

लोक शिक्षण प्रसारक मंडळ, वर्धा



लोक महाविद्यालय, वर्धा
भूगोल विभाग

भूरूपशास्त्र

सेमिस्टर - ३

पृथ्वीचे अंतरंग

(Interior of the earth)

पृथ्वीची निर्मिती झाल्यानंतर कालांतराने वातावरण, जलावरण, जिवावरण निर्माण झाले व प्रथमच बाह्य आवरण हे विविध खडकांनी बनलेले शिलावरण म्हणून तयार झाले आहे.

वातावरण : पृथ्वीच्या सभोवती असलेले वायूचे बाह्य आवरण म्हणजे वातावरण होय. ग्रहाची उत्पत्ती होण्यापूर्वी अवकाशात नत्रवायू, प्राणवायू, कर्बोम्लवायू, ऑर्गन यासारखे वायू होते. पृथ्वी अंतर्भागातील पोकळ्या व भेगेतील वायू व वाष्प केंद्रोत्सारी प्रेरणेमुळे व ज्वालामुखीच्या उद्रेकामुळे बाहेर फेकले गेले त्यातील नत्रवायू प्रमुख आहे. तसेच वाष्पावर विजेचा परिणाम होऊन उदजन व प्राणवायूची निर्मिती झाली. ग्रहाच्या सभोवती वायूचे मिश्रण होऊन आवरण तयार झाले व ते ग्रहाभोवती फिरू लागले.

वातावरणाची जाडी पृथ्वीपासून सुमारे १६०० K.M. असावी. पृथ्वीच्या स्वांग परिभ्रमणा बरोबरच व वातावरणदेखील त्याच गतीने फिरत असते. वातावरणातील बदलामुळे वारा, ढग, पर्जन्य, हिम वादळे इत्यादींची निर्मिती होत असते.

जलावरण : पृथ्वीवरील जलावरणाची निर्मिती पृथ्वीच्या उत्पत्तीच्या वेळी झाली असावी असे मत आहे. पृथ्वीवरील वातावरणाचे तपमान कमी होऊन वायूचे सांद्रिभवन होऊ लागले. व त्या सांद्रिभवनातून पाणी तयार झाले व ते भूपृष्ठावरील खोलगत भागी साचून त्याचे जलावरण तयार झाले. त्यात समुद्र, महासागर, सरोवरे, नद्या याचा समावेश होतो. पृथ्वीच्या या आवरणाने भूपृष्ठाचा सुमारे ३/४ भाग व्यापलेला आहे.

जीवावरण (Biosphere) : भौगोलिक दृष्टिकोनातून जीवावरणाला महत्त्वाचे स्थान आहे. पृथ्वीवर जंगलाच्या प्रदेशांत, जंगली प्राणी, पक्षी, किटके व वनस्पती विपुल प्रमाणात आहेत. समुद्रांत मासे, वनस्पती प्रवाळ इत्यादी जीव आहेत. याशिवाय सर्वत्र सूक्ष्म जीवजंतू पसरलेले आहेत. अशा जीव सृष्टीच्या आवरणाला जीवावरण म्हणतात. यांचा संबंध खनिजपदार्थ व प्राणवायूशी आहे.

पृथ्वीचे अंतरंग हे निसर्गातील सर्वात मोठे गूढ असून ते अद्याप पूर्णपणे उमजलेले नाही. फक्त निरीक्षणे पृथ्वीच्या पृष्ठभागाखाली सुमारे ५ किमी जाऊनच रचना ठरविण्यात यश आले परंतु ह्यापेक्षा खोल भागाची रचना भूभौमिक हालचाली, भूकंप, ज्वालामुखी, भूस्तराची घनता, उल्का, इत्यादी संबंधी माहिती मिळविण्यास शास्त्रज्ञांनी पुढचे एकत्र करून अंदाज बांधले आहेत.

भूकंपलहरी व पृथ्वीचे अंतरंग

पृथ्वीच्या अंतर्गत भागाविषयी अधिक विश्वसनीय माहिती मिळविण्यास भूकंपशास्त्र फार उपयोगी ठरले आहे. पृथ्वीवर एखाद्या ठिकाणी भूकंप झाला तरी लहरीच्या स्वरूपात हादरे सर्वत्र भागी बसतात. भूकंप झालेल्या ठिकाणापासून सर्व बाजूस अनेक लहरी पसरतात व भूनिरिक्षण केंद्रातील भूकंपलेखावर त्याची नोंद होते. या नोंदीच्या निरीक्षणावरून असे दिसून आले आहे की, या लहरी तीन प्रकारच्या असतात व या विविध घनतेच्या व गुरुत्वाच्या थरातून जातात, त्यामुळे पृथ्वीच्या अंतर्भागाची माहिती प्राप्त होऊ शकली.

भूकंपलहरीचे प्राथमिक दुय्यम, व पृष्ठीय लहरी असे वर्गीकरण केले जाते. प्राथमिक लहरी या पृथ्वीच्या अंतर्भागातून जाऊन निरीक्षण केंद्रापर्यंत पोहोचतात. त्या सरळ रेषेत भूपृष्ठाकडे प्रवास करतात. त्याचा वेग भूपृष्ठाखाली २९०० K.M. खोलीपर्यंत वाढत जातो. परंतु गाभ्यातून जाताना तो कमी होतो. दुय्यम लहरीचा वेग प्राथमिक लहरीपेक्षा कमी असतो. त्या गाभ्यातून जात नाहीत. यावरून गाभ्याचा बाह्यभाग हा द्रव सदृश्य असावा असे समजतात. भूपृष्ठीय लहरीचा वेग कमी असून त्या भूपृष्ठापासून जास्त खोलीवर प्रवास करीत नाहीत व त्याचा मार्गही दीर्घ असतो.

भूकंप लहरी कठीण खडकातून जाताना त्या लहरीचा वेग वाढतो. परंतु मृदू किंवा द्रवरूप खडकातून जाताना वेग कमी होतो. भूपृष्ठाकडून भूगर्भाकडे जाताना २९०० किमी पर्यंत त्यांचा वेग वाढतो परंतु २९०० किमी खोलीनंतर या लहरी अंतर्गत भागात प्रवेश करीत नाहीत.

वरील वैशिष्ट्यांवरून २९०० k.m. पलीकडील भाग हा द्रवस्थितीत असावा असे शास्त्रज्ञांनी अनुमान काढले आहे.

भूकंपलहरीच्या अभ्यासाशिवाय सुर्यकुलांत भ्रमण करणाऱ्या व भूपृष्ठावर होणाऱ्या उल्कापातावरून सुध्दा पृथ्वीच्या अंतरंगाविषयीची बरीच माहिती उपलब्ध झाली आहे. उल्का विस्ताराने मोठ्या असून त्या केवळ पाषाणच असतात असे नव्हे तर यात लोखंड, निकेल, रेंती व खनिजाचे गोळे आढळतात.

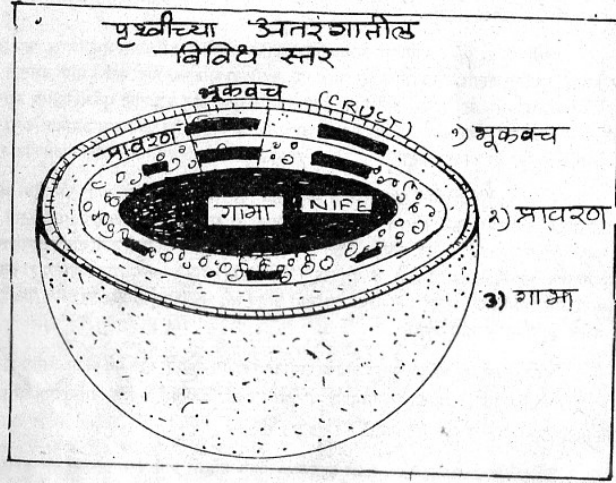
अशा भूकंपलहरी व उल्कापाताच्या विश्लेषणावरून असे दिसून येते की, भूपृष्ठापासून केंद्रापर्यंत पृथ्वीच्या अंतर्गत भागात विविध तीन स्तर असावेत असे मानण्यात आलेले आहे. पृथ्वीची सरासरी घनता ५.५ आहे व भूपृष्ठावरील खडकाची घनता २.७ आहे. पृथ्वी द्रव्याची घनता पृथ्वीच्या केंद्रभागाकडे वाढत जाते. यावरून असे अनुमान निघते की, पृथ्वीचा अंतर्भाग ह्या बाह्यावरणापेक्षा अधिक भार असणाऱ्या पदार्थाचा बनला आहे.

प्रसिध्द अस्ट्रियन भूशास्त्रज्ञ स्वेस (Suess) याने पृथ्वी द्रव्याच्या घनतेनुसार पृथ्वीची तीन समकेन्द्री स्तरात विभागणी केली आहे. ती खालील प्रमाणे असून आकृती ४.१ मध्ये दर्शविली आहे.

- (१) शिलावरण
- (२) प्रावरण
- (३) गाभा

(१) शिलावरण (Lithosphere) : पृथ्वीच्या भूपृष्ठापासून केंद्रापर्यंतचे अंतर ६३७१ किमी. आहे.

त्यातील शिलावरणाची जाडी ४२ किमी. पर्यंत आढळते. परंतु ती सुद्धा सर्वत्र समान नाही. भूमीखंडाच्या भागात जाडी जास्त म्हणजे साधारणतः २० ते ३० कि. मी. असते. हिमालय, राँकी, सारख्या पर्वत श्रेण्यांखाली क्वच ४० कि. मी. पेक्षा थोडे जास्त आढळते. परंतु महासागराखाली मात्र क्वच ५ ते १० कि. मी. इतके जाड आहे.



(आकृती क्र. : ४.१)

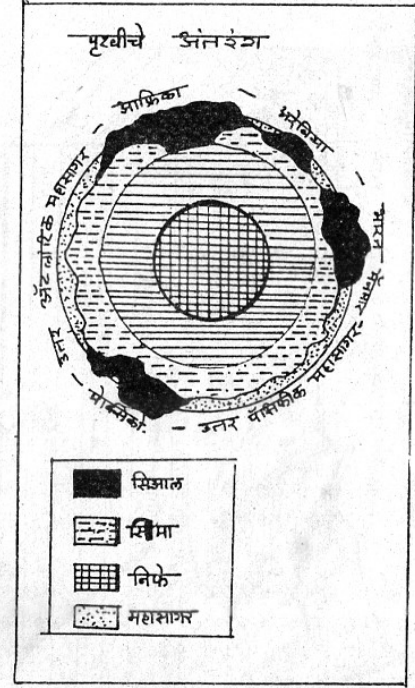
शिलावरणाचा सुमारे १६ किमी जाडीचा भाग अग्निजन्य व रूपांतरित खडकाचा असून तो संपूर्ण शिलावरणाच्या ९५% इतका आहे. शिलावरणाचे दोन थर दिसून येतात. (अ) सियाल (Sial) (ब) सीमा (Sima)

(अ) सियाल : शिलावरणातील सुमारे ४० किमी.जाडीचा वरील थर असून त्यांत प्रामुख्याने कणाभ (Granite) व त्याचे रूपांतरित प्रकार आढळतात. यात सिलिका व अल्युमिनियम ही प्रमुख द्रव्ये असतात. या द्रव्यांच्या इंग्रजी आद्याक्षरावरून या आवरणास सियाल (Sial) म्हणतात. (Sial +Silicant + Aluminium) सियालची घनता २.७ आहे.

(ब) सीमा : सियाल थराखाली लागून असलेल्या थराला Sima, म्हणतात (Sima--Silica + Magnasium) यात सिलिका व मॅग्नेशियम ही दोन द्रव्ये असतात. महासागराखाली याची जाडी ३ ते ५ कि.मीटर व भूखंडाखाली १३ कि.मी. व पर्वतश्रेणी खाली ७० किमी. आहे. याची घनता २.८ ते ३.४ आहे. महासागराचा तळभाग हा मुख्यत्वे करून सीमाचा बनलेला आहे व त्यात Basalt खडक आहे.

(२) प्रावरण (Mantle) : शिलावरण व पृथ्वीचा गाभा यामधील थराला प्रावरण म्हणतात. याची जाडी २८६५ किमी असून घनता ३.१ ते ५.५ इतकी आहे. भूकंपलहरीच्या अभ्यासावरून असे आढळून आले की, प्रावरणातील एका थरांत घनता एकदम वाढते. तसेच काही भूगर्भशास्त्रज्ञांनी समुद्रतळ खणून अंतर्गत भागाची माहिती मिळविण्याचा प्रयत्न केला त्यात युगोस्लाव्हियातील शास्त्रज्ञ अँड्रीज मोहोरोव्हिसिक

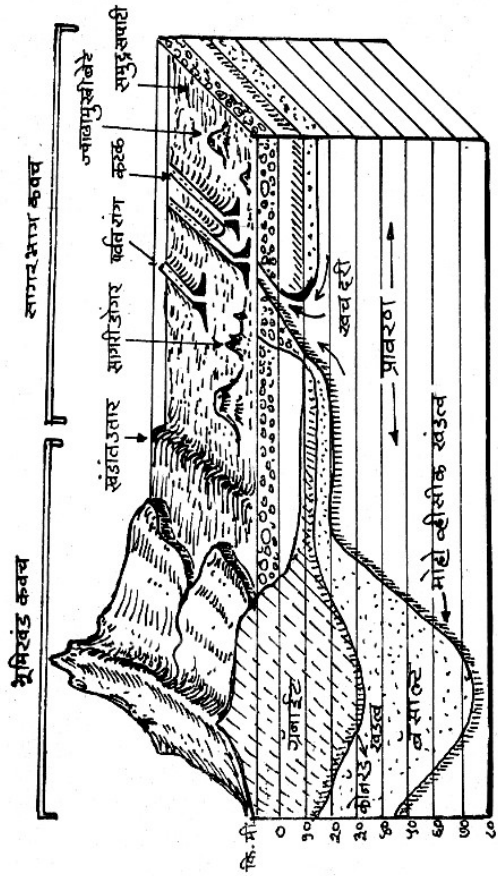
(१९०९) याला बाल्कन राष्ट्रातील भूकंपाचा अभ्यासाअंती एक वेगळाच थर आढळला त्या थराला त्याच्या नावानेच माहो विलगता (Maho-Discontinuity) म्हणून ओळखतात. हा थर समुद्र तळाखाली १० ते १२



(आकृती क्र. ४.२)

कि.मी.खोलीवर ते भूखंडाखाली सुमारे ३५ किमी खोलीपर्यंत आढळतो. म्हणजे त्याची जाडी सर्वत्र समान नाही. या आवरणाने पृथ्वीचा एकत्र ८३% भाग व्यापलेला आहे. या आवरणेत लोखंड, मॅग्नेशियम व सिलिकेट इत्यादी द्रव्ये आढळतात. पृथ्वीच्या अंतर्गत हालचाली प्रावरणातूनच होत असून, खंडवहन, गिरिजनक हालचाली व भूप्रक्षोभ हे प्रकार होत असतात. (आ. ४.३)

(३) गाभा (CORE) : प्रावरणाखाली भूकेंद्रापर्यंत असलेल्या भागास गाभा म्हणतात. प्रावरण व गाभा यांच्या सीमावर्ती भागास गटेनबर्ग विलगता असे संबोधण्यात येते. गटेनबर्ग यांनी १९१४ मध्ये हा भाग द्रवरूप व घनरूप स्थितीतील खडकाचा एक सांधा आहे असे सिद्ध केले होते.



इ.स. १८३६ मध्ये डॅनिश भूशास्त्रज्ञ इंगेलेहमान ह्यांनी सिद्ध केले की, या गाभ्यातच अंतर्गाभा व बहिर्गाभा असे दोन भाग असावेत. बहिर्गाभा हा द्रवरूप असून तो २८९० किमी पासून ५१५० किमी पर्यंत आहे. बहिर्गाभ्याची घनता १० ते १२ इतकी आहे. (१० ते १४) अंतर्गाभा हा कठीण अशा घनरूप पदार्थाचा बनला आहे. गाभा निकेल व फेरियम या धातूच्या मिश्रणापासून तयार झाला आहे. म्हणून त्याला निफे Nife असे म्हणतात.

आंतर्गाभा व बहिर्गाभा यामध्ये ४५० km जाडीचा जो थर आहे त्यास संक्रमण भाग (Transition Zone) असे नाव आहे.

* * *

खडकांची उत्पत्ती व संरचना

(Origin and Composition of Rocks)

पृथ्वीची निर्मिती झाल्यानंतर तिचा पृष्ठभाग हळूहळू थंड होऊन तिच्या पृष्ठभागावर कठीण पदार्थांचे आवरण तयार झाले. त्याला भूकवच किंवा शिलावरण(Lithosphere) असे म्हणतात. हे विविध प्रकारच्या खडकांनी बनलेले आहे. प्रत्येक प्रकारच्या खडकांत विशिष्ट खनिजे असतात. खडकांची खनिजात्मक संघटना (Mineral Composition) यावरून खडकाचे प्रकार ओळखता येतात. शिलावरणात ग्रेनाइट व बेसाल्ट हे प्रमुख खडक आढळतात. याशिवाय विकृत खडकांशिवाय भिन्न भिन्न रचनेचे व गुणधर्मांचे खडक आढळतात. खडकात एक किंवा अधिक खनिजांच्या कणांचा समावेश असतो. जिपसम, मार्बल व लाइमस्टोन या प्रकारच्या खडकांत मुख्यतः एकच खनिज आढळते.

खडकांच्या खनिजात्मक, रासायनिक व संरचनात्मक गुणधर्मांच्या अभ्यासावरून भूतकालातील पृथ्वीवरील व पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील अनेक प्रक्रिया व घडामोडींचा अंदाज बांधता येतो. कारण पृथ्वीच्या इतिहासातील विविध कालखंडात घडलेल्या घडामोडींची छापा खडकावर पडलेली असते व ती खडकाच्या गुणधर्मात प्रतिबिंबित होते. म्हणून भूशास्त्रज्ञ खडकांना पृथ्वीच्या इतिहासाची पृष्ठे मानतात.

ग्रॅनाइट खडकांत युरेनियम व थोरियमधारक खनिजे आढळतात. या खनिजावरून किरणोत्सर्गी पदार्थांने ग्रॅनाइटचे वय काढता येते. खडकाचे संरचनात्मक व गठनात्मक गुणधर्मांचा अभ्यास करणारे एक स्वतंत्र शास्त्र आहे. त्याला पाषाणशास्त्र (Petrology) म्हणतात. वास्तुशिल्प व स्थापत्य क्षेत्रात उपयोगी असणाऱ्या अग्निज खडकाचे अध्ययन शिलाशास्त्र (Lithology) या शास्त्रात केले जाते.

उत्पत्तीनुसार खडकाचे प्रकार

पृथ्वीच्या शिलावरणातील अतिशय कठीण किंवा टणक अशा दगडापासून ते अतिशय मृदू अशा बारीक मातीपर्यंत सर्व पदार्थांचा खडक. या संज्ञेत समावेश होतो. खडकांत अनेक खनिजेही समाविष्ट असतात. **ऑर्थर होम्स** यांच्या मते, बहुतेक खडक म्हणजे खनिजांचे संमिश्रण होय. तसेच भूगर्भाशास्त्रीयदृष्ट्या भूपृष्ठावरील कोणत्याही नैसर्गिक पदार्थाला खडक असे म्हटले जाते.

भूशास्त्रज्ञांनी निरनिराळ्या घटकांच्या आधारावर खडकांचे वर्गीकरण केले आहे. परंतु खडकांच्या उत्पत्तीनुसार केलेले वर्गीकरण हे आस्त ग्राह्य समजण्यात येऊन भूगोल विषयाच्या अध्ययनात त्याची उपयोगिता जास्त आहे. यानुसार खडकांचे मुख्य तीन प्रकार पडतात.

(१) अग्निजन्य खडक (Igneous Rocks)

(२) जलजन्य किंवा स्तरीत खडक(Sedimentary Rocks)

(३) रूपांतरित किंवा विकृत खडक (Metamorphic Rocks)

(१) **अग्निजन्य खडक** : पृथ्वीच्या भूगर्भातील वितळलेल्या शैलद्रव्याला मॅग्मा (Magma) म्हणतात. ती गिरिजनन, ज्वालामुखी भ्रंश इत्यादी प्रक्रियात भूपृष्ठावर येतो तर कधी भूकवचात थंड होऊन पानीभूत होतो. त्यालाच अग्निजन्य खडक म्हणतात. ग्रॅनाइट, बेसाल्ट, डोलराइट ही अग्निज खडकांची उदाहरणे आहेत.

पृथ्वीची उत्पत्ती झाल्यावर प्रथम हे खडक तयार झाले त्यानंतर जलजन्य व रूपांतरित खडक निर्माण झाले, यामुळेच अग्निजन्य खडकाला प्राथमिक (Primary) खडक म्हणतात.

अग्निजन्य म्हणजे अग्निजन्य व अग्निज म्हणजे अत्यंत तापलेल्या शिलारसापासून तयार झालेले खडक हे अग्निजन्य खडक आहेत. हे भूपृष्ठावर किंवा भूकवचात तयार होतात.

अग्निजन्य खडकाचे गुणधर्म

(१) अग्निजन्य खडक शिलारसापासून बनल्यामुळे ते अत्यंत कठीण व मजबूत असतात.

(२) हे खडक तप्त शिलारस थंड होऊन तयार झालेले आहेत त्यावेळी तेथील खनिजे संघटित होऊन खडक हे अचिद्र व अभेद्य असे झाले आहे. त्यातून पाणी झिरपत नाही.

(३) या खडकांत रासायनिक पदार्थांचे प्रमाण जास्त आहे. ते खालीलप्रमाणे

ऑक्सिजन (Oxygen) सिलिका (Silicon) अल्युमिनियम (Aluminium) पोटॅशियम (Potassium) सोडियम (Sodium) कॅल्शियम (Calcium) लोह (Iron) मॅग्नेशियम (Magnesium)

(४) या खडकातील खनिजाचे स्फटिक अंतर्ग मित (Interlocked) झालेले असतात.

(५) या खडकांत स्तर रचना नसते.

(६) अग्निजन्य खडकात वनस्पती व प्राण्यांचे जिवाश्म नसतात कारण मॅग्माची अतिशय उष्णता कारणीभूत होय. भूकवचात तयार होतात त्यांच्या थंड होण्याच्या स्थितीवरून खडकाचे खालील प्रकार पडतात.

अग्निजन्य खडक (Igneous Rocks)

(१) बहिर्निर्मित खडक	(२) अंतर्निर्मित खडक
ब्रेसिया	सील
लॅपिली	डाईक
व्होल्कॅनिक बॉम्ब	स्टॉक बॅथालिथ
ज्वालामुखी राख	फॅकालिथ
ट्रॅप	लॅकोलिथ

(१) बहिर्निर्मित खडक (Extrusive Rocks)

ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून तप्त शिलारस बाहेर येऊन भूपृष्ठावर थंड होतो व त्यापासून खडकाची निर्मिती होते. बेसाल्ट हा खडक याचे उत्तम उदाहरण आहे. या खडकांत फेल्सपार हे खनिज द्रव्य असते.

ज्वालामुखीचा स्फोटक उद्रेक होतो. त्यावेळी भूगर्भातील तप्त खडकाचे तुकडे बाहेर फेकले जातात. त्यावेळी ते निरनिराळ्या आकाराचे असतात. त्यावरून त्यांना व्हॉल्कॅनिक बॉम्ब, लॅपिली, ब्रेसिया अशी नावे पडली आहेत. या पदार्थांबरोबर ज्वालामुखीची राख (Volcanic Dust) बाहेर पडते. ज्वालामुखी उद्रेकानंतर लगेच पाऊस पडला तर पाण्यामुळे राखेचे खडकांत रूपांतर होते त्याला 'टफ' (Tuff) असे म्हणतात.

ज्वालामुखीचा स्फोटक उद्रेक न होता कधी कधी सावकाश व शांतपणे शिलारस भूकवचातून बाहेर येतो व भूपृष्ठावर पसरतो याला भेगी उद्रेक असे म्हणतात. दख्खनच्या पठारावरील काही भाग या खडकांनी तयार झाला त्याला ट्रॅप म्हणतात. भारतातील दख्खनच्या पठारावर हा खडकाचा भाग आहे. ज्वालामुखीतून शिलारस बाहेर येतो. तो थंड होत असताना त्यात असलेला वायू बाहेर पडून खडकाला छिद्रे पडतात व पृष्ठाभाग गुळगुळीत होतो. अशा खडकांना प्यूमीस (Pumice) म्हणतात. हा खडक हलका असून तो पाण्यावर तरंगतो.

शिलारसाच्या रासायनिक गुणधर्मांवरून पडलेले प्रकार (Classification of Igneous Rocks.)

ज्वालामुखीच्या उद्रेकातून येणाऱ्या शिलारसाच्या रासायनिक गुणधर्मांवरून प्रामुख्याने त्यांत असणाऱ्या सिलीका या घटकद्रव्याच्या प्रमाणावरून अग्निजन्य खडकाचे दोन प्रकार पडतात.

(१) अॅसिड अग्निजन्य खडक (Acidic Rocks)

(२) बेसिक अग्निजन्य खडक (Basic Rocks)

(१) अॅसिड अग्निजन्य खडक : शिलारसात सिलीकाचे प्रमाण ६५ % पेक्षा जास्त असेल तर तयार झालेल्या खडकाला अॅसिड अग्निजन्य खडक म्हणतात. यांत लोह, मॅग्नेशियम, अल्युमिनियम इत्यादी पदार्थ असतात व त्यांचे प्रमाण सुमारे २०% असते. यात सिलीकाचे प्रमाण जास्त असल्यामुळे तो घट्ट असतो. या खडकाचे घनत्व २.७५ पेक्षा कमी असते. ग्रॅनाईट हे या खडकाचे उदाहरण आहे.

(२) बेसिक लाव्हा : या खडकांत सिलीकाचे प्रमाण ४५% ते ५५% च्या दरम्यान असते. यात शिलीकाचे प्रमाण इतर खनिजद्रव्यांच्या तुलनेत कमी असल्यामुळे भूपृष्ठावर येणारा शिलारस पातळ असतो. याची घनता २.८ ते ३.०० च्या दरम्यान असते. हे खडक मृदू असल्यामुळे क्षरण क्रियेने ते लवकर झिजतात. बेसाल्ट व ग्रॅनो ही या खडकाची उदाहरणे आहेत.

(२) अंतर्निर्मित खडक (Intrusive Rocks)

भूपृष्ठाच्या अंतर्गत भागात ज्वालामुखीय शिलारस, भूपृष्ठावर येण्यास अडचण असल्यामुळे तो तेथेच थंड होतो. शिलारस थंड झाल्यावर त्याचे खडकांत रूपांतर होते त्यांना पातालीक खडक (Plutonic Rocks) असे म्हणतात. ग्रॅनाईट (कणारम) व ग्रॅनो हे एक प्रमुख उदाहरण आहे. याशिवाय निरनिराळ्या आकाराचे भूकवचात खडक तयार होतात. शिलापट्ट (Sill) भित्तिखडक (Dike) लॅकोलिथ, बॅथालिथ, फॅकालिथ ही त्या खडकांची नावे आहेत.

अंतर्निर्मित खडकांत ग्रॅनाईट हा प्रमुख खडक भूपृष्ठाचे क्षरण झाल्यामुळे उघडा पडलेला दिसतो. तेव्हा निरनिराळ्या आकाराचे खडक दिसून येतात. असे खडक व ग्रॅनाईट आंध्रप्रदेश, कर्नाटक व तामिळनाडूत दिसून पडतात. भूपृष्ठाच्या अंतर्गत भागात मॉमा थंड होऊन भिन्न आकाराचे खडक तयार होतात. ते खालीलप्रमाणे आहेत.

(१) भित्तिखडक (डाईक) (Dyke) - A dyke is simply a wall-like mass which has entered a crack in the rocks. हे खडक शिलारसापासून तयार होऊन खडकांच्या जोडात (Vertical) लंबवत स्वरूपाचे असतात. या खडकांची जाडी तसेच लांबी कमी-अधिक म्हणजे सुमारे पन्नास मीटरपर्यंत आढळते. तसेच त्याच्या आकारातही फारक असतो. फिनलँडमधील एक प्रसिद्ध डाईक १२ कि.मीटर लांब असून भितीसारखी दिसते. सिंगभूम जिल्ह्यात डोलेराइटचे अनेक डाईक आहेत. मुंबईजवळ एलिफंटा गुफेत भित्तिखडक ठळकपणे दिसून पडतात.

(२) शिलापट्ट (सील-Sill) Sill is a layer like mass of igneous rock formed in a horizontal form. भूकवचातील खडकाच्या दरम्यान असलेल्या आडव्या फटीत शिलारस साचतो. तो थंड झाल्यावर आडव्या खडकाची निर्मिती होते त्यास शिलापट्ट (Sill) म्हणतात. हे खडक दोन स्तरांत किंवा दोन जलजन्म खडकात कित्येक मीटर रुंद व कित्येक किलोमीटर लांब पसरलेले असतात. आकाराने फारच लहान असल्यास त्या भूपृष्ठास शीट (Sheet) म्हणतात.

बॅथालिथ - (Batholith) : A Gigantic igneous intrusion of great depth, covering a large area भूपृष्ठापासून अतिशय खोलीवर या खडकाची निर्मिती लाव्हासाच्या थंड होण्यामुळे होते. हे आकाराने अवाढव्य असून मोठ्या प्रमाणावर होणाऱ्या खनन क्रियेमुळे ते पृथ्वीवर उघडे पडतात. या खडकांचा उघडा पडलेला पृष्ठाभाग खडबडीत झालेला दिसतो. विस्ताराने फार मोठा असलेला बॅथालिथ खडक हा सुमारे १०० कि.मीटर क्षेत्र व्यापतो. उत्तर अमेरिकेतील ब्रिटिश कोलंबिया क्षेत्रात कोस्ट रेंज बॅथालिथ (Coast Range Batholith) नावाचा अवाढव्य असा सुमारे १५०० कि.मीटर लांबीचा आहे. ते बहुधा मोठ्या पर्वत रांगेच्या मध्यभागी असतात.

फॅकॉलिथ : पृष्ठभागाखालील खडकाला घड्या पट्टून निर्माण झालेल्या अपनती (Anticline) व अभिनती (Syncline) मध्ये शिलारस थंड होऊन हे खडक तयार होतात. (आकृती.....)

याशिवाय बशीच्या आकाराचे खोलगट भूआकार असतात त्यांना लोपोलिथ (Lopolith) म्हणतात. भूपृष्ठापासून कमी खोलीवर असलेल्या स्तरीत खडकात घुमटाकार अग्रिजन्य खडक तयार होतात त्यांना लॅकोलिथ (Lacolith), म्हणतात.

यांचा पृष्ठभाग खडबडीत व तळभाग पसरट असतो. असे खडकाचे भाग एकाखाली एक निर्माण झाल्यास त्या भूरूपाला सिडार ट्री लॅकोलिथ (Cedar tree Lacolith) म्हणतात. संयुक्त संस्थानातील हेन्री पर्वतात हे आढळतात.

(२) जलजन्य किंवा स्तरित खडक

(Sedimentary Rocks)

पृथ्वीवरील अग्रिजन्य खडकाची झीज वाहते पाणी, वारा व हिमनदी याद्वारे होऊन झिजलेले पदार्थ किंवा गाळ वाहत जाऊन एखाद्या ठिकाणी साचतात. हजारो वर्षपर्यंत थरावर थर साचून त्याचे खडक तयार होतात. त्याच खडकांना स्तरित किंवा जलजन्य खडक (Sedimentary Rocks) म्हणतात.

Sedimentum या लॅटिन शब्दाचा अर्थ पदार्थाचे संचयन (Setting down) यानुसार हे खडक तयार होत असतात. **वॉर्सेस्टर (Worcester)** यांनी पुढीलप्रमाणे व्याख्या केली आहे. Sedimentary Rocks are composed largely of fragments of older rock thoroughly consolidated and arranged in layers or strata.

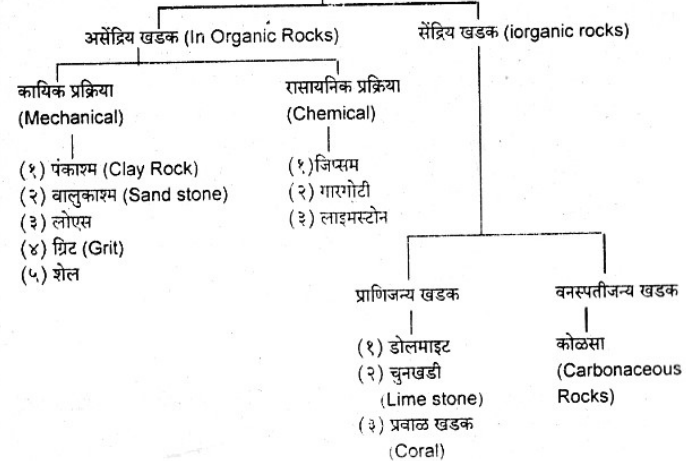
हे खडक वाहत्या पाण्याने, पाण्यांत व पाण्याच्या दाबाने तयार होत असल्याने त्यात जलजन्य खडक असे म्हटले जाते. अगदी सुरुवातीचे खडक हे अग्रिजन्य म्हणून त्यांना प्राथमिक खडक म्हणतात. तर जलजन्य हे अग्रिजन्य खडकाची झीज होऊन नंतर तयार झाले असतात म्हणून जलजन्य खडकांना **दुय्यम खडक (Secondary rocks)** म्हणतात.

या खडकांनी पृथ्वीचा ७५ % भाग व्यापला असून ते भूपृष्ठापासून जास्त खोलीवर आढळत नाही. जमीन व समुद्रतळावर निरनिराळ्या पदार्थांच्या निक्षेपणा (Deposition) बरोबर प्राण्यांचे व वनस्पतींचे अवशेष जमा होत असतात व त्यातूनच खडक तयार होतो. म्हणून या खडकांना अवसादी खडक असेही म्हणतात.

जलजन्य खडकाचे प्रकार (Types of Sedimentary Rocks)

अग्रिजन्य खडकाची रासायनिक व कायिक प्रक्रियेने झीज होऊन ती ठिकठिकाणी साचत असते. ही झीज म्हणजे गाळ संचयित होऊन त्यापासून खडक तयार होतात. त्यांत सेंद्रिय व असेंद्रिय पदार्थ मिसळलेले असतात. त्यावरून खडकाचे खालील प्रकार पडतात.

जलजन्य खडक (Sedimentary Rocks)



(१) **असेंद्रिय खडक :** रासायनिक किंवा कायिक प्रक्रियेमुळे तयार होणाऱ्या खडकांना असेंद्रिय खडक म्हणतात. या खडकांत खनिज द्रव्यांचे प्रमाण जास्त असते. कायिक प्रक्रियेमुळे वालुकाशम, पंकाशम, शेल व मातीचे खडक तयार होतात व हे निर्माण होण्यास नद्या, हिम व वारा हे कारक कारणीभूत ठरतात.

वालुकाशम खडकाच्या रचनेत कार्टस हा वालूपासूनच तयार झालेला खडक असतो. क्वार्टस, वालू व पंकाशम एकत्र येऊन एकसंध होतात व खडक बनतो. त्याला **कॉल्गामरेट खडक** म्हणतात.

(२) **सेंद्रिय खडक :** पृथ्वीवरील वनस्पती व प्राणी नष्ट झाल्यानंतर त्यांचे अवशेष भूपृष्ठाखाली दबले जातात व त्यावर गाळाचे संचयन होते. कालांतराने भूपृष्ठाचा दाब पडून त्या अवशेषांचे रूपांतर खडकांत होते. अशा खडकांना सेंद्रिय खडक किंवा जैव खडक म्हणतात. कोळसा, चुनखडी व प्रवाळ खडक ही याची उदाहरणे आहेत.

सेंद्रिय खडकांचे मुख्य दोन प्रकार पडतात.

(१) प्राणिजन्य खडक (Calcareous rocks)

(२) वनस्पतीजन्य खडक (Carbonaceous Rocks)

(१) **प्राणिजन्य खडक :** काही विशिष्ट प्रकारच्या मृत प्राण्यांचे जे अवशेष किंवा सांगाडे असतात त्यापासून हे खडक निर्माण होतात. या खडकांत कॅल्शियम कॉर्बोनेट हा रासायनिक पदार्थ असतो. सागरातील कालवे, आइस्टर, प्रवाळ यांच्या मृत्यूनंतर त्यांच्या अवशेष व सांगाड्याचे संचयन होऊन खडक तयार होतात.

खडकात कॅलशियम कार्बोनेटचे प्रमाण असते. उथळ समुद्रात हे खडक दृष्टीस पडतात. चूनखडक, डोलोमाइट खडू ही या खडकांची उदा. आहेत.

समुद्रात राहणाऱ्या प्रवाळासारख्या अतिसूक्ष्म किटकांच्या मृत्यूनंतर अवशेषाचे संचयन होऊन प्रवाळाचे खडक होतात. या खडकांची निर्मिती ही सागरी बेटालगत होते. लक्षदीप हे प्रवाळाचे बेट आहे. अंदमान बेटाच्या काही भागातही असे खडक दिसून येतात. आंध्र प्रदेशातील कडप्पा व फरशी ही सेंट्रिय खडक आहेत.

वनस्पतीजन्य खडक : पृथ्वीच्या अंतर्गत हालचालीमुळे भूपृष्ठावरील वनस्पती जमिनीत गडप झाली. आतील उष्णता व भूपृष्ठाचा दाब यामुळे वनस्पतीचे कोळशांत रूपांतर झाले. त्यालाच दगडी कोळसा म्हणतात. वर्धा नदीच्या खोऱ्यात कोळसा सापडतो. तसेच खनिज तेलाचे साठे आढळतात.

स्त्रीत खडकाच्या निर्मितीला कारणीभूत असणाऱ्या घटकांनुसार पडलेले प्रकार

(१) जलीय खडक (Aqueous Rocks)

(२) वातज खडक (Aeolian Rocks)

(३) हिमनदीय खडक (Glacial Rocks)

(१) **जलीय खडक :** नद्यांनी वाहून आणलेल्या गाळाचे संचयन समुद्र, सरोवर, नदी खोरे, इत्यादी ठिकाणी होऊन तेथे खडक तयार होतात.

(२) **वातज खडक :** वाऱ्याच्या वाहण्यामुळे एखाद्या भागातील किंवा वाळवंटातील अतिसूक्ष्म पदार्थ वाहत येऊन त्यांचे संचयन होते व कालांतराने त्याचे रूपांतर खडकांत होते. लोएसचे खडक हे एक उदाहरण आहे. चीनच्या वायव्यभागी हे खडक दिसतात.

(३) **हिमनदीय खडक :** पर्वतीय भागातून हिमनद्या वाहत येत असताना आपल्याबरोबर हिमोढ (Moraine) वाहून आणतात. त्यांचे संचयन तळार, काठावर हिमनदीचा शेवट होतो त्या ठिकाणी होऊन त्यापासून खडक तयार होतो.

प्रमुख स्त्रीत खडकाची माहिती

वास्तुकाश्म (SandStone)

हे खडक चुना, सिलिका, माती व लोह, ऑक्साइड या संयोजक पदार्थांच्या संयोजनातून निर्माण होत असतात. क्वार्ट्झ, फ्लेस्पार व अन्नक ही या खडकातील सामान्य खनिजे होत. या खडकातील वाळूच्या कणांचा आकार ०.१ ते २.० मिलीमीटरपर्यंत असतो. या खडकाचे पांढरे, पिवळसर, तांबूस असे विविध रंग तेथील संयोजक पदार्थांवर अवलंबून असतात. काही प्रकारच्या वास्तुकाश्मांत अन्नक युक्त पातळ व समांतर थर आढळतात.

बांधकामासाठी हा खडक अतिशय उपयुक्त समजला जातो. उत्तर भारतातील महाल व किल्ले याच खडकापासून बांधले आहेत. सांची व सारनाथ येथील ऐतिहासिक इमारतीसाठी विंध्य समुहातील खडकाचा उपयोग करण्यात आला आहे. नागपूरची रिझर्व्ह बँक व रेल्वे स्टेशन याच खडकापासून तयार केले आहेत.

पिंडाश्म (Conglomerate)

पिंडाश्म हा खडक २ मिलिमिटरहून अधिक आकाराच्या टोळगोट्यांचे (Pebbles, Gravel) संयोजन होऊन बनतो. विंध्य शैलप्रणालीतील कैमूर, रेवा व भानेर या क्षेत्रात पिंडाश्म आढळतात.

दगडी कोळसा

दगडी कोळशाचा वापर सर्वांत प्रथम चीनमध्ये होत होता असे मार्कोपोलो या प्रवाशाच्या उ. स. १२७१ मध्ये लक्षात आले. दगडी कोळसा म्हणजे वनस्पतीजन्य स्त्रीत खडकाचा प्रकार होय. फार वर्षांपूर्वी भूपृष्ठावरील दाट जंगले भूकंप व ज्वालामुखीमुळे अंतर्गत भागात गाडली गेलीत. त्यावर आतील उष्णता व भूपृष्ठाचा दाब या घटकांचा परिणाम होऊन वनस्पतीजन्य अवशेषांचे रूपांतर कोळशांत (कार्बन) झाले. जेथे वलीकरण व प्रस्तरभंग ह्या क्रिया घडल्या तेथील कोळशाचे स्तर तुटूक स्वरूपात तर जेथील भू-भाग हा स्थिर असतो तेथील कोळशाचे स्तर हे भूपृष्ठावर समांतर स्थितीत आढळतात. कोळशाच्या थराची जाडी ही काही से.मी. पासून किल्येक मीटर्सपर्यंत असू शकते. कोळशांत कार्बन, पाण्याचा अंश व इतर घटक द्रव्ये असतात. कोळशाचे थर भूपृष्ठाखाली सुमारे ५० ते १००० मीटर खोलीवर असतात.

कार्बोनिफेरस व परमियन या कालखंडात कोळशाची निर्मिती झाली. भारतातील कोळसा हा परमियन कालखंडात तयार झाला आहे. कोळशांत असलेल्या कार्बनच्या भिन्न प्रमाणांनुसार (१) पीट, (२) लिग्नाइट (३) बिटुमिनस व (४) अंध्रासाईट हे प्रकार आढळतात. अंध्रासाईटमध्ये ९० ते ९५ टक्के कार्बनचे प्रमाण असते. हा काळा, चकाकणारा व सावकाश जळून जास्त उष्णता देणारा आहे.

(३) रूपांतरित खडक (Metamorphic Rocks)

भूकवचातील प्रामुख्याने अग्निजन्य व स्त्रीत खडकावर तापमान, दाब व रासायनिक क्रिया यांचा परिणाम होऊन पूर्वस्थित खडकांतच बदल होतो. त्यांच्यातील खनिजात्मक, संरचनात्मक व गठनात्मक परिवर्तन घडून येते व नंतर नवीन प्रकारचा रूपांतरित खडक तयार होतो. यातील रूपांतरण (Metamorphism) ही प्रक्रिया महत्त्वाची आहे.

रूपांतरणावर परिणाम करणारे घटक (Factors of Metamorphism)

पूर्वस्थित खडकाचे रूपांतर घडून येण्यास उष्णता, दाब व द्रव असे विविध घटक कारणीभूत ठरतात. त्यापैकी एकामुळे किंवा अनेकामुळे ही रूपांतरणाची क्रिया होते व ती सामान्यतः भौतिक स्वरूपाची असते.

(१) **उष्णता :** उष्णतेमुळे खडकाचे रूपांतरण होते. भूपृष्ठाखाली जसजसे खोल जावे तसतशी उष्णता वाढत जाते. सुमारे ३० ते ४० मीटर खोल गेल्यास १° श. तापमान वाढते. सुमारे ६० ते १०० कि.मी. खोलीवर असलेले खडक हे जास्त तापमानामुळे वितळण्याच्या अवस्थेत असतात. तसेच भूकवचाचा आत तेथील हालचालीमुळे खडकांत मोडी व भ्रंश झाल्यास अधिक उष्णता निर्माण होते. तसेच ज्या भागात किरणोत्सर्गी खनिजांचे साठे असतात तेथे किरणोत्सर्गी विघटनातून (Radioactive Disintegration) उष्णता निर्माण होते. अशाप्रकारे निर्माण झालेल्या उष्णतेमुळे मूळ खडकांचे रूपांतरण होते. त्यास औष्णिक रूपांतरण (Thermal Metamorphism) असे म्हणतात.

भूगर्भातील हालचालीमुळे अंतर्गत भागातील तप्त शिलारस भूपृष्ठाखालील खडकाच्या भेगेतून वा येतो त्यावेळी तप्त शिलारसाच्या प्रचंड उष्णतेमुळे भेगेजवळील खडकांचे प्राकृतिक व रासायनिक गुणधर्म बदलून

निराळ्याच खडकांत रूपांतरण होते अशा खडकांना स्पर्शजन्य रूपांतरित खडक (Contact Metamorphism) म्हणतात. उदाहरणार्थ - चुनखडीच्या खडकाचे रूपांतरण संगमरवर दगडांत होते. तसेच विद्युत्प्रसृत दगडी कोळशाचे रूपांतरण हिऱ्यामध्ये होते.

(२) दाब : भूकवचाखाली दोन प्रकारचे दाब अस्तित्वात आहेत. (१) समान अथवा जलस्थैतिक दाब (Uniform or Hydrostatic Compression)

(२) असमान अथवा प्रतियल (non uniform or directed compression) भूपृष्ठाखाली असलेल्या उर्ध्वस्थित खडकाच्या वजनमुळे निर्माण होणाऱ्या दाबाला समान अथवा जलस्थैतिक दाब म्हणतात. हा दाब व उच्च तापमान यांच्या संयुक्त प्रभावाने खडकांचे रूपांतरण होत असते. अशा प्रकारास पातालिय रूपांतरण (Plutonic Metamorphism) म्हणतात.

भूकवचातील काही विशिष्ट पट्ट्यांत समांतर दिशेने दाब अथवा प्रतिबल निर्माण होऊन खडकांना वळ्या (Folds), भेगा (Fracture) किंवा भ्रंशत (Faulting) होऊन खडकांत संरचनात्मक बदल होतो. प्रतिबलाच्या प्रभावामुळे खनिज व शैल कणांचे विरूपण (Deformation) घडून येते व खडकांची संरचना व गठण बदलते. भूकवचातील प्रचंड दाबामुळे पूर्वीचे खडक दाबले जाऊन त्यांच्यात असलेले छिद्र नाहीशी होतात व त्यांचा कठीणपणा वाढतो. काही वेळा दाबामुळे खडकांचा भुगा होतो व रूपांतरणाची क्रिया होते.

वर वर्णन केलेल्या घटकांच्या संयुक्त प्रभावामुळे रूपांतरण घडून येते. पर्वत निर्माणकारी हालचालीमुळे भूपृष्ठाला घड्या पडतात. त्याचवेळी अप्रिजन्य किंवा जलजन्य खडक भूपृष्ठात गाडले जातात. त्या खडकावर दाब पडून उष्णता निर्माण होते आणि खडकांचे मूळ स्वरूप बदलून रूपांतरित खडकांची निर्मिती होते असे रूपांतरण विस्तृत क्षेत्रांत घडून येते. म्हणून अशा रूपांतरास प्रादेशिक रूपांतरण (Regional Metamorphism) असे म्हणतात.

खालील तक्त्यांत (५.१) मूळ खडकांचे रूपांतरित खडक कोणते असतात हे दाखविले आहे.

तक्ता ५.१

मूळखडक	रूपांतरित खडक
चुनखडी	संगमरवर
ग्रॅनाईट	नीस
रेतीचे खडक	क्वार्ट्झाइट
शेल	स्लेट
दगडी कोळसा	हिरे
बेसाल्ट	हॉर्नब्लेंड

रूपांतरित खडक दोन प्रकारे तयार होतात.

(१) औष्णिक रूपांतरण (Thermal Metamorphism)

(२) गतिक रूपांतरण (Dynamothermal Metamorphism)

(१) औष्णिक रूपांतरण : भूपृष्ठाखालील प्रचंड उष्णता व भूकवचातून भूपृष्ठाकडे येणाऱ्या लाव्हाची उष्णता यामुळे त्यांच्या सानिध्यांत येणाऱ्या खडकांचे रूपांतरण होते. या नाच औष्णिक रूपांतरण म्हणतात. या

क्रियेमुळे मूळ खडकापासून कोणते रूपांतरित खडक होतात यांची उदाहरणे खालीलप्रमाणे आहेत.

इमारती कामासाठी हा मौल्यवान खडक आहे. राजस्थानातील जोधपूरजवळील मकराना खाणीतून पांढरा संगमरवर काढतात. प्रसिद्ध ताजमहाल व कलकत्याचे व्हिक्टोरिया स्मारक या इमारती याच खडकापासून उभारल्या आहेत.

ग्रॅनाइट व हिरे : दगडी कोळसा जलजन्य खडक असून भूगर्भातील प्रचंड उष्णतेमुळे त्याचे रूपांतर ग्रॅनाइट व हिऱ्यात होते. मध्यप्रदेशात ग्रॅनाइट व हिरे सापडतात.

क्वार्ट्झाइट व गारगोटी : रेतीच्या खडकाला उष्णता मिळाल्यास क्वार्ट्झाइट व गारगोटी तयार होते. राजस्थानातील पोखरण येथे अणुस्फोट चाचणी केली तेव्हा तेथे निर्माण झालेल्या प्रचंड उष्णतेमुळे काही वाळूचे गारगोटीत रूपांतर झाले.

(२) गतिक रूपांतरण : यात मूळ खडक हे पृष्ठांतर्गत खोल भागातील प्रचंड दाबाच्या प्रभावामुळे रूपांतरित होतात. पंकाशम हा स्तरांत खडकाचा प्रकार असून त्यावर दाब पडून स्लेट किंवा पाटीचा दगड हा रूपांतरित खडक तयार होतो. शेल पासून स्लेट हा रूपांतरित खडक तयार होतो.

* * *