शिवाजी विद्यापीठ, कोल्हापूर

दूरशिक्षण केंद्र

बी. ए. भाग–१ (ऐच्छिक भूगोल)

सत्र १ पेपर १

प्राकृतिक भूगोल

(Physical Geography)

सत्र २ पेपर २

मानवी भूगोल

(Human Geography)

(शैक्षणिक वर्ष २०१९–२० पासून)

घटक-१

प्राकृतिक भूगोलाची ओळख

घटक संरचना

१.० उद्दिष्टे

१.१ प्रस्तावना

१.२ विषय विवेचन

१.२.१ प्राकृतिक भूगोल : अर्थ व व्याख्या

१.२.२ प्राकृतिक भूगोलाचे स्वरूप

१.२.३ प्राकृतिक भूगोलाची व्याप्ती

१.२.४ प्राकृतिक भूगोलाची शाखा

१.२.५ प्राकृतिक भूगोलाचे महत्व

१.३ सारांश

१.४ पारिभाषिक शब्द व शब्दार्थ

१.५ स्वयं-अध्ययन प्रश्नांची उत्तरे

१.६ क्षेत्रीय कार्य

१.७ संदर्भ ग्रंथ सूची

१.० उद्दिष्ट्ये

या घटकांचा अभ्यास केल्यावर आपणांस खालील बाबी ज्ञात करून घेता येतील.

- प्राकृतिक घटकांची माहिती होईल.
- प्राकृतिक भूगोलाचा अर्थ आणि व्याख्या समजून घेता येईल.
- प्राकृतिक भूगोलाच्या व्याप्तीचे आकलन होईल.
- प्राकृतिक भूगोलाच्या निरनिराळ्या शाखांची माहिती होईल.
- प्राकृतिक भूगोलाचे बदलते स्वरूप स्पष्ट होईल.
- प्राकृतिक घटकांचे मानवी जीवनातील महत्व लक्षात येईल.

२.१ प्रस्तावना

भूगोल हा एक प्राचीन अभ्यास विषय आहे. पृथ्वी व पृथ्वीवरील विविध घटकांशी भूगोलाचा संबंध आहे. या घटकांचा अभ्यास प्राचीन काळापासून होत आहे. म्हणूनच भूगोल या विषयाचा जन्म फार प्राचीन काळात झाला असे म्हणतात. इ.स. पूर्व तिसऱ्या शतकात ग्रीक तत्ववेत्ता इरॅटोस्थेनिस याने (भूगोल) Geography हा शब्द सर्वप्रथम वापरला. हा शब्द ग्रीक भाषेतील Geographe या शब्दापासून तयार झाला. Geographe शब्दातील Geo म्हणजे Earth पृथ्वी व graphe म्हणजे description (वर्णन) होय. भूगोल म्हणजे 'पृथ्वीचे वर्णन करणारे शास्त्र होय. नंतर 'भूगोल' हे वितरणाचे शास्त्र आहे. अशी व्याख्या करण्यात आली. त्यामुळे भूगोलास शास्त्रीय स्वरूप प्राप्त झाले. १६ व्या शतकात भूगोलाच्या अभ्यासात मानवाचा अंतर्भाव करण्यात आला. त्यामुळे भूगोल विषयाचे स्वरूप अधिक गुंतागुंतीचे होत गेले. त्यामुळे भूगोलाच्या प्राकृतिक भूगोल व मानवी भूगोल अशा मुख्य दोन शाखा उदययास आल्या.

२.२ विषय विवेचन

भूगोलाची प्राकृतिक भूगोल व मानवी भूगोल या मुख्य दोन शाखा आहेत. प्राकृतिक घटकांचा अभ्यास प्राकृतिक भूगोलात केला जातो. प्राकृतिक भूगोल म्हणजे काय? प्राकृतिक घटकांचा मानवी जीवनावर काय परिणाम होतो किंवा मानवाच्या हस्तक्षेपामुळे नैसर्गिक पर्यावरणात काय बदल होतो याचा अभ्यास केला जातो. प्राकृतिक पर्यावरणाचे बदलते स्वरूप, वाढत जाणारी व्याप्ती यामुळे प्राकृतिक भूगोलाच्या अभ्यासाला अनन्यसाधारण महत्व प्राप्त झाले आहे.

१.२.१ प्राकृतिक भूगोल (Physical Geography) : अर्थ व व्याख्या (Meaning and Definition)

प्राकृतिक भूगोल ही भूगोलाची एक मुख्य शाखा आहे. प्राकृतिक भूगोलामध्ये प्रकृती (पृथ्वीवर) असलेल्या विविध नैसर्गिक घटकांचा अभ्यास केला जातो. पृथ्वीची निर्मिती, पृथ्वीचे अंतरंग, हवामान, वातावरण, महासागर व त्यांच्या हालचाली, मृदा निर्मिती, त्यांचे वर्गीकरण व गुणधर्म, वनस्पती व प्राणी यांचे जीवन चक्र व खगोलीय घटना, वातावरण या सर्वांचा अभ्यास प्राकृतिक भूगोलामध्ये होतो. प्रत्यक्ष व अप्रत्यक्षपणे मानवाची प्रत्येक कृती ही प्राकृतिक घटकांशी संबंधित आहे. त्यामुळे निसर्गातील घटकांचे मानवाने निरीक्षण केले, त्याचा वापर केला, विकास केला व यातूनच प्राकृतिक भूगोलाचा पाया घातला गेला व प्राकृतिक भूगोलाला अर्थ प्राप्त झाला.

❒ **प्राकृतिक भूगोलाच्या व्याख्या (Definitions of Physical Geography) :-**

प्राकृतिक भूगोलाच्या व्याख्या निरनिराळ्या प्रकारे केल्या आहेत. काही भूगोल तज्ज्ञांनीदेखील

प्राकृतिक भूगोलाच्या व्याख्या करून प्राकृतिक भूगोलाला अर्थ प्राप्त करून दिला आहे. त्यातील काही महत्त्वाच्या व्याख्या पुढीलप्रमाणे आहेत.

१. ए. एन. स्टेलर : ''नैसर्गिक शाखांमधील हवामानशास्त्र, सागरशास्त्र, भूरूप शास्त्र, या शास्त्रांचा अभ्यास व त्यांचे विश्लेषण प्राकृतिक भूगोलात केले जाते.''

२. ऑर्थर होम्स : ''प्राकृतिक पर्यावरणाचा अभ्यास म्हणजेच 'प्राकृतिक भूगोल' होय.''

३. अलेक्झांडर हंबोल्ट : ''नद्या, जमीन, वनस्पती, प्राणी, खनिजे, भूपृष्ठ रचना, मानवी जीवन या विविध गोष्टींचे वितरण व त्यांचा परस्परसंबंध म्हणजे प्राकृतिक भूगोल होय.''

४. एम. इटस् : ''प्राकृतिक भूगोलशास्त्र हे ''भूपृष्ठावरील विविध वैशिष्ट्यांचा, भू-आकारांचा व त्यांच्या अभिक्षेत्रीय वितरणाचा अभ्यास करणार शास्त्र आहे.''

५. हार्ट शोर्न : ''पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील बदल घडून येणाऱ्या व घडवून आणणाऱ्या घटकांचे, अविष्कारांचे अचूक सुसंबंध व योग्य संयुक्तिक वर्णन करणारे शास्त्र म्हणजे प्राकृतिक भूगोल होय.''

६. ''पृथ्वीवरील प्रादेशिक भिन्नतेचा व प्रदेशा-प्रदेशांमधील परस्परसंबंधाचा अभ्यास म्हणजे प्राकृतिक भूगोल होय.''

७. ''खंड व महासागर आणि त्यांवरील नैसर्गिक वैशिष्ट्ये यांचा अभ्यास म्हणजे प्राकृतिक भूगोल होय.''

८. ''भौतिक (प्राकृतिक) घटकांचा अभ्यास करणारे शास्त्र म्हणजे प्राकृतिक भूगोल होय.''

९. ''नैसर्गिक घटकांचे वितरण व त्यांची उत्पत्ती यांचा अभ्यास करणारे शास्त्र म्हणजे प्राकृतिक भूगोल होय.''

१०. ''भूपृष्ठ व जलाशय यांच्या निर्मितीस कारणीभूत असलेल्या घटकांचे अध्ययन करणे म्हणजे प्राकृतिक भूगोल होय.''

वरील सर्व व्याख्यांचा अभ्यास केल्यानंतर थोडक्यात असे म्हणता येईल की, ''प्राकृतिक भूगोलात पृथ्वीचे शिलावरण, जलावरण, वातावरण व जीवावरण यांचा शास्त्रशुध्द दृष्टीकोनातून अभ्यास केला जातो.

१.२.२ प्राकृतिक भूगोलाचे स्वरूप (Nature of Physical Geography)

प्राकृतिक भूगोल ही भूगोलाची एक महत्वाची शाखा आहे. काळानुरूप या विषयाचे अभ्यास-क्षेत्र विस्तारत गेले. त्यामुळे प्राकृतिक भूगोलाच्या नवनवीन अभ्यास पध्दती विकसित झाल्या व प्राकृतिक भूगोलाला वेगळे स्वरूप प्राप्त झाले. ते पुढीलप्रमाणे :-

१. निरीक्षणात्मक स्वरूप :-

प्राकृतिक घटकांचे निरीक्षण करून त्यांचा अभ्यास करता येतो. उदा. भूपृष्ठरचना, भूमी-स्वरूपे, प्राणी, वनस्पती, खनिजे, महासागर, दिवस व रात्र, ग्रहणे इत्यादीचे निरीक्षण करून त्यांचे स्वरूप समजावून घेता येते. निरीक्षण पध्दतीमुळे या विषयास निरीक्षणात्मक स्वरूप प्राप्त झाले आहे.

२. वर्णनात्मक स्वरूप :-

निरीक्षणाद्वारे मिळालेल्या आकडेवारीचे वर्गीकरण करून त्याचे विश्लेषण व वर्णन करता येते. आकडेवारी किंवा माहितीचे वर्णन करण्यासाठी विविध नकाशास्त्रीय तंत्रे, आकृत्या, आलेख, नकाशे यांचा वापर होतो. यामुळे निरनिराळ्या घटकांचा प्रादेशिक अभ्यास करता येतो. यातूनच प्राकृतिक भूगोलास वर्णनात्मक स्वरूप प्राप्त झाले.

३. बहुविषयात्मक स्वरूप :-

प्राकृतिक भूगोलात अनेक घटक समाविष्ट आहेत. प्राकृतिक भूगोलात पृथ्वीची उत्पत्ती, पृथ्वीचे अंतरंग, पृथ्वीचा आकार, रचना, सूर्यमाला, अक्षांश-रेखांश, भूस्वरूप, ग्रहणे, भू-हालचाली, वातावरण, वायूभार, वारे, सागरतळ रचना, तापमान, मृदा निर्मिती, वनस्पती व प्राणी'चे वितरण व गुणधर्म, नद्या, धरणे, विहिरी व खनिजे इत्यादी अनेक विषयांचा अभ्यास केला जातो. त्यामुळे प्राकृतिक भूगोलाचे स्वरूप बहुविषयात्मक आहे.

४. परस्परसंबंधात्मक स्वरूप :-

प्राकृतिक भूगोलात प्राकृतिक घटकांबरोबरच मानवी क्रिया व सांस्कृतिक भूगोलात पर्यावरणीय घटकांचा अभ्यास होतो. प्रादेशिक भिन्नतेमुळे मानवी जीवनावर तेथील प्राकृतिक घटकांचा कसा परिणाम झाला आहे याचा अभ्यास करता येतो व मानवी संस्कृती प्रत्यक्ष-अप्रत्यक्षरित्या निसर्गावर अवलंबून आहे याचे ज्ञान होते. निसर्ग व मानव यांच्या परस्परसंबंधाने प्राकृतिक भूगोलास परस्पर संबंधात्मक स्वरूप प्राप्त झाले.

५. कार्यकारणभावात्मक स्वरूप :-

प्राकृतिक भूगोलाचे स्वरूप शास्त्रीय आहे. पृथ्वीवर कोणतीही घटना का व कशी घडते याचा कार्यकारणभाव संबंध अभ्यासला जातो. या घटनांमुळे पृथ्वीचे प्राकृतिक पर्यावरण व मानवी जीवनावर काय परिणाम होतो. या कारणांचा शोध घेतला जातो. त्यामुळेच प्राकृतिक भूगोलाचे स्वरूप कार्यकारण भावात्मक आहे.

६. सर्वात्मक स्वरूप :-

सुरवातीच्या काळात प्राकृतिक भूगोलाचा अभ्यास एकत्रितपणे सर्व घटकांचा समावेश करून केला जात असे. आजही प्राकृतिक भूगोलामध्ये शिलावरण, वातावरण, जलावरण, जीवावरण या सर्व घटकांचा एकत्रितपणे अभ्यास केला जातो. त्यामुळे प्राकृतिक भूगोलाचे स्वरूप सर्वात्मक बनले आहे.

७. विशेषीकरणात्मक स्वरूप :-

प्राकृतिक भूगोलात सर्व घटकांच्या एकत्रित अभ्यास केला जातो, परंतु प्राकृतिक भूगोलाची व्याप्ती खूप मोठी आहे त्यामुळे त्यामध्ये समाविष्ट घटकांची विभागणी करून त्यांचा स्वतंत्रपणे अभ्यास केला जातो. उदा. वातावरणशास्त्र, हवामानशास्त्र, सागरशास्त्र, जीवशास्त्र, मृदाशास्त्र, खनिजशास्त्र इत्यादी. यातूनच प्राकृतिक भूगोलाचे स्वरूप विशेषीकरणात्मक बनले आहे.

८. विवेचनात्मक स्वरूप :-

अलीकडे पृथ्वीवरील प्राकृतिक घटकात बदल होऊ लागले आहेत. हे बदल कोणत्या कारणांमुळे होत आहेत. त्याचा प्राकृतिक घटकांवर, मानवावर काय परिणाम होतो, याचे विवेचन केले जाते. म्हणूनच प्राकृतिक भूगोलास विवेचनात्मक स्वरूप प्राप्त झाले आहे.

९. रचनात्मक स्वरूप :-

प्राकृतिक भूगोलातील अभ्यास घटकांचा केंद्रबिंदू जीवावरण हा आहे. पृथ्वीवरील मानव, प्राणी, वनस्पती याचे जीवनचक्र हे भूकवच, पाणी, हवा यावर अवलंबून आहे. या सर्वाचा सूत्रबध्द व सुसंबंध्द रचनात्मकरित्या अभ्यास केला जातो. म्हणूनच प्राकृतिक भूगोलाचे स्वरूप हे रचनात्मक झाले आहे.

१०. गतिशील स्वरूप :-

बदलत्या हवामानामुळे आणि मानवाने प्राकृतिक घटकांमध्ये केलेल्या हस्तक्षेपामुळे प्राकृतिक घटकांत अनेक बदल होत आहेत. त्या बदलाचा अभ्यास करून अनेक सिध्दांत व संकल्पना मांडाव्या लागतात व निष्कर्ष काढले जात आहेत. या अभ्यासामुळे प्राकृतिक भूगोलास गतिशील स्वरूप प्राप्त होत आहे.

थोडक्यात प्राकृतिक भूगोलाचे स्वरूप हे दिवसेंदिवस बदलत आहे. अत्याधुनिक तंत्रे, वैज्ञानिक प्रयोग, वाढते ज्ञान यामुळे प्राकृतिक भूगोलाचे स्वरूप विकसित होत आहे.

१.२.३ प्राकृतिक भूगोलाची व्याप्ती (Scope of Physical Geography)

अस्थिर पृथ्वी व क्रियाशील मानव यांच्यातील परस्परसंबंध, परस्परावलंबन आणि आंतरक्रिया यामुळे मानवी जीवनाच्या विकासाबरोबरच प्राकृतिक भूगोलात अभ्यास केल्या जाणाऱ्या घटकांच्या अभ्यास/अध्ययन पध्दतीत बदल होऊ लागला. त्यामुळे प्राकृतिक भूगोलाची व्याप्ती वाढली. त्या अभ्यासात शिलावरण, जलावरण, वातावरण व जीवावरण यांचा समावेश झाला व प्राकृतिक भूगोलाची व्याप्ती स्पष्ट करण्यात आली. ती पुढीलप्रमाणे :-

१. शिलावरण (Lithosphere) :-

शिलावरण पृथ्वीच्या कवचाचा बाह्य भाग आहे, यालाच मृदावरण असेही म्हणतात. शिलावरणामध्ये पृथ्वीचे अंतरंग, खडकांचे प्रकार, भूरचना, भूकंप, ज्वालामुखी, पृथ्वीवरील प्राथमिक, द्वितीय व तृतीय श्रेणीची भूमीस्वरूपे, अपक्षरण (क्षरण), अपक्षय (झीज), वहन व निक्षेपण (संचयन) कार्य, अनाच्छादन क्रिया, क्षरणचक्र संकल्पना इत्यादी घटकांचा अभ्यास केला जातो.

२. जलावरण (Hydrosphere) :-

पृथ्वीवरील पाण्याने व्यापलेल्या भागास 'जलावरण' असे म्हणतात. पृथ्वीवरील समुद्र व महासागर यांचे वितरण, सागरतळ रचना, सागरतळावरील भूमीस्वरूपे, सागर जलाच्या हालचाली, सागरजलांचे भौतिक व रासायनिक गुणधर्म, सागरी तापमान, क्षारता, घनता, सागरी निक्षेप, त्सुनामी इत्यादी घटकांचा अभ्यास जलावरणामध्ये केला जातो.

३. वातावरण (Atmosphere) :-

पृथ्वी सभोवती असलेल्या हवेच्या आवरणास 'वातावरण' असे म्हणतात. वातावरण निरनिराळ्या वायूंनी बनलेले असून ते रंगहीन, गंधहीन व चवहीन आहे. यात हवा व हवामान, हवेचा दाब, तापमान, आर्द्रता, वारे व वाऱ्याचे प्रकार, वृष्टी व वृष्टीचे प्रकार, मेघ व मेघांचे प्रकार, वायुराशी हवामानाचे प्रकार व वातावरणाची संरचना इत्यादी घटकांचा अभ्यास केला जातो.

४. जीवावरण (Biosphere) :-

पृथ्वीच्या भूपृष्ठालगत असलेल्या वातावरणात खालचा थर म्हणजे 'जीवावरण' होय. पृथ्वीवरील वनस्पती व प्राणी जीवनाचा अभ्यास जीवावरणात केला जातो. वनस्पती व प्राणी यांचे प्रकार, त्याचे प्रादेशिक वितरण, पर्यावरणाशी समायोजन व अनुकूलन. त्यांचे आर्थिक महत्त्व इत्यादी घटकांचा अभ्यास जीवावरणात केला जातो.

प्राकृतिक घटकांच्या वाढत्या मूल्यामुळे प्राकृतिक भूगोलाच्या अभ्यासाची व्याप्ती दिवसेंदिवस वाढत गेली व प्राकृतिक भूगोलास गतिशील स्वरूप प्राप्त झाले.

१.२.४ प्राकृतिक भूगोलाची शाखा (Branches of Physical Geography)

प्राकृतिक भूगोलाची व्याप्ती खूप विशाल आहे. त्यामुळे या विषयाचा काही मर्यादेपर्यंत एकत्र अभ्यास केला जातो. परंतु यातील समाविष्ट विषयांचा अभ्यास सखोल व शास्त्रशुध्द होण्याच्या दृष्टीने प्राकृतिक भूगोलाच्या निरनिराळ्या उपशाखा निर्माण झाल्या त्या पुढीलप्रमाणे :-

१. खगोलशास्त्र (Astrology) :-

अवकाशातील घटक व घटनांचा शास्त्रशुध्द अभ्यास 'खगोलशास्त्रात' केला जातो. विश्व सूर्यमाला तिची उत्पत्ती, ग्रह, उपग्रह, तारे, उल्का, धुमकेतू, त्यांचे आकार, पृथ्वीची गती, दिवस-रात्र निर्मिती, ऋतुचक्र, अक्षांश-रेखांश, वस्तुमान यांची माहिती खगोलशास्त्रात दिली जाते. गणिती भूगोल व नकाशाशास्त्र या खगोलशास्त्राच्या उपशाखा म्हणून ओळखल्या जातात.

२. भूरूपशास्त्र (Geomorphology) :-

भूरचनेचा अभ्यास करणाऱ्या शास्त्राला भूरूपशास्त्र किंवा भूरचनाशास्त्र असे म्हणतात. प्राकृतिक भूगोलाची ही सर्वात जास्त विकसित शाखा आहे. या शाखेत पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील भूमीस्वरूपे, पृथ्वी कवचाची निर्मिती, पृथ्वीचे अंतरंग, भूमीस्वरूपांची उत्क्रांती, वर्गीकरण, वितरण, बाह्यकारक शक्ती खंड व महासागर यांचे वितरण इत्यादीचा अभ्यास या शास्त्रात केला जातो. मृदाशास्त्राचा पाया भूरचनाशास्त्रात आहे असे म्हटले जाते.

३. हवामानशास्त्र (Climatology) :-

पृथ्वीवरील निरनिराळ्या प्रकारचे हवामान व त्यांचा नैसर्गिक पर्यावरणावर होणारा परिणाम यांचा अभ्यास करणाऱ्या शास्त्रास 'हवामानशास्त्र' म्हणतात. हवा, हवामान व त्यांचे घटक, वातावरणाचे विभाग, सौरशक्ती, तापमान, वायुभार, वारे, आर्द्रता, मेघ, वृष्टी, पर्जन्य इत्यादीचा अभ्यास हवामानशास्त्रात केला जातो.

४. सागरशास्त्र (Oceonography) :-

पृथ्वीवरील सागराचा अभ्यास सागरशास्त्रात होतो. यात महासागर व सागर यांचे वितरण, सागरतळ रचना, सागरजलाची क्षारता, सागरी निक्षेप, भरती-ओहोटी, सागरी प्रवाह, सुत्नामी, सागरी वनस्पती व प्राणी इत्यादीचा अभ्यास या शाखेत केला जातो.

५. मृदाशास्त्र (Pedology) :-

मृदेचा अभ्यास करणाऱ्या शास्त्रास मृदाशास्त्र असे म्हणतात. मृदेची निर्मिती, संरचना, गुणधर्म, प्रकार, वितरण, सुपीकता, मृदेची धूप, मृदेचे अपक्षरण, मृदा व्यवस्थापन इत्यादीचा अभ्यास या शाखेत केला जातो.

६. जीवशास्त्र/जैविक शास्त्र (Bio-Geography) :-

पृथ्वीवरील नैसर्गिक वनस्पती व प्राणी यांचा अभ्यास. जैविक भूगोलात केला जातो. वनस्पतींचे प्रकार, त्यांची वैशिष्ट्ये, गुणधर्म व वितरण इत्यादीचा अभ्यास वनस्पती भूगोलात तर प्राणी त्यांचे वितरण, स्थलांतर, प्रकार इत्यादी अभ्यास प्राणी भूगोलात केला जातो. यावरून जैविक भूगोलाच्या वनस्पती भूगोल व प्राणी भूगोल या दोन शाखांत वर्गीकरण केले गेले.

७. जलशास्त्र (Hydrology) :-

भूपृष्ठीय व भूगर्भीय जलाचा अभ्यास जलशास्त्रामध्ये होतो. या भूपृष्ठीय जल नद्या, तळी, सरोवरे, धरणे, विहिरी, कालवे इत्यादी गोड्या पाण्याचे साठे तसेच भूगर्भीय जल, विहिरी, कूपनलिका यांचा अभ्यास केला जातो.

८. खनिजशास्त्र (Minerology) :-

खनिजाचा अभ्यास खनिजशास्त्रामध्ये केला जातो. खनिजांची निर्मिती, साठे, वितरण, गुणधर्म इत्यादीचा अभ्यास खनिज-शास्त्रात केला जातो.

प्राकृतिक भूगोलाच्या व्यापकतेमुळे प्राकृतिक भूगोलाच्या या विविध शाखांमध्ये वर्गीकरण करण्यात आले व त्यांचे शास्त्रशुध्द पध्दतीने अभ्यास केला जाऊ लागला.

१.२.५ प्राकृतिक भूगोलाचे महत्व

प्राकृतिक भूगोलाचा अभ्यास आज अनेक दृष्टीने महत्वाचा बनला आहे. मानव प्रत्यक्ष-अप्रत्यक्षरित्या प्राकृतिक पर्यावरणावर अवलंबून आहे. मानवाच्या मूलभूत गरजा निसर्गावरच आधारित आहेत. त्यामुळे प्राकृतिक भूगालाचे महत्व वाढत आहे. नैसर्गिक पर्यावरण व मानवी जीवन यांचा परस्पर-सहसंबंध लक्षात घेता प्राकृतिक भूगोलाचे महत्व पुढीलप्रमाणे स्पष्ट करता येईल.

१. मानवी वसाहती :-

मानवी वसाहत निर्माण होण्यासाठी भूरचना, अनुकूल हवामान, पिण्याच्या पाण्याची उपलब्धता

असणे आवश्यक आहे. मैदानी प्रदेश, नद्यांची खोरी, समुद्र किनारे या ठिकाणी मानवी वसाहती निर्माण होण्यासाठी अनुकूल परिस्थिती असते. उदा. उत्तर भारतीय मैदानी प्रदेश, गंगानदी खोरे, कोकण किनारपट्टी, तर दुर्गम पर्वतीय प्रदेश, वाळवंटी प्रदेश, दाट जंगले, पूर प्रदेश, अतिबर्फाळ प्रदेश इत्यादी प्रदेश मानवी वस्ती निर्माण होण्यासाठी अनुकूल नसतात. प्राकृतिक घटकांनुसार मानवी वसाहतीची प्रारूपे (गोलाकृती, रेषाकृती, ताराकृती वसाहती) विकसित होतात. त्यामुळे मानवी वसाहतीची निर्मिती होण्यासाठी प्राकृतिक भूगोलाचा अभ्यास असणे महत्त्वाचे आहे.

२. मानवी व्यवसाय :-

मानव आपल्या गरजा भागविण्यासाठी वेगवेगळे व्यवसाय करतो. त्यात प्राथमिक, द्वितीय, तृतीयक, चतुर्थ श्रेणीचे व्यवसाय असे वर्गीकरण करण्यात आले. प्राथमिक व्यवसाय हे पूर्णत: प्राकृतिक/नैसर्गिक घटकांवरच अवलंबून असतात. उदा. शेती, मासेमारी, खाणकाम, पशुपालन, वनोद्योग इत्यादी. प्राथमिक व्यवसायात मानवाचा प्रत्यक्ष निसर्गाशी प्राकृतिक घटकांशी संबंध येतो. प्राथमिक व्यवसायातून मिळालेल्या कच्च्या मालावर द्वितीय व तृतीयक व्यवसाय अवलंबून असतात. त्यामुळे मानवास भूरचना, हवामान, पर्जन्यमान, नद्यांची खोरी, मृदा या प्राकृतिक घटकांचे ज्ञान असणे आवश्यक आहे.

३. साधनसंपत्ती संवर्धन :-

वाढती लोकसंख्या आणि बदलती जीवनशैली त्यामुळे नैसर्गिक साधनसंपत्तीचा जास्तीत जास्त वापर होऊ लागला आहे. त्यासाठी जल संवर्धन, मृदा संवर्धन, वन संवर्धन, जैवविविधता संवर्धन, सागर संपत्ती संवर्धन, खनिज संवर्धन व पर्यावरण संवर्धन करून या साधनसंपत्तीचा ऱ्हास थांबविला पाहिजे. संपूर्ण सजीव सृष्टीच्या संवर्धनासाठी प्राकृतिक घटकांचा अभ्यास करणे महत्वाचे बनले आहे.

४. लष्करी/सैन्यशास्त्र :-

सैनिकांना प्राकृतिक घटकांचे ज्ञान असणे आवश्यक आहे. सैन्यशास्त्र व भौगोलिक घटकांचा निकटचा संबंध असतो. भूरचना, हवामान, वातावरण, वनस्पती, प्राणी, बर्फाळ प्रदेश, सागरी हालचाली, या सर्वांचे ज्ञान सैनिकांना असावे लागते. युध्दनीती नकाशा करताना, युध्दाची व्यूहरचना करताना, लष्करी तळ निर्माण करताना किंवा आपत्ती निवारण करताना सैनिकांना भौगोलिक घटकांचा आधार घेऊनच अध्ययन करावे लागते. म्हणूनच सैन्यशास्त्रात प्राकृतिक भूगोलास विशेष महत्त्व प्राप्त झाले आहे. त्यामुळे सैनिक भूगोल ही भूगोलाची उपशाखा निर्माण झाली.

५. आपत्ती व्यवस्थापन :-

नैसर्गिक किंवा मानवी घटकांमुळे पर्यावरणात अचानक विनाशकारी बदल होतो व आपत्ती

निर्माण होते. ही आपत्ती रोखण्यासाठी उपाययोजनाचा अवलंब करावा लागतो. उदा. अवर्षणग्रस्त प्रदेशात कमी पर्जन्यावर वाढणारी खुरटी वनस्पती व गवताची लागण करणे. पाणी आडवा, पाणी जिरवा' असे कार्यक्रम राबविणे इत्यादी. याशिवाय भूकंप, ज्वालामुखी, त्सुनामी, भूमिपात, अतिवृष्टी, महापूर यामुळे होणारी जिवीतहानी व वित्तहानी रोखण्यासाठी व आपत्ती निवारण करण्यासाठी व उपाययोजनेसाठी आपत्तीपूर्व, आपत्तीकालीन, आपत्तीनंतर योग्य व आपत्ती व्यवस्थापनासाठी प्राकृतिक घटकांचे ज्ञान आवश्यक असते.

६. पायाभूत सोयी-सुविधा :-

मानवाचा आर्थिक विकास हा पायाभूत सोयी-सुविधांवर अवलंबून असतो. यात रस्ते, रेल्वे, जलमार्ग, हवाईमार्ग, वाहतूक शिवाय शहरांची पुर्नरचना, उभारणी, बाजारपेठा, पाणीपुरवठा, गटारे, सांडपाणी विसर्जन, इमारत बांधणी, उद्याने, औद्योगिक वसाहती वसवणे इत्यादी पायाभूत सोयी निर्माण करण्यासाठी प्राकृतिक घटक अनुकूल असणे आवश्यक आहे. त्यामुळे पायाभूत सोयी उपलब्ध करून देताना प्राकृतिक घटकांचा अभ्यास करणे महत्त्वाचे आहे.

७. तांत्रिक प्रगती :-

आजचे युग हे तांत्रिक युग आहे. भौगोलिक-माहिती प्रणाली (GIS) हे सध्याच्या संगणक व सुंदर संवेदन युगातील प्रगत असे तंत्रज्ञान आहे. भौगोलिक माहिती प्रणाली (GIS), जागतिक स्थाननिश्चिती प्रणाली (GPS), सुदुर संवेदन, हवाई छायाचित्र, उपग्रह प्रतिमा इत्यादीमुळे एकाचवेळी अनेक भौगोलिक घटकांचे निरीक्षण, विश्लेषण व पृथ्थ:करण करून निष्कर्ष काढले जातात व भविष्यातील योग्य व्यवस्थापनाची दिशा ठरविता येते. त्यासाठी भौगोलिक घटकांचे परिपूर्ण ज्ञान होणे आवश्यक आहे.

८. शाश्वत विकास :-

भविष्यकालीन पिढ्यांच्या गरजा पूर्ण करण्यासाठी साधनसंपत्तीचे यशस्वी व्यवस्थापनासाठी मानवाने प्राकृतिक घटकांचा योग्य वापर केला पाहिजे. अन्यथा जैवविविधतेचा ऱ्हास, मृदा अवनती, आम्ल पर्जन्य, ओझोन क्षय, तापमान वाढ, प्रदूषण, जलसंपत्तीचा ऱ्हास होऊन जीवसृष्टीला धोका निर्माण होईल. यासाठी शाश्वत विकास/चिरंतन विकास झाला पाहिजे. त्यासाठी वर्तमानकालीन आणि भविष्यकालीन बदलांचा आढावा घेण्यासाठी भूरचना, वातावरण आणि जैवविविधता याचे ज्ञान आवश्यक आहे.

याशिवाय औद्योगिक प्रगती, आर्थिक विकास, राजकीय धोरण इत्यादी घटकांमध्ये देखील प्राकृतिक भूगोलाचे महत्त्व अनन्यसाधारण आहे.

१.३ सारांश

प्राकृतिक भूगोल ही भूगोलाची प्रमुख शाखा आहे. प्राकृतिक भूगोलाची संकल्पना व अर्थ भूगोल तज्ञांनी व्याख्येद्वारे समजावून सांगितला आहे. प्राकृतिक भूगोलाची व्याप्ती दिवसेंदिवस वाढत आहे. त्यात शिलावरण, जलावरण, वातावरण व जीवावरण यांचा समावेश झाला. प्राकृतिक भूगोलाच्या स्वरूपात देखील बदल दिसून आला आहे. प्राकृतिक भूगोलाची व्याप्ती लक्षात घेता प्राकृतिक घटकांचा सविस्तर अभ्यास करण्यासाठी अनेक शाखा विस्तारित करण्यात आल्या. प्राकृतिक घटकांचा मानवी जीवनावर, मानवाच्या, सामाजिक, सांस्कृतिक व आर्थिक क्रिया वर प्रभाव पडतो. त्यामुळेच प्राकृतिक घटकांचे मानवी जीवनात उपयोजित दृष्टीने अभ्यास करण्याकडे कल वाढला आहे व प्राकृतिक घटकांचे महत्त्व वाढले आहे.

१.४ पारिभाषिक शब्द व शब्दार्थ

- **भूमि स्वरूपे :** पृथ्वीवरील कमी अधिक उंची भाग.
- **पृथ्वीचे अंतरंग :** पृथ्वीच्या अंतर्गत भागाची रचना.
- **सागरी निक्षेप :** सागरतळावर निरनिराळ्या पदार्थांच्या संचयनापासून तयार होणारा संचय.
- **भौगोलिक स्थाननिश्चिती प्रणाली (GPS) :** पृथ्वीवरील कोणत्याही ठिकाणाची स्थाननिश्चिती व त्याच्या उंचीचे अचूकपणे मापन करणारे यंत्र.
- **भौगोलिक माहिती प्रणाली (GIS) :** सांख्यिकीचे व्यवस्थापन व विश्लेषण करणारे प्रगत तंत्र.
- **सुंदर संवेदन :** नैसर्गिक क्रियांची दुरून माहिती प्राप्त करून त्याचे विश्लेषण करणारे तंत्र.
- **प्राकृतिक :** नैसर्गिक.

१.५ स्वयं–अध्ययन प्रश्न व उत्तरे

❐ **अ) रिकाम्या जागी कंसातील योग्य पर्याय निवडून विधाने पुन्हा लिहा.**

१. ग्रीक तत्ववेत्ता इरॅस्टोस्थेनिस यांनी खालीलपैकी कोणता शब्द सर्वप्रथम वापरला.

(अ) Geography (ब) Earth (क) Geo (ड) Geographo.

२. प्राकृतिक भूगोलात खालीलपैकी कोणत्या घटकांचा अभ्यास केला जातो.

(अ) वाहतूक व दळणवळण (क) वसाहती

(ब) सीमा व सीमारेषा (ड) भूरचना.

३. खालीलपैकी कोणत्या घटकांचा अभ्यास करणारे शास्त्र म्हणजे प्राकृतिक भूगोल होय.

(अ) जैविक (ब) अजैविक (क) रासायनिक (ड) भौतिक.

४. खालीलपैकी भूगोलाच्या कोणत्या शाखेत प्राकृतिक पर्यावरणाचा अभ्यास केला जातो.

(अ) मानवी (ब) जैविक (क) प्राकृतिक (ड) मृदा.

५. पृथ्वी कवचाच्या बाह्य भागाला काय म्हणतात.

(अ) वातावरण (ब) जलावरण (क) शिलावरण (ड) जीवावरण.

६. पृथ्वीच्या भूपृष्ठालगत असलेल्या वातावरणाच्या खालच्या थरास काय म्हणतात.

(अ) शिलावरण (ब) जलावरण (क) वातावरण (ड) जीवावरण.

७. खालीलपैकी खगोलशास्त्राची कोणती उपशाखा आहे.

(अ) नकाशाशास्त्र (ब) भूरचनाशास्त्र (क) प्राणीशास्त्र (ड) मृदाशास्त्र.

८. वनस्पती भूगोल व प्राणी भूगोल या प्राकृतिक भूगोलाच्या कोणत्या शाखेच्या उपशाखा आहेत.

(अ) मृदाशास्त्र (ब) जलशास्त्र (क) भूरूपशास्त्र (ड) जीवशास्त्र.

९. प्राकृतिक भूगोलात अनेक घटक समाविष्ट आहेत, त्यामुळे प्राकृतिक भूगोलाचे स्वरूप कसे झाले आहे.

(अ) निरीक्षणात्मक (ब) वर्णनात्मक (क) बहुविषयात्मक (ड) विवेचनात्मक.

१०. शास्त्रीय कारणांच्या अभ्यासामुळे प्राकृतिक भूगोलास कोणते स्वरूप प्राप्त झाले.

(अ) कार्यकारण भावात्मक (क) निरीक्षणात्मक

(ब) सर्वात्मक (ड) वर्णनात्मक.

उत्तरे :–

१. *(अ) Geography*

२. *(ड) भूरचना*

३. *(ड) भौतिक*

४. *(क) प्राकृतिक*

५. *(क) शिलावरण*

६. *(ड) जीवावरण*

७. *(अ) नकाशाशास्त्र*

८. *(ड) जीवशास्त्र.*

९. *(क) बहुविषयात्मक*

१०. *(अ) कार्यकारण भावात्मक.*

❒ **ब) टिपा लिहा.**

१. प्राकृतिक भूगोल : अर्थ व संकल्पना.

२. प्राकृतिक भूगोलाची व्याप्ती.

३. प्राकृतिक भूगोलाचे स्वरूप.

४. प्राकृतिक भगोलाच्या शाखा.

५. प्राकृतिक भूगोलाचे महत्व.

❒ **क) दीर्घोत्तरी प्रश्न.**

१. प्राकृतिक भूगोलाची व्याख्या सांगून व्याप्ती स्पष्ट करा.

२. प्राकृतिक भूगोलाची व्याख्या सांगून स्वरूप स्पष्ट करा.

३. प्राकृतिक भूगोलाच्या शाखांचे वर्णन करा.

४. प्राकृतिक भूगोलाची व्याख्या सांगून महत्त्व स्पष्ट करा.

१.६ क्षेत्रीय कार्य

१. आपल्या परिसरातील प्राकृतिक घटकांचा मानवी आर्थिक क्रियावर होणाऱ्या परिणामांची माहिती मिळवा.

२. आपल्या परिसरात असलेल्या प्राकृतिक घटकांवर मानवाने कसा हस्तक्षेप केला आहे त्याचा अभ्सास करा.

३. आपल्या परिसरातील प्राकृतिक घटकांची छायाचित्रे घेऊन त्याविषयी सविस्तर माहिती मिळवा.

४. बदलत्या प्राकृतिक घटकांचा अभ्यास करण्यासाठी तुम्ही कोणत्या आधुनिक तंत्राचा वापर करता, त्याची यादी करून थोडक्यात माहिती लिहा.

५. प्राकृतिक घटकांच्या संवर्धनासाठी, व्यवस्थापनासाठी उपाय सुचवा.

१.७ संदर्भ ग्रंथ सूची

१. **सवदी, ए. बी.** आणि **कोळेकर, पी. एस.** (२००४) : *''प्राकृतिक भूगोल''*, निराली प्रकाशन, पुणे.

२. **सविंदर सिंग** (१९९८) : *''जिओमॉरफोलॉजी''*, प्रयाग पुस्तक भवन, अलाहाबाद.

३. **खतीब, के. ए.** (२००६) : ''प्राकृतिक भूगोल'', मेहता पब्लिशिंग हाऊस, पुणे.

४. **डॉ. सावंत, प्रकाश** (२००६) : *''प्राकृतिक भूगोल''*, फडके प्रकाशन, कोल्हापूर.

५. Hussain Majid : *"Fundamentals of Physical Georaphy".*

६. **दाते सु. प्र.; दाते संजिवनी :** *''प्राकृतिक भूविज्ञान''.*

❒ ❒ ❒

घटक-२

वातावरण

(Atmosphere)

घटक संरचना

२.० उद्दिष्टे

२.१ प्रस्तावना

२.२ विषय विवेचन

२.२.१ वातावरणाचे घटक

२.२.१.१ वातावरणाची संरचना

२.२.२ सौरशक्ती

२.२.२.१ सौरशक्ती वितरणावर परिणाम करणारे घटक

२.२.३ तापमान

२.२.३.१ हवेच्या तापमानावर परिणाम करणारे घटक

२.२.३.२ तापमानाचे वितरण

२.२.३.३ तापमानाची विपरीतता

२.२.४ हवेचे दाब पट्टे

२.२.४.१ वातावरणीय दाब

२.२.४.२ हवेचा दाब नियंत्रित करणारे घटक

२.२.४.३ पृथ्वीवरील हवेच्या दाबाचे वितरणाचे प्रकार

२.२.४.४ हवेच्या दाबपट्ट्यांची निर्मिती

२.२.४.५ वाऱ्याचे प्रकार

२.३ सारांश

२.४ पारिभाषिक शब्द व शब्दार्थ

२.५ स्वयं-अध्ययन प्रश्न

२.६ स्वयं-अध्ययन प्रश्नांची उत्तरे

२.७ सरावासाठी स्वाध्याय

२.८ क्षेत्रीय कार्य

२.० उद्दिष्ट्ये

प्रस्तुत वातावरण या घटकाचा अभ्यास केल्यानंतर आपणास वातावरणाचे घटक व वातावरणाची संरचना याविषयीचे ज्ञान मिळेल. सौरशक्तीच्या वितरणावर परिणाम करणारे घटक याबद्दल माहिती मिळेल. सौरशक्तीच्या असमान वितरणाचा परिणाम तापमानाच्या वितरणामुळे समजून येईल. पृथ्वीवरील हवेचे दाब पट्टे, त्यांचे वितरण व त्यातून निर्माण होणारे ग्रहीय वारे व त्यांचे प्रकार याविषयी माहिती प्राप्त होईल. वातावरणाच्या प्राकृतिक व मानवी घटकाशी असणारा परस्पर संबंध याबद्दलचे ज्ञान मिळेल.

२.१ प्रस्तावना

भूविज्ञानाची प्राकृतिक भूविज्ञान ही एक महत्त्वपूर्ण शाखा असून ज्यामध्ये शिलावरण, जलावरण, वातावरण व जीवावरण यातील प्राकृतिक घटकांचा अभ्यास केला जातो. मात्र आज केवळ प्राकृतिक घटकांचाच अभ्यास न करता या विषयात तांत्रिकदृष्ट्या प्रगत मानव व प्राकृतिक पर्यावरण यांच्या परस्पर संबंधाचा अभ्यास या शाखेत केला जातो. पृथ्वीच्या सभोवताली जे विविध वायूंचे वेस्टन आहे त्यास वातावरण असे म्हणतात. या वातावरणामुळेच पृथ्वीवर सजीव सृष्टी अस्तित्वात आहे. आपल्या सभोवताली असणारे वातावरण वायु, बाष्प व धूलिकण यांच्या मिश्रणाने बनलेले असून या वातावरणाचा विस्तार तपांबर स्थितांबर, आयनांबर व बाह्यांबर या थरात झालेला आहे. वातावरणाची संरचना अभ्यासताना वातावरणाच्या प्रत्येक थरात असणारे वायू, इतर घटक व त्यांची वैशिष्ट्ये यांचा अभ्यास करणे आवश्यक आहे. वातावरणाचा अभ्यास करताना सौरशक्ती हा घटक संपूर्ण वातावरणाच्या विविध घटकावर नियंत्रण ठेवतो, त्यामुळे तो अभ्यासणे आवश्यक आहे. कारण सौरशक्तीचा परिणाम तापमान व वायुभार या दोन्ही घटकांवर होत असतो व हे दोन्ही घटक वातावरणाचे नियंत्रक असल्याचे मानले जाते. त्यामुळे वातावरण या घटकाचा अभ्यास करताना सौरशक्ती वितरणावर परिणाम करणारे घटक, तापमानाचे वितरण, पृथ्वीवरील हवेचे दाब पट्टे व ग्रहीय वारे या सर्वांचा अभ्यास या प्रकरणात अभ्यासला जाणार आहे.

२.२ विषय विवेचन

२.२.१ वातावरणाचे घटक (Composition of Atmosphere)

पृथ्वीच्या सभोवताली जी पोकळी आहे त्या पोकळीत जी हवा आहे त्या हवेच्या वेस्टनाला वातावरण असे म्हणतात. वातावरण या शब्दाची फोड केल्यास वात म्हणजे हवा व आवरण म्हणजेच

अच्छादन यास वातावरण असे म्हणतात. Atmos या ग्रीक शब्दावरून Atmosphere या शब्दाची उत्पत्ती झालेली असून वातावरणातील विविध वायू पृथ्वीवरील सजीवांना जीवदान देत असतात. याशिवाय वातावरणातील ओझोन वायूंमुळे सूर्याकडून येणारी अतिनील किरणे परत पाठवली जातात त्यामुळे पृथ्वीचे संरक्षण होते. याशिवाय या वातावरणाचे अनेक फायदे आपणास मिळतात. थोडक्यात वातावरण हे वायूचे आवरण असून पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे ते पृथ्वी सभोवताली कायमस्वरूपी असल्याचे आढळते. वातावरणाच्या व्याख्या पुढीलप्रमाणे करता येतील.

''पृथ्वीच्या सभोवताली असलेल्या गंधहीन स्वादहीन गंधहीन आणि रंगहीन वायूच्या आवरणास वातावरण असे म्हणतात.''

''पृथ्वी सभोवताली असणाऱ्या वायूंच्या वेस्टनाला वातावरण असे म्हणतात.''

''पृथ्वी सभोवताली असणाऱ्या वायू, बाष्प व धूलिकण यांच्या मिश्रणास वातावरण असे म्हणतात.''

The atmosphere is a gaseous envelop which surrounds the earth from all sides and is attached to the earth surface by gravitational force.

वातावरणात केवळ वायु नसून या वातावरणात अनेक घटक मिसळलेले असतात. त्यांनाच वातावरणाचे घटक असे म्हणतात. वातावरणातील प्रमुख घटक पुढीलप्रमाणे आहेत.

१. वायू (Gases) :-

वातावरण हे विविध वायूंचे मिश्रण बनलेले असून यातील काही वायू स्थिर प्रमाणात तर काही वायूंचे प्रमाण बदलत्या स्वरूपात असते. वातावरणातील वायूंच्या अभ्यासाची सुरुवात अठराव्या शतकात कार्बनडाय आक्साईडच्या शोधाने झाली. वातावरणातील वायूंचे शेकडा प्रमाण पुढीलप्रमाणे सांगितले जाते.

वायु	वातावरणातील टक्केवारी
नायट्रोजन	७८.१०
ऑक्सीजन	२०.९
कार्बनडाय ऑक्साईड	०.००३
ऑरगॉन	०.९३
निऑन	०.००१८

(i) नायट्रोजन :-

वातावरणात नायट्रोजन या वायूचे प्रमाण सर्वाधिक म्हणजेच ७८.१ टक्के इतके आहे. पृथ्वीवरील सर्व जिवावरणाच्या दृष्टीने नायट्रोजन हा वायू खूप महत्त्वपूर्ण आहे. परंतु नायट्रोजनचा प्रत्यक्ष वापर करता येत नसून वनस्पती मुळाद्वारे तर प्राणी वनस्पती खाऊन नायट्रोजन मिळवतात. वातावरणातील ऑक्सीजन वायूची तीव्रता कमी करण्याचे काम नायट्रोजन करतो. याशिवाय नायट्रोजन या वायूमुळे वनस्पतींच्या पेशी मजबूत होतात.

(ii) ऑक्सीजन :-

वातावरणातील ऑक्सीजन वायूला प्राणवायू असे म्हणतात. कारण सर्व सजीवांना त्यांच्या अस्तित्वासाठी ऑक्सिजनची गरज असते. वातावरणात ऑक्सिजनचे प्रमाण २०.९ टक्के इतके असते. वातावरणाच्या खालच्या थरात ऑक्सिजनचे प्रमाण जास्त असून वातावरणात जसजसे उंच जावे तसतसे ऑक्सिजनचे प्रमाण कमी कमी होत जाते. ऑक्सिजन हा वायू ज्वलनासाठी आवश्यक असतो.

(iii) कार्बनडाय ऑक्साईड :-

कार्बन डाय-ऑक्साइड हा वायू वातावरणातील तिसरा महत्त्वाचा वायू आहे. वातावरणातील या वायूचे प्रमाण ०.००३ टक्के इतके आहे. कार्बन डायऑक्साईडची निर्मिती ज्वालामुखीचे उद्रेक, वनस्पतींचे विघटन, प्राण्यांचे श्वसन याद्वारे होते. वनस्पतीच्या प्रकाश संश्लेषणासाठी कार्बन डाय ऑक्साइड या वायूची आवश्यकता असते. तसेच हरितगृह परिणामांमध्ये कार्बन डाय ऑक्साइड महत्त्वाची भूमिका बजावतो. वाढत्या औद्योगिकीकरणामुळे तसेच स्वयंचलित वाहनांमध्ये झालेली बेसुमार वाढ यामुळे कार्बनडाय ऑक्साईडचे प्रमाण वाढत चाललेले आहे. औद्योगिक क्रांतीच्या सुरुवातीस कार्बन डायऑक्साईडचे प्रमाण २९० पीपीएम इतके होते परंतु सध्या हेच प्रमाण ३५० पीपीएम पेक्षा जास्त आहे.

(iv) इतर वायू :-

वरील प्रमुख वायूशिवाय वातावरणात अत्यंत कमी प्रमाणात आढळणारे हलके वायू असून यात ऑरगॉन, न्यूऑन क्रिप्टॉन व हेलियम हे महत्त्वाचे वायू आहेत. वातावरणात या वायूंचे प्रमाण खूपच कमी आहे. वातावरणातील ओझोन या वायूच्या थरास पृथ्वीचे संरक्षक कवच असे म्हणतात. हा ओझोन वायू जीवसृष्टीला वरदान ठरलेला आहे. पृथ्वी पृष्ठभागापासून १२ ते ३५ किलोमीटर उंचीवरील थरात ओझोन वायूचे प्रमाण सर्वाधिक आहे. म्हणूनच या थरास ओझोन थर असे म्हणतात. ओझोन वायूचा थर सूर्यापासून येणारी अतिनील किरणे किंवा जंबुपार किरणे (Altra Violet Rays) परत पाठवतो. कारण

अतीनील किरणे पृथ्वीवरील सजीव सृष्टीला घातक असतात. ओझोन वायूचा थर या अतिनील किरणाचे शोषण करतो, त्यामुळे वातावरणातील ओझोनच्या थरास पृथ्वीची संरक्षक छत्री असेही म्हटले जाते. परंतु इ.स. १९८७ पासून ओझोनच्या थरास वाढते औद्योगिकीकरण व प्रचंड प्रमाणात होत असलेल्या प्रदूषणामुळे छिद्रे पडत आहेत, त्यामुळे वैश्विक तापमानात वाढ होत असून त्याचा परिणाम संपूर्ण वातावरणाच्या प्रक्रियेवर होत असलेला आढळून येतो. ओझोनच्या अवक्षयामुळेच त्वचेच्या कॅन्सरच्या प्रमाणात वाढ झालेली आहे.

२. बाष्प :-

वातावरणात बाष्प हे वायूरूप स्थितीत आढळत असले तरी सांद्रीभवन व वृष्टीच्या दृष्टीने बाष्पांना एक वेगळेच महत्त्व आहे. बाष्प ही पाण्याची वायुरूप स्थिती असून बाष्पीभवनाच्या क्रियेद्वारे वातावरणात बाष्पाचे प्रमाण वाढत जाते. बाष्पाचे प्रमाण स्थलकालपरत्वे बदलत जाते. वातावरणाच्या उंचीनुसार बाष्पाचे प्रमाण कमी-कमी होत जाते. वातावरणातील एकूण बाष्पाच्या ९० टक्के बाष्प वातावरणाच्या पाच किलोमीटर उंचीपर्यंत आढळते. वातावरणाला बाष्पाचा पुरवठा जलाशयाच्या बाष्पीभवन व वनस्पतींच्या उत्सर्जनाद्वारे होत असतो. यामुळे वातावरणात वृष्टीची पर्जन्य, दव, दहिवर, राईम व गारा ही रुपे आढळतात तर बाष्पामुळे मानवी त्वचा मऊ व मुलायम राहते.

३. धूलिकण :-

वातावरणाच्या खालच्या थरात धूलिकण आढळतात. वातावरणातील वायू व बाष्प सोडून इतर जे घनरूप घटक वातावरणात मिसळलेले आढळतात, त्यांना धूलिकण असे म्हणतात. धूलिकणांचे प्रमाण सर्वत्र सारखे नसते याशिवाय त्यांचा आकारही भिन्न-भिन्न असतो. धूलिकणांची निर्मिती नैसर्गिक व मानवी घटकांद्वारे होते. यात मातीचे कण, धुराचे कण, तंतू, जीवजंतू व पालापाचोळ्याचे कण अशा कणांचा समावेश होतो. वजनाने जड असणारे धूलिकण वातावरणाच्या खालच्या थरात तर हलके धूलिकण वातावरणाच्या वरच्या थरात असतात. धूलिकण सूर्याकडून येणारी सौरशक्ती वातावरणात शोषून घेतात. याशिवाय सौरशक्तीचे विकिरण व परावर्तन धूलिकणाद्वारे होत असते. वातावरणात असणाऱ्या याच धूलिकणांमुळे आपणास सूर्योदय व सूर्यास्त होण्यापूर्वी संधिप्रकाश दिसून येतो. वातावरणातील धुलिकणांभोवती बाष्प आकर्षित होतात व जलबिंदू किंवा जलकण निर्माण होऊन वृष्टीची पर्जन्य, दव, धुके, दहिवर इत्यादी रुपे आढळून येतात.

२.२.१.१ वातावरणाची संरचना (Structure of Atmosphere) :-

पृथ्वीच्या सभोवताली विस्तारलेले वातावरण अनेक थरांनी तयार झालेले आहे. वातावरणाचा

विस्तार अनेक अभ्यासकांनी कालानुरूप भिन्न-भिन्न सांगितलेला आहे. कारण अवकाश व वातावरण यांची सीमारेषा खूपच अस्पष्ट अशी आहे. इ.स. १९५७ मध्ये रॉयल जिओग्राफिकल सोसायटी लंडन यांच्यामते, वातावरणाच्या तीस किलोमीटर उंचीपर्यंतचा सखोल अभ्यास झालेला आहे. अंतराळ यान व आधुनिक उपकरणे यांच्या साहाय्याने वातावरणाची माहिती मिळविणे आज सहज शक्य व सोपे झालेले आहे. वातावरणाचे थर/रचना पुढीलप्रमाणे सांगितली जाते.

१. तपांबर :-

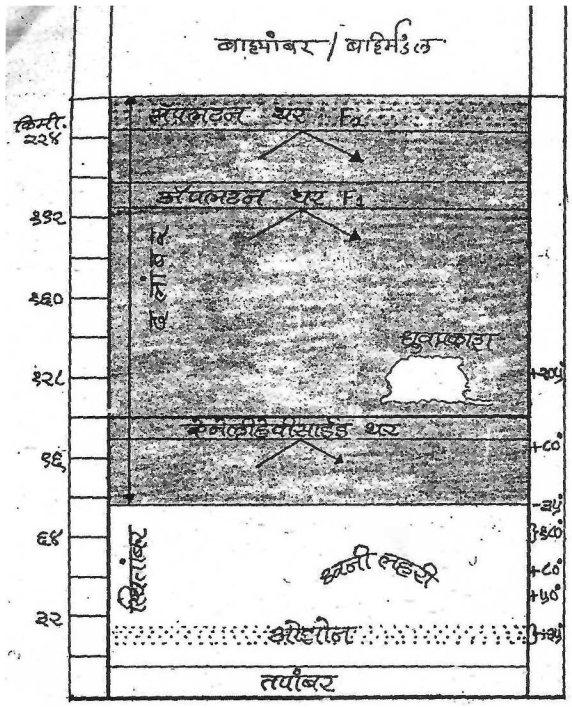
पृथ्वी पृष्ठभागापासून ११ किलोमीटर उंचीपर्यंत वातावरणाच्या सर्वात खालच्या थराला तपांबर असे म्हणतात. तपांबराची उंची अक्षवृत्त नुसार बदलत जाते. विषुववृत्तावर तपांबराची उंची १६ किलोमीटर तर ४५ अंश अक्षवृत्तावर ही उंची ११ किलोमीटर तर ध्रुवावर ती ८ किलोमीटर असते. तपांबराच्या थरात वाढत्या उंचीनुसार तापमान कमी-कमी होत जाते. म्हणजेच तापमानाचा सामान्य ऱ्हास दर आढळून येतो. या थरात १६० मीटर उंचीला तापमान १ अंश सेल्सिअसने कमी होते. याशिवाय वातावरणाच्या या थरात उष्णतेचे संक्रमन वहन, अभिसरण व उत्सर्जन या तिन्ही अवस्थांद्वारे होत असलेले आढळते. तपांबराच्या या थरात ढग, वादळे, पाऊस, विजा चमकणे व मेघगर्जना असे आविष्कार आढळून येतात. तपांबर व स्थितांबर यांना अलग करणाऱ्या तीन किलोमीटर जाडीच्या थरास तपस्तब्धी असे म्हणतात. तपस्तब्धीची सरासरी उंची ११ किलोमीटर इतकी असते. या विभागात हवेचे तापमान उणे ५६ अंश सेंटिग्रेड असून ते सर्वत्र सारखे असते म्हणून या थरास तपस्तब्धी असे म्हणतात.

२. स्थितांबर :-

तपस्तब्धी व स्थितस्तब्धी यांच्या दरम्यान असलेल्या वातावरणाच्या थरास स्थितांबर असे म्हणतात. स्थितांबर या थराचा विस्तार ८० किलोमीटर उंचीपर्यंत आहे. मात्र ऋतुमानानुसार व अक्षवृत्तानुसार स्थितांबर याचा विस्तार बदलत जातो. उन्हाळ्यात स्थितांबर या थराचा विस्तार हिवाळ्यापेक्षा जास्त असतो तर विषुववृत्तावर या थराचा विस्तार सर्वाधिक असून ध्रुवाकडे मात्र तो कमी-कमी होत जातो. वातावरणाच्या या थरात उष्णतेचे संक्रमण होत नाही. याशिवाय हवेची हालचाल आर्द्रता, मेघ व धूलिकण इत्यादींचा अभाव असतो.

स्थितांबरात २५ ते ४० किलोमीटरच्या दरम्यान ओझोन या वायूचे प्रमाण सर्वाधिक असल्यामुळे वातावरणाच्या या थरास ओझोनांबर असेही म्हणतात. ओझोन हा थर सूर्याकडून येणारी अतिनील किंवा जंबुपार (अल्ट्राव्हायलेट) या किरणांचे शोषण करतो. त्यामुळे पृथ्वीवरील सजीव सृष्टीचे संरक्षण होते म्हणून या थरास पृथ्वीचे संरक्षक कवच किंवा संरक्षक छत्री असेही म्हणतात. ओझोनचा थर अतिनील किरणांचे शोषण करीत असल्यामुळे ओझोनचे तापमान वाढते. परंतु अलीकडे ओझोनच्या थराला काही

ठिकाणी छिद्रे पडलेली असल्यामुळे अतिनील किरणे पृथ्वीवर येऊ लागलेली आहेत. त्यामुळे वैश्विक तापमान वाढ, त्वचेचे कॅन्सर यासारख्या समस्यात वाढ होत आहे. स्थितांबराची उंची ५० किलोमीटर असून त्या उंचीवर स्थितस्तब्धी ही स्थितांबराची वरची सीमा आहे.



आकृती क्र. 2.1 : वातावरणाचे विभाग (थर)

३. आयनांबर :-

स्थितस्तब्धीपासून पाचशे किलोमीटर उंचीपर्यंत असणाऱ्या वातावरणाच्या थरास आयनांबर असे म्हणतात. वातावरणाच्या या थरात मुक्त आयन असून ते विद्युतभारित असतात म्हणूनच या थरास आयनांबर असे म्हणतात. सूर्यापासून येणारी अतिनील किरणे व अंतरिक्षातून येणाऱ्या अतिनील किरणांचे विकिरण होऊन वातावरणातील ऑक्सिजन व नायट्रोजन यांच्यामध्ये विद्युतभाराची क्रिया व प्रतिक्रिया होऊन यांची निर्मिती होते. या वातावरणाच्या थरातील आयनाभोवती विद्युत चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते आणि तेथूनच विद्युत चुंबकीय लहरी निर्माण होतात. याच लहरी रेडिओ लहरी परावर्तित करीत असल्यामुळे बिनतारी संदेश पाठविणे शक्य होते. आयनांबर थराची उंची भूपृष्ठापासून ८० ते ५०० किलोमीटर पर्यंत असून या थरात हवा विरळ असून रेडिओ लहरी, रॉकेट उड्डान या प्रयोगात या थराचा शोध लागलेला आहे.

आयनांबराचे उपथर असून ८० ते ९६ किलोमीटर उंची दरम्यान डी थर असून या थरातून

रेडिओच्या दीर्घ लहरी परावर्तित होतात. ९६ ते १४० किलोमीटर उंचीच्या दरम्यान असलेल्या आयनांबराच्या या थरास ई थर किंवा केनिली हेवीसाईड थर असेही म्हणतात. या थरातून रेडिओच्या मध्यम लहरी परावर्तित होतात. त्यानंतर आयनांबराच्या तिसऱ्या उपथरास अपलटन थर किंवा एफ थर असेही म्हणतात. त्याची उंची १४४ ते ३६० किलोमीटरपर्यंत असते. या थरातून रेडिओच्या लघु लहरी परावर्तित होतात.

४. बहिर्मंडल :-

पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून ५०० ते ७५० किलोमीटर व त्यापलीकडील वातावरणाच्या थरास बहिर्मंडल असे म्हणतात. इ.स. १९४९ मध्ये लेमन स्पीटझर यांनी या थरास बहिर्मंडल असे नाव दिलेले आहे. वातावरणाच्या या थरात ऑक्सीजन, हायड्रोजन व हेलियम या वायूंचे सूक्ष्म कण मुक्तपणे वावरताना आढळतात. या थरात अणूंची हालचाल ऊर्ध्वगामी दिशेने होते. वातावरणात २००० किलोमीटर उंचीपर्यंत न्यूट्रल कणांचा प्रभाव असतो. त्यापलीकडे मात्र इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन यांचे अस्तित्व ऋण विद्युत भारित व धन विद्युत भारित असतात, म्हणून या थरास चुंबकीय मंडल असे म्हणतात.

वरील प्रमाणे वातावरणाची संरचना मुख्य चार थरांच्या साह्याने सांगितली जाते. या प्रत्येक थराचा विस्तार, त्यातील घटक व त्यांची वैशिष्ट्ये मात्र भिन्न-भिन्न आढळून येतात.

२.२.२ सौरशक्ती

सूर्यमालेतील सर्व ग्रहांना ऊर्जा केवळ सूर्यापासून मिळते. पृथ्वीच्या सभोवताली असणाऱ्या वातावरणास ९९.९७% उर्जा सूर्यापासून मिळते. पृथ्वी सभोवताली असणाऱ्या वातावरणाला उष्णता देणाऱ्या सौरशक्तीचे स्वरूप, सौरशक्तीच्या वितरणातील भिन्नता, त्यावर परिणाम करणारे घटक, उष्णतेचे संतुलन या सर्व घटकांचा अभ्यास यात करणार आहोत. हवामान शास्त्रातील तापमान हे हवेचे महत्त्वपूर्ण अंग असून तापमानावर हवेचा दाब, वारे, आर्द्रता व पर्जन्य ही हवेची इतर अंगे अवलंबून आहेत. त्यामुळे हवेच्या तापमानाचे वितरण, तापमानाची विपरीतता हेही घटक अभ्यासणार आहोत.

पृथ्वीची उत्पत्ती सूर्यापासून झालेली आहे. सूर्य पृथ्वीपेक्षा १०० पटीने मोठा असून त्याच्या पृष्ठभागाचे तापमान ६००० अंश सेल्सिअस इतके आहे. सूर्याच्या केंद्रभागाचे तापमान पृष्ठभागापेक्षा ८००० पटींनी अधिक आहे. त्यामुळे सूर्य हा उष्णता देणारा मुख्य घटक बनलेला आहे. परंतु सूर्यापासून बाहेर पडलेल्या उष्णतेच्या १/२,०००,०००,००० इतकी अत्यल्प सौरशक्ती पृथ्वीला मिळते.

"The radiant energy from the sun, transmitted in a form analogues to short waves and travelling at the rate of 2,97,600 kms in a second is called solar radiation or insolation." ***- G. T. Trewarta.***

''दर सेकंदाला २,९७,६०० कि.मी. वेगाने प्रवास करणाऱ्या व विद्युत चुंबकीय लघुलहरीद्वारे सूर्याच्या पृष्ठभागावरून अव्याहतपणे उत्सर्जित होणाऱ्या उर्जेला सौरशक्ती असे म्हणतात.''

– सवदी, कोळेकर.

सूर्याच्या पृष्ठभागापासून सातत्याने उत्सर्जित होणाऱ्या उष्णतेला सौरशक्ती असे म्हणतात.

''दर सेकंदाला ३,००,००० कि. मी. किंवा १,८६,००० मैल वेगाने प्रवास करणाऱ्या विद्युत चुंबकीय लघुलहरींच्याद्वारे सूर्याच्या पृष्ठभागापासून उत्सर्जित होणाऱ्या उष्णतेला सौरशक्ती असे म्हणतात.''

– दाते.

सूर्याच्या पृष्ठभागावरून उत्सर्जित होणारी, सौरशक्ती लघुलहरींच्या स्वरूपात बाहेर पडते. पदार्थांच्या अंगचे तापमान जर अत्याधिक असेल तर त्यापासून उत्सर्जित होणाऱ्या उष्णता शक्तीचे प्रमाणही अत्याधिक असते.

सौरशक्ती हा हवामानाचा महत्वाचा घटक असून तापमान, वायुभार, वारे व वृष्टीवर त्याचा परिणाम होतो. सौरशक्तीमुळेच जलचक्र कार्यरत असून सजीवांच्या वाढीसाठी आवश्यक असणारी उष्णता सौरशक्तीद्वारेच प्राप्त होते. सौरशक्ती मानवी कार्यक्षमता, स्वास्थ्य व रोग यांच्यावर परिणाम करते.

❐ सौरस्थिर पद किंवा सौर स्थिरांक :–

सूर्य व पृथ्वी यांच्यामध्ये १५ कोटी कि.मी. अंतर असल्यामुळे पृथ्वीला फारच कमी सौरशक्ती मिळते. पृथ्वीवरील दर चौरस से.मी. क्षेत्रफळाच्या भागास प्रत्येक मिनिटाला सुमारे १.९४ कॅलरी (सरासरी २ कॅलरी) उष्णता मिळते. या उष्णतेलाच 'सौर स्थिरांक' असे म्हणतात. सूर्यापासून मिळणाऱ्या या उष्णतेमध्ये वाढ किंवा घट होत नाही. उष्णतेचे हे प्रमाण सातत्याने टिकून असते. म्हणून त्यास सौरस्थिरपद असेही म्हणतात.

दर मिनिटाला पृथ्वीला मिळणाऱ्या सौरशक्तीचे प्रमाण जरी खूपच कमी असले तरी त्या उष्णतेमुळे पृथ्वीवर आवश्यक ते भौतिक बदल घडून येतात.

❐ पृथ्वीची भूधवलता/अलबेडो :–

सूर्याने उत्सर्जित केलेली आणि पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर पडणारी परंतु पृथ्वीचा पृष्ठभाग न तापवता परावर्तीत होणारी सौरशक्ती यांचे गुणोत्तर म्हणजे पृथ्वीची भूधवलता/अलबेडो होय.

सर्वसाधारणपणे ३५% सौरशक्ती ही परावर्तीत केली जाते. यालाच पृथ्वीची भूधवलता असे म्हणतात.

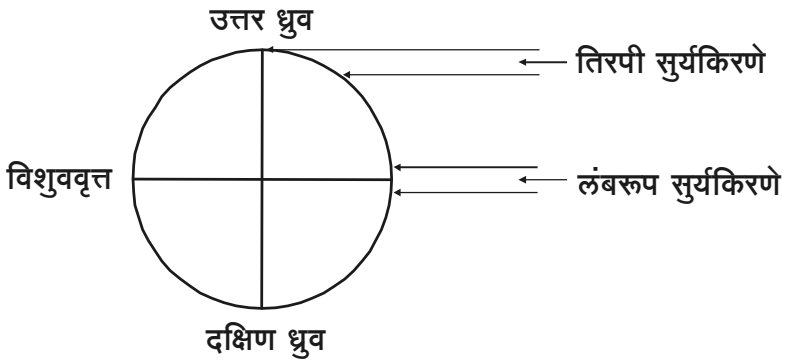
अक्षांशानुसार पृथ्वीच्या भूधवलतेत बदल होत जातो. उष्ण कटिबंधीय प्रदेशात भूधवलता ३०% पर्यंत असते. तर ध्रुवीय प्रदेशात भूधवलतेचे प्रमाण ५०% पर्यंत वाढते.

२.२.२.१ सौरशक्ती वितरणावर परिणाम करणारे घटक (Insolation : Factors affecting on Insolation) :-

सूर्यापासून पृथ्वीला मिळणाऱ्या सौरशक्तीचे वितरण सर्वत्र सारखे नाही. सौरशक्तीच्या वितरणावर विविध घटकांचा परिणाम होतो. यातील काही प्रमुख घटक पुढीलप्रमाणे आहेत.

१. सूर्यकिरणांचा भूपृष्ठाशी होणारा कोन :-

पृथ्वीचा बाह्य आकार वक्र असल्यामुळे व सूर्य स्थिर असल्यामुळे पृथ्वीवर पडणाऱ्या सूर्यकिरणांचा कोन सर्वत्र समान नसतो. पृथ्वीवर ज्याठिकाणी सूर्यकिरणे लंबरूप पडतात तेथे कमी जागा व्यापल्यामुळे सौरशक्ती जास्त मिळते. लंबरूप सूर्यकिरणे वातावरणातून कमी प्रवास करत असल्यामुळे उष्णता वाया जाण्याचे प्रमाण कमी असते. त्यामुळे लंबरूप सूर्यकिरणामुळे सौरशक्ती जास्त मिळते. याउलट तिरपी किरणे भूपृष्ठाचा जास्त भाग व्यापत असल्यामुळे व वातावरणाच्या जास्त भागातून प्रवास करीत असल्याने कमी सौरशक्ती मिळते. तर ध्रुवीय प्रदेशात सूर्यकिरणे तिरपी पडत असल्याने सौरशक्ती मिळण्याचे प्रमाण कमी असते.



आकृती क्र. 2.2 : सूर्यकिरणांचा भूपृष्ठाशी होणारा कोन

२. दिनमान व रात्रीमान कालावधी :-

पृथ्वीच्या परिभ्रमणामुळे पृथ्वीवर सर्वत्र दिवस व रात्र यांचा कालावधी सारखा नसतो. २४ तासाच्या कालावधीत जर दिनमान कालावधी जास्त असेल तेथे सौरशक्ती मिळण्याचे प्रमाण जास्त असते. परंतु दिनमान लहान असेल व रात्रीमान मोठे असेल तर सौरशक्ती कमी मिळते. दिवस व रात्र यांच्या कालावधीत ऋतुनुसार फरक पडतो.

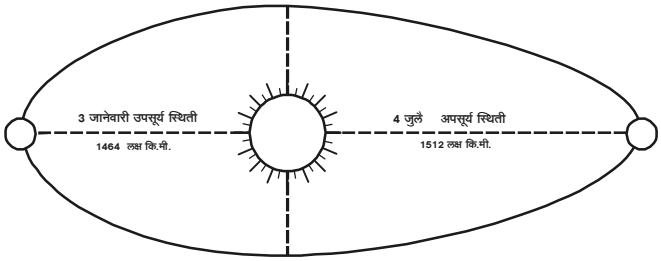
२१ मार्च व २२ सप्टेंबर या दोन्ही दिवशी विषुवदिनामुळे संपूर्ण पृथ्वीवर दिवस व रात्रीचा कालावधी १२-१२ तासांचा असतो. त्यादिवशी सूर्यकिरणे विषुववृत्तावर लंबरूप पडल्यामुळे सौरशक्ती जास्त मिळते. परंतु उत्तर व दक्षिण ध्रुवाकडे सूर्यकिरणे तिरपी पडल्यामुळे सौरशक्ती कमी मिळते.

२१ जूनला सूर्य कर्कवृत्तावर असल्यामुळे कर्कवृत्तावर सूर्यकिरणे लंबरूप पडतात. याच कालावधीत उत्तर गोलार्धात दिवसाचा कालावधी मोठा असल्यामुळे सौरशक्ती जास्त मिळते. याउलट दक्षिण गोलार्धात सूर्यकिरणे तिरपी पडल्यामुळे व दिवसांचा कालावधी लहान असल्याने सौरशक्ती कमी मिळते.

२२ सप्टेंबर नंतर सूर्याचे दक्षिणायन सुरू होऊन २१ डिसेंबरला सूर्य मकरवृत्तावर लंबरूप प्रकाशतो. या कालावधीत दक्षिण गोलार्धात दिनमान मोठे व रात्रीमान लहान असल्याने सौरशक्ती जास्त मिळते. याउलट उत्तर गोलार्धात सूर्य दूर असल्यामुळे व तिरपी सूर्यकिरणे पडत असल्यामुळे कमी सौरशक्ती मिळते.

३. सूर्य व पृथ्वीमधील अंतर :-

पृथ्वी सूर्याभोवती फिरताना लंब वर्तुळाकार मार्गाने भ्रमण करते. या परिभ्रमण काळात कधी सूर्याजवळ तर कधी सूर्यापासून दूर जाते. ४ जुलै रोजी सूर्य व पृथ्वीमधील अंतर १५१२ लक्ष कि.मी. असते. हे अंतर सर्वात जास्त असल्यामुळे यास अपसूर्य स्थिती असे म्हणतात. या स्थितीत पृथ्वीच्या दर चौरस सेंटीमीटर क्षेत्राला १.८८ कॅलरी उष्णता मिळते. म्हणजेच सौरशक्ती मिळण्यात घट होते.



आकृती क्र. 2.3 : पृथ्वीची अपसूर्य व उपसूर्य स्थिती

३ जानेवारी रोजी सूर्य व पृथ्वीमधील अंतर १४६४ लक्ष कि.मी. असते. हे अंतर वर्षातील कमीत कमी असल्यामुळे या दिवशीच्या पृथ्वीच्या स्थितीला 'उपसूर्य स्थिती' असे म्हणतात. उपसूर्य स्थितीत पृथ्वीच्या दर चौरस सेंटीमीटरला २.०१ कॅलरी उष्णता मिळते. ही उष्णता सरासरीपेक्षा थोडीशी जास्त असते.

४. जमीन व पाणी यांचे गुणधर्म :-

उष्णता ग्रहण व उत्सर्जन करण्याचे गुणधर्म जमीन व पाण्याचे भिन्न-भिन्न आहेत. जमीन लवकर

तापते व लवकर थंड होते. कारण जमीन घन, अपारदर्शक व स्थिर असल्यामुळे कमी जाडीचा थर लवकर तापवला जातो. मात्र कमी उष्णता साठवल्यामुळे उष्णतेचे उत्सर्जनही लवकर होऊन लवकर थंड होते. उत्तर गोलार्धात जमिनीचे प्रमाण जास्त असल्यामुळे या भूगोलार्धात कमी सौरशक्ती मिळते.

पाणी उशिरा तापते व उशिरा थंड होते, कारण पाणी चल, अस्थिर, पारदर्शक असल्यामुळे जास्त जाडीचा थर तापविला जातो. त्यामुळे पाणी तापण्यास उशीर लागतो. मात्र पाण्याच्या जास्त जाडीच्या थरात जास्त सौरशक्ती शोषल्यामुळे अधिक उष्णता असते. या उष्णतेच्या उत्सर्जनास जास्त कालावधी लागत असल्यामुळे पाणी सावकाश थंड होते. दक्षिण गोलार्ध महासागरांनी जास्त व्यापल्यामुळे या जलगोलार्धास जास्त सौरशक्ती मिळते.

५. जमिनीचे स्वरूप :-

जमिनीच्या स्वरूपानुसार उष्णता शोषण करण्याचे प्रमाण बदलत असते. पृथ्वीवर जमिनीचे प्रकार भिन्न-भिन्न असल्यामुळे खडकाळ जमिनीच्या प्रदेशात सौरशक्ती जास्त शोषून घेतली जाते. याउलट गाळाची व चिकणमातीची जमीन कमी सौरशक्ती शोषूण घेते.

६. जमिनीचा रंग :-

काळ्या रंगाच्या मृदेवरून सौरशक्ती परावर्तनाचे प्रमाण कमी असल्यामुळे काळ्या रंगाच्या मृदेच्या प्रदेशात सौरशक्तीचे वितरण जास्त होते. मात्र जमिनीचा रंग पांढरा असल्यास सौरशक्तीच्या परावर्तनाचे प्रमाण वाढत असते. त्यामुळे अशा प्रदेशात कमी सौरशक्ती शोषल्यामुळे कमी उष्णता मिळते.

७. वनस्पतीचे आच्छादन :-

जमिनीवरील वनस्पतीच्या आच्छादनाचा परिणाम सौरशक्तीच्या वितरणावर होतो. वनस्पतीचे आच्छादन दाट असल्यास सौरशक्ती भूपृष्ठापर्यंत पोहचू शकत नाही. याशिवाय वनस्पतीमुळे आर्द्रता जास्त असते. त्यामुळे सौरशक्तीचे शोषण होऊन भूपृष्ठाला कमी सौरशक्ती मिळते. म्हणूनच गवताळ कुरणे व घनदाट जंगलाच्या प्रदेशात कमी सौरशक्ती मिळते. याउलट वनस्पती विरहीत ओसाड प्रदेशात सौरशक्तीस अडथळा नसल्यामुळे सौरशक्ती जास्त मिळते. वाळवंटी प्रदेशात वनस्पतींच्या अभावामुळे सौरशक्ती मिळण्याचे प्रमाण जास्त असते.

८. वातावरणाचा परिणाम :-

सौरशक्ती वातावरणातून पृथ्वी पृष्ठभागाकडे येताना पुढील तीन क्रियांचा परिणाम होतो.

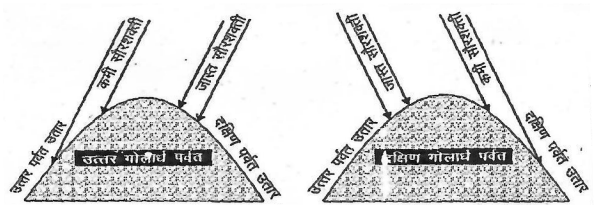
अ) विकिरण : वातावरणातील धुलीकणांचा आकार लहान असेल तर सूर्यकिरणे अडवली जाऊन सौरशक्ती वातावरणात सर्वदूर फेकली जाते. या क्रियेला विकिरण असे म्हणतात. विकिरणाचे प्रमाण जास्त असल्यास त्याठिकाणी कमी सौरशक्ती मिळते.

ब) परावर्तन : वातावरणातील धुलीकणांचा व्यास सौरशक्तीच्या लहरीपेक्षा मोठा असल्यास सूर्यकिरणांचे परावर्तन होऊन सूर्यकिरणे अवकाशाकडे फेकली जातात. ही क्रिया जेथे जास्त प्रमाणात होते त्या ठिकाणी कमी सौरशक्ती मिळते.

क) शोषण : वातावरणातील विविध वायू, धुलीकण व बाष्प यांच्याद्वारे सौरशक्ती भूपृष्ठाकडे येताना शोषून घेतली जाते. त्यामुळे वातावरणात शोषण क्रियेद्वारे बरीचशी सौरशक्ती खर्च होते. शोषण क्रिया ज्याठिकाणी जास्त होते तेथे सौरशक्ती कमी मिळते.

९. पर्वत/डोंगराची दिशा :-

पृथ्वी पृष्ठभागावरील पर्वतांची दिशा वेगवेगळी आहे. हिमालय पर्वत पूर्व-पश्चिम दिशेत पसरलेला असल्यामुळे पर्वत उताराच्या दिशा उत्तर व दक्षिण आहेत. त्यामुळे सूर्यकिरणांच्या दिशेने उतार असल्यास त्या प्रदेशातील सूर्यकिरणे कमी जागा व्यापतात. त्यामुळे सौरशक्ती जास्त मिळते. हिमालय पर्वताच्या दक्षिणेकडील उतारावर याच कारणामुळे सौरशक्ती जास्त मिळते. याउलट उत्तरेकडील हिमालयाच्या उतारावर सूर्यकिरणे तिरपी पडत असल्यामुळे जास्त जागा व्यापतात, परिणामी सौरशक्ती कमी मिळते.



आकृती क्र. 2.4 : सूर्यकिरणांचा भूपृष्ठ उताराच्या दिशेनुसार होणारा कोन

१०. सूर्यावरील डाग :-

सूर्यावरील डागांचे चक्र दर ११ वर्षाचे असते. या चक्रानुसार सूर्यडागांचे प्रमाण जास्त असल्यास आल्ट्राव्हायोलेट किरणे अधिक प्रमाणात सूर्याच्या पृष्ठभागापासून उत्सर्जित होतात. त्यामुळे या कालावधीत सौरशक्ती मिळण्याचे प्रमाण वाढत जाते. मात्र इतरवेळी सूर्यावरील डागांचे प्रमाण कमी असल्यामुळे काही प्रमाणात सौरशक्ती कमी मिळते.

२.२.३ तापमान

हवेच्या विविध अंगापैकी तापमान हा घटकमहत्त्वपूर्ण असून हवेच्या इतर अंगावर (वायूभार, वारे, वृष्टी) परिणाम करीत असल्यामुळे त्याला 'नियंत्रण' घटक असेही म्हणतात. सूर्यकिरणामुळे प्रत्यक्ष हवा तापत नाही. प्रथम सौरशक्ती पृथ्वीपृष्ठभागाला मिळते. त्यानंतर भूपृष्ठापासून उत्सर्जित होणाऱ्या उष्णतेपासून वातावरणातील हवा बदलते. हवेचे भूपृष्ठालगतचे थर अगोदर तापतात नंतर वरचे थर तापतात. वातावरण वहन, उत्सर्जन व अभिसरण या क्रियांद्वारे तापवले जाते.

हवेचे तापमान मोजण्यासाठी साधा तापमापक, कमाल व किमान तापमापक व तापमान लेखक या उपकरणांचा वापर केला जातो. हवेचे तापमान अंश फॅरेनाईट व अंश सेल्सियसमध्ये मोजले जाते.

हवेच्या तापमानावर हवेचा दाब, बाष्पीभवन, आर्द्रता, वारे, ढग, वृष्टी इत्यादी घटक अवलंबून असतात. सर्व सजीवसृष्टीला जगण्यासाठी व विकसित होण्यासाठी तापमानाची आवश्यकता असते. म्हणून हवेच्या तापमानाचा अभ्यास महत्त्वपूर्ण ठरतो.

२.२.३.१ हवेच्या तापमानावर परिणाम करणारे घटक :-

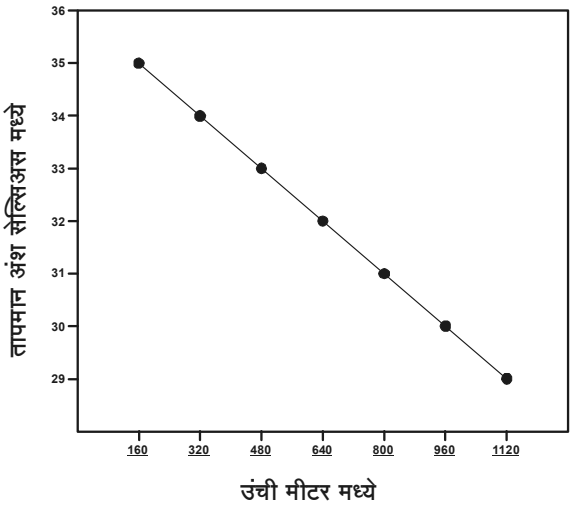
पृथ्वीवर सर्वत्र हवेचे तापमान सारखे आढळत नाही. कारण हवेच्या तापमानावर अनेक घटकांचा परिणाम होतो. हवेच्या तापमानावर परिणाम करणारे घटक पुढीलप्रमाणे आहेत.

१. अक्षांश :-

पृथ्वीवरील अक्षांशानुसार तापमान बदलत जाते. विषुववृत्तापासून उत्तर व दक्षिण ध्रुवाकडे जाताना तापमान कमी-कमी होत जाते. कारण विषुववृत्तीय प्रदेशात संपूर्ण वर्षभर सूर्यकिरणे लंबरूप पडतात व कमी जागा व्यापत असल्यामुळे सौरशक्ती जास्त मिळून हवेचे तापमान वाढते. परंतु विषुववृत्तापासून दोन्ही ध्रुवाकडे सूर्यकिरणे तिरपी होत जातात. तिरपी सूर्यकिरणे जास्त जागा व्यापत असल्यामुळे मिळणाऱ्या सौरशक्तीचे प्रमाण कमी असते. त्यामुळे कमी उष्णता मिळाल्याने हवेचे तापमान कमी असते.

२. समुद्रसपाटीपासून उंची :-

पृथ्वीला मिळणाऱ्या उष्णतेपासून हवा खालून वर तापत जाते. त्यामुळे समुद्रसपाटीलगत तापमान जास्त असते. तर समुद्रसपाटीपासून जसजसे उंच जावे तसतसे तापमान कमी होत जाते. सर्वसाधारणपणे १६० मीटर उंचीला १ अंश से.ग्रे. तापमान कमी होते. त्यामुळे वाई येथे तापमान जास्त आढळते. तर जास्त उंचीवरील महाबळेश्वर व पाचगणी येथे तापमान कमी आढळते. उंचीनुसार हवेचा दाप कमी झाल्यामुळे हवेचे प्रसरण होऊन तापमान कमी आढळते. वातावरणाच्या खालच्या थरात धुलीकण व बाष्प जास्त असल्यामुळे उष्णता जास्त ग्रहण केली जाते. त्यामुळे तापमान जास्त असते. परंतु समुद्रसपाटीपासून जसजसे उंच जावे तसतसे धुलीकण बाष्प व वायूंचे प्रमाण कमी झाल्यामुळे तापमान कमी असते.



आकृती क्र. २.६ : समुद्रसपाटीपासून उंची व तापमान सहसंबंध

३. समुद्रसानिध्य :-

समुद्रसानिध्याचा परिणाम हवेच्या तापमानावर होतो. समुद्रालगत असणाऱ्या हवेचे तापमान कमी असते. तर समुद्रापासून जसजसे दूर जावे तसतसे तापमान वाढत जाते. पाणी उशीरा तापत असल्यामुळे दिवसा तापतान कमी असते. तर पाणी सावकाश थंड होत असल्यामुळे रात्रीचे तापमान फारसे कमी होऊ दिले जात नाही. समुद्रकिनाऱ्याच्या प्रदेशात दिवसाच्या समुद्राकडून जमिनीकडे वाहणाऱ्या खाऱ्या वाऱ्यामुळे व रात्री जमीनीवरून समुद्राकडे वाहणाऱ्या मतलई वाऱ्यामुळे तापमान सम राहते. मात्र समुद्रापासून दूर अंतरावर या सागरी वाऱ्याचा व समुद्रसानिध्याचा प्रभाव पडत नाही. म्हणून समुद्रापासून जसजसे दूर जावे, तसतसे तापमान वाढते. समुद्रसानिध्य लाभलेल्या मुंबईचे तापमान कमी असून खंडान्तर्गत प्रदेशात असणाऱ्या नागपूरचे तापमान मात्र जास्त आहे.

आकृती क्र. २.७

४. प्रचलित वारे :-

एखाद्या देशात विशिष्ठ काळ एकाच प्रकारचे वारे वाहत असतील तर त्यांचा परिणाम हवेच्या तापमानावर होत असतो. असे वारे थंड प्रदेशावरून येत असतील तर तापमान कमी केले जाते. परंतु जर हे वारे उष्ण प्रदेशाकडून येत असतील तर तापमान वाढविले जाते. नैऋत्य मौसमी वारे समुद्रावरून येत असल्यामुळे भारतातील हवेचे तापमान कमी होण्यास मदत होते.

५. समुद्रप्रवाह :-

समुद्रातून उष्ण व थंड सागरी प्रवाह वाहत असतात. समुद्र प्रवाहांचा लगतच्या प्रदेशाच्या तापमानावर परिणाम होतो. उष्ण प्रवाहामुळे तापमान वाढते, तर शीत प्रवाहामुळे तापमान कमी होते. उष्ण प्रवाहावरून वाहणारे वारे उष्ण असतात. त्यामुळे लगतच्या प्रदेशाचे तापमान वाढवितात. अमेरिकेच्या संयुक्त संस्थानच्या पूर्व व आग्नेय किनाऱ्याजवळून गल्फ स्ट्रीम हा उष्ण प्रवाह वाहत असल्यामुळे किनाऱ्याचे तापमान वाढते.

शीत प्रवाहावरून वाहणारे वारे थंड असतात. या प्रवाहावरून जमिनीकडे येणाऱ्या वाऱ्यामुळे तापमान कमी केले जाते. कॅनडाच्या ईशान्य किनाऱ्याजवळून लॅब्राडोर शीत प्रवाह वाहत असल्यामुळे किनारी प्रदेशाचे तापमान कमी झाले आहे.

६. ढगांचे आच्छादन :-

आकाश ढगाने अभ्राच्छादित असल्यास सौरशक्तीच्या परावर्तनाचे प्रमाण वाढते. त्यामुळे भूपृष्ठाला कमी सौरशक्ती मिळते व तापमान कमी असते. याउलट ज्या प्रदेशात आकाश निरभ्र असते. त्या भागात सूर्यकिरणे जमिनीपर्यंत पोहचत असल्यामुळे तापमान जास्त आढळते.

७. पर्जन्य :-

जास्त पर्जन्याच्या प्रदेशातील बरीचशी उष्णता ओलसर जमिनीतील पाण्याचे बाष्पीभवन करण्यात खर्च होते. त्यामुळे हवेचे तापमान कमी असते. याउलट कमी पर्जन्याच्या प्रदेशातील जमीन कोरडी असल्यामुळे तापमान जास्त असते.

८. वनस्पतींचे आच्छादन :-

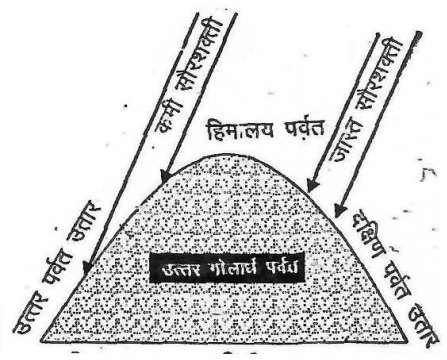
घनदाट जंगलाच्या प्रदेशात सूर्यकिरणे जमिनीपर्यंत पोहचण्यास अडथळा होतो. त्यामुळे जमिन फारशी तापत नाही. तसेच वनस्पतींद्वारे होणाऱ्या बाष्प उत्सर्जनामुळे हवेची आर्द्रता जास्त असते. हवेतील हे बाष्प उष्णतेचे शोषण करीत असल्यामुळे हवेचे तापमान फारसे वाढत नाही. याउलट नैसर्गिक वनस्पतींचे आच्छादन नसलेल्या वाळवंटी प्रदेशात तापमान जास्त असते.

९. मृदा प्रकार व रंग :-

वाळुमिश्रीत खडकाळ जमीन सौरशक्ती जास्त शोषून घेत असल्यामुळे अशा प्रदेशात हवेचे तापमान जास्त असते. याउलट गाळाची व चिकणमातीची मृदा कमी सौरशक्ती शोषून घेते, त्यामुळे त्याठिकाणचे तापमान कमी असते.

१०. जमिनीचा उतार :-

जमिनीचा दक्षिणेकडील उतार व उत्तरेकडील उतार येथील तापमानात भिन्नता आढळते. सूर्यकिरणांच्या दिशेने भूपृष्ठाचा उतार असल्यास ती लंबरूप पडल्यामुळे कमी जागा व्यापतात, त्यामुळे जास्त उष्णता मिळाल्यामुळे तापमान कमी असते. मात्र सूर्यकिरणांच्या विरुध्द दिशेने उतार असल्यास सूर्यकिरणे जास्त जागा व्यापतात, त्यामुळे कमी उष्णता मिळते. साहजिकच अशा प्रदेशांचे तापमान कमी असते.



आकृती क्र.२.८ : जमिनीचा उतार व तापमान

२.२.३.१ तापमानाचे वितरण (Distribution of Temperature)

पृथ्वीपृष्ठभागावर तसेच वातावरणात हवेच्या तापमानाचे वितरण समान आढळत नाही, कारण हवेच्या तापमानावर परिणाम करणारे घटक असमानरित्या वितरीत झाल्यामुळे तापमानाचे वितरणही कमी-जास्त प्रमाणात झालेले आहे. तापमानाचे भौगोलिक वितरण पुढीलप्रमाणे दोन प्रकारे सांगितले जाते.

अ) तापमानाचे आडव्या दिशेतील वितरण किंवा क्षितीज समांतर वितरण (Horizontal Distribution of Temprature)

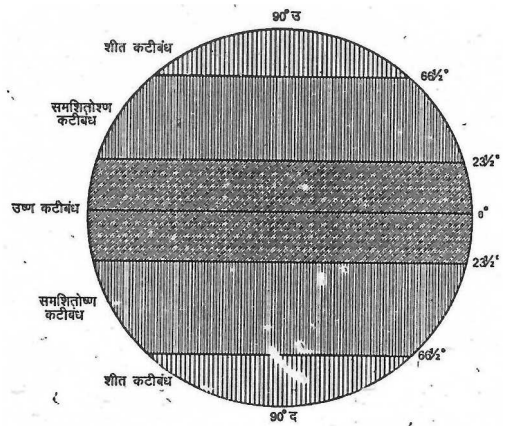
विषुववृत्तापासून उत्तर व दक्षिण ध्रुवापर्यंतच्या अक्षवृत्तानुसार तापमानात बदल होत जातो. अक्षांशानुसार तापमान वितरणाचे तीन विभाग पाडले जातात.

१. उष्ण कटिबंध :-

विषुववृत्तापासून कर्कवृत्तापर्यंत व दक्षिणेस मकरवृत्तापर्यंत पृथ्वीचा जो प्रदेश येतो, त्याला उष्ण कटिबंध असे म्हणतात. या प्रदेशात वर्षभर सूर्यकिरणे कोणत्या ना कोणत्या तरी ठिकाणी लंबरूप पडतात, त्यामुळे सौरशक्ती जास्त मिळून तापमान जास्त असते.

२. समशितोष्ण कटिबंध :-

दोन्ही गोलार्धात २३$\frac{१}{२}$° ते ६६$\frac{१}{२}$° या अक्षवृत्तादरम्यान असणाऱ्या प्रदेशास 'समशितोष्ण कटिबंध' असे म्हणतात. या प्रदेशात उन्हाळ्यात तापमान उष्ण तर हिवाळ्यात शीत असते. या विभागात सूर्यकिरणे साधारणत: तिरपी पडत असल्यामुळे तापमान मध्यम असते.



आकृती क्र.२.९ : तापमानाचे अक्षांशानुसार विभाग

३. शीत कटिबंध :-

उत्तर व दक्षिण गोलार्धातील ६६$\frac{१}{२}$° उत्तर (आर्क्टिकवृत्त) आणि ६६$\frac{१}{२}$° (अंटार्क्टिकवृत्त) ते ९०° उत्तर व दक्षिण ध्रुवाच्या दरम्यान असणाऱ्या प्रदेशाला शीत कटिबंध असे म्हणतात. या भागात वर्षभर सूर्यकिरणे खूपच तिरपी पडतात. त्यामुळे सौरशक्ती कमी मिळून तापमान अतिशय कमी असते.

पृथ्वीवरील तापमानाचे क्षितीज समांतर वितरण दर्शविण्यासाठी समताप रेषा काढल्या जातात. नकाशावर समान तापमानाची स्थळे जोडणाऱ्या रेषांना 'समताप रेषा' असे म्हणतात. नकाशावर समतापरेषा काढताना प्रत्येक स्थळाचे समुद्रसपाटीचे तापमान काढतात. उदा. समुद्रसपाटीपासून ८०० मीटर उंचीवर असणाऱ्या 'अ' या शहराचे तापमान २०° सें.ग्रे.आहे. १६० मीटर उंचीला १° सें.ग्रे. तापमानाच्या सामान्य ऱ्हास दराप्रमाणे २०° + ५° = २५° सें.ग्रे. तापमान होईल. त्यामुळे समातप रेषा त्या स्थळांचे वास्तव तापमान दर्शवित नाहीत. जानेवारी व जुलै हे दोन्ही महिने अनुक्रमे हिवाळा व उन्हाळा या ऋतुचे प्रतिनिधीत्व करतात. या दोन्ही महिन्यातील समताप रेषांचे पृथ्वीच्या नकाशावरील निरीक्षण केल्यानंतर पुढील वैशिष्ट्ये आढळतात.

१. समतापरेषा या सर्वसाधारणपणे नकाशावर पूर्व-पश्चिम गेलेल्या असून त्या अक्षवृत्तांना जवळजवळ समांतर असतात. यावरून अक्षवृत्तांचा परिणाम पृथ्वीवरील तापमानाच्या वितरणावर होत असल्याचे सिध्द होते.

२. समुद्र व भूभागाच्या सीमेवर या रेषा वाकलेल्या असतात. समुद्रावर या रेषा एकमेकांना समांतर असतात. मात्र भूभागावर या रेषा नागमोडी आकाराच्या आढळतात.

३. समुद्र किनाऱ्याजवळून उष्ण प्रवाह वाहत असल्यास या रेषा उत्तर ध्रुवाकडे तर शीत प्रवाह वाहत असल्यास विषुववृत्ताकडे झुकलेल्या असतात.

४. दोन समताप रेषांमधील अंतर कमी असल्यास त्याठिकाणी तापमानात शीघ्र बदल असतो. याउलट त्यांच्यात अंतर जास्त असल्यास तापमानात मंद बदल असतो.

५. समताप रेषांच्या साहाय्याने संपूर्ण जगभराच्या तापमानाचे वितरण स्पष्ट करता येते.

❒ तापमानाचे उभे वितरण (Vertical Distribution of Temperature)

सौरशक्ती पृथ्वीपृष्ठभागाला मिळाल्यानंतर पृथ्वीपृष्ठभागापासून उष्णतेचे उत्सर्जन सुरू होते. त्यामुळे सर्वप्रथम पृथ्वीपृष्ठभागालगतच्या वातावरणाच्या थराचे तापमान वाढू लागते. त्यानंतर वातावरणाचे वरचे थर वहन, उत्सर्जन व अभिसरण क्रियेद्वारे तापविले जातात.

वातावरणीय तापमानाच्या विविध निरीक्षणावरून असे आढळते की, समुद्रसपाटीपासून जसजसे उंच जावे तसतसे तापमान कमी-कमी होत जाते. १६० मीटर उंचीला १° सें.ग्रे. तापमान कमी होत जाते. उंचीनुसार तापमान कमी होण्याच्या या दराला तापमानाचा सामान्य ऱ्हास दर असे म्हणतात. ऋतुमानानुसार तापमान कमी होण्याचा दर थोडाफार बदलतो. उन्हाळ्यात १६० मीटर उंचीला १.१° सें.ग्रे. तापमान कमी होते, तर हिवाळ्यात ०.८° सें.ग्रे. तापमान कमी होते. उंचीनुसार तापमान कमी होण्याची कारणे पुढीलप्रमाणे आहेत.

वातावरण प्रत्यक्ष सूर्यकिरणांपासून तापत नाही. सौरशक्तीद्वारे प्रथम पृथ्वी पृष्ठभाग तापविला जातो. नंतर उष्णता उत्सर्जनाने वातावरणाचे खालचे थर तापवले जातात. नंतर त्याच्यावरचे थर तापवले जातात. त्यामुळे कमी उंचीवर जास्त तापमान आणि जास्त उंचीवर कमी तापमान असते.

वातावरणाच्या खालच्या थरात बाष्प, वायु व धुलीकणांचे प्रमाण जास्त असल्यामुळे भूपृष्ठापासून उत्सर्जित होणारी उष्णता या घटकापासून शोषली जाते. त्यामुळे तापमान जास्त असते. वातावरणाच्या वरच्या थरात बाष्प, वायु, धुलीकण कमी असल्यामुळे तापमान कमी असते.

समुद्रसपाटीलगत हवेचा दाब जास्त असतो. त्यामुळे हवेचे थर दाट असतात. त्यामुळे हवेचे तापमान जास्त असते. परंतु उंचीनुसार हवेचे थर विरळ होत जातात, त्यामुळे तापमान कमी असते.

२.२.३.३ तापमानाची विपरीतता

समुद्रसपाटीपासून उंचीनुसार तापमान कमी-कमी होत जाते. यालाच तापमानाचा सामान्य ऱ्हास दर असे म्हणतात. परंतु विशिष्ट परिस्थितीत उंचीनुसार तापमान कमी होण्याच्या ऐवजी तापमान वाढत जाते. यालाच तापमानाची विपरीतता असे म्हणतात. म्हणजेच उंचीनुसार तापमान कमी होण्याऐवजी वाढलेले आढळते.

❒ तापमानाची विपरीतता होण्यासाठी अनुकूल परिस्थिती :-

तापमानाची विपरीतता सर्व ठिकाणी आढळत नाही, परंतु पुढील प्रकारची परिस्थिती असल्यास तापमानाची विपरीतता घडून येते.

१. **पर्वतीय प्रदेश :** पर्वतीय प्रदेशातील दरीच्या ठिकाणी रात्रीच्या वेळी पर्वताचे माथे व दऱ्याचे काठ लवकर थंड होतात. परंतु दरीतील हवा उष्ण असते. परंतु नंतर काठावरील थंड हवा जड असल्यामुळे उतारावरून घसरत-घसरत दरीच्या तळाकडे येते. याचवेळी दरीच्या खालच्या थरात हवा थंड असून दरीमध्ये उंचीनुसार तापमान वाढताना आढळते.

२. **हिवाळा ऋतु :** हिवाळ्यात दिवसाचा कालावधी लहान असतो व रात्र मोठी असते. हिवाळ्यात रात्रीमानाचा कालावधी मोठा असल्यामुळे भूपृष्ठापासून उष्णतेच्या उत्सर्जनासाठी दीर्घ कालावधी मिळतो. त्यामुळे जमीन थंड होऊन त्यालगतचे हवेचे थर थंड होतात. परंतु त्याच्या वरच्या थरात अजून भूपृष्ठाकडून उत्सर्जित झालेली उष्णता तशीच टिकून राहिलेली असते. अशा ठिकाणी तापमानाची विपरीतता आढळते.

३. **निरभ्र आकाश :** आकाश निरभ्र असल्यास भूपृष्ठाकडून उष्णता उत्सर्जन मोठ्या प्रमाणात होते, त्यामुळे भूपृषठ थंड होऊन वातावरणाचे खालचे थर थंड होतात, परंतु त्यावरील वातावरणाच्या थरांचे तापमान जास्त असल्यामुळे तापमानाची विपरीतता घडून येते.

४. **स्थिर हवा :** हवा स्थिर असल्यास वातावरणात उष्णतेचे वहन वेगाने होते. त्यामुळे तापमानाची विपरीतता घडून येऊ शकते. याउलट हवा अस्थिर असल्यास भिन्न तापमानाची हवा एकत्र मिसळून तापमान सर्वत्र सारखे राखले जाते.

५. **बर्फाच्छादित प्रदेश :** बर्फाच्या सान्निध्यामुळे भूपृष्ठालगतची हवा अतिशय थंड होते, परंतु उंचीवरील हवेचे थर उत्सर्जनाने उबदार राहून तापमानाची विपरीतता आढळते.

तापमानाच्या विपरीततेमुळे धुके पडते. धुके पिके व वनस्पतीस मारक असते. तापमानाच्या विपरीततेमुळे हवेचे प्रदूषण होते.

❐ तापमानाच्या विपरीततेचे प्रकार :-

अ) भूपृष्ठीय विपरीतता : हिवाळा ऋतु, स्वच्छ हवा, निरभ्र आकाश व बर्फाचे आच्छादन असल्यास त्याला लागून असलेल्या वातावरणाच्या थराचे तापमान खूपच कमी होते. परंतु हवेच्या वरच्या थराचे तापमान जास्त असल्यामुळे तापमानाची विपरीतता घडून येते. त्यास भूपृष्ठीय वितरीतता असे म्हणतात.

ब) उच्च वातावरणीय विपरीतता : अतिउंचीवरील वातावरणात वायूची अस्थिरता निर्माण होते. वायुराशींची अधोगामी व उर्ध्वगामी हालचाल होऊ लागते. या हालचालीमुळे थंड हवा खालच्या बाजूस तर उष्ण हवा हलकी असल्यामुळे वरच्या बाजूस आलेली असते. यालाच उच्च वातावरणीय विपरीतता असे म्हणतात.

क) संपर्कीय विपरीतता : काही ठिकाणी उष्ण व थंड वायू राशी एकत्र आल्यामुळे या वायुराशींच्या सीमेवर थंड वायुराशी खाली येतात. तर उष्ण वायुराशी हलक्या असल्यामुळे वर जाते.

त्यामुळे कमी उंचीवर तापमान कमी असते, तर जास्त उंचीवर तापमान जास्त असते. यालाच संपर्कीय विपरीतता असे म्हणतात.

२.२.४ हवेचे दाब पट्टे

२.२.४.१ वातावरणीय दाब (Atmospheric Pressure)

हवामानशास्त्राचा अभ्यास करताना हवेच्या दाबाची माहिती असणे आवश्यक असते. हवेच्या दाबावरच वारे अवलंबून असतात. या वाऱ्याचा परिणाम तापमान व वृष्टीवर होतो. त्यामुळे हवामान नियंत्रण करणारा घटक म्हणून हवेच्या दाबाकडे पाहिले जाते. हवेला वजन असते हे सर्वप्रथम इ.स. १६५१ मध्ये ऑटो फॉन गेरीक या जर्मन शास्त्रज्ञाने सिध्द केले.

हवेच्या वजनामुळे निर्माण होणाऱ्या दाबास 'वायुभार' असे म्हणतात. हवेचा दाब इंच, पौंड, किलोग्रॅम, से.मी. व मिलीबार इत्यादी एककात मोजतात. वायुभार मोजण्यासाठी निर्द्रव वायुभारमापक, फॉर्टिन वायुभारमापक आणि वायुभारलेखक या उपकरणांचा वापर केला जातो.

२.२.४.२ हवेचा दाब नियंत्रित करणारे घटक

पृथ्वी पृष्ठभागावर हवेचा दाब सर्वत्र सारखा नाही. माणसाच्या डोक्यावर सर्वसाधारणपणे १२५ कि.ग्रॅ. हवेचा दाब असतो. सर्वसाधारणपणे ४५° अक्षवृत्तावर समुद्रसपाटीला हवेचा दाब २९.९२ इंच किंवा ७६० मिलीमीटर अथवा १०१३.२ मिलीबार असतो. हवेचा दाब स्थल व कालसापेक्ष बदलतो. कारण हवेच्या दाबावर पुढील घटकांचा परिणाम होतो.

१. **तापमान :** पदार्थाचे तापमान वाढल्यास त्याचे प्रसरण होते. या नियमानुसार हवेचे तापमान वाढल्यास ती प्रसरण पावते. त्यामुळे हवा विरळ होऊन हवेचा दाब कमी होतो. हवा प्रसरण पावल्यामुळे त्याच्या जवळची हवा दाबली जाऊन अकुंचन पावते. त्यामुळे कमी दाबाच्या प्रदेशाजवळ जास्त दाबाचे प्रदेश निर्माण होतात. यालाच 'तापीय नियंत्रण' असे म्हणतात. याउलट हवेचे तापमान कमी होत गेल्यास ती हवा अकुंचित पावते व हवा दाट होऊन हवेचा दाब वाढतो.

२. **समुद्रसपाटीपासून उंची :** भूपृष्ठापासून जसजसे उंच जावे तसतसे हवेची घनता कमी होत जाते. कारण भूपृष्ठालगतच्या हवेच्या थरावर वातावरणाच्या वरच्या थराचा दाब पडतो. याशिवाय भूपृष्ठालगतच्या थरातील हवेत वायू, बाष्प व धुलीकण यांचे प्रमाण जास्त असल्यामुळे हवेची घनता वाढते. त्यामुळे समुद्रसपाटीवर हवेचा दाब जास्त असतो. तर

उंचीनुसार हवेचा दाब कमी होत जातो. समुद्रसपाटीवर हवेचा दाब २९.९२ इंच किंवा १०१३.२ मिलीबार असतो. समुद्रसपाटीपासून ५४९० मीटर उंचीपर्यंत १०८ मीटर उंचीला हवेचा दाब १ सें.मी. किंवा १३.६ मिलीबार याप्रमाणे कमी होतो.

३. **हवेतील बाष्पाचे प्रमाण :** कोरड्या हवेचे वजन बाष्पयुक्त हवेपेक्षा जास्त असते. त्यामुळे कोरड्या हवेचा दाब बाष्पयुक्त हवेपेक्षा जास्त असतो. त्यामुळे हवेत बाष्पाचे प्रमाण वाढत गेल्यास हवेचा दाब कमी होत जातो.

४. **पृथ्वीचे परिवलन व गुरुत्वाकर्षण शक्ती :** पृथ्वीचे परिवलन व गुरुत्वाकर्षण शक्तीमुळे हवेचा दाब उंचीनुसार कमी होत जातो. समुद्रसपाटीचा प्रदेश पृथ्वीच्या केंद्राजवळ असल्याने त्या ठिकाणच्या हवेवर गुरुत्वाकर्षण शक्तीचा प्रभाव जास्त असतो व त्यामुळे दाब वाढतो. समुद्रसपाटीपासून उंच ठिकाणी अंतर वाढल्यामुळे गुरुत्वाकर्षण शक्तीचा प्रभाव कमी होतो. म्हणूनच माऊंट एव्हरेस्टसारख्या उंच पर्वतशिखरावर हवेचा दाब कमी असतो. पृथ्वीच्या परिवलनामुळे केंद्रोत्सारी प्रेरणा निर्माण होऊन हवेत संघर्ष निर्माण होतो व त्यामुळे हवेचा दाब कमी होतो.

२.२.४.३ पृथ्वीवरील हवेच्या दाबाचे वितरणाचे प्रकार (Atmospheric Pressure Belts)

हवेच्या दाबाचे वितरण दोन प्रकारे सांगितले जाते.

अ) हवेच्या दाबाचे उर्ध्वगामी वितरण :-

तापमानातील बदलानुसार हवेचे अकुंचन व प्रसरण होते. समुद्रसपाटीवर हवेचा दाब २९.९२ इंच किंवा १०१३.२ मिलीबार असतो. समुद्रसपाटीपासून जसजसे उंच जावे तसतसा हवेचा दाब कमी-कमी होत जातो. यालाच हवेच्या दाबाचे उर्ध्वगामी/उभे वितरण असे म्हणतात. समुद्रसपाटीपासून ५४९० मीटरपर्यंत हवेचा दाब कमी होण्याचा दर सारखाच असतो. दर १०८ मीटर उंचीला हवेचा दाब १ सें.मी. किंवा १३.६ मिलीबार याप्रमाणे कमी-कमी होत जातो. उंचीनुसार हवा विरळ होत असल्याने तसेच वातावरणाचे वरच्या थरावर कमी थर असल्यामुळे हवेचा दाब उंचीनुसार कमी होतो.

ब) हवेच्या दाबाचे क्षितीज समांतर वितरण :-

पृथ्वीवर हवेचे तापमान, आर्द्रता, समुद्रसपाटीपासून उंची या घटकामुळे हवेचा दाब प्रदेशानुसार बदलत जातो. हवेच्या दाबाचे क्षितीज समांतर वितरण दर्शविण्यासाठी नकाशावर समभार रेषा काढल्या जातात.

भूपृष्ठावरील विविध ठिकाणांचा हवेचा दाब वायुभार मापकाच्या सहाय्याने मोजला जातो. त्यानंतर ही आकडेवारी नकाशात नोंद केली जाते. हवेचा समान दाब असणारी ठिकाणी एका रेषेने जोडली जातात. त्यास समभार रेषा असे म्हणतात.

समभार रेषा नकाशात जवळजवळ असल्या म्हणजे त्याठिकाणी वायुभारातील बदल शीघ्र असतात. ज्यावेळी या दोन जवळजवळच्या समभार रेषा एकमेकांपासून दूर गेलेल्या असतात, त्यावेळी वायुभारातील बदल मंद असतात.

हवेच्या दाबातील बदल समभार रेषेला काटकोन करून जास्त दाबाच्या प्रदेशाकडून कमी दाबाच्या प्रदेशाकडे दर्शविलेल्या असतात, यालाच 'वायुभाराचा उतार' असे म्हणतात.

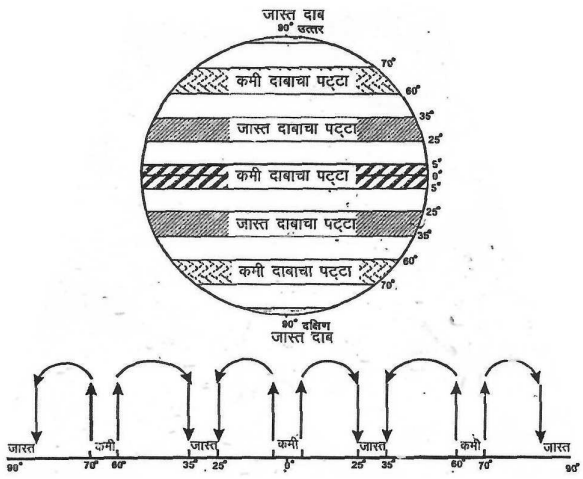
२.२.४.४ हवेच्या दाबपट्ट्यांची निर्मिती

पृथ्वीवरील तापमानावर अक्षवृत्तांचा परिणाम झालेला आहे. हवेच्या दाबाचे वितरण पुढील दोन प्रकारे झालेले आढळते.

१) हवेच्या जास्त दाबाचा पट्टा.

२) हवेच्या कमी दाबाचा पट्टा.

पृथ्वीवर कमी व जास्त दाबाचे प्रदेश निर्माण झालेले आहेत. त्यांनाच वायूभार पट्टे असे म्हणतात. भूपृष्ठावर सर्वत्र एकसारखा हवेचा दाब नाही. पृथ्वीपृष्ठभागावरील तापमानात असलेला फरक व पृथ्वीचे परिवलन या दोन कारणांमुळे पृथ्वीवर कमी व जास्त वायूभाराचे विशिष्ट पट्टे आढळतात. भूपृष्ठावर हवेच्या दाबाचे एकूण ७ दाबपट्टे आढळतात. यापैकी ४ पट्टे जास्त दाबाचे आणि ३ पट्टे कमी दाबाचे आढळतात. पृथ्वीवरील हवेचे दाब पट्टे व त्यांची निर्मिती पुढीलप्रमाणे आहे.



आकृती क्र.२.१० : हवेच्या दाबपट्ट्यांची निर्मिती

१. विषुववृत्तीय कमी दाबाचा पट्टा (५° उ. ते ५° द.)

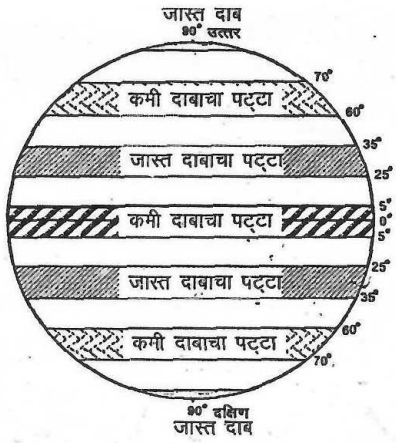
२१ मार्च व २२ सप्टेंबर या दोन्ही दिवशी सूर्यकिरणे विषुववृत्तीय भागात लंबरूप पडतात. २१ जून व २१ डिसेंबर रोजी सूर्यकिरणे अनुक्रमे कर्कवृत्त व मकरवृत्तावर लंबरुप पडतात. परंतु या दोन्ही दिवशी विषुववृत्तावर सूर्यकिरणांचा भूपृष्ठाशी होणारा कोन ६६½° पेक्षा कमी नसतो. म्हणजेच वर्षभर विषुववृत्तावर सूर्यकिरणे लंबरुप पडतात. लंबरुप सूर्यकिरणांमुळे जास्त उष्णता मिळते. त्यामुळे विषुववृत्तीय प्रदेशात वर्षभर अत्याधिक तापमान असते. त्यामुळे भूपृष्ठाच्या संपर्कात असलेली हवा एकसारखी तापते. तापलेली हवा प्रसरण पावल्यामुळे हलकी होऊन वर जाते. त्यामुळे विषुववृत्तीय ५° उत्तर ते ५° दक्षिण प्रदेशात विरळ व हलक्या हवेचे प्रवाह सतत वर जात असल्यामुळे कमी भाराचा पट्टा निर्माण झालेला आहे.

२. कर्क व मकरवृत्तीय जास्त दाबाचे पट्टे (२५° ते ३५° उ.व द.)

उत्तर व दक्षिण गोलार्धात कर्कवृत्त व मकरवृत्ताजवळ २५° ते ३५° उत्तर व दक्षिण अक्षवृत्ताच्या दरम्यान जास्त दाबाचे पट्टे निर्माण होतात. या दाबपट्ट्यांची निर्मिती पुढीलप्रमाणे होते.

विषुववृत्तीय प्रदेशातून वर जाणारी उष्ण व हलकी हवा विशिष्ट उंचीवर गेल्यानंतर उत्तर व दक्षिण ध्रुवाकडे वाहू लागते. ही हवा ३०° उच्च अक्षवृत्तावर थंड होऊन जड झाल्यामुळे ३०° अक्षवृत्ताच्या दरम्यान खाली उतरु लागते. या थंड व जड हवेच्या अधोगामी प्रवाहामुळे खालील हवा दाबली जावून जास्त दाबाचा पट्टा निर्माण होतो.

पृथ्वीच्या परिवलन गतीमुळे उत्तर व दक्षिण ध्रुवाजवळील हवा दूर जाण्याचा प्रयत्न करते. परंतु पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षण शक्तीमुळे दूर लोटलेली हवा पुन्हा पृथ्वीकडे आकर्षित होऊन २५° ते ३५° उत्तर व दक्षिण अक्षवृत्ताच्या दरम्यान वरून खाली येते. त्यामुळे जास्त दाबाचे पट्टे पृथ्वीवर २५° ते ३५° उत्तर व दक्षिण अक्षवृत्ताच्या दरम्यान आढळतात. यालाच 'उपोषण कटिबंधीय जास्त दाबाचे पट्टे' असे म्हणतात.



आकृती क्र. २.११

३. ध्रुववृत्तावरील कमी दाबाचे पट्टे (६०° ते ७०° उ. व द.)

दोन्ही गोलार्धातातील ६०° ते ७०° अक्षवृत्ताच्या दरम्यान कमी दाबाचा पट्टा निर्माण होतो. या पट्ट्याच्या प्रदेशात तापमान कमी असूनही हवेचा दाब कमी आहे.

कर्क व मकरवृत्तीय प्रदेशात हवेचा दाब जास्त आहे. तसेच ध्रुवीय प्रदेशातही हवेचा दाब जास्त आहे. त्यामुळे या दोन जास्त दाबाच्या प्रदेशादरम्यान कमी दाबाचा पट्टा निर्माण होणे स्वाभाविक आहे.

पृथ्वीच्या स्वांग परिभ्रमण गतीमुळे ६०° ते ७०° अक्षवृत्ताच्या दरम्यानची हवा बाहेर फेकली जाते. यामुळे हवा विरळ होऊन कमी दाबाचा पट्टा निर्माण होतो.

पृथ्वीच्या या प्रदेशात अनेक उष्ण सागरी प्रवाह असल्यामुळे अनेक कमी दाबाची केंद्रे सागरी प्रदेशात निर्माण झालेली आहेत. या कमी दाबाच्या पट्ट्याला 'उपध्रुवीय कमी दाबाचे पट्टे' असेही म्हणतात.

४. ध्रुवीय जास्त दाबाचा पट्टा (९०° उ. व द.)

ध्रुवीय प्रदेशात पृथ्वीच्या स्वांग परिभ्रमणाचा वेग शून्य असल्यामुळे हवा स्थिर असते. हवेची कोणत्याही दिशेने हालचाल होत नाही. याशिवाय अतिथंड हवामानामुळे तेथे हवेचा जास्त दाबाचा पट्टा निर्माण होतो.

वरील विविध कारणामुळे पृथ्वीवर हवेच्या कमी व जास्त दाबाच्या पट्ट्यांची निर्मिती झालेली आहे.

२.२.४.५ वाऱ्याचे प्रकार

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर सर्वत्र सारखे तापमान नसते, त्यामुळे तापमानाचा व वायुभाराचा परस्पर संबंध आहे. सर्वसाधारणपणे ज्या ठिकाणी तापमान जास्त असते तेथे वायुभार कमी असतो, याउलट जेथे तापमान कमी असते तेथे वायुभार जास्त असतो, त्यामुळे पृथ्वीवर कमी-जास्त भाराचे प्रदेश निर्माण झालेले आहेत. साहजिकच वायुभारातील या विषमतेमुळे जास्त भाराच्या प्रदेशाकडून कमी भाराच्या प्रदेशाकडे हवा क्षितीज समांतर दिशेत गतिमान होते या गतिमान हवेला वारा असे म्हणतात. पृथ्वीवर निर्माण होणारा वारा हा वेगवेगळ्या दिशेने व वेगवेगळ्या गतीने वाहत असतो. वाऱ्याच्या गतीवर व दिशेवर वायुभार उतार, कोरिओलीस प्रेरणा, घर्षण हे घटक परिणाम करतात. वाऱ्याच्या दिशेवर फेरेलच्या नियमाचा परिणाम होत असतो. अमेरिकन अभ्यासकाने पृथ्वीच्या परिवलनामुळे निर्माण होणाऱ्या कोरिओलीस शक्तीचा अभ्यास करून पृथ्वीवर निर्माण झालेल्या या शक्तीमुळे जास्त दाबाच्या प्रदेशाकडून कमी दाबाच्या प्रदेशाकडे वाहणारे वारे उत्तर गोलार्धात आपल्या मूळ दिशेच्या उजवीकडे वळतात तर दक्षिण गोलार्धात वाहणारे वारे आपल्या मूळ दिशेच्या डावीकडे वळतात.

वाऱ्यांचे ग्रहीय वारे, नियतकालिक वारे व स्थानिक वारे असे मुख्य तीन प्रकार पडतात, यापैकी ग्रहीय वारे यांचा आपण सखोलतेने अभ्यास करणार आहोत.

२.२.४.५.१ ग्रहीय वारे (Planetory Winds)

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर जास्त वायूभार असणाऱ्या प्रदेशाकडून कमी वायुभार असणाऱ्या प्रदेशाकडे वर्षभर नियमितपणे जे वारे वाहतात त्यांना ग्रहीय वारे असे म्हणतात. हे वारे नियमितपणे वाहात असल्यामुळे त्यांना नित्य वारे असेही म्हणतात. पृथ्वीच्या परिवलनामुळे उत्तर गोलार्धात ग्रहीय वारे आपल्या मूळ दिशेच्या उजव्या बाजूस तर दक्षिण गोलार्धामध्ये आपल्या मूळ दिशेच्या डाव्या बाजूस वळतात. ग्रहीय वाऱ्यांचे मुख्य तीन प्रकार पुढीलप्रमाणे सांगितले जातात.

१. व्यापारी वारे :-

पृथ्वीच्या दोन्ही गोलार्धात २५° ते ३५° या अक्षवृत्तांच्या दरम्यान जास्द दाबाचा जो पट्टा निर्माण झालेला असतो, त्या जास्त भाराच्या प्रदेशाकडून ० अंश ते ५ अंश अक्षवृत्तांच्या दरम्यान जो विषुववृत्तीय कमी दाबाचा प्रदेश असतो त्या प्रदेशाकडे वाहणाऱ्या वाऱ्यांना व्यापारी वारे असे म्हणतात. व्यापारी वारे दोन्ही गोलार्धात ५ अंश ते २५ अंश या अक्षवृत्ताच्या दरम्यान वाहत असतात. प्राचीन कालखंडात व्यापारासाठी शिडाच्या जहाजांचा वापर केला जात असे व या जहाजांना प्रवासासाठी या वाऱ्याचा उपयोग होत होता, म्हणूनच त्यांना व्यापारी वारे असे नाव दिलेले आहे. हे वारे सर्वसाधारणपणे पूर्वेकडून पश्चिमेकडे वाहतात, त्यामुळे त्यांना पूर्वीय वारे असेही म्हणतात.

पृथ्वीच्या परिवलनामुळे पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर असमान दाब पट्टे निर्माण झाल्यामुळे उत्तर गोलार्धात व्यापारी वारे आपल्या मूळ दिशेच्या उजवीकडे वळून वाहतात, त्यामुळे उत्तर गोलार्धात वाहणाऱ्या व्यापारी वाऱ्यांची दिशा ईशान्येकडून नैऋत्येकडे असते म्हणून उत्तर गोलार्धातील व्यापारी वाऱ्यांना ईशान्य व्यापारी वारे असे म्हणतात. याउलट दक्षिण गोलार्धात वाहणारे व्यापारी वारे आपल्या मूळ दिशेच्या डावीकडे वळतात त्यामुळे या वाऱ्यांची दिशा आग्नेयेकडून वायव्येकडे असते म्हणून दक्षिण गोलार्धातील व्यापारी वाऱ्यांना आग्नेय व्यापारी वारे असे म्हणतात.

व्यापारी वारे हे वर्षभर नियमितपणे वाहतात. व्यापारी वाऱ्यांचा वेग भूपृष्ठांपेक्षा सागरी प्रदेशावर जास्त असतो. हे वारे ताशी १५ ते ४० किलोमीटर वेगाने वाहतात. याशिवाय ऋतुमानानुसार वाऱ्याच्या वेगात बदल होतो. व्यापारी वाऱ्यांचा वेग उन्हाळ्यापेक्षा हिवाळ्यात जास्त असतो. व्यापारी वारे भूमी खंडाच्या पूर्व भागात पर्जन्य देतात तर पश्चिमेकडचे प्रदेश कोरडे राहतात त्यामुळेच व्यापारी वाऱ्यांच्या प्रदेशात खंडाच्या पश्चिम भागात वाळवंटे निर्माण झालेली आहेत.

आकृती क्र. २.१२

२. प्रतिव्यापारी वारे :-

पृथ्वीवरील उत्तर आणि दक्षिण गोलार्धातील २५ ते ३५ अंश या अक्षवृतांच्या दरम्यान निर्माण झालेल्या जास्त दाबाच्या प्रदेशाकडून दोन्ही गालोर्धातील ६० ते ७० अंश या अक्षवृत्तांच्या दरम्यान निर्माण झालेल्या हवेच्या कमी दाबाच्या प्रदेशाकडे जे वारे वाहतात त्यांना प्रतिव्यापारी वारे असे म्हणतात. पूर्वीच्या काळी शिडाच्या जहाजाद्वारे केल्या जाणाऱ्या व्यापारास या वाऱ्यांचा अडथळा होत असे, त्यामुळे त्यांना प्रतिव्यापारी वारे असे म्हणतात. प्रतिव्यापारी वाऱ्याची सर्वसाधारण दिशा पश्चिमेकडून पूर्वेकडे असल्यामुळे या वाऱ्यांना **पश्चिमी वारे** असेही म्हणतात.

दक्षिण गोलार्धात महासागर यांनी सर्वाधिक प्रदेश व्यापलेला असल्यामुळे प्रतिव्यापारी वारे जास्त गतीने वाहतात. दक्षिण गोलार्धातातील ४० अंश अक्षवृत्तावर हे वारे वेगाने वाहत असल्यामुळे त्यांना **'गर्जणारे चाळीस'** असे म्हणतात तर याच गोलार्धात ५० अंश दक्षिण अक्षवृत्तापलीकडे त्यांना **'खवळलेले पन्नास'** असे म्हणतात. उत्तर गोलार्धाच्या तुलनेत दक्षिण गोलार्धामध्ये प्रतिव्यापारी वाऱ्यांचा वेग जास्त असल्यामुळे त्यांना **शूर पश्चिमी वारे** असे म्हणतात.

व्यापारी वाऱ्याप्रमाणे प्रतिव्यापारी वारे उत्तर गोलार्धात आपल्या मूळ दिशेच्या उजवीकडे वळून वाहतात, त्यामुळे प्रतिव्यापारी वाऱ्याची सर्वसाधारण दिशा नैऋत्येकडून ईशान्येकडे असते म्हणून या वाऱ्यांना **नैऋत्य प्रतिव्यापारी वारे** असे म्हणतात. दक्षिण गोलार्धात हे वारे आपल्या मूळ दिशेच्या डावीकडे वळतात त्यामुळे दक्षिण गोलार्धात या वाऱ्यांची सर्वसाधारण दिशा वायव्येकडून आग्नेयेकडे असते त्यामुळे या वाऱ्यांना **वायव्य प्रतिव्यापारी वारे** असे म्हणतात.

प्रतिव्यापारी वारेसुध्दा वर्षभर नियमितपणे वाहतात. या वाऱ्यांचा हिवाळा ऋतूत वेग जास्त असतो तर उत्तर गोलार्धात प्रतिव्यापारी वाऱ्यांच्या दिशेवर आवर्त व प्रत्यावर्त यांचा परिणाम होतो.

३. ध्रुवीय वारे :-

उत्तर व दक्षिण गोलार्धात ९०° अंश ध्रुवीय प्रदेशात हवेचा जास्त दाब आहे या जास्त दाबाच्या प्रदेशाकडून दोन्ही गोलार्धात ६० ते ७० अंश या अक्षवृत्तादरम्यान असणाऱ्या कमी दाबाच्या प्रदेशाकडे जे वारे वाहतात त्यांना ध्रुवीय वारे असे म्हणतात. या वाऱ्यांची सर्वसाधारण दिशा पूर्वेकडून पश्चिमेकडे असते म्हणूनच या वाऱ्यांना ध्रुवीय पूर्वीय वारे असेही म्हणतात. हे वारे ध्रुवाकडील अतिशय थंड प्रदेशाकडून येत असल्यामुळे ते खूपच थंड असतात. हे वारे ज्या प्रदेशाकडून वाहत जातात त्या प्रदेशाचे तापमान कमी कमी होत जाते.

विषुवृत्तीय प्रदेशात वर्षभर सूर्यकिरणे लंबरूप पडतात त्यामुळे तेथील हवेचे तापमान जास्त असल्यामुळे साहजिकच हवा तापून प्रसरण पावते व उर्ध्वगामी दिशेने जाते. त्यामुळे विषुवृत्तीय प्रदेशात ० ते ५ अंश उत्तर व दक्षिण अक्षवृत्ताच्या दरम्यान कमी वायुभार प्रदेश निर्माण होतो. या विषुवृत्तीय प्रदेशात वर्षातील बराच काळ हवा शांत असते, हवेचे आडव्या दिशेत वहन होत नाही. त्यामुळे या प्रदेशाला विषुवृत्तीय शांत पट्टा किंवा Dold Drum असेही म्हणतात. तसेच उत्तर आणि दक्षिण गोलार्धात २५ ते ३५ अंश अक्षवृताच्या दरम्यान कर्कवृत्त आणि मकरवृत्त जास्त वायुभार पट्टा निर्माण झालेला आहे. या जास्त वायुभार पट्ट्यातही हवेची आडव्या दिशेत हालचाल होत नाही. या शांत पट्ट्यास अश्व अक्षांश असे म्हणतात. प्राचीन काळी घोड्यांची विक्री शिडाच्या जहाजांद्वारे केली जात असे परंतु हे जहाज शांत पट्ट्यात आल्यानंतर ते पुढे जात नसे त्यामुळे अन्न पाण्याचा साठा संपून जाऊ नये म्हणून व्यापारी घोड्यांना नाईलाजाने सागरात लोटून देत असत. त्यावरूनच या प्रदेशाला अश्व अक्षांश (Horse Latitude) असे नाव पडलेले आहे.

२.३ सारांश

पृथ्वीच्या सभोवताली असणाऱ्या निर्वात पोकळीमध्ये जे वायू, बाष्प व धुलीकण आहेत, त्यांनाच वातावरण असे म्हणतात. पृथ्वीच्या सभोवताली वातावरण आहे, त्यामुळेच केवळ पृथ्वीवर जीवावरण अस्तित्वात आहे. वातावरणातील विविध घटक सजीवसृष्टी व निसर्गचक्र यांच्यासाठी अत्यंत उपयुक्त आहेत. वातावरणात विविध थर असून प्रत्येक थराची रचना, विस्तार, त्यातील विविध घटकांचे प्रमाण हे वेगवेगळे आहे.

सूर्यापासून पृथ्वीला लघूलहरीच्या स्वरूपात उष्णता मिळते. सूर्यापासून पृथ्वीवरील दर चौरस से.मी. भागास दर मिनिटाला १.९४ कॅलरी उष्णता प्राप्त होते. पृथ्वीवर सौरशक्तीचे वितरण मात्र विविध

घटकांच्यामुळे सर्वत्र सारखे आढळत नाही. सौरशक्तीच्या वितरणानुसार पृथ्वीवर हवेच्या तापमानाचे वितरण झालेले आहे. समुद्रसपाटीपासून जसजसे उंच जावे व विषुववृत्तापासून जसजसे ध्रुवाकडे जावे तसतसे तापमान कमी-कमी होत जाते. तापमानाचे नकाशात वितरण दर्शविण्यासाठी समताप रेषा काढल्या जातात. तापमानाच्या कालसापेक्ष वितरणात कमाल व किमान तापमानाची नोंद होते. या कमाल व किमान तापमानातील फरकास तापमानकक्षा असे म्हणतात. तापमान कक्षेच्या सहाय्याने हवामान प्रकार निश्चित होतात.

वायूभार हे एक हवेचे महत्त्वाचे अंग असून वायूभारामुळे वाऱ्याची निर्मिती होते. पृथ्वीवर सर्वत्र वायूभारांचे वितरण सारखे झालेले नसून समुद्रसपाटीपासून १०८ मीटर उंचीला हवेचा दाब १३.६ मिलीबारने कमी होतो. पृथ्वीवरील तापमानाच्या वितरणानुसार हवेचे दाबपट्टे निर्माण होतात. पृथ्वीवरील जास्त भाराच्या प्रदेशाकडून कमी भाराच्या प्रदेशाकडे वारे वाहू लागतात. हवेच्या दाबाचे क्षितीज समांतर वितरण दर्शविण्यासाठी नकाशावर समभाररेषा काढल्या जातात.

सौरशक्ती व तापमान, वायुभार हे दोन्ही घटक हवेच्या इतर अंगावर परिणाम करीत असतात. त्यामुळे या सर्व घटकांचा अभ्यास हवामानाच्या अभ्यासास उपयुक्त असतो.

२.४ पारिभाषिक शब्द व शब्दार्थ

- **वातावरण** : पृथ्वीच्या सभोवताली असणारे वायूचे वेष्टन.
- **वातावरण घटक** : वायू, बाष्प व धुलीकण.
- **सौरशक्ती** : सूर्यापासून लघूत्तरींच्या स्वरूपात उत्सर्जित होणारी ऊर्जा.
- **दिनमान** : दिवसाचा कालावधी.
- **रात्रीमान** : रात्रीचा कालावधी.
- **कॅलरी** : उष्णता मोजण्याचे एकक.
- **वायूभार** : हवेचा दाब.
- **मिलीबार** : हवेचा दाब मोजण्याचे एकक.
- **उर्ध्वगामी** : खालून वरच्या दिशेने.
- **अधोगामी** : वरून खालच्या दिशेने.
- **उत्तरायण** : सूर्याचे विषुववृत्तापासून कर्कवृत्ताकडे भ्रमण.
- **दक्षिणायण** : सूर्याचे विषुववृत्तापासून मकरवृत्ताकडे भ्रमण.

२.५ स्वयं–अध्ययनासाठी प्रश्न

❒ **अ) योग्य पर्याय निवडा (बहुपर्यायी प्रश्न)**

१. पृथ्वीच्या सभोवताली कोणत्या घटकाचे आवरण आहे?
(अ) जल (ब) मृदा (क) वनस्पती (ड) हवा.

२. पृथ्वीच्या सभोवताली असणाऱ्या वायूंच्या आवरणास काय म्हणतात?
(अ) जलावरण (ब) वातावरण (क) जीवावरण (ड) शिलावरण.

३. वातावरणात सर्वात जास्त कोणत्या वायूंचे प्रमाण असते?
(अ) नायट्रोजन (ब) ऑक्सिजन (क) कार्बनडाय ऑक्साईड (ड) निऑन.

४. खालीलपैकी कोणत्या वायूला प्राणवायू असे म्हणतात?
(अ) नायट्रोजन (ब) ऑक्सिजन (क) कार्बनडाय ऑक्साईड (ड) निऑन.

५. वातावरणातील कोणत्या वायूमुळे ऑक्सिजनची तीव्रता कमी करता येते?
(अ) नायट्रोजन (ब) ऑक्सिजन (क) कार्बनडाय ऑक्साईड (ड) ओझोन.

६. पृथ्वीचे संरक्षक कवच/संरक्षक छत्री कोणत्या वायूच्या थरास म्हणतात?
(अ) नायट्रोजन (ब) ऑक्सिजन (क) कार्बनडाय ऑक्साईड (ड) ओझोन.

७. ओझोन वायूच्या थरात कोणत्या किरणांचे शोषण केले जाते?
(अ) उपारून (ब) लेसर (क) जंबूपार (ड) झेनोन.

८. तपांबर व स्थितांबर यांना अलग करणाऱ्या वातावरणाच्या थरास काय म्हणतात?
(अ) तपस्तबधी (ब) स्थितस्तब्धी (क) एफ थर (ड) डी थर.

९. वातावरणाच्या कोणत्या थरातून रेडिओ लहरी परावर्तीत होतात?
(अ) तपांबर (ब) स्थितांबर (क) आयनांबर (ड) बहिर्मंडल.

१०. केनेली हेविसाईड थर वातावरणाच्या कोणत्या थरात आढळतो?
(अ) तपांबर (ब) स्थितांबर (क) आयनांबर (ड) बहिर्मंडल.

११. सूर्यापासून बाहेर पडलेल्या एकूण सौरशक्तीच्या किती सौरशक्ती पृथ्वीला मिळते.
(अ) $\frac{१}{२}$ अब्जांश (क) $\frac{१}{५}$ अब्जांश
(ब) $\frac{१}{३}$ अब्जांश (ड) $\frac{१}{८}$ अब्जांश.

१२. सूर्याच्या पृष्ठभागापासून उत्सर्जित होणारी सौरशक्ती दर सेकंदाला किती कि.मी.वेगाने प्रवास करते?

(अ) २५००० (ब) २८६००० (क) ३००००० (ड) १८६०००.

१३. सूर्याच्या पृष्ठभागापासून बाहेर पडणारी सौरशक्ती कोणत्या लहरीच्या माध्यमातून पृथ्वीला मिळते.

(अ) दीर्घ (ब) शीघ्र (क) मंद (ड) लघु.

१४. सूर्य आणि पृथ्वी यांच्यामधील अंतर किती कि.मी. आहे.

(अ) १७ कोटी (ब) १४ कोटी (क) १५ कोटी (ड) १६ कोटी.

१५. पृथ्वीच्या दर चौ.से.मी.क्षेत्रफळाच्या भागास सौरशक्तीद्वारे दर मिनिटास किती कॅलरी उष्णता मिळते.

(अ) १.९४ (ब) २.९४ (क) ३.९४ (ड) १.९७

१६. पृथ्वीच्या दर चौ.से.मी. क्षेत्रफळाच्या प्रदेशास १.९४ कॅलरी उष्णता मिळते त्यास काय म्हणतात.

(अ) सौर पद (ब) सौरस्थिरांक (क) सौरचल (ड) सौरशक्ती.

१७. सर्वसाधारणपणे ३५% सौरशक्ती परावर्तीत केली जाते, त्यास काय म्हणतात.

(अ) भूधवलता (क) अवकाश धवलता

(ब) वातावरण धवलता (ड) जलधवलता.

१८. कोणत्या अक्षवृत्तावर वर्षभर सूर्यकिरणे लंबरूप पडतात.

(अ) कर्कवृत्त (ब) कर्कवृत्त (क) ध्रुव (ड) विषुववृत्त.

१९. २१ जून रोजी कोणत्या अक्षवृत्तावर सूर्यकिरणे लंबरूप पडतात.

(अ) मकरवृत्त (ब) कर्कवृत्त (क) ध्रुव (ड) विषुववृत्त.

२०. २१ डिसेंबर रोजी कोणत्या अक्षवृत्तावर सूर्यकिरणे लंबरूप पडतात.

(अ) कर्कवृत्त (ब) ध्रुव (क) मकरवृत्त (ड) विषुववृत्त.

२१. कोणत्या दोन दिवशी संपूर्ण पृथ्वीवर १२ तासांचा दिवस व १२ तासांची रात्र असते.

(अ) २१ मार्च व २२ सप्टेंबर (क) २२ मार्च व २५ डिसेंबर

(ब) २१ जून व २१ डिसेंबर (ड) २५ जून व १ डिसेंबर.

२२. सूर्य व पृथ्वी यांच्यामधील जास्तीत जास्त अंतरास कोणती स्थिती म्हणून ओळखले जाते.

(अ) उपसूर्य (ब) अपसूर्य (क) स्वयंभू (ड) परावलंबी.

२३. सूर्य व पृथ्वी यांच्यातील कमीत कमी अंतरास काय म्हणतात.

(अ) अपसूर्य (ब) उपसूर्य (क) परावलंबी (ड) स्वयंभू.

२४. सूर्याची अपसूर्य स्थिती कोणत्या दिवशी असते.

(अ) ३ जुलै (ब) १५ जुलै (क) ४ जुलै (ड) २५ जुलै.

२५. सूर्याची उपसूर्य स्थिती कोणत्या दिवशी असते.

(अ) ५ जानेवारी (ब) ३ जानेवारी (क) ७ जानेवारी (ड) ९ जानेवारी.

२६. महासागरांनी जास्त क्षेत्र व्यापल्यामुळे कोणत्या गोलार्धात जास्त सौरशक्ती मिळते.

(अ) पूर्व (ब) पश्चिम (क) उत्तर (ड) दक्षिण.

२७. पांढऱ्या रंगाचे भूपृष्ठ सौरशक्तीचे ..... मोठ्या प्रमाणात होते.

(अ) शोषण (ब) परावर्तन (क) विकिरण (ड) अपघटन.

२८. खालीलपैकी कोणत्या कारणामुळे सौरशक्ती कमी मिळते.

(अ) वनस्पतीचे आच्छादन (क) लंबरूप सूर्यकिरणे

(ब) वाळवंटी प्रदेश (ड) दिनमान मोठे.

२९. हिमालय पर्वताच्या उत्तरेकडील उतारावर दक्षिणेकडील उतारापेक्षा सौरशक्ती ..... मिळते.

(अ) जास्त (ब) मध्यम (क) कमी (ड) अति जास्त.

३०. पृथ्वीच्या सभोवताली असणारे वातावरण कशामुळे तापते.

(अ) सूर्याच्या प्रत्यक्ष सूर्यकिरणांपासून

(ब) पृथ्वी पृष्ठभागापासून होणाऱ्या उष्णतेच्या उत्सजर्नाने.

(क) ढगाद्वारे सूर्यकिरणाच्या होणाऱ्या परावर्तनामुळे.

(ड) वातावरणातील विकिरणामुळे.

३१. सर्वसाधारणपणे किती मीटर उंचीला तापमान १° सें.ग्रे.ने कमी होते.

(अ) १६० (ब) २६० (क) १०८ (ड) २०८.

३२. हवेचा दाब कमी झाल्यास त्या हवेचे काय होते?

(अ) आकुंचन *(ब) प्रसरण* *(क) उत्सर्जन* *(ड) परावर्तन.*

३३. कोणत्या सागरी उष्ण प्रवाहामुळे संयुक्त संस्थानच्या किनारपट्टीचे तापमान वाढते.

(अ) गल्फस्ट्रीम *(ब) लॅब्राडोर* *(क) बेंग्वेला* *(ड) ड्रिफ्ट.*

३४. सर्वाधिक तापमान कोणत्या कटिबंधात असते.

(अ) शीत *(ब) समशितोष्ण* *(क) उष्ण* *(ड) यापैकी नाही.*

३५. समताप रेषांनी दर्शविलेले तापमान .....

(अ) प्रत्यक्ष त्याच ठिकाणचे असते.

(ब) समुद्रसपाटीला प्रमाणित केलेले असते.

(क) प्रत्यक्ष त्या ठिकाणच्या तापमानात ५° सें.ग्रे. वाढ केली जाते.

(ड) यापैकी नाही.

३६. समुद्र व भूभागाच्या सीमेवर समताप रेषा कशा असतात.

(अ) सरळ *(ब) वाकलेल्या* *(क) नागमोडी* *(ड) काटकोनात.*

३७. भूभागावर समताप रेषा कशा असतात.

(अ) नागमोडी *(ब) सरळ* *(क) परस्पर समांतर* *(ड) काटकोनात.*

३८. समुद्रसपाटीपासून उंचीनुसार तापमान कमी होण्याऐवजी वाढत जाते यास काय म्हणतात.

(अ) तापमानकक्षा *(क) तापमानाची विपरीतता.*

(ब) तापमानातील बदल *(ड) तापमानाचे शोषण.*

३९. तापमानाची विपरीतता खालीलपैकी कोणत्या परिस्थितीत आढळत नाही.

(अ) हिवाळा *(क) उन्हाळा*

(ब) निरभ्र आकाश *(ड) स्थिर हवा.*

४०. इ.स. १६५१ मध्ये कोणी हवेला वजन असते, हे सिध्द केले.

(अ) न्यूटन *(क) आईनस्टाईन*

(ब) ऑटो फॉन गेरीक *(ड) डेव्हीस.*

४१. हवेचा दाब कोणत्या एककात मोजतात?

(अ) मिलीबार *(ब) सेल्सिअस* *(क) टक्केवारी* *(ड) फॅरनाईट.*

४२. ४५° अक्षवृत्तावर समुद्रसपाटीला साधारणपणे हवेचा दाब किती मिलीबार ..... असतो.

(अ) १०३१.२ (ब) १०१३.२ (क) १३१०.२ (ड) ३११०.२.

४३. समुद्र सपाटीपासून जसजसे उंच जावे तसतसा हवेच्या दाबात कोणते बदल होतात.

(अ) घट (ब) वाढ (क) मध्यम वाढ (ड) बदल नाही.

४४. समुद्र सपाटीपासून १०८ मीटर उंचीला हवेचा दाब किती मिलीबारने कमी होतो.

(अ) १३.६ (ब) १६.३ (क) ३६.१ (ड) २६.९२.

४५. खालीलपैकी कोणत्या हवेचे वजन जास्त असेल?

(अ) बाष्पयुक्त (ब) कोरड्या (क) सम (ड) यापैकी नाही.

४६. नकाशावर समान हवेचा दाब असणारी ठिकाणे एका रेषेने जोडली जातात, त्यास काय म्हणतात.

(अ) समतापरेषा (ब) समभागरेषा (क) समोच्चरेषा (ड) समपर्जन्यरेषा.

४७. पृथ्वीपृष्ठभागावर एकूण किती दाबाचे पट्टे निर्माण झालेले आहेत.

(अ) ४ (ब) ५ (क) ७ (ड) ६.

४८. पृथ्वीपृष्ठभागावर एकूण किती कमी दाबाचे पट्टे निर्माण झालेले आहेत.

(अ) ३ (ब) ४ (क) ५ (ड) ७.

४९. उत्तर गोलार्धात वारे आपल्या मूळ दिशेच्या कोणत्या बाजूस वळतात.

(अ) डावीकडे (ब) उजवीकडे (क) उत्तरेकडे (ड) दक्षिणेकडे.

५०. २१ जून रोजी २५° ते ३०° उत्तर अक्षवृत्ताच्या प्रदेशात ईशान्य व्यापारी वारे खंडाच्या कोणत्या बाजूस पाऊस देतात?

(अ) पश्चिम (ब) उत्तर (क) दक्षिण (ड) पूर्व.

२.६ स्वयं–अध्ययन प्रश्नांची उत्तरे

१. *(ड) हवा*

२. *(ब) वातावरण*

३. *(अ) नायट्रोजन*

४. *(ब) ऑक्सिजन*

५. *(अ) नायट्रोजन*

६. *(ड) ओझोन*

७. (क) जंबूपार

८. (अ) तपस्थबधी

९. (क) आयनांबर

१०. (क) आयनांबर

११. (क) १/५ अब्जांश

१२. (क) ३०००००

१३. (ड) लघु

१४. (क) १५ कोटी

१५. (अ) १.९४

१६. (ब) सौरस्थिरांक

१७. (अ) भूघवलता

१८. (ड) विषुववृत्त

१९. (ब) कर्कवृत्त

२०. (क) मकरवृत्त

२१. (अ) २१ मार्च व २२ सप्टेंबर

२२. (ब) अपसूर्य

२३. (ब) उपसूर्य

२४. (क) ४ जुलै

२५. (ब) ३ जानेवारी

२६. (ड) दक्षिण.

२७. (ब) परावर्तन

२८. (अ) वनस्पतीचे आच्छादन

२९. (क) कमी

३०. (ब) पृथ्वी पृष्ठभागापासून होणाऱ्या उष्णतेच्या उत्सजर्नाने

३१. (अ) १६०

३२. (ब) प्रसरण

३३. (अ) गल्फस्ट्रीम

३४. (क) उष्ण

३५. (ब) समुद्रसपाटीला प्रमाणित केलेले असते

३६. (ब) वाकलेल्या

३७. (अ) नागमोडी

३८. (क) तापमानाची विपरीतता

३९. (क) उन्हाळा

४०. (ब) ऑटो फॉन गेरीक

४१. (अ) मिलीबार

४२. (ब) १०१३.२

४३. (अ) घट

४४. (अ) १३.६

४५. (ब) कोरड्या

४६. (ब) समभागरेषा

४७. *(क) ७*

४८. *(अ) ३*

४९. *(ब) उजवीकडे*

५०. *(ड) पूर्व.*

२.७ सरावासाठी स्वाध्याय

❒ **२.७.१ टिपा लिहा.**

१. वातावरणाचे घटक.

२. वातावरणाची संरचना/थर.

३. तापमानाचे क्षितीजसमांतर वितरण.

४. हवेच्या दाब वितरणावर परिणाम करणारे घटक.

५. तापमानाची विपरीतता.

६. तापमानाचे उभे वितरण.

❒ **२.७.२ दीर्घोत्तरी प्रश्न.**

१. सौरशक्ती म्हणजे काय ते सांगून सौरशक्तीच्या वितरणावर पणिराम करणारे घटक स्पष्ट करा?

२. तापमानाच्या वितरणावर परिणाम करणारे घटक लिहा.

३. पृथ्वीवरील वायूभार पट्टे सांगून त्यांची निर्मिती प्रक्रिया थोडक्यात लिहा.

४. ग्रहीय वाऱ्यांचे सविस्तर वर्णन करा.

२.८ क्षेत्रीय कार्य

१. सौरशक्तीचे महत्व जाणून घेण्यासाठी सौरऊर्जेवर चालणाऱ्या उपकरणांची कार्यप्रणाली प्रत्यक्ष भेट देऊन समजावून घ्या.

२. तापमानाच्या वितरणावर परिणाम करणारे घटक समजावून घेण्यासाठी जंगले, डोंगर, नदीकिनारे, ओसाड प्रदेशातील तापमानाच्या नोंदी घ्या.

३. तापमानातील बदल, कमाल व किमान तापमान समजावून घेण्यासाठी साधा तापमापक अथवा वर्तमानपत्रातील तापमानाच्या नोंदी गोळा करा व आपल्या प्रदेशाच्या तापमानावरती प्रकल्प तयार करा.

२.९ संदर्भ ग्रंथ

१. **Berry R. J.** and **Chorley, P.J.** (1998) : *"Atmosphere, wheather and climate",* Routeledge London and New York.

२. **दाते सु. प्र. आणि दाते संजीवनी (१९९५) :** *''प्राकृतिक भूगोल'', विद्या प्रकाशन, नागपूर.*

३. **घारपुरे, विठ्ठल** (२००४) : *''हवामानशास्त्र''*, पिंपळापुरे प्रकाशन, नागपूर.

४. **केचे, सवदी** (१९९६) : *''भूमिस्वरूपे''*, निराली प्रकाशन, पुणे.

५. **खतीब के. ए.** (२००८) : ''प्राकृतिक भूगोल'', संजोग प्रकाशन, कोल्हापूर.

६. **कोलते, के. टी., पुराणिक, एम.जी.** आणि **कुबडे, सुमती** (१९९१) : *''हवामानशास्त्र व सागर विज्ञान'*, विद्या प्रकाशन, नागपूर.

७. Majid, Hussain (2001) : *"Principals of Physical Georaphy",* Rawat Publication, Jaipur.

८. **पवार, सी.टी., आडसूळ आदि** : *''प्राकृतिक भूगोल'',* सप्रेम प्रकाशन, कोल्हापूर.

९. **सारंग, सुभाषचंद्र** : *'प्राकृतिक भूगोल'',* विद्या प्रकाशन, कोल्हापूर.

१०. **सवदी, कोळेकर** (२००४) : *''प्राकृतिक भूगोल'',* निराली प्रकाशन, पुणे.

११. **Singh, Savindar** (1998) : *"Physical Geography",* Prayag Publication, Alahabad.

१२. **तावडे, मो.द.** : *''प्राकृतिक भूविज्ञान'',* म. वि. ग्रंथ नि. मंडळ, नागपूर.

१३. **Triwartha, G. T.** (1980) : *"An Introduction to climate",* Tata McGraw Hill, New York.

❒ ❒ ❒

घटक-३

शिलावरण

(Lithosphere)

घटक संरचना

३.० उद्दिष्टे

३.१ प्रस्तावना

३.२ विषय विवेचन

३.२.१ पृथ्वीचे अंतरंग

३.२.२ वेगनरचा भूखंड वहन सिध्दांत

३.२.३ भूकंप : कारणे आणि परिणाम

३.२.४ ज्वालामुखी : कारणे आणि परिणाम

३.३ सारांश

३.४ पारिभाषिक शब्द व शब्दार्थ

३.५ स्वयं-अध्ययनासाठी प्रश्न

३.६ स्वयं-अध्ययन प्रश्नांची उत्तरे

३.७ सरावासाठी प्रश्न

३.८ क्षेत्रीय कार्य

३.९ संदर्भासाठी पुस्तके

३.० उद्दिष्ट्ये

या घटकाचा अभ्यासानंतर आपल्याला खालील उद्दिष्ट्ये साध्य होतील.

- पृथ्वीची अंतर्गत रचना व त्यासंबंधी विभिन्न मतप्रणाली समजेल.
- पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेसंबंधी काही पुराव्यांची माहिती मिळेल.
- पृथ्वीच्या अंतरंगामध्ये विभिन्न थर व त्यांचे उपविभाग कळतील.

३.१ प्रस्तावना

पृथ्वीची निर्मिती सुमारे ४५० कोटी वर्षांपूर्वी झाली असावी. सुरुवातीच्या अवस्थेत ती अती तप्त व वायुरूप अवस्थेतच होती, त्यानंतर हळूहळू थंड होऊन तिचे द्रवरूप अवस्थेतून घनअवस्थेत रूपांतर झाले.

पृथ्वीसंबंधी समग्र वैज्ञानिक माहिती मिळविणेसाठी तिच्या अंतरंगाचा अभ्यास अनिवार्य आहे. विज्ञान युगातील मनुष्य भलेही अवकाशात जाऊन विश्वाचा वेध घेऊ शकतो, परंतु प्रत्यक्ष पृथ्वीच्या अंतरंगात जाऊन माहिती मिळविणे शक्य नाही. त्यामुळे पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेसंबंधी काही वैज्ञानिक निरीक्षणे व ठोकताळे बांधून वैज्ञानिकांनी पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेसंबंधी माहिती मिळविली आहे. पृथ्वीच्या अंतरंगाचे वाढत जाणारे तापमान, पृथ्वीच्या अंतर्गत थरातील भिन्न पदार्थांची व खनिजांची विभिन्न घनता व विभिन्न थरात बदलत जाणाऱ्या भूकंप लहरींचे निरीक्षण ह्यावरून शास्त्रज्ञांनी अचूकपणे पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेची माहिती करून घेतली आहे.

३.२ विषय विवेचन

३.२.१ पृथ्वीचे अंतरंग

पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेची काही प्रमुख वैशिष्ट्ये पुढीलप्रमाणे आहेत.

१. पृथ्वीच्या बाह्य प्रावरणाच्या शीत व घन उच्चस्तरीय विभागाला भूकवच किंवा शिलावरण म्हणतात.

२. बाह्य प्रावरणाचा थर ८० ते १०० कि.मी. जाडीचा आहे व त्यावरील भाग सियाल (Sial) व सायमा (Sima) पासून बनला आहे व यावरच खंड व सागर विभागले आहेत.

३. खंड भागात शिलावरणाची सरासरी जाडी ४० कि.मी. तसेच सागर भागात १०-१२ कि.मी. आहे.

४. खंड भागातील शिलावरण अब्जावधी वर्षापूर्वीचे आहे तर सागर भागातील शिलावरण त्यामानाने अलीकडचे आहे.

५. शिलावरणाची अनेक विशाल शकलात व लहान तुकड्यात विभागणी झाली असून त्यालाच भूपृष्ठ-भूपट्टा (Plales-continent) असे संबोधले जाते. भूपट्टांच्या हालचालींना 'भूपट्टविवर्तनिकी' ((Plate-Tectonics) असे म्हणतात.

६. पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील द्रव्यरूप बाह्य गाभ्यातून शिलारस अनुकूल परिस्थितीत ज्वालामुखीच्या रूपाने भूपृष्ठावर येतो.

७. पृथ्वीच्या अंतरंगाचे प्रमुख तीन विभाग पडतात. शिलावरण किंवा कवच (Lithosphere or Crust) प्रावरण किंवा मध्यावरण (Mantle) व गाभा (Core).

८. पृथ्वीच्या अंतर्गत भागाचे तापमान दर '३२' मीटर खोलीला '१' डिग्री सेंटीग्रेडने वाढते यावरून पृथ्वीच्या अंतर्गत भागाचे व गाभ्याचे तापमान अतिशय जास्त आहे.

९. भूशास्त्रानुसार संपूर्ण पृथ्वी गोलाची सापेक्ष घनता ५.५ आहे. पृथ्वीच्या अंतरंगात मात्र निरनिराळ्या खोलीवर ही घनता भिन्न आहे.

१०. पृथ्वीच्या पृष्ठभागालगत असलेल्या खडकांची घनता २.७ आहे तर याखालोखाल लाव्हारसापासून तयार झालेल्या खडकांची घनता ३ ते ३.५ आहे. पृथ्वीच्या केंद्रभागात समारे ११ पर्यंत घनता वाढत जाताना दिसते.

पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेबाबत शास्त्रज्ञांमध्ये मतभिन्नता असली तरी पृथ्वीच्या अंतरंगातील तापमान, विविध थरांतील घटकांची घनता, ज्वालामुखी, भूकंप लहरी या गोष्टींच्या साहाय्याने पृथ्वीच्या अंतरंगाविषयी सखोल ज्ञान शास्त्रज्ञांनी प्राप्त केले आहे. आता आपण ह्या घटकांची माहिती घेऊ या.

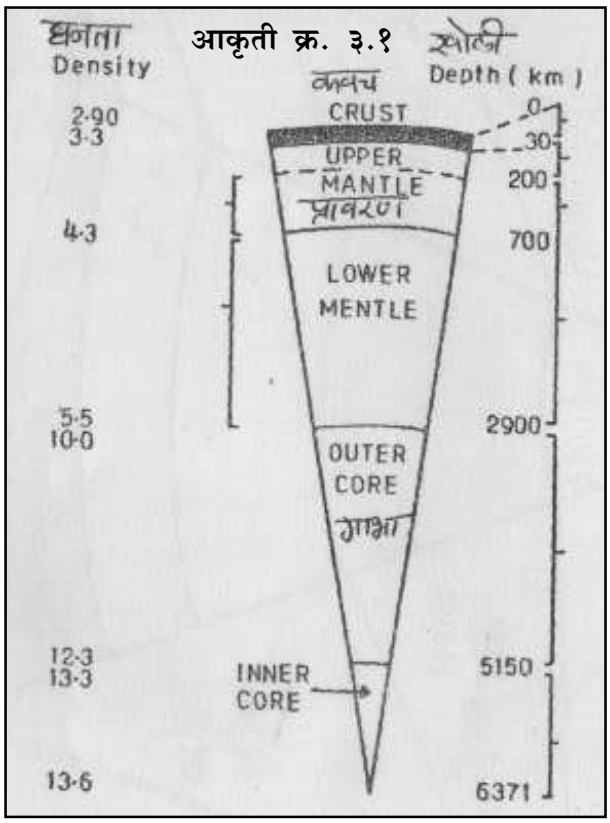
१. तापमान (Temperature) :-

पृथ्वीच्या भूपृष्ठापासून आत दर '३२' मीटर खोलीला सर्वसाधारणपणे '१°' सेंटीग्रेडने तापमान वाढत जाते. ह्याप्रमाणे पृथ्वीच्या अंतर्गत भागात '४३' कि.मी. खोलीवर तापमान १०००° सेंटीग्रेड आहे. दुर्बलावरणात (Asthenosphere) १०० कि.मी. वर तापमान ११००° सेंटीग्रेड तर ४०० ते ७०० कि.मी. खोलीवर तापमान १५०० ते १९००° सेंटीग्रेड असते. गाभा (Core) आणि प्रावरणाच्या (Mantle) संगमावर सुमारे २९०० कि.मी. खोलीवर तापमान ३७००° सेंटीग्रेड तर हेच तापमान ५१०० कि.मी. खोलीवर सुमारे ४३००° सेंटीग्रेड पर्यंत वाढत जाते.

पृथ्वीच्या अंतरंगात तापमान वाढण्याची प्रुमख दोन कारणे म्हणजे पृथ्वीच्या अंतरंगातील खडकांमधील असलेल्या किरणोत्सर्गी (Radioactive) पदार्थांचे अपघटन होऊन प्रचंड प्रमाणात उष्णता निर्माण होते. तसेच पृथ्वीच्या अंतरंगातील भूऔष्णिक (Geothermal) क्रियेमुळेसुध्दा प्रचंड प्रमाणात उष्णता निर्माण होते. पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून आत जसे तापमान वाढत जाते त्याप्रमाणे खडकांचा दाब (Pressure) ही वाढत जातो.

२. घनता (Density) :-

भूशास्त्राच्या अभ्यासानुसार पृथ्वीची सरासरी घनता ही प्रती घनमीटर ५.५ क्रि. ग्रॅ. घनता एकक आहे. परंतु पृथ्वीच्या अंतरंगात ती खोलीनुसार बदलताना दिसते. पृथ्वीच्या सर्वात वरच्या पृष्ठभागालगत असलेल्या खडकांची घनता ही २.६ ते ३.३ आहे, तर त्यालगत स्थरीत (Sedimentary) खडकांच्या खालच्या थरावर लाव्हा रसापासून तयार झालेल्या खडकांची घनता ही ३.० ते ३.५ आहे. पृथ्वीची एकूण सापेक्ष घनता जरी ५.५ असली तरी पृथ्वीच्या केंद्रभागात ती सुमारे ११ पर्यंत वाढत जाताना दिसते.



आकृती क्र. ३.१

सर्वसाधारणपणे पृथ्वीच्या अंतर्गत भागात केंद्रबिंदूकडे वर असलेल्या खडकांचा प्रचंड दाब वाढत जाताना दिसतो व त्या प्रचंड दाबामुळे पृथ्वीच्या केंद्रकाकडे घनता वाढत जाताना दिसते असे वाटते परंतु पृथ्वी केंद्रीत चुंबकीय क्षेत्राच्या (Geocentric Magnetic Field) अभ्यासानुसार एका विशिष्ठ मर्यादेपर्यंतच वरील थरांच्या दाबामुळे खडकांची घनता वाढू शकते, त्यापुढे जड धातूंच्या जसे लोह (Fe) निकेल (Ni) यांच्या केंद्रीकरणामुळेच पृथ्वीच्या अंतर्भागात केंद्रस्थानी सर्वात जास्त घनता आढळून येते (आकृती क्र.३.१)

भूशास्त्रज्ञांच्या मते, पृथ्वीच्या अंतरंगातील विविध थरांचे वर्गीकरण हे घनतेच्या आधारावर केलेले आढळते. ह्यापैकी आपण ई. सुईस (E-Suess) डॅली (Daly) व वॅन डर् ग्रास्ट (Van Der Gracht) ह्यांची मते पाहू.

❒ ई–सुईस (E-Suess) :-

पृथ्वीच्या रासायनिक अंतर्गत रचनेचा अभ्यास सुईस ने केला व त्यानुसार पृथ्वीचा पृष्ठभाग किंवा बाह्यावरण हे अत्यंत कमी घनता असलेल्या पातळ स्थरीत खडकांपासून तयार झालेले आहे. त्या खालोखाल सिलीका किंवा गारगोटी व ॲल्युमिनियम चा अंतर्भाव असलेला सियाल (Sial) थर

ज्याची सरासरी घनता ही २.१ व जाडी ५० ते ३०० कि.मी. आहे. पृथ्वीचे मध्यावरण असलेला 'सायमा' (Sima) थर हा सियालच्या खालोखाल १००० ते २००० कि.मी. जाडीच्या थरात आढळतो. सिलीका व मॅग्नेशियम खनिज असलेल्या ह्या थराची घनता २.९ ते ४.७ आहे. सायमा थराच्या खालोखाल पृथ्वीचा गाभा असलेला निफे (Nife) थर हा निकेल (Ni) व लोह (Fe) ह्या जड धातूपासून प्रामुख्याने तयार झालेला आढळतो, ज्याची घनता ही सुमारे ११ आहे. त्या थराचा व्यास सुमारे ६८८० कि.मी. आहे.

❒ डॅली (Daly) :-

पृथ्वीच्या वेगवेगळ्या थरांच्या भिन्न घनतेनुसार डॅलीने पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेची तीन प्रमुख विभागात मांडणी केलेली आढळते. जसे बाह्य विभाग (Outer Zone) ज्याची घनता ३.० आहे व जाडी १६०० कि.मी. मध्यम थर (Intermediate Layer) ज्याची रचना लोह व सिलीकेट पासून झाली आहे व घनता ४.५ ते ९ असून जाडी १२८० कि.मी. आहे. मध्यवर्ती क्षेत्र (Central Zone) लोहापासून तयार झालेल्या ह्या क्षेत्राची घनता ११.६ आहे व जाडी ७०४० कि.मी. आहे.

❒ वॅन डर् ग्राश्ट (Van Der Gracht) :-

ग्राश्टच्या मतानुसार पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेचे चार विभाग असून प्रत्येकाची घनता व जाडी वेगवेळी आहे. बाह्य सियालिक (Outer Sialic Crust) ६० कि.मी. पर्यंत जाडीचे असून त्याची घनता २.७५ ते २.९ दरम्यान आहे. अंतर्गत गारगोटी प्रावरण (Inner Silicate Mantle) ह्या थराची घनता ३.१ ते ४.७५ असून थराची जाडी ६० ते ११४० कि.मी. पर्यंत आहे. धातू व गारगोटीचे संमिश्र क्षेत्र (Zone of Mixed Metals and Silicate) ४.७५ ते ५.० घनता असलेला हा थर सुमारे ११४० ते २९०० कि.मी. जाडीचा आहे. पृथ्वीच्या खोलवर असलेला धातूचा गाभा (Metallic Nucleus) २९०० ते ६३७१ कि.मी. जाडीचा असून त्याची सरासरी घनता ११ आहे.

३. ज्वालामुखी (Vulcanicity) :-

ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून बाहेर पडणाऱ्या तप्त शिलारसाच्या स्वरूपात शास्त्रज्ञांना पृथ्वीच्या अंतर्गत थरांच्या रचनेसंबंधी एक भक्कम पुरावा मिळाला तो असा की, पृथ्वीच्या अंतर्गत भाग हा तप्त अशा द्रव्य व तरल अवस्थेत आहे, ज्याला शास्त्रज्ञांनी शिलारस पिटीका (Magma Chamber) असे नांव दिले आहे. ज्यामधून तप्त शिलारस (Molten Lava) ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून बाहेर पडत असतो. पृथ्वीच्या अंतरंगातील पदार्थ द्रव्य रूपात तयार होण्यामागे पृथ्वीच्या अंतरंगातील प्रचंड उष्णता कारणीभूत असते हे शास्त्रज्ञांनी ओळखले व ही प्रचंड उष्णता निर्माण होण्यामागे किरणोत्सर्गी

(Radioactive) पदार्थांचे अपघटन व भूऔष्णीक (Geophermal) क्रिया कारणीभूत असतात असा निष्कर्ष शास्त्रज्ञांनी काढला.

४. भूकंपलहरी (Seismic Waves) :-

पृथ्वीच्या अंतर्गत हालचालीपासून होणाऱ्या भूकंपामुळे तयार होणाऱ्या भूकंपलहरी ह्या कमी-अधिक तिव्रतेने पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर येऊन आदळतात. भूकंप लहरींच्या तिव्रतेनुसार त्याचें तीन प्रकार पडतात.

(Inner Silicate Mantle) ह्या थराची घनता ३.१ ते ४.७५ असून थराची जाडी ६० ते ११४० कि.मी. पर्यंत आहे. धातू व गारगोटीचे संमिश्र क्षेत्र (Zone of Mixed Metals and Silicate) ४.७५ ते ५.० घनता असलेला हा थर सुमारे ११४० ते २९०० कि.मी. जाडीचा आहे. पृथ्वीच्या खोलवर असलेला धातूचा गाभा (Metallic Nucleus) २९०० ते ६३७१ कि.मी. जाडीचा असून त्याची सरासरी घनता ११ आहे.

अ) अनुतरंग किंवा प्राथमिक लहरी (Primary Waves) आडव्या दिशेने प्रवास करणाऱ्या ह्या लहरी 'P' लहरी म्हणूनही ओळखल्या जातात. सेकंदाला ५ ते १२ कि.मी. प्रवास करणाऱ्या या लहरी सुमारे २९०० कि.मी. खोली व त्यापुढेही गाभ्यामधून प्रवास करू शकतात.

ब) अवतरंग किंवा दुय्यम लहरी (Secondary Waves) उभ्या दिशेने प्रवास करणाऱ्या ह्या लहरींना 'S' लहरी म्हणतात. अवतरंग हे घनमाध्यमातूनच प्रवास करू शकतात. द्रव्य माध्यमातून अवतरंग प्रवास करू शकत नाही. ह्या लहरी विध्वंसक लहरी म्हणूनही ओळखल्या जातात.

क) पृष्ठ तरंग किंवा भूपृष्ठलहरी (Surface Waves) भूपृष्ठातून प्रवास करणाऱ्या या लहरी दीर्घ लहरी (Long Waves) किंवा 'L' लहरी म्हणूनही ओळखल्या जातात. पृथ्वीच्या भूपृष्ठावर परिणाम करणाऱ्या या लहरी अत्यंत विध्वंसकारी असतात.

भूकंप लहरीच्या कमी-अधिक तिव्रतेनुसार व त्यांच्या पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील कमीअधीक वेगाने होणाऱ्या प्रवासावरून पृथ्वीच्या अंतरंगाचे सखोलपणे संशोधन करण्यात शास्त्रज्ञांना यश आले व त्यानुसार त्यांनी पृथ्वीच्या अंतरंगाचे विविध भागात वर्गीकरण केले आहे व ते आपण पाहू.

१) शिलावरण किंवा कवच (Lithosphere or Crust)

२) प्रावरण किंवा मध्यावरण (Mentle)

३) गाभा (Core)

१. शिलावरण किंवा कवच (Lithosphere or Crust)

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर सर्वात वरच्या घन व टणक स्वरूपात असलेल्या थरास शिलावरण किंवा कवच असे संबोधले जाते. शास्त्रज्ञांच्या अभ्यासानुसार शिलावरणाची जाडी ही ३० ते १०० कि.मी. पर्यंत असून त्याची ऊर्ध्व (Upper) आणि निम्न (Lower) शिलावरण असे दोन भाग पडतात. ज्यांची घनता २.८ आणि ३.० अशी आहे. सियाल व सायमा पासून प्रामुख्याने तयार झालेल्या शिलावरणाची जाडी महासागरांच्या तळाशी अत्यंत पातळ (१० कि.मी.) असून हिमालय पर्वत श्रेणीखाली ही जाडी सर्वात जास्त आढळते.

२. प्रावरण किंवा मध्यावरण (Mentle)

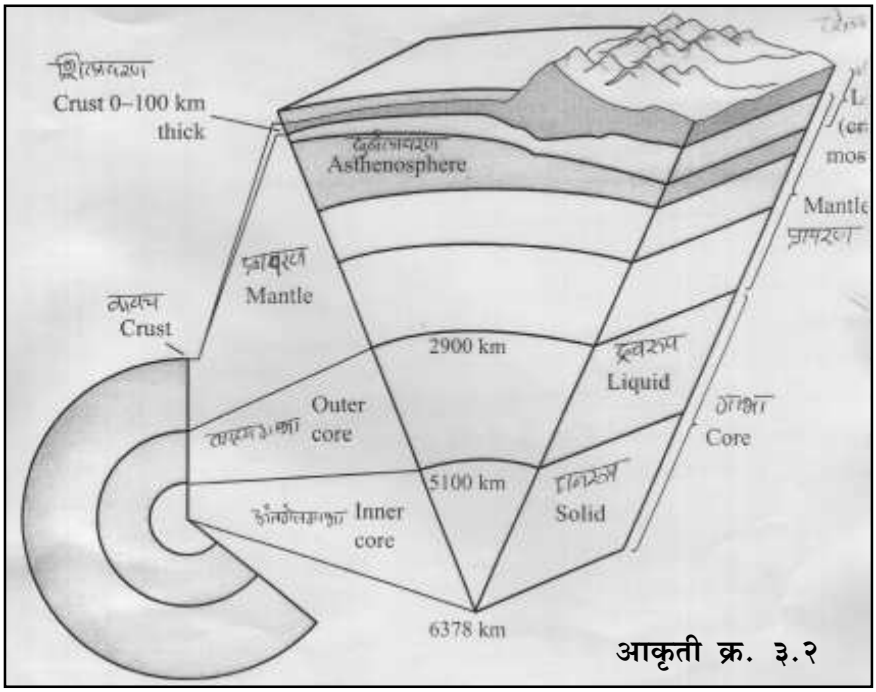
शिलावरणाच्या खालोखाल असलेल्या थरास प्रावरण किंवा मध्यावरण असे म्हणतात. भूकंप लहरींच्या अभ्यासानुसार ह्या भागाचे शास्त्रज्ञांनी तीन उपविभागात वर्गीकरण केलेले आढळते, ते म्हणजे मोहो विलगता (Moho Discontiniuity), ऊर्ध्वप्रावरण (Upper Mantle) व निम्न प्रावरण (Lower Mantle), मोहोरोविसीका (Mohorovicic) ह्या शास्त्रज्ञाने केलेल्या संशोधनानुसार निम्न शिलावरणाच्या खाली भूकंप लहरींची गती ६.९ कि.मी. प्रती सेंकदावरून अचानकपणे ७.९ ते ८.१ कि.मी. प्रती सेकंदाने वाढलेली आढळली. ह्या थरास मोहो विलगता म्हणून ओळखले जाते. प्रावरणाची सरासरी घनता ४.६ असून त्याची व्याप्ती २९०० कि.मी. खोली पर्यंत आहे. पृथ्वीच्या एकूण आकारमानापैकी प्रावरणाने सुमारे ८३ टक्के आकारमान व्यापले आहे तर पृथ्वीच्या एकूण वस्तुमानाच्या ६७ टक्के वस्तुमान प्रावरणाचे आहे.

मोहो विलगतेपासून सुमारे १००० कि. मी. पर्यंत ऊर्ध्व प्रावरणाचा भाग पसरलेला आढळतो तर पुढे २९०० कि.मी.पर्यंत निम्न प्रावरणाचा व्याप वाढलेला दिसतो.

३. गाभा (Core) :-

पृथ्वीच्या खोल अंतरंगात सुमारे २९०० कि.मी. ते ६३७१ कि.मी. क्षेत्रास पृथ्वीचा गाभा असे म्हणतात. तर प्रावरणापासून गाभा अलग करणाऱ्या सिमावर्ती भागास **'गटेनबर्ग विलगता'** (Gutenberg Discontinuity) असे म्हणतात. ५.५ वरून १० पर्यंत वाढत जाणाऱ्या घनतेमुळे भूकंप लहरींच्या गतीत प्रचंड वाढ होताना दिसते. पृथ्वीच्या गाभ्याचे पुढे बाह्य गाभा व अंतर्गत गाभा (Outer Core and Inner Core) असे दोन भागात वर्गीकरण केलेले दिसते. बाह्य गाभ्यात 'S' भूकंपलहरींचे अस्तित्व आढळत नाही, यावरून बाह्य गाभा हा द्रव्य स्थितीत असावा असे शास्त्रज्ञांनी अनुमान काढले आहे. अंतर्गत गाभ्यात भूकंप लहरींच्या वेगात प्रचंड झालेली वाढ (११.२३ कि.मी.

प्रती सेकंद) लक्षात घेता अंतर्गत गाभा हा लोह (Fe) आणि निकेल (Ni) ह्या कठीण धातूंपासून तयार झालेला असून त्याची घनता ही खोलीप्रमाणे १२.३ ते १३.३ व १३.६ पर्यंत वाढत जाताना दिसते. (आकृती कृ.३.२)



आकृती क्र. ३.२

३.२.२ वेगनरचा भूखंड वहन सिध्दांत

१. प्रस्तावना

अल्फ्रेड वेगनर हे जर्मन हवामान शास्त्रज्ञ असून १९१२ मध्ये त्यांनी खंड व महासागर यांची निर्मिती, वितरण व भूखंड वहनासंबंधी एक नवीन संकल्पना जगाच्या समोर मांडली. वेगनरची हीच संकल्पना पुढे वेगनरचा भूखंड वहन सिध्दांत म्हणून त्यांला अनन्यसाधारण महत्त्व प्राप्त झाले. पहिले महायुध्द व हा सिध्दांत जर्मन भाषेत असलेने भूखंड वहन सिध्दांत जगाच्या समोर फारसा आला नाही. परंतू सिध्दांताची दुसरी आवृत्ती १९२४ साली इंग्रजी भाषेमध्ये भाषांतरित झाल्याने भूखंड वहन सिध्दांतास जगभर प्रसिध्दी मिळाली. वेगनर यांनी भूखंड वहन सिध्दांताचे सविस्तर स्पष्टीकरण भूगर्भ, पुराहवामान, पुराजैव, भूभौतिकी घटना इत्यादींच्या आधारे केले.

वेगनर हे प्रख्यात हवामान अभ्यासक असल्याने त्यांना त्यांच्या अभ्यासात जगाच्या निरनिराळ्या भागात प्रचलीत हवामानात भिन्नता आढळली. जगभराच्या हवामान अभ्यासा दरम्यान पूर्वीच्या काळात भूमिखंडावरील हवामान बदलाविषयी अनेक पुरावे त्यांच्या समोर आले. उदा. अंटार्क्टिक खंडावरील दगडी कोळशाचे साठे पूर्वी तेथे उष्णकटिबंधीय हवामान असलेचे निर्देशीत करतात परंतू हा भाग गेली कित्येक वर्षे पूर्ण बर्फाच्छादीत आहे. जगातील बहुतांश वाळवंटी प्रदेशात हिमावरणाची चिन्हे आढळतात. मात्र आज याच वाळवंटी प्रदेशात उष्ण कोरडे हवामान आढळते.

वरील मुद्यांचा विचार करता पूर्वीच्या काळातील हवामान भिन्नतेचे स्पष्टीकरण करताना वेगनरने पुढील दोन गोष्टी गृहीत मानल्या आहेत.

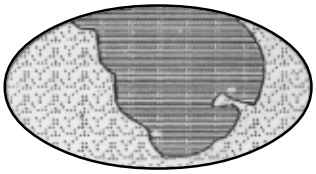
अ) सूर्याने त्याच्या उष्णता उत्सर्जनावरील समतोल बिघडवला असला पाहिजे. परिणामत: संबंधीत खंडावरील हवामानात बदल झालेले असावेत.

ब) पूर्वीचे जगाचे जे हवामान विभाग होते तेच आहेत परंतू भूमीखंडानी आपली जागा बदललेली असलेने त्यांच्या मूळ हवामानात बदल झालेले असावेत.

वेगनर हवामान शास्त्रज्ञ असलेने त्यांचा जागतिक हवामानाचा सखोल अभ्यास असल्याने दुसऱ्या गृहीतांच्या आधारे खंड वहन सिध्दांत मांडला. त्यांच्यामते, सूर्य जेवढी उष्णता पूर्वी उत्सर्जीत करत होता, तेवढीच उष्णता आजही तो उत्सर्जित करत आहे. पूर्वी जे हवामानाचे विभाग होते तेच आहेत मात्र भूमिखंडानी आपली जागा बदलली अर्थातच त्यांचे वहन झालेले आहे. नवीन हवामानात खंडांचे वहन झाल्याने त्यांच्या मूळच्या हवमानात बदल होऊन त्यांना आजचे हवामान प्राप्त झालेले आहे.

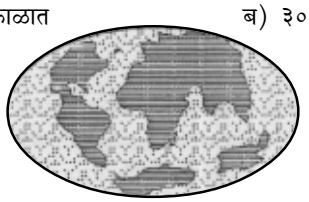
२. भूखंडवहन सिध्दांत

वेगनरच्या मते, आजची भूमिखंडे सियालसारख्या हलक्या घनत्व असलेल्या पदार्थांपासून बनलेली आहेत. त्या खालील सीमा भाग त्यापेक्षा जास्त घनत्व असलेल्या पदार्थांपासून बनलेला आहे. अर्थातच भूमिखंडे अंतर्गत अधिक घनत्व असलेल्या द्रवरूप पदार्थांवरती तरंगत आहेत. पॅलिझोईक काळात (४० कोटी वर्षांपूर्वी) पृथ्वीवरती पंजिया हा एकच महाखंड अस्तित्वात होता. त्याकाळात पँजियाच्या सभोवती सर्व बाजूंनी विस्तीर्ण महासागर होता. या विस्तीर्ण महासागरास पँथालसा नावाने संबोधले गेले. पुढे कार्बोनीफेरस युगात (३० कोटी वर्षांपूर्वी) पँजिया खंडास पूर्व पश्चिम दिशेस तडा जाऊन पँजियाची दोन भागात विभागणी झाली. यातील उत्तरेकडील भागास त्यांनी लॉरेशिया तर दक्षिणेकडील भागास गोंडवाना ही नावे दिली.



अ) ४० कोटी वर्षांपूर्वी पॅलिझोईकक काळात

ब) ३० कोटी वर्षांपूर्वी कार्बोनीफेरस काळात



क) ११ कोटी वर्षांपूर्वी मेसीझोईक कालखंड

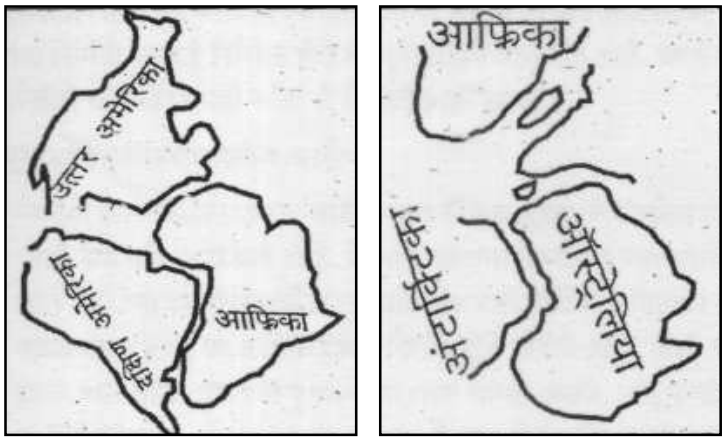
आकृती क्र. ३.३

लॉरेशिया व गोंडवाना दरम्यान निर्माण झालेल्या लांब व अरूंद जलाशयास टेथीस असे म्हटले आहे. नंतर मेसोझोईक कालखंडात (११ कोटी वर्षांपूर्वी) लॉरेशिया व गोंडवाना भूमिखंडाचे विखंडन होऊन विखंडीत भाग तराफ्याप्रमाणे वेगवेगळ्या दिशेने वाहत जाऊन त्यापासून आजच्या खंडाची निर्मिती झाली. यातील लॉरेशिया खंडापासून उत्तर अमेरिका, युरोप, रशिया व आशिया ही खंडे तर गोंडवानापासून दक्षिण, अमेरिका, आफ्रिका व अंटार्क्टिका आणि पुढे टर्शरी काळात (६.५ कोटी वर्षांपूर्वी) अंटार्क्टिका खंडाचे विभाजन होऊन त्यापासून ऑस्ट्रेलिया, भारत व मादागास्कर खंडाची निर्मिती झाली. पँजियाचे विखंडन होऊन त्यापासून निर्माण झालेले आजचे भूमीखंड व त्यांच्या वहनास गुरूत्वाकर्षण, बायोन्सी शक्ती व भरती शक्ती कारणीभूत ठरली असावी असे मानले जाते.

३. भूखंडवहन सिध्दांताचे पुरावे

अ) किनारपट्टीमधील समरूपता :-

भूमिखंडाच्या बाह्य आकारामधील साम्याला वेगनर यांनी 'Jigsaw Fit' असे म्हटले आहे. दक्षिण अमेरिकेची पूर्व किनारपट्टी व आफ्रिका खंडाच्या पश्चिम किनारपट्टीमध्ये समरूपता आढळते. जगाच्या नकाशाचे बारकाईने अवलोकन केल्यास दक्षिण अमेरिकेतील ब्राझीलचा बल्क आफ्रिकेच्या गल्फ ऑफ गियानाच्या आखातात समरूप होतो. तसेच ऑस्ट्रेलिया, भारत व आफ्रिका यांच्या किनाऱ्यात ही समरूपता आढळते. यावरून हे निश्चित होते की, पूर्वी ही खंडे एकत्रित असल्याशिवाय अशी समरूपता पाहावयास मिळणार नाही.



आकृती क्र. ३.४

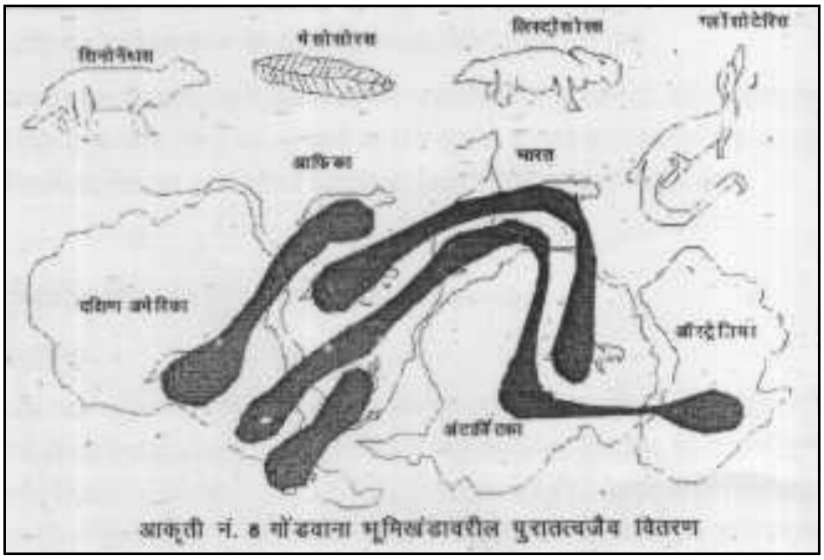
ब) भूशास्त्रीय संबंध :-

एका खंडाच्या विशिष्ट प्रदेशात आढळणारे खडक प्रकार व दुसऱ्या खंडाच्या जुळणाऱ्या

प्रदेशातील खडकांचे प्रकार एकसारखे आढळतात. उदा. वायव्य आफ्रिका व पूर्व ब्राझील मध्ये दोन्ही भागांत खडक एका कालखंडातील व बेसॉल्ट प्रकारचे आहेत. या शिवाय हे खडक सलगपणे जोडलेले आहेत. संयुक्त संस्थानाच्या पूर्व किनारपट्टीलगत असणारा ॲपलेशियन पर्वत ग्रीनलंड व उत्तर युरोपमध्ये त्याच प्रकारचा व त्याच वयोगटाचा आढळतो. एकच पर्वतरांग दक्षिण आफ्रिकेच्या पश्चिम किनारपट्टीवर येऊन थांबते व ती दक्षिण अमेरिकेच्या पूर्व किनारपट्टीवर दृश्यमान होते. अशा भूशास्त्रीय संबंधावरून भूखंड वहन होत असल्याचे सिध्द होते कारण अशाप्रकारची भूगर्भीय समरूपता आज स्वतंत्र असलेल्या खंडावरती पहावयास मिळते.

क) पुराजीवशास्त्रीय पुरावे

खंडाचे विखंडन होऊन दरम्यान निर्माण झालेल्या विस्तीर्ण महासागरामुळे दोन वेगळ्या भूमिखंडावर सारख्याच जातीच्या प्राण्यांचे अवशेष किंवा प्रजाती आढळत असतील तर पूर्वी हे दोन खंड भाग एकत्र होते परंतु काळाच्या ओघात भूमिखंडाचे वहन होऊन आज त्यांचे स्वतंत्र अस्तित्व आहे. पूर्वीच्या काळी एकच भूमिखंड असल्याने त्यावरती भिन्न जैव प्रजातीची तेथील हवामानानुसार निर्मिती झाली असावी. पुढे भूमिखंडांचे विखंडन व वहन झाल्याने संबंधित जैव प्रजाती खंडाबरोबर किंवा पोहत निकटच्या प्रदेशात पोहचल्या असतील. मात्र आज खंडाची तशी स्थिती नाही. उदा. अंटार्क्टिकां खंडासह दक्षिण गोलार्धात ग्लॉसोटेरिस, सस्तनदृष्टी सरपटणारा लिस्ट्रोसोरस तर गोड्या पाण्यातील मेसोसोरस प्राणी तसेच दक्षिण अमेरिकेच्या पूर्व व दक्षिण आफ्रिकेत सिनोनॅथस सरपटणाऱ्या प्राण्यांचे अवशेष आढळतात. यावरून असा निष्कर्ष काढता येतो की, एके काळी ही सर्व खंडे एकमेकांशी जोडलेली होती.



आकृती क्र. ३.५

ड) जैवशास्त्रीय पुरावे :-

अटलांटिक महासागराच्या पूर्व व पश्चिम किनाऱ्यालगतच्या प्राण्यात साम्यता आढळते. महत्त्वाची बाब म्हणजे युरोपच्या वायव्य भागातील लेमिंग नावाचे पक्षी ठराविक काळानंतर पश्चिमेकडे प्रवास करतात आणि पाण्यात बुडून मरण पावतात. या पक्षांचे पूर्वज अशाच प्रकारे पश्चिमेकडे स्थलांतर करीत असावेत ही पूर्वपार परंपरा आजचे लेमिंग पक्षी जोपासत आहेत यावरून हे स्पष्ट होते की, पूर्वी उत्तर अमेरिका व युरोप एकत्र होते. आज मात्र या दोन्ही खंडामध्ये विस्तृत अटलांटिक महासागर आहे.

इ) पुराहवामानशास्त्रीय पुरावे :-

ईशान्य संयुक्त संस्थाने, ब्रिटन व अंटार्क्टिकामध्ये काही भागांत कोळशाचे साठे आढळतात. ही भूमिखंडे वहनामुळे निर्माण झाली आहेत. आज तेथे कोळशाचे साठे असतील तर पूर्वी ही खंडे विषुववृत्तीय हवामानाच्या प्रदेशात असली पाहिजेत. तसेच दक्षिण अमेरिका, आफ्रिका, भारत व ऑस्ट्रेलिया या देशात प्राचीन काळातील हिमावरणाची चिन्हे आढळतात. कारण प्रत्येक भूरूप त्याच्या निर्मितीत त्या काळाच्या हवामानाचे समर्थन करते. पूर्वी त्यांचे हवामान शीत कटिबंधीय प्रकारचे असावे व त्यांचा मोठा भाग हिमाने आच्छादलेला असावा.

ई) भूमितीय पुरावे :-

भूमितीय पुराव्याच्या आधारे खंडांचे वहन होत असलेचे सहज स्पष्ट होत असून अलिकडे उत्तर अमेरिका व युरोप मधील अंतर लेसर किरणांच्या मोजण्यात आले त्यांच्यातील अंतरात दरवर्षी २ सेमी ने वाढ होत असल्याचे आढळून आले. १८२३ व १९१३ मध्ये उत्तर अमेरिका व ग्रीनलंडमधील अंतर मोजण्यात आले तेव्हा या दोन ठिकाणातील अंतर २३ मीटरने वाढल्याचे दिसून आले. याशिवाय ग्रेट ब्रिटन व ग्रीनलंडमधील अंतर १८८७ व १९०७ मध्ये मोजण्यात आले तेव्हा त्यात ३२ मीटर एवढे अंतर वाढल्याचे स्पष्ट झाले. यावरून खंडवहनाची प्रक्रिया आजही होत आहे हे प्रकर्षाने निदर्शनास येत आहे.

प) अर्वाचीन घडी पर्वत :-

अर्वाचीन घडी पर्वतांची निर्मिती प्रामुख्याने भूमिखंडाच्या वहनामुळेच झालेली असावी असे वेगनरचे मत आहे. घडी पर्वताची निर्मिती दोन खंड एकमेकांकडे (केंद्रीय) सरकले तरच होते. दक्षिण व उत्तर अमेरिका यांच्या पश्चिम किनाऱ्यावर ॲन्डीज व रॉकी पर्वतांची निर्मिती दक्षिण व उत्तर अमेरिका पश्चिमेकडे सरकल्यामुळे झालेली आहे. आशियातील हिमालय पर्वताची निर्मिती भारतीय द्विपकल्प उत्तरेकडे सरकल्यामुळे झालेली आहे. अर्वाचीन घडी पर्वतांच्या निर्मितीवरून हे निश्चित होते की भूमिखंडाचे वहन होत आहे. जर हे भूमिखंडांचे वहन झाले नसते तर हिमालय, अँन्डीज व रॉकी या घडी पर्वतांची निर्मिती झाली नसती.

४. भूखंडवहन सिध्दांतावरील आक्षेप

- वेगनरने आपल्या सिध्दांतात अति विशाल पँजिया भूखंडाचे विखंडन होऊन सध्याची भूमिखंडे निर्माण झाली असे प्रतिपादित केले आहे. वेगनरने आपल्या सिध्दांतात ज्या शक्तीद्वारे विशाल पँजियाचे विखंडन झाले आहे त्या शक्तीचा सखोल खुलासा केला नाही. पँजियाचे विखंडन होण्यासाठी आजच्या शक्तीच्या जवळपास १००० पट अधिक शक्ती निर्माण होणे गरजेचे आहे. अशी प्रचंड शक्ती पृथ्वी वरती निर्माण झाली असे गृहीत धरल्यास पृथ्वीचे परिभ्रमण थांबले असते. परंतु पृथ्वीच्या उत्पत्तीपासून आजअखेर पृथ्वीचे परिभ्रमण थांबलेले नाही. यावरून हे स्पष्ट होते भूमिखंडांची आजची अवस्था अलिकडे निर्माण झालेली नसून ती पूर्वीपासूनच आहे.

- प्रा. हेस यांच्यामते, सीमा व सियाल यांचे गुणधर्म पाहता सीमा हा सियालपेक्षा कठीण आहे. त्यामुळे अशा कठीण सीमा भागावर भूमिखंडे तरंगू शकत नाहीत. सीमा स्तरातील पदार्थ मऊ आहेत असे मानले तर विखंडन व वहनाची क्रिया नित्याची घटना बनली असती व त्यामुळे पृथ्वीवरील खंडांचा आकार नेहमीच बदलत जाऊन जगाच्या नकाशातील जलाशये व खंडीत भाग यांच्या स्थानात व आकारात बदल होत राहिले असते. पण असे होत असल्याचे जाणवून येत नाही.

- वेगनरने आपल्या सिध्दांतात खंडवहनाचा जो कालावधी सांगितला आहे त्याविषयी काही तज्ञांनी शंका उपस्थित केल्या आहेत. पँजिया भूमिखंडाचे विखंडन ज्या काळात झाले ते त्याच काळातच का झाले? त्यापूर्वी का झाले नाही याविषयी शंका निर्माण केल्या आहेत.

- वेगनरने पँजियापासून निर्माण झालेली सध्याची भूमिखंडे एकमेकांजवळ आणल्यास ती परस्पराशी जुळू शकतात असे म्हटले आहे. अलिकडील संशोधनावरून काही संशोधकांच्या मते ही स्थिती ५०० मीटर खोली खालीच आढळते. अपवादात्मक ठिकाणीच खंडांच्या विशिष्ट आकारामुळे त्यांचे काही विशिष्ट भागच एकमेकांशी जुळू शकतात मात्र सर्वत्र ही स्थिती आढळून येत नाही.

वेगनरच्या सिध्दांतावर काही मर्यादेत टिका होत असली तरी अलीकडील संशोधनामुळे या सिध्दांतास वेगळेच महत्त्व जगभरातून प्राप्त होत आहे.

- प्रा. लॅकेटी यांच्या चुंबकीय सर्वेक्षणाद्वारे वेगनरच्या खंडवहन सिध्दांतास चांगला आधार प्राप्त होतो. तसेच सहारा, थर व पश्चिम ऑस्ट्रेलियन वाळवंटी क्षेत्रात हिमचिन्हाची उपलब्धता पूर्वी हे भाग ध्रुवीय हिमावरणच्या प्रभावाशाली होते हे मान्यच करावे लागते.

- अलिकडील वेगवेगळ्या काळात झालेल्या दोन ठिकाणातील अंतरावरून खंडवहन होत असलेचे जगाच्या समोर येत आहे यावरून वेगनरच्या सिध्दांतास विशेष महत्त्व प्राप्त होते.
- जगभरातील विद्यापीठामध्ये होत असलेल्या संशोधनावरून भूखंडांमध्ये आडवी हालचाल होत आहे हे सिध्द झाले आहे. उदा. २००५ मध्ये जावा व सूमात्रा दरम्यान झालेल्या भूमंच्याच्या जडणघडणीवरून निदर्शनास येते. याद्वारे वेगनरने सांगितल्याप्रमाणे खंडाचे वहन होणे शक्य आहे.

३.२.३ भूकंप : कारणे व परिणाम

☛ भूकंप :-

पृथ्वीचे भूकवच बऱ्याचवेळा स्थिर व शांत असते. परंतु भूपृष्ठावर अथवा भूपृष्ठाखाली निर्माण होणाऱ्या काही हालचालींमुळे भूपृष्ठाला अचानक हादरे बसू लागतात. त्यालाच भूकंप असे म्हणतात. भूकंप काही सेकंद टिकतात, परंतु या शक्ती अत्यल्प कालावधीत पृथ्वी पृष्ठभागावर प्रचंड बदल घडवून आणतात. भूकंपाचा शास्त्रीय दृष्टीकोनातून अभ्यास करणाऱ्या शास्त्रास भूकंपशास्त्र असे म्हणतात. भूकंपाच्या काही प्रमुख व्याख्या पुढीलप्रमाणे केल्या जातात.

''काही कारणामुळे भूकवचाला हादरे बसतात यालाच भूकंप असे म्हणतात.''

''भूपृष्ठावरील किंवा भूपृष्ठाखाली असलेल्या खडकांच्या संतुलनात क्षणिक अडथळा निर्माण होवून भूपृष्ठ कंपायमान होते, यालाच भूकंप असे म्हणतात.'' ***– वर्सेस्टर***

''नैसर्गिक कारणाने भूपृष्ठाखाली निर्माण झालेल्या हालचालीमुळे भूपृष्ठाला हादरे बसतात याला भूकंप असे म्हणतात.'' ***– डब्ल्यु. जी. मुरे***

वरील व्याख्यांवरून असे लक्षात येते की, ''पृथ्वी पृष्ठभागाला नैसर्गिक अथवा मानवनिर्मित कारणांमुळे हादरे बसतात, यालाच भूकंप असे म्हणतात.''

❑ भूकंपाची कारणे (Causes of Earthquake)

फार प्राचीन काळापासून पृथ्वीवर भूकंप झाल्याच्या नोंदी आढळतात. भूकंप होण्यासाठी अनेक निसर्गनिर्मित घटक कारणीभूत असून काही मानवनिर्मित कारणामुळे स्थानिक प्रदेशात कमी तीव्रतेचे भूकंप होतात. मानवनिर्मित कारणामुळे होणारे भूकंप सौम्य स्वरूपाचे असतात. अवजड वाहतूक, रेल्वे मार्ग, अणुस्फोट, विहीर खोदताना अथवा इतर खुदाई करताना भुसुरुंग वापरले जातात त्यामुळे मर्यादित

प्रदेश हादरवला जातो. यालाच मानवनिर्मित कारणामुळे होणारे भूकंप असे म्हणतात. परंतु नैसर्गिक कारणामुळे होणारे भूकंप तीव्र स्वरूपाचे असतात. या निसर्गनिर्मित भूकंपासाठी कारणे पुढीलप्रमाणे सांगितली जातात.

१. ज्वालामुखी उद्रेक :-

पृथ्वीच्या अंतरंगात निर्माण झालेला लाव्हारस अथवा शिलारस पृथ्वी पृष्ठभागाकडे येण्याच्या क्रियेस ज्वालामुखी क्रिया असे म्हणतात. या ज्वालामुखी क्रियेतून घनरूप, द्रवरूप व वायूरूप पदार्थ अत्यंत वेगाने पृथ्वी पृष्ठभागाकडे येतात. त्यावेळी त्यांच्या दाबामुळे पृथ्वी पृष्ठभागाला हादरे बसतात. या प्रकारच्या भूकंपाना 'ज्वालामुखीय भूकंप' असे म्हणतात. जपान या देशात आजही अनेक जागृत ज्वालामुखी असल्यामुळे जपानमध्ये ज्वालामुखीय भूकंपाचे प्रमाण जास्त आहे. या भूकंपाची तीव्रता ज्वालामुखीच्या उद्रेकाच्या तीव्रतेवर अवलंबून असते. या भूकंपाचा परिणाम १६० ते २४० कि.मी. च्या परिसरावर होतो. परंतु काही वेळा ज्वालामुखीय भूकंप अत्यंत तीव्र स्वरूपाचे होतात. इ.स. १८८३ साली, क्राकाटोआ बेटावर झालेल्या भूकंपाचे हादरे १२८०० कि.मी. दूर असलेल्या अमेरिकेतील केप हॉर्न या द्वीपकल्पाला बसलेले होते.

२. प्रस्तरभंग :-

पृथ्वीच्या अंतरंगात निर्माण झालेल्या व आडव्या दिशेत कार्य करणाऱ्या शक्तींच्यामुळे भूपृष्ठावरील अथवा भूकवचातील खडकावर दाब किंवा ताण निर्माण होऊन भ्रशांची (प्रस्तरभंग) रेषेची निर्मिती होते. प्रस्तरभंग रेषेच्या दोन्ही बाजूकडील खडक वर किंवा खाली सरकतात, यालाच प्रस्तरभंग असे म्हणतात. प्रस्तरभंगाच्यावेळी खडकाच्या थरात हालचाल होवून भूपृष्ठाला हादरे बसतात. या प्रकारच्या भूकंपाना 'भ्रंशभूलक' भूकंप असे म्हणतात. या प्रकारचे भूकंप जास्त हानीकारक असून त्यांचे प्रभाव क्षेत्र खूप मोठे असते. भारतातील आसाम राज्यात १५ ऑक्टोबर १९५० रोजी व बिहार राज्यात १९४३ साली झालेला भूकंप प्रस्तरभंग या कारणामुळे झालेला होता.

३. खनिजांचे पुर्न:स्फटिकीभवन :-

पृथ्वीच्या अंतरंगात वाढता दाब व तापमान यामुळे अथवा त्यात झालेल्या अचानक बदलामुळे खडकातील खनिजांची मूळ रासायनिक मूलदव्ये यांची स्फटिक रचना बदलते. खनिजांची स्फटिक रचना बदलताना मूलद्रव्याच्या अणुच्या स्वरूपात बदल होत जातो. त्यामुळे दाब अथवा तणावात्मक हालचाली निर्माण होऊन भूपृष्ठाला हादरे बसतात. या कारणामुळे होणाऱ्या भूकंपाना 'पातालीय भूकंप' असे म्हणतात. भूगर्भशास्त्राच्या अभ्यासकांच्या मते, अशा प्रकारचे भूकंप २४० ते ६७५ कि.मी. खोलीवरील खडकात निर्माण होणाऱ्या हालचालीमुळे होत असतात.

४. समस्थायित्व सिध्दांत :-

पृथ्वी पृष्ठभागावर पर्वत, पठारे, मैदाने व दऱ्यांची निर्मिती होऊन पृथ्वी पृष्ठभागाचा समतोल राखला जातो. यालाच समस्थायित्वाचे समायोजन असे म्हणतात. परंतु पृथ्वीवरील पर्वतीय प्रदेशाची वाहते पाणी, वारा, हिमनद्या या बाह्य कारकामुळे झीज होते. त्यामुळे पर्वतीय प्रदेश हलके होऊन त्याठिकाणचा दाब कमी होतो. याउलट पर्वतीय प्रदेशाच्या झालेल्या झिजेमुळे निर्माण होणारा गाळ मैदानी प्रदेश, दऱ्या व सागरतळावर संचयीत होतो. त्यामुळे त्या प्रदेशाचा दाब वाढतो. त्यामुळे पूर्वीचे संतुलन बिघडते व भूपृष्ठाला हादरे बसतात. याप्रकारे होणाऱ्या भूकंपाना समस्थायित्व भूकंप असते म्हणतात.

५. खडकांचे उर्ध्वगामी व अधोगामी स्थानांतर :-

पृथ्वी पृष्ठभागावर एखाद्या ठिकाणी गाळाचे संचयन होऊन भूपृष्ठाचे संतुलन बिघडते. भूपृष्ठावरील गाळाच्या अथवा इतर पदार्थांच्या आत्यंतिक संचयनामुळे भूकवचावर दाब पडून भूकवचाखाली असणारे खडक तुटतात. या तुटलेल्या खडकाचे तुकडे प्रथम अधोगामी दिशेने दाबले जातात. परंतु नंतर खडकाच्या खालच्या थराकडून प्रतीबल निर्माण झाल्यामुळे पुन्हा खडकाचे हे तुकडे उर्ध्वगामी दिशेने वर रेटले जातात. अशा तुटलेल्या खडकांच्या अधोगामी व उर्ध्वगामी स्थानांतरामुळे भूपृष्ठाला हादरे बसतात. या भूकंपाना उर्ध्वगामी व अधोगामी स्थानांतर भूकंप असे म्हणतात. अशा प्रकारचे भूकंप घडवून आणणाऱ्या हालचाली भूपृष्ठापासून ८० ते ८०० कि.मी. खोलीवरील खडकात घडतात.

६. भूगर्भातील तप्त वायू :-

भूगर्भामध्ये भूपृष्ठावरील पाणी खडकामधून झिरपते. परंतु पृथ्वीच्या अंतरंगात जसजसे खोल-खोल जावे तस-तसे तापमान वाढत जाते. या वाढत्या तापमानामुळे भूगर्भात गेलेल्या पाण्याची वाफ होते. या वाफेजवळ निर्माण झालेली शक्ती पृथ्वी पृष्ठभागाकडे येण्याचा प्रयत्न करते. त्यामुळे पृथ्वीपृष्ठभागाला धक्के बसतात व भूकंप होतात.

७. अभिसरण प्रवाह :-

पृथ्वीच्या अंतरंगातील विविध प्रकारच्या किरणोत्सर्गी मूलद्रव्याचे अणु विघटन होऊन मोठ्या प्रमाणात उष्णतानिर्माण होते. ही निर्माण झालेली उष्णता अभिसरण प्रवाहाद्वारे पृथ्वी पृष्ठभागाकडे प्रवाहित होते. त्यामुळे भूकवचावर ताण पडून भूपृष्ठाला हादरे बसतात व त्यामुळे भूकंप घडून येतात.

८. भूकवचाचे आकुंचन :-

पृथ्वीच्या उत्पत्तीवेळी पृथ्वी तप्त अशा वायूरूप स्थितीत होती. त्यानंतर तप्त अशा पृथ्वीपासून

उष्णतेचे उत्सर्जन सुरू झाले. अमेरिकन भूगर्भशास्त्र डॅना यांच्या मते, पृथ्वीपासून उष्णतेचे उत्सर्जन सतत होत असल्यामुळे पृथ्वीचा पृष्ठभाग आकुंचित पावत आहे. या आकुंचन क्रियेमुळे खडकात तणावात्मक हालचाली निर्माण होवून भूकंप होतात. परंतु अनेक शास्त्रज्ञांच्या मते, जरी पृथ्वीकडून उष्णतेचे उत्सर्जन होत असले तरी पृथ्वीच्या अंतरंगातील किरणोत्सर्गी पदार्थांच्या अणु विघटनामुळे नवीन उष्णता निर्माण होवून जाणाऱ्या उष्णतेची भरपाई होते. त्यामुळे डॅना यांचा हा निष्कर्ष चुकीचा वाटतो.

९. मोठी धरणे :-

आज जलसिंचनासाठी अनेक मोठी धरणे पाणीसाठा करण्यासाठी बांधली जातात. या मोठ्या धरणातील पाणीसाठ्यामुळे पाणी पाझरण्याची क्षमता वाढून भूगर्भात तप्त वायू निर्माण होतात. महाराष्ट्रातील कोयना धरण, चीनमधील थ्री गॉर्जेस प्रकल्पामुळे भूकंपाची शक्यता वाढली आहे. परंतु या कारणाबाबत अभ्यासकात मतभिन्नता आढळते.

वरीलप्रमाणे भूकंपाची विविध कारणे सांगितली जातात. परंतु या सर्व कारणांची उत्पत्ती पृथ्वीच्या अंतरंगात होत असल्यामुळे त्याबाबत केवळ अंदाज व्यक्त केले जातात. आजही आपण एखाद्या भूकंपाचे निश्चित कारण स्पष्ट करू शकत नाही.

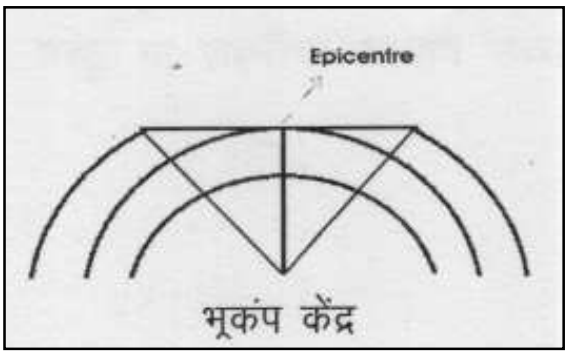
❑ भूकंपनाभी व भूकंप लहरी :-

भूकवचात किंवा भूकवचाच्या खाली विविध नैसर्गिक कारणामुळे भूकंपाची निर्मिती होते. ज्या ठिकाणी भूकंप लहरी निर्माण होतात, त्या स्थानास 'भूकंप नाभी' किंवा 'भूकंपकेंद्र' असे म्हणतात. भूकंप केंद्रापासून निघणाऱ्या भूकंपलहरी त्या भूकंप केंद्राच्या अगदी वर असलेल्या भूपृष्ठाच्या भागात सर्वात अगोदर पोहचतात. भूकंप केंद्राच्या अगदी वर असलेल्या भूपृष्ठावरील या केंद्राला भूकंपाचे बाह्य केंद्र असे म्हणतात.

भूकंप झाल्यानंतर भूकंप लहरी सर्वात प्रथम भूपृष्ठावरील बाह्य केंद्राजवळ पोहचतात व त्यानंतर भूपृष्ठावर पसरतात. ज्याप्रमाणे पाण्यात खडा टाकल्यानंतर जेथे खडा टाकला, त्या ठिकाणी पाण्याच्या पृष्ठभागावर तरंग निर्माण होतात व नंतर सर्वदूर पसरतात, त्याचप्रमाणे भूपृष्ठावर भूकंपलहरी सर्वदूर पसरतात.

निरनिराळ्या ठिकाणी होणाऱ्या भूकंपाची नोंद केली तर त्यावरून सर्वात अगोदर जेथे भूकंपाची नोंद झाली आहे ते ठिकाण म्हणजेच भूकंपाचे बाह्यकेंद्र असते. नकाशावर समान वेळेला भूकंप झाल्याची ठिकाणे, एका रेषेने जोडली जातात. या रेषांना 'सहकंप रेषा' असे म्हणतात. भूकंपाच्या बाह्य केंद्राच्या ठिकाणी भूकंपाची तीव्रता सर्वात जास्त असते. परंतु भूकंपाच्या बाह्य केंद्रापासून जसजसे दूर जावे तसतसे भूकंपाची तीव्रता कमी-कमी होत जाते. भूकंप झालेल्या प्रदेशाच्या नकाशावर भूकंपाची तीव्रता समान असणारी ठिकाणे एका रेषेने जोडली जातात. या रेषांना 'सहकंप रेषा' असे म्हणतात. या

सहकंप रेषा वरूनही भूकंपाचे बाह्य केंद्र निश्चित करता येते. सहकंप रेषांचा केंद्रबिंदू हे भूकंपाचे बाह्यकेंद्र असते.



आकृती क्र. ३.३

भूकंपाची तीव्रता मोजण्यासाठी 'सिसमोग्राफ' हे उपकरण वापरले जाते. या उपकरणाच्या सहाय्याने भूकंपाची तीव्रता 'रिश्टर स्केल' या एककात मोजतात.

❁ भूकंप लहरी :-

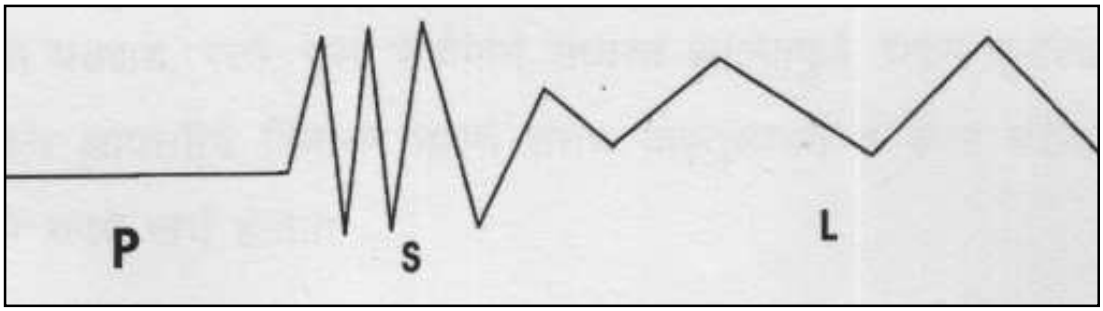
भूकंपाचा उद्रेक झाल्यानंतर भूकंपाच्या विक्षोभ स्थानापासून भूकंप लहरी बाहेर पडतात. त्यानंतर सर्वप्रथम या लहरी भूकंपाच्या बाह्यकेंद्राजवळ येवून पोहचतात व नंतर सर्वदूर पसरतात. भूकंप केंद्रापासून बाहेर पडणाऱ्या लहरींचे तीन प्रकार पडतात.

१. प्राथमिक लहरी :-

भूकंप निर्माण झाल्यानंतर ज्या भूकंप लहरी भूकंपाच्या केंद्रापासून एका सरळ रेषेत भूपृष्ठाकडे प्रवास करतात. त्यांना प्राथमिक लहरी असे म्हणतात. या लहरींना कर्षण-अपकर्षण अथवा अनुलंब लहरी असे म्हणतात. प्राथमिक लहरींचा वेग इतर सर्व लहरींपेक्षा जास्त असून त्या ध्वनी लहरीसारख्या दर सेकंदाला ५ कि.मी. वेगाने प्रवास करतात. कठीण खडकाच्या थरातून तसेच जास्त घनतेच्या खडकातून प्रवास करताना त्या लहरींचा वेग वाढतो. अतिशय कठीण असणाऱ्या खडकातून या लहरी सेकंदाला ८ ते १४.५ कि.मी. या वेगाने प्रवास करतात.

२. दुय्यम लहरी :-

दुय्यम लहरी प्रवासाच्या दिशेशी काटकोन करून पुढे प्रवास करतात. या लहरी वर-खाली या दिशेत हालचाल करीत पुढे जातात. या लहरी प्रकाश लहरीप्रमाणे असून केवळ घन पदार्थातूनच प्रवास करतात. द्रव पदार्थातून या लहरी प्रवास करीत नाहीत. दुय्यम लहरींचा वेग प्राथमिक लहरींच्या निम्मा असतो. परंतु दुय्यम लहरी अधिक विध्वंसक स्वरूपाच्या असतात.



आकृती क्र. ३.४

३. भूपृष्ट लहरी :-

प्राथमिक व दुय्यम लहरी भूकंपाच्या बाह्य केंद्रावर पोहचल्यानंतर भूपृष्ठ लहरींची निर्मिती होते. भूपृष्ठ लहरी सागरी लहरीप्रमाणे असून त्या भूपृष्ठापासून अधिक खोलीवर प्रवास करू शकत नाहीत. भूपृष्ठ लहरींचा वेग दर सेकंदाला ३.२ कि.मी. इतका असतो. परंतु या लहरींचा आयाम उच्च असल्यामुळे या सर्वाधिक विनाशकारी असतात.

❑ भूकंपाचे परिणाम :-

पृथ्वी पृष्ठभागावर सतत कोणत्या ना कोणत्या तरी प्रदेशात भूकंपाचे धक्के बसतात. परंतु सर्वच भूकंपाची तीव्रता सारखी नसते. भूकंपाचा धक्का अत्यल्प काळच टिकतो. परंतु तेवढ्यात भयंकर अनर्थ घडून येतात. काही भागात तर दररोज भूकंपाचे धक्के अनुभवास येतात. भूकंपशास्त्राच्या अभ्यासानुसार पृथ्वीवर दर अडीच तासाला कोणत्या तरी प्रदेशात भूकंपाचा एक धक्का बसतो. भूगर्भशास्त्रज्ञांच्या अभ्यासानुसार सध्याचे भूकंप फार तीव्र स्वरूपाचे नाहीत. एल. डी. स्टॅम्प यांच्या मते, सध्याचे भूकंप हे 'The earthquakes of today are like the final murmurs of a great storm which has passed.' या प्रकारचे आहेत. परंतु आजही काही ठिकाणी तीव्र स्वरूपाचे भूकंप झाल्यामुळे या भूकंपाचे काही विपरीत परिणाम घडून आलेले दिसतात. भूकंपाचे काही विधायक परिणाम होत असले तरी भूकंपाच्या विघातक परिणामांची संख्या व तीव्रता जास्त आढळून येते. भूकंपाचे विघातक परिणाम पुढीलप्रमाणे आहेत.

अ) विघातक परिणाम :-

१. जिवित हानी :-

भूकंपाचे उद्रेक ज्यावेळी होतात त्यावेळी भूकंपाचा सर्वात मोठा परिणाम मानवी जिवितावर होतो. भूकंपामुळे घरांची पडझड होऊन ढिगाऱ्याखाली लोक सापडून, शॉर्ट सर्किटमुळे आग लागून, दरडी

कोसळून जिवित हानी मोठी होते. भारतातील गुजरात राज्यातील भूज परिसरात २६ जानेवारी २००१ रोजी झालेल्या भूकंपावेळी एक लाखापर्यंत जिवित हानी झाली होती.

२. आगी लागणे :–

भूकंप झाल्यानंतर विजेचे खांब वाकल्यामुळे तसेच घरांची पडझड झाल्यामुळे विद्युत तारा तुटल्याने शॉर्ट सर्किट होऊन आणि ज्वालाग्रही वायूंच्या पाईप फुटल्यामुळे आगी लागतात. इ. स. १९२३ साली जपानमध्ये झालेल्या भूकंपावेळी आगी लागून जिवित व वित्तहानी मोठ्या प्रमाणात झाली होती.

३. वित्तहानी :–

भूकंपामुळे घरांची पडझड, रस्ते, पुल, रेल्वेमार्ग उद्ध्वस्त झाल्यामुळे, धरणे फुटल्यामुळे कोट्यावधी रुपयांची हानी होते. याशिवाय भूकंप आपत्तीचे निवारण करणे तसेच वाहतूक मार्ग व इतर घटकांची दुरुस्ती व नवनिर्माण करणे यासाठी कोट्यावधी रुपये खर्च होतात.

४. भूमीपात :–

पर्वतीय प्रदेशात जेव्हा भूकंप होतात त्यावेळी तळाधार कमी झालेल्या डोंगरकड्यांचा भाग खाली कोसळतो. महाराष्ट्रातील १९६७ सालच्या भूकंपात कोयनानगर परिसरात अनेक ठिकाणी दरडी कोसळलेल्या होत्या. भूमीपातामुळे जिवित व वित्तहानी होते.

५. नद्यांना येणारे महापूर :–

भूकंपाच्या तीव्र धक्क्यामुळे अनेकवेळी नद्यांवर बांधलेल्या धरणांना तडे जावून धरणे फुटतात. धरणे फुटल्यामुळे नदी प्रवाह मार्गात अचानक पाणी वाढल्याने महापूर येतात. अनेकवेळा भूमीपातामुळे नदीच्या मूळ प्रवाहमार्गात बदल होतात, अशावेळी पूर येवून जिवित व वित्तहानी होते.

६. विहिरी व नद्या कोरड्या पडणे :–

अनेकवेळा भूकंप होतेवेळी विहिरींच्या तळास तसेच नदीच्या पात्रात भेगा पडून विहीरीतील पाणी नाहीसे होणे व नदीचे प्रवाह नाहीसे होणे असे प्रकार घडतात. काहीवेळा भूकंपावेळी भूगर्भातील जोड व भेगात बदल होऊन विहिरी व कूपनलिकांचे पाणी कमी होते किंवा पूर्ण बंद होते.

७. भूपृष्ठाला भेगा पडणे :–

ज्यावेळी भूकंप होतात त्यावेळी भूपृष्ठ जोरजोरात हादरविले जाते. अशावेळी कठीण भूकवचाला तडे जावून छोट्या–मोठ्या भेगा पडतात. १९६७ साली कोयनानगर येथे झालेल्या भूकंपावेळी ५०

कि.मी. लांबीची १०-१५ सें.मी. रुंदीची भेग पाटण तालुक्यात निर्माण झाली होती. भूपृष्ठाला पडलेल्या भेगा वाहतूकीवर विपरित परिणाम करतात.

८. वाहतूकीवरील परिणाम :-

भूकंपामुळे अनेक ठिकाणी रस्ते व रेल्वेमार्गावरील पूल पडल्यामुळे वाहतूक बंद होते. तसेच भूकंपामुळे रस्त्यावर जास्त रुंदीच्या भेगा पडल्यास वाहतूकीस अडथळा निर्माण होतो. बऱ्याच वेळा रेल्वेरूळ वाकडे होवून वाहतूक विस्कळीत होते. भूकंपावेळी पर्वतीय प्रदेशात भूमीपात होवून अनेकवेळा रस्ते व रेल्वेमार्ग बंद होतात.

९. भूपृष्ठ खचविणे :-

भूकंपाच्या उद्रेकावेळी काहीवेळा भूपृष्ठ उंचावले जाते तर काही वेळा भूपृष्ठ खचविले जाते. भूपृष्ठ खचविल्यामुळे पूर्वीचे समुद्र किनारे नष्ट होवून त्सुनामीमुळे अशा प्रदेशात जिवित व वित्त हानी मोठ्या प्रमाणात होते.

१०. साथीचे रोग :-

अनेकवेळा भूकंप रात्रीच्या वेळी होत असल्यामुळे घरांची पडझड होऊन लोक ढिगाऱ्याखाली गाडले जाऊन मृत्यूमुखी पडतात. तसेच मृत जनावरे, मानवी प्रेते कुजून सर्वत्र दुर्गंधी पसरते व साथीचे रोग उद्‌भवतात.

वरीलप्रमाणे भूकंपाचे विघातक परिणाम होत असले तरी भूकंपाच्या उद्रेकामुळे काही विधायक परिणाम होत असलेले आढळतात. भूकंपामुळे होणारे विघातक परिणाम पुढीलप्रमाणे आहेत.

ब) विधायक परिणाम :-

१. भूपृष्ठ उंचावणे :-

भूकंपाच्या उद्रेकामुळे एखाद्या खोलगट ठिकाणचे भूपृष्ठ उंचावल्यास तो प्रदेश सखल होवून त्याचा वापर शेतीसाठी करता येतो. भारतातील कच्छ प्रदेशात, १८१९ साली झालेल्या भूकंपामुळे त्सुनामी लाटा किनाऱ्याकडे येवू लागलेल्या होत्या; परंतु त्याचवेळी २४ कि.मी. लांबीचा प्रदेश उंचावल्यामुळे त्सुनामीपासून त्या प्रदेशातील लोकांचा बचाव झाला.

२. सरोवरांची निर्मिती :-

भूकंपामुळे एखाद्या स्थानिक प्रदेशात विस्तीर्ण आकाराचा भूभाग खचविल्यामुळे या खोल खड्यात

पाणी साचून सरोवर निर्मिती होते. अशी सरोवरे शेती, जलवाहतूक, मत्स्यपालन व पर्यटनासाठी वरदान ठरतात.

३. पृथ्वीच्या अंतरंगाचा अभ्यास :–

भूकंप उद्रेकावेळी अनेक प्रकारच्या भूकंप लहरी निर्माण होतात. या भूकंप लहरींच्या वेगाद्वारे पृथ्वीच्या अंतरंगातील खडकाची घनता व त्यांचे माध्यम (द्रव/घन) समजू शकते.

४. मृदेची निर्मिती :–

काहीवेळा भूकंपाचे उद्रेक तीव्र स्वरूपाचे असल्यास ज्वालामुखीचे उद्रेक होवून लाव्हारस संचयित होतो. या लाव्हारसापासून काळी कापसाची मृदा तयार होते.

५. गरम पाण्याचे झरे :–

भूकंपामुळे काही ठिकाणे गरम पाण्याचे झरे निर्माण होतात. या गरम पाण्यामध्ये गंधकाचे गुणधर्म असल्यामुळे त्वचेच्या रोगावर त्याचा चांगला परिणाम होतो.

६. नैसर्गिक बंदराची निर्मिती :–

भूकंपावेळी समुद्र किनाऱ्यालगतचा प्रदेश खचविल्यामुळे खोल खाड्या निर्माण होतात. त्यामुळे नैसर्गिक बंदराची निर्मिती होऊन जलवाहतूकीस मदत होते.

७. इतर परिणाम :–

अ) भूकंपाच्या उद्रेकामुळे काही ठिकाणी जोड व भेगांची निर्मिती होऊन कोरड्या विहीरींना पाणी लागते.

ब) नदीप्रवाह मार्गातील एखादा भूभाग खचल्यामुळे धबधब्याची निर्मिती होते.

क) नदी प्रवाहमार्गात भूमीपात झाल्यास नदीप्रवाह अडविला जाऊन नैसर्गिक बांध तयार होवून जलाशय निर्माण होतात.

वरीलप्रमाणे भूकंपाचे विधायक परिणाम होत असले तरी भूकंपामुळे होणाऱ्या जिवित हानीमुळे भूकंपाला आपत्ती असे म्हणतात. भूकंपामुळे जिवित व वित्त हानीबरोबरच पर्यावरणाची हानीही खूप मोठ्या प्रमाणात होते.

❐ भूकंपाचे वितरण :–

पृथ्वीच्या विशिष्ठ अशा भूगर्भशास्त्रीय रचनेमुळे विशिष्ठ प्रदेशात भूकंपाचे उद्रेक सतत होतात. ज्वालामुखी उद्रेकाच्या प्रदेशात तसेच नवनिर्मित पर्वत रांगाच्या प्रदेशात सातत्याने भूकंप होताना

आढळतात. याशिवाय खंडांत उताराच्या प्रदेशातही भूकंपाचे उद्रेक वारंवार बसतात. दोन सागरी प्रदेश व दोन भूमीखंडाचे भाग एकमेकांना एकत्र येऊन मिळतात, असे प्रदेश भूगर्भशास्त्रीय दृष्टिकोनातून कमकुवत असल्यामुळे भूकंपाची शक्यता जास्त असते. जगातील आजपर्यंत झालेल्या भूकंपाच्या प्रदेशावरून असे लक्षात येते की, ५० टक्क्यांपेक्षा जास्त भूकंप नवनिर्मीत पर्वतीय प्रदेशात झालेले आहेत. ४० टक्के भूकंप खंडांत उतारावर होत असून केवळ १० टक्के भूकंप पृथ्वीवर इतर प्रदेशात झालेले आढळतात. भूगर्भशास्त्रात कमकुवत प्रदेशात वारंवार भूकंप होत असले तरी दख्खनच्या पठारी प्रदेशावरही भूकंपाचे धक्के काही वेळेस बसलेले आहेत.

❀ भूकंपाचे जागतिक वितरण :-

जगात भूकंपाचे महत्त्वाचे दोन प्रमुख पट्टे असून ते पुढीलप्रमाणे आहेत.

अ) पॅसिफिक महासागरासभोवतालचा पट्टा :-

पॅसिफिक महासागरासभोवतालचा भूकंप प्रदेश आशिया खंडाचा पूर्व किनारा तसेच उत्तर व दक्षिण अमेरिकेच्या पश्चिम किनारपट्टीला अनुसरून वितरीत झालेला आहे. या प्रदेशात होणारे बहुतांश भूकंप ज्वालामुखीच्या उद्रेकामुळे होत असावेत असे शास्त्रज्ञांचे मत आहे. या पट्ट्यांची सुरूवात दक्षिण अमेरिकेच्या दक्षिण टोकापासून ॲडिज व रॉकी या पर्वतीय प्रदेशांना अनुसरून अलास्कापर्यंत पसरलेला आहे. अलास्कापासून पुढे पूर्व सैबेरिया येथील जपान बेटे, फिलीपाईन्स, न्यूगिनी, न्यूझीलंड या बेटांवरून अंटार्क्टिकाकडे वळलेला आहे. या भूकंपाच्या पट्ट्यातील जपान या देशाला 'भूकंपाचा देश' असे म्हणतात. जपानमधील नवनिर्मित पर्वतरांगा व पॅसिफिक महासागरातील खोल प्रदेशांच्या सिमावर्ती भागात सतत जास्त तीव्रतेचे भूकंप होतात. जगातील सर्वात जास्त तीव्रतेचे व अती हानीकारक भूकंप जपानच्या हांन्शू बेटावर होतात.

आकृती क्र. ३.५

जगातील एकूण भूकंपापैकी ६८ टक्के भूकंप याच पॅसिफिक महासागराच्या पट्ट्यात आढळतात. १ सप्टेंबर १९२३ रोजी जपानमधील टोकियो येथे २ तास २० मिनिटे इतक्या दीर्घ कालावधीचा भूकंप अति विनाशकारी ठरलेला आहे.

ब) मध्य अटलांटिक व भूमध्यसागरीय भूकंपाचा पट्टा :-

भूकंपाचा हा पट्टा विषुववृत्ताला समांतर दिशेत पसरलेला आहे. अटलांटिक महासागरातील जलमग्न पर्वत रांगेपासून हा पट्टा सुरू होऊन भूमध्य समुद्रासभोवतालच्या प्रदेशाजवळून तो पूर्वेकडील इराण, पाकिस्तान या मार्गाने भारतातून पूर्वेकडे गेलेला आढळतो. जगातील अर्वाचीन घडीपर्वत या प्रदेशात असल्यामुळे भूपृष्ठाला घड्या पडताना भूकवचाचा भाग कमकुवत झाल्याने तेथे भूकंप होत असावेत असे अभ्यासकांचे मत आहे.

❀ भारतातील भूकंपाचे प्रदेश :-

भारताची भूगर्भ रचना सर्वत्र एकसारखी नसून काही प्रदेश अतिप्राचीन असून ते प्रदेश भूकंपदृष्ट्या स्थिर अवस्थेत असून काही प्रदेशातील भूरूपे नवनिर्मित असून अस्थिर अवस्थेत आहेत. भारतातील भूकंपाचे प्रदेश हिमालय या घडी पर्वताशी संबंधित असून दक्षिणेकडील प्राचीन खडकांचा प्रदेश व हिमालय यांच्या सिमावर्ती प्रदेशात भूकंप जास्त होतात. भारतातील नर्मदा नदीच्या उत्तरेकडील हिमालय पर्वताचा पायथा, जम्मू काश्मिर, कुमाऊँ टेकड्या, आसाम, बिहार, पं. बंगाल व कच्छ परिसरात भूकंपाची वारंवारिता दक्षिणेकडील प्रदेशापेक्षा जास्त आहे. दक्षिण भारत (द्विपकल्पीय पठार) भूकंपाच्यादृष्टीने सुरक्षित मानले जाते. परंतु १९६७ सालचा कोयनानगरचा भूकंप, तसेच किल्लारी, उमरगा भूकंपामुळे दक्षिणेकडील भूप्रदेशही भूकंपापासून सुरक्षित नाहीत हे स्पष्ट होते.

३.२.४ ज्वालामुखी : कारणे व परिणाम

☛ ज्वालामुखी :-

पृथ्वीपृष्ठभागावर बदल घडवून आणणाऱ्या शिघ्र गतीने कार्य करणाऱ्या शक्तीपैकी ज्वालामुखी क्रिया महत्त्वाची आहे. ज्या प्रक्रियांमुळे भूगर्भातील तप्त अशा घनरुप, द्रवरुप व वायुरुप पदार्थ भूकवचाकडे अथवा भूपृष्ठावर येण्याच्या सर्व क्रियांना ज्वालामुखी क्रिया असे म्हणतात. ज्वालामुखी क्रियांचे दोन भाग पडतात. यातील पहिल्या प्रकारात भूगर्भातील तप्त शिलारस व इतर तप्त वायुरुप व घनरुप पदार्थ भूपृष्ठाकडे फेकले जातात परंतु भूपृष्ठावर येत नाहीत.

ज्वालामुखी क्रियेच्या दुसऱ्या प्रकारात भूकवचाला पृथ्वीच्या अंतर्गत भागापर्यंत खोल पडलेल्या

विस्तीर्ण अशा भेगेला ज्वालामुखी असे म्हणतात. या भेगेतून पृथ्वीच्या अंतरंगातील तप्त पदार्थ पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर येत असतात.

ज्या ठिकाणाहून अग्नी किंवा ज्वाला बाहेर पडतात त्यास ज्वालामुखी असे म्हणतात. वॉरर्सेस्टरच्या मते ज्वालामुखी सामान्यत: एक गोल किंवा जवळजवळ गोलाकार छिद्र असून त्यातून पृथ्वीच्या भूगर्भामधून तप्त वायू, पाणी, लाव्हारस व खडकाचे तुकडे बाहेर पडतात. ज्वालामुखी क्रियेत पुढील तीन घटकांचा अंतर्भाव होतो.

१) भूगर्भातील खडक वितळणे.

२) द्रवरुप तप्त पदार्थ नलिकेच्या साहाय्याने वाहणे.

३) पृथ्वीवर या पदार्थाचे प्रकटीकरण होणे.

❀ ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून बाहेर पडणारे पदार्थ :-

ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून घनरुप, द्रवरुप व वायुरुप असे तीन प्रकारचे पदार्थ बाहेर पडतात. या पदार्थांचे स्वरुप पुढीलप्रमाणे असते.

१. बाष्प :-

पृथ्वीच्या अंतरंगातील अती उष्णतेमुळे द्रवरुप पदार्थ तसेच वितळलेल्या खडकामुळे वायुरुप पदार्थ बाहेर पडतात. बाष्प ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून बाहेर पडल्यामुळे ज्वालामुखीच्या सभोवताली बाष्पाचे प्रमाण वाढून ढग निर्माण होतात व भरपूर पर्जन्यवृष्टी होते.

२. विविध वायू :-

ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून बाष्पाशिवाय कार्बनडाय ऑक्साईड, हायड्रोजन सल्फाईड, हायड्रोजन क्लोराईड, हायड्रोक्लोरिक ॲसिड इत्यादी वायू बाहेर पडतात.

३. लाव्हारस :-

ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून वायूबरोबरच द्रवरुप तप्त पदार्थ बाहेर पडतो त्यास 'लाव्हारस' असे म्हणतात. लाव्हारसात असणाऱ्या सिलिकाच्या प्रमाणानुसार लाव्हारसाचे दोन उपप्रकार पाडले जातात.

अ) ॲसिडीक लाव्हा : या लाव्हारसात सिलिकाचे प्रमाण ७० टक्के अथवा त्यापेक्षा जास्त असू शकते. हा लाव्हा रस अतिशय घट्ट असून वजनाने हलका व पिवळसर रंगाचा असतो. या लाव्हा रसाचा उत्कलन बिंदू अतिशय उच्च असतो.

ब) बेसिक लाव्हा : या प्रकारच्या लाव्हा रसात सिलिकाचे प्रमाणे ३० ते ४० टक्के इतके असते हा लाव्हारस रंगाने काळा असून याचे उद्रेक शांत असतात.

४. घनरुप पदार्थ :–

ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून विविध आकाराचे घनरुप पदार्थ बाहेर टाकले जातात. ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून राख, खंडमय पदार्थ, ज्वालामुखीचे गोळे व अश्मखंड यासारखे घनरुप पदार्थ ज्वालामुखी क्रियेद्वारे बाहेर टाकले जातात.

❀ ज्वालामुखी उद्रेकाची कारणे :–

१. पृथ्वीच्या अंतरंगातील तापमान :–

पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून भूगर्भात जसजसे खोल जावे तसतसे तापमान वाढत जाते. तापमान वाढीचा दर हा १०० मीटर खोलीला ३° सेंटीग्रेड इतका आढळतो. पृथ्वीची उत्पत्ती अतिउष्ण अशा तेजोगोलापासून झालेली असल्यामुळे पृथ्वीच्या उत्पत्तीपासूनच पृथ्वीच्या अंतरंगात प्रचंड उष्णता आहे.

याशिवाय पृथ्वीच्या अंतरंगात विविध रासायनिक अभिक्रिया होत असल्यामुळे उष्णता निर्माण होऊन अंतर्गत भागाचे तापमान वाढते. भूगर्भातील किरणोत्सर्गी मूलद्रव्याचे अपघटन होवून उष्णता निर्माण होते.

२. पृथ्वीच्या अंतरंगातील दाब कमी होणे :–

पृथ्वीच्या अंतरंगात प्रचंड उष्णता असूनही पृथ्वीच्या दाबामुळे खडक वितळत नाहीत. कारण कोणत्याही पदार्थावरचा दाब वाढल्यास त्याचा उत्कलनबिंदू वाढतो. परंतु काही विशिष्ट कारणांमुळे भूगर्भातील दाब कमी झाल्यामुळे उत्कलनबिंदू खाली येवून तेथील खडक वितळतात. त्यापासून शिलारस तयार होतो. हा तप्त शिलारस बाहेर पडण्याचा प्रयत्न करतो. त्यामुळे ज्वालामुखीची क्रिया घडून येते.

३. वायूरूप पदार्थांचे प्रसरण :–

पृथ्वीच्या अंतरंगातील अतिउष्णतेमुळे विविध प्रकारचे वायू प्रसरण पावतात. हे प्रसरण पावलेले वायू भूपृष्ठाकडे येण्याचा प्रयत्न करतात. या वायूबरोबरच पृथ्वीच्या अंतरंगातील शिलारस भूपृष्ठाकडे येतो.

४. कमकुवत भूकवच :–

पृथ्वीचे बाह्य कवच सर्वत्र सारखे नाही. काही ठिकाणी हे भूकवच कमकुवत असल्यामुळे भेगा पडलेल्या ठिकाणाहून तप्त वायू व शिलारस भूपृष्ठाकडे येण्याचा प्रयत्न करतो. त्यामुळे ज्वालामुखीचे उद्रेक होतात.

❁ ज्वालामुखीचे प्रकार :-

अ) जागृत ज्वालामुखी :-

ज्या ज्वालामुखीतून सतत ज्वालामुखीचे उद्रेक होत असतात. तसेच केव्हाही उद्रेक होण्याची शक्यता असते, त्या ज्वालामुखीस जागृत ज्वालामुखी असे म्हणतात. या ज्वालामुखीच मुख सतत उघडे असते. जगात अशा प्रकारचे ५०० ज्वालामुखी असून भूमध्य समुद्रातील सिसली बेटावरील स्ट्रॉम्बोली हा जागृत ज्वालामुखी असून या ज्वालामुखीस भूमध्य समुद्रातील द्वीपगृह असे म्हणतात.

ब) निद्रिस्त ज्वालामुखी :-

ज्या ज्वालामुखीमधून पूर्वी ज्वालामुखीचे सतत उद्रेक होत होते परंतु सध्या उद्रेक होणे बंद झालेले आहे. त्याठिकाणी पुन्हा अचानकपणे उद्रेक होण्याची शक्यता असते. अशा ज्वालामुखीस निद्रिस्त किंवा सुप्त ज्वालामुखी असे म्हणतात. इटलीमध्ये व्हेसुव्हियस ज्वालामुखीचा उद्रेक इ.स. ७९ मध्ये झाला होता. त्यानंतर अलीकडे १९४४ साली ज्वालामुखीचा उद्रेक झालेला आढळतो. निद्रिस्त ज्वालामुखी अचानक होत असल्यामुळे जास्त हानीकारक असतात.

क) मृत ज्वालामुखी :-

एखाद्या ज्वालामुखीमध्ये पूर्वी उद्रेक होत असत परंतु सध्या उद्रेक होत नाहीत त्यास 'मृत ज्वालामुखी' असे म्हणतात. या ज्वालामुखीचे तोंड बंद झालेले असते अशा थंड झालेल्या प्रदेशात (ज्वालामुखात) पाणी साचून सरोवर निर्माण होते, त्यालाच 'क्रेटर लेक' असे म्हणतात. उत्तर अमेरिकेतील अलास्कामध्ये ॲनीॲकचॅक हा ज्वालामुखी मृत प्रकारचा आहे.

❁ ज्वालामुखी निर्मित भूरूपे :-

ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून बाहेर पडणाऱ्या लाव्हारसाच्या संचयनामुळे सर्वसाधारण शंकू आकाराची भूरुपे तयार होतात. याशिवाय ज्वालामुखीय क्रियेमुळे भूपृष्ठाखाली तसेच भूपृष्ठावर विविध आकाराची भूरुपे तयार होतात. ज्वालामुखी निर्मित भूरुपांचे वर्गीकरण साधारणपणे पुढीलप्रमाणे दोन गटात केले जाते.

अ) अंतनिर्मित ज्वालामुखीय भुरूपे :-

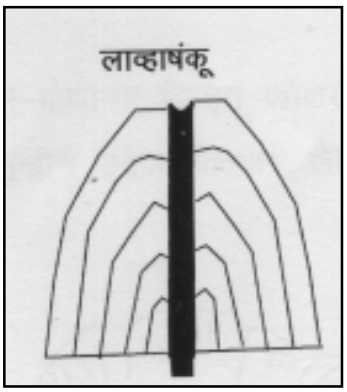
पृथ्वीच्या अंतरंगातील लाव्हारस भुपृष्ठाकडे येण्याचा प्रयत्न करतो. परंतु काही वेळेस हा लाव्हारस भुपृष्ठाकडे येण्याऐवजी भूकवचात असणाऱ्या विविध आकाराच्या पोकळीत संचयित होऊन थंड झाल्यानंतर वेगवेगळ्या आकाराचे खडक तयार होतात. या खडकांनाच अंतनिर्मित ज्वालामुखीय भुरूपे

असे म्हणतात. या भूमीस्वरूपांच्या आकारानुसार डाईक स्टॉक, नेक, बॅथोलीथ लॅकोलिथ, फॅकोलीथ व सील या भूमी स्वरूपांची निर्मित होते.

ब) बाह्यनिर्मित ज्वालामुखीय भूमिस्वरूपे :-

१. लाव्हाशंकू :-

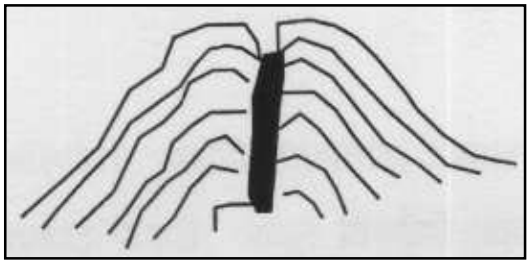
ज्वालामुखीच्या सभोवताली लाव्हारसाचे संचयन होवून त्यास शंकूसारखा आकार प्राप्त होतो त्यास लाव्हा शंकू असे म्हणतात. लाव्हा शंकूचे ॲसिड लाव्हा शंकू व बेसिक लाव्हा शंकू असे दोन प्रकार पडतात. ॲसिडीक लाव्हा घट्ट असल्यामुळे जास्त उंचीचे, कमी विस्ताराचे व तीव्र उताराचे शंकू तयार होतात. बेसीक लाव्हा पातळ असल्यामुळे तो पसरतो त्यामुळे कमी उंचीचे जास्त विस्ताराचे व मंद उताराचे शंकू तयार होतात.



आकृती क्र. ३.६

२. राख व सिंडर शंकू :-

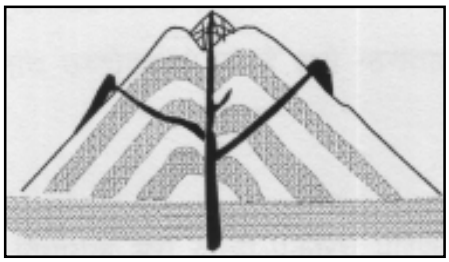
ज्वालामुखी उद्रेकाच्यावेळी ज्वालामुखीय राख बाहेर पडते. या राखेत धूळ, खडकांचे लहान मोठे तुकडे ज्वालामुखीतून बाहेर टाकले जातात. त्यांच्या संचयनातून तयार होणाऱ्या भूरुपास राख व सिंडर शंकू असे म्हणतात. या शंकूचा आकार ज्वालामुखी उद्रेकाचे स्वरूप, वाऱ्याची दिशा व स्थिती यानुसार निश्चित होतो.



आकृती क्र. ३.७ : राख व सिंडर शंकू

३. संमिश्र शंकू :-

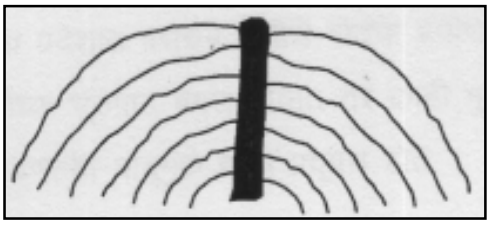
काही वेळा ज्वालामुखी उद्रेकातून केवळ लाव्हारस बाहेर पडून त्याचे संचयन होते. काही काळानंतर ज्वालामुखी पुन्हा जागृत होवून ज्वालामुखीतून राख बाहेर पडते व संचयन होते अशा प्रकारे लाव्हारस व राख यांचे आलटून-पालटून थर तयार होवून जे शंकू तयार होतात त्यास संमिश्र शंकू असे म्हणतात.



आकृती क्र. ३.८ : संमिश्र शंकू

४. ज्वालामुखी स्तंभ :-

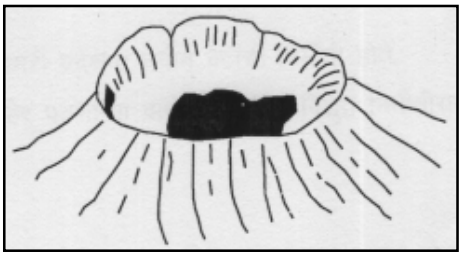
ज्वालामुखी उद्रेकातून त्याच्या शिरोभागात एक नलिका तयार होते, या नलिकेत लाव्हारसाचे संचयन होवून ज्वालामुखी स्तंभ निर्माण होतात.



आकृती क्र. ३.९ : ज्वालामुखी स्तंभ

५. क्रेटर :-

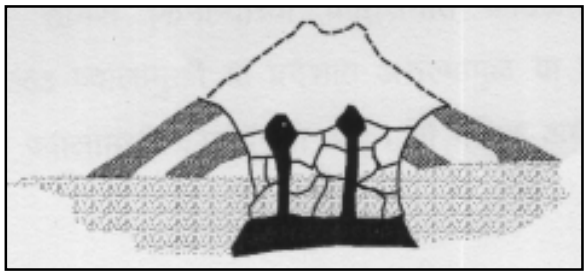
ज्वालामुखी शंकूच्या शिरोभागात तयार होणाऱ्या विस्तृत खोलगट भागाला क्रेटर असे म्हणतात. क्रेटरचा आकार विस्तृत होत जातो व त्यानंतर ज्वालामुखीचे उद्रेक झाल्यास क्रेटरमध्येच लहान-लहान शंकू तयार होतात त्यास घरट्याकार क्रेटर असे म्हणतात.



आकृती क्र. ३.१० : क्रेटर

६. **कॅलडेरा :-**

क्रेटरच्या अति विस्तीर्ण आकारास 'कॅलडेरा' असेही म्हणतात. ज्वालामुखी उद्रेकाच्या तीव्र स्फोटामुळे ज्वालामुखीच्या शिरोभागाचा बराचसा भाग अंतराळात फेकला जाऊन विस्तीर्ण आकाराचा खोल खड्डा निर्माण होतो यालाच 'कॅलडेरा' असे म्हणतात.



आकृती क्र. ३.११ : कॅलडेरा

वरील प्रकारच्या भूरुपाशिवाय ज्वालामुखी उद्रेकाच्या प्रदेशात गरम पाण्याचे झरे वाहू लागतात, तर काही ठिकाणी भूगर्भातील गरम पाणी वर उडते, त्यालाच उण्णोदकाचे फवारे असे म्हणतात.

❀ ज्वालामुखीचे परिणाम :-

ज्वालामुखीच्या उद्रेकामुळे विघातक व विधायक असे दोन्ही प्रकारचे परिणाम होतात.

अ) विघातक परिणाम :-

१) ज्वालामुखी उद्रेकामुळे जिवीत व वित्तहानी खूप मोठ्या प्रमाणात होते.

२) मानवाचे नेहमीचे शांततामय जीवन विस्कळीत होते.

३) लाव्हारस व राख सभोवतालच्या प्रदेशात पसरून शेतीचे मोठ्या प्रमाणात नुकसान होते.

४) लाव्हारसाचे संचयन होवून पूर्वीच्या भूरुपात बदल होतात तर काही भुरूपे नष्ट होतात.

५) ज्वालामुखी उद्रेकातून बाहेर पडणाऱ्या वायूमुळे हवेचे प्रदूषण होते.

ब) विधायक परिणाम :-

१) ज्वालामुखीतून बाहेर पडणाऱ्या पदार्थामुळे पृथ्वीच्या अंतरंगाचा अभ्यास करता येतो.

२) ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून बाहेर पडलेल्या शिलारसाच्या संचयनामुळे शेतीस उपयुक्त अशी सुपीक मृदा तयार होते.

३) ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून भूगर्भातील खनिजद्रव्ये भूपृष्ठाकडे येतात. त्यामुळे खनिजांचे उत्खनन सहजपणे करता येते.

४) ज्वालामुखी उद्रेकाद्वारे सागरी प्रदेशात नवीन बेटांची निर्मिती होते.

५) ज्वालामुखी उद्रेकातून बाहेर पडणाऱ्या वाफेचा उपयोग विद्युत निर्मितीसाठी करता येवू शकतो.

❒ ज्वालामुखीचे जागतिक वितरण :-

पृथ्वी पृष्ठभागावर ज्वालामुखीचे उद्रेक एका विशिष्ट प्रदेशात सतत होत असलेले आढळतात. जगातील ज्वालामुखीचे प्रदेश तीन पट्ट्यात वितरीत झालेले आढळतात.

१. पॅसिफिक पट्टा :-

जगातील एकूण ज्वालामुखीच्या ६६ टक्के ज्वालामुखी या प्रदेशात होतात. या ज्वालामुखीच्या पट्ट्यात उत्तर व दक्षिण अमेरिकेचा पश्चिम किनारा, न्यूझीलंड, इंडोनेशिया, फिलीपाईन्स, जपान या प्रदेशाचा समावेश होतो. या पट्ट्यातील बहुतांश ज्वालामुखी सागरी किनाऱ्याच्या पर्वतरांगात आढळतात. सेपर यांच्या ज्वालामुखीय अभ्यासाच्या निष्कर्षानुसार जगातील ३५३ ज्वालामुखी या प्रदेशात असल्यामुळे या प्रदेशाला 'अग्निकंकण' या नावाने ओळखले जाते. जगातील सर्वात उंच ज्वालामुखी कोटोपॅक्सी असून तो दक्षिण अमेरिकेतील अँडीज पर्वतीय प्रदेशात आहे.

२. युरेशियन पट्टा :-

युरेशियन ज्वालामुखी पट्टा युरोप आणि आशिया खंडातील आल्प्स व हिमालयाच्या पर्वत रांगावरून गेलेला आहे. या पट्ट्याची सुरुवात आईसलँड बेटापासून होवून कॅनरी बेटे, भूमध्य समुद्र, इराण, बलुचिस्तान, हिमालय पर्वतरांग व म्यानमारपर्यंत हा पट्टा वितरीत झालेला आहे.

३. अटलांटिक पट्टा :-

अटलांटिक ज्वालामुखीय पट्टा एक सलग आढळत नाही. अटलांटिक महासागरात दक्षिण बाजूस दोन महत्वाची ज्वालामुखीची क्षेत्रे आढळतात.

याशिवाय हिंदी महासागरात असणाऱ्या मॉरिशस, कोमोरो या बेटावर मृत ज्वालामुखी आढळतात.

३.३ सारांश

मानवाने अवकाशात लाखो किलोमीटर प्रवास करून विश्वाचा वेध घेतलेला आहे. परंतु आपल्याच पृथ्वीगोलाच्या अंतरंगात मात्र त्यास प्रवेश करता येत नाही. मात्र पृथ्वीच्या अनेक रासायनिक व भौतिक वैशिष्ट्यांच्या अंदाजानुसार निरीक्षणानुसार मानवाने पृथ्वी अंतरंगाचा अभ्यास केलेला आहे. त्यानुसार पृथ्वीचे अंतर्गत तापमान, पृथ्वीची घनता, भूकंप लहरी, ज्वालामुखी आदी बाबींनुसार पृथ्वी अंतरंगाचे विविध भागात वर्गीकरण केले आहे.

पृथ्वीच्या बाह्य आवरणास भूकवच किंवा शिलावरण असे म्हणतात. शिलावरण कडक, टणक व घन स्वरूपात आहे. पृथ्वीच्या अंतरंगाचे मात्र तीन मुख्य विभागात वर्गीकरण केले आहे. प्रावरण, मध्यावरण व गाभा, पृथ्वीचे अंतर्गत भागाचे तापमान प्रचंड असून दर '३२' मीटरला '१' डिग्री सेंटीग्रेडने वाढताना दिसते. पृथ्वीची सरासरी घनता ५.५ आहे. मात्र तापमानासारखेच घनता पृथ्वीच्या अंतर्गत खोलीनुसार वाढताना दिसते. गाभ्यामध्ये घनता ११ आहे. भूकंप लहरींची अनियमितता पृथ्वीच्या अंतर्गत भागात विविध प्रकारचे थर आहेत हे निश्चित करते.

३.४ पारिभाषिक शब्द व शब्दार्थ

- **अनुतरंग :** प्राथमिक भूकंप लहरी.
- **अवतरंग :** दुय्यम भूकंप लहरी.
- **ऊर्ध्व थर :** वरचा थर.
- **गाभा :** पृथ्वीचा अंतर्गत तळभाग.
- **कवच :** पृथ्वीचा वरील पृष्ठभाग.
- **प्रावरण :** पृथ्वीचे अंतरंगातील मध्यावरण.
- **विलगता :** दोन भिन्न थरांतील भाग.
- **शिलावरण :** पृथ्वीचे घन व टणक भूपृष्ठ.
- **गारगोटी :** सिलीकेट खनिज.
- **निम्न :** खालचा थर.
- **भूऔष्णीक :** भूगर्भातील दाबामुळे वाढलेले तापमान.
- **शिलारस :** तप्त लाव्हा रस.

३.५ स्वयं–अध्ययनासाठी प्रश्न

प्रश्न : रिकाम्या जागी कंसातीय योग्य पर्याय निवडून विधाने पुन्हा लिहा.

१. पृथ्वीच्या शित व घन बाह्य प्रावरणाच्या उच्चस्तरीय विभागाला काय म्हणतात?

(अ) शिलावरण (ब) निके (क) गाभा (ड) यापैकी नाही.

२. कोणत्या भागात शिलावरणाची सरासरी जाडी ४० कि.मी. असते?

(अ) सागर (ब) खंड (क) बर्फाळ (ड) यापैकी नाही.

३. भूशास्त्राच्या अभ्यासानुसार संपूर्ण पृथ्वीगोलाची सरासरी घनता किती आहे?

(अ) ११ (ब) ७.१ (क) ५.५ (ड) ७.५.

४. पृथ्वीच्या भूपृष्ठापासून आत दर किती मिटर खोलीला '१°' सेंटीग्रेडने तापमान वाढत जाते.

(अ) ३२ (ब) २३ (क) ३०० (ड) ४५.

५. पृथ्वीच्या केंद्रभागाची सरासरी घनता किती आहे?

(अ) ५.५ (ब) ११ (क) ४.७ (ड) ७.५.

६. द्रव्य माध्यमातून कोणत्या लहरी प्रवास करू शकत नाही?

(अ) अनुतरंग (क) अवतरंग

(ब) दीर्घ लहरी (ड) वरील सर्व.

७. शास्त्रज्ञांच्या अभ्यासानुसार शिलावरणाची ..... आणि ..... शिलावरण असे दोन भाग पडतात.

(अ) ऊर्ध्व आणि निम्न (क) लांब व आखूड

(ब) जाड व पातळ (ड) यापैकी नाही.

८. मोहो विलगता ही कोणत्या थरात आढळते.

(अ) गाभा (क) शिलावरण

(ब) प्रावरण (ड) वरील सर्व.

९. पृथ्वीच्या अंतर्गत गाभा हा कोणत्या धातूपासून तयार झालेला आहे.

(अ) सोने व चांदी (क) लोह व निकेल

(ब) तांबे व कथील (ड) सोने व निकेल.

१०. भूखंडवहन सिध्दांत कोणी मांडला?

(अ) डेव्हीस *(क) आल्फ्रेड वेबर*

(ब) आल्फ्रेड वेगनर *(ड) ब्लाश.*

११. कोणत्या प्रकारच्या भूकंपलहरी सर्वात जास्त विध्वंसक असतात?

(अ) प्राथमिक *(ब) दुय्यम* *(क) भूपृष्ठ* *(ड) वरील सर्व.*

१२. ॲसिडिक लाव्हा प्रकारात सिलिकाचे प्रमाण किती टक्के असते?

(अ) ७० *(ब) ३०* *(क) ४०* *(ड) २५.*

१३. कोणत्या देशाला भूकंपाचा देश म्हणून ओळखले जाते.

(अ) चीन *(ब) जपान* *(क) भारत* *(ड) पाकिस्तान.*

१४. खालीलपैकी कोणत्या प्रदेशाला 'अग्नी कंकण' या नावाने ओळखले जाते?

(अ) युरेशियन पट्टा *(ब) पॅसिफिक पट्टा* *(क) अटलांटिक पट्टा* *(ड) यापैकी नाही.*

३.६ स्वयं–अध्ययन प्रश्नांची उत्तरे

१. *(अ) शिलावरण.*

२. *(ब) खंड.*

३. *(क) ५.५.*

४. *(अ) ३२.*

५. *(ब) ११.*

६. *(क) अवतरंग.*

७. *(अ) ऊर्ध्व आणि निम्न.*

८. *(ब) प्रावरण.*

९. *(क) लोह व निकेल.*

१०. *(ब) आल्फ्रेड वेगनर.*

११. *(क) भूपृष्ठ.*

१२. *(अ) ७०.*

१३. *(ब) जपान.*

१४. *(ब) पॅसिफिक पट्टा.*

३.७ सरावासाठी प्रश्न

३.७.१ टिपा लिहा.

१. पृथ्वीचे अंतरंग.

२. भूकंपाचे परिणाम.

३. ज्वालामुखीची कारणे.

४. प्रावरण.

५. गाभा.

६. पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेची प्रमुख वैशिष्ट्ये.

३.७.२ दीर्घोत्तरी प्रश्न.

१. पृथ्वीच्या अंतरंगाचे थर सविस्तर स्पष्ट करा.

२. आल्फ्रेड वेगनर यांचा भूखंड वहन सिध्दांत स्पष्ट करा.

३. भूकंपाची कारणे व परिणाम यांचे वर्णन करा.

४. ज्वालामुखीची कारणे व परिणाम स्पष्ट करा.

३.८ क्षेत्रीय कार्य

१. पृथ्वीच्या अंतरंगासंबंधी सखोल वैज्ञानिक माहिती मिळवून पृथ्वी अंतरंगाचे प्रारुप (Model) तयार करा व त्यात पृथ्वी अंतरंगाचे सर्व स्तरांचे विविध रंग वापरून फरक दाखवा.

२. संगणकावर माहितीचे आंतरजाल (Internet) वापरून पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेसंबंधी माहिती मिळवून त्याचे विस्तृत सादरीकरण करा.

३. जवळ असलेल्या खाणीस भेट देऊन भूपृष्ठाच्या वरच्या थराचा अभ्यास करा.

४. खोलीनुसार तापमान व घनता दाखविणारा पृथ्वीच्या अंतरंगाचा तक्ता तयार करा.

३.९ संदर्भासाठी पुस्तके

१. **सविंद्र सिंग** (१९९८) : *''जिओमॉरफोलॉजी''*, प्रयाग पुस्तक भवन, अलाहाबाद.

२. **खतीब, के. ए.** (२००६) : *''प्राकृतिक भूगोल''*, मेहता पब्लिशिंग हाऊस, पुणे.

३. **सवदी, ए. बी.** आणि **कोळेकर, पी. एस.** (२००४) : *''प्राकृतिक भूगोल''*, निराली प्रकाशन, पुणे.

४. **डॉ. सावंत, प्रकाश** (२००६) : *''प्राकृतिक भूगोल''*, फडके प्रकाशन, कोल्हापूर.

❒ ❒ ❒

घटक-४

अनाच्छादन

घटक संरचना

४.० उद्दिष्टे

४.१ प्रस्तावना

४.२ विषय विवेचन

४.२.१ विदारण : संकल्पना आणि प्रकार

४.२.२ डेव्हीसची क्षरण किंवा अपक्षयचक्राची संकल्पना

४.२.३ नदीच्या क्षरण कार्याची भूरूपे

४.२.४ नदीच्या संचयन कार्याची भूरूपे

४.३ सारांश

४.४ पारिभाषिक शब्द व शब्दार्थ

४.५ स्वयं-अध्ययन प्रश्न

४.६ स्वयं-अध्ययन प्रश्नांची उत्तरे

४.७ सरावासाठी स्वाध्याय

४.८ क्षेत्रीय कार्य

४.९ संदर्भ ग्रंथ

४.० उद्दिष्ट्ये

या घटकाच्या अभ्यासानंतर आपल्याला,

१. विदारणाची संकल्पना व प्रकार समजून घेण्यास मदत होईल.

२. डेव्हीसची अपक्षयचक्राची संकल्पना समजून घेता येईल.

३. नदीच्या क्षरण कार्याची भूरूपे जाणून घेण्यास मदत होईल.

४. नदीच्या संचयन कार्याची भूरूपे जाणून घेण्यास मदत होईल.

४.१ प्रस्तावना

निसर्गाने निर्माण केलेल्या वैशिष्ट्यपूर्ण शिल्पांना आपण भूरूपे म्हणून संबोधतो. भूरूपांचा अभ्यास भूरूपशास्त्रात केला जातो. भूरूपांची निर्मिती मूलत: अंतर्गत व बर्हिगत शक्ती आपआपल्या परीने भूरूपांना आकार देत असतात. जसे की, भूविर्वतन, वलीकरण, भ्रंश, वाहते पाणी, वारा, सागरी लाटा इत्यादी भूपृष्ठावरती प्रत्यक्ष बदल घडवून आणणाऱ्या या शक्ती आहेत. भूपृष्ठावरील वैविध्यपूर्ण भूआकारावरती सतत चालणाऱ्या आघात व घर्षणासारख्या क्रियाद्वारे भूरूपांची नेहमीच झीज होत असते. झिजलेल्या पदार्थांचे वहन बाह्यकारकांद्वारे होऊन खोलगट भागात त्यांचे संचयन होते. अर्थातच अशा प्रक्रियेतून भूपृष्ठाचा चेहरा बदलण्यास मदत होते.

भूपृष्ठावर बाह्यकारकांचे जे कार्य चालते ते विविध स्वरूपांचे असते. विघटन किंवा अपक्षय (अपक्षीणन), वहन व क्षरण या तीन प्रक्रियांमधून बाह्यशक्तीचे कार्य घडते. भूपृष्ठावर उघड्या पडलेल्या खडकांचे कण सुटे करणे ही क्रिया अपक्षयाची होय. सुट्टे झालेले खडकांचे कण विशिष्ठ मध्यस्थांकरवी (नदी, हिमनदी, वारा, सागरी लाटा इत्यादी) उंच भागाकडून सखल भागाकडे स्थलांतरित केले जातात. ही प्रक्रिया म्हणजे वहन होय. बाह्यकारकांच्या साहाय्याने भूपृष्ठाची जी झीज होते ते अर्थातच क्षरण होय. अशा प्रकारे अपक्षय, वहन व क्षरण कार्याद्वारे भूभागाची झीज करून भूरूपात बदल घडवून आणला जातो म्हणून अशा एकत्रित परिणामाला अनाच्छादन नावाने ओळखले जाते. अनाच्छादनाची घटना विशेषत: क्षरणचक्रातील युवावस्था व प्रौढावस्थेत घडून येते. लायलयांनी १८३३ मध्ये अनाच्छादन ही संज्ञा नीचयन (भूभागाची सर्वसाधारण उंची कमी होणे) घटनेला पर्याय म्हणून वापरली होती. डेव्हीसने त्यात सुधारणा करून क्षरण, वहन व अपक्षय या तीन्ही प्रक्रियांचा अंर्तभाव या संज्ञेत केला.

या घटकात आपण विदारण किंवा अपक्षीणनची संकल्पना व प्रकार, डेव्हीसचा क्षरणचक्र सिध्दांत आणि नदीच्या क्षरण व संचयन कार्याने निर्माण होणाऱ्या भूरूपांचा सखोल अभ्यास करणार आहोत.

४.२ विषय विवेचन

४.२.१ विदारण : संकल्पना आणि प्रकार

अनाच्छादनातील विदारण ही एक अत्यंत महत्वाची क्रिया आहे. खडकाचे तुकडे होणे किंवा फुटून चुरा भुगा होणे, शिवाय खडकावरती रासायनिक प्रक्रिया होऊन मूळ खडक कुजणे किंवा त्यांचे विघटन होणे अशा दोन्ही बाबी विदारण प्रक्रियेत समाविष्ट होतात. विदारणाच्या क्रियेत खडकांचे कण सुटे होण्याचीच घटना घडत असते. खडकाचे सुटे झालेले कण या क्रियेत किंचितही जागा बदलत नाहीत.

विदारणाची क्रिया इतकी पृथक्पणे होत नसून अनेक प्रक्रियांचे मिश्रण आहे. जसे एखाद्या खडकावरती रासायनिक विदारणाची क्रिया होत असताना त्याचवेळी त्याच खडकावरती कायिक विदारणाची ही क्रिया सुरू असते.

विदारणाद्वारे प्रामुख्याने चार क्रिया घडून येतात की ज्या भूरूपे किंवा भूपृष्ठाच्या दृष्टीने अत्यंत महत्त्वाच्या मानल्या जातात. त्या क्रिया पुढील प्रमाणे :-

१) विस्तृत झीज होण्यास मदत होते.

२) विदारणामुळे प्रदेशाची सर्वसाधारण उंची कमी होण्यास मदत होते.

३) भूरूपांची निर्मिती व विकासात विदारणाचा वाटा मोठा असतो.

४) कठीण भूकवचाचे मातीत रूपांतर करणारी ही एक महत्त्वाची क्रिया आहे.

❐ विदारणाची व्याख्या :-

विदारणाच्या वेगवेगळ्या व्याख्या करण्यात आल्या आहेत.

१) भूपृष्ठभागावर उघड्या पडलेल्या खडकावरती नियमीतपणे चालणारी ही प्रक्रिया असून त्यामध्ये खडकाचा चुरा किंवा भूगा होण्याबरोबरच खडकांच्या रासायनिक विघटनास विदारण म्हणतात.

२) चौधरी व चव्हाण यांच्या मते, 'खडकाचे तुकडे होऊन रेती व मातीत रूपांतर होणे या क्रियेला विदारण किंवा विखंडन म्हणतात.'

३) हॅम्बलीन यांच्या मते, 'पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील उघडे पडलेले खडक आणि वातावरणातील घटक यांच्यातील परस्पर क्रिया म्हणजे विदारण होय.'

४) ऑलिव्हर यांच्या मते, 'खडकांच्या विखंडनाबरोबरच रासायनिक गुणधर्मात बदल होऊन भूपृष्ठभागालगत प्राकृतिक व रासायनिक नवनिर्मित व समतोलीन खडकाच्या चुऱ्यास विदारण असे म्हणतात.'

५) होम्स यांच्या मते, 'अशी संपूर्ण पक्रिया की ज्यामध्ये खडकाचे वहन न होता त्यांची तूटफूट आणि रासायनिक विघटन होणे यास विदारण म्हणतात.'

६) स्पार्क यांच्या मते, 'प्राकृतिक घटकामुळे पृथ्वीच्या पृष्ठभागाची यांत्रिक प्रक्रियेने तुटफूट होणे किंवा रासायनिक विघटन होणे म्हणजे विदारण होय.'

❒ विदारणाचे प्रकार :-

भूपृष्ठानजिक उघड्या पडलेल्या खडकावरती ज्या प्रक्रियात्मक घटना घडून येतात, त्यानुसार विदारणाचे प्रमुख तीन प्रकार पडतात ते खालीलप्रमाणे :-

अ) यांत्रिक किंवा कायिक विदारण.

ब) रासायनिक विदारण.

क) जैविक विदारण.

अ) यांत्रिक किंवा कायिक विदारण

बाह्यकारके व काही वातावरणीय घटक यांच्या एकत्रित कार्याने जेव्हा खडकांच्या अनुषंगाने, औष्णिक प्रसरण, दाबमुक्त, स्फटिकांची वाढ आणि सजीवामुळे खडकांचे गुणधर्म न बदलता त्यांचे विखंडन, तुटफूट किंवा भुगा होतो, त्यास यांत्रिक किंवा कायिक विदारण असे म्हणतात. या प्रकारच्या विदरणास तापमान (सौरशक्ती), पाण्याची गोठण क्रिया, पर्जन्य, वारा, दाबमुक्ती, स्फटीकीभवन इत्यादी घटकांमुळे यांत्रिक विदारण घडून येण्यास मदत होते.

१. तापमान/सौरशक्ती :-

पृथ्वीला उष्णता प्राप्त करून देणारा सूर्य प्रमुख स्त्रोत असून सौरशक्तीच्या माध्यमातून पृथ्वीला उष्णता उपलब्ध होत असते व ती तापमानाच्या स्वरूपात आढळून येते. शुष्क हवामानाच्या प्रदेशात कोरडी हवा व निरभ्र आकाशामुळे दिवसाच्या व रात्रीच्या तापमानात फार मोठी तफावत आढळून येते. खडक विविध खनिजद्रव्यांनी बनलेले असतात. प्रत्येक खनिजाच्या त्यांच्या-त्यांच्या गुणधर्मानुसार तापमानातील बदलानुसार कमी-अधिक प्रमाणात प्रसरण पावतात. दिवसाच्या कमाल तापमानामुळे खडक झपाट्याने तापून प्रसरण पावतात व रात्रीच्या किमान तापमानामुळे ते जलदपणे आकुंचनही पावतात. खडकाशी संबंधित ही क्रिया नियमीतपणे चालू असते.

अपदलन किंवा अपपर्णन विदारण

खंडिय विदारण

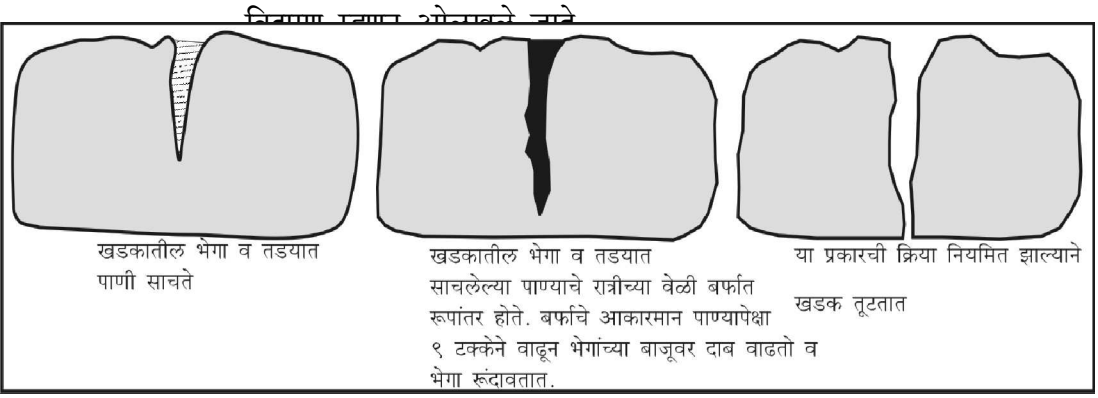
कणीय विदारण

आकृती क्र. ४.१

अशा क्रियेला अनुसरून मूळ खडकाचे तीन प्रकारे विदारण घडून येते. खडकांचा बाह्यभाग तापमानाने अधिक प्रभावीत होतो. मात्र अंतर्गत भाग फारसा प्रभावित होत नाही. त्यामुळे खडकाचा बाहेरील भाग कांद्याच्या टरफलाप्रमाणे मूळ खडकापासून विलग होऊन त्याचा चुरा होतो. यालाच अपदलन किंवा अपपर्णन विदारण असे म्हणतात. काहीवेळा विशिष्ट खडक अतिजलद थंड झाल्याने ते तितक्याच जलदपणे आकुंचनही पावतात. परिणामत: खडकाच्या पृष्ठभागास लंबरूप दिशेत तडे जातात व खंडिय विदारण घडून येते. खडकातील खनिजांच्या गुणधर्मानुरूप तापमानाला अनुसरून खनिज स्फटिक प्रसरण व अकुंचन पावतात. अशी क्रिया नियमित चालू राहिल्याने खडकाचे लहान-लहान कणात रूपांतर होते, यालाच कणीय विदारण असे म्हणतात.

२. पाण्याची गोठण क्रिया :-

भूपृष्ठीय खडकाला विविध कारणांनी भिन्न आकाराच्या भेगा पडतात. वातावरणीय घटना जसे की पर्जन्य किंवा हवेतील बाष्पामुळे अशा भेगात पाणी साचते व दिवसाच्या २४ तासातील तापमानातील टोकाच्या तफावतीमुळे दिवसा द्रवरूपात व रात्रीचे तापमान ० अंश से. किंवा त्यापेक्षा कमी झाल्याने द्रवरूप पाण्याचे बर्फात रूपांतर होते. परिणामी, पाण्याच्या आकारमानात बदल होत राहतो. पाणी जेव्हा गोठते, तेव्हा त्याच्या आकारमानात वाढ होऊन त्याचा दाब भेगांच्या बाजूवर पडून त्या रुंदावत जावून विशिष्ठ एका वेळेस खडक तुटतो. यालाच पाण्याच्या गोठण क्रियेमुळे होणारे यांत्रिक किंवा कायिक विदारण म्हणून ओळखले जाते.



आकृती क्र. ४.२

३. पर्जन्य :-

दिवसाच्या २४ तासातील तापमानातील तफावतीमुळे खडकांची प्रसरण व अंकुचनाची क्रिया सातत्याने होत राहिल्याने खडकाचे वरचे पापुंद्रे ठिसूळ बनलेले असतात. पावसाच्या वेळी पावसाच्या थेंबांचा मारा अशा ठिसूळ झालेल्या खडक पदार्थावरती झाल्यास मूळ खडकाचे बारीक कणात रूपांतर होते. शिवाय दिवसाच्या वेळी गरम खडकावरती पावसाचे पाणी पडल्यास खडक तडकतात व हळूहळू

मूळ खडकाचा चुरा होण्यास सुरवात होते. यालाच आपण पर्जन्य किंवा पावसामुळे होणारे विदारण असे म्हणतो.

४. दाबमुक्ती :-

भूभागाचा प्रचंड दाब भूपृष्ठाखालील खडकावरती पडलेला असतो. वरील दाबामुळे अंतर्गत खडक अंकुचन पावलेले असतात. बाह्यकारकांच्यामुळे वरील भूपदार्थांचे वहन किंवा झिज झाल्याने वरील दाब कमी होतो व ते खडक प्रसरण पावतात. खडकाचे आकारमान वाढल्याने तणावात्मक क्रियेचा परिणाम म्हणून खडकाला तडे जाऊन हळूहळू खडकाचा चुरा होऊ लागतो. दाबमुक्ती प्रकारचे विदारण प्रामुख्याने ग्रॅनाईट व संगमरवर खडकांवरती प्रभावीपणे आढळून येतात.

५. स्फटिकीभवन :-

विविध खनिजे व क्षारांच्या एकत्रित मिश्रणातून खडकाची निर्मिती झालेली असते. खडकातील कांही खनिजे व क्षार पाण्यामध्ये विरघळतात. खनिज व क्षार मिश्रीत पाणी खडकातील भेगेत साचून राहते व दिवसाच्या कालावधीत तापमानाचा परिणाम म्हणून पाण्याचे बाष्पीभवन होते व खडकांच्या भेगात खनिजे व क्षार कण स्फटिकांच्या स्वरूपात शिल्लक राहतात. वाढत्या तापमानामुळे अशा स्फटिकांचा आकार रुंदावतो व त्याचा दाब खडकांच्या भेगांवर पडून भेगा विस्तार पावतात. अशी क्रिया नियमीत होत राहिल्याने हळूहळू खडकांचा भुगा होतो.

६. वारा :-

इतर बाह्यकारकाप्रमाणे वारा विदारण क्रियेत आपली महत्त्वपूर्ण भूमिका बजावत असतो. भिन्न भिन्न पदार्थ वारा आपल्या वेगानुसार सोबत घेऊन वहात असतो. वाऱ्यासोबत असणारे पदार्थ आघात व घर्षणाद्वारे मार्गात येणाऱ्या खडकांची तोडफोड करतात.

वरील घटकांत बरोबरच वनस्पती व प्राणी हेही यांत्रिक विदारणाचे घटक म्हणून ओळखले जातात.

ब) रासायनिक विदारण

वातावरणीय वायू व बाह्य कारकांद्वारे भूपृष्ठीय खडकावर रासायनिक अभिक्रिया होऊन गुणधर्मातील बदलांबरोबरच खडकांचे विघटन होते, त्यास रासायनिक विदारण असे म्हणतात. रासायनिक विदारण क्रियेचे प्रमुख वैशिष्ट्य म्हणजे मूळ खडकाचे रासायनिक गुणधर्म बदलल्यामुळे विदारीत झालेल्या पदार्थास नवीन रासायनिक गुणधर्म प्राप्त होतात. वातावरणातील विविध वायू पावसाच्या पाण्यात मिसळून त्यापासून निर्माण होणाऱ्या संयुगांचा परिणाम मूळ खडकावरती होतो. परिणामी, खडकाचे विघटन होऊन

विदारणास मदत होते. खडकावरती होणाऱ्या रासायनिक प्रक्रियेच्या अनुषंगाने या विदारणाचे पुढील पाच उपप्रकार पडतात.

१. कार्बोनेशन :-

पर्जन्य काळात पावसाच्या पाण्याच्या थेंबात वातावरणातील कार्बनडाय ऑक्साईड वायू मिसळतो. या दोहोच्या संयोगातून सौम्य कार्बनिक आम्ल तयार होते. नवनिर्माण कार्बनिक आम्लाचा परिणाम प्रामुख्याने चुनखडकावरती होऊन असे खडक पाण्यात विरघळतात. कार्बनिक आम्ल व चुनखडक यांच्यात रासायनिक अभिक्रिया घडून कॅल्शियम बाय कार्बोनेट तयार होते. या एकूण प्रक्रियेत चुनखडकांचे विघटन होते व खडक कमकुवत होतात. यालाच कार्बोनेशन विदारण म्हणतात. या शिवाय ज्या खडकामध्ये कॅल्शियम, सोडियम, मॅग्नेशियम, पोटॅशियम इत्यादी सारखी खनिजे असतात. अशा खडकावर कार्बोनेशनची क्रिया प्रभावीपणे चालते व विदारण घडून येते.

२. भस्मीकरण :-

पावसाच्या पाण्याबरोबर वातावरणातील ऑक्सिजन वायूचा संयोग होऊन त्यापासून हायड्रो ऑक्साईड बनते. हायड्रोऑक्साइडचा संपर्क खडकातील विविध खनिजांशी येतो. परंतु खडकातील लोह या क्रियेत अधिक प्रभावित होते. खडकातील लोहकण गंजून विघटीत होतात. विघटीत झालेले लोहकण लालसर, भुरकट होण्याबरोबरच ते कमकुवत होतात व विदारण घडून येते. यालाच भस्मीकरण विदारण असे म्हणतात.

३. हैड्रेशन :-

भूपृष्ठावर पर्जन्यवृष्टी झाल्यावर पावसाचे काही पाणी वाहून जाते, तर काही पाणी जमिनीत मुरते. जमिनीत मुरलेले पाणी खडकाच्या संपर्कात आल्यानंतर ते पाणी खडक शोषून घेतो. खडकाने शोषलेले पाणी खडकातील सिलीकेट युक्त खनिज द्रव्याशी संयोग पावून खडकाचे विघटन होऊ लागते. या क्रियेत खडकाचे विघटन तर होतेच परंतु खडक कमकुवत बनून त्यांचा चुरा होऊ लागतो. हैड्रेशन क्रियेत फेल्डस्पार खनिजावरती मोठ्या प्रमाणावरती परिणाम घडून येतो व फेल्डस्पारचे रूपांतर चिकणमातीत होते.

४. द्रवीकरण :-

पावसाच्या पाण्याचा खडकातील काही खनिज द्रव्याशी संबंध येतो. त्यामुळे खडकातील काही खनिजे पावसाच्या पाण्यात विरघळू लागतात. उदा. चुनखडी व डोलामाईट सारख्या खडकात कॅल्शियम कार्बोनेटचे प्रमाण जास्त असल्याने ते जलदपणे पाण्यात विरघळून मूळ खडकाचे अस्तित्व शिल्लक राहत

नाही. यालाच द्रवीकरण असे म्हणतात. याशिवाय जिप्सम क्षारयुक्त खडकावरती द्रवीकरणाची क्रिया प्रभावीपणे दिसून येते.

५. सिलिका पृथ्थकरण :-

काही खडकात सिलिकाचे प्रमाण अधिक असते. असे सिलिकायुक्त खडक पाण्याच्या संपर्कात आल्यास दोहोमध्ये रासायनिक अभिक्रिया घडून सिलिका वेगळी होते. परिणामी, खडक कमकुवत व विघटीत होतात. उदा. ग्रॅनाईट खडकाचे विदारण सिलिका पृथ्थकरणाद्वारे घडून येते.

क) जैविक विदारण

खडकाचे विदारण नैसर्गिक घटकांबरोबर सजिव घटकांकडूनही घडून येते. सजीव घटकांकडून जेव्हा खडकाची मोडतोड किंवा चुरा केला गेला जातो, तेव्हा त्यास जैविक विदारण म्हणतात. जैविक विदारण मुख्यत्वे करून वनस्पती, प्राणी व मानव यांच्यामार्फत होत असते.

१. वनस्पती :-

वनस्पतीमुळे यांत्रिक व रासायनिक असे दोन्ही प्रकारचे विदारण होत असते. वनस्पतीच्या वाढीबरोबर त्यांच्या मुळांची वाढ होत असते. वाढणारी मुळे जमिनीत खोलवर जात असतात. वनस्पती मुळांच्या मार्गात खडक आल्यास अशा खडकाला भेदून मुळे आपले मार्गक्रमण करतात. मुळाच्या वाढीबरोबर मुळांचा दाब खडकावरती पडून खडक दुभंगतात, खडकातील फटी रुंदावतात, खडक ठिसूळ बनून कमकुवत होतात व जैविक विदारण घडून येते.

वनस्पतीच्या मुळाजवळ ओलसरपणा असतो, अशा ओलसर ठिकाणी सूक्ष्म जीवजंतू खडकावरती रासायनिक क्रियेस चालना देतात. सूक्ष्म जीव जंतूपासून बॅक्टेरीयन ॲसिड निर्मिती होते. खडक व बॅक्टरीयन ॲसिडमध्ये रासायनिक क्रिया घडून येऊन खडकांचे विदारण होते.

आकृती क्र.४.३

२. प्राणी :-

जमिनीच्या वरच्या थरात असंख्य जीव जंतू, किडे, किटक, जिवाणू इत्यादी असतात. त्यांच्याकडून सतत जमीन पोखरण्याचे काम चालू असते. उदा. उंदीर, घुशी, ससे, मुंगुस, गांडूळ व मुंग्या इत्यादी जमीन पोखरून बीळे करीत असतात. हे एक कायिक प्रकारचेच विदारण आहे. प्राण्यांनी निर्माण केलेल्या बिळात पाणी साचल्यास पाण्याच्या संपर्कातील खडकावर रासायनिक विदारण घडून येते.

३. मानव :-

भूपृष्ठीय खडकाचे विदारण करणारा मानव हा अत्यंत महत्त्वाचा घटक आहे. जंगलतोड, खाणकाम, विविध प्रकल्प, विहीरी, कूपनलिका, बोगदे, कालवे, इमारत बांधकामे, विमानतळे, रस्ते व रेल्वे मार्ग निर्मिती इत्यादीसाठी मानव जमिनीची खुदाई करत असतो. खुदाई दरम्यान येणाऱ्या खडकाची तोडफोड करून विदारण घडवून आणले जाते.

मानवी विदारण

लॅटिन शब्द Eroder (to gnaw away) पासून इंग्रजी शब्द Erosion आला आहे. इंग्रजी Erosion शब्दाचा मराठी अनुवाद क्षरण किंवा अपक्षय होय. क्षरण किंवा अपक्षय म्हणजे भूरूपे झिजविणे होय. क्षरण प्रक्रिया भूरूपशास्त्रातील अत्यंत महत्त्वाची प्रक्रिया आहे. कारण याच प्रक्रियेद्वारे भूरूपांची उत्क्रांती होत असल्याचे आपणास आढळून येते. म्हणूनच या प्रक्रियेच्या अनुषंगाने रिचथोपेन, हाट्न, डेव्हीस, कॉटन किंग ते चोर्लेपर्यंत विविध अभ्यासकांनी आपापले सिध्दांत मांडले आहेत. क्षरणाशिवाय अनाच्छादनाचे कार्य अपुरे राहते. ही महत्त्वपूर्ण प्रक्रिया डेव्हीसने 'क्षरणचक्र' चौकटीत बसवण्याचा यशस्वी प्रयत्न केला आहे.

भूपृष्ठीय क्षरणाचे प्रमुख कारक पाणी, वारा व बर्फ हे आहेत. यामध्ये पाणी हा एक अत्यंत

महत्त्वाचा कारक म्हणून ओळखला जातो. कारण जगातील एकूण क्षरणापैकी जवळजवळ ९० टक्के क्षरणाचे कार्य पाण्यामुळे होते. भूपृष्ठावरील प्रमुख भूरूपे केवळ क्षरणातून निर्माण झालेली नाहीत हे खरे आहे. ही भूरूपे अंतर्गत व बहिर्गत हालचालीतून निर्माण झालेली आहेत. पृथ्वीच्या अंतर्गत हालचालीमुळे पर्वत, पठारे, डोंगर, टेकड्या, दऱ्या इत्यादी भूरूपे निर्माण झाल्यावर त्यावरती बाह्यकारकांचे काम सुरू होते. काळाच्या ओघात उंचावलेली भूरूपे समतल पातळीत रूपांतरीत होतात.

पृथ्वीवरील विविध भूरूपांचा अभ्यास केल्यानंतर असे दिसून येते की, आज जी भूरूपे आहेत, ती पूर्वीच्या काळात तशी नव्हती. कारण पृथ्वीवरील भूरूपे बदलत असतात. भूमिस्वरूपात होणारे हे बदल प्रामुख्याने बहिर्गत कारकांमुळे होत असतात. बाह्यकारकांचे कार्य खणन, वहन व संचयन अशा तीन पध्दतीने चालते. बाह्यशक्तीच्या या कार्यपध्दतीमुळे भूरूपात मंद परंतु नियमित बदल होत राहतात. प्रत्येक भूमिस्वरूपाचा स्वत:चा असा एक इतिहास असतो. बाह्यशक्तीच्या कार्यातून निर्माण होणारी भूरूपे ही विशिष्ट चक्रातून तयार होतात.

❐ क्षरणचक्र किंवा अपक्षयचक्र संकल्पनेची गृहितके :-

१) भूमिस्वरूपाची निर्मिती अंतर्गत व बहिर्गत हालचालीमुळे झालेली आहे.

२) क्षरण कार्य सुरू असताना तो भू-भाग इतर कोणत्याही भू हालचालीपासून मुक्त असावा.

३) भूरूपातील बदल क्रमबध्द व विशिष्ट अवस्थेतून होत असतात, यासाठी काही कालावधी लागतो.

४) हवामानात मोठे बदल होऊ नयेत.

५) अन्य कारकांचे कार्य अल्प असावे.

❐ क्षरणचक्र किंवा अपक्षयचक्र संकल्पना :-

स्कॉटिश शास्त्रज्ञ जेम्स हट्न यांनी भूगर्भशास्त्रात प्रथम १७८५ मध्ये शक्यतेच्या आधारतत्वावर क्षरण चक्राविषयी आपली भूमिका मांडली होती. हीच संचकल्ना पुढे 'पृथ्वीच्या इतिहासाचे चक्रिय स्वरूप' या नावाने त्यांनी प्रतिपादित केली. जेम्स हट्नची ही संकल्पना व डार्विनचा उत्क्रांती सिध्दांत या दोहोंच्या आधारावर अमेरिकन भूगर्भशास्त्रज्ञ विल्लीयम मॉरिस डेव्हीस यांनी १८८९ मध्ये 'क्षरणाचे भौगोलिक चक्र' जगापुढे मांडले. त्यांनी या संकल्पनेत १८९४, १८९९ आणि १९०२ मध्ये सुधारणा केल्या. यापूर्वी त्यांनी १८८९ मध्ये 'नदी जीवनाचे पूर्ण चक्र' नावाने एक संकल्पना प्रतिपादित केली आहे. डेव्हीसचे क्षरणाचे भौगोलिक चक्र प्रतिपादन 'जशी सजिव जीवनाची उत्क्रांती होते त्याप्रमाणे काळाच्या ओघात भूरूपात क्रमबध्द बदल घडून येतात' या पायाभूत संकल्पनेवर आधारलेले

आहे. पुढे पी. जी. वॉरलेस्टर यांनी 'क्षरणाचे भौगोलिक चक्र' याऐवजी 'क्षरण चक्र' हे नाव प्रतिपादित केले.

डब्ल्यू. एम. डेव्हीसच्या मताप्रमाणे भूमिस्वरूपात कालानुरूप क्रमबध्द बदलाचे प्रमुख तीन टप्पे (युवावस्था, प्रौढावस्था व वृध्दावस्था) आहेत. नव्याने उंचावलेल्या भूपृष्ठावर बाह्यकारक कार्य करतात व त्यांच्या क्षरण कार्यामुळे उंचावलेला भूभाग हळूहळू झिजत जाऊन शेवटी समुद्र सपाटीच्या पातळीशी एकरूप असलेल्या अतिमंद उताराचे सपाट प्रदेश तयार होतात. प्रत्येक भूमिस्वरूप तेथील भूसंरचना, क्षरण प्रक्रिया व कालावधी यांच्या परिणामातून बनत असते. यालाच डेव्हीसची त्रिसूत्री असे म्हणतात.

१. संरचना :-

या संकल्पनेत क्षरणचक्राचा विकास होताना जलप्रवाहाची जलनिस्सार व्यवस्था, पात्राची खोली, रूंदी, वाहण्याची दिशा यात फरक पडत जातो. उदा. प्रस्तरभंग प्रदेशातून जलप्रवाह वहात असेल तर प्रस्तरभंगातून जलप्रवाह पुढे जात राहतो शिवाय त्याच्या कलानुसार दिशाही निश्चित होते. अशा प्रकारे क्षरण चक्रात संरचना आपले कार्य करत असते. खडकांची स्तररचना, त्यांच्यातील जोड, घड्या, त्यांचा कठीणपणा इत्यादींमुळे क्षरण चक्र प्रभावित होत असते.

२. प्रकिया :-

भूपृष्ठाची झीज व संचयन करणाऱ्या विविध बाह्यकारकांच्या एकत्रित कार्याचा विचार क्षरण चक्राच्या प्रक्रियेत होतो. पाणी, वारा, बर्फ, गुरूत्वाकर्षण इत्यादी गोष्टी नेहमीच कार्यरत असतात. हवामानानुसार प्रत्येक प्रदेशात क्षरणप्रक्रिया जेव्हा घडत असते, तेव्हा ती स्वत:चा असा एक ठसा त्या प्रदेशात नोंदवत असते. उदा. नदीचे प्रवाह कार्य 'व्ही' आकाराच्या दरीची निर्मिती करते तर हिमनदी 'यु' आकाराची दरी निर्माण करते. म्हणजेच प्रत्येक क्षरण प्रक्रियेतून वैशिष्ट्यपूर्ण भूरूपांची मालिका तयार होत असते.

३. कालावधी :-

कालावधी हा घटक केवळ अनाच्छादन क्रियेसाठी लागणारा काळ या संदर्भात असून तो निश्चित किंवा ठराविक वर्षासाठी असा होत नाही. कालावधी केवळ कालनिर्देशकाचे मापक नसून भूरूपांच्या बदलांची ती अवस्था आहे. क्षरणचक्राच्या विकासाचे युवावस्था, प्रौढावस्था व वृध्दावस्था हे तीन टप्पे असले तरी ते निश्चित कालखंड आणि तीन समकाल विभाग नाहीत. यातील एखाद्या टप्पा पूर्ण होण्यासाठी लागणारा कालावधी कमी असू शकेल तर एखाद्या टप्प्यास जास्त कालावधी लागू शकेल. तसेच कार्य करणारे कारकही कालानुसार प्रौढ होत असतात.

नदीच्या तीन अवस्था पूर्ण झाल्यानंतरच क्षरणचक्र पूर्ण होते. क्षरणचक्र पूर्ण होण्यासाठी किती कालावधी लागेल. हे निश्चित सांगता येत नाही. नदी क्षरणचक्राच्या प्रौढवस्था किंवा वृध्दावस्थेतून जात असताना नैसर्गिकपणे अंतर्गत हालचालीमुळे नदी पात्राचा भाग उंचावल्यास, खचल्यास किंवा हवामानात मोठे बदल झाल्यास नदी पुन्हा युवावस्था प्राप्त करते. म्हणजेच नदीचे उंचावलेल्या किंवा खचलेल्या भागापासून नव्याने क्षरणचक्र सुरू होते.

आकृती क्र. ४.५

वरील आकृती मध्ये 'OX' कालावधी तर 'OY' समुद्र सपाटीपासूनची उंची निर्देशीत करतात. नदीला भूपृष्ठाची झीज करणारा प्रमुख कारक म्हणून मानण्यात आले आहे. आलेखात्मक आकृतीमध्ये दोन वक्र रेषा असून एक वरील वक्र रेषा व दुसरी खालील वक्र रेषा होय. वरच्या वक्र रेषेवरील 'AD' हे उंच पर्वत व जलविभाजक दर्शवतात तर खालील वक्र रेषा नदीची निम्नतम पातळी अधोरेखित करते. रेषा 'AB' आणि 'DC' अनुक्रमे सुरवातीचा सरासरी उतार व अंतीम किमान उतार दर्शवतात. 'OX' पायाभूत पातळी असून ती सर्वसाधारणपणे समुद्र सपाटीची मर्यादा म्हणून दाखवण्यात आली आहे. नदीचे क्षरणचक्र प्रामुख्याने तीन टप्प्यात विभागण्यात आले आहे. पहिल्या टप्प्यात भूभाग उंचावणे तर दुसऱ्या व तिसऱ्या टप्प्यात झिजेच्या प्रभावाखाली असल्याचे स्पष्ट होते. डेव्हीसच्या मतानुसार एखाद्या प्रदेशाची उंचावण्याची प्रक्रिया पूर्ण झाल्यानंतरच त्या प्रदेशाच्या क्षरण किंवा झीजेस सुरवात होते, म्हणूनच प्रदेश उंचावण्याचा पहिला टप्पा डेव्हीसनी येथे नमूद केला नाही.

अ) पहिला टप्पा :-

या पहिल्या टप्प्यात अंतर्गतशक्तीमुळे भूभाग उंचावू लागतो. आलेखात्मक आकृती मध्ये O ते A व B मार्फत दर्शवण्यात आले आहे. पहिल्या टप्प्यात सुरवातीचा सरासरी उतार व अंतीम किमान उतारादरम्यान क्षरणाचे कार्य होत नाही.

ब) दुसरा टप्पा :-

उंचावलेल्या भागावर नदीकडून क्षरणाचे कार्य सुरू होते. उर्ध्वगामी खननाचा परिणाम म्हणून नदी

पात्राची खोली वाढत जाते, परंतु नदीच्या दोन्ही बाजूचा भूभाग आणि जलविभाजक तसेच राहतात. नदीचे किनारवर्ती उतार तीव्र बनतात ते 'AD' आणि 'BC' वरून दिसून येते. नदी खोऱ्याचा उतार अधिक तीव्र असल्याचे 'DC' मधील उभ्या फरकातून स्पष्ट होते. या टप्प्यात भूभाग उंचावला जात नाही म्हणूनच या टप्प्यास प्रौढावस्था असे संबोधले जाते.

क) तिसरा टप्पा :-

तिसऱ्या टप्प्यास मोठा कालावधी लागतो. यामधील क्षरणकार्याची सुरवात वरील वक्र रेषेपासून होऊ लागते. उर्ध्वगामी खणनाच्या तुलनेत पार्श्वभूमी खनन अधिक प्रभावी असते. शिवाय दोन्ही वक्र रेषांच्या क्षरण कार्य जरी चालत असले तरी खालील वक्र रेषेवरील खननापेक्षा वरील वक्र रेषेच्या दरम्यान क्षरण कार्य अधिक चालते. नदीनी तयार केलेल्या घळई व जलविभाजकाचे क्षरण महत्त्वपूर्ण असून नदीचे पात्र रुंदावत जाते, म्हणूनच या टप्प्याचा समावेश वृध्दावस्थेत केला आहे.

नदीच्या किनाऱ्यावरील पार्श्ववर्ती खनन प्रभावशाली बनून वरील वक्र रेषा व खालील वक्र रेषा एकमेकीच्या जवळ येऊ लागतात. नदी पात्राचा उतार सर्वसाधारणपणे नष्ट होऊन तो पायाभूत पातळीपर्यंत पोहचतो. या टप्प्यातील भूभागा जवळजवळ कार्यहीन झालेला असतो. काहीवेळा नदी पात्रातील कठीण खडक स्वतंत्रपणे 'अवशिष्ट' टेकड्यासारखे दृश्यमान होतात, त्यांना डेव्हीसने मोनॅडनॉक नावाने संबोधले आहे. तर सभोवतालच्या प्रदेशास मैदानप्राय किंवा पेनीप्लेन हे नाव दिले आहे.

❒ क्षरणचक्र किंवा अपक्षयचक्र संकल्पनेचे गुण व दोष :-

❁ गुण :-

१. ही संकल्पना साधी व उपयोजित असून, सुसूत्र विचार, उच्च दर्जाचे विश्लेषण आणि द्रष्टेपणा या संकल्पनेत दिसून येतो.

२. ही संकल्पना शास्त्रीय व क्षेत्रीय निरीक्षणावर आधारित आहे.

३. या संकल्पनेद्वारे भूरूपांची उत्क्रांती स्पष्ट होते.

४. क्षरणचक्र संकल्पनेमुळे अंतर्गत व बहिर्गत शक्तीचे संबंध समजावून घेण्यास मदत होते.

❁ दोष :-

१. क्षणरचक्र पूर्ण होण्यास दीर्घ कालवधी लागतो असे डेव्हीसचे मत आहे. परंतु इतर विचारवंतांच्या मते, भूमंच नेहमी गतिशील असतात, त्यामुळे हे चक्र पूर्ण होण्यास भूपृष्ठीय स्थिरता शक्य नसते.

२. डेव्हीसने भूरूपाच्या विकासात कालावधीला विशेष महत्व दिले आहे. पेंक यांच्या मते, भूरूपांचा विकास व त्यांच्या बदलाचा कालावधी यांच्यात क्रमबध्दता नसते.

४.२.३ नदीच्या क्षरण कार्याची भूरूपे

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरती विविध आकार व प्रकारची भूमिस्वरूपे निर्माण करणारा एक कारक म्हणून नदीला अनन्यसाधारण असे महत्त्व आहे. नदी आपल्या खनन, वहन व संचयन अशा तीन कार्याद्वारे भूपृष्ठभागावरती बदल घडवून आणते.

❒ नदीचे खनन कार्य :-

नदीचे खनन कार्य वेगवेगळ्या घटकावर अवलंबून असते. अर्थातच नदीतील पाण्याचे प्रमाण, जमिनीचा उतार, पाण्याचा वेग, नदीतील पाण्याबरोबर वाहणाऱ्या पदार्थांचा आकार व प्रमाण, नदीच्या तळभागावरील खडकस्तर रचना इत्यादी. नदी पाण्याचे खनन कार्य पाहता ते प्रामुख्याने चार प्रकारे चालते. ते पुढीलप्रमाणे :-

अ) द्राविक क्रिया :-

नदीचे पाणी वहात असताना आपल्याबरोबर विविध पदार्थ घेऊन वहात असते. नदीने आपल्या सोबत घेतलेले वेगवेगळे पदार्थ बाजूला काठावर व तळभागावर आघात करीत ते पुढे जात असतात. त्यामधून जी झीज होते त्यास द्राविक क्रिया असे म्हणतात.

ब) अपघर्षण :-

नदीच्या पाण्याने धारण केले पदार्थ विविध आकाराचे व गुणधर्माचे असतात. असे हे पदार्थ नदीच्या तळभाग व बाजूवर ओरखाडे किंवा घर्षण करीत मार्गाक्रमण करीत असतात. अशा स्वरूपातून नदीचे जे खनन कार्य चालते त्यास अपघर्षण असे म्हणतात.

क) संन्निघर्षण :-

नदीतील पाण्याबरोबर असलेले पदार्थ उदा. खडकाचे तुकडे, दगडगोठे, वाळू व इतर पदार्थ पाण्याबरोबर पुढे जात असताना ते अंतर्गत एकमेकांवर आघात तर करतातच शिवाय ते एकमेकांवर घासले ही जातात. यामधून जी झीज होते त्यास संन्निघर्षण असे म्हणतात.

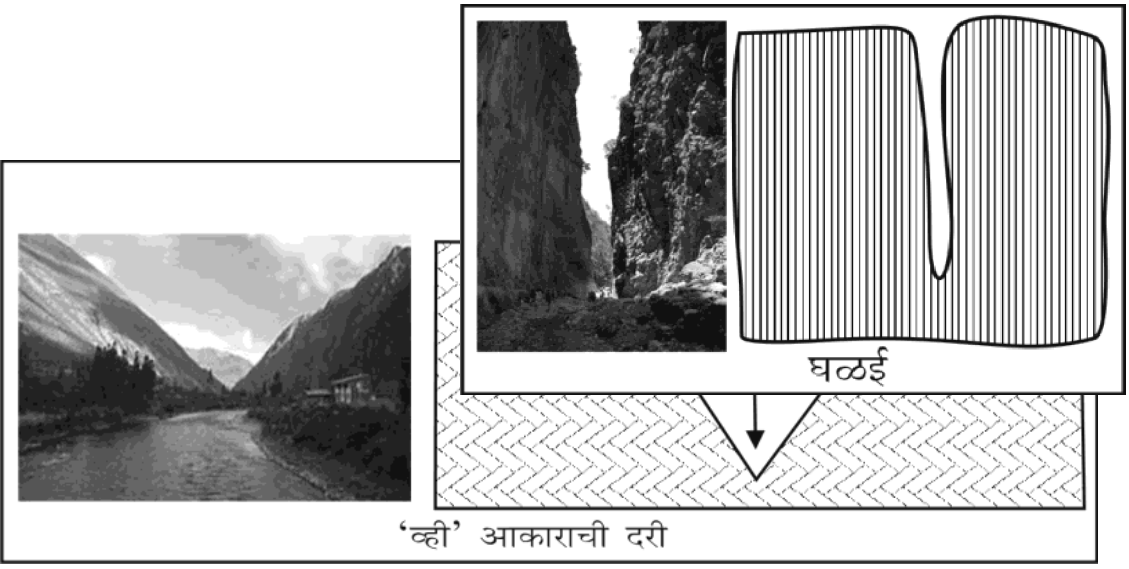
❒ नदीच्या झीज किंवा खनन कार्याची भूरूपे :-

नदीच्या पहिल्या व दुसऱ्या टप्प्यात खननाचे कार्य चालते, ज्या ठिकाणावरून नदीचा उगम होतो

अगदी त्या ठिकाणापासून नदीच्या खनन क्रियेला प्रारंभ होतो. अर्थातच नदीचे हे एक प्रमुख कार्य आहे. नदीच्या झीज किंवा खनन कार्यामुळे खालील भूरूपे तयार होतात.

१. घळई :-

नदीच्या पहिल्या टप्प्यातील घळई हे एक वैशिष्ट्यपूर्ण भूमिस्वरूप आहे. नदीचा हा टप्पा अगदी सुरवातीचा असल्यामुळे पाण्याचे प्रमाण कमी असते, शिवाय पर्वतीय तीव्र उतारामुळे पाण्याचा वेग ही जास्त असतो. अशा स्थितीत जर नदी मार्गावरील भूपृष्ठरचना कठिण खडकापासून बनलेली असेल तर नदीचे खनन कार्य तळभागावरती प्रभावीपणे होत राहते. मात्र अधोगामी खननाच्या तुलनेत काठावरील खनन कार्य फारसे होत नाही. अशा स्वरूपातील खनन क्रियेमुळे तळभागाची झीज अधिकाधिक होऊन नदी पात्राची खोली दिवसेंदिवस वाढतच जाते. नदीच्या काठावरील (पार्श्व) खनन तितकेसे प्रभावी नसल्याने अधोगामी खननाने नदीचे किनारे तीव्र उताराचे बनतात. अरूंद व तीव्र उताराच्या खोल नदी पात्रास घळई म्हणून ओळखले जाते. सतलज, सिंधू, ब्रम्हपुत्रा, नर्मदा, प्रवरा इत्यादी नदी पात्रात घळई तयार झालेल्या आहेत.



आकृती क्र. ४.६

२. 'व्ही' आकाराची दरी :-

नदीच्या पहिल्या टप्प्यात 'व्ही' आकाराची दरी प्रकारचे भूरूप तयार होते. जमिनीचा तीव्र उतार, अधिक वेगाने वाहणारा नदी प्रवाह व नदीचे प्रभावी खनन कार्यामुळे या स्वरूपाचे भूआकार तयार होतात. या भूरूपाची निर्मिती जवळपास सर्वच नद्यांवर झालेली असते. 'व्ही' आकाराची दरीची निर्मिती मुख्यत्वेकरून पार्श्वखननाबरोबर अधोगामी प्रभावी खननामुळे होते. अधोगामी खननाने नदीची खोली वाढत जाते आणि पार्श्वखननाने अगदी किंचित रूंदी वाढते, त्यामुळे नदी पात्रास इंग्रजी 'V' अक्षरासारखा आकार प्राप्त होतो म्हणून यास 'व्ही' आकाराची दरी असे संबोधले जाते.

३. धावत्या :-

काहीवेळापर्यंत उतारावरती नदीच्या मार्गात आलटून-पालटून तिरकस उभ्या दिशेत कठिण व मृदू खडकाचे थर असतील तर कठिण खडकाच्या कठिण गुणधर्माने ते फारसे झिजले जात नसल्याने आपली स्थिती कायम राखतात. मात्र त्या तुलनेत मृदू खडक लवकर झिजले जाऊन नदी मार्गास पायऱ्या-पायऱ्यासारखा आकार प्राप्त होतो. अशा स्वरूपाच्या भूआकारावरून नदीचे पाणी जास्त वेगाने वहात असल्याने या भूआकारास धावत्या म्हणून संबोधले जाते. नाईल नदीवरती अस्वानपासून खार्टूम दरम्यान अनेक धावत्या आढळून येतात. कृष्णा नदीवर पाचगणी ते वाई दरम्यान, उल्हास नदीवर खोपोली जवळ धावत्या पहावयास मिळतात.

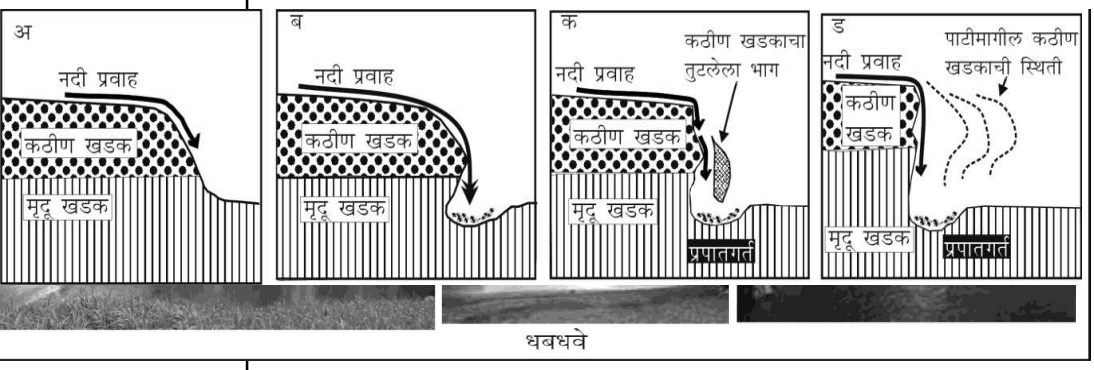
आकृती क्र. ४.७

४. धबधबे :-

जेव्हा नदीच्या प्रवाहातील पाणी आकस्मितपणे विशिष्ट उंचीवरून खाली पडते, त्यास धबधबा म्हणतात. नदी प्रवाह आणि मार्गात भूपृष्ठाला समांतर दिशेत कठिण व मृदू खडकाचे थर असतील तर धबधब्याची निर्मिती होते. कठिण खडकाखाली मृदू खडक असल्याने कठिण खडकाची नदीच्या पाण्यातील पदार्थामुळे फारशी झीज होत नाही. मात्र वरील कठिण खडकाखालील मृदू खडकाची झीज

होते. परिणामी, नदी मार्गात कड्यासारखा भाग तयार होतो. अशा मार्गातील कड्यावरून नदीचे पाणी खाली कोसळू लागते आणि धबधब्याची निर्मिती होते. उदा. भारतातील भद्रावती नदीवरील गिरसप्पा, नर्मदा नदीवरील धूवाँधार, वेण्णा नदीवरील लिंगमळा, याच भागातील ठोसेघर इत्यादी प्रसिध्द धबधबे आहेत. कोल्हापूर जिल्ह्यातील आंबोली व बर्की धबधबे या प्रकारच्या भूरूपाची उत्तम उदाहरणे आहेत.

काळाच्या ओघात कठिण खडकाखालील मृदू खडक अधिक झिजला जातो, मात्र त्या तुलनेत कठिण खडकाची झीज होत नसल्याने तो तसाच आडव्या दिशेत शिल्लक राहतो. मृदू खडकाचा भाग झिजत जाऊन पोकळी निर्माण होते. त्यामुळे कठिण खडकाला खालून कोणताच आधार नसल्याने वरील पाण्याच्या भाराने तो तुटून कोसळतो व धबधबा पाठीमागे सरकतो. उदा. उत्तर अमेरिकेतील नायगरा नदीवरील नायगरा धबधबा प्रतिवर्षी ०.३ ते २.० मीटरने मागे सरकतो.



आकृती क्र. ४.८

५. प्रपातगर्त किंवा प्रपातकुंड :-

धबधबा निर्माण झाल्यानंतर प्रपातगर्तची निर्मिती होते. धबधब्याच्या अगदी वरील कठिण खडकावरून खाली पडणारे पाणी व पाण्यातील पदार्थांचा मारा किंवा आघात खालील मृदू खडक असलेल्या भागावर नियमित होत राहतो. परिणामी, धबधब्याच्या पायथ्यालगत खननांची क्रिया होऊन खळगा तयार होतो. याच खळग्यास प्रपातगर्त किंवा प्रपातकुंड म्हणतात. भारतातील शरावती नदीवरील

जोग धबधब्याच्या पायथ्याशी तर अमेरिकेतील नायगरा नदीवरील नायगरा धबधब्याच्या पायथ्याशी असे प्रपातगर्त किंवा प्रपातकुंड निर्माण झालेले आहेत.

६. रांजण खळगे किंवा कुंभगर्ता :-

अधिक उताराच्या अर्थातच पर्वत किंवा डोंगराळ प्रदेशातून वाहणाऱ्या नदीचा वेग जास्त असतो. नदीतील पाण्याबरोबर विविध गुणधर्माचे (कठिण व मृदू) पदार्थ सोबत असतातच. अशावेळी नदीच्या मार्गात नैसर्गिक किंवा मानवनिर्मित अडथळा आल्यास नदी पात्रात भोवऱ्याची निर्मिती होते. भोवऱ्यात अडकलेले कठिण पदार्थ नदी तळातील खडकावर पाण्यासोबत चक्राआकार दिशेत ड्रिलींगचे काम करतात. अशी क्रिया नियमित होत राहिल्याने नदी तळावरील खडकादरम्यान खळगे बनून येतात. हे खळगे एखाद्या रांजणाप्रमाणे दृश्यमान होत असल्याने यांना रांजण खळगे किंवा कुंभगर्ता नावाने ओळखले जातात. कांही वेळा या खळग्यांचा आकार व विस्तार वाढत जाऊन दोन किंवा त्यापेक्षा अधिक खळगे एकत्र मिसळून विस्तृत आकाराचा खळगा निर्माण होतो. गोदावरी नदी पात्रात त्र्यंबकेश्वर जवळ, घटप्रभा नदीवर गोकाक जवळ, इंद्रायणी नदीपात्रात देहूजवळ शिवाय कोकणातील अनेक नदी पात्रात अशा प्रकारचे रांजण खळगे आढळून येतात.

रांजण खळगे

आकृती क्र. ४.९

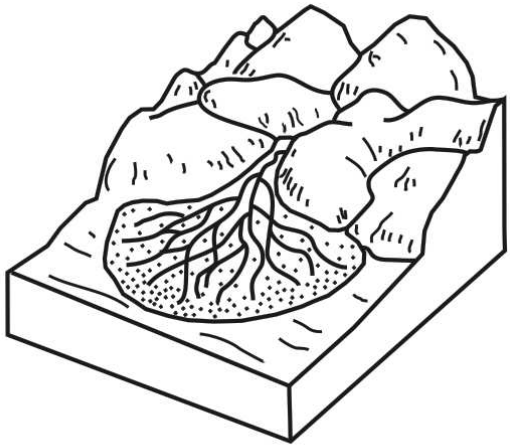
४.२.४ नदीच्या संचयन कार्याची भूरूपे

नदीचे संचयन कार्य प्रामुख्याने नदीच्या दुसऱ्या (प्रौढावस्था) व तिसऱ्या (वृध्दावस्था) टप्प्यात दिसून येतात. नदीच्या दुसऱ्या टप्प्यात नदीची दोन्ही कार्ये अर्थातच खनन व संचयन चालतात तर तिसऱ्या टप्प्यात पूर्णपणे संचयनाचे कार्य चालते. नदी पर्वत, डोंगर उतारावरून पायथ्याला पोहचलेली असते. सर्वसाधारण जमिनीचा उतार मंदावलेला असल्याने नदी प्रवाहाचा वेगही कमी झालेला असतो. शिवाय नदीस येऊ मिळणारे ओढे-नाले, उपनद्या इत्यादीमुळे नदीतील जलसाठा वाढलेला असतो. नदीने आपल्या सोबत आणलेले पदार्थ त्यांच्या स्वरूपानुसार विशिष्ट ठिकाणी संचयित होत राहतात व त्यामधूनच

भूपृष्ठावरती वैविध्यपूर्ण भूरूपे जन्माला येतात. नदीच्या संचयन कार्याने तयार होणारी भूमिस्वरूपे पुढीलप्रमाणे सांगता येतील.

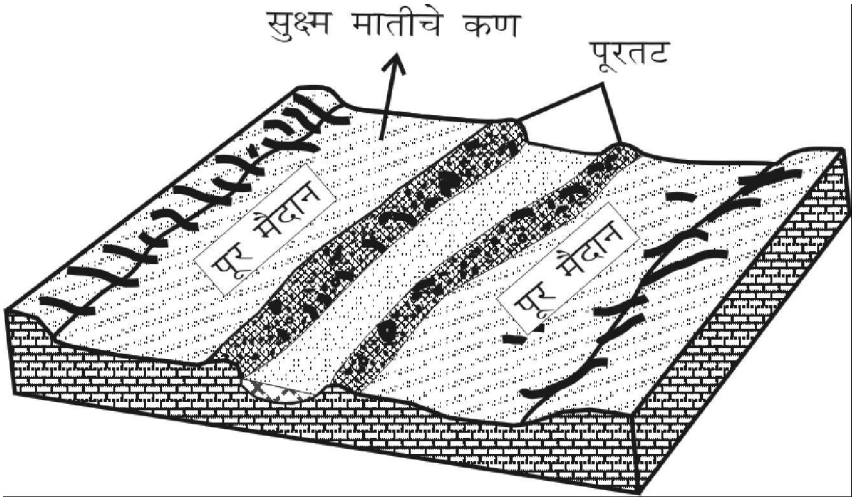
१. पंखाकृती मैदान :-

नदीच्या दुसऱ्या टप्प्यात निर्माण होणारे हे भूरूप असून, जेव्हा नदी पर्वतीय व डोंगराळ प्रदेशातील जास्त उतारावरून एकदम पायथ्याच्या क्षेत्रात प्रवेश करते. पायथ्याच्या प्रदेशातील जमिनीचा उतार कमी झाल्याने पाण्याचा वेग कमी झालेला असतो. नदीने आपल्यासोबत आणलेले पदार्थ जसे की जाडे-भरडे वजनाचे जड खडकाचे तुकडे, दगडगोटे इत्यादी पायथ्यालगत संचयीत होतात. अशा संचयनापासून वैशिष्ट्यपूर्ण लहान-लहान मैदानी प्रदेशाची निर्मिती होते. या मैदानांचा आकार पंख्यासारखा असल्याने त्यांना पंखाकृती मैदाने म्हणून ओळखले जाते.



पंखाकृती मैदान

त्यंत संथ वेगाने पुढचा मिळणाऱ्या उपनद्यांची नदी पात्रातच गाळाचे संचयन होऊन नदी पात्र उथळ बनते. नदी प्रवाहाचा 'व्ही' आकारही रुंदावलेला असतो. अशा स्थितीत नदीला जेव्हा पूर येतो, तेव्हा पाण्यातील गाळ सदृश्य सूक्ष्म मातीचे कण पूर पातळीपर्यंतच्या विस्तृत अंतर्गत भागात संचयित होतात. अशी क्रिया सतत चालू राहिल्याने सूक्ष्म मातीच्या कणापासून मैदानी प्रदेशाची निर्मिती होते, त्या मैदानांना पूर मैदाने असे म्हणतात.



आकृती क्र. ४.११

३. पूर तट :-

जमिनीच्या अत्यंत मंद उतारामुळे नदीची वहन क्षमता कमी झालेली असते आणि अशावेळी नदीस पूरजन्य परिस्थिती निर्माण झाल्यास, नदी पाण्यासोबत असलेले जड पदार्थ किनारी भागातच संचयित होऊ लागतात. नदीच्या किनारी भागात अशा पदार्थांचे संचयन नियमितपणे होऊन उंच बांधांची निर्मिती होते. याच बांधाना नैसर्गिक बांध किंवा पूरतट असे म्हणतात. नदी किनारवर्ती भागात तयार झालेले असे बांध मजबूत नसतात. प्रसंगी वेगवान पाण्याच्या प्रवाहामुळे तट फूटतात व आजूबाजूचा भाग जलमय होऊन जीवित व आर्थिक हानी होते. उदा. संयुक्त संस्थानात २९ ऑगस्ट २००५ मध्ये कट्रीना वादळामुळे न्यू ऑर्लेन्स शहरालगत असलेला पूरतट फुटून शहराचा जवळपास ७५ टक्के भाग जलमय झाला होता. संयुक्त संस्थानातील मिसीसिपी नदी, चीनची पित नदी, भारतातील गंगा नदी पूरतटाची उत्तम उदाहरणे आहेत.

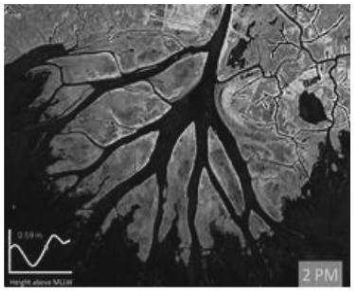
४. त्रिभूज प्रदेश :-

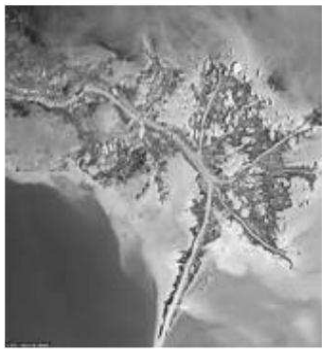
नदीच्या शेवटच्या टप्प्यात नदी मुखालगत त्रिभूज प्रदेश तयार होतात. नदी समुद्र सपाटीला येऊन पोहचलेली असल्याने नदीतील पाण्याचा वेग पूर्णपणे मंदावलेला असतो. नदीने आपल्या सोबत आणलेले सूक्ष्म मातीचे कणसुध्दा पुढे वाहून नेणे शक्य होत नसल्याने असे मातीचे कण नदी तळभागावरती संचयित होतात. असे संचयन नियमितपणे होत राहिल्याने नदीचे पात्र उथळ बनते. नदी पात्राचा 'व्ही' आकार पूर्णपणे रूंदावला जातो. नदी पात्रातच गाळाचे संचयन झाल्याने गाळाचा अडथळा दूर करण्याची क्षमता नदीतील पाण्यात नसते. नदीतील पाणी अडथळ्याच्या बाजूने मार्ग काढून पुढील

मार्गाक्रमण करते. पात्रातील गाळाच्या नियमित संचयनाने नदी प्रवाह मार्गात अनेक फाटे निर्माण होतात. अशा फाट्यात सुध्दा संचयन सुरूच राहून मुख्य नदीस अनेक लहान-लहान प्रवाह तयार होतात. दोन प्रवाहाच्या दरम्यान त्रिकोणाकृती गाळाच्या संचयनापासून सपाट मैदानी प्रदेशाची निर्मिती होते, असे मैदानी प्रदेश त्रिभुज असल्यानेच त्यांना त्रिभुज प्रदेश म्हणून ओळखले जातात.

आकृती क्र.४.१२

जगभरातील सर्वच नद्या त्रिभूज प्रदेशाची निर्मिती करतात असे नाही. त्यातील कांहीच नद्या त्रिभूज प्रदेश तयार करतात. कारण त्रिभूज प्रदेशाच्या निर्मितीसाठी विशिष्ट भौगोलिक परिस्थितीची गरज असते. त्रिभुज प्रदेशासाठी खालीलप्रमाणे भौगोलिक स्थिती आवश्यक असते.





त्रिभूज प्रदेश

असावी व त्यांच्याकडून

५) नदी मुखालगतचा सागरी प्रदेश भरती-ओहोटी प्रभावापासून मुक्त व शांत असावा.

भारतातील पूर्व किनाऱ्यावरील गंगा, महानदी, कृष्णा, गोदावरी व कावेरी नद्यांनी अशा प्रकारच्या त्रिभूज प्रदेशांची निर्मिती केलेली आहे. कोकणातील नद्यांना अशा प्रकारची भौगोलिक स्थिती लाभलेली नसल्याने त्यांना त्रिभूज प्रदेश निर्माण करता आले नाहीत.

नदी मुखालगतच्या भिन्न-भिन्न स्थितीमुळे भिन्न प्रकारचे त्रिभूज प्रदेश बनतात. संबंधित नद्यांच्या मुखालगत स्थितीला अनुसरून त्रिभूज प्रदेशाचे धनुष्याकृती, पक्षांच्या पायासारखे प्रकार पडतात.

४.३ सारांश

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरती काळाच्या ओघात नियमित बदल होत असतात. भूपृष्ठभागावर होणारे बदल अंतर्गत व बहिर्गत शक्तींच्या मुळे होत असतात. यातील बहिर्गत शक्ती उंचावलेल्या भागावर आपले कार्य करून तो भाग समतल पातळीत आणते. उंचावलेला भाग समतल पातळीत आणण्यामध्ये अनाच्छादनाची क्रिया महत्त्वपूर्ण भूमिका निभावते. विदारण व झीज या दोन क्रियांच्या एकत्रित कार्यास अनाच्छादन म्हणून ओळखले जाते. विदारणामध्ये मूळ खडकाची तूटफूट, भूगा किंवा विघटन केले जाते. परंतु या प्रक्रियेत विदारित झालेले पदार्थ आपली जागा बदलत नाहीत. विदारणाच्या स्वरूपावरून त्याचे तीन प्रकार पडतात ते कायिक किंवा यांत्रिक विदारण, रासायनिक विदारण व जैविक विदारण होय. विदारणाबरोबर झिजेस ही अनाच्छादन क्रियेत तितकेच महत्त्व आहे. विदारीत झालेले पदार्थ बाह्यकारके आपल्यासोबत घेऊन द्राविक क्रिया, सन्नीघर्षण, अपघर्षणाद्वारे भूभागावर रूपांतरे घडवून आणतात.

झीज, खनन, अपक्षय व क्षरण एकाच अर्थाचे शब्द आहेत. अपक्षय किंवा क्षरणचक्राचा अभ्यास प्रथम जेम्स हट्न कडून करण्यात आला व पुढे भौगोलिक क्षरण चक्र या नावाने डब्ल्यू. एम. डेव्हीस यांनी याची सखोल मांडणी केली. डेव्हीसची हीच संकल्पना पी. जी. वॉरलेस्टर यांनी रक्षण किंवा अपक्षय चक्र नावाने जगाच्या समोर मांडली. उंचावलेल्या भागावर नदी, हिमनदी, वारा इत्यादी कारकाचे कार्य सुरू होऊन तो समुद्र सपाटीच्या पातळीत येतो, ही बाब डेव्हीसने त्रिसूत्रीच्या (संरचना, प्रक्रिया व कालावधी) आधारे या संकल्पनेत स्पष्ट केले आहे. मानवी जीवनाच्या अवस्था (युवावस्था, प्रौढावस्था आणि वृध्दावस्था) व क्षरण चक्राच्या अवस्था यातील साम्य अधोरेखित केले आहे.

क्षरण चक्राची संकल्पना जवळ जवळ सर्वच बाह्यकारकांना लागू पडत असली तरी नदी कार्याच्या दृष्टीने अत्यंत महत्त्वाची आहे. नदी आपले कार्य खनन, वहन व संचयन अशा तीन पध्दतीने करते. नदीच्या पहिल्या अवस्थेत खनन कार्य प्रभावी राहून भूरूपात होणारे बदल घळई, व्ही आकाराची दरी, धावत्या, धबधबा, रांजण खळगे किंवा कुंभगर्ता, प्रवाह चौर्य इत्यादी स्वरूपात दृश्यमान होतात. नदीच्या दुसऱ्या अवस्थेत नदी तीव्र उताराचा प्रदेश सोडून पायथ्याशी येते. अर्थातच पाण्याचे प्रमाण वाढलेले असते, शिवाय नदी पाण्यातील पदार्थांचे प्रमाणही वाढलेले असते. नदीचे खनन व संचयन कार्य या अवस्थेत ठळकपणे दिसून येते. म्हणूनच नदीची नागमोडी वळणे, पंखाकृती मैदाने, व्ही आकार रूंदावने व नालाकृती सरोवरासारखी भूमिस्वरूपे आढळून येतात. नदीच्या तिसऱ्या अवस्थेत भरण किंवा संचयन कार्य महत्त्वाचे ठरते. नदीतील पाण्याच्या प्रमाणाबरोबर गाळात ही मोठ्या प्रमाणात वाढ झालेली असते. नदी प्रदेशाचा उतार अत्यंत मंद झाल्याने पाण्याचा वेग ही खूपच कमी झालेला असतो. परिणामस्वरूप नदीने आपल्यासोबत आणलेला गाळ नदीला पुढे घेऊन जाणे शक्य होत नाही. त्यामुळे हा गाळ नदी

पात्रातच संचयीत होत जावून भिन्न प्रकारचे पूरतट, पूर मैदान, त्रिभूज प्रदेश इत्यादी भूआकार जन्म घेतात.

४.४ पारिभाषिक शब्द व शब्दार्थ

- **विदारण** : खडकाची तुटफूट व विघटन होणे.
- **क्षरण** : झीज किंवा अपक्षय.
- **क्षरण चक्र** : एखाद्या भूभाग उंचावल्यानंतर बाह्यकारकाच्या प्रभावामुळे पुन्हा तो भौगोलिक पातळीपर्यंत पोहचत असताना खनन, वहन व संचयनाने भूभागावरती होणाऱ्या बदलाचे चक्र.
- **अभिक्रिया** : दोन किंवा दोन पेक्षा अधिक रासायनिक गुणधर्माची संयुगे एकत्र आल्याने निर्माण होणारे भिन्न गुणधर्माचे संयुग.
- **पर्वतपदीय** : पर्वताच्या पायथ्यालगत.
- **गर्त** : खळगा किंवा खड्डा.
- **जलप्रपात** : धबधबा.
- **त्रिभूज प्रदेश** : त्रिकोणी आकाराचा सूक्ष्म गाळाच्या कणांपासून निर्माण झालेला भू-भाग.

४.५ स्वयं-अध्ययन प्रश्न

❒ **अ) योग्य पर्याय निवडा (बहुपर्यायी प्रश्न)**

१. खडकाचे विघटन व चुरा होणे याला काय म्हणतात?

(अ) अनाच्छादन (ब) विदारण (क) ऑक्सिडेशन (ड) क्षरण.

२. खालीलपैकी कोणती बाब रासायनिक विदारणाशी संबंधित आहे?

(अ) वारा (ब) पर्जन्य (क) सौरशक्ती (ड) भस्मीकरण.

३. खडकाच्या अंतर्गत भागापेक्षा पृष्ठभागावर आकुंचन प्रसरण क्रियेद्वारे खडकाच्या बाह्यभागाचे पापुंद्रे निघतात त्या विदारणास खालीलपैकी कोणत्या नावाने संबोधले जाते?

(अ) अपदलन (ब) खंडीय (क) कणीय (ड) यापैकी नाही.

४. खडकावरील दाब कमी झाल्याने तणावात्मक क्रिया घडून येऊन कोणत्या प्रकारचे विदारण घडून येते?

(अ) जैविक *(ब) कायिक* *(क) रासायनिक* *(ड) यापैकी नाही.*

५. खालील पैकी कोणी प्रथम क्षरणचक्राविषयी संकल्पना मांडली?

(अ) डेव्हीस *(ब) हट्न* *(क) वॉरलेस्टर* *(ड) यापैकी नाही.*

६. खालीलपैकी कोणी डेव्हीसच्या भौगोलिक अपक्षय चक्र संकल्पनेऐवजी डेव्हीसच्याच नावाने अपक्षय चक्र संकल्पना जगासमोर मांडली?

(अ) हट्न *(ब) हेटनर* *(क) वॉरलेस्टर* *(ड) गिल्बर्ट.*

७. खालीलपैकी कशाचा डब्ल्यू. एम. डेव्हीसच्या त्रिसूत्रीचा भाग होत नाही?

(अ) संरचना *(ब) प्रक्रिया* *(क) कारके* *(ड) कालावधी.*

८. प्रौढावस्था क्षरणचक्रातील कोणती अवस्था किंवा टप्पा आहे?

(अ) पहिला *(ब) दुसरा* *(क) तिसरा* *(ड) चौथा.*

९. क्षरणचक्रातील अगदी शेवटचे भूरूप कोणते?

(अ) घळई *(क) पूरतट*

(ब) रांजण खळगे *(ड) मैदानप्राय (पेनीप्लेन)*

१०. खालील पैकी नदीचे कोणते कार्य पहिल्या टप्प्यात प्रभावी असते?

(अ) खनन व संचयन *(ब) खनन* *(क) संचयन* *(ड) यापैकी नाही.*

११. खालीलपैकी कोणते भूमिस्वरूप नदीच्या खनन कार्याशी संबंधित नाही?

(अ) पूरतट *(क) रांजण खळगे*

(ब) घळई *(ड) 'व्ही' आकाराची दरी*

१२. नदीच्या आडव्या दिशेतील (पार्श्व) खननापेक्षा उभ्या दिशेतील (अधोगामी) खनन अधिक प्रभावी असेल तर कोणते भूरूप निर्माण होते?

(अ) धबधबा *(ब) धावत्या* *(क) नालाकृती सरोवर* *(ड) घळई.*

१३. नदीतील पाण्याबरोबर असणारे विविध गुणधर्माचे पदार्थ नदीचा तळभाग व बाजूवर घर्षण करतात त्या क्रियेस काय म्हणतात?

(अ) द्राविक क्रिया *(ब) संन्नीघर्षण* *(क) अपघर्षण* *(ड) यापैकी नाही.*

१४. नदीच्या तळभागावरती संचयन झाल्याने नदीच्या पात्रात खालीलपैकी कोणता बदल दिसून येतो?

(अ) पूरतटाची निर्मिती *(क) गर्ताची निर्मिती*

(ब) व्ही आकार रूंदावतो *(ड) उतारात बदल.*

१५. नदीच्या वृध्दावस्थेत कोणते भूरूप तयार होते?

(अ) धावत्या *(ब) धबधबा* *(क) पूर मैदान* *(ड) कुंभगर्ता.*

१६. त्रिभूज प्रदेश नदीच्या कोणत्या अवस्थेतील भूमिस्वरूप आहे?

(अ) वृध्दावस्था *(ब) प्रौढावस्था* *(क) युवावस्था* *(ड) वरील सर्व.*

१७. त्रिभूज प्रदेशाच्या निर्मितीस खालील पैकी कोणते विधान तंतोतंत लागू पडते?

(अ) नदीला येऊन मिळणाऱ्या उपनद्यांची संख्या जास्त असावी.

(ब) नदीतील पाण्यात सूक्ष्म गाळाचे प्रमाण अधिक असावे.

(क) नदी मुखालगताचा सागरी भाग भरती-ओहोटी पासून मुक्त असावा.

(ड) वरील सर्व विधाने.

१८. नदीतील पूराच्या पाण्यामुळे खालीलपैकी कोणते भूरूप तयार होते?

(अ) त्रिभूज प्रदेश *(क) पूर मैदान*

(ब) नागमोडी वळणे *(ड) कुंभगर्ता.*

१९. अनाच्छादन घटनेत प्रामुख्याने खालीलपैकी कशाचा समावेश होतो?

(अ) विदारण व झीज *(ब) वहन* *(क) भरण* *(ड) क्षरण चक्र.*

२०. खंडीय विदारण कोणत्या विदारणाचा भाग आहे?

(अ) जैविक *(ब) रासायनिक* *(क) यांत्रिक* *(ड) मानवी.*

२१. कोणत्या घटकामुळे यांत्रिक व रासायनिक विदारण घडून येते?

(अ) तापमान *(ब) वायुभार* *(क) वारा* *(ड) पाणी.*

२२. भौगोलिक क्षरण चक्र ही संकल्पना कोणत्या अभ्यासकाची आहे?

(अ) हट्न *(ब) डेव्हीस* *(क) वॉरलेस्टर* *(ड) गिल्बर्ट.*

२३. क्षरण चक्रात कोणत्या अवस्थेस जास्त कालावधी लागतो?

(अ) युवावस्था *(ब) प्रौढावस्था* *(क) वृध्दावस्था* *(ड) यापैकी नाही.*

२४. मोनॅडनॉक नदीच्या कोणत्या टप्प्यात आढळून येतात?

(अ) पहिल्या (ब) दुसऱ्या (क) तिसऱ्या (ड) चौथ्या.

२५. नदी पाण्यातील पदार्थ एकमेकांवर आघात करून किंवा घासून होणाऱ्या झीजेस काय.म्हणतात?

(अ) सन्नीघर्षण (ब) अपघर्षण (क) द्राविक क्रिया (ड) या सर्व.

२६. खालीलपैकी कोणता धबधबा आपल्या मूळ ठिकाणापासून पाठीमागे सरकत असल्याचे उत्तम उदाहरण आहे?

(अ) जोग (ब) गोकाक (क) एंजल (ड) नायगरा.

२७. भूपृष्ठाला समांतर दिशेत कठिण खडक व मृदू खडक स्तररचना खालीलपैकी कोणत्या भूरूपाच्या निर्मितीस कारणीभूत ठरते?

(अ) धवत्या (ब) धबधबा (क) कुंभगार्ता (ड) घळई.

२८. पंखाकृती मैदाने कोणत्या ठिकाणी निर्माण होतात?

(अ) पर्वत माथ्यावर (क) पर्वत पायथ्यास

(ब) पर्वत उतारावर (ड) नदी मुखालगत.

४.६ स्वयं–अध्ययन प्रश्नांची उत्तरे

१. *(ब) विदारण* २. *(ड) भस्मीकरण*

३. *(अ) अपदलन* ४. *(ब) कायिक*

५. *(ब) हट्न* ६. *(क) वॉरलेस्टर*

७. *(क) कारके* ८. *(ब) दुसरा*

९. *(ड) मैदानप्राय (पेनीप्लेन)* १०. *(ब) खनन*

११. *(अ) पूरतट* १२. *(ड) घळई*

१३. *(क) अपघर्षण* १४. *(ब) व्ही आकार रूंदावते*

१५. *(क) पूर मैदान* १६. *(अ) वृध्दावस्था*

१७ *(ड) वरील सर्व विधाने* १८. *(क) पूर मैदान*

१९. *(अ) विदारण व झीज* २०. *(क) यांत्रिक*

२१. *(ड) पाणी*

२२. *(ब) डेव्हीस*

२३. *(क) वृध्दावस्था*

२४. *(क) तिसऱ्या*

२५. *(अ)सन्नीघर्षण*

२६. *(ड) नायगरा*

२७. *(ब) धबधबा*

२८. *(ड) नदी मुखालगत.*

४.७ सरावासाठी स्वाध्याय

❒ **अ) खालील प्रश्नांची सविस्तर उत्तरे लिहा.**

१. विदारण म्हणजे काय सांगून कायिक किंवा यांत्रिक विदारण स्पष्ट करा.

२. विदारणाचे प्रकार सांगून रासायनिक विदारण विशद करा.

३. क्षरणचक्र किंवा अपक्षय चक्राची संकल्पना स्पष्ट करा.

४. नदीच्या खनन कार्यामुळे निर्माण होणाऱ्या भूरूपांचे वर्णन करा.

५. नदीच्या संचयन किंवा भरण कार्यामुळे निर्माण होणाऱ्या भूरूपांचे वर्णन करा.

❒ **खालील टीपा लिहा.**

१. जैविक विदारण.

२. घळई.

३. व्ही आकाराची दरी.

४. धबधबा.

५. पूर तट व पूर मैदान.

६. त्रिभूज प्रदेश.

४.८ क्षेत्रीय कार्य

१. तुमच्या परिसरातील विदारणाचे निरीक्षण करून त्यांच्या नोंदी ठेवा.

२. तुमच्या परिसरातील नदी प्रवाहाचे निरीक्षण करून खनन व संचयन कार्यामुळे निर्माण झालेल्या भूरूपांची माहिती संकलीत करा.

४.९ संदर्भ ग्रंथ

१. **दाते सु. प्र. आणि दाते संजीवनी (१९९५) :** *''प्राकृतिक भूगोल'', विद्या प्रकाशन, नागपूर.*

२. **खतीब के. ए.** (२००८) : ''प्राकृतिक भूगोल'', संजोग प्रकाशन, कोल्हापूर.

३. Majid, Hussain (2001) : *"Principals of Physical Georaphy",* Rawat Publication, Jaipur.

४. **पवार, सी.टी., आडसूळ आदि** : *''प्राकृतिक भूगोल'',* सप्रेम प्रकाशन, कोल्हापूर.

५. **सारंग, सुभाषचंद्र** : *'प्राकृतिक भूगोल'',* विद्या प्रकाशन, कोल्हापूर.

६. **सवदी, कोळेकर** (२००४) : *''प्राकृतिक भूगोल'',* निराली प्रकाशन, पुणे.

७. **Singh, Savindar** (1998) : *"Physical Geography",* Prayag Publication, Alahabad.

८. **तावडे, मो.द.** : *''प्राकृतिक भूविज्ञान'',* म. वि. ग्रंथ नि. मंडळ, नागपूर.

९. **Triwartha, G. T.** (1980) : *"An Introduction to climate",* Tata McGraw Hill, New York.

१०. **डॉ. सावंत, प्रकाश** (२००६) : *''प्राकृतिक भूगोल''*, फडके प्रकाशन, कोल्हापूर.

❒ ❒ ❒