

घटक-2
शिलावरण
(Lithosphere)

- २.१ पृथ्वीचे अंतरंग
- २.२ वेगनरचा भूखंड वहन सिध्दांत
- २.३ भूकंप: कारणे आणि परिणाम
- २.४ ज्वालामुखी : कारणे आणि परिणाम

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.

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 वर्षांपूर्वीचे आहे तर सागर भागातील शिलावरण त्यामानाने अलीकडचे आहे.
५. शिलावरणाची अनेक विशाल शकलात व लहान तुकड्यात विभागणी झाली असून त्यालाच भूपृष्ठ-भूपट्टा (Plates-continent) असे संबोधले जाते. भूपट्टांच्या हालचालींना 'भूपट्टाविवर्तनिकी' ((Plate-Tectonics) असे म्हणतात.
६. पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील द्रवरूप बाह्य गाभ्यातून शिलारस अनुकूल परिस्थितीत ज्वालामुखीच्या ने भूपृष्ठावर येतो.
७. पृथ्वीच्या अंतरंगाचे प्रमुख तीन विभाग पडतात. शिलावरण किंवा कवच (Lithosphere Crust) वरण 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.

पृथ्वीच्या भूपृष्ठापासून आत दर ३२ मीटर खोलीला सर्वसाधारणपणे १ सेंटीग्रेडने तापमान वाढत जाते.

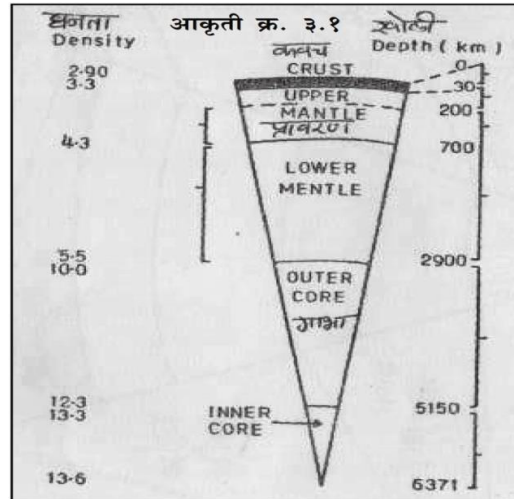
१) शिलावरण किंवा कवच (Lithosphere or Crust)

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 Discontinuity), 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 सेकंदावरून 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.

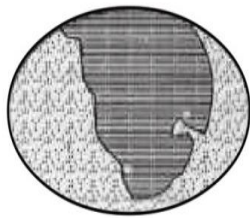
३.२ वेगनरचा भूखंड वहन सिध्दांत

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 त्याला अनन्यसाधारण महत्त्व प्राप्त झाले.

भूखंडवहन सिध्दांत

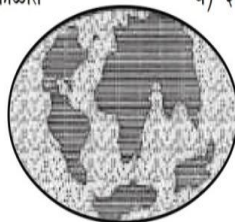
वेगनरच्या मते, आजची भूमिखंडे सियालसारख्या हलक्या घनत्व असलेल्या पदार्थापासून बनलेली आहेत. त्या खालील सीमा भाग त्यापेक्षा जास्त घनत्व असलेल्या पदार्थापासून बनलेला आहे. अर्थातच भूमिखंडे अंतर्गत अधिक घनत्व असलेल्या द्रवरूप पदार्थावरती तरंगत आहेत. पॅलिझोईक काळात (४० कोटी वर्षांपूर्वी) पृथ्वीवरती पॅजिया हा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



अ) ४० कोटी वर्षांपूर्वी पॅलिझोईक काळात



ब) ३० कोटी वर्षांपूर्वी कार्बोनीफेरस काळात



क) ११ कोटी वर्षांपूर्वी मेसीझोईक कालखंड

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. पॅजियाचे विखंडन होऊन त्यापासून निर्माण झालेले आजचे भूमिखंड व त्यांच्या वहनास गुरुत्वाकर्षण, बायोन्सी शक्ती व भरती शक्ती कारणीभूत ठरली असावी असे मानले जाते.

३. भूखंडवहन सिध्दांताचे पुरावे

अ) किनारपट्टीमधील समरूपता :



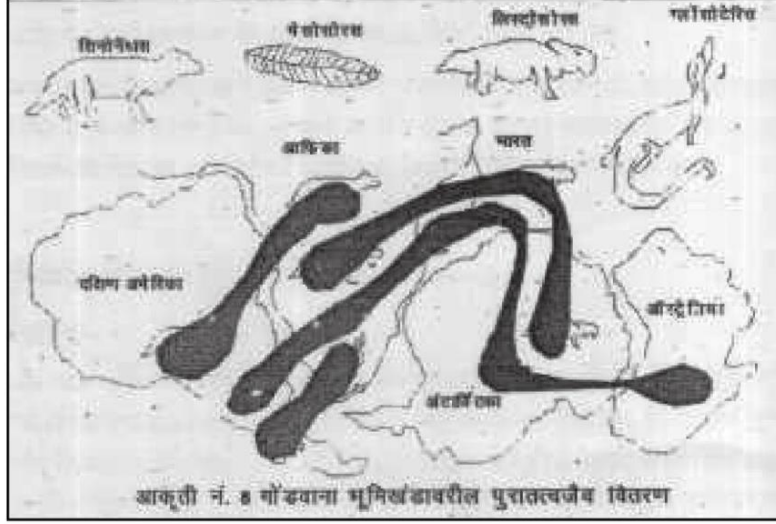
भूमिखंडाच्या बाह्य आकारामधील साम्याला वेगनर यांनी 'Jigsaw Fit' असे म्हटले आहे. दक्षिण अमेरिकेची पूर्व किनारपट्टी व आफ्रिका खंडाच्या पश्चिम किनारपट्टी, भारत व आफ्रिका यांच्या किनाऱ्यात समरूपता आढळते. पूर्वी ही खंडे एकत्रित असल्याशिवाय अशी समरूपता पाहावयास मिळणार नाही.

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.

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. उदा. अंटार्क्टिका खंडासह दक्षिण गोलार्धात ग्लॉसोटेरिस, सस्तनदृष्टी सरपटणारा लिस्ट्रोसोरस तर गोड्या पाण्यातील मेसोसोरस प्राणी



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 हिमावर्णाची 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 अँडीज 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, अँडिज व रॉकी या घडी पर्वतांची निर्मिती झाली नसती.

३.३ भूकंप : कारणे व परिणाम

भूकंप :

भूकंपाच्या काही प्रमुख व्याख्या पुढीलप्रमाणे केल्या जातात.

वर्सेस्टर - “काही कारणामुळे भूकंपाचा हादरे बसतात यालाच भूकंप असे म्हणतात.” “भूपृष्ठावरील किंवा भूपृष्ठाखाली असलेल्या खडकांच्या संतुलनात क्षणिक अडथळा निर्माण -

डब्ल्यु. जी. मुरे - "नैसर्गिक कारणाने भूपृष्ठाखाली निर्माण झालेल्या हालचालीमुळे भूपृष्ठाहादरे बसतात याला भूकंप असे म्हणतात." -

वरील व्याख्यांवरून असे लक्षात येते की, “पृथ्वी पृष्ठभागाला नैसर्गिक अथवा मानवनिर्मित कारणामुळे हादरे बसतात, यालाच भूकंप असे म्हणतात.”

भूकंपाची कारणे (Causes of Earthquake)

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 भूकंपांना 'ज्वालामुखीय भूकंप' असे म्हणतात.

२. प्रस्तरभंग :

पृथ्वीच्या अंतरंगात निर्माण झालेल्या व आडव्या दिशेत कार्य करणाऱ्या शक्तींच्यामुळे भूपृष्ठावरील अथवा भूकंपातील खडकावर दाब किंवा ताण निर्माण होऊन भ्रंशांची (प्रस्तरभंग) रेषेची निर्मिती होते. प्रस्तरभंग रेषेच्या दोन्ही बाजूकडील खडक वर किंवा खाली सरकतात, यालाच प्रस्तरभंग असे म्हणतात.

ज्यावेळी खडकाच्या थरात हालचाल होवून भूपृष्ठाहादरे बसतात. या प्रकारच्या भूकंपांना 'भ्रंशभूलक' भूकंप असे म्हणतात.

३. खनिजांचे पुनःस्फटिकीभवन :

पृथ्वीच्या अंतरंगात वाढता दाब व तापमान यामुळे अथवा त्यात झालेल्या अचानक बदलामुळे खडकातील खनिजांची मूळ रासायनिक मूलद्रव्ये यांची स्फटिक रचना बदलते. खनिजांची स्फटिक रचना बदलताना मूलद्रव्यांच्या अणुंच्या स्वरूपात बदल होत जातो. त्यामुळे दाब अथवा तणावात्मक हालचाली निर्माण होऊन भूपृष्ठाहादरे बसतात. या कारणामुळे होणाऱ्या भूकंपांना '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 :

पृथ्वीवरील पर्वतीय प्रदेशाची वाहते पाणी, वारा, हिमनद्या या बाह्य कारकांमुळे 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. 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 मूलद्रव्यांचे 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., पृथ्वीपासून उष्णतेचे उत्सर्जन सतत होत असल्यामुळे पृथ्वीचा पृष्ठभाग आकुंचित पावत आहे. या आकुंचन क्रियेमुळे खडकात तणावात्मक हालचाली निर्माण होवून भूकंप होतात.

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 श्री गॉर्जेस प्रकल्पामुळे भूकंपाची शक्यता वाढली आहे. परंतु या कारणाबाबत अभ्यासकात मतभिन्नता आढळते.

भूकंपाचे परिणाम

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 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 विहिरीतील 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.

३.४ ज्वालामुखी : कारणे व परिणाम

पृथ्वीपृष्ठभागावर बदल घडवून आणणाऱ्या शिघ्र गतीने कार्य करणाऱ्या शक्तीपैकी ज्वालामुखी क्रिया महत्त्वाची आहे. ज्या प्रक्रियांमुळे भूगर्भातील तप्त अशा घनरूप, द्रवरूप व वायुरूप 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 वायुरूप व घनरूप 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.

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 मूलद्रव्यांचे 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 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 भूरूपात बदल होतात तर काही भूरूपे नष्ट होतात.
- ५) ज्वालामुखी उद्रेकातून बाहेर पडणाऱ्या वायूमुळे हवेचे प्रदूषण होते.

ब) विधायक परिणाम :

- १) ज्वालामुखीतून बाहेर पडणाऱ्या पदार्थांमुळे 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.