी. लांबीची, १५ सें. मी. रुंदीची व १८ मीटर खोलीची भेग पडली होती.

३) भूप्रदेशाचे उंचावणे व खचणे – भूकंपामुळे भूप्रदेश वर उंचावणे किंवा खाली खचणे असे प्रकार घडून मूळ भूरुपांमध्ये मोठे बदल होतात.

* १८१९ मध्ये कच्छच्या रणात झालेल्या भूकंपामुळे ३,२०० चौ. कि. मी. चा भाग खाली खचला तर ९६० चौ. कि. मी. चा भाग तीन मीटरने वर उंचावला.
* १८९७ च्या आसाम भूकंपामुळे गोलपारा, नवगाव, सिल्हेट इत्यादी भागांत फार मोठे भूरुपकीय बदल झाले. समुद्रकिनाऱ्याजवळ जर भूकंपामुळे भूभाग उंचावला किंवा खचला तर समुद्राच्या पातळीत बदल होतो.

४) भूकवचाचे आकुंचन – भूकंपामुळे अनेक वेळा भूकवचाचे आकुंचन होते. त्यामुळे रेल्वेचे रुळ, गॅस व पाण्याचे नळ वाकतात. परिणामी वाहतूक व पाणी आणि गॅसपुरवठा खंडित होतो. तसेच रस्त्यावरील पूल खाली कोसळतात. भूकंपामध्ये भूकवचाच्या प्रसरणापेक्षा भूकवचाची आकुंचन क्रिया मोठ्या प्रमाणात घडून येते.

५) भूमिपात – भूकंपामुळे पर्वतीय प्रदेशात मोठे भूमिपात होतात. अशा भूमिपातांमुळे पर्वत–उतारावरील किंवा पायथ्याशी असलेल्या वसाहती गाडल्या जातात.

* इ. स. १९२० मध्ये चीनच्या कान्सू प्रांतात भूकंपाने जो भूमिपात झाला त्यात १ लाख लोक मेले.
* इ. स. १९७० मध्ये पेरुमध्ये झालेल्या तीव्र भूकंपामुळे सुमारे १० कोटी घनमीटर खडक, ताशी १७० कि. मी. वेगाने खाली कोसळले. यात 'युगे' गावावर सुमारे १० मीटर जाडीचा चिखल व खडकांचा थर पसरल्याने १८ हजार लोक मेले.

६) अग्निप्रलय – भूकंपामुळे वीजवाहक तारा तुटतात; पेट्रोल, खनिज तेल, नैसर्गिक वायू व इतर ज्वालाग्राही रसायने उघडी पडतात; त्यामुळे त्यांना मोठ्या आगी लागतात.

* इ. स. १८९७ च्या आसाम भूकंपामुळे तेथील वनांना आगी लागून हजारो हेक्टर क्षेत्रातील वने नष्ट झाली. अग्निप्रलयामुळे मालमत्ता जळून जाते; तसेच सजीव होरपळून निघतात. भूकंपानंतर काही वेळा जमिनीतून वायू बाहेर पडतात; धूर निघतो; त्यामुळे आग लागण्याची शक्यता असते.
* इ.स. १९२३ मध्ये जपानमध्ये झालेल्या भूकंपात मिथेन वायू बाहेर पडून मैदानात सुरक्षिततेसाठी उभे असलेल्या लोकांचा अग्नीच्या ज्वालांनी जीव घेतला व सुमारे ४० हजार लोक मेले.

७) नद्यांच्या प्रवाहात बदल – नद्यांच्या प्रवाहमार्गातील काही भाग भूकंपामुळे उंचावला जातो किंवा एखादा भाग पात्रात कोसळला जातो; त्यामुळे नद्यांच्या मूळ प्रवाहात बदल होऊन त्या नवीन मार्गाने वाहतात. जर नदीच्या प्रवाहमार्गात भेगा पडल्या तर प्रवाहमार्ग काही काळ तरी खंडित होतात.

८) सरोवरांची निर्मिती– भूकंपामुळे काही ठिकाणी भूभाग एकाएकी खचल्याने विस्तीर्ण खोल खड्डे निर्माण होऊन पाणी साचून सरोवरांची निर्मिती होते. नैनितालच्या सभोवतालच्या प्रदेशात भूकंपामुळेच अनेक लहान–मोठी सरोवरे निर्माण झाली आहेत.

९) सरोवरे नष्ट होणे – भूकंपामुळे कधीकधी सरोवरांचे भूभाग उंचावून किंवा तळभागावर भेगा पडून सरोवरे नष्ट होतात.

१०) नद्यांना पूर – १५ ऑगस्ट , १९५० च्या आसाममधील भूकंपामुळे भूमिपात होऊन सुबांसरी, दिबांग, टिडिंग इत्यादी नद्यांच्या पात्रांत तात्पुरते बांध तयार झाल्याने पात्रांत पाण्याचा फुगवटा तयार झाला. हे बांध दोन–चार दिवसांनी अचानक फुटल्यामुळे अचानक महापूर आले. कधी कधी भूकंपामुळे भूमिगत जल पृष्ठभागावर येऊनही पूर येतात.

११) त्सुनामी लाटा – समुद्रकिनाऱ्यालगतच्या भूमीखाली किंवा समुद्रतळाशी झालेल्या भूकंपामुळे समुद्रात मोठ्या लाटा निर्माण होतात. जपानी भाषेत त्यांना 'त्सुनामी' (Tsunami) म्हणतात. खुल्या समुद्रात या लाटांची उंची एक मीटर असते; परंतु लांबी १५० कि.मी. पर्यंत असते; परंतु जसजशा या लाटा किनाऱ्याकडे येतात. विशेषत: खाडीत यांची उंची ३० मीटरहून अधिक होते. अशा प्रचंड लाटा किनाऱ्यावर जोराने आढळतात. या लाटांचा ताशी वेग ६४० ते ८०० कि. मी. पर्यंत असल्याने त्या फारच विध्वंसक असतात.

- इ. स. १८८३ मध्ये 'ईस्ट इंडीज' बेटाजवळ निर्माण झालेल्या या लाटांमुळे पॅसिफिक महासागराच्या किनाऱ्यावरील ३६,००० लोकांना जलसमाधी मिळाली.
- इ. स. १९५७ मध्ये अल्युशियन बेटाजवळ निर्माण झालेल्या त्सुनामी लाटा ४,८०० कि. मी. दूर असलेल्या हवाई बेटापर्यंत पोहोचल्या होत्या. त्याच वर्षी लिस्बन शहरात १८ मीटर उंचीच्या त्सुनामी लाटा शिरुन ६०,००० लोकांना जलसमाधी मिळाली.
- २६ डिसेंबर २००४ रोजी इंडोनेशियातील सुमात्रा बेटाजवळ ८.९ रिश्टर क्षमतेचा महाप्रचंड भूकंपामुळे ज्या त्सुनामी लाटा निर्माण झाल्या. त्याचा परिणाम इंडोनेशिया शिवाय भारत, श्रीलंका, थायलंड, मालदीव, मलेशिया व म्यानमार या देशाच्या किनाऱ्यावर होऊन दीड लाख लोक मृत्युमुखी पडले.

१२) प्रचंड आवाज होणे – भूकंप होण्यापूर्वी व नंतर अनेक वेळा भूपृष्ठाखाली प्रचंड प्रमाणात आवाज, गडगडाट होतो. भूकवचात असलेल्या पोकळीत पाण्यात अथवा वितळलेल्या खडकांत अभिसरण निर्माण झाल्यामुळे ध्वनिपरावर्तन होऊन प्रचंड आवाज निर्माण होत असावेत.

१३) भूजलाच्या पातळीत बदल – काही भागात भूकंपामुळे विभंगरेषेवर पाण्याचे नवीन झरे सुरु होतात; तर काही भागांत जुने झरे आटतात. काही भागांत ज्या विहिरींना अजिबात पाणी नसते किंवा कमी पाणी असते अशा विहिरींतील पाण्याची पातळी वाढते; तर अगोदर भरपूर पाणी असलेल्या विहिरी कोरड्या पडतात. तसेच काही विहिरींचे पाणी गढूळ होते.

१४) नवीन मृदेची निर्मिती – भूकंपामुळे भूपृष्ठाला ज्या भेगा पडतात त्यांतून नवीन मृदा बाहेर पडते. तसेच भूकंपामुळे खडकांचे लहान–लहान तुकडे होतात व कालांतराने त्याचे जलद विखंडन होऊन मृदा तयार होते. ही मृदा सुपीक असल्याने शेतीस उपयुक्त ठरते. कधीकधी भूकंपामुळे दलदलयुक्त प्रदेश उंचावून तो कोरडा झाल्यानंतर ती मृदा शेतीसाठी उपयुक्त ठरते.

१५) आखाते व खाड्यांची निर्मिती – भूकंपामुळे कधीकधी समुद्रकिनाऱ्या भाग खचतो; त्यामुळे किनाऱ्यावर खाड्या व आखाते निर्माण होतात. यांचा जलवाहतुकीसाठी व मासेमारीसाठी उपयोग होतो. कच्छचे आखात व खंबायतचे आखात यांची निर्मिती भूकंपामुळे झाली असावी, असे काही भूशास्त्रज्ञ मानतात.

१६) नैसर्गिक बंदरांची निर्मिती – समुद्रकिनाऱ्याचा विस्तृत भाग भूकंपाने खचून दंतुर किनारा निर्माण होतो. या भागांत जमीन खचल्याने खोल पाणी असते; त्यामुळे अशा किनाऱ्यावर नैसर्गिक बंदरांची निर्मिती होते.

१७) खनिज साठे भूपृष्ठानजीक – अनेक भूकंपांमध्ये भूपृष्ठाची वरखाली किंवा क्षितिजसमांतर हालचाल होते; त्यामुळे भूगर्भातील खनिज साठे आपोआप पृष्ठभागावर येतात; त्यामुळे काही खनिजांचा आपोआप शोध लागतो.

१८) पर्यटनावर परिणाम – भूकंपामुळे रस्ते व लोहमार्ग विखंडित होतात; भूमिपात होतात; पूर येतात. या प्रवासातील वाढत्या धोक्याने पर्यटक अशा प्रदेशांत पर्यटन टाळतात.

१९) पर्यावरण–प्रदूषण – भूकंपामुळे जीविताची हानी होते. काही वनस्पती नष्ट होतात; नव्याने दलदली तयार होतात; परिसंस्थांच्या संतुलनात बिघाड होतात; प्राण्यांची प्रेते कुजून दुर्गंधी सुटते; पाण्याचे नळ तुटल्याने व सांडपाणी वाहून नेणारे नळ तुटल्याने गटारातील पाणी सभोवताली पसरुन जल, वायू व भूप्रदूषण भूकंपक्षेत्रात काही काळ तरी मोठ्या प्रमाणात होते.

जगातील भूकंपांचे प्रदेश

पृथ्वीच्या विशिष्ट भूगर्भीय स्थितीमुळे पृथ्वीच्या विशिष्ट भागांत भूकंपाचे प्रदेश आढळतात. पृथ्वीच्या काही विशिष्ट भागांत भूकंपाचे धक्के विशेष तीव्रतेने व वारंवार जाणवतात. पृथ्वीवर जेथे ज्वालामुखीचे उद्रेक वरचेवर होतात तेथे, तसेच ज्या भागात नवनिर्मित पर्वतांच्या रांगा आहेत त्या प्रदेशात भूकंप वारंवार होताना आढळतात. याखेरीज खंडान्त–उतारावरील भागातही भूकंपाचे धक्के अनुभवास येतात. या भागात प्रामुख्याने ईस्ट इंडीज व वेस्ट इंडीज बेटांचा समावेश होतो; कारण येथे दोन समुद्रांचे भाग व दोन खंडांचे भाग एकमेकांना येऊन मिळतात. असे भाग भूगर्भशास्त्रीयदृष्ट्या कमकुवत असतात.

जगातील भूकंपांचा अभ्यास केल्यावर असे आढळून आले आहे की, एकूण भूकंपांपैकी ५० टक्क्यांपेक्षा अधिक भूकंप हे नवनिर्मित पर्वतरांगांच्या प्रदेशांत होत असतात. यांमध्ये रॉकी, अँडीज, आल्प्स व हिमालय पर्वतरांगांच्या प्रामुख्याने समावेश होतो. ज्वालामुखी पर्वतही याच भागात आहेत. भारतात हिमालयाच्या पायथ्याशी पूर्व–पश्चिम दिशेत पसरलेल्या विस्तृत पट्ट्यावर वारंवार भूकंपाचे धक्के बसतात. ४० टक्के भूकंप खंडान्त–उतारावर होत असतात; तर १० टक्के भूकंप पृथ्वीच्या इतर भागांत होताना आढळतात.

ज्वालामुखी प्रदेशात ज्वालामुखीच्या उद्रेकाच्या आधी बहुधा भूकंपाचे धक्के बसतात. भूगर्भशास्त्रीयदृष्ट्या पृथ्वीच्या कमकुवत भागात वारंवार भूकंप होत असले तरी काही वेळेस पृथ्वीवरील असंभाव्य भागातही भूकंप झाल्याची नोंद आहे –

* इ. स. १९२९ मध्ये नोव्हास्कोशिया व न्यूफाऊंडलंड यांच्या दरम्यान कॅबोट सामुद्रधुनीत झालेला भूकंप
* इ. स. १९३५ मध्ये हेलेन येथे झालेला भूकंप
* इ. स. १८४३ च्या मार्च व एप्रिल या महिन्यांत व ११ डिसेंबर, १९६७ रोजी दख्खनच्या पठारावरही भूकंपाचे धक्के बसले.

भूगर्भशास्त्रीयदृष्ट्या पृथ्वीवरील जे अतिशय प्राचीन असे भूभाग आहेत तेथे बहुधा भूकंपाचे धक्के बसत नाहीत; कारण भूगर्भशास्त्रीयदृष्ट्या हे भाग अतिशय कठीण खडकांचे असून संतुलित अवस्थेत असतात. भारतातील दख्खनचे पठार व ब्राझीलचे पठार हे प्राचीन गोंडवाना लँडचे भाग आहेत. रशियाचा उत्तर भाग हा अंगारा लँडचा व कॅनडा हा कॅनेडियन शांल्डचा एक भाग आहे. हे सर्व भाग भूकंपापासून मुक्त आहेत.

जगात भूकंपाच्या प्रदेशाचे पॅसिफिक महासागराभोवती पसरलेला पट्टा व मध्य अटलांटिक व भूमध्यसागरीय भूकंपाचा पट्टा असे दोन प्रमुख भूकंप–पट्टे दिसून येतात.

१) पॅसिफिक महासागराभोवती पसरलेला पट्टा –

हा पट्टा आशिया खंडाचा पूर्व किनारा व उत्तर आणि दक्षिण अमेरिकेचा पश्चिम किनारा यांना अनुसरुन पसरलेला आहे. हा विस्तृत पट्टा असून जगातील प्रमुख असे जागृत ज्वालामुखीही याच भागात येतात. या पट्ट्यातील बरेचसे भूकंप ज्वालामुखीच्या क्रियेमुळे होत असावेत.

हा पट्टा दक्षिण अमेरिकेच्या दक्षिण टोकापासून अँडीज व रॉकी पर्वताला अनुसरुन अलास्कापर्यंत पसरलेला आहे. अलास्कापासून हा पट्टा पुढे पूर्व सैबेरियापर्यंत पसरला आहे. कामश्चाटका, जपान बेटे, फिलीपाईन्स, न्यूगिनी, न्यूझीलंड या बेटांवरुन तो अंटार्क्टिकाकडे वळलेला आहे.

या पट्ट्यात येणारा जपान हा देश तर 'भूकंपाचा देश' म्हणून ओळखला जातो. या देशात प्राचीन कालखंडातही फार मोठ्या प्रमाणावर भूकंप झाले. असोआन भूकंपाचे वर्णन जपानच्या अतिप्राचीन ऐतिहासिक लेखात आढळते. भूगर्भशास्त्रीयदृष्ट्या जपान पृथ्वीच्या अतिशय कमकुवत व निर्बल अशा भागात वसलेला आहे. जपानच्या पूर्वेला व दक्षिणेला पॅसिफिक महासागराचा खोल असा भाग आहे. याला लागूनच जपानमधील नवनिर्मित पर्वतांच्या रांगा आहेत. जपानमधील उंच पर्वतीय प्रदेश व पॅसिफिक महासागरातील खोल भाग या दोहोंच्या सीमा जेथे परस्परांना मिळतात. त्या भागात भूकंपाच्या हालचाली तीव्रतेने जाणवतात. जपानमध्ये वारंवार भूकंपाचे धक्के बसतात. क्षुल्लक स्वरुपाचे भूकंप तर जवळपास रोजच बसतात.

जगातील सर्वांत जास्त व भयंकर स्वरुपाचे भूकंप जपानमधील होन्शू बेटावर होतात; कारण भूगर्भीय हालचालींचे केंद्र येथील घडीच्या पर्वतांच्या खाली आहे. याशिवाय जपानमधील या बेटावर ज्वालामुखींची संख्याही खूप आहे; त्यामुळे पुष्कळ भूकंप ज्वालामुखींच्या क्रियेमुळे होत असावेत, असे शास्त्रज्ञांचे मत आहे. परंतु सर्वच भूकंप ज्वालामुखीच्या उद्रेकामुळे होत नाहीत. कधी कधी ज्वालामुखीच्या उद्रेकापूर्वी किंवा उद्रेकाच्या वेळी जरी सौम्य स्वरुपाचे धक्के बसत असले तरी फार मोठ्या स्वरुपाच्या भूकंपाच्या निर्मितीसाठी हे कारण सयुक्तिक नाही.

भूगर्भशास्त्रज्ञांच्या मताप्रमाणे पृथ्वीवरील भयंकर असे भूकंप हे कवचाखाली होणाऱ्या भूगर्भीय हालचालींमुळे निर्माण होतात. जपानमध्ये दरवर्षी सरासरी १,५०० भूकंपांचे धक्के बसतात.

- १ सप्टेंबर, १९२३ ला टोकियो येथे झालेला भूकंप अतिशय विनाशकारी ठरला. इतक्या भयंकर स्वरुपाचा दुसरा भूकंप जगात अजून झालेला नाही. टोकियोच्या आसपास भूकंपाचे पुष्कळ भाग आहेत.
- १९१४ ते १९२१ पर्यंतच्या केवळ सात वर्षांच्या कालावधीत हान्शू बेटावर एकूण २०० धक्के बसले. हे सर्व भूकंप हान्शू बेटाच्या पूर्व किनाऱ्यावरील प्रदेश; बोसो द्वीपकल्पाचा पूर्व भाग; टोकियोचा उत्तर व ईशान्य भाग; सागामी आखाताचा संपूर्ण उत्तर भाग या प्रदेशांतच झाले होते.
- १ सप्टेंबर, १९२३ चा भूकंप ओशिमाच्या उत्तरेस सागामी आखातात झाला. या भूकंपाचे भयंकर स्वरुपाचे धक्के टोकियो शहराला २ तास २० मिनिटांपर्यंत बसले. हा मोठा धक्का बसल्यानंतर बरोबर २४ तासांनी भूकंपाचा दुसरा धक्का बसला. हा भूकंप बोसो द्वीपकल्पात झाला होता. या दुसऱ्या भूकंपाचे बाह्य केंद्र बोसो द्वीपकल्पातील कॉनसुराच्या आग्नेय भागात आढळले. जपानमधील या भूकंपामुळे किनाऱ्याजवळील समुद्राच्या पातळीत बराच बदल झाला. मियुरा द्वीपकल्पाच्या दक्षिण भागात भूपृष्ठ अर्ध्या मीटरपासून दीड मीटरपर्यंत वर उचलले गेले. आखातातही याच प्रकारचे परिवर्तन घडून आले. बोसो द्वीपकल्पातही बऱ्याच भागात जमीन उंचावली.

२) मध्य अटलांटिक व भूमध्यसागरीय भूकंपाचा पट्टा –

हा पट्टा विषुववृत्ताला जवळ जवळ समांतर असा पसरला आहे. अटलांटिक महासागरातील समुद्रबुड पर्वतरांगेपासून सुरु होऊन पुढे हा पट्टा भूमध्यसमुद्राभोवतालच्या प्रदेशाजवळून इराण, पाकिस्तान मार्गाने भारतातून

पूर्वेकडे गेलेला आढळतो. जगातील प्रमुख अर्वाचीन वलीपर्वत (उदाहरणार्थ – हिमालय, आल्प्स, रॉकी, अँडीज, म्यानमारमधील पर्वतरांगा ईस्ट इंडीज बेटे) या पट्ट्यात येतात. भूपृष्ठाला वळ्या पडताना तेथील कवचाचा भाग कमकुवत होत असावा व म्हणून येथे भूकंप होत असावेत, असे अनुमान काढले जाते.

भारतातील भूकंपांचे प्रदेश

भारतात भूकंपांचे प्रदेश हिमालय पर्वतरांगेशी संबंधित आहेत. उत्तरेकडील नवनिर्मित खडकांनी तयार झालेला भूभाग व दक्षिणेकडील प्राचीन खडकांनी तयार झालेला भूभाग हे दोन्ही जेथे मिळतात त्या सीमाप्रदेशात प्रामुख्याने भूकंप होतात. भारतातील भूकंप हे बहुधा भूगर्भातील आकस्मिक हालचालींमुळे होतात. हे भूकंप संतुलनमूलक स्वरुपाचे असतात. हिमालय पर्वताचा भाग व त्याच्या पायथ्याशी पसरलेला विस्तृत मैदानी भाग या दोन भागात वारंवार भूकंपांचे धक्के बसतात. भारतातील हा भाग भूगर्भशास्त्रीयदृष्ट्या अजूनही संतुलित अवस्थेत नाही. हिमालय पर्वताची उंची अजूनही वाढत आहे. ही अर्वाचीन पर्वतप्रणाली असल्याने या ठिकाणी भूकंपांच्या हालचाली विशेष तीव्रतेने जाणवतात. काश्मीर, आसाम, कांगडा, प. बंगाल, बिहार, कच्छ या भागांचा यात समावेश होतो. कधी कधी या भागात भूकंप भूपृष्ठाखालील खडकांचा भाग दुभंगून निर्माण होतात; परंतु अधिकांश भूकंप हे संतुलनमूलक असतात. आसामच्या पठारावर व बिहारमध्येही भूकंप होतात. इ. स. १९३४ मध्ये झालेल्या भूकंपाची निर्मिती मोशीहारीव मोंघीर यांच्या दरम्यान भूपृष्ठाखाली भूकवचाला फार मोठी भेग पडून झाली होती.

भारताच्या दक्षिणेकडील दख्खनच्या पठारी भागात सहसा भूकंप होत नाहीत; कारण हा भाग प्राचीन अशा कठीण खडकांपासून तयार झालेला असून संपूर्ण भाग संतुलित अवस्थेत आहे. या भागात कधी कधी संवेदनात्मक भूकंपाचे धक्के (Sympathetic Tremors) बसतात. यांचा संबंध उत्तर भागातील पर्वतीय प्रदेशात होणाऱ्या भूकंपाच्या हालचालींशी असतो.

दख्खनचे पठार भूकंपापासून मुक्त आहे, असा भूगर्भशास्त्रज्ञांचा तर्क होता; परंतु त्याला ११ डिसेंबर, १९६७ रोजी महाराष्ट्रातील कोयनानगर या ठिकाणी झालेल्या अतितीव्र स्वरुपाच्या भूकंपान धक्का दिला.

१९६३ पासून कोयनानगर व त्याच्या सभोवतालच्या भागात सौम्य भूकंपाचे धक्के बसत होते. महाराष्ट्रातील दख्खनच्या पठारावरील भूगर्भशास्त्रीयदृष्ट्या मजबूत अशा भागात या प्रकारचा जोरदार भूकंप कशाने झाला असावा, याची कारणे शोधून काढण्यासाठी पुष्कळसे नामवंत भूगर्भशास्त्रज्ञ कसून प्रयत्न करीत आहेत.

काही भूगर्भशास्त्रज्ञांच्या मताप्रमाणे कोयनानगरच्या भागात भूपृष्ठापासून अतिखोलींवर खडकांमध्ये हालचाल होऊन हा भूकंप निर्माण झाला असावा. या भूकंपाचा 'Tectonic Earthquake' या प्रकारात समावेश करता येईल. या प्रकारचे भूकंप हे नेहमी तीव्र स्वरुपाचे असतात. महाराष्ट्रात झालेल्या या भूकंपाचे बाह्य केंद्र कोयनानगर येथे होते. भूपृष्ठापासून १६ ते ४० कि. मी. खोलींवर असलेल्या खडकांच्या थरांत हालचाल होऊन हा भूकंप झाला असावा. रिश्टर स्केलप्रमाणे या भूकंपाची तीव्रता ७.५ रिश्टर इतकी होती. या भूकंपामुळे सुरतपासून गोव्यापर्यंतची किनारपट्टी, मुंबई, पुणे व दख्खनच्या पठाराच्या पश्चिमेकडील भाग हादरला. कोयनानगरपासून ४८० कि. मी. त्रिज्येच्या परिसरातील भागांना या भूकंपाची झळ पोहोचली. खुद्द कोयनानगर व त्याच्या सभोवतालच्या २५ ते ३२ कि. मी. विस्ताराच्या परिसरात या भूकंपामुळे फार मोठी हानी झाली. या भूकंपातील मृतांचा आकडा २०० च्या वर असून १४०० लोक जखमी झाले. कोयनानगरच्या परिसरातील पुष्कळशी खेडी उद्ध्वस्त झाली.

११ डिसेंबर, १९६७ रोजी पहाटे ४ वाजून २१ मिनिटांनी बसलेल्या मोठ्या हादऱ्यानंतर दुपारी ३ वाजेपर्यंत खुद्द कोयनानगर व सभोवतालच्या भागात ५० वेळा मध्यम तीव्रतेचे व सौम्य हादरे बसले. त्यानंतर बरेच दिवस मध्यम व सौम्य हादरे बसतच राहिले. कोयनानगरला बसलेला हा भूकंपाचा धक्का महाराष्ट्रातील आतापर्यंतचा सर्वात मोठा आहे.

३० सप्टेंबर, १९९३ रोजी महाराष्ट्रातील मराठवाडा विभागातील लातूर व उस्मानाबाद या जिल्ह्यांना भूकंपाचा प्रचंड तडाखा बसला. किल्लारी (लातूर) व सास्तूर (उस्मानाबाद) ही गावे तर जमीनदोस्त झाली. दगड–गोट्यांच्या व मातीच्या सदोष बांधकामाच्या घरांमुळे जीवितहानी मोठी झाली.

२६ जानेवारी, २००१ रोजी म्हणजे नव्या सहस्त्रकातील पहिल्या प्रजासत्ताकदिनी ६.९ रिश्टर इतक्या प्रचंड तीव्रतेच्या भूकंपाने गुजरातमधील भूज, अजार व बच्छाव परिसराला जीवघेणा हादरा दिला. या परिसरातील गावेच्या गावे जमीनदोस्त झाली. भूकंपग्रस्त परिसरातील पायाभूत सुविधा, छोटे–मोठे व्यवसाय–उद्योग, शाळा, महाविद्यालये, हॉटेल्स, पेट्रोलपंप, उत्तुंग इमारती यापैकी काही म्हणता काही उरले नसले तरी सर्वांत भयानक गोष्ट म्हणजे या परिसरात मृत्यूने घातलेले थैमान होय.

शीघ्र गतीने कार्यरत शक्ती

ज्वालामुखीय क्रिया व ज्वालामुखी

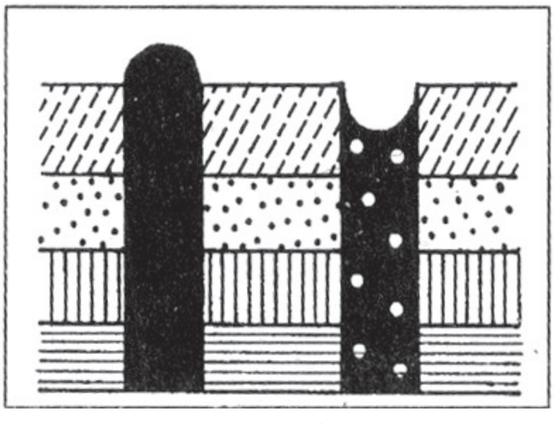
ज्वालामुखीय क्रिया

'' भूगर्भापासून भूपृष्ठापर्यंत भूगर्भातील तप्त अशा पदार्थांच्या होणाऱ्या हालचालींशी संबंधित असलेल्या सर्व क्रियांचा किंवा दृक्‌चमत्कारांचा ज्वालामुखी क्रियांमध्ये समावेश होतो. ('' Volcanicity includes all phenomena which is connected with the movement of heated material from the interior of the earth to or towards the surface of the earth.......") **- Von-Engeln**

एफ. जे. मांकहाऊस यांच्या मते – ''ज्या प्रक्रियांमुळे भूगर्भातील तप्त घनपदार्थ द्रवपदार्थ व वायुरुप पदार्थ भूकवचाकडे किंवा भूपृष्ठावर फेकले जातात त्या सर्व क्रियांचा ज्वालामुखीय क्रिया या परिभाषेत समावेश होतो.'' ("The term volcanicity includes all the processes by which solid, liquid or gaseous materials are forced into the earth crust or escape on to the surface.")

ज्वालामुखीय क्रियांचे एकूण दोन प्रकार पडतात –

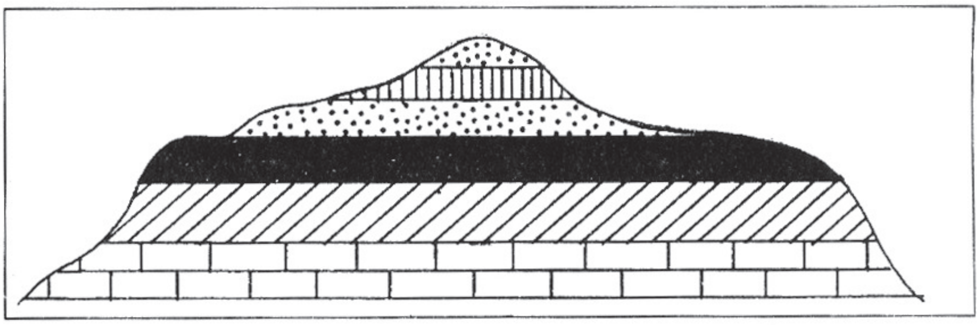
१) आभ्यंतरित ज्वालामुखीय क्रिया – ज्वालामुखीय क्रियेच्या आभ्यंतरित (Intrusive) प्रकारात भूगर्भातील तप्त असा शिलारस व इतर पदार्थ भूकवचाकडे फेकले जातात; परंतु ते भूपृष्ठावर येत नाहीत. या क्रियेत भूपृष्ठाच्या खाली शिलारसाच्या थंड होण्यामुळे डाईक, सिल व शीट्, लॅकोलिथ, सीडार ट्री लॅकोलिथ, फॅकोलिथ, लॅपोलिथ, बॅथोलिथ यांसारखे खडकांचे प्रकार तयार होतात.



आकृती – काळ्या स्तंभासारखे भाग डाईक दर्शविता

डाईक – भूगर्भातून शिलारस वर येत असताना भूकवचाखाली असलेल्या खडकांतील उभ्या भेगांमध्ये थंड होतो व त्या ठिकाणी भिंतीसारख्या उभ्या खडकांची निर्मिती होते. हे खडक कालांतराने भूपृष्ठावर उघडे पडतात. एकाच ठिकाणी अशा प्रकारचे पुष्कळ खडक एकमेकांना समांतर असे आढळतात. स्कॉटलंडच्या वायव्य भागात डाईक (Dyke) प्रकारचे शेकडो खडक आढळतात.

सिल – शिलारस भूपृष्ठाखालील पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील दोन खडकांच्या आडव्या भेगामध्ये खडकांच्या थरांना समांतर असा थंड होतो; याला सिल (Sill) असे म्हणतात. याची जाडी बरीच असून विस्तार कित्येक कि. मी. असतो. ग्रेट ब्रिटनमधील 'ग्रेट सिल' हे याचे उत्तम उदाहरण असून या सिलची जाडी १ ते ८० मीटरपर्यंत असून विस्तार २,४०० कि. मी. च्या जवळपास आहे. फेर्नी बेटापासून पेनाईन पर्वताच्या पश्चिमेकडील इडन नदीच्या दरीपर्यंत हा पसरला आहे. उत्तर अमेरिकेत न्यूयॉर्कजवळ हडसन नदीच्या पश्चिम किनाऱ्याजवळ या प्रकारचा सिल खडक आढळतो. त्याची लांबी ८० कि. मी. व रुंदी ३०० मीटर आहे.

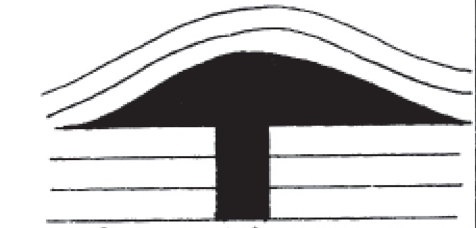


आकृती – काळा आडवा पट्टा सिल दर्शवितो.

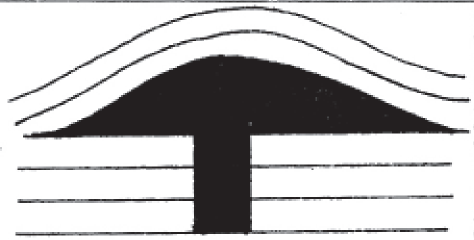
लॅकोलिथ – शिलारस पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील खडकांच्या थरांना भेटून वर येत असताना काही काही ठिकाणी खडक घुमटासारखे वर उचलले जातात व निर्माण झालेल्या पोकळीत शिलारस थंड होऊन त्या ठिकाणी घुमटाकार खडक तयार होतो. याला 'लॅकोलिथ' (Laccolith) असे म्हणतात.

सीडार ट्री लॅकोलिथ – काही ठिकाणी मुख्य लॅकोलिथवर एकावर एक अशा पुष्कळशा लॅकोलिथस्‌ची निर्मिती झालेली असते. या प्रकारच्या लॅकोलिथला 'सीडार ट्री लॅकोलिथ' (Cedar Tree Laccolith) असे म्हणतात. संयुक्त संस्थानांतील दक्षिण उटाह राज्यात कोलोरॅडो नदीच्या पश्चिम भागात हेन्री पर्वतात लॅकोलिथ आढळतात.

जी. के. गिलबर्ट यांनी इ. स. १८७५–७६ मध्ये या भागाचा सखोल अभ्यास केला. त्यात त्यांना लॅकोलिथचे पाच गट आढळले. हे गट माऊंट एलन, माऊंट पीनेल, माऊंट हीलर्स, माऊंट होम्स व माऊंट एल्सवर्थ या भागांत आहेत. दक्षिण भागातील माऊंट एल्सवर्थ पर्वत–शिखरात मोठा असा एक सलग लॅकोलिथ आढळला. उत्तरेकडील माऊंट एलन या पर्वत–शिखरात एकावर एक असे तीस लॅकोलिथ आढळले. हे शिखर समुद्रसपाटीपासून ३,८२० मीटर उंच आहे. माऊंट हिलर्स या शिखरात एका मोठ्या अशा लॅकोलिथवर एकावर एक असे आठ लहान लहान लॅकोलिथ निर्माण झाले आहेत. तसेच या भागात डाईक आणि सिलस् हे प्रकार भूपृष्ठावर उघडे पडले आहेत.



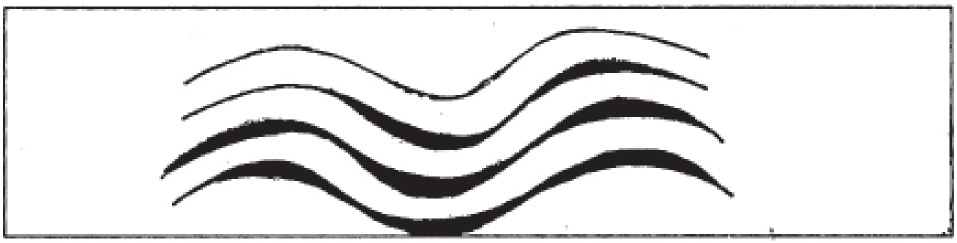
आकृती : अंतर्गत भागात खडकाच्या पोकळीत शिलारसाचे संचयन होऊन घुमटाकार खडक तयार होतात. यांना 'लॅकोलिथ' म्हणतात.



आकृती : मुख्य लॅकोलिथवर एकावर एक असे निर्माण झालेले लहान लहान लॅकोलिथ. या संपूर्ण गटाला 'सीडार ट्री लॅकोलिथ' असे म्हणतात.

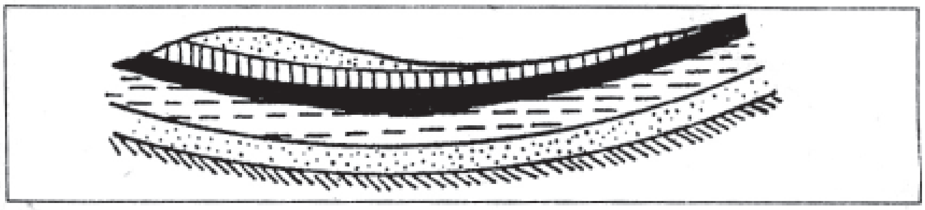
आकृती : दक्षिण उटाह राज्यातील लॅकोलिथ गट.

फॅकोलिथ – खडकांना पडलेल्या घड्यांच्या पायथ्याजवळ किंवा वर आलेल्या घड्यांजवळ शिलारसाचे घुमटाकार खडक आढळतात; यांना 'फॅकोलिथ' (Phacolith) असे म्हणतात. श्रापशायरमधील कार्नडॉन टेकड्या या प्रकारच्या आहेत



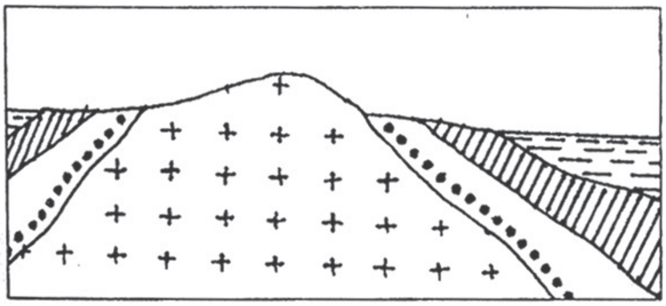
आकृती – खडकाला पडलेल्या घड्यांच्या खोलगट भागात व वर आलेल्या घड्यांच्या माथ्यावर निर्माण झालेले शिलारसाच्या खडकांचे भाग; यांना 'फॅकोलिथ' म्हणतात.

लॅपोलिथ – बशीच्या आकारासारख्या अग्निजन्य खडकांना 'लॅपोलिथ' (Lapolith) म्हणतात. ट्रान्स्व्हालमध्ये या प्रकारच्या खडकांची लांबी ४८० कि. मी. आहे. यांचा उभा विस्तार जास्त असेल तर त्यांना 'Plutonic Plug' म्हणून ओळखले जाते.



आकृती – बशीसारखी रचना असलेल्या खडकांत थरांमध्ये खोलगट भागात शिलारसामुळे होणारे खडक काळ्या रंगाने दाखविले आहेत. यांना 'लॅपोलिथ' असे नाव आहे.

बॅथोलिथ – शिलारसापासून तयार झालेल्या अवाढव्य अशा घुमटाकार खडकाला 'बॅथोलिथ' (Batholith) म्हणतात. घडीच्या पर्वतरांगांत अतिशय खोलीवर बॅथोलिथ आढळतात. इंग्लंडच्या नैर्ऋत्येकडील द्वीपकल्प, ब्रिटनमध्ये सिसिली बेट इत्यादी ठिकाणी बॅथोलिथ आहेत. यांपैकी बऱ्याच भागांत बहिर्गत शक्तीच्या घर्षणकायामुळे बॅथो–लिथचे वरचे पृष्ठभाग भूपृष्ठावर उघडे पडलेले आहेत.



आकृती – बॅथोलिथ

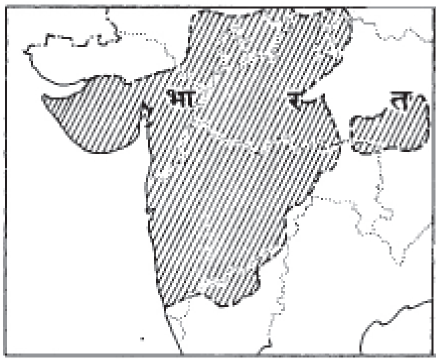
जगातील सर्वांत मोठा बॅथोलिथ ब्रिटिश कोलंबियामध्ये आढळला आहे. या बॅथोलिथचा विस्तार २,४०० कि. मी. व जाडी १६० कि. मी. आहे.

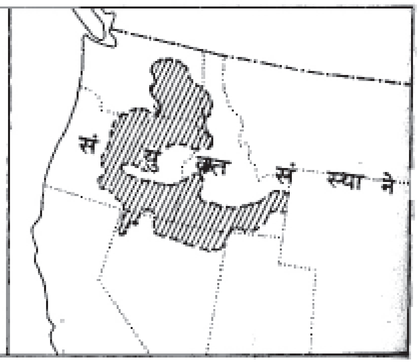
२) बाह्य ज्वालामुखीय क्रिया –

ज्वालामुखी – भूकवचाला पृथ्वीच्या अंतर्गत भागापर्यंत खोल पडलेल्या विस्तीर्ण अशा भेगेला 'ज्वालामुखी' असे म्हणतात. ही भेग नळीसारखी असून यातून पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील तप्त शिलारस, इतर पदार्थ व वायू पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर येत असतात. या प्रकारच्या ज्वालामुखीला 'Central Type of Volcano' असेही म्हटले जाते. ज्वालामुखीतून बाहेर पडणाऱ्या पदार्थांचे नळीभोवती संचयन होऊन कालांतराने ज्वालामुखीचे शंकू निर्माण होतात किंवा नळीतून वर येणारा शिलारस सभोवतालच्या प्रदेशावर थरांच्या रुपाने पसरतो.

भ्रंशमूलक उद्रेक – ज्वालामुखीच्या प्रदेशात काही काही ठिकाणी शिलारस, खडकांचे तुकडे, वायू, राख इत्यादी पदार्थ एखाद्या नळीतून बाहेर न येता त्या ठिकाणी भूपृष्ठाला पडलेल्या लांबलचक व विस्तीर्ण अशा भेगेतून बाहेर येतात. अशा एखाद्या भेगेतून फक्त शिलारसच बाहेर येत असतो. काही वेळेस संपूर्ण भेगेतून, तर काही वेळेस भेगेच्या काही काही भागांतून शिलारस बाहेर पडून उद्रेक होत असतात. यांनाच 'भ्रंशमूलक उद्रेक' असे म्हणतात. प्राचीन काळी अशा प्रकारच्या ज्वालामुखीचे उद्रेक फार मोठ्या प्रमाणावर होत होते. सध्या हे क्वचितच होताना आढळतात. काही वेळेस भूपृष्ठावर अशा प्रकारच्या भेगा एकमेकींना समांतर दिशेत पडलेल्या असतात व त्या

भेगांमधून उद्रेक होत असतात. इ. स. १८८६ मध्ये न्यूझिलंडमधील तारावेरा या ठिकाणी या प्रकारच्या ज्वालामुखीचा उद्रेक १४.५ कि. मी. लांबीच्या भेगेतून झाला होता. इ. स. १७८३ मध्ये आईसलंडमधील लॅकी भागात असा उद्रेक भूपृष्ठाला पडलेल्या ४६.५ कि. मी. लांबीच्या भेगेतून झाला होता. या भेगेतून शिलारसाबरोबर काही ठिकाणी राख व इतर पदार्थ बाहेर पडले व त्यांच्या संचयनापासून ज्वालामुखी शंकूची मालिका तयार झाली. काही भूगर्भशास्त्रज्ञांच्या मताप्रमाणे भारतातील दख्खनच्या पठाराच्या वायव्य भागातील ४,००,००० चौ. कि. मी. क्षेत्रफळाचा प्रदेश अशा उद्रेकांमुळेच तयार झाला आहे. या प्रदेशात काही भागांत शिलारसाच्या थरांचा विस्तार २,१०० मीटर खोलीपर्यंत आढळतो. काही ठिकाणी एकावर एक असलेल्या थरांची संख्या २९ असकल्याचे आढळते. यावरुन भूगर्भशास्त्रज्ञांच्या मते हा भाग एकाच उद्रेकामुळे निर्माण झालेला नसून ज्वालामुखीच्या अनेक उद्रेकांमुळे झाला असावा.





आकृती – शिलारसापासून तयार झालेला दख्खनच्या पठाराचा भाग

आकृती – उत्तर अमेरिकेतील संयुक्त संस्थानांच्या वायव्य भागात शिलारसाच्या संचयनापासून तयार झालेला प्रदेश

उत्तर अमेरिकेतील संयुक्त संस्थानांच्या वायव्य भागातील कोलंबियाचे पठार व स्नेक नदीचा प्रदेश – यांची निर्मिती ही देखील या प्रकारच्या ज्वालामुखीच्या उद्रेकांमुळेच झाली असावी. या प्रदेशात बेसॉल्ट खडक प्रामुख्याने आढळतात. त्याचप्रमाणे ॲबिसिनियाचे पठार, आफ्रिकेच्या आग्नेय भागातील पठार व पश्चिम अरेबियाचे पठार यांची निर्मितीदेखील या प्रकारच्या उद्रेकांमुळे झाली असावी.

फ्युमरोल्स – ज्वालामुखीतून ज्या वेळी शिलारस किंवा इतर पदार्थ बाहेर येणे बंद पडते; म्हणजेच जेव्हा ज्वालामुखीचा उद्रेक बंद होतो त्या वेळी काही ज्वालामुखींतून पाण्याची वाफ किंवा वायूचे लोट बाहेर पडतात. या प्रकारच्या ज्वालामुखींना 'फ्युरोल्स' (Fumeroles) म्हणतात. बाहेर पडणाऱ्या या वायूत ८० टक्के पाण्याची वाफ असते. तसेच यात कार्बन–डाय–ऑक्साइड व हायड्रोक्लोरिक ॲसिड वायू थोड्याफार प्रमणात असतो. ज्वालामुखीतून पाण्याची वाफ व इतर वायू यांबरोबरच गंधकाचा वायू फार मोठ्या प्रमाणात बाहेर पडत असल्यास त्या ज्वालामुखीला 'सोल्फाटारा' (Solfatara) म्हणतात. इटलीतील नेपल्स शहराजवळ या प्रकारचा एक ज्वालामुखी आहे.

न्युझिलंडमधील प्लेन्टीच्या खाडीतील व्हाईट बेटावर, तसेच बलुचिस्तानात असे फ्युमरोल्स आहेत. जगातील निरनिराळ्या ज्वालामुखी–क्षेत्रांत असे फ्युमरोल्स आढळतात. अलास्कामधील **'दि व्हॅली ऑफ टेन थाऊझन्ड स्मोक'** हा जगातील प्रसिद्ध फ्युमरोल आहे.

आर्थिक दृष्टीने फ्युमरोल्स फार महत्त्वाचे असतात; कारण त्यांच्यापासून गंधक व बोरिक ॲसिड हे पदार्थ मिळतात. याशिवाय फ्युमरोल्समधून बाहेर पडणाऱ्या उष्ण वाफेपासून विद्युतशक्ती तयार करता येते. ही वाफ एखाद्या खोल भागात एकत्र करुन त्यापासून विद्युतशक्ती तयार केली जाते. इटलीमधील टस्कनी परगण्यात १८० मीटर खोल

खड्डा खणून त्यात वाफ एकत्र करतात व विद्युतशक्ती निर्माण करतात. ही विद्युतशक्ती, पिसा, फ्लोरेन्स व नेपल्स या शहरांना पुरविली जाते. फ्युमरोल्समधून वाफ प्रचंड वेगाने बाहेर पडत असल्यास विद्युतशक्तीच्या निर्मितीसाठी ती एकत्र करण्याची आवश्यकता नसते. इ. स. १९२८ मध्ये या प्रकारे वीज निर्माण करण्यासाठी प्रयोग करण्यात आले. उत्तर अमेरिकेतील कॅलिफोर्निया राज्यातील फ्युमरोल्सपासून अशा प्रकारे विद्युतशक्ती निर्माण करण्यात येते.

गेसर्स – गेसर्स (Geysers) हे उष्णोदकाचे फवारे असतात. यांना 'उष्णोदकाची कारंजी' असा मराठी प्रतिशब्द वापरता येईल. आयर्लंडमध्ये त्यांना 'गेसर्स' असे म्हणतात. जगातील अनेक ज्वालामुखींच्या प्रदेशांत भूपृष्ठाला पडलेल्या भेगेतून उष्ण पाणी ठराविक वेळेच्या अंतराने फवाऱ्यासारखे वर उडते. संयुक्त संस्थानांमध्ये यलोस्टोन पार्कमध्ये **'ओल्ड फेथफूल'** हा उष्ण फवारा असून त्यातील पाणी एकेका तासाच्या अंतराने वर ४५ मीटर उंचीपर्यंत फेकले जाते. **'मिनिटमॅन'** गेसरमधून एकेक मिनिटाच्या अंतराने पाणी वर येत असते. आईसलंडमधील **'ग्रेट गेसर'** मधील पाणी ३० ते ६० मीटर उंचीपर्यंत उडते.

पंक ज्वालामुखी – काही प्राचीन व प्रसुप्त ज्वालामुखींतून उष्ण वाफ व वायू यांबरोबर चिखल बाहेर पडतो. ही ज्वालामुखीय क्रियेची अंतिम अवस्था समजण्यात येते. यामधून बाहेर येणारा चिखल वेगवेगळ्या खनिज द्रव्यांपासून तयार झालेला असल्याने निरनिराळ्या रंगाचा असतो. म्यानमार, सिसिली, न्यूझिलंड, पाकिस्तान या देशांत पंक ज्वालामुखी (Mud Volcano) आढळतात. पेट्रोलियमच्या खाणींच्या प्रदेशांतही पंक ज्वालामुखी आढळतात. काही भूगर्भशास्त्रज्ञांच्या मताप्रमाणे पंक ज्वालामुखीतून चिखल बाहेर पडण्याचा संबंध ज्वालामुखीय क्रियेशी नसतो; त्यामुळे त्यांना ज्वालामुखी संबोधणे अनुचित आहे.

उष्ण पाण्याचे झरे – सर्वसामान्यपणे ज्वालामुखी उद्रेक जेथे वारंवार होतात अशा भागात उष्ण पाण्याचे झरे (Hot Spring) आढळतात. भूपृष्ठाला पडलेल्या भेगेतून उष्ण पाणी एकसारखे वाहत असते. या पाण्यात निरनिराळे खनिज पदार्थ विरघळलेले असतात. त्यात मुख्यत्वेकरुन कॅल्शियम कार्बोनेट व सिलिका हे खनिज पदार्थ असतात. हे पदार्थ झऱ्याच्या मुखाजवळच्या भागात जमा होतात. आईसलंडमध्ये या प्रकारचे पुष्कळसे झरे आहेत. या बेटावर काही भागांत एक चौरस कि. मी. पेक्षा कमी विस्तार असलेल्या भागांत एक हजाराच्या वर उष्ण पाण्याचे झरे आढळतात. या ठिकाणी झऱ्याचे पाणी नळाच्या साहाय्याने दुसरीकडे नेण्यात आले आहे.

जगातील काही भागांत जेथे ज्वालामुखीय क्रिया अस्तित्वात नाहीत अशा भागांतही भूगर्भातून गरम पाणी झऱ्याच्या रुपाने वाहताना आढळते. सिमल्यापासून ४८ कि. मी. दूर असलेल्या सतलज नदीच्या काठावर 'तत्तापानी' नावाचा उष्ण पाण्याचा झरा आहे. भारतात उष्ण पाण्याचे झरे काश्मीर, पंजाब, बिहार, झारखंड, महाराष्ट्र, केरळ, मध्य प्रदेश, छत्तीसगढ, व राजस्तान या राज्यांमध्ये आहेत.

ज्वालामुखी

भूगर्भातील तप्त पदार्थ भूपृष्ठाला पडलेल्या ज्या भेगेतून भूपृष्ठावर येतात त्या भेगेला ज्वालामुखी (Volcano) असे म्हणतात. ही भेग म्हणजे भूपृष्ठापासून भूगर्भापर्यंत जाणारी एक नळीच असते. या नळीचा व्यास ३० मीटर किंवा त्यापेक्षाही जास्त असतो. या ज्वालामुखींना 'Volcano of Central Type' असे म्हणतात. नळीच्या तोंडातून बाहेर पडणाऱ्या पदार्थांचे नळीभोवती संचयन होऊन ज्वालामुखीच्या शंकूची निर्मिती होते.

ज्वालामुखीच्या उद्रेकाची कारणे –

१) भूगर्भातील उष्णता – भूगर्भात प्रचंड उष्णता आहे. पृथ्वीची उत्पत्ती ही अतिशय उष्ण अशा तेजोगोलापासून झाली असल्यामुळे पृथ्वीच्या उत्पत्तीपासूनच भूगर्भात प्रचंड उष्णता आहे. पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून आतल्या भागाकडे गेल्यास प्रत्येक ३० मीटर खोलीवर पृथ्वीचे तापमान १ अंश सेंटिग्रेडने वाढताना आढळते. पृथ्वीच्या अंतर्गत

भागातील या मूळ उष्णतेशिवाय, तेथे होत असलेल्या रासायनिक क्रियेतून उष्णता निर्माण होऊन अंतर्गत भागाचे तापमान वाढत असते. पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील खडक तेजसक्रिय पदार्थांपासून तयार झालेले आहेत. काही कारणामुळे या तेजसक्रिय पदार्थांचे नियोजन होऊन या क्रियेतूनही काही उष्णता बाहेर पडते.

२) भूगर्भातील खडकावरील दाब कमी होणे – पृथ्वीच्या अंतर्गत भागात अत्यधिक तापमान असूनही तो भाग कठीण स्वरुपातच आहे. याचे प्रमुख कारण म्हणजे पृथ्वीच्या खडकावर असलेला अंतर्गत भागातील भूकवचाचा प्रचंड दाब होय. सर्वसाधारण नियमाप्रमाणे कोणत्याही पदार्थावरील दाब वाढल्यास त्या पदार्थाचा द्रवबिंदू वाढतो; दाब कमी झाल्यास द्रवबिंदू कमी होतो व पदार्थ कमी तापमानावर वितळतो. या नियमाला अनुसरुन भूगर्भात प्रचंड उष्णता असूनही भूपृष्ठाच्या अत्यधिक दाबामुळे भूगर्भातील खडक वितळत नाहीत. परंतु ज्या वेळी काही आकस्मिक कारणामुळे भूगर्भातील खडकांवरील दाब कमी होतो त्या वेळी मात्र अत्यधिक उष्णतेमुळे भूगर्भातील खडक वितळतात व त्यांचे शिलारसात रुपांतर होते. हा शिलारस खालील दोन कारणांमुळे ज्वालामुखीच्या उद्रेकामुळे भूपृष्ठावर येतो.

३) तप्त वायू – शिलारस वर उसळ्याचे एक कारण असे की, तप्त शिलारसात निरनिराळे वायू मिसळलेले असतात. शिलारसाच्या प्रचंड तापमानामुळे हे वायू एकदम प्रसरण पावतात व ते भूकवचाला पडलेल्या एखाद्या भेगेतून भूपृष्ठावर येतात. या वायूबरोबर शिलारस आदी वस्तू वर फेकल्या जातात. अशा प्रकारे ज्वालामुखीचा उद्रेक होतो.

४) अंतर्गत जलबाष्प – काही ठिकाणी भूपृष्ठातून मुरलेले पाणी भूगर्भात जाते. तेथे अत्यंत उष्ण अशा शिलारसाशी संपर्क येऊन त्या पाण्याची वाफ होते. ही वाफ एकदम प्रसरण पावते व भूपृष्ठाला पडलेल्या एखाद्या भेगेतून भूपृष्ठावर येण्याचा प्रयत्न करते. या वाफेबरोबर भूगर्भातील तप्त शिलारस जोरात वर फेकला जाऊन ज्वालामुखीचा उद्रेक होतो.

अशा प्रकारे ज्वालामुखीच्या उद्रेकाला भूगर्भातील अत्यधिक तापमान, शिलारसाची निर्मिती, वायूचे प्रसरण, जलबाष्पाची निर्मिती आदी घटक कारणीभूत ठरतात.

भूपृष्ठाच्या भेगा– उपनिर्दिष्टित कारणांच्या समर्थनासाठी **ग्रेगरी** या भूगर्भ शास्त्रज्ञाने नमूद केले आहे की, पृथ्वीवरील अधिकांश ज्वालामुखींचे उद्रेक समुद्र किनाऱ्यावरील प्रदेशांत किंवा बेटांवर होतात. या प्रदेशांत भूपृष्ठाला पडलेल्या भेगांतून भूगर्भाकडे पाणी जाण्याची शक्यता जास्त असते.

ज्वालामुखीच्या उद्रेकाच्या वेळी कधीकधी जोरदार पर्जन्यवृष्टी होते. यावरुनही असे सिद्ध होते की, भूगर्भातील तप्त पदार्थांशी पाण्याचा संबंध येत असावा व त्यामुळे भूगर्भात फार मोठ्या प्रमाणावर वाफ निर्माण होऊन ज्वालामुखीचे उद्रेक होत असावेत.

ज्वालामुखींचे वर्गीकरण

जगातील जागृत ज्वालामुखींच्या उद्रेकांच्या काळात तसेच उद्रेकांच्या स्वरुपात फार भिन्नता आढळते. काही जागृत ज्वालामुखींच्या उद्रेकांत निव्वळ बेसिक लाव्हा बाहेर पडतो तर काही ज्वालामुखीतून ॲसिड लाव्हा बाहेर पडतो. काही ज्वालामुखींचे उद्रेक हे नेहमी स्फोटक स्वरुपाचे असतात. तर काही ज्वालामुखींचे उद्रेक एखाद्या वेळी स्फोटक स्वरुपाचे तर काही वेळा शांत स्वरुपाचे असतात. काही ज्वालामुखींतून एकानंतर एक असे स्फोटक व शांत उद्रेक होत असतात. काही ज्वालामुखीतून मात्र लाव्हा किंवा इतर पदार्थ यांचा सावकाश उद्रेक होत असतो.

*** लॅक्रॉइकसने केलेले वर्गीकरण –** लॅक्रॉइकस या शास्त्रज्ञाने ज्वालामुखींचे एकूण चार प्रकार पाडले आहेत. त्यांतील प्रत्येक प्रकार हा पृथ्वीवर अस्तित्वात असलेल्या काही विशिष्ट ज्वालामुखींच्या नावाने ओळखला जातो.

१) हवाईयन प्रकार – या प्रकारच्या ज्वालामुखीतून स्फोटक स्वरुपाचे उद्रेक होत नाहीत. यातून बाहेर पडणारा शिलारस अतिशय पातळ असतो. या शिलारसातून स्फोटक असे वायुरुप पदार्थ फार मोठ्या प्रमाणात बाहेर पडत नाहीत; या शिलारसात घन पदार्थांचे प्रमाणही कमी असते. या प्रकारचे उल्लेखनीय उदाहरण म्हणजे हवाई बेटावरील ज्वालामुखी होत.

२) स्ट्रॉम्बोलीयन प्रकार– भूमध्य समुद्रात सिसिली बेटाच्या उत्तरेकडे असलेल्या स्ट्रॉम्बोली ज्वालामुखीवरुन हा प्रकार ओळखण्यात येतो. या प्रकारच्या ज्वालामुखीतून निघणारा शिलारस हा बेसिक प्रकारचा असून तो जास्त तरल नसतो. शिलारसातून बाहेर पडणाऱ्या स्फोटक वायूंचे प्रमाण जास्त असल्यास त्या वेळी उद्रेक स्फोटक स्वरुपाचा असतो. शिलारसाबरोबरच धूळ, खडकांचे तुकडे, स्कोरिया इत्यादी कठीण पदार्थ बाहेर पडतात. 'स्ट्रॉम्बोली' ज्वालामुखी हे या प्रकारचे उत्तम उदाहरण आहे. हा जागृत ज्वालामुखी आहे.

३) व्हल्कॅनियन प्रकार – स्ट्रॉम्बोली ज्वालामुखीजवळ असलेल्या लिपारी बेटावरील व्हल्कॅनो या ज्वालामुखीवरुन हा प्रकार ओळखला जातो. या प्रकारच्या ज्वालामुखीतून बाहेर पडणारा शिलारस अतिशय घट्ट असतो. उद्रेक थांबल्यावर या शिलारसाचे ज्वालामुखीच्या नळीत संचयन होऊन नळीचे मुख बंद होते. पुन्हा उद्रेक होतो तेव्हा शिलारसापासून मुखात तयार झालेले कवच वर फेकले जाते. ज्वालामुखीच्या उद्रेकाच्या वेळी काळ्या रंगाचे ढग ज्वालामुखीसभोवती आढळतात. या प्रकारच्या ज्वालामुखीचे उद्रेक हे बहुतेक स्फोटक स्वरुपाचे असतात. यातून बेसिक व ॲसिड या दोन्ही प्रकारचा शिलारस बाहेर पडतो.

४) पिलीअन प्रकार– या सर्व प्रकारच्या ज्वालामुखींमध्ये हा प्रकार अधिक स्फोटक स्वरुपाचा समजला जातो. या प्रकारच्या उद्रेकाच्या वेळी वायूचे स्फोट व प्रसरण फार मोठ्या प्रमाणात होत असते. उद्रेकाच्या वेळी ज्वाला बाहेर पडतात. या ज्वालांचे प्रतिबिंब सभोवतालच्या ढगांवर पडून भयानक देखावा दिसतो. या उद्रेकात ज्वालामुखीय राख व खडकांचे तुकडे यांचे प्रमाण खूपच मोठे असते.

८ मे, १९०१ रोजी झालेल्या पिली ज्वालामुखीच्या उद्रेकात धूलिकणांनी मिश्रित असे काळ्या रंगाचे वायूचे ढग ज्वालामुखीच्या उतारावरुन बाहेर पडले. या वायूच्या लोटांमुळे सभोवतालच्या प्रदेशात फार मोठ्या प्रमाणावर प्राणहानी झाली. या ढगांचा वेग इतका प्रचंड होता की त्यांच्या वाटेतील वृक्षांच्या फांद्या तुटून खाली पडल्या. या प्रकारच्या ज्वालामुखींचे उद्रेक इतके भयानक असतात की त्यामुळे मुळ ज्वालामुखींच्या शंकूचा शिरोभाग विखंडित होऊन नष्ट होतो.

इ. स. १८८३ मध्ये जावा बेटावरील क्रॅकाटोआ या ज्वालामुखीचा उद्रेक इतका स्फोटक ठरला की ज्वालामुखी शंकूचा दोन तृतीयांश घन किलोमीटर आकारमानाचा भाग तुटून आकाशात फेकला गेला. स्फोटाचा आवाज आंस्ट्रेलियापर्यंत पोहोचला. समुद्रात प्रचंड लाटा निर्माण होऊन त्या खूप दूरपर्यंत गेल्या. उद्रेकाच्या वेळी वर उडालेली धूळ व राख पृथ्वीवरील वातावरणात कित्येक दिवस तरंगत राहिली.

इ. स. १९११ मध्ये फिलीपाईन्स बेटावर झालेला 'माऊंट ताल' या ज्वालामुखीचा उद्रेकही याच प्रकारचा होता. त्यात ज्वालामुखीचे पूर्वीचे मुख नाहीसे होऊन त्या जागी अंतर्गत भागात नवीन मुख तयार झाले.

८ मे १९०१ रोजी घडून आलेल्या पिली ज्वालामुखीच्या उद्रेकात, **हॉवे** या शास्त्रज्ञाच्या माहितीनुसार ५५ × ६० × ७५ सेंमी. आकारमानाचे व ११० टन वजनाचे, शिलारसापासून तयार झालेल्या खडकांचे तुकडे हवेत उडाले.

*** उद्रेक-कालावधीनुसार ज्वालामुखींचे प्रकार –**

उद्रेकाच्या कालावधीनुसार ज्वालामुखीचे जागृत, निद्रिस्त व मृत ज्वालामुखी असे तीन प्रकार पडतात–

१) जागृत ज्वालामुखी – अशा ज्वालामुखीचा उद्रेक वारंवार होत असतो; तसेच तो केव्हाही होऊ शकतो. जगात या प्रकारचे एकूण ५०० ज्वालामुखी आहेत.

२) निद्रिस्त ज्वालामुखी – ज्या ज्वालामुखीचा उद्रेक होण्याचे थांबले आहे; परंतु पुन्हा होणे शक्य आहे अशा ज्वालामुखींना निद्रिस्त ज्वालामुखी म्हणतात.

३) मृत ज्वालामुखी – अशा प्रकारच्या ज्वालामुखींची उद्रेक होण्याची क्रिया कायमची थांबलेली असते. अशा ज्वालामुखींच्या मुखांत पाणी साचून सरोवरे तयार होतात. त्यांना 'Crater Lakes' असे म्हणतात. अलास्कामध्ये ॲनिॲकचॅक हा मृत ज्वालामुखी आहे. तसेच ओरेगॉनमध्ये केटर लेक आहे. कधी कधी ज्वालामुखींच्या मुखांत शिलारस थंड होऊन कवच तयार होते. ज्वालामुखीच्या मुखांना 'Windows of the Earth' असे म्हटले जाते. ज्वालामुखी मृत होण्यापूर्वी बराच काळपर्यंत त्यातून खडकाचे तुकडे, राख व शिलारस हे पदार्थ बाहेर न येता केवळ पाण्याची वाफ व गंधकयुक्त वायू यांसारखी द्रव्ये बाहेर पडतात. त्यानंतरच्या अवस्थेत वाफ आणि उष्ण पाणी यांचे फवारे एकसारखे किंवा थांबून थांबून उडत असतात. यांना 'गेसर्स' म्हणून ओळखतात. काही फवाऱ्यांतून उष्ण चिखलही बाहेर पडतो. उष्ण पाण्याचे झरे ही ज्वालामुखीची अंतिम अवस्था समजली जाते.

ज्वालामुखी शंकू

पृथ्वीवरील ज्वालामुखी भिन्न भिन्न आकारांचे आहेत. ज्वालामुखी शंकूचा (Volcanic Cones) आकार त्यातून बाहेर पडणाऱ्या पदार्थांच्या प्रकारावर अवलंबून असतो.

बहुतेक सर्व ज्वालामुखी आकाराने शंक्वाकार असतात. या शंकूच्या शिरोभागात वतुंळाकार असा खोल भाग असून त्याला ज्वालामुखीचे मुख (Crater) असे म्हणतात. वेगवेगळ्या पदार्थांच्या संचयनाने ज्वालामुखी शंकू तयार होतात. या विविध पदार्थांच्या आधारावर ज्वालामुखी शंकूंचे तीन प्रकार पडतात –

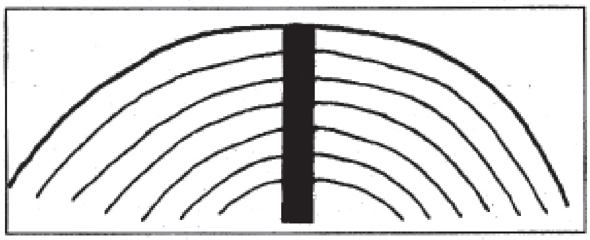
१) शिलारसापासून तयार झालेले शंकू (Lava Domes or Lava Cones)

२) ज्वालामुखीतील राख व खडकांचे तुकडे यांच्या संचयनापासून तयार झालेले शंकू किंवा अंगारक शंकू (Ash and Cinder Cones)

३) शिलारस आणि राख व खडकांचे तुकडे यांच्या मिश्रणापासून तयार झालेले शंकू किंवा संमिश्र शंकू (Composite Cones)

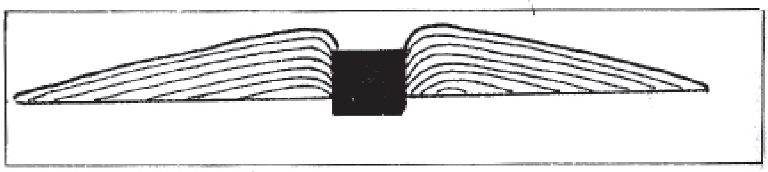
१) शिलारसापासून तयार झालेले शंकू –

अ) ॲसिड शंकू – ज्वालामुखीच्या नळीभोवती ॲसिड शिलारसाचे संचयन होऊन निर्माण झालेले शंकू हे बहुधा घुमटाकार असतात; त्यामुळे त्यांना 'Lava Domes' असे म्हणतात. हे शंकू शीघ्र उताराचे असतात. ज्वाला-मुखीतून शिलारस सावकाश बाहेर पडत असल्यास या प्रकारच्या शंकूची निर्मिती होते; परंतु अशा शंकूचा आकार हा शिलारसाच्या गुणधर्मांवरही अवलंबून असतो. ॲसिड शिलारसाच्या संचयनापासून तयार होणाऱ्या शंकूचा विस्तार कमी असून उंची जास्त असते व उतार शीघ्र असतो.



आकृती – ॲसिड शिलारसापासून तयार झालेला शंकू

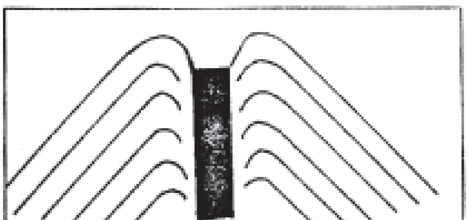
ब) बेसिक शंकू – बेसिक शिलारस पातळ व प्रवाही असतो. बेसिक शिलारसापासून तयार होणाऱ्या शंकूची उंची कमी असून विस्तार जास्त असतो व उतार मंद असतो. बेसिक शिलारसापासून तयार होणाऱ्या शंकूला 'हवाईयन टाईप' (Hawaiian) किंवा 'शील्ड कोन्स' (Shield Cones) म्हणून ओळखले जाते.



आकृती – बेसिक शिलारसापासून तयार झालेला शंकू

२) अंगारक शंकू –

ज्या वेळी ज्वालामुखीचा उद्रेक स्फोटक स्वरुपाचा असतो त्या वेळी ज्वालामुखीतून शिलारस बाहेर न पडता खडकाचे लहान–मोठे तुकडे, राख, धूळ, इत्यादी फार मोठ्या प्रमाणावर बाहेर पडतात. या पदार्थांच्या संचयनापासून निर्माण होणाऱ्या शंकूला अंगारक शंकू (Ash and Cinder Cone) असे म्हणतात. अशा प्रकारच्या शंकूंच्या मुखांचा आकार हा त्या ज्वालामुखीच्या उद्रेकाच्या स्वरुपावर व कालावधीवर अवलंबून असतो. ज्वालामुखीचा उद्रेक अल्पकालीन परंतु अधिक स्फोटक असेल तर अशा वेळी पदार्थांच्या संचयनामुळे जास्त विस्तार असलेले परंतु कमी उंचीचे शंकू तयार होतील. याउलट, उद्रेक विशेष स्फोटक स्वरुपाचा नसेल परंतु अधिक काळपर्यंत होत असेल तर अशा वेळी पदार्थांच्या संचयनामुळे जास्त उंच व कमी विस्ताराचे शंकू तयार होतील.



आकृती – अंगारक शंकू किंवा ज्वालामुखीय राख व खडकाचे तुकडे यांच्या संचयनामुळे तयार होणारे शंकू

ज्वालामुखीच्या उद्रेकाच्या वेळी वाहणाऱ्या वाऱ्यांचाही शंकूच्या आकारावर परिणाम झालेला आढळतो. ज्वालामुखीचा उद्रेक होत असताना वारा जोराने वाहत असेल तर अशा वेळी वारा ज्या दिशेकडून वाहतो त्या दिशेच्या

विरुद्ध बाजूवरील शंकूच्या उतारावर पदार्थांचे जास्तीत जास्त संचयन होऊन असमान उताराच्या शंकूची निर्मिती होते; याउलट, ज्वालामुखीचा उद्रेक होत असताना हवा जर शांत असेल तर अशा वेळी पदार्थांचे संचयन सर्व भागांत सारख्या प्रमाणात होऊन नियमित आकार असलेल्या समान उताराच्या शंकूची निर्मिती होते.

खडकांचे तुकडे व राख यांपासून निर्माण झालेल्या शंकूच्या उतारावर पुष्कळ भेगा पडलेल्या असतात. या भेगा शिलारसाच्या आकस्मिक उद्रेकामुळें निर्माण होतात. या प्रकारात शंकूच्या नळीजवळील शंकूचा भाग अतिशय कमकुवत असतो. नळीतून शिलारस वर येत असताना शिलारसाच्या धक्क्यामुळे शंकूच्या पायथ्याजवळील भाग विखंडित झालेला असतो. अशा भग्न शंकूला "The Breached Cone' किंवा "The Cone of Horse-shoe Type' असे संबोधतात. आईसलंडमध्ये असे ज्वालामुखी पुष्कळ आढळतात. या बेटावरील रेकजाव्हीकजवळ या प्रकारचे ३६ ते ४५ मीटर उंचीचे एकूण नऊ ज्वालामुखी शंकू आहेत.

नेपल्सच्या पश्चिमेस 'माऊंट नोव्हो' हे देखील या प्रकारच्या शंकूचे उत्तम उदाहरण आहे. तीन दिवसांत या शंकूची उंची १३५ मीटरने वाढली व तीदेखील एकाच वेळी झालेल्या उद्रेकाने ! इ. स. १९३७ मध्ये बिस्मार्क द्वीपसमूहात अशा प्रकारच्या एका शंकूची निर्मिती होऊन एका दिवसात १८० मीटर उंची वाढली व नंतरच्या तीन दिवसांत २२२ मीटरने उंची वाढली. मेक्सिकोमधील 'पॅरिक्युटीन' ज्वालामुखी शंकूची निर्मिती इ. स. १९५३ मध्ये झाली असून त्याची उंची ४५० मीटर आहे.

३) संमिश्र शंकू –

जगातील अतिशय उंच, अवाढव्य व नियमित आकार असलेले जवळजवळ सर्व ज्वालामुखी या प्रकारचे आहेत. काही भागांत काही ठराविक काळाच्या अंतराने ज्वालामुखीचे लहान व मोठे उद्रेक होत असतात. यात एखाद्या वेळी ज्वालामुखीतून खडकाचे मोठे तुकडे तर एखाद्या वेळी नुसता शिलारसच बाहेर पडतो. एकापाठोपाठ एक असे लहानमोठे उद्रेक होत असल्यामुळे या प्रकारच्या उद्रेकांत वर दिलेल्या पदार्थांचे एकावर एक असे संचयन होऊन कालांतराने ज्वालामुखी शंकूंची निर्मिती होते. या प्रकारच्या शंकूंच्या उभारणीला खरी सुरुवात खडकांचे लहानमोठे तुकडे व राख यांच्या संचयनापासूनच होते. असे शंकू दोन भिन्न पदार्थांच्या संचयनाने निर्माण होत असल्यामुळे यांना 'संमिश्र शंकू' (Composite Cones) किंवा Strato Cones असेही म्हणतात. या शंकूंच्या निर्मितीस फार मोठा कालावधी लागतो. हे ज्वालामुखी शंकू अतिशय उंच असून समान उताराचे असतात. शंकूच्या उताराचे स्वरुप शिलारस, खडकांचे तुकडे व राख यांच्या परस्पर प्रमाणावर अवलंबून असते. शिलारसाच्या संचयनाच्या मानाने कठीण पदार्थांच्या संचयनाचे प्रमाण जास्त असेल तर शंकू शीघ्र उताराचा असतो. याउलट, शिलारसाचे प्रमाण जास्त असेल तर शंकू मंद उताराचा असतो. संमिश्र ज्वालामुखीच्या शिरोभागी असलेले शंकूचे मुख रुंद असते. काही भागांत या प्रकारच्या शंकूच्या शिरोभागाजवळील त्याचा बराच मोठा भाग नाहीसा झालेला आढळतो ; त्यामुळे त्या ज्वालामुखी शंकूचे मुख हे विस्तीर्ण व पसरट झालेले आढळते.

This is THE END of the Sample

To Purchase your copy NOW click on

https://www.studycircleonline.com/books/Geography-Sampurna-Margadarshak/232