अध्याय – 8

आर्थिक भू–विज्ञान, खनिज अन्वेषण एवं खनन
(Economic Geology, Mineral Exploration and Mining)

आर्थिक भूविज्ञान (Economic Geology)

परिभाषा एवं महत्व

आर्थिक भूविज्ञान, विज्ञान की वह शाखा हैं, जिसमें मानव के उपयोगी समस्त खनिजों का अध्ययन किया जाता है। इसमें खनिज संपदा के निर्माण, अवस्थिति, गुणवत्ता, आदि की विस्तृत जानकारी प्राप्त की जाती है। इस शास्त्र के अन्तर्गत कार्बनिक एवं अकार्बनिक विधियों से भूपर्पटी में उत्पन्न धातुओं, व उनके अयस्को, अधात्विक खनिज निक्षेपों, प्राकृतिक ईंधनों, व अन्य प्रकार के मूल्यवान एवं उपयोगी खनिजों का अध्ययन एवं आर्थिक विवेचन किया जाता है। आर्थिक महत्व के खनिजों के भौतिक एवं रसायनिक गुण, औद्योगिक उपयोग, उत्पति, उनके अन्य खनिजों से संबंध एवं वितरण का अध्ययन आर्थिक भूविज्ञान के अन्तर्गत किया जाता है।

मानव सभ्यता का विकास आर्थिक खनिजों की जानकारी एवं उपयोग के आधार पर हुआ है। मानव ने पाषाण काल में चर्ट और फ्लिंट के औजारों का उपयोग किया। धीरे धीरे उसने मिट्टी के बर्तनों एवं ईटों का निर्माण प्रारम्भ किया और सभ्यता विकसित होती चली गई। मानव ने ताम्र, जस्ता, लोहा आदि धातुओं की खोज की और द्रावण के द्वारा परिष्कृत कर उपयोग प्रारम्भ किया। धातुए वर्तमान समय में भी जीवन का आधार है। विद्युत सम्प्रेषण, कल कारखाने व दैनिक उपयोग में धातुओं का उपयोग होता है। विकास के साथ ही ईंधन का उपयोग भी बढता चला गया। प्रारम्भ में यह धरती से निकलनें वालें कोयले के रूप में हुआ जो धीरे–धीरे पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस का प्रयोग किया जाने लगा। वर्तमान समय में यह जीवाश्म ईंधन बहुत उपयोगी है। यह राष्ट्र की आर्थिक स्थिति का निर्धारण करते है। धरती पर आर्थिक खनिजों का निर्माण एक लंबी प्रक्रिया है। ऊर्जा की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए परमाणु खनिजों का अन्वेषण और उपयोग प्रारम्भ हुआ। इसके अतिरिक्त धरती पर विद्यमान जवाहरात खनिज, सिरेमिक खनिज , चूना पत्थर एस्बेटोस व अन्य अधात्विक खनिज मानव के लिए उपयोगी है। वर्तमान समय में आधारभूत निर्माण में काम में आने वाला सीमेंट भी खनिजों सें ही बनता है। जिस प्रकार से कृषि खाद्य सामग्री कें लिए जरूरी है। उसी तरह से आर्थिक खनिज मानव की वर्तमान सभ्यता के स्वरूप और रहन सहन को बनाए रखनें के लिए जरूरी है। इस तरह से आर्थिक खनिज किसी भी राष्ट्र के आर्थिक, सामाजिक और राजनैतिक स्वरूप को तय करते है। आर्थिक भूविज्ञान विषय पृथ्वी के खनिजों से संबंधित है और इस तरह से अत्यधिक महत्वपूर्ण है।

अयस्क एवं गैंग खनिज, खनिज निक्षेप

पृथ्वी की पर्पटी में अधिकांश खनिज शैलकर खनिज (Rock Forming Mineral) है। कुछ खनिज जो आर्थिक दृष्टि से मनुष्य के लिए उपयोगी होते है, आर्थिक खनिज (Economic Mineral) कहलाते है। इन खनिजों का भूपर्पटी में वितरण अत्यन्त विरल है, परन्तु किसी स्थान पर यदि एक या एक से अधिक आर्थिक महत्व के खनिजों का पर्याप्त मात्रा में सान्द्रण हो जाए तो इसे **खनिज निक्षेप** (Mineral Deposit) का नाम दिया जाता है।

आर्थिक महत्व के खनिज निक्षेप भूपर्पटी में विद्यमान होते हैं। खनिज निक्षेपों की उत्पति एक जटिल प्रक्रिया है। और प्रत्येक निक्षेप की अपनी एक विशेषता होती है। निक्षेप में आर्थिक खनिज सिलिकेट खनिजों या अन्य खनिजों के साहचर्य में मिलते है। आर्थिक महत्व के खनिज निक्षेपों के निम्न प्रकार है।

धात्विक निक्षेप (Metallic Deposit)

प्रकृति में ऐसे निक्षेप जिनसे धातुएं प्राप्त होती है, धात्विक निक्षेप कहते है। इन निक्षेपों में जिस पदार्थ से धातु प्राप्त होती है, उसे अयस्क (Ore) कहते हैं। अयस्क में अयस्क खनिज (Ore Mineral) और अनुपयोगी खनिजों का भाग होता है। अनुपयोगी खनिजों को गैंग खनिज (Gangue Mineral) कहते हैं, इन

खनिजों को अयस्क सज्जीकरण (Ore Dressing) के समय हटा दिया जाता है। इस तरह से अयस्क में अयस्क खनिज एवं गैंग खनिज दोनो होते है।

अयस्क खनिज (Ore Mineral)

पृथ्वी से प्राप्त होने वाला वह खनिज पदार्थ जिसका उपयोग एक या एक से अधिक धातुओं को प्राप्त करने के लिये किया जाता है, अयस्क खनिज कहलाते है। यथा– मैग्नेटाईट, हेमेटाईट, गैलेना, बॉक्साइट इत्यादि। खनिज अयस्कों को उनकी धात्विक द्युति (Metallic Lustre) की उपस्थिति अथवा अनुपस्थिति के आधार पर दो वर्गों में बांटा जा सकता है। धात्विक खनिज (Metalilic Mineral) यथा– गैलेना, मैग्नेटाईट इत्यादि, और अधात्विक खनिज (Non-metallic Mineral) यथा– बॉक्साइट, मैलेकाइट इत्यादि। सभी खनिज अयस्क चट्टानों में धातु के प्राकृत रूप में अथवा अन्य तत्वों से रासायनिक क्रिया करके यौगिको के रूप में मिलते है। बहुत से खनिज अयस्कों द्वारा एक ही धातु का निष्कर्षण संभव होता है। कभी कभी एक ही खनिज अयस्क से एक से अधिक धातु भी प्राप्त होती है।

गैंग खनिज (Gangue Mineral)

खनिज अयस्को के साथ पाए जाने वाले अवांछित अधात्विक पदार्थ जिन्हे अयस्क से खनिज प्राप्ति क्रिया में महत्वहीन होने के कारण हटा दिया जाता है, गैंग खनिज (Gangue Mineral) कहते है। सभी अधात्री खनिज (Rock Forming Minerals) आर्थिक दृष्टि से महत्वहीन नही होते है, परन्तु किसी धातु के निष्कर्मण के उद्देश्य के कारण इन्हे उस विशेष स्थिति में महत्वहीन माना जाता है। गेंग खनिज साधारणतः ऑक्साईड, कार्बोनेट सल्फेट एवं सिलिकेट के रूप में खनिज अयस्कों के साथ पाए जाते हैं।

अयस्क का औसत प्रतिशत (Tenor of the Ore): किसी भी अयस्क में पाई जाने वाली धातु के प्रतिशत को अयस्क का औसत प्रतिशत (Tenor) कहते है। मूल्यवान धातुओं का औसत प्रतिशत नही दर्शाकर पीपीएम (parts per million, ppm) में मात्रा दर्शाई जाती है। यह प्रतिशत धातु के मूल्य के अनुसार निर्धारित होता है। यह अयस्क में धातु का न्यूनतम प्रतिशत है, जिसके आधार पर निक्षेप को आर्थिक दृष्टि से खनन उपयुक्त माना जाता है। खनन से पूर्व अयस्क का औसत प्रतिशत के अलावा, निक्षेप में खनिज की मात्रा, खनिज की सतह से गहराई, परिवहन, और श्रमिक उपलब्धता आदि पर भी विचार किया जाना आवश्यक होता है।

अधात्विक निक्षेप (Non metallic Deposits)

पृथ्वी से प्राप्त होने वाले ठोस, द्रव या गैस अवस्था में प्राप्त होने वाले खनिज पदार्थ जो मनुष्य के लिए उपयोगी होते हैं, अधात्विक निक्षेपों के अर्न्तगत आते है। इनमें अयस्क सम्मिलित नही है। इस श्रेणी में अभ्रक, कोयला, पेट्रोलियम, टॉल्क, जिप्सम, इत्यादि पदार्थ सम्मिलित है। इन निक्षेपों के वर्णन में खनिज अयस्क या अयस्क शब्द का प्रयोग नही होता है तथा इन अधात्विक निक्षेपों को खनिज के साथ निक्षेप शब्द जोडकर पुकारा जाता है। जैसे – अभ्रक निक्षेप इत्यादि।

अधात्विक निक्षेपों में पाए जाने वाले अवांछित पदार्थों के लिए गैंग खनिज के स्थान पर अपरद (waste) शब्द का प्रयोग किया जाता है। अपरद की मात्रा निक्षेपों में अलग–अलग होती है। कोयले के निक्षेपो में पूरी मात्रा में कोयला होता है जबकि अवांछित भाग कम होता है। हीरे के निक्षेपों में अवाछित पदार्थ बडी मात्रा में मिलते है। अधात्विक निक्षेपों में चूना पत्थर, कोयला, पट्रोलियम, गैस, रत्न, फास्फोराईट, जिप्सम, अभ्रक, टॉल्क आदि आते है।

खनिज निक्षेप निर्माण की विधियाँ (Processes of Mineral Deposit)

आर्थिक खनिज निक्षेपों का निर्माण प्रकृति में जटिल प्रक्रिया द्वारा होता है। खनिज निक्षेपों के निर्माण में जल, ताप जीवाणु, दाब, मेग्मीय क्रियाए, कायान्तरण, वायुमण्डल आदि का योगदान रहता है। खनिज निक्षेपों का निर्माण निम्न प्रक्रमों अथवा विधियों से होता है।

1. मैग्मीय सान्द्रण (Magmatic Concentration)
2. संस्पर्श प्रतिस्थापन (Contact Metasomatism)
3. उष्णजलीय प्रक्रम (Hydrothermal Process)
4. कायान्तरण (Metamorphism)
5. अवसादन (Sedimentation)
6. उर्ध्वपातन (Sublimation)
7. वाष्पीकरण (Evaporation)
8. अवशिष्ट तथा बलकृत सान्द्रण (Residual and Mechanical Concentration)
9. ऑक्सीकरण एवं उर्ध्वजनित समृद्धि (Oxidation and Supergene Enrichment)

किसी भी खनिज निक्षेप का निर्माण एक या एक से अधिक प्रक्रमों द्वारा हो सकता है। यदि निक्षेप या चट्टान (जिसमें यह निक्षेप पाया जाता है) के निर्माण का समय एक ही हो तो वह निक्षेप **सहजात निक्षेप** कहलाता है, परन्तु यदि निक्षेप के निर्माण का काल शैल के निर्माण काल के बाद का है तो वह निक्षेप **पश्चात निक्षेप** कहलाता है।

1. मैग्मीय सान्द्रण (Magmatic Concentration)

अन्तर्वेधी, वितलीय, व अधिवितलीय आग्नेय शैलों में प्राप्त होने वाले वे आर्थिक महत्व के खनिज, जो मेग्मा में कभी कभी

या अल्प मात्रा में क्रिस्टलित होते है, यदि किसी क्षेत्र में पर्याप्त मात्रा या आवश्यक सान्द्रता में एकत्रित हो जाए तो मैग्मीय सान्द्रण निक्षेप कहलाता है। मैग्मीय सान्द्रण निक्षेपो से सामान्यतः लोहा, क्रोमियम, निकल, टाईटेनियम, ताँबे के ऑक्साईड या सल्फाईड, प्लैटिनम, सोना एवं चाँदी धातु प्राप्त होते है। इन निक्षेपों के अध्ययन से ज्ञात होता है कि इनमें पाए जाने वाले खनिजों की संख्या अल्प है, परन्तु इन निक्षेपों का वैज्ञानिक महत्व, व्यापारिक या आर्थिक महत्व से कही अधिक है। कुछ खनिज अयस्कों (क्रोमाईट या प्लैटिनम खनिजों) की प्राप्ती केवल मैग्मीय सान्द्रण निक्षेपों से होती है। मैग्मीय सान्द्रण निर्माण दो प्रकार की विधियों से होता है।

अ. पूर्व मैग्मीय सान्द्रण प्रक्रम
(Early Magmatic Concentration)

मैग्मीय क्रिस्टलन में सिलिकेट खनिजों या शैलकारी खनिजों के निर्माण से पूर्व उच्च ताप पर आर्थिक खनिज निक्षेपों का निर्माण होता हैं, अतः इसे पूर्व मैग्मेटिक प्रक्रम कहते है। इस विधी से क्रोमाईट, मैग्नैटाइट, कोरंडम आर्थिक निक्षेपों का निर्माण होता है। इससे तीन प्रकार के निक्षेप बनते है।

(i) प्रकीर्ण निक्षेप (Disseminated type) : मैग्मा कक्ष में आर्थिक महत्व के खनिज उच्च ताप पर सबसे पहले क्रिस्टलीकृत होना प्रारम्भ हो जाते है, तो इनकी स्थिति मैग्मा कक्ष में प्रकिर्णित रहती है। इस स्थिति में ये खनिज छितरें हुए रहते है। इस तरह के निक्षेपों को प्रकिर्णन निक्षेप कहते है। इसका उदाहरण हीरा निक्षेप है।

(ii) मैग्मीय पृथक्करण निक्षेप (Magmatic Segregation type): इस प्रक्रम मे पूर्वमैग्मीय खनिज, क्रिस्टलन के उपरान्त मैग्मा कक्ष में गुरूत्व व किस्टलीय विभेदन क्रिया से निचली सतहो पर पृथक्करण द्वारा एकत्रित हो जाते है, इसे पूर्व मॅग्मीय पृथ्थकरण करते है। इस तरह से क्रोमाईट, मैग्नेटाईट निक्षेपों का निमार्ण हुआ।

(iii) अन्तःक्षेपणः निक्षेप (Injection type): सामान्य क्रिस्टलन में पूर्व–मैग्मीय खनिजों (अयस्कों) के पृथक्करण के उपरान्त यदि उनका अन्तःक्षेपण जनक शैल या स्थानीय शैल में हो जाता है तो इन निक्षेपों को अन्तःक्षेपण के नाम से जाना जाता है। इस वर्ग में निक्षेपों में अयस्क खनिजों के, क्रिस्टलन एवं पृथक्करण, मैग्मा कक्ष में होता है तथा वे अन्यत्र पाए जाते है। इन निक्षेपों का स्थानीय शैल से सम्बन्ध अनुस्तरी अथवा अननुस्तरी होता है। इस प्रक्रम मे पूर्वमैगमीय खनिज, क्रिस्टलन के उपरान्त मैग्मा कक्ष की निचली सतहो पर पृथक्करण द्वारा एकत्रित होते है।

ब. लैट मैग्मीय प्रक्रम (Early magmatic Concentration)

मैग्मीय क्रिस्टलन में सिलिकेट खनिजों या शैलकारी खनिजों के निर्माण के उपरान्त अवशिष्ट द्रव से निक्षेपों का निर्माण होता है। इसमें निक्षेपों का निमार्ण करने वाले आर्थिक खनिज, सिलिकेट खनिजों के क्रिस्टलन के उपरान्त ही क्रिस्टलीकृत होते है। इस तरह की विधी से पेग्मेटाइट व सल्फाइड निक्षेपों का निर्माण होता है।

(i) अवशिष्ट द्रव पृथक्करण (Residual Liquid Segregation) : मैग्मा के विभेदन से अवशिष्ट मैग्मा में सिलिका, क्षारीय पदार्थ, धात्विक पदार्थ एव जल शेष रहते है। यह अवशिष्ट द्रव शेष मैग्मा से पृथक होकर निक्षेपों के रूप में क्रिस्टलीकृत होते है। इस तरह से मैग्नेटाईड निक्षेप बनते है।

(ii) अवशिष्ट द्रव अन्तःक्षेपण (Residual Liquid Injection): अवशिष्ट द्रव पृथक्करण **(Residual Liquid Segregation)** प्रक्रम से शेष बचे द्रव का स्थानीय शैल अथवा मातृ शैल में अन्तःक्षेपण होने से निक्षेपों का निर्माण होता है। इन्हे अवशिष्ट द्रव अन्तःक्षेपण निक्षेप कहते है। इस तरह के मैग्नेटाईट निक्षेप बनते है।

(iii) अमिश्रणीय द्रव प्रथक्करण (Immiscible Liquid Segregation): सल्फाईडयुक्त अल्ट्रा बेसिक मैग्माओं में शीतलन की अन्तिम अवस्थाओं में धात्विक सल्फाईड द्रव भारी होने के कारण अमिश्रणीय द्रव के रूप में मैग्मा कक्ष के पैंदे में एकत्रित हो जाते हैं, और निक्षेपों का निमार्ण करते हे। यह प्रक्रिया अमश्रणीय द्रव पृथक्करण कहलाती है। इस तरह से निकल, लोहा, ताम्बे आदि के निक्षेप बनते है।

(iv) अमिश्रणीय द्रव अन्तःक्षेपण (Immiscible Liquid Injection): भूविक्षेपों के कारण अमिश्रणीय सल्फाईड द्रव, जो मैग्मा कक्ष की तली में विभेदन एवं मैग्मा के शीतल होने के कारण एकत्रित होता है, अन्यत्र अन्तःक्षिप्त हो जाता है। यह अन्तःक्षिप्त सल्फाईड, शीतल होने पर अमिश्रणीय द्रव अन्तःक्षेपण निक्षेपों का निर्माण करता है। निक्षेप आकृति में अनियमित या भित्ति के समान होते है तथा इन निक्षेपों के पूर्व निर्मित शैलकारी खनिजों एवं चट्टानों के टूकडे प्राप्त होते हैं। ये निक्षेप मातृ शैल **(Mother rock)** या स्थानीय शैल में अननुस्तरी संरंचना के रूप में प्राप्त होते है। इन निक्षेपों में सामान्यतः धातुओं के सल्फाईड पाये जाते हैं।

2. संस्पर्श प्रतिस्थापन (Contact Metasomatism)

वितलीय एवं अधितलीय मैग्मा के संस्पर्श में आने वाले शैलों पर मैग्मा से पलायन करने वालें उच्च ताप व गैसीय पदार्थो का प्रभाव पडता है । ताप की उपस्थिति में निकलने वाले गैसीय पदार्थ, जिन्हे तप्त प्रसर्ग **(Emanation)** कहते है, पूर्वस्थित शैलों से क्रिया करते है और उनमें विद्यमान आर्थिक खनिज घटक प्रतिस्थापित हो जाते है।

मैग्मा से पलायन करने वाले पदार्थो में धात्विक एवं अधात्विक निर्माणकारी अवयव उपस्थित होते हैं, ये अवयव कार्बोनेट शैलों में प्रतिस्थापन द्वारा महत्वपूर्ण निक्षेपों का निर्माण करते है। सभी मैग्माओं में निक्षेप निर्माणकारी अवयव नही पाये जाते हैं। क्वार्टज, मॉजेनाइट, डाईयाराईट मैग्मा संस्पर्शी प्रतिस्थापन द्वारा निक्षेप बनाते हैं। पूर्वस्थित शैलों में कार्बोनेट शैल ही उपयुक्त शैल मानी गई है, जिसमें प्रतिस्थापन क्रिया सुगमता से सम्पन्न होती है।

संस्पर्श, प्रतिस्थापन विधि से खनिज अयस्कों के साथ बडी मात्रा में गैंग खनिज होते हैं। अयस्क पिण्ड सामान्यतः असंबंध तथा अनियमित आकार के होते हैं। राजस्थान का डेगाना टंगस्टन निक्षेप संस्पर्श प्रतिस्थापन से बना है।

3. उष्णजलीय प्रक्रम (Hydrothermal Process)

मैग्मीय विभेदन के अन्तिम स्थिति में तरल पदार्थ विद्यमान होते है। कई बार इस मैग्मीय तरल में धात्विक पदार्थ सान्द्रित हो जाते है। इन तरलों के साथ अन्तर्वेधीशैल के तरल भी मिल जाते है और उष्णजलीय विलयनों का निर्माण करते है। ये उष्णजलीय विलयन धातुओं को व अन्य आर्थिक खनिजों का निक्षेपण करते हैं, यह विधि उष्णजलीय प्रक्रम कहलाती है, और बनने वाले निक्षेप उष्णजलीय निक्षेप कहलाते हैं। उष्णजलीय निक्षेपों को ताप और दाब की परिस्थितियों के अनुसार तीन भागों में बांटा गया है।

1. अतितापीय निक्षेप (Hypothermal Deposit)
2. मध्यतापीय निक्षेप (Mesothermal Deposit)
3. अल्पतापीय निक्षेप (Epithermal Deposit)

उष्णजलीय विलयन उत्पति स्थल से लम्बी दूरी तक जाते हैं। और दो प्रकार से निक्षेपों का निर्माण करते है।

अ. गुहिका भरण निक्षेप (Cavity filling Deposit)

ब. प्रतिस्थापन निक्षेप (Replacement Deposit)

गुहिका भरण निक्षेपों का निर्माण सामान्यतः उष्णविलयनों के ताप व दाब के कम होने पर होता है। जबकि प्रतिस्थापन विधि से खनिजों का निर्माण अपेक्षाकृत उच्च ताप और दाब पर होता है। उष्णजलीय निक्षेपों के निर्माण के लिए निम्न परिस्थितियाँ होनी चाहिए:–

1. खनिज पदार्थो को घोलने और परिवहन करने में सक्षम विलयनों की उपलब्धता य लम्बे समय तक होनी चाहिए।
2. शैलों में रिक्त स्थान होने चाहिए, ताकि विलयन सुगमता से प्रवाहित हो सके और एक नलिका तन्त्र का निर्माण कर सके।
3. खनिजों के निक्षेपण के लिए उपयुक्त स्थान होना चाहिए ताकि बडे आकार में निक्षेपण हो सके।
4. रासायनिक क्रियाए जो आर्थिक निक्षेपों का निर्माण कर सके।
5. उष्ण जल में आर्थिक खनिज पदार्थ का पर्याप्त मात्रा में सान्द्रण होना चहिए।

उष्णजलीय विलयनों के संचय स्थल पर निक्षेपण के लिए शैलों में रिक्त स्थान या गुहिकाए होना आवश्यक है। संबंध गुहिकाओं के अभाव में उष्णजल का पहरवहन नही होगा। इसी प्रकार प्रतिस्थापन प्रक्रम में विलियनों का उन शैलों तक पहुंचना आवश्यक है जिसमें खनिजों का प्रतिस्थापन होता है। शैलों में विद्यमान गुहिकाओं को दो भागों में बांटा गया है

1. मौलिक गुहिकाएँ (Original Cavities)
2. प्रेरित या कृत्रिम गुहिकाएँ (Induced Cavities)

मौलिक गुहिकाएँ जो शैल के उत्पति या जन्म के समय बनती है। ये निम्न प्रकार की है–

- रन्ध्राकाश (Pore-spaces)
- क्रिस्टल जालक (Crystal Lattices)
- स्फोट गर्त (Vesicles)
- लावाअपवाहिका प्रणली (Lava Drain Channels)
- शीतलन दरार (Cooling Cracks)
- आग्नेय संकोणश्म गुहिकाएँ (Igneous Breccia Cavities)
- संस्तर तल (Bedding Plane)

प्रेरित या कृत्रिम गुहिका, शैल निर्माण के बाद विवर्तन अथवा अपक्षय क्रियाओं से बनती है इस तरह के गुहिकाओं का आकार बडा होता है।

- भ्रंशयुक्त अथवा रहित विदर (Fissure with or without Fault)
- अपरूपण क्षेत्र गुहिकाएँ (Shear Zone Cavities)
- वलन से निर्मित गुहिकाए (Cavities formed due to folding)
- ज्वालामुखी नाल (Volcanic Pipe)
- विवर्तनिक संकोणाष्म (Tectonic Breccia)
- निपात संकोणाष्म (Collapse Breeccia)
- विलयन गुफा (Solution Caves or Vesicles)
- शैल परिवर्तन से निर्मित रिक्त स्थान (Opening formed due to rock alteration)

राजस्थान के जावर स्थित सीसा जस्ता निक्षेप उष्णजलीय निक्षेप प्रकृति के हैं।

4. कायान्तरण (Metamorphism)

जब पूर्वस्थित शैल परिवर्तित ताप व दाब से प्रभावित होते हैं तो इनमें पुर्नक्रिस्टलीकरण होता है तो यह प्रक्रिया कायान्तरण कहलाती है। कायान्तरण प्रक्रिया के बाद सकल रासायनिक संगठन नही बदलता है। यह सभी क्रियाए वायुमण्डलीय ताप और दाब से अधिक ताप दाब पर होती है। कायान्तरण में होने वाली क्रियाए ठोसीय अवस्था में ही सम्पन्न होती है। और शैल पदार्थ पिघलते नहीं है। धरती पर कायान्तरण से ग्रेफाईट, काईनाईट, सिलेमेनलाईट, गार्नेट , स्टोरोलाईट, एस्बेस्टोस अभ्रक, जैसे खनिज निक्षेपों का निमार्ण हुआ है। धरती पर मिलनेवाला संगमरमर चूने पत्थर के कायान्तण से बना है।

5. अवसादन (Sedimentation)

पूर्ववर्ती शैलों के अपक्षय अपरदन, परिवहन एवं निक्षेपण और उनके अश्मी भवन से अवसादी शैलों की उत्पत्ती होती है। इन अवसादी शैलों का सम्पूर्ण भाग या कुछ भाग आर्थिक रूप से उपयोगी होने पर ये अवसादी शैल खनिज निक्षेप की श्रेणी में आ जाते है।

कुछ आर्थिक खनिज पूर्व में आग्नेय अथवा कायान्तरित शैलों में पाये जाते है, जो अपरदन के बाद स्थानान्तरित होकर निक्षेपित हो जाते है। कोयला झीलों और नदियों में वनस्पति के जमाव से बनता है। महासागरों में जैविक और रासायनिक कारणों से भी निक्षेपण कार्य होता है। अवसादन द्वारा खनिज निक्षेप निर्माण की निम्न परिस्थितिया है।

- स्त्रोत पर आर्थिक खनिजों की उपलब्धतता।
- स्त्रोत स्थल पर अपक्षय एवं अपरदन प्रक्रियाओं का लगातार चालू रहना।
- खनिजीय पदार्थों का संचय स्थल पर स्थानान्तरण।
- झीलों में, नदियों में अथवा समुद्रों में निक्षेपण।

अवसादन के कारण विभिन्न प्रकार के निक्षेपों का निर्माण होता है।

1. लोहा निक्षेप– इसमें हेमाटाईट, सिलेराईट, ओर दलदल लोहे के निक्षेप बनते है। पृथ्वी के इतिहास में जब भी तीव्र ऑक्सीकारक परिस्थितिया रही, लोहे के निक्षेप विकसित हुए।

2. मैंग्नीज निक्षेप– मैंग्नीज निक्षेपों का निर्माण कार्बोनेट के रूप में होता है। सुमुद्री पैंदों से निकलनेवाले मैंग्नीज युक्त उष्णजलों से मैंग्नीज मोड्यूल का निक्षेप होता है।

3. फॉस्फेट– उपयुक्त परिस्थितियों में जैविक प्रक्रियाओं से फास्फेट निक्षेपित होते है। स्ट्रोमेटोलाईट इनमें सबसे प्रमुख है। जो फॉस्फेट का निर्माण करता है। उदयपुर के निकट झामर कोटडा रॉक फॉस्फेट डिपोजिट इसका श्रेष्ठ उदाहरण है।

4. कार्बोनेट निक्षेप– समुद्रो में उपयुक्त रासायनिक परिस्थितियों मे कार्बोनेट का निपेक्षण होता है। यह आज चूना पत्थर निक्षेपों के रूप में है।

5. कोयला– धरती पर उत्पन्न वनस्पतियों के द्रोणी मे जमाव से कोयले का निर्माण हुआ है। जब जब भी पृथ्वी पर नमः और गर्म जलवायु, वानस्पतिक विकास तेजी से हुआ है, और कोयले का निर्माण हुआ है।

उपरोक्त के अतिरिक्त निक्षेपण से पाईराईट, मुल्तानी मिटटी तैल युक्त शैल, बलुआ पत्थर, आदि का निर्माण भी अवसादन से होता है।

6. उर्ध्वपातन (Sublimation)

ऐसे पदार्थ जो सीधे गैस अवस्था से ठोस अवस्था में आते है, उर्ध्वपातन कहते हैं। पृथ्वी के कुछ हिस्सों में जहा पर ज्वालामुखी सक्रियता है, गैसों के रूप में गंधक, अमोनिया व अन्य क्लोराईड, धात्विक आयन आदि गैसों के रूप में बाहर आते हैं, वायुमडलीय ताप दाब पर ठोस मे बदल जाते है। इनसे बनने वाले निक्षेप छोटे आकार के होते है। किन्तु पृथ्वी के कई ज्वालामुखी क्षेत्रों में सल्फर के निक्षेप पर्याप्त मात्रा में मिलते है। नोसादर व कुछ क्लोराईड निक्षेप भी मिलते हैं।

7. वाष्पीकरण प्रक्रम (Evaporation)

गरम एवं शुष्क प्रदेशों में जल का वाष्पीकरण तेजी से होता है। खारें पानी की झीलों में वाष्पीकरण के कारण लवणों की सान्द्रता बढ जाती है, और ये असंतृप्त हो जाते है। इसके फलस्वरूप लवणें का अवक्षेपण प्रारम्भ हो जाता है। इस क्रिया से जिप्सम, नमक और पोटास के आर्थिक निक्षेप बनते है।

खारे पानी की झीले अथवा समुद्र का वह भाग जो मुख्य समुद्र से अलग हो गया हैं, वाष्पीकरण प्रक्रिया से निक्षेपों का निर्माण होने लगता है। राजस्थान की साम्भर झील में खारे पानी को छोटे सपाट खेतों में खारा पानी इकट्ठा किया जाता है, जो गर्मी में तीव्र वाष्पीकरण के कारण नमक का निर्माण करता है। इस तरह से गुजरात के तटीय इलाको में समुद्री पानी को खेतों और मैदानों में अलग करके नमक बनाया जाता है। राजस्थान और गुजरात शुष्क और गरम जलवायु वाले भूभाग है।

भूगर्भीय प्राचीन समय में नागौर और बीकानेर उथला समुद्र था, जो मुख्य समुद्र से अलग होकर सूख गया। वर्तमान में इस भाग में जिप्सम, मुल्तानी मिट्टी और जिप्सम के निक्षेप मिलते है।

8. अवशिष्ट तथा बलकृत सान्द्रण (Residual and Mechanical Concentration)

अवशिष्ट सान्द्रण (Residual Concentration)

पूर्व–निर्मित शैलों के सतह अनावृत होने पर ताप व जल की भौतिक एवं रासायनिक क्रिया तथा वायु व अन्य कारकों के

प्रभाव से अपक्षय होता है। इसके फलस्वरूप शैलों का भौतिक एवं रासायनिक स्वरूप बदलता है। आद्र एवं उष्ण जलवायु में अपघटन प्रक्रिया तीव्र होती है इसके फलस्वरूप ऑक्सीकरण, जलसंयोजन, कार्बोनेटीकरण व अन्य रसायनिक क्रियाओं से पूर्ववर्ती शैलों का कुछ भाग विलयन के रूप में बहकर चला जाता है। बचा हुआ भाग निरन्तर सांद्रित होता रहता है। इस तरह से धीरे धीरे आर्थिक खनिज आर्थिक निक्षेप का निर्माण करते हैं। यह निर्माण प्रक्रिया अवशिष्ट सान्द्रण निक्षेप प्रक्रिया कहलाती है। अवशिष्ट सान्द्रण द्वारा खनिज निक्षेप निर्माण के लिए निम्न परिस्थितिया अनुकूल होती है।

1. पूर्ववर्ती शैलों के आर्थिक महत्व का खनिज अविलेय और अन्य भाग जो अवाछित होता है घुलनशील होना चाहिए।
2. अवांछित खनिज पदार्थो का रासायनिक क्षय एवं विलयन निर्माण के लिए अनुकूल जलवायु परिस्थितिया होनी चाहिए।
3. क्षेत्र का ढाल मन्द या कम होना चाहिए ताकि उपयोगी अवशिष्ट खनिज नष्ट न हो सके।
4. अवशिष्ट खनिज निक्षेप स्थल विवर्तन की दृष्टि से स्थिर चाहिए ताकि नष्ट न हो सके।
5. अपक्षय की क्रियाए अनवरत रू‍ से लम्बी अवधि तक चलनी चाहिए ताकि प्रचुर सांद्रित निक्षेप का निर्माण हो सके।

इस प्रकार से लोह, मैंग्नीज, बॉक्साईट, और मृतिका निक्षेपों का निर्माण होता है। भारत मे प्रचुर मात्रा में मिलने वाले बॉक्साईट निक्षेप का निमार्ण अवशिष्ट सान्द्रण से हुआ है।

बलकृत सान्द्रण प्रक्रम (Mechanical Concentration)

उष्ण और शुष्क जलवायु में रासायनिक अपघटन की अपेक्षा यान्त्रिक विघटन अधिक प्रभावी होता है। यदि पूर्व उपस्थित शैल में आर्थिक महत्व का खनिज है, तो ये विघटन से अलग होकर परिवहन के समय अन्य खनिजों के गुरूत्व अन्तर होने से पृथक हो जाते हैं। धीरे धीरे ये आर्थिक खनिज संचय होकर निक्षेप का निर्माण करते है इन्हे बलकृत सान्द्रण निक्षेप कहते है। बलकृत सान्द्रण निक्षेपों को प्लेसर निक्षेप (Placer Deposit) भी कहते हैं। प्लेसर निक्षेप ऐसे आर्थिक खनिजों के बनते है जिनका गुरूत्व अधिक और रासायनिक क्रियाओं से क्षरित नहीं हो। इस तरह स्वर्ण, प्लेटिनम, कैस्टेराईट, मैग्नेटाईट, क्रोमाईट, मोनाजाईट हीरे व अन्य रत्न निक्षेप बनते है।

बलकृत सान्द्रण निक्षेपों को निम्न में विभाजित किया गया है।

1. अनूढ़ प्लेसर (Eluvial Deposit): एसे प्लेसर जो पहाड़ी ढ़ालों पर बनते है, अनूढ़ प्लेसर कहलाते है। आर्थिक खनिजों का घनत्व अधिक होने से पहाड़ी ढालों के नीचे जमा हो जाते है।

2. जलोढ़ प्लेसर (Alluvial Deposit): इस तरह के निक्षेप नदियों के बाहरी मोड़ पर, नदी मार्ग के अवरोधों पर तथा नदियों के संगम स्थल पर आर्थिक खनिजों के सान्द्रण से बनते है। इस तरह से स्वर्ण के निक्षेप मिलते हैं।

3. पूलिन प्लेसर (Beach Deposit): समुद्री तटों पर लहरे किनारों से टकराती है, और किनारों पर विद्यमान शैलों का अपरदन करती है। इस प्रक्रिया में आर्थिक महत्व के अधिक घनत्व वाले खनिज समुद्री किनारों पर जमा हो जाते है, और शेष हल्के घनत्व वाले कण समुद्री लहरों के साथ बह जाते है। इस तरह से पुलिन प्लेसर निक्षेपों का निर्माण होता है। केरल के समुद्री तटों पर मोनाजाईट और इल्मेनाईट इसी प्रकार से निक्षेपित हुए है।

4. वायूढ़ अथवा वायुकृत प्लेसर– वायु के अपरदन के कारण शैलों में विद्यमान कण वायु में परिवहित होते है। अधिक घनत्व वाले आर्थिक खनिज लम्बी दूरी तय नही करते है और आसपास निक्षेपित हो जाते है। इन्हे वायूढ़ प्लेसर कहते हैं। आस्टेलिया में इस तरह के निक्षेप मिलते हैं।

9. ऑक्सीकरण एवं उर्ध्वजनित समृद्धि (Oxidation and Supergene Enrichment)

भूपृष्ठ पर अनावृत पाइराईटयुक्त धात्विक सल्फाइड खनिज निक्षेपों पर पृष्ठीय जल की ऑक्सीकरण रासायनिक क्रिया होती है। इससे तीव्र अम्लीय विलायक उत्पन्न होते हैं, जिसमें आर्थिक खनिज पदार्थ घुल जाते हैं। ये विलयन भौमजल स्तर के नीचे जाकर सवंर्धित हो जाते है, और उर्ध्वजनित समृद्धि निक्षेप बनाते है। सबसे निचला भाग अप्रभावित रहता है और मूल प्रकृति का होता है।

आक्सीकरण एवं उर्ध्वजनित समृद्धि प्रक्रम गरम और नम जलवायु में सर्वाधिक क्रियाशील होता है। इस तरह के क्षेत्रों के धातु निक्षेपों में गहराई के तीन भाग होते हैं।

1. भौम जल क्षेत्र के उपर का ऑक्सीकरण क्षेत्रः इस क्षेत्र में अयस्कों का ऑक्सीकरण एवं विलयन निर्माण होता है। यदि विलयन भौम जल क्षेत्र के नीचे नही जाते है, व इसी भाग में निक्षेपण कर निक्षेप का निर्माण करते हैं।

2. उर्ध्वजनित क्षेत्रः यह भाग भौम जलस्तर से नीचे वाला होता है। इस भाग में आक्सीकरण क्षेत्र से प्राप्त विलयन पूर्वस्थित सल्फाईड खनिजों से क्रिया करते है और उर्ध्वजनित समृद्धि निक्षेप बनाते है।

3. प्राथमिक क्षेत्र : यह भाग निम्नतम अधोजनित निक्षेपों का प्राथमिक अथवा मौलिक भाग होता है, जो ऑक्सीकरण और उर्ध्वजनित क्रियाओं से अप्रभावित होता है।

इस तरह से ताम्र, सीसा, जस्ता, सल्फाईड निक्षेपों का निर्माण होता है। राजस्थान के बसंतगढ, रामपुरा–आगँचा सीसा जस्ता निक्षेप इसी श्रेणी के है।

अन्वेषण (Exploration)

परिभाषा

भूपर्पटी में विद्यमान आर्थिक निक्षेपों की अवस्थिति, आकार, आकृति, आयतन, संचय व ग्रेड संबंधी जानकारी प्राप्त करने का अनुसन्धान कार्य अन्वेषण (Exploration) कहलाता है। इसे भूअन्वेषण (Geoexploration) भी कहते हैं।

अन्वेषण के प्रकार

खनन कार्य करनें से पूर्व किसी भी निक्षेप के आर्थिक विश्लेषण के लिए अन्वेषण आवश्यक होता है। लाभकारी होने पर ही खनन कार्य प्रारम्भ किया जा सकता है। अन्वेषण के आधार पर खनन परियोजना बनाई जाती है। इस प्रकार से भूअन्वेषण एक महत्वपूर्ण प्रक्रिया है। अन्वेषण कार्य दो प्रकार से होता है।

1. भूरासायनिक अन्वेषण (Geochemical Exploration)
2. भूभौतिक अन्वेषण (Geophysical Exploration)

भूरसायनिक अन्वेषण (Geochemical Exploration)

यदि खनिज निक्षेप भूसतह पर या भूसतह से थोडी गहराई पर हो तो प्रथम अवस्था में यह अन्वेषण प्रक्रिया अपनाई जाती है। यदि आर्थिक निक्षेप भूसतह पर स्पष्टतः उपस्थित है तो विभिन्न विधियों से नमूने एकत्र किये जाते हैं और आर्थिक खनिजों के वितरण एवं मात्रा की जानकारी प्राप्त करने का प्रयास किया जाता है। आवश्यकता पडने पर भूसतह के निचे छिद्रण करके भी नमूने एकत्रित किये जाते है। यदि खनिज निक्षेप के उपर मृदा की परत विकसित हो जाए तो ऐसी स्थिति में रासायनिक अन्वेषणों के द्वारा निक्षेप के मुख्य भाग का निर्धारण किया जा सकता है। इस कार्य के लिए क्षेत्र में निश्चित अन्तराल पर मृदा के नमूने प्राप्त किये जाते है। इनका रासायनिक विश्लेषण करके मानचित्र में आर्थिक महत्व के पदार्थो की मात्रा को दर्शाई जाती है। लगभग समान धात्विक मात्रा वाले बिन्दुओं को मिलाकर मानचित्रण किया जाता है। इससे सर्वाधिक मात्रा वाले भाग का पता चल जाता है, यह अपने नीचे स्थित विद्यमान निक्षेप की जानकारी देता है।भूरासायन अन्वेषण के लिए क्षेत्र का भूवैज्ञानिक ज्ञान आवश्यक है। नमूने एकत्र करते समय बहुत सावधानी रखनी पड़ती है। इस तरह के अन्वेषण में समय अधिक लगता है।

भूभौतिक अन्वेषण (Geophysical Exploration)

पेट्रोलियम एवं प्राकृतिक गैस संसाधन भूसतह से कई मीटर गहराई पर होते है। इनकी खोज के लिए भूभौतिक अन्वेषण प्रारम्भ हुए। धीरे धीरे इस विधि से धात्विक और अन्य खनिजों का अन्वेषण होने लगा। भूवैज्ञानिक अन्वेषण में भूपर्पटी के नीचे विद्यमान खनिजों एवं अन्य निक्षेपों के भौतिक गुण जैसे वैद्युतिकी, घनत्व, चुम्बकत्व, प्रत्यास्थता और रेडियोधर्मिता के आधार पर पहचाना जाता है। इस तरह के अध्ययनों में संरंचनात्मक जानकारी भी प्राप्त होती है। आवश्यकतानुसार छिद्रण के द्वारा नमूने एकत्र कर अन्य जानकारी प्राप्त की जाती है। भूभौतिक अन्वेषण से कम समय में बड़े क्षेत्र का अन्वेषण किया जा सकता है। अन्वेषण की इस विधि का उपयोग पेट्रोलियम, गैस व धात्विक निक्षेपों के लिए किया जाता है।

भूभौतिक अन्वेषण के प्रकार

1. वैद्युतिक पद्धति (Electrical Method): इस पद्धती का उपयोग धात्विक निक्षेप, भूजल और भूगर्भीय अभियांत्रिकी अन्वेषणों में किया जाता है। इसमें भूसतह के नीचे स्थित पदार्थो के निम्न गुणों का अध्ययन किया जाता है।

(अ) विद्युत चालकताः भूसतह के नीचे स्थित पदार्थो की विद्युत चालकता का मापन प्रतिरोधकता के द्वारा लगाया जाता है। यह ओम–मीटर या ओम–सेन्टीमीटर के रूप में नापी जाती है। धात्विक पदार्थ अधिक सुचालक होते है, जब कि अधात्विक पदार्थ कुचालक होते है। इसी तरह से शुष्क शैल में प्रतिरोध अधिक होता है, जबकि नमः पदार्थो की चालकता अधिक होती है।

(ब) विद्युत रासायनिक सक्रियता का आंकलनः बहुत से पदार्थ जल की उपस्थिति के कारण सक्रियता दशाते है। इसके आंकलन के लिए धरती में इलेक्ट्रोड लगाए जाते है और उत्पन्न शुक्ष्म धारा का मापन किया जाता है। इस आधार पर लवण युक्त सल्फाईड खनिजों की जानकारी की जाती है।

2. गुरूत्वीय पद्धति (Gravitational Method): इस पद्धति में भूसतह पर विद्यमान गुरूत्वीय त्वरण मापा जाता है। जिन भागों में अधिक घनत्व वाले पदार्थ विद्यमान होते है, उन क्षेत्रों में गुरूत्वीय त्वरण की मात्रा अधिक होती है। गुरूत्वीय अन्वेषणों में भूसतह के नीचे विद्यमान अधिक घनत्व वाले धात्विक निक्षेपों का पता लगााया जा सकता है। इसके लिए आमान्य पेन्डुलम, टार्सन बैलेन्स व ग्रेवी मीटर का उपयोग किया जाता है।

3.चुम्बकीय पद्धति (Magnetic Method): पृथ्वी एक छड़ चुम्बक की तरह व्यवहार करती है, इसके कारण से पृथ्वी के बाह्य क्षेत्र में चुम्बकीय क्षेत्र विद्यमान रहता है। यदि किसी क्षेत्र में लोहयुक्त खनिज जैसे मैग्नेटाईट, इल्मेनाईट, पाइराईट, पिरोहटाईट अथवा लोहे की मात्रा अधिक है तो उन भागों में चुम्बकत्व का मान बढ जाता है यह मान सामान्य चुम्बकत्व मान से भिन्न होता है। इस आधार पर धात्विक निक्षेपों का पता लगाया जा सकता है। चुम्बकीय अध्ययनों के लिए मैग्नेटोमीटर

का प्रयोग किया जाता है। वर्तमान समय में हवाई जहाज पर अतिसंवेदनशील मैग्नेटोमीटर लगाकर भूसतह के चुम्बकत्व का अध्ययन किया जाता है।

4. भूकम्पीय पद्धति (Seismic Method): अन्वेषण की इस पद्धति में भूमि में कृत्रिम कम्पन उत्पन्न करके नीचे स्थित पदार्थों का अध्ययन करते है। कृत्रिम कम्पन्न वस्तुतः प्रत्यास्थ तरंगे होती है, जिनका वेग मार्ग में आने वाले पदार्थो के घनत्व (Density) और दृढता (Rigidity) पर निर्भर करता है। जिस क्षेत्र में भूकम्पीय अध्ययन किया जाता है, वहां मध्य भाग में विस्फोटक अथवा भारी हथौड़ों से कम्पन्न किया जाता है, उसके चारों तरफ जिओफोन लगाए जाते है। जिओफोन प्राप्त तरगों के पहुचने का समय व अन्य जानकारी रिकॉर्ड करते है। जब भी भूकम्पीय तरंगे पृथ्वी के आन्तरिक भाग में गुजरती है तो पदार्थो के घनत्व और दृढता की भिन्नता के अनुसार अपवर्तित अथवा परावर्तित होती है। भूकम्पीय कम्पन्न प्रारम्भ का समय और रिकॉर्ड करने वाले उपकरणों में कम्पन्न पहुचने का समय तथा वेग आदि की जानकारी प्राप्त की जाती है। सभी आंकडे एकत्र करके पृथ्वी के नीचे विद्यमान पदार्थो की संरचनात्मक एवं अन्य गुणो की जानकारी प्राप्त की जाती है।

5. रेडियोधर्मी पद्धति (Radioactive Method): कुछ अवयव जिनके नाभिक बड़े होते है, विघटन के द्वारा विभिन्न प्रकार की विद्युत चुम्बकीय तरंगे उत्सर्जित करते है। इन पदार्थो को रेडियोधर्मी पदार्थ कहते है। रेडियोधर्मी उत्सर्जनों को सिन्टीलेशन काउन्टर अथवा गीगर काउन्टर की सहायता से रिकॉर्ड किया जाता है। और इस तरह से रेडियोधर्मी खनिजों का पता लगाया जाता है।

नमूना (Sample) एवं उसकी विशेषताएं

भूवैज्ञानिक अन्वेषण एवं भूवैज्ञानिक अध्ययनों के लिए शैलों के नमूने एकत्र किए जाते है। इनके लिए अंग्रेजी में सैम्पल (Sample) एवं स्पेशीमन (Specimen) शब्द का प्रयोग किया जाता है। इन दोनो के लिए हिन्दी भाषा में प्रतिदर्श या नमूना शब्द का प्रयोग किया गया है। स्पेशीमन शैल, अयस्क या संस्तर इकाई का ऐसा नमूना है जो उसकी **गुणात्मक** जानकारी देता है। स्पेसीमेन अपने बारें में स्थिती तथा संगठन की जानकारी देता है। किन्तु इसके आसपास विद्यमान पदार्थो मे भिन्नता हो सकती है जबकि सैम्पल एक ऐसा नमूना है जो पदार्थ का शैल, अयस्क अथवा अन्य पदार्थ का **मात्रात्मक प्रतिनिधित्व** करता है। इस तरह से सैम्पल अपनी स्थिति के आस पास स्थित पदार्थों की औसत मात्रात्मक जानकारी देता है।

जब भी अन्वेषणें में नमूने शब्द का प्रयोग किया जाता है, तो इसका अभिप्राय सैम्पल से होता है। इस तरह से नमूना अपने क्षेत्र में विद्यमान घटकों का त्रिविमीय प्रतिनिधित्व करता है। अन्वेषण में नमूने एकत्र करने का बहुत महत्व है, क्योकि इसी के आधार पर किसी भी निक्षेप की संचय गणना, ग्रेड आदि का आंकलन किया जाता है।

नमूना एकत्रीकरण (Sample Collection)

नमूना एकत्रीकरण एक संवेदनशील प्रक्रिया है, जिसका हर स्तर पर ध्यान रखा जाता है। भूवैज्ञानिक नमूने एकत्रीकरण का कार्य अन्वेषण, खनन और अयस्क सज्जीकरण के समय करते है। नमूने एकत्रित करते समय उसकी स्थिति और शैलकीय गुण आदि का ब्योरा लिया जाता है। इन्हें सावधानी पूर्वक सुरक्षित थैलियों में संग्रहित किया जाता है। बेग पर लोकेशन या स्थिति व अन्य जरूरी जानकारी लिख दी जाती है। नमूने निम्न विधियों से एकत्र किए जाते है।

1. चिप सैम्पलिंग– इस पद्धति में भूवैज्ञानिक हथौड़े से शैल की एक चिप लेते है। इस तरह का सर्वेक्षण प्रारम्भिक अवस्था में किया जाता है।

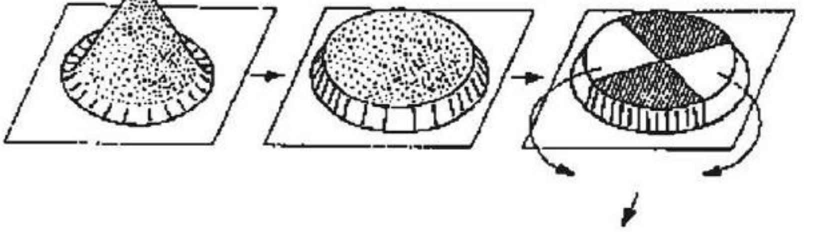
2. चैनल सैम्पलिंग– इस तरह की सैम्पलिंग भूमिगत खदानों में ड्राईव की दिशा में 5 सेमी चौडी, 2 सेमी गहरी और एक दो मीटर लम्बाई में चैनल बनाकर किया जाता है। ड्राईव में निश्चित अन्तराल पर नमूने एकत्र किए जाते है। इससे निक्षेप के नतिलम्ब दिशा में ग्रेड की जानकारी मिलती है। इसी तरह से क्रोस कट में चैनल बनाकर चौडाई नमूने एकत्र किए जाते है।

3. ट्रेंचिंग– जब भूसतह पर निक्षेप विद्यमान होता है, तो नतिलम्ब दिशा और नति दिशा में खाईया खेदकर नमूने एकत्रित किये जाते है। इस ट्रेंचिंग कहते है।

4. छिद्रण सेम्पल– छिद्रण के द्वारा भूसतह से नीचे से नमूने एकत्र किए जाते है।

कोनिंग एवं क्वाटरिंग (Coning and Quatering)

जब किसी क्षेत्र से नमूना एकत्रि.त किया जाता है तो यह ठोस अवस्था में होता है। इसकी मात्रा भी कई किलोग्राम हो सकती है। प्रयोगशाला में भेजने के लिए एक छोटे नमूने की जरूरत पडती है। इसके लिए कोनिंग एवं क्वाटरिंग प्रक्रिया अपनाई जाती है। बडी मात्रा में प्राप्त शैलखण्डों को करीब एक या आधा इन्च आकार में तोड़ा जाता है फिर इसकी एक शंकु के रूप में ढेरी बनाई जाती है इसे कोनिंग कहते है। इस ढेरी के बराबर चार भाग किए जाते है, इसे क्वाटररिंग कहते है। इसमें पहले और तीसरा हिस्सा जो आमने सामने होते है, मिलाया जाता है, और तीसरे व चौथे हिस्से को हटा दिया जाता है। कणों के आकार को कम करते हुए कोनिंग क्वाटरिंग प्रक्रिया दोहराई जाती है, जब तक कि नमूना 300–400 मैस आकार का हो जाए, इस तरह से लगभग 100 ग्राम नमूना बनाया जाता है।



चित्र 8.1 कोनिंग एवं क्वाटरिंग

खनन की परिभाषा, खनन शब्दावली एवं खनन के प्रकार
(Definition, Terms and Types of Mining)

खनन की परिभाषा (Definition of Mining)

पृथ्वी के गर्भ से धातुओं, अयस्कों, औद्योगिक तथा अन्य उपयोगी खनिजों को बाहर निकालना खनिकर्म या खनन (Mining) कहलाता हैं। आधुनिक युग में खनिजों तथा धातुओं की खपत इतनी अधिक हो गई है कि प्रति वर्ष उनकी आवश्यकता करोड़ों टन की होती है। इस खपत की पूर्ति के लिए बड़ी–बड़ी खानों की आवश्यकता का उत्तरोत्तर अनुभव हुआ। फलस्वरूप खनिकर्म ने विस्तृत इंजीनियरिग का रूप धारण कर लिया है। इसको खनन इंजीनियरी कहते हैं। संसार के अनेक देशों में, जिनमें भारत भी एक है, खनिकर्म बहुत प्राचीन समय से ही प्रचलित है। वास्तव में प्राचीन युग में धातुओं तथा अन्य खनिजों की खपत बहुत कम थी, इसलिए छोटी–छोटी खान ही पर्याप्त थी। उस समय ये खानें 100 फुट की गहराई से अधिक नहीं जाती थीं।

किसी भी प्रकार के खनन विकास के लिये खनन के पूर्व की दो अवस्थाएँ–पूर्वेक्षण (Prospecting) तथा गवेषणा या अन्वेषण (Exploration) बहुत महत्वपूर्ण हैं। पूर्वेक्षण के अंतर्गत खनिजों तथा अयस्कों की खोज, निक्षेपों का सामान्य अध्ययन तथा खनन की संभावनाओं को सम्मिलित किया जाता है। इन तथ्यों की जानकारी के लिए किन साधनों की सहायता ली जाय, यह उस क्षेत्र की आवश्यकाताओं पर निर्भर करता है। गवेषणात्मक कार्य के अंतर्गत संभाव्य निक्षेपों का विस्तार और क्षेत्र, उनकी औसत मोटाई, खनिज की संभाव्य मात्रा तथा मूल्य, निक्षेपों के अंतर्गत खनन योग्य क्षेत्रों का वितरण, खान को खोलने, विकसित करने तथा खनन को प्रभावित करनेवाली अवस्थाएँ एवं खान के विकास के लिये उपयुक्त विधि का निश्चय आदि महत्वपूर्ण तथ्य सम्मिलित हैं।

खनन शब्दावली (Terms of Mining)

- **खनन** (Mining): भूमि में से मानव उपयोगी खनिजों को निकालना खनन प्रक्रिया कहलाता है।
- **दोहन** (Exploitation or Winning): पृथ्वी में से अयस्क अथवा आर्थिक खनिजों को निकालना दोहन कहलाता है।
- **खनन क्षेत्र विकास** (Mine Development): खनन क्षेत्र में खनन से पूर्व सडक, भण्डारण स्थान, साफ्ट व अन्य आवश्यक निर्माण कार्य खनन क्षेत्र विकास कहलाता है।
- **साफ्ट या कूपक** (Shaft): खदानों में भूतल से लम्बवत अथवा झुका हुआ भूमिगत मार्ग साफ्ट कहलाता है। यह वर्गाकार अथवा आयताकार हो सकता है। साफ्ट भूमिगत खदानों में प्रवेश का कार्य करती है। सापट के द्वारा खनिक, मशीनरी, विस्फोटक सामग्री आदि को भूमिगत निक्षेप तक ले जाया जाता है । खनन से प्राप्त पदार्थो को साफ्ट के द्वारा ही बाहर निकाला जाता है। बडी खदानों में सर्विस साफ्ट और उत्पाद साफ्ट अलग अलग होती है।
- **हैंगिग वॉल** (Hanging Wall): आर्थिक निक्षेप पिण्ड के उपर विद्यमान क्षेत्रीय शैल (Country Rock) हैंगिग वॉल कहलाते है। कोयला खदानों में हैंगिग वॉल के लिये रूफ (Roof) शब्द का प्रयोग किया जाता है।
- **एडिट** (Adit): पर्वतीय क्षेत्रों में ऐसी सुरंग अथवा मार्ग जिसका एक भाग खुले आसमान में खुलता है दूसरा भाग पर्वत के अन्दर खनिज पिण्ड के पास खुलता है। एडिट सामान्यतः क्षैतिजाधार में होती है।
- **ड्राईव** (Drive): भूमिगत खदानों में एक ऐसा क्षतिज मार्ग जो अयस्क पिण्ड की नतिलम्ब दिशा के समानान्तर होता है। ड्राईव की स्थिति हैंगिग वॉल, फूटवॉल अथवा अयस्क पिण्ड में हो सकती है।
- **फुटवॉल** (Foot Wall): अयस्क पिण्ड के नीचे स्थित शैलीय भाग को (Country Rock) फुटवॉल कहते है।

- **लेवल** (Level): भूमिगत खदानों में विभिन्न तलों पर ड्राईव बनाए जाते है इन्हे भिन्न भिन्न लेवल के रूप में पहचाना जाता है।
- **क्रोस कट** (Cross Cut): भूमिगत खदानों में अयस्क पिण्ड के नतिलम्ब दिशा में निर्मित सुरंगनुमा मार्ग क्रोस कट कहलाता है।
- **टनल या सुरंग** (Tunnel): पर्वतीय क्षेत्रों में भूमिगत मार्ग जिसके दोनो सिरे खुले आसमान में खुलते है उसे टनल या सुरंग कहते है। यह मार्ग लगभग क्षतिज होता है।
- **रेज** (Raise): भूमिगत खदानों में एक लेवल से ऊपर की तरफ बनाए जाने वाले मार्ग को रेज कहते है।
- **विंज** (Winze): भूमिगत खदानों में एक लेवल से नीचे की तरफ बनाए गए मार्ग को विंज कहते है।
- **अयस्क बिन** (Ore Bin): भूमिगत खदानों में वह भाग जहा खनन से प्राप्त अयस्क का संग्रहण किया जाता है। अयस्क बिन कहते है।
- **श्यूट** (Shute): भूमिगत खदानों में अयस्क बिन का नाली के आकार का भाग जिसके द्वारा ट्रोली में अयस्क भरा जाता है। श्यूट कहते हैं।
- **स्टॉप** (Stope): भूमिगत खदानों में वह भाग जहां पर अयस्क का दोहन किया जाता है। स्टॉप कहते है। यदि खनिक ऊपर की तरफ खोदते है तो इसे ओवर हैंड स्टॉपिंग (Over hand Stoping) कहते है। यदि खनिक नीचे की तरफ खोदते है तो इसे अण्डर हैंड स्टॉपिंग (Under hand Stoping) कहते है।
- **ऐसे चौडाई** (Assay width): किसी निक्षेप की अधिकतम चौडाई जिसमें आर्थिक खनिज विद्यमान है, ऐसे चौडाई कहते है। यह सम्भव है कि चौडाई में आर्थिक खनिज का वितरण एक जैसा ना हो।
- **स्टॉपिंग चौडाई** (Stoping width): अयस्क पिण्ड की अधिकतम चौडाई जिसमें आर्थिक दृष्टि से खनन करना उपयुक्त हो स्टॉपिंग चौडाई कहते हैं। यह चौडाई ऐसे चौडाई से बराबर अथवा कम होती है।
- **कटऑफ ग्रेड** (Cut-off grade): अयस्क की वह न्यूनतम ग्रेड जो आर्थिक दृष्टि सें खनन के लिए उपयोगी है कटऑफ ग्रेड कहते हैं। किसी निक्षेप में कटऑफ ग्रेड से कम मात्रा नुकसान देनेवाली होती है और खनन कार्य नही किया जाता है।
- **एवरेज ग्रेड** (Average grade): किसी भी निक्षेप में ग्रेड एक जैसी नही होती है। कुछ भागों में उच्च ग्रेड तो अन्य में कम ग्रेड का अयस्क विद्यमान होता है। इस तरह से गुणवत्ता की दृष्टि से अंकगणितीय माध्य एवरेज ग्रेड कहलाता है।
- **मिल ग्रेड** (Mill grade): अयस्क सज्जीकरण प्लांट में एक निश्चित ग्रेड का अयस्क भेजा जाना आवश्यक होता है भूवैज्ञानिक मिल में भेजने से पूर्व एक निश्चित ग्रेड का अयस्क भेजते है इसे मिल ग्रेड कहते है।

खनन के प्रकार (Types of Mining)

किसी भी आर्थिक निक्षेप की अवस्थिति भूसतह से गहराई, आकार, आकृति और क्षेत्रीय शैलों की कठोरता के आधार पर खनन पद्धति (Mining Method) का निर्धारण होता है। कुछ खनिज पदार्थ भूसतह पर पाए जाते है, इनका खनन खुली खदानों के रूप में किया जा सकता है, इस तरह के खनन को तलीय खनन (Open cast Mining or Surface Mining) कहते हैं। यदि आर्थिक निक्षेप भूसतह के नीचे स्थित हो तो खनन कार्य भूसतह के नीचे जाकर ही करना संभव होता है, इस तरह का कार्य भूमिगत खनन (Underground Mining) कहलाता है। कुछ बहुमुल्य पदार्थ जैसे स्वर्ण, प्लेटिनत, हीरा व जवाहरात, बजरी या रेत में मिलते है। बहुत सी नदियों की रेत में बहुमुल्य खनिज मिलते है। इनके दोहन में अपनाई जाने वाली पद्धति जलोढ. खनन (Alluvial Mining) कहलाती है। इस प्रकार से खनन को मुख्य रूप से तीन भागों में विभाजित किया गया हैं।

1. जलोढ़ खनन (Alluvial Mining)
2. तलीय खनन (Open cast Mining or Surface Mining),
3. भूमिगत खनन (Underground Mining)

जलोढ़ खनन (Alluvial Mining)

कुछ प्राचीन नदियों के एकत्रित अवसाद में कभी कभी बहुमूल्य धातुएँ भी निक्षेपित हो जाती है। इन अवसादों से धातुओं की प्राप्ति करना जलोढ़ खनन के अंतर्गत आता है (चित्र 8.2)। कुछ अवस्थाओं में ये अवसाद दूसरे नए अवसादों से ढक भी जाते हैं। तब उन्हें हटाकर धातुओं की प्राप्ति की जाती है। प्रक्षालन निक्षपों (Placer deposits) के खनन में विशेष रूप से इसे प्रयुक्त किया जाता है। ये शिलाएं मलवा निर्मित (Detrital) होती हैं तथा इनके कणों का आकार भी भिन्न होता है। प्रक्षालन निक्षपों के प्रमुख उपयोगी खनिज सोना, टिन, प्लैटिनम तथा विरल मिट्टियाँ हैं। शिलाओं में इन धातुओं की प्रतिशत मात्रा बहुत कम होती है। इस विधि में ऊँचे दबाव पर पानी बड़े वेग के साथ से निकलता है और शिला पर टकराता है। पानी के टक्कर के फलस्वरूप शिला टूट जाती है तथा सूक्ष्म कणों में विच्छिन्न हो जाती है। पानी की धारा के साथ ये कण आगे चल देते हैं, जहाँ पानी स्लूस बक्सों जिनमें बाधक प्लेटें लगी रहती हैं, प्रवाहित किया जाता है। बाधक प्लेटों के समीप भारी धातुएँ एकत्रित हो जाती है तथा

चित्र 8.2 जलोढ़ खनन

धातुकणों से विहिन पानी विच्छिन्न शिला को लिए आगे बह जाता है। इस कार्य के लिए साधनों की उपलब्द्ता के आधार पर व निक्षेप की प्रकृति के आधार पर विभिन्न उपकरण काम में लाए जाते है जो निम्नानुसार है:–

1. पेन या परात
2. रोकर
3. लोंग टोम
4. सल्युसिंग
5. डेरिक व केबल वे
6. हाईड्रोलिक मशीन
7. ड्रिफ्टर
8. ड्रेजर

जलोढ खनन विधि में विशाल मात्रा में जल की आवश्यकता होती है। पानी का दबाव 50 से 600 फुट तक हो सकता है। खनन का मूल्य भी कम होता है, क्योंकि इसमें पानी से उत्पन्न शक्ति के अतिरिक्त अन्य किसी शक्ति की आवश्यकता नही होती। बड़े निक्षेपों के खनन में यांत्रिक साधनों का भी उपयोग किया जाता है तथा कभी कभी इस विधि से 30 फुट मोटाई के निक्षेपों तक का खनन होता है। भारत में जलोढ खनन व्यवहार में नहीं है। कुछ क्षेत्रों में रेत छानकर तथा धोकर सोना आदि प्राप्त किया जाता है। बिहार में स्वर्णरेखा नदी के तट पर रहनेवाले निवासी इसी प्रकार सोने की प्राप्ति किया करते है।

जलोढ खनन की एक अन्य विधि में एक विशेष प्रकार की यांत्रिक नौकाओं (ड्रेजर) का भी उपयोग होता है। इन नौकाओं में घूमनेवाली बाल्टियों की व्यवस्था रहती है, जो तलहटी से बालू को खरोंचकर नाव पर ला देती हैं। बर्मा और मलाया के टिन क्षेत्रों के प्रक्षापालन निक्षेपों के खनन में यही विधि प्रयुक्त की गई है। इस खनन में शक्ति की आवश्यकता तथा धन की लागत भी यथेष्ट पड़ती है। ये नौकाएँ 20 फुट की गहराई तक की बालू खरोंच सकती हैं।

तलीय खनन (Open cast Mining or Surface Mining)

जब आर्थिक खनिज निक्षेप भूसतह पर पाया जाता है तो खुली खदानों के रूप में खनन होता है इसे तलीय खनन कहा जाता है (चित्र 8.3)। छोटी खदानों को क्वेरी भी कहते है। यह खनन कार्य निम्न प्रकार से किया जाता है। इस प्रकार के खनन में धरातल के ऊपर जो पहाड आदि हैं उनको तोड़कर खनिज प्राप्त किए जाते हैं, जैसे चूने का पत्थर, बालू का पत्थर, ग्रैनाइट, लौह अयस्क आदि।

चित्र 8.3 तलीय खनन

जो शिलाएँ कोमल होती हैं, उनको तोड़ने में कठिनाई नहीं होती है। ऐसी शिलाओं के उदाहरण जिप्सम, चीनी मिट्टी, सेलखडी आदि हैं। इस तरह के खनन कार्य में खनिक स्वयं अपने हाथ से कार्य करते है और औजारों का प्रयोग करते है। इस तरह का खनन छोटी खानों में होता है। इस तरह से भवन निर्माण में काम आने वाले पत्थर, छत के स्लेब, फर्श के पत्थर, चूना पत्थर बजरी आदि का खनन होता हे। यदि निक्षेप शिरोओं के रूप में छोटे आकार में होता है, तब भी इस तरह का खनन कार्य किया जाता है। खनन हेतु फावडा गेती,स्टील की छड, हथौडे, परात आदि का प्रयोग किया जाता है।

जब निक्षेप का आकार बडा होता है, और निक्षेप भूसतह पर होता है तो बडी खनन परियोजनाए बनाई जाती है। इनमें वेधन मशीन, पॉवर शॉवेल, स्क्रेपर, स्केवेटर, कन्वेयर, बडे डम्पर आदि का प्रयोग सम्भव होता है। राजस्थान में जामर कोटडा रॉक फास्फेट, रामपुरा आगूचा सीसा–जस्ता निक्षेप, गिरल लिग्नाईट

निक्षेप, मार्बल, ग्रेनाईट चूना पत्थर, बेलका वॉलेस्टोनाईट निक्षेप आदि का खनन इस तरह से होता है। जिन शिलाओं में धातुएँ मिलती हैं वे अत्यंत कठोर होती हैं, जैसे ग्रैनाइट, डायोराइट आदि। इन शिलाओं को विस्फोटक पदार्थों द्वारा तोड़ा जाता हैं। प्राचीन तथा मध्यकालीन युगों में खनन की विधियां नितांत अनुपयुक्त थीं। धीरे धीरे खनन विधियों का विकास हुआ और उनमें बारूद आदि का उपयोग होने लगा।

विगत एक शताब्दी में डायनेमाइट, नाइट्रोग्लिसरीन आदि अनेक प्रकार के विस्फोटक पदार्थों का विकास हुआ। खनन में विस्फोटक पदार्थों का उपयोग करने के लिये पहले शिलाओं में छिद्र बनाया जाता है तथा उसमें ये विस्फोटक जो कारतूस के रूप में मिलते हैं, रख दिए जाते हैं और विद्युत द्वारा या फ्यूज लगाकर उनमें आग लगा दी जाती हैं। विस्फोट के साथ ही पत्थर के टुकड़े टुकड़े हो जाते हैं। पत्थरों में छिद्र बनाने के लिय जैक हैमर आदि अनेक प्रकार के वेधन यंत्रों का उपयोग किया जाता है। इस काम में यांत्रिक खुरपे भी बडे उपयोगी सिद्ध हुए हैं। ये खुरपे उन पत्थरों को उठाकर बड़े ट्रकों में भर देते हैं। भारत में इस प्रकार के तलीय खनन के उदाहरण चूना पत्थर तथा लौह अयस्क आदि हैं।

खुली हुई खनिजों के रूप में खनन करने से पूर्व उस क्षेत्र की स्थालाकृति के मानचित्र बनाए जाते हैं और फिर खाइयाँ, परीक्षाणात्मक गड्ढे तथा वेधन द्वारा निक्षेप की मोटाई तथा खनिज की उपलब्ध मात्रा का निश्चय किया जाता है। पानी के निकास की दशाओं पर भी सावधानी से विचार किया जाता है। खनन कार्य प्रारंभ होने पर सबसे पहले निक्षेपों पर स्थित मिट्टी हटाने का काम होता हैं। खनन कार्य चोटी से प्रारंभ होता है तथा एक के बाद एक सपाट बेंचें तब तक काटी जाती हैं जब तक तलहटी नहीं आ जाती। आजकल आधुनिक बोरिंग यंत्रों के आवि कार के फलस्वरूप 25–30 फुट तक मोटाई की बेंचें काटना सरल हो गया हैं। इन बेंचों के ऊपर हल्के ट्रक तथा लोहे की पटरियों पर चलने वाले ठेलों के आने जाने का प्रबंध किया जाता है। साधारणतया बेंच बनाने के लिये शिलाओं में कई छिद्र किए जाते है तथा विस्फोट करने के लिये लचकीली विस्फोटक टोपिकाओं का प्रयोग किया जाता है। एक पौंड विस्फोटक पदार्थ से 4 से 15 टन तक शिलाएँ टूट सकती हैं। यह मात्रा शिलाओं की दृढ़ता पर निर्भर करती है।

भारत में खुली हुई खानों के रूप में खनन की प्रणाली मुख्यतः चूना पत्थर आदि के लिये बड़े स्तर पर प्रयुक्त होती है। जिन खानों से सीमेंट उत्पादन के लिये चूना पत्थर निकाला जाता है, वहाँ 2000 टन तक का दैनिक उत्पादन असामान्य नहीं समझा जाता। बिहार, मध्य प्रदेश तथा उड़ीसा आदि में लौह अयस्क के उत्खनन में भी इसी विधि का उपयोग होता है। अन्य अयस्कों तथा खनिजों के अतिरिक्त इस प्रकार की खनन प्रणाली कोयले के लिये भी वहाँ प्रयुक्त की जा सकती है जहाँ कोयले के स्तरों की गहराई अधिक न हो। इस प्रकार कोयले के स्तर की मोटाई से यदि उस पर स्थित मिट्टी की मोटाई दस गुनी तक अधिक होती है तो भी इस प्रकार का खनन आर्थिक दृष्टि से उपयुक्त ही समझा जाता है।

भूमिगत खनन (Underground Mining)

अनेक प्रकार के खनिजों तथा अयस्कों के उत्खनन में भूमिगत खनन का सहारा लेना पड़ता है जिनका खुली हुई खानों के रूप में खनन, गहराई पर स्थित होने के कारण, आर्थिक दृष्टि से अनुपयुक्त अथवा असंभव होता है (चित्र 8.4)। यद्यपि भूमिगत खनन में भी बड़ी पूंजी की आवश्यकता होती है, तथापि इन निक्षेपों के खनन के लिये कोई अन्य विकल्प नहीं है।

चित्र 8.4 भूमिगत खनन

आर्थिक महत्व के निक्षेपों में विद्यमान पदार्थ व क्षेत्रीय शैल की कठोरता के आधार पर भूमिगत खनन पद्धति का निर्धारण किया जाता है। इसमें खनिको की सुरक्षा शुद्ध हवा, प्रकाश, आदि का विशेष ध्यान रखना आवश्यक होता है। भूमिगत खनन परियोजना में अधिक धनराशि का उपयोग होता है। इसमें खनन क्षेत्र का आवश्यक विकास भी करना पडता है।

खानों में कार्य आरंभ होने से पहले पूर्वेक्षण तथा गवेषणात्मक कार्यों को सावधानी से समाप्त कर लिया जाता है। इसके पश्चात् खान का विकास कार्य प्रारंभ होता है। सर्वप्रथम कूपक (Shaft) बनाए जाते हैं। इनका व्यास 10–12 फुट तक हो सकता है। यदि निक्षेपों की गइराई कम होती है तो प्रवणकों का ही निर्माण कर लिया जाता है। यदि आवश्यकता हुई तो भूमिगत मार्ग तथा गैलरियाँ भी बना ली जाती हैं। भूमिगत खनन में कूपकों का बड़ा महत्व है, क्योंकि कर्मचारियों का खान में आना जाना, खनित पदार्थों का बाहर आना, वायु का संचालन तथा खान से पानी बाहर फेंकने के लिये पंपों का स्थापन इन्हीं से संचालित होता है। किसी भी खान में कम से कम दो कूपक अवश्य होते हैं।

खनिजों तथा अयस्कों को तोड़ने में फावड़े, कुदाली तथा सब्बल अथवा यंत्रों या विस्फोटक पदार्थो की सहायता ली जाती है। प्रयत्न इस बात का किया जाता है कि खनिज की अधिकाधिक मात्रा निकाल ली जाय। किंतु इससे खान में शिलाओं का संतुलन बिगड़ने लगता है। यह बहुत कुछ अंशों तक शिलाओं के लचीलेपन तथा उनकी शक्ति पर निर्भर करता है। खान में शिलाओं का संतुलन बिगड़ने से बचाने के लिये खान की दीवारों तथा छत को सहारे की आवश्यकता होती है। इसके लिए जिस स्तर पर कार्य चल रहा है उसमें स्तंभ छोड़ दिए जाते है और आसपास से खनिज निकाल लिया जाता है। किंतु इसमें खनिज की काफी मात्रा का ह्रास होता है। इसलिये आजकल प्रयत्न यह किया जाता है कि खाली स्थानों में बालू अथवा वैसा ही कोई अन्य पदार्थ भर दिया जाय तथा उन स्तंभों का खनिज भी निकाल लिया जाय। यह विधि अधिकांश भारतीय कोयला खानों में प्रयुक्त होती है। इसके अतिरिक्त, लकड़ी, लोहा, कंक्रीट, पत्थर, ईंट आदि भी प्रयुक्त होते है। खनिज पदार्थ को खान से ऊपर लाने के लिये पिंजड़े के आकार का झूला, इस्पात के रस्से तथा वाइंडिंग इंजन की आवश्यकता होती है। खानों के अंदर खनिज को एक स्थान से दूसरे स्थान तक लाने के लिये ट्रालियाँ प्रयुक्त होती हैं, जो अधिकतर लोहे की पटरियों पर चलती हैं।

भूमिगत खानों में उपयुक्त प्रकाश तथा शुद्ध वायु के आवागमन का प्रबंध अत्यंत आवश्यक है। अधिकांश खानों में अब विद्युत् प्रकाश उपलब्ध है। वायु के आवागमन के लिये वायुमार्ग बड़े होने चाहिए तथा वायु का प्राकृतिक प्रवाह नहीं रुकना चाहिए। कुछ स्थितियों में इसके लिये कुछ यांत्रिक साधनों की भी आवश्यकता होती है। ये यंत्र खान में शुद्ध वायु का संचालन करते हैं।खान में कूप खोदते समय, अथवा जलपटल आ जाने पर, पानी का प्राकृतिक प्रवाह प्रारंभ हो जाता है। यह पानी नाली बनाकर एक जगह ले जाया जाता है तथा वहाँ से पंप द्वारा खान से बाहर निकाल दिया जाता है।आर्थिक निक्षेप के पदार्थो एव विद्यमान शैलों के कठोरता के आधार पर भूमिगत खनन की निम्न पद्धतियां प्रचलित है।

1. ओपन स्टॉपः जब आर्थिक खनिज निक्षेप पदार्थ और विद्यमान शैल दोंनो ही कठोर प्रकृति के होते है, तो खनन के बाद स्टॉप को खाली रख सकते है। जब अयस्क पिण्ड काफी गहराई तक होता है तो विभिन्न लेवल पर खनन किया जाता है। इस तरह की पद्धति जावर खान में अपनाई गई है।

2. ओवर हैंड स्टॉपिंग विद सपोर्टः जब खनिज निक्षेप अथवा अयस्क पिण्ड के चारों तरफ विद्यमान शैल कमजोर प्रकृति के होते है, और खनिज निक्षेप के शैलों में भी कठोरता नही होती है तो धसाव को रोकने के लिए लकड़ी अथवा कंक्रीट का सहारा प्रदान किया जाता है।

कुछ अयस्क पिण्डों और विद्यमान शैलों की कठोरता ज्यादा नही होती है किन्तु ये कमजोर भी नही होते है, ऐसी स्थिति में खनन से प्राप्त अयस्क को थोडे समय के लिए स्टॉप में रखा जाता है। खनन से पदार्थ का आयतन बढता है, इस तरह से कुछ भाग वहा से हटा दिया जाता है और कुछ भाग वही रहता है। कुछ खानों में खाली स्टॉप में मिटटी व अन्य शैल पदार्थ भर दिए जाते है । अतः इन्हें भरे हुए फील्ड (Filled) स्टोप्स कहा जाता है।

3. केविंग मेथडः कुछ खनिज पदार्थ जैसे कोयला भूसतह से 10 से 50 मीटर पाए जाते है। एसे क्षेत्रों में भूमिगत ,खनन से बने खाली स्थान को धसांव से भर दिया जाता है। अतः इसे केविंग पद्धति कहते है। यह पद्धति भूमिगत कोयले को निकालने के लिए काम में लाई जाती है।

महत्वपूर्ण बिन्दु

1. आर्थिक भूविज्ञान, विज्ञान की वह शाखा हैं, जिसमें मानव के उपयोगी समस्त खनिजों का अध्ययन किया जाता है।
2. कुछ खनिज जो आर्थिक दृष्टि से मनुष्य के लिए उपयोगी होते है, आर्थिक खनिज (Economic Mineral) कहलाते हैं।
3. प्रकृति में ऐसे निक्षेप जिनसे धातुए प्राप्त होती है, धात्विक निक्षेप कहते है।
4. पृथ्वी से प्राप्त होने वाला वह खनिज पदार्थ जिसका उपयोग एक या एक से अधिक धातुओं को प्राप्त करने के लिये किया जाता है, अयस्क खनिज कहलाते है।
5. खनिज अयस्को के साथ पाए जाने वाले अवांछित अधात्विक पदार्थ जिन्हे अयस्क से खनिज प्राप्ति क्रिया में महत्वहीन होने के कारण हटा दिया जाता है, गैंग खनिज (Gangue Mineral) कहलाते हैं।
6. अन्तर्वेधी, वितलीय, व अधिवितलीय आग्नेय शैलों में प्राप्त होने वाले वे अर्थिक महत्व के खनिज, जो मेग्मा में कभी कभी या अल्प मात्रा में क्रिस्टलित होते है, यदि किसी क्षेत्र में पर्याप्त मात्रा या आवश्यक सान्द्रता में एकत्रित हो जाए तो मैग्मीय सान्द्रण निक्षेप कहलाता है। मैग्मीय सान्द्रण निक्षेपो से सामान्यतः लोहा, क्रोमियम, निकल, टाईटेनियम, तॉबे के जब पूर्वस्थित शैल परिवर्तित ताप व दाब से प्रभावित होते है तो इनमें पुर्नक्रिस्टलीकरण होता है तो यह प्रक्रिया कायान्तरण कहलाती है।
7. भूपर्पटी में विद्यमान आर्थिक निक्षेपों की अवस्थिति, आकार, आकृति, आयतन, संचय व ग्रेड संबंधी जानकारी प्राप्त करने का अनुसन्धान कार्य अन्वेषण (Exploration) कहलाता है।
8. पृथ्वी के गर्भ से धातुओं, अयस्कों, औद्योगिक तथा अन्य उपयोगी खनिजों को बाहर निकालना खनिकर्म या खनन (Mining) कहलाता हैं।

अभ्यासार्थ प्रश्न

वस्तुनिष्ठ प्रश्न

1. अयस्क से प्राप्त होता है।
   (अ) धात्विक खनिज (ब) अधात्विक खनिज
   (स) शैल निर्मात्री खनिज (द) इनमें से कोई नहीं
2. गुरूत्वीय भूभौतिक अन्वेषण में पदार्थ के किन गुणों का अध्ययन किया जाता है।
   (अ) रासायनिक (ब) प्रत्यास्थता
   (स) रेडियोधर्मिता (द) घनत्व
3. एडिट का निर्माण होता है।
   (अ) क्षतिज तल में (ब) लम्बवत तल में
   (स) झूके हुए तल में (द) इनमें से कोई नहीं
4. सर्वाधिक चालकता होती है।
   (अ) धात्विक निक्षेप की
   (ब) अधात्विक निक्षेप की
   (स) शैल निर्मात्री खनिजों की
   (द) इनमें से कोई नहीं
5. कायान्तरण से निर्मित आर्थिक निक्षेप है।
   (अ) ग्रेफाईट (ब) चूना पत्थर
   (स) बलुआ पत्थर (द) इनमें से कोई नहीं

अतिलघुतरात्मक प्रश्न

1. निक्षेप कितने प्रकार के होते है?
2. अयस्क किसे कहते है?
3. अयस्क खनिज क्या होते है?
4. गैंग खनिज किसे कहते है?
5. अधात्विक निक्षेप क्या होते है?
6. कोयला निक्षेप किस विधि से बनते है?
7. अन्वेषण का अभिप्रायः बताईये।
8. भूभौतिक अन्वेषण किस लिए किया जाता है?
9. खनन से क्या अभिप्राय है?
10. चिप सैम्पलिंग का क्या अभिप्राय है?
11. चैनल सैम्पलिंग का क्या अभिप्राय है?
12. एडिट खनन क्षेत्र का क्या अभिप्राय है?
13. शाफ्ट किसे कहते है?
14. खानों में विद्यमान ड्राईव क्या होते है?
15. फुटवॉल किसे कहते है?
16. कट ऑफ ग्रेड क्या होती है?
17. मिल ग्रेड का अभिप्राय बताइये।
18. श्यूट का उपयोग बताइये।
19. अंडर हैड स्टोपिंग क्या होती है?
20. ओवर हैड स्टोपिंग क्या होती है?

लघुत्तरात्मक प्रश्न

1. आर्थिक भूविज्ञान की परिभाषा बताइये।
2. आर्थिक भूविज्ञान का महत्व बताइये।
3. अयस्क की परिभाषा दीजिए।
4. खनिज निक्षेप का क्या अभिप्रायः है?
5. मैग्मीय सान्द्रण प्रक्रम क्या होते है?
6. उष्ण जलीय प्रक्रम से निक्षेप निर्माण की प्रक्रिया बताइये।
7. कायान्तरण से बनने वाले खनिज निक्षेप बताईये।
8. प्लेसर निक्षेप कितने प्रकार के होते है?
9. अवसादन प्रक्रम क्या होते है?
10. खनिज नमूना क्या होते है?
11. खनिज नमूना एकत्रीकरण किस प्रकार से किया जाता है?
12. कॉनिंग एवं क्वाटरिंग प्रक्रिया क्या होती है?
13. खनन के मुख्य प्रकार बताइये।
14. खनन क्षेत्र मे निर्मित शाफ्ट का उपयोग बताइये।
15. भूरासायनिक अन्वेषण के बारें में बताइये।
16. भूभौतिक अन्वेषण और भूरासायनिक अन्वेषण में अन्तर बताइये।
17. वैद्युत पद्धति से अन्वेषण किस आधार पर किया जाता है?
18. चुम्बकत्व पद्धति से किस प्रकार के निक्षेपों का पता लगाया जाता है?
19. भूकम्पीय अन्वेषण कार्य में पदार्थ के किन गुणों का अध्ययन किया जाता है?

निबंधात्मक प्रश्न

1. आर्थिक भूविज्ञान की परिभाषा महत्व और निक्षेपों के बारें में विस्तृत टिप्पणी लिखिये।
2. खनिज निर्माण विधियों पर लेख लिखिये।
3. अन्वेषण से क्या अभिप्रायः है? अन्वेषण की विभिन्न पद्धतियों का वर्णन कीजिये।
4. खनिज नमूने को परिभाषित करते हुए खनिज एकत्रीकरण के बारें में बताइये।
5. खनन की विभिन्न पद्धतियों के बारें में वर्णन कीजिये।

उत्तरमालाः 1. (अ) 2. (द) 3. (अ) 4. (अ) 5. (अ)