P4K7F7

അധ്യായം

01 ശിലകളുടെ ലോകം (The World of Rocks)

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

ഈ പാഠഭാഗങ്ങൾ പൂർത്തിയാകുന്നതോടെ പഠിതാവ്

- ഭൂവൽക്കത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന മൂന്ന് തരം അടിസ്ഥാനശിലകൾ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം തിരിച്ചറിയുന്നു.
- ആഗ്നേയശിലകളുടെ രൂപീകരണരീതി പ്രസ്താവിക്കുന്നു.
- ആഗ്നേയശിലകൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന വിവിധ ടെക്സ്ച്ചറുകളും രാസ-ധാതു ഘടനകളും വിശദീകരിക്കുന്നു.
- സാധാരണ ആഗ്നേയശിലകളുടെ സാമ്പിളുകൾ തിരിച്ചറിയുന്നു.
- അവസാദശിലകളുടെ രൂപീകരണവും വർഗീകരണവും വിശദീകരിക്കുന്നു.
- സാധാരണ കാണപ്പെടുന്ന അവസാദശിലകളെ സ്ഥൂലമായി തിരിച്ചറിയുന്നു.
- കായാന്തരണത്തിലെ ഇനങ്ങളും കാരകങ്ങളും വിവരിക്കുന്നു
- സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന കായാന്തരിത ശിലകളെ തിരിച്ചറിയുന്നു
- ശിലാചക്രമെന്ന ആശയം ചിത്രരൂപത്തിൽ വിശദീകരിക്കുന്നു.

ശിലകൾ മനുഷ്യരാശിയുടെ ചരിത്രത്തിലെ അവിഭാജ്യഘടകമാണ്. വേട്ടയാടുന്നതിനും പ്രതിരോധത്തിനുമുള്ള ആയുധങ്ങളായും പാർപ്പിടങ്ങളും പ്രതിമകളും നിർമിക്കുന്നതിനുള്ള നിർമാണ സാമഗ്രിയായും മറ്റും ശിലകൾ ആദിമ കാലം മുതലേ ഉപയോഗിച്ചുവരുന്നു. ശിലകൾ ഉണ്ടായിരുന്നില്ലെങ്കിൽ, ഭക്ഷ്യവസ്തുക്കൾ കൃഷി ചെയ്യുന്നതിനാവശ്യമായ മണ്ണോ ആയുധങ്ങളോ പാർപ്പിടങ്ങളോ റോഡുകളോ ഒന്നും ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല. ധാതുക്കളെന്നറിയപ്പെടുന്ന ഒന്നോ അതിലധികമോ പദാർഥങ്ങളുടെ ചെറുതരികൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നതാണ് ശിലകൾ. മനുഷ്യ നാഗരികതയുടെ സാംസ്കാരിക പൊലിമയ്ക്കും അഭിവൃദ്ധിക്കും ധാതുക്കളും ശിലകളും അനിവാര്യമാണ്. ശിലകളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്ന വിജ്ഞാന ശാഖയാണ് **ശിലാവിജ്ഞാനീയം (Petrology)**.

ചെറുതരികൾ സംയോജിച്ച് ദൃഢമായി തീർന്നാണ് ശിലകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. പ്രകൃതിദത്തമായി രൂപംകൊണ്ട രാസസംയുക്തങ്ങളായ ധാതുക്കളാൽ നിർമ്മിതമാണ് ശിലകളിലെ ഒരോ തരിയും. "ഒന്നോ അതിലധികമോ ധാതുക്കളോ ധാതുസമാനപദാർഥങ്ങളോ കൂടിച്ചേർന്ന പ്രകൃതിജന്യ ഖരപദാർഥങ്ങളാണ് ശിലകൾ എന്ന് നിർവചിക്കാം." ഇപ്രകാരം സഞ്ചയിച്ച ഖരപദാർഥങ്ങളാണ് ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ. ശിലകളെ പൊതുവെ മൂന്നായി വർഗീകരിക്കാം.

1.1 വിവിധയിനം ശിലകൾ (Types of Rocks)

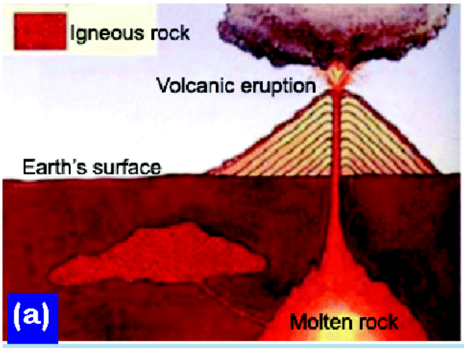
ശിലകളെ അവയുടെ രൂപീകരണത്തിന് നിദാനമായ പ്രക്രിയകൾക്കനുസരിച്ച് ഭൂവൈജ്ഞാനികർ മൂന്നായി തരം തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

1. ആഗ്നേയശിലകൾ (Igneous rocks) - മാഗ്മ അല്ലെങ്കിൽ ലാവ എന്ന് വിളിക്കുന്ന ഉരുകിയ ശിലാദ്രവങ്ങൾ ഖരീഭവിച്ചുണ്ടായ ശിലകൾ
2. അവസാദശിലകൾ (Sedimentary rocks) - നേരത്തെ ഉണ്ടായിരുന്ന ശിലകളുടെ കഷണങ്ങൾ ഉൾച്ചേർന്നോ ലായനികളിൽ നിന്നും ഊറിയുണ്ടാകുന്ന അവശിഷ്ടങ്ങളിൽ നിന്നോ രൂപംകൊള്ളുന്ന ശിലകൾ
3. കായാന്തരിത ശിലകൾ (Metamorphic rocks) - നേരത്തേയുണ്ടായിരുന്ന ശിലകൾക്ക് രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ചുണ്ടായ ശിലകൾ

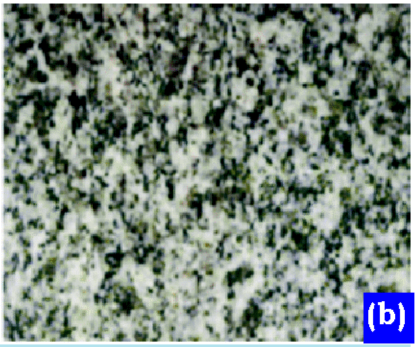
1.2 ആഗ്നേയശിലകൾ (Igneous Rocks)

ലത്തീൻ ഭാഷയിൽ 'ഇഗ്നിസ്' എന്നാൽ അഗ്നിജന്യം എന്നർത്ഥം. ഉരുകിയ ധാതുലായനി (ശിലാദ്രവം) യിൽ നിന്നും ഖരീഭവിച്ചുണ്ടായ ശിലകളാണിവ. ഉന്നത ഊഷ്മാവ് മൂലം ഭൂമിയുടെ അന്തർഭാഗം ഉരുകിയ ദ്രവാവസ്ഥയിലാണ്. ഭൂമിക്കു

ള്ളിലെ ഉരുകിയ ശിലാദ്രവത്തെ മാഗ്മ എന്നു പറയുന്നു. മാഗ്മ തണുത്ത് ഖരരൂപത്തിലാകുമ്പോൾ ആഗ്നേയശിലകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. മാഗ്മ തണുക്കുമ്പോൾ സംഭവിക്കുന്ന ക്രിസ്റ്റലീകരണം വഴിയാണ് ആഗ്നേയശിലകളിലെ ധാതുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ഉരുകിയ ചൂടുള്ള ശിലാദ്രവത്തിലെ ആറ്റങ്ങളും അയോണുകളും നിയതമായ ഘടനയില്ലാത്തവയാണ്. ഉയർന്ന ഊഷ്മാവാണ് ഇതിന് കാരണം. അയോണുകളെ പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന നിലയിലേക്ക് മാഗ്മയുടെ ഊഷ്മാവ് കുറയുമ്പോൾ ഇവയ്ക്ക് നിയതമായ ഘടന കൈവരുന്നു. ക്രമേണ അവ ക്രിസ്റ്റൽ രൂപം പ്രാപിക്കുന്നു. ഉരുകിയ ശിലാപദാർത്ഥം ഭൗമോപരിതലത്തിലെത്തുമ്പോഴാണ് അതിനെ ലാവ എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഭൂമിക്കുള്ളിലായിരിക്കുന്നിടത്തോളം അത് മാഗ്മ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഏതാണ്ട് എല്ലാ ആഗ്നേയശിലകളും ഉണ്ടായിരിക്കുന്നത് മാഗ്മ, ലാവ എന്നിവ തണുക്കുന്നതിലൂടെ സംഭവിക്കുന്ന ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിലൂടെ മാത്രമാണ്. (ചിത്രം 1.1 (എ) & 1.1 (ബി))



ചിത്രം 1.1 : (എ) ആഗ്നേയശിലാ രൂപീകരണ പ്രവർത്തനം



ചിത്രം 1.1 : (ബി) ആഗ്നേയശില

ആഗ്നേയ ശിലളാണ് ഭൂമിയിൽ ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണുന്നത്. എല്ലാ ശിലകളും ഇവയിൽ നിന്ന് രൂപംകൊള്ളുന്നതായതുകൊണ്ട് അവ ആദിമ ശിലകൾ (original rocks) കൂടിയാണ്. വൻകരകളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ ഉൾഭാഗം മാത്രമല്ല, സമുദ്രഭൂവൽക്കങ്ങളുടെ ഉൾഭാഗവും ആഗ്നേയശിലകളാൽ നിർമിതമാണ്. ആ അർഥത്തിൽ ആഗ്നേയശിലകളുടെ പഠനം ഭൗമവ്യവസ്ഥയുടെ ഒട്ടുമിക്ക തലങ്ങളെയും മനസിലാക്കുന്നതിനു സഹായിക്കുന്നു.

1.2.1 ആഗ്നേയശിലകളുടെ വർഗീകരണം (Classification of igneous rocks)

മാഗ്മ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഉരുകിയ ശിലാപദാർത്ഥങ്ങളുടെ തണുക്കലിന്റെയും ഉറയ്ക്കലിന്റെയും ഫലമായാണ് ആഗ്നേയശിലകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചു. എവിടെ രൂപം കൊള്ളുന്നു എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ച്, ആഗ്നേയശിലകളെ രണ്ട് പ്രധാന ഉപവിഭാഗങ്ങളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

എ) പ്ലൂട്ടോണിക് (plutonic) ശിലകൾ (അന്തർജാതശിലകൾ)

ബി) വോൾക്കാനിക് (volcanic) ശിലകൾ (ബാഹ്യജാതശിലകൾ).

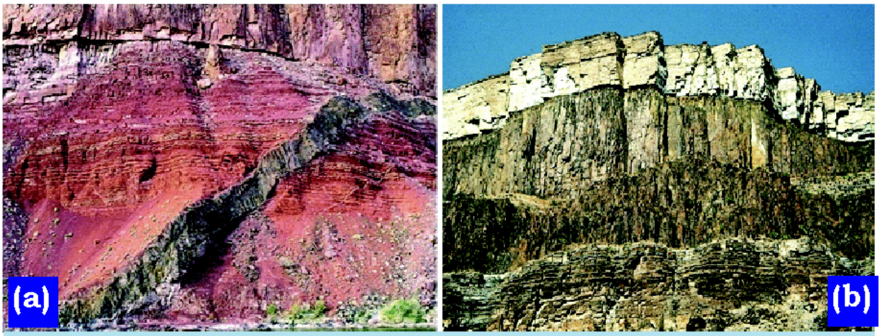
ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ ആഴമുള്ള ഭാഗങ്ങളിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന ആഗ്നേയശിലകളെ യാണ് പ്ലൂട്ടോണിക് അഥവാ അന്തർജാതശിലകളെന്നു വിളിക്കുന്നത്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന ആഗ്നേയശിലകളാണ് വോൾക്കാനിക് അഥവാ ബാഹ്യജാതശിലകൾ. ഈ രണ്ട് അടിസ്ഥാന ഇനങ്ങൾക്ക് പുറമെ **ഹൈപ്പെബിസൽ ശിലകൾ (hypabyssal rocks)** എന്ന മൂന്നാമതൊരിനം ശിലകൾ കൂടി തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. ഹൈപ്പെബിസൽ ആഗ്നേയശിലയും ഒരുതരം അന്തർജാതശിലകൾ തന്നെയാണ്. അവ ഉണ്ടാകുന്നത് ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും അധികം താഴ്ചയില്ലാത്ത ഭൗമാന്തർഭാഗങ്ങളിലാണ്. അതായത് ഭൗമോപരിതലത്തിന് താഴെയായും എന്നാൽ പ്ലൂട്ടോണിക് ശിലകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നതിന് മുകളിലുമായാണ്.

പ്ലൂട്ടോണുകൾ (Intrusive igneous bodies)

വ്യത്യസ്ത രൂപങ്ങളിലും വലിപ്പത്തിലും പ്ലൂട്ടോണുകൾ കണ്ടുവരുന്നു. ആകൃതിയോ വലിപ്പമോ ഏതുതരത്തിലുള്ളതയായാലും ആഴം കൂടിയഭാഗത്തോ കുറഞ്ഞഭാഗത്തോ തിക്കിക്കയറിയ നിലയിലുള്ള ആഗ്നേയശിലകളാണവ (intrusive igneous bodies). ചില പ്ലൂട്ടോണുകൾ മേശാകൃതിയിൽ പരന്നതും ചിലത് സിലിണ്ടർ ആകൃതിയുള്ളതും മറ്റു ചിലത് നിശ്ചിത ആകൃതിയില്ലാത്തവയുമാണ്. സാധാരണ കണ്ടുവരുന്ന ചില പ്ലൂട്ടോണുകളുടെ വിവരണമാണ് ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്.

1. **ഡൈക്ക് (Dyke)** : നിരപ്പുഘടനയുള്ള ശിലയെ പിളർത്തി തിക്കിക്കയറിയ നിലയിലുള്ളതും മേശാകൃതിയിൽ ചുമരുപോലെ കാണപ്പെടുന്നതുമായ ആഗ്നേയ ശിലാരൂപമാണ് ഡൈക്ക്. *(ചിത്രം 1.2(എ))*

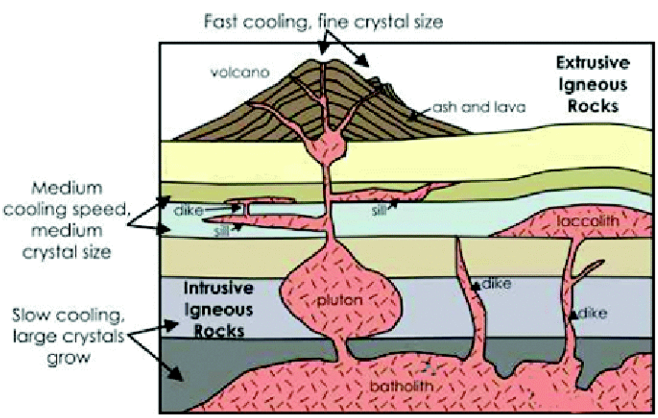
2. **സില്ലുകൾ (Sills)** : നിരപ്പുഘടനയുള്ള ശിലയ്ക്ക് സമാന്തരമായിക്കാണുന്ന ടാബുലാർ ആഗ്നേയ രൂപങ്ങളാണ് ഇവ. *(ചിത്രം 1.2(ബി))*



ചിത്രം 1.2 : (എ) ഡൈക്ക് (ബി) സിൽ

3. ലാക്കോലിത്ത് (Laccolith) : ഭൂമിക്കുള്ളിൽ നിന്നും പുറത്തേക്ക് ശക്തിയായി തള്ളിവരുന്ന മാഗ്മ ഭൂവൽക്കത്തിലുള്ള ശിലകളെ ഒരു താഴികക്കുടത്തിന്റെ (dome) ആകൃതിയിൽ ഉയർത്തി ഉണ്ടാകുന്ന രൂപങ്ങൾ ലാക്കോലിത്ത് എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. അടിഭാഗം പരന്നതും മദ്ധ്യഭാഗം മുകളിലോട്ട് ഉയർന്നതുമായ ഇനം പ്ലൂട്ടോണുകളെയാണ് ലാക്കോലിത്ത് എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. സില്ലുകളെപ്പോലെ ഇവയും പൊതുവെ **കൺകോർഡന്റ് (concordant)** രൂപങ്ങളാണ്: അതായത് മാതൃശിലയുടെ പാളികൾക്ക് സമാന്തരമായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നവയാണ്.

4. ബാത്തോലിത്ത് (Batholith) : 100 ചതുരശ്ര കിലോമീറ്ററിലധികം ഉപരിതല വിസ്തീർണ്ണമുള്ള വലിയതരം പ്ലൂട്ടോണുകളാണിവ. ഡൈക്കുകളെപ്പോലെ ഇവ **ഡിസ്കോർഡന്റ് (discordant)** (മാതൃശിലയുടെ നിരപ്പുഘടനയെ ഉടനീളം ഛേദിക്കുന്ന തരത്തിലുള്ളവ) രൂപങ്ങളാണ്. ബാത്തോലിത്തിന്റേയും ലാക്കോലിത്തിന്റേയും ചിത്രങ്ങൾ താഴെ നൽകിയിരിക്കുന്നു *(ചിത്രം 1.3)*



ചിത്രം 1.3 : ബാത്തോലിത്തും ലാക്കോലിത്തും

1.2.2 ആഗ്നേയശിലകളിലെ ടെക്സ്ചറുകൾ (Textures of igneous rocks)

ശിലകളിലെ ഘടക ഗുണച്ചേർച്ച അഥവാ ടെക്സ്ച്ചർ അതിലെ ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിന്റെ അളവ്, ധാതുതരികളുടെ വലിപ്പം, ആകൃതി വിന്യാസം എന്നിവയെ വിശദീകരിക്കുന്നു. ധാതുതരികളുടെ വലിപ്പം, പരസ്പരബന്ധം എന്നിവ തമ്മിലുള്ള ഏകദബന്ധമാണ് (function) ടെക്സ്ചറുകൾ

ഗ്രാന്യുലാരിറ്റി (Granularity)

ആഗ്നേയശിലകളുടെ ടെക്സ്ച്ചർ നിർണയിക്കുന്നതിൽ ധാതുതരികളുടെ വലുപ്പം ഒരു പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. ടെക്സ്ചറിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ആഗ്നേയശിലകളെ വിവിധ ഇനങ്ങളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. **വലിയതരികളുള്ള (coarse grained)** ആഗ്നേയശിലകളിലെ പരലുകൾ സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ സഹായമില്ലാതെതന്നെ കാണാൻ പറ്റുന്നവിധം വലുതായിരിക്കും. മറിച്ച്, **സൂക്ഷ്മതരി**

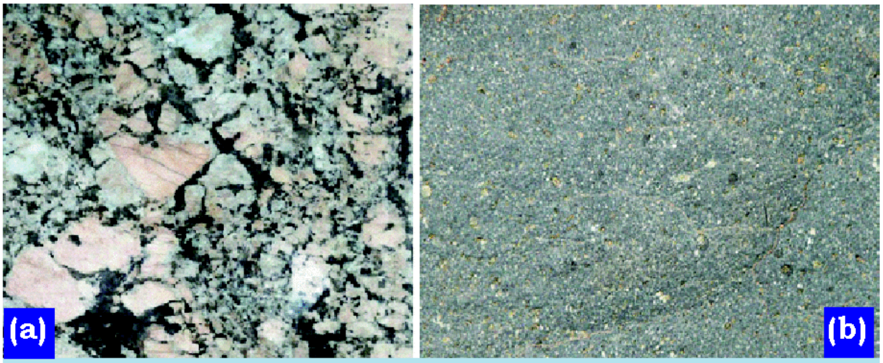
കളുള്ള (fine grained) ആഗ്നേയശിലകളിലെ ധാതുതരികളെ തിരിച്ചറിയുന്നതിന് മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെ സഹായം ആവശ്യമാണ്. വലിയതരികൾക്കും സൂക്ഷ്മതരികൾക്കും ഇടയിൽ **ഇടത്തരം വലിപ്പമുള്ള തരികളുള്ള (medium grained)** ആഗ്നേയശിലകൾ ആഴം കുറഞ്ഞ ഭൗമാന്തർഭാഗത്ത് രൂപം കൊള്ളുന്നു.

ശിലാകണങ്ങളുടെ വലിപ്പവ്യത്യാസം ആഗ്നേയശിലകൾ എങ്ങനെ, എവിടെയുണ്ടാകുന്നു എന്ന് മനസിലാക്കുന്നതിൽ നിർണായകമാണ്. വലിയ പരലുകളായി ഉറയ്ക്കുന്നതിന് മാഗ്മ സാവധാനം മാത്രം തണുക്കേണ്ടതുണ്ട്. ആയതിനാൽ വലിയതരികളുള്ള ശിലകൾ രൂപം കൊള്ളാൻ ദീർഘകാലമെടുക്കും. എന്നാൽ മാഗ്മ പെട്ടെന്ന് തണുക്കുന്നതുമൂലമാണ് കുഞ്ഞുതരികളുള്ള ശിലകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. ഉരുകിയ ശിലാദ്രവം തണുക്കുന്നതിന്റെ നിരക്ക് തണുക്കൽ നടക്കുന്ന സ്ഥാനത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിലെത്തുന്ന ലാവ താരതമ്യേന വേഗത്തിൽ തണുത്ത് വോൾക്കാനിക് ശിലകൾക്ക് രൂപം നൽകുന്നു. എന്നാൽ ആഴങ്ങളിൽ ശേഷിക്കുന്ന മാഗ്മ ആയിരക്കണക്കിന് വർഷങ്ങളിലൂടെ വളരെ സാവധാനം തണുത്ത് പ്ലൂട്ടോണിക് ശിലകളായി മാറുന്നു. ശിലകൾ രൂപം കൊള്ളുന്ന സ്ഥാനം, മാഗ്മ തണുക്കുന്നതിന്റെ നിരക്ക് എന്നിവയിലെ വ്യത്യാസമാണ് ആഗ്നേയശിലകൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന വിവിധ ടെക്സ്ച്ചറുകൾക്ക് കാരണം. ശിലാതരികളുടെ ആകൃതി നിയന്ത്രിക്കുന്നതും, മാഗ്മയുടെ തണുക്കൽ നിരക്ക് തന്നെയാണ്. തരികളുടെ വലിപ്പം, ആകൃതി എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ താഴെപറയുന്ന ടെക്സ്ചറുകൾ ആഗ്നേയശിലകളിൽ കാണുന്നു.

എ. **ഫാനറിറ്റിക് (Phaneritic) :** ഫാനറിറ്റിക് ആഗ്നേയശിലകളിലെ ഒരോ ധാതുതരിയും വെറും കണ്ണുകൾ കൊണ്ട്തന്നെ തിരിച്ചറിയാവുന്നവിധം വലിപ്പം കൂടിയവയാണ്. ഉദാ: ഗ്രാനൈറ്റ്.

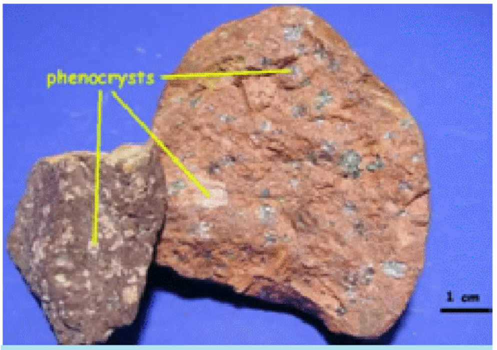
ബി. **അഫനിറ്റിക് (Aphanitic) :** ശിലയിലെ ഒരോ ധാതുതരിയും വെറും കണ്ണുകൊണ്ട് തിരിച്ചറിയാനാവാത്തവിധം ചെറുതാണെങ്കിൽ അത്തരം ടെക്സ്ച്ചറുകൾ അഫനിറ്റിക് എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഉദാ: ബസാൾട്ട്.

താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രം വിശകലനം ചെയ്യുക. *(ചിത്രം 1.4 എ & ബി).* രണ്ട് ആഗ്നേയ ശിലകളിലും അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന തരികളുടെ പ്രകൃതം താരതമ്യം ചെയ്യുക. എന്തുകൊണ്ടാണ് ഈ രണ്ട് ശിലകളും തരികളുടെ കാര്യത്തിൽ വ്യത്യാസം കാണിക്കുന്നത്?



ചിത്രം 1.4 : (എ) ഫാനറിറ്റിക് ടെക്സ്ചർ (ബി) അഫനിറ്റിക് ടെക്സ്ചർ

സി. പോർഫിറിറ്റിക് (Porphyritic) : ഈ ടെക്സ്ച്ചറിൽ ഫീനോക്രിസ്റ്റ് (Phenocryst) എന്നു വിളിക്കുന്ന കണ്ണുകൊണ്ട് കാണാവുന്നത്രയും വലിപ്പമുള്ള ഏതാനും ധാതുതരികൾ, വളരെ ചെറിയ ധാതുതരികളാൽ ചുറ്റപ്പെട്ട് കാണുന്നു. ചെറിയ ധാതു തരികൾ വെറും കണ്ണുകൊണ്ട് കാണാൻ സാധിക്കില്ല. പോർഫിറിറ്റിക് ശിലകളിൽ ചെറുതും വലുതുമായ ധാതുതരികളുടെ മിശ്രണമാണ് കാണുന്നത്.



ചിത്രം 1.5 : ഒരു ആഗ്നേയ ശിലയിലെ ഫീനോക്രിസ്റ്റുകൾ

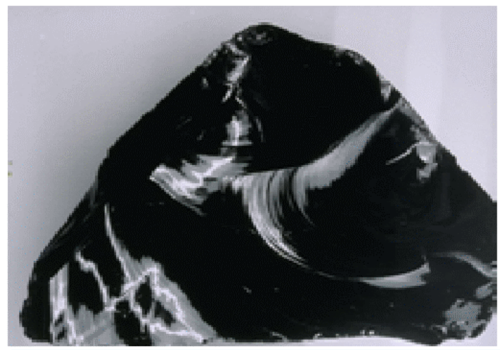
ക്രിസ്റ്റലീയത (Crystallinity)

പൂർണമായും ക്രിസ്റ്റലീയ ധാതുക്കളാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്ന ശിലകളെയാണ് ക്രിസ്റ്റലീയശിലകളെന്ന് ഉദ്ദേശിക്കുന്നത്. ശിലകളിലെ ക്രിസ്റ്റലീയത എത്രത്തോളമുണ്ട് എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ, ശിലാവൈജ്ഞാനികർ മൂന്ന്തരം ടെക്സ്ച്ചറുകൾ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. **(എ) ഹോളോക്രിസ്റ്റലൈൻ (holocrystalline)** : പൂർണ്ണമായും ക്രിസ്റ്റലീയ തരികളാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്ന ശിലകൾ. **(ബി) മീറോക്രിസ്റ്റലൈൻ/ഹൈപ്പോക്രിസ്റ്റലൈൻ (merocrystalline/hypocrystalline)** : ക്രിസ്റ്റലീയകണങ്ങളോടൊപ്പം തന്നെ ക്രിസ്റ്റലീയമല്ലാത്ത സ്ഫടിക (glassy) പദാർത്ഥങ്ങളും കാണപ്പെടുന്ന ശിലകൾ. **(സി) ഹോളോഹയലിൻ (holohyaline)** : പൂർണ്ണമായും സ്ഫടിക പദാർഥങ്ങളാൽ നിർമ്മിതമായ ശിലകൾ (ലാവയുടെ പൊടുന്നനെയുള്ള തണുക്കൽ മൂലം ഉണ്ടായിട്ടുള്ള ഒബ്സീഡിയൻ പോലുള്ള ശിലകൾ).

ഗ്ലാസ്സി ടെക്സ്ച്ചറും ഫ്രോത്തി/വെസിക്കുലാർ ടെക്സ്ച്ചറും (Glassy texture and frothy or vescicular texture)

ഗ്ലാസി ടെക്സ്ചർ : അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനസമയത്ത് ലാവ അതിവേഗം തണുത്ത് ക്രിസ്റ്റലീകരണം സാധ്യമാകാതെ വരുന്ന അവസരങ്ങളിലാണ് ഗ്ലാസ്സി ടെക്സ്ചർ ഉടലെടുക്കുന്നത്. ലാവയുണ്ടാകുന്ന നിമിഷം തന്നെ മൂലകങ്ങളും സംയുക്തങ്ങളും അതാതിടത്ത് തണുത്തുറയുന്നു. വ്യത്യസ്തങ്ങളായ ധാതുക്കൾ രൂപം കൊള്ളാത്തതിനാലാണ് ഗ്ലാസി ടെക്സ്ചർ ഉണ്ടാകുന്നത്. പൊതുവിൽ ഗ്ലാസ് ക്രിസ്റ്റലീയമല്ലാത്ത പദാർഥമാണ്. ഉദാ: ഒബ്സീഡിയൻ. *(ചിത്രം 1.6)*

ഫ്രോത്തി/സുഷിരമയ ടെക്സ്ചർ : സുഷിര സമൃദ്ധമായ ഇളം നിറത്തിലുള്ള പ്യൂമിസ് (Pumice) പോലുള്ള വോൾക്കാനിക് ശിലകൾ ഇത്തരം ടെക്സ്ചർ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു. ശിലകളിലെ ഈ സുഷിരങ്ങൾ, രൂപീകരണ സമയത്ത് അഗ്നിപർവ്വതജന്യവാതകങ്ങൾ നിറഞ്ഞു നിന്നിരുന്നതും പിന്നീട് മോചിക്കപ്പെട്ട് വായു നിറഞ്ഞിരിക്കുന്നതുമാണ്. ഭാരം കുറഞ്ഞ് ജലത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കാവുന്നതരം ശിലയാണ് പ്യൂമിസ്. കടുംനിറത്തിലുള്ള, പ്യൂമിസിന് സമാനമായ ശിലയാണ് സ്കോറിയ (Scoria).



ചിത്രം 1.6 : ഒബ്സീഡിയൻ

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. പ്ലൂട്ടോണിക് ശിലകളിൽ ഏതുതരം ടെക്സചറാണ് നിങ്ങൾ പ്രതീക്ഷിക്കുന്നത്?
2. രണ്ട് ആഗ്നേയശിലകളിൽ ഒന്ന് ഭൗമോപരിതലത്തിലുണ്ടായത്; മറ്റേത് ആഴങ്ങളിൽ രൂപം കൊണ്ടത് - പരലുകളുടെ വലിപ്പത്തിൽ എന്തു വ്യത്യാസമാണ് നിങ്ങൾ പ്രതീക്ഷിക്കുന്നത്?
3. ഡൈക്കുകളും സില്ലുകളും തമ്മിലുള്ള അടിസ്ഥാന വ്യത്യാസം എന്താണ്?

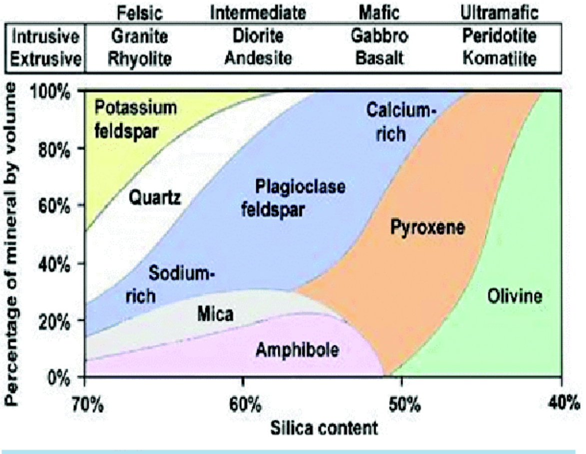
1.2.3 രാസഘടന അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള വർഗ്ഗീകരണം (Classification based on composition)

രാസഘടനയെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി (അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മൂലകങ്ങൾ, സംയുക്തങ്ങൾ) ആഗ്നേയശിലകളെ നാലു വിഭാഗങ്ങളാക്കി തരംതിരിക്കാം.

ഭൗമോപരിതലത്തിലോ അതിനടുത്തായോ കാണപ്പെടുന്ന ആഗ്നേയശിലകൾ രൂപീകൃതമാവുന്നത് സിലിക്കേറ്റ് മാഗ്മയുടെ ക്രിസ്റ്റലീകരണം മൂലമാണ്. സിലിക്കൺ, ഓക്സിജൻ എന്നീ രണ്ട് മൂലകങ്ങൾ ചേർന്നാണ് സിലിക്ക (Silica - SiO_2) രൂപം കൊള്ളുന്നത്. മാഗ്മയിൽ ഈ മൂലകങ്ങൾ താരതമ്യേന വർധിച്ച അളവിൽ ഉള്ളതാണ് ഇതിന് കാരണം. വൻകരാ ഭൂവൽക്കത്തിൽ 60% സിലിക്കയും സമുദ്ര ഭൂവൽക്കത്തിൽ ഏതാണ്ട് 47% സിലിക്കയും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ആഗ്നേയ ശിലകളിലെ രാസഘടനയിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങളും അതനുസരിച്ചുള്ള അവയുടെ വർഗ്ഗീകരണവും നമുക്ക് പഠിക്കാം.

താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രം വിശകലനം ചെയ്ത് *(ചിത്രം 1.7)* ധാതുഘടകങ്ങളുടെ ചേരുവ (composition) അടിസ്ഥാനമാക്കി ആഗ്നേയശിലകളെ വർഗീകരിക്കാൻ ശ്രമിക്കുക. *(ചിത്രം 1.7)*

1) **ഫെൽസിക് ആഗ്നേയശിലകൾ (Felsic igneous rocks)**: ഫെൽഡ്സ്പാർ എന്നതിലെ 'ഫെൽ', സിലിക്കൺ എന്നതിലെ 'സിക്ക്' എന്നീ വാക്കുകൾ ചേർന്നാണ് ഫെൽസിക് എന്ന പദമുണ്ടായത്. ഫെൽസിക് ശിലകൾ സിലിക്കൺ, ഓക്സിജൻ എന്നിവയാൽ സമ്പന്നമാണ്. താഴ്ന്ന ദ്രവണാങ്കവും (ഉരുകുന്ന നില) ഇളം നിറവുമുള്ള ഈ ശിലകളിൽ ഇളം നിറമുള്ള ധാതുക്കളായ ക്വാർട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ എന്നിവ ധാരാളമായി അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റ്, റയോലൈറ്റ്, എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ആഗ്നേയശിലകളിൽ, സിലിക്ക ($Si O_2$) 63 ശതമാനത്തിലധികമായുണ്ടെങ്കിൽ അത്തരം ശിലകളെ അസിഡിക് എന്ന പദം കൊണ്ടും ശിലാവിജ്ഞാനീയത്തിൽ വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു.



ചിത്രം 1.7 : രാസഘടന അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള ആഗ്നേയ ശിലകളുടെ വർഗ്ഗീകരണം.

2) **ഇന്റർമീഡിയേറ്റ് ആഗ്നേയശിലകൾ (Intermediate igneous rocks):** ഇളം നിറമുള്ള ധാതുക്കളും കടുംനിറമുള്ള ധാതുക്കളും ഏതാണ്ട് തുല്യ അളവിലുള്ള മധ്യമ രാസഘടനയാണ് ഇവയ്ക്കുള്ളത്. ഇന്റർമീഡിയേറ്റ് ശിലകളിൽ സിലിക്കാ ശതമാനം 52 മുതൽ 63 വരെയാണ്. ഉദാ: ഡയൊറൈറ്റ്, ആൻഡിസൈറ്റ്.

3) **മാഫിക് ആഗ്നേയശിലകൾ (Mafic igneous rocks):** (മഗ്നീഷ്യം – മാ ; ഫെറം/ഇരുമ്പ്-ഫെറിക്) മാഫിക് ശിലകളിൽ സിലിക്കാംശം കുറവും മഗ്നീഷ്യം, ഇരുമ്പ് എന്നിവ കൂടുതലുമാണ്. ഉയർന്ന ദ്രവണാങ്കമുള്ള (ഉരുകുന്ന നില) ഇവയ്ക്ക് ഫെൽസിക് ശിലകളെ അപേക്ഷിച്ച് കടുംനിറവും ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയുമുണ്ട്. കടുംനിറമുള്ള ധാതുക്കളായ ഒലിവിൻ, പൈറോക്സീൻ, ആംഫീബോൾ എന്നിവ ഇവയിൽ അടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്. ഗാബ്രൊ, ബസാൾട്ട് എന്നിവ ഈ വിഭാഗത്തിൽപെടുന്ന ശിലകളാണ്. സിലിക്കാശതമാനം 45 മുതൽ 52 വരെയുള്ള ഈ ശിലകളെ ബേസിക് ശിലകൾ എന്നും വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു.

4) **അൾട്രാമാഫിക്/അൾട്രാബേസിക് ആഗ്നേയശിലകൾ (Ultramafic/ ultrabasic igneous rocks):** ഇരുമ്പ്, മഗ്നീഷ്യം ധാതുക്കളാൽ സമ്പന്നമായ ഇവയിൽ പ്രധാനമായും ഒലിവിൻ, പൈറോക്സിൻ എന്നീ ധാതുക്കളാണ് അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്. ഡ്യൂണൈറ്റ്, പെരിഡോറ്റൈറ്റ് എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. അൾട്രാമാഫിക് ശിലകളിലെ സിലിക്കാ ശതമാനം 45ലും കുറവാണ്. ഇവയ്ക്ക് സമാനമായ ബാഹ്യജാത ശിലകളില്ല.

ആഗ്നേയശിലകളെ രാസഘടനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലും ടെക്സ്ചറിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലും വർഗീകരിക്കാമെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചു കഴിഞ്ഞു. ടെക്സ്ചറിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ആഗ്നേയശിലകളെ പ്ലൂട്ടോണിക്, വോൾക്കാനിക് എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായി വിഭജിക്കാം. രാസഘടനാടിസ്ഥാനത്തിൽ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുള്ള രണ്ട് അടിസ്ഥാന ഗ്രൂപ്പുകൾ ഫെൽസിക്, മാഫിക് എന്നിവയാണ്. തന്നിരിക്കുന്ന പട്ടിക (1.1) വിശകലനം ചെയ്ത് രണ്ട് തരത്തിലുള്ള വർഗീകരണങ്ങളെ താരതമ്യം നടത്തി നിങ്ങളുടെ കണ്ടെത്തലുകൾ ക്ലാസിൽ അവതരിപ്പിക്കുക.

പട്ടിക 1.1 : ചില ഫെൽസിക്, മാഫിക് ആഗ്നേയശിലകളുടെ ടെക്സ്ചർ, രാസഘടന എന്നിവയുടെ താരതമ്യം

ടെക്സ്ചർ	ഫെൽസിക്	മാഫിക്
അന്തർജാതം - വലിയ തരികൾ	ഗ്രാനൈറ്റ്	ഗാബ്രൊ
ബാഹ്യജാതം - ചെറിയ തരികൾ	റയോലൈറ്റ്	ബസാൾട്ട്
ബാഹ്യജാതം - സുഷിരമയ ടെക്സ്ചർ	പ്യൂമിസ്	സ്കോറിയ
ബാഹ്യജാതം - ഗ്ലാസി ടെക്സ്ചർ	ഒബ്സീഡിയൻ	

ഗ്രാനൈറ്റ് വലിയതരികളോട് കൂടിയ (ഫാനറിറ്റിക്) അന്തർജാത ആഗ്നേയശിലയാണെന്നും, റയോലൈറ്റ് താരതമ്യേന വേഗത്തിൽ തണുത്തുറഞ്ഞുണ്ടാകുന്ന ചെറിയ തരികളോട് കൂടിയ (അഫനിറ്റിക്) ഫെൽസിക് ബാഹ്യജാത ആഗ്നേയശിലയാണെന്നും നമുക്ക് ചുരുക്കി പറയാം. മാത്രമല്ല ഗാബ്രൊ, ഒരു അന്തർജാത ഫാനറിറ്റിക് ശിലയാകുമ്പോൾ, ബസാൾട്ട്, ലാവ വേഗത്തിൽ

തണുത്തുറഞ്ഞ് രൂപം കൊള്ളുന്ന സൂക്ഷ്മതരികളുള്ള (അഫനിറ്റിക്) മാഫിക് രാസഘടനയോടു കൂടിയ ആഗ്നേയശിലയാണ്.

1.2.4 മാഗ്മയുടെ ക്രിസ്റ്റലീകരണം (Crystallization of magma)

ആഗ്നേയശിലകളെ രൂപപ്പെടുത്തുന്ന ധാതുക്കൾ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നത് വ്യത്യസ്ത താപനിലകളിലാണ്. വളരെ ഉയർന്ന താപനിലയിൽ മാഗ്മ ദ്രവാവസ്ഥയിലാണ്. താപനില കുറയുന്നതിനനുസരിച്ച് പരലുകൾ/ക്രിസ്റ്റലുകൾ രൂപപ്പെടാൻ തുടങ്ങുന്നു. മാഗ്മ തണുക്കുമ്പോൾ, ചില പ്രത്യേക ധാതുക്കൾ നിശ്ചിത താപനിലയിൽ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

ചില ധാതുക്കൾ ഉയർന്ന താപനിലയിൽ മറ്റു ധാതുക്കൾക്കു മുമ്പേ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നു. മാഗ്മയുടെ ക്രിസ്റ്റലീകരണ സമയത്ത് നടക്കുന്ന പ്രധാന പ്രക്രിയ **അംശിക ക്രിസ്റ്റലീകരണമാണ് (fractional crystallisation)**. താപനില താഴുന്നതിനനുസരിച്ച് തണുത്തുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന മാഗ്മയിൽ നിന്നും ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്ന നിശ്ചിത ധാതുക്കൾ അവശേഷിക്കുന്ന ദ്രാവകത്തിൽ നിന്നും വേർപ്പെട്ട് കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് അംശിക ക്രിസ്റ്റലീകരണമെന്നറിയപ്പെടുന്നത്.

ആദ്യമാദ്യം ക്രിസ്റ്റലീകരീക്കപ്പെടുന്ന ധാതുക്കളുടെ ഘനത്വം മാഗ്മയെക്കാൾ കൂടുതലാവാനിടയുണ്ട്. അതുകൊണ്ട് അവ മാഗ്മചേമ്പറിന്റെ കീഴ്ഭാഗത്തേക്ക് താഴുകയും അവശേഷിക്കുന്ന മാഗ്മയിൽ നിന്നും വേറിടുകയും ചെയ്യുന്നു. ധാതുക്കൾ ഇപ്രകാരം വേറിടുന്നതു മൂലം അവശേഷിക്കുന്ന മാഗ്മയുടെ രാസഘടന മാതൃമാഗ്മയുടെ രാസഘടനയിൽ നിന്നും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കും.

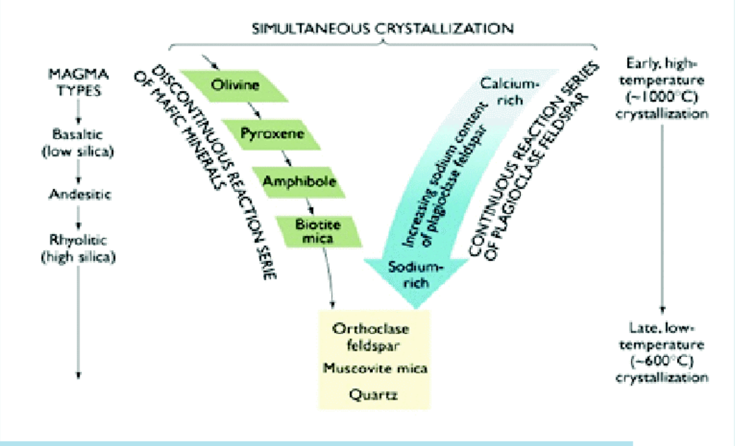
ഇത്തരത്തിൽ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെട്ട ധാതുക്കൾ വിവിധ പ്രക്രിയകളിലൂടെ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ക്രിസ്റ്റലുകൾ ദ്രാവകത്തേക്കാൾ സാന്ദ്രത കൂടുതലുള്ളവയാണെങ്കിൽ അവ താഴുന്നു; സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞതാണെങ്കിൽ അവ ദ്രാവകത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്നു. മാഗ്മ തണുക്കാനാരംഭിക്കുമ്പോൾ ആദ്യം ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നത് മാഫിക് ധാതുക്കളാണ്. ഇത്തരം ധാതുക്കൾക്ക് സാന്ദ്രത കൂടുതലാണെങ്കിൽ, അവ മാഗ്മയിൽ നിന്നും മറ്റു ധാതുക്കൾക്കുമുമ്പെ വേർപ്പെടുന്നു. അത്തരത്തിൽ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെട്ട ധാതുക്കൾ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുകവഴി, അവശേഷിക്കുന്ന മാഗ്മയുടെ രാസഘടനക്ക് മാറ്റം വരുന്നു.

തണുത്തുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന മാഗ്മയുടെ വിവിധ താപനിലകളിൽ സ്വാഭാവികമായി വിവിധ ധാതുക്കൾ ക്രസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നുവെന്ന് മനസിലായല്ലോ. ഇങ്ങനെ വ്യത്യസ്തഘട്ടങ്ങളിലായി ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്ന ധാതുക്കൾ കൂടിച്ചേർന്ന് വ്യത്യസ്ത രാസഘടനയോടുകൂടിയ ആഗ്നേയശിലകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഒരു നിശ്ചിത രാസഘടനയോടുകൂടിയ മാതൃമാഗ്മയിൽ നിന്ന് തന്നെ വ്യത്യസ്ത രാസഘടനകളുള്ള വിവിധ ശിലകൾ ഇപ്രകാരം രൂപംകൊള്ളും. ഭൂമിയിലുള്ള ആഗ്നേയശിലകളുടെ വൈവിധ്യത്തിന് ഇത് ഒരു പ്രധാന കാരണമാണ്.

ബവൻ ക്രിസ്റ്റലൈസേഷൻ റിയാക്ഷൻ സീരിസ് (Bowen's crystallization reaction series)

1900 ങ്ങളുടെ തുടക്കത്തിൽ കനേഡിയൻ ധാതുവൈജ്ഞാനികനായ എൻ.എൽ.ബവന്റെ പരീക്ഷണങ്ങൾ ആഗ്നേയശിലകളുടെ രൂപീകരണത്തെ സംബന്ധിച്ച് കൂടുതൽ വ്യക്തമായ ധാരണ നൽകുകയുണ്ടായി. ധാതുക്കളുടെ ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിന് നിശ്ചിതമായ ഒരു ക്രമമുണ്ടെന്ന് അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി. ഇത് ബവൻസ് റീയാക്ഷൻ സീരിസ് എന്നറിയപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 1.8). മാഗ്മ തണുക്കുമ്പോൾ അതിൽ നിന്നും ധാതുക്കൾ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നതിനെ സംബന്ധിക്കുന്ന ഒരു സിദ്ധാന്തമാണ് ബവന്റെ റീയാക്ഷൻ സീരിസ്. സാധാരണ ആഗ്നേയശിലകളുണ്ടാക്കുന്ന 8 ശിലാ ധാതുക്കളെ (ഒലിവീൻ, പൈറോക്സിൻ, ആംഫീബോൾ, ഓർത്തോക്ലെയ്സ്, പ്ലാജിയോക്ലെയ്സ്, മസ്ക്കോവൈറ്റ്, ബയോടൈറ്റ്, ക്വാർട്സ്) അവയുടെ ദ്രവണാങ്കത്തിന്റെ അവരോഹണക്രമത്തിൽ ബവൻസ് റിയാക്ഷൻ സീരീസിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു, ദ്രവണാങ്കം കൂടിയത് മുകളിലും കുറഞ്ഞത് താഴെയുമെന്നക്രമത്തിൽ. തണുത്തുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന മാഗ്മയിൽ നിന്നും ആദ്യം ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്ന ധാതു, ദ്രവണാങ്കം ഏറ്റവും കൂടുതലുള്ളതായിരിക്കും.

തുടക്കത്തിൽ ഒന്നോ, രണ്ടോ ധാതുക്കളുടെ പരലുകൾ വളരാൻ തുടങ്ങുന്നു. ഇങ്ങനെ ആദ്യമാദ്യം രൂപംകൊള്ളുന്ന ധാതുപരലുകൾ അവശിഷ്ടമാഗ്മയുമായി രാസപ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെട്ട് വ്യത്യസ്ത ധാതുക്കളുടെ രൂപീകരണത്തിനു കാരണമാകുന്നു. താഴെകാണിച്ച ചിത്രത്തിൽ നിന്നും ഒലിവിൻ ആദ്യം രൂപംകൊള്ളുന്നു എന്നും തുടർന്ന് പൈറോക്സിൻ, ആംഫിബോൾ, ബയോടൈറ്റ് എന്നിവ ഉണ്ടാകുന്നു എന്നും കാണാവുന്നതാണ്. *(ചിത്രം 1.8).*



ചിത്രം 1.8 : ബവൻസ് റിയാക്ഷൻ സീരീസ് കാണിക്കുന്ന ചിത്രീകരണം

ക്രിയാശീലശ്രേണി പരിശോധിച്ചാൽ, മാഗ്മയുടെ ശീതീകരണം പുരോഗമനാത്മകമാണെന്നും ചിലധാതുക്കൾ ആദ്യം തന്നെ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെട്ട് ഖരീഭവിക്കുന്നു എന്നും മറ്റുള്ളവ കുറഞ്ഞതാപനിലയിൽ ഖരീഭവിക്കപ്പെടുന്നു എന്നും കാണാവുന്നതാണ്. ബവന്റെ ക്രിസ്റ്റലൈസേഷൻ റിയാക്ഷൻ സീരിസിൽ രണ്ട് ശ്രേണികൾ കാണാവുന്നതാണ് - ഇടതുഭാഗത്ത് തുടർച്ചയില്ലാത്ത ശ്രേണിയും വലതുഭാഗത്ത് തുടർച്ചയായുള്ള ശ്രേണിയും. മാഗ്മയുടെ താപനില

കുറയുന്നതിനനുസരിച്ച്, ധാതുക്കൾ നിശ്ചിത ക്രമത്തിൽ ഒലിവിൻ - പൈറോക്സിൻ - ആംഫീബോൾ - മൈക്ക എന്നീ ക്രമത്തിൽ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെടുന്നു. പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് ഫെൽഡ്സ്പാറുകൾ കാൽസ്യം സമ്പുഷ്ടമായതിൽ നിന്ന് തുടങ്ങി സോഡിയം സമ്പുഷ്ട മായതിലേയ്ക്കെന്ന ക്രമത്തിലാണ് രൂപം കൊള്ളുന്നത്. ഈ പ്രക്രിയയിൽ മാഗ്മയുടെ രാസ ഘടന അൾട്രാമാഫിക്കിൽ നിന്നും അസിഡിക് വിഭാഗത്തിലേയ്ക്ക് മാറുകയും ചെയ്യുന്നു.

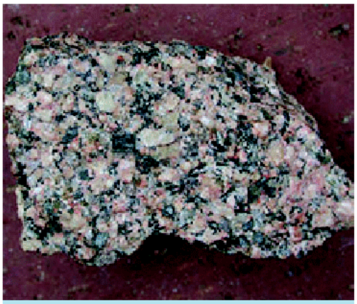
പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. 50% പൈറോക്സിൻ, 50% ഒലിവിൻ എന്നീ ധാതുക്കൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വലിയ തരികളോടുകൂടിയ ഒരു ആഗ്നേയശിലയെ ഏത് വിഭാഗമായി തിരിക്കാം?
2. ഗ്രാനറ്റിക് രാസഘടനയുള്ള മാഗ്മ ഭൗമോപരിതലത്തിലേയ്ക്ക് പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. തൽഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്ന ബാഹ്യജാതശില ഏതായിരിക്കും?

1.2.5 സാധാരണ കണ്ടുവരുന്ന ആഗ്നേയശിലകൾ (Common igneous rocks)

ഫെൽസിക് ആഗ്നേയശിലകൾ (Felsic igneous rocks)

ഗ്രാനൈറ്റ് (Granite) : ഗ്രാനൈറ്റ് താരതമ്യേന ഇളം നിറമുള്ളതും ഹോളോ ക്രിസ്റ്റലീയമായതും വലിയ തരികളോടുകൂടിയതുമായ ഫാനററ്റിക് പ്ലൂട്ടോണിക് ശിലയാണ് (ചിത്രം 1.9). ചില ഗ്രാനൈറ്റ് ശിലകൾ പോർഫിറിറ്റിക് ടെക്സ്ചർ കാണിക്കുന്നു. അവയെ പോർഫിറിറ്റിക് ഗ്രാനൈറ്റ് എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റിൽ പ്രധാനമായും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത് ക്വാർട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ എന്നീ ധാതുക്കളാണ്. ക്വാർട്സിനോടൊപ്പം ഓർത്തോക്ലേയ്സ് (പൊട്ടാഷ് ഫെൽഡ്സ്പാർ), സോഡിയം പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് എന്നിവയാണ് ഈ ശിലയുടെ സിംഹഭാഗവും. കടും നിറമുള്ള ആംഫിബോൾ, ബയോടൈറ്റ് ധാതുക്കൾ ചെറിയ അളവിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റ് കടുപ്പമേറിയതും ദൃഢതയുള്ളതുമായ ശിലയായതിനാൽ നിർമാണ ആവശ്യങ്ങൾക്കായി ധാരാളമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. *(ചിത്രം 1.9 ഗ്രാനൈറ്റ്)*



ചിത്രം 1.9 : ഗ്രാനൈറ്റ്

റയോലൈറ്റ് (Rhyolite): ഇളംനിറമുള്ള വോൾക്കാനിക് ശിലയാണ് റയോലൈറ്റ്. ഗ്രാനൈറ്റിന്റെ അതേ രാസഘടനയുള്ളതും എന്നാൽ തികച്ചും വ്യത്യസ്തമായ ടെക്സ്ചർ കാണിക്കുന്നതുമായ ശിലയാണിത്. പൊതുവെ റയോലൈറ്റ് ചെറിയ ശിലാതരികളോടുകൂടിയ ഗ്ലാസ്സി ടെക്സ്ചർ മുതൽ പോർഫിറിറ്റിക് ടെക്സ്ചർ വരെ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ശിലയാണ്. ചിലപ്പോൾ ധാതുക്കളുടെ ക്രിസ്റ്റ

ലീകരണം അസാധ്യമാക്കും വിധം മാഗ്മ അതിവേഗം തണുക്കാറുണ്ട്. തൽഫല മായി ഉണ്ടാകുന്ന വോൾക്കാനിക് ശിലയാണ് ഒബ്സീഡിയൻ.

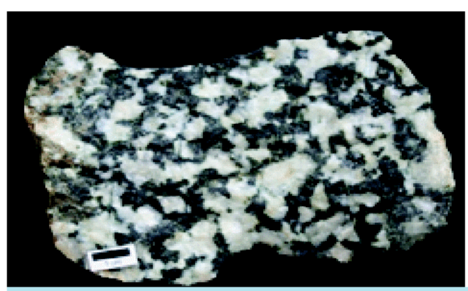
3. **പെഗ്മറ്റൈറ്റ് (Pegmatite):** വളരെ വലിയ തരികളോടുകൂടിയ ആഗ്നേയ ശിലകളാണ് പെഗ്മറ്റൈറ്റ് *(ചിത്രം 1.10)*. മാഗ്മയുടെ ക്രിസ്റ്റലീയ പ്രക്രിയയുടെ അവസാന ഘട്ടങ്ങളിലാണ് ഇവ രൂപം കൊള്ളുന്നത്. മാഗ്മ വളരെ പതുക്കെ മാത്രം തണുക്കുന്നതും മാഗ്മയുടെ കുറഞ്ഞ ശ്യാനത (വിസ്കോസിറ്റി) യുമാണ് പെഗ്മറ്റൈറ്റിലെ തരികളുടെ അസാധാരണ വലിപ്പത്തിനു കാരണമായി പറയപ്പെടുന്നത്.

ചിത്രം 1.10 : പെഗ്മറ്റൈറ്റ്

ഏറിയകൂറും അസാധാരണമാംവിധം വലിയ ക്രിസ്റ്റലുകളും ചിലപ്പോൾ മറ്റു ശിലകളിൽ അപൂർവ്വമായി മാത്രം കാണുന്ന ചില ധാതുക്കളും അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ശിലകളാണ് പെഗ്മറ്റൈറ്റ്. മിക്ക പെഗ്മറ്റൈറ്റ് ശിലകളുടെയും രാസഘടനയിൽ ഗ്രാനൈറ്റിലുള്ളതുപോലെ ധാരാളം ക്വാർട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ, മൈക്ക തുടങ്ങിയ ധാതുക്കൾ അടങ്ങിയിരിക്കും. ഗാബ്രോ, ഡയോറൈറ്റ് തുടങ്ങിയ പ്ലൂട്ടോണിക് ശിലകൾക്കുള്ള അതേ ധാതുഘടനയോടു കൂടിയ പെഗ്മറ്റൈറ്റും കാണപ്പെടാവുന്നതാണ്.

ഇന്റർമീഡിയറ്റ് ആഗ്നേയശിലകൾ (Intermediate igneous rocks)

ഡയോറൈറ്റ് (Diorite) : ചാര (ഇരുണ്ട ചാര) നിറമുള്ളതും വലുതു മുതൽ ചെറുതുവരെയുള്ള ശിലാതരികളോടുകൂടിയതുമായ ഇന്റർമീഡിയറ്റ് അന്തർജാത ശിലകളാണ് ഡയോറൈറ്റ്. പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് ഫെൽഡ്സ്പാർ, ബയോടൈറ്റ്, ഹോൺബ്ലെൻഡ്, പൈറോക്സിൻ എന്നിവയാണ് പ്രധാന ധാതുക്കൾ. ക്വാർട്സ്, പൊട്ടാസ്യം ഫെൽഡ്സ്പാർ എന്നിവ ഇതിൽ വളരെകുറവാണ് *(ചിത്രം 1.11)*. ഡയോറൈറ്റ് ശിലയിലും കടുംനിറമുള്ള ധാതുക്കൾ (ഹോൺബ്ലെൻഡ്, ബയോടൈറ്റ്) പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് ഫെൽഡ്സ്പാറിനെപ്പോലെ ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 1.11 : ഡയോറൈറ്റ്

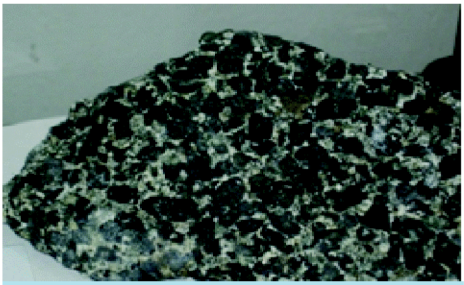
ആൻഡിസൈറ്റ് (Andesite): ഇരുണ്ടതോ കറുത്തതോ ആയ സൂക്ഷ്മ തരികളോട്കൂടിയ അഫനിറ്റിക് മുതൽ പോർഫിറിറ്റിക് വരെയുള്ള ടെക്സ്ചർ സ്വഭാവം കാണിക്കുന്ന ബാഹ്യജാത വോൾക്കാനിക് ശിലയാണ് ആൻഡിസൈറ്റ് *(ചിത്രം 1.12)*. ഇതിൽ ക്വാർട്സ് തീരെ ഇല്ലെന്നുതന്നെ പറയാം. ഫെൽഡ്സ്പാർ മുഖ്യ

മായും ഇന്റർമീഡിയറ്റ് വിഭാഗത്തിലുള്ള പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് ആണ്. ഇതിൽ കാണുന്ന കടുംനിറമുള്ള ധാതുക്കൾ മുഖ്യമായും ഓഗൈറ്റ്, ഹോൺബ്ലെൻഡ്, ബയോടൈറ്റ് എന്നിവയാണ്. ചില ആൻഡിസൈറ്റ് ശിലകളിൽ ആൽക്കലി ഫെൽഡ്സ്പർ ചെറിയ അളവിൽ കാണുന്നു. ആൻഡിസൈറ്റ്, പ്ലൂട്ടോണിക് വിഭാഗത്തിലെ ഏറെക്കുറെ ഡയോറൈറ്റിന്റെ രാസഘടനയോട് ഏറേക്കുറെ സമാനത പുലർത്തുന്നു.

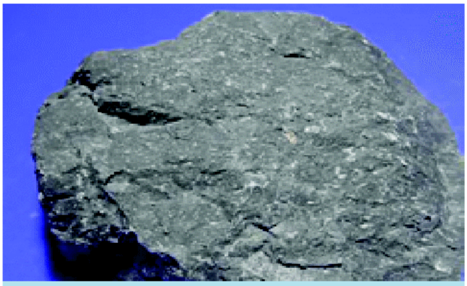
ചിത്രം 1.12 : ആൻഡിസൈറ്റ്

മാഫിക് ആഗ്നേയശിലകൾ (Mafic igneous rocks)

ഗാബ്രോ (Gabbro): സമ്പൂർണക്രിസ്റ്റലീയവും (ഹോളോക്രിസ്റ്റലൈൻ) വലിയ തരികളോടുകൂടിയതുമായ (ഫാനറിറ്റിക്) മാഫിക് അന്തർജാത ശിലയാണ് ഗാബ്രോ. ബസാൾട്ട് ശിലകൾക്ക് സമാനമാണ് ഇവയുടെ രാസഘടന *(ചിത്രം 1.13)*. പലപ്പോഴും ഇവയ്ക്ക് പച്ചകലർന്ന ഇരുണ്ട നിറമാണ്. പ്ലൂട്ടോണിക് വിഭാഗത്തിൽ പെട്ടതും വലിയതരികളുള്ളതുമായ ഗാബ്രോ ശിലയിൽ പൈറോക്സിൻ, കാൽസ്യം സമ്പന്ന പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് എന്നീ ധാതുക്കളാണുള്ളത്. ചില ഗാബ്രോ ശിലകളിൽ ഒലിവിൻ എന്ന ധാതുവും കണ്ടുവരുന്നു. ചിലതിൽ ഹോൺബ്ലെൻഡ് ചെറിയ അളവിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റ്, ഡയോറൈറ്റ് എന്നിവയിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി ഗാബ്രോ ശിലകളിൽ ഫെറോമഗ്നീഷ്യൻ (ഇരുമ്പ്, മഗ്നീഷ്യം) ധാതുക്കൾ ഫെൽഡ്സ്പാറിനെ അപേക്ഷിച്ച് കൂടിയ അളവിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

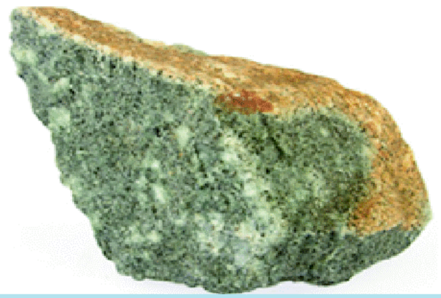

ചിത്രം 1.13 : ഗാബ്രോ

ബസാൾട്ട് (Basalt): ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്ന വോൾക്കാനിക് ശിലയാണ് ബസാൾട്ട്. അപക്ഷയത്തിന് ഒട്ടും വിധേയമാകാത്ത അവസ്ഥയിൽ ബസാൾട്ട് കൽക്കരിയുടെ കറുപ്പുനിറമോ ഇരുണ്ട ചാര നിറമോ ഉള്ളതും സൂക്ഷ്മതരികളടങ്ങിയതുമായ അഫനിറ്റിക് ബാഹ്യജാതശിലയാണ്. അവയിൽ പലപ്പോഴും പോർഫിറിറ്റിക് ടെക്സ്ചർ കാണുന്നു *(ചിത്രം 1.14)*. പൈറോക്സിൻ, കാൽസ്യം സമ്പന്ന പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ്


ചിത്രം 1.14 : ബസാൾട്ട്

എന്നിവയാണ് രണ്ട് പ്രധാന ധാതുഘടകങ്ങൾ. ഇവയിൽ തന്നെ പല ഇനങ്ങളിലും ഒലിവിനും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. സുഷിരങ്ങൾ നിറഞ്ഞ ടെക്സ്ചർ അഥവാ വെസിക്കുലർ ടെക്സ്ചർ ഉള്ള ബസാൾട്ട് ശിലയെ സ്കോറിയ എന്നുവിളിക്കുന്നു. ലാവ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ വച്ച് തണുത്ത് ഖരരൂപമാകുമ്പോൾ അതിലടങ്ങിയിട്ടുള്ള വാതകങ്ങൾ ലാവയിൽ നിന്നും സ്വതന്ത്രമാകുന്നു. അതുവഴിയാണ് ധാരാളം സുഷിരങ്ങൾ സ്കോറിയയിൽ ഉണ്ടാവുന്നത്.

ഡോളിറൈറ്റ് (Dolerite): ഇടത്തരം തരികളടങ്ങിയ അന്തർജാതശിലകളാണ് ഡോളിറൈറ്റ് *(ചിത്രം 1.15)*. ഇത് ഹൈപ്പബിസൽ വിഭാഗത്തിൽപെട്ടതും രാസഘടനയിൽ ബസാൾട്ടിന് സമാനവുമായ ശിലയാണ്. അതുകൊണ്ട് തന്നെ പൈറോക്സിൻ, പ്ലാജിയോക്ലേയ്സ് എന്നീ ധാതുക്കളാൽ സമ്പന്നമായ ബേസിക് ശിലയാണിത്. സില്ലിന്റേയും ഡൈക്കിന്റേയും രൂപത്തിലാണ് ഇവ സാധാരണയായി കണ്ടുവരുന്നത്. വെറുംകണ്ണുകൊണ്ട് കാണാൻ പ്രയാസമാണെങ്കിൽ ഒരു ഹാൻഡ് ലെൻസിന്റെ സഹായത്തോടെ അതിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതുഘടകങ്ങളെ എളുപ്പത്തിൽ തിരിച്ചറിയാവുന്നതാണ്. പ്ലാജിയോക്ലേയ്സും ഒലിവിനും അപൂർവമായി ക്വാർട്സും ഫീനോക്രിസ്റ്റുകളായുള്ള പോർഫിറിറ്റിക് ശിലകളായാണ് ഡോളിറൈറ്റ് പൊതുവെ കാണപ്പെടുന്നത്.



ചിത്രം 1.15 : ഡോളിറൈറ്റ്

അൾട്രാമാഫിക് ആഗ്നേയശിലകൾ (Ultramafic Igneous Rocks)

ഡ്യൂണൈറ്റ് (Dunite): ഇളം മഞ്ഞ കലർന്ന പച്ചനിറമുള്ള ശിലകളാണ് ഡ്യൂണൈറ്റ്. ഏതാണ്ട് മുഴുവനായും വലിയതരികളുള്ള ഒലിവിൻ ധാതുവിനാൽ നിർമ്മിതമായ ഫാനറിറ്റിക് പ്ലൂട്ടോണിക് ശിലയാണ് ഡ്യൂണൈറ്റ് *(ചിത്രം 1.16)*. ഈ ശിലയിൽ 90 ശതമാനത്തിലധികവും ഒലിവിൻ ധാതുവാണുള്ളത്. കൂടാതെ പൈറോക്സിൻ, ക്രോമൈറ്റ് മുതലായ ധാതുക്കൾ ചെറിയ തോതിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

ചിത്രം 1.16 : ഡ്യൂണൈറ്റ്

ബസാൾട്ട്, ഗ്രാനൈറ്റ് എന്നിവയാണ് സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന രണ്ട് ആഗ്നേയശിലകളെന്നത് വളരെ വ്യക്തമാണ്. ഈ രണ്ട് ശിലകളും ടെക്സ്ചറിലും

ധാതുഘടനയിലും പ്രകടമായ വ്യത്യാസങ്ങൾ കാണിക്കുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റിന്റെയും ബസാൾട്ടിന്റെയും സവിശേഷതകൾ ചേർത്തുകൊണ്ട് ചുവടെയുള്ള പട്ടിക പൂർത്തീകരിക്കുക.

ഗ്രാനൈറ്റും ബസാൾട്ടും താരതമ്യം		
	ബസാൾട്ട്	ഗ്രാനൈറ്റ്
ടെക്സ്ചർ	ചെറിയതരികൾ	
പ്രധാന ധാതുക്കൾ		ക്വാർട്സ് ഫെൽഡ്സ്പാർ
കുറഞ്ഞ അളവിൽ കാണുന്ന ധാതുക്കൾ		
രൂപംകൊള്ളുന്ന സ്ഥലം		

ആഗ്നേയശിലകൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന വ്യത്യസ്തതരം ടെക്സ്ചറുകൾ നിങ്ങൾ പഠിച്ചു കഴിഞ്ഞു. സമാന ടെക്സ്ചർ സ്വഭാവം പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ശില കളിൽ വ്യത്യസ്ത ധാതുസഞ്ചയങ്ങളാണ് അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്. ജിയോളജി ലാബിൽ ലഭ്യമായ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന ആഗ്നേയശിലകളുടെ സാമ്പി ളുകൾ നിങ്ങൾക്കു തന്നിരിക്കും. ഇതുവരെ പഠിച്ച ടെക്സ്ചർ, ധാതുസഞ്ചയം എന്നിവ നിരീക്ഷിച്ച് പ്രസ്തുത ശിലാസാമ്പിളുകൾ തിരിച്ചറിയുക. പാഠപുസ്ത കത്തിന്റെ അവസാനം അനുബന്ധം II ൽ പട്ടിക 1 നിങ്ങൾക്ക് പ്രയോജനപ്പെടു ത്താവുന്നതാണ്.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ഗ്രാനൈറ്റ്, ഗാബ്രോ എന്നീ ശിലകളെ താരതമ്യം ചെയ്ത് സമാനതകളും വ്യത്യാസങ്ങളും എഴുതുക.
2. ഗ്രാനൈറ്റിന് തത്തുല്യമായ വോൾക്കാനിക് ശില ഏതാണ്?
3. ഗാബ്രോയിലുള്ളതിനേക്കാൾ കൂടുതലായി സിലിക്ക അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന രണ്ട് അന്തർജാത ആഗ്നേയശിലകളുടെ പേരെഴുതുക.

1.3 അവസാദശിലകൾ (Sedimentary rocks)

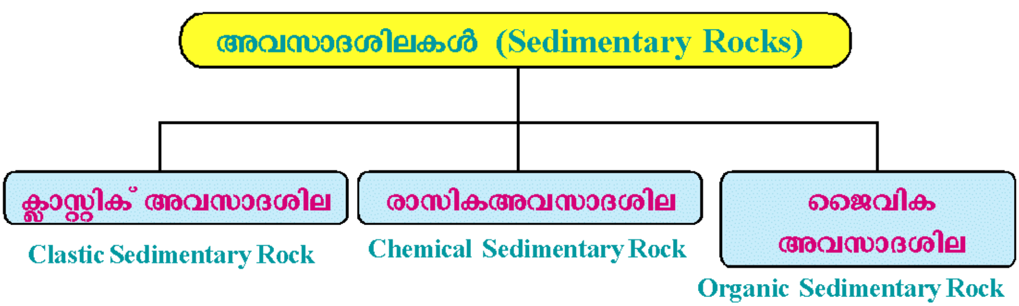
ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ അധികഭാഗവും, സമുദ്രതടമുൾപ്പെടെ, അവസാദ ങ്ങൾകൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടതാണ്. ഭൂവൽക്കത്തിൽ 7 ശതമാനംമാത്രമാണ് അവസാദശിലകൾ ഉള്ളത്. എന്നാൽ ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ 70 ശതമാനം ഭാഗ ത്തേയും അവ ആവരണം ചെയ്യുന്നു. ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിലെ ശിലകൾക്ക് അപക്ഷയം സംഭവിച്ചുണ്ടായതാണ് അവസാദങ്ങൾ മിക്കവയും. മറ്റു ചിലത്, ധാതുഷെല്ലു കൾ സ്രവിക്കുന്ന തരം ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളാണ്. എന്നാൽ വേറെ ചില

ത്. സമുദ്രങ്ങളിലും കായലുകളിലും ലയിച്ചിരിക്കുന്ന രാസവസ്തുക്കളും (Chemical precipitation) അജീവിയ ക്രിസ്റ്റലുകളും കൂടിച്ചേർന്നുണ്ടായ പുതിയ ധാതുക്കളാൽ നിർമ്മിതമായവയാണ്.

അടിഞ്ഞുകൂടുക എന്നർഥമുള്ള 'സെഡിമെന്റം' എന്ന ലത്തീൻ പദത്തിൽ നിന്നാണ് 'സെഡിമെന്ററി' (Sedimentary) എന്ന പദം വന്നു ചേർന്നത്. അവസാദങ്ങൾ പലതരത്തിൽ രൂപം കൊള്ളാം. പഴയ ശിലകളിൽ നിന്ന് ഭൗതിക കാരണങ്ങളാൽ സ്വഭാവികമായി രൂപംകൊണ്ട ശിലാശകലങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നവയാണ് അവയിലൊന്ന്. ഇങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന അയഞ്ഞ അവസാദങ്ങൾ കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ തുടങ്ങിയവയാൽ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുകയും മറ്റൊരിടത്ത് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ക്രമേണ ഇവ പാളികളായി കുമിഞ്ഞുകൂടുന്നു. അയഞ്ഞ അവസാദങ്ങൾ ദൃഢീകരിച്ചുണ്ടായ ശിലകളോ ലായനികളിൽ നിന്നും അവക്ഷിപ്തപ്പെട്ടുണ്ടായ രാസശിലകളോ, സസ്യങ്ങളുടെയും ജന്തുക്കളുടെയും അവശിഷ്ടങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന ജൈവിക ശിലകളോ ആണ് അവസാദശിലകളെന്ന് നിർവചിക്കാം.

1.3.1 അവസാദശിലകളുടെ വർഗീകരണം (Classification of sedimentary rocks)

ഉൽഭവരീതിയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി അവസാദശിലകളെ താഴെപറയുന്ന മൂന്ന് വിഭാഗങ്ങളാക്കി വർഗീകരിക്കാം.



ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകൾ (Clastic (Detrital) sedimentary rocks)

നേരത്തെ നിലനിന്നിരുന്ന ക്രിസ്റ്റലീയ ശിലകൾ ഭൗതികമായി വിഘടിച്ചുണ്ടായ ശിലാശകലങ്ങളിൽ നിന്നുമാണ് ഇത്തരം അവസാദശിലകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. 'പൊട്ടിപൊടിഞ്ഞത്' എന്നർഥം വരുന്ന ക്ലാസ്റ്റോസ് എന്ന ഗ്രീക്ക് പദത്തിൽ നിന്നാണ് ക്ലാസ്റ്റിക് ശിലകൾ എന്ന സംജ്ഞ ഉണ്ടായത്.

നേരത്തെയുള്ള ക്രിസ്റ്റലീയ ശിലകൾ ഭൗതിക അപക്ഷയം സംഭവിച്ച് വിഘടിക്കപ്പെടുന്നു. അവസാദങ്ങളായി മാറുന്ന അവയെ ഒഴുകുന്ന വെള്ളം, കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ തുടങ്ങിയവ വഹിച്ച് അനുയോജ്യമായ പ്രദേശങ്ങളിൽ മണൽ, ചരൽ, കളിമണ്ണ് തുടങ്ങിയ രൂപങ്ങളിൽ നിക്ഷേപിക്കുന്നു. ഇവ ക്രമേണ ദൃഢീകരിക്കപ്പെട്ടാണ് ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. അവസാദങ്ങൾ

ശിലാശകലങ്ങളും ധാതുശകലങ്ങളും ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഈ വസ്തുക്കളെ അപരദനം ചെയ്യുവാനും (കാർന്നെടുക്കാനും) വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകാനും കഴിവുള്ള കാരകങ്ങളാണ് ഒഴുകുന്ന ജലം, കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ, സമുദ്രം എന്നിവയൊക്കെ. വഹിച്ചുകൊണ്ടു പോകുന്ന കാരകങ്ങൾക്ക് അതിനാവശ്യമായ ശേഷി കുറയുമ്പോൾ ഈ വസ്തുക്കൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. സെഡിമെന്റേഷൻ എന്നാണ് ഈ പ്രക്രിയ അറിയപ്പെടുന്നത്. ഈ രീതിയിലുള്ള അവസാദ നിക്ഷേപണത്തെ ക്ലാസ്റ്റിക് സെഡിമെന്റേഷൻ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലാ രൂപീകരണത്തിൽ താഴെപറയുന്ന അഞ്ച് ഘട്ടങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്നു.

1. **അപക്ഷയം (Weathering) :** ഭൗതിക അപക്ഷയം, രാസികാപക്ഷയം തുടങ്ങിയ പ്രക്രിയകളിലൂടെ നിലവിലുള്ള ശിലകൾ വിഘടിക്കപ്പെട്ട് ചെറിയ കഷണങ്ങളായി മാറുന്നതാണ് ആദ്യഘട്ടം. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ വെച്ച് ശിലകൾ പൊടിഞ്ഞ് അവസാദങ്ങൾ ഉൽപാദിക്കപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് പൊതുവെ അപക്ഷയമെന്ന് അറിയപ്പെടുന്നത്.
2. **അപരദനം/കാർന്നെടുക്കൽ (Erosion) :** അപക്ഷയത്തിനു ശേഷമുണ്ടാകുന്ന അവസാദങ്ങൾ അവയുടെ യഥാസ്ഥാനത്തു നിന്നും നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണം, ഒഴുകുന്ന ജലം, കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ, തിരമാലകൾ മുതലായ കാരകങ്ങളാണ് ഈ പ്രക്രിയ നിർവ്വഹിക്കുന്നത്.
3. **വഹനം/കൊണ്ട്പോക്ക് (Transportation) :** കാർന്നെടുപ്പിന്റെ തുടർച്ചയായാണ് കൊണ്ടുപോക്ക് നടക്കുന്നത്. ഗ്രാവിറ്റിമൂലം ചരിഞ്ഞ പ്രതലങ്ങളിലൂടെ അവസാദങ്ങൾ തെന്നി നീങ്ങുകയോ ഒഴുകുന്ന ജലം, കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ, സമുദ്രതിരമാലകൾ എന്നിവയാൽ വഹിക്കപ്പെടുകയോ ആണ് ചെയ്യുന്നത്. ഈ പ്രക്രിയകൾക്കൊടുവിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന അവസാദശിലയുടെ പഠനത്തിലൂടെ അവസാദങ്ങൾ എത്രദൂരം സഞ്ചരിച്ചിട്ടുണ്ട് എന്നതിനെക്കുറിച്ചും അത് വഹിച്ച കാരകത്തിന്റെ (Transporting agent) ഊർജ്ജ ശേഷിയെക്കുറിച്ചും ഒരു ഭൂവൈജ്ഞാനികന് അനുമാനിക്കാൻ സാധിക്കും. സാധാരണ ഗതിയിൽ, അവസാദത്തിലെ വലിയകഷണങ്ങൾ കൊണ്ടുപോക്കിനിടയിൽ ഉപേക്ഷിക്കപ്പെടുന്നതായി കാണാറുണ്ട്. അതിനാൽ വലിയകഷണങ്ങൾ ഉൽഭവസ്ഥാനത്തിനോടടുത്തായും ചെറിയ അവസാദകണങ്ങൾ ഉൽഭവസ്ഥാനത്തു നിന്ന് അകലെയായും കാണപ്പെടുന്നു.
4. **നിക്ഷേപണം (Deposition) :** കൊണ്ടുപോകുന്ന ഏജന്റിന്റെ ഊർജനില വളരെക്കുറയുമ്പോൾ, വലിയ അവസാദകണങ്ങളെ വഹിക്കാനുള്ള അതിന്റെ ശേഷിയും കുറയുന്നു. കൊണ്ടുപോകുന്ന ഏജന്റിന്റെ പ്രവേഗമാണ് യഥാർഥത്തിൽ അതിന്റെ അവസാദങ്ങളെ വഹിക്കാനുള്ള ശേഷി നിർണയിക്കുന്നത്. അതിനാൽ പ്രവേഗം കുറയുമ്പോൾ അവസാദങ്ങളുടെ ചലനം നിലയ്ക്കുകയും അവ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ വസ്തുക്കൾ കടലിലും കരയിലുമുള്ള തടങ്ങളിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട് അവസാദ പാളികളായി രൂപം പ്രാപിക്കുന്നു.

5. **ലിത്തിഫിക്കേഷൻ (Lithification)/ഡയാജനസിസ് (Diagenesis) :** നിക്ഷേപണ തടങ്ങളിൽ അടിഞ്ഞു കൂടിയ അയഞ്ഞ അവസാദ പദാർഥങ്ങൾ സംയോജിച്ച് ദൃഢമായ അവസാദ ശിലകളായി രൂപാന്തരപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ലിത്തിഫിക്കേഷൻ അഥവാ ഡയാജനസിസ്. അവസാദങ്ങൾ, അവസാദശിലകളായി പരിണമിക്കുന്നതിന് ആയിരക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ വേണ്ടിവരുന്നു. അവസാദങ്ങൾക്കുമേൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന എല്ലാവിധ ഭൗതികവും രാസികവും ജൈവികവുമായ പ്രക്രിയകൾ ഡയാജനസിസിന്റെ ഭാഗമാണ്. അവസാദങ്ങൾ കൂടുതൽ ആഴങ്ങളിലേക്ക് അമരുമ്പോൾ ഊഷ്മാവിലും മർദ്ദത്തിലും സംഭവിക്കുന്ന വർധനവിനോടുള്ള പ്രതികരണം കൂടിയാണ് ഡയാജനസിസ് (ഊഷ്മാവ് 200^0 c ന് മുകളിലേക്കുയരുമ്പോൾ ഡയാജനസിസ്, കായാന്തരണത്തിന്റെ തലത്തിലേക്ക് മാറുന്നു).

ലിത്തിഫിക്കേഷൻ പ്രക്രിയയുടെ ആദ്യഘട്ടം ഞെരിഞ്ഞമരൽ (Compaction) ആണ്. കൂടുതൽ അവസാദങ്ങൾ മേൽക്കുമേൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുമ്പോൾ, മുകളിലുള്ള അവസാദ പാളികളുടെ ഭാരം അടിയിലെ അവസാദങ്ങളെ അമർത്തി സമർദ്ദത്തിലാക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ സമർദ്ദത്തിലാഴ്ത്തുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ഞെരിഞ്ഞമരൽ (Compaction)

ഞെരിഞ്ഞമരലിന്റെ ഫലമായി ശിലാതരികൾക്കിടയിലെ സുഷിരങ്ങളിലുള്ള ജലം പിഴിയപ്പെടുകയും ശിലാതരികൾ കൂടുതൽ അടുത്തുവരികയും അവയ്ക്കിടയിലെ സുഷിരങ്ങളുടെ അളവ് കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. അവസാദങ്ങളിലൂടെ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ജലവും മറ്റുചില ദ്രവങ്ങളും ജീവീയ ഘടകങ്ങളും പുതിയ ചില ധാതുഘടകങ്ങളെ ശിലാതരികൾക്കിടയിൽ നിക്ഷേപിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന ധാതുപദാർഥങ്ങൾ, കെട്ടിട നിർമാണത്തിന് ഓരോ ഇഷ്ടികയും ചേർത്തുവച്ച് ഇടയ്ക്ക് സിമന്റ് നിറയ്ക്കുന്നതുപോലെ അവസാദകണങ്ങളെ തമ്മിൽ ഒട്ടിച്ച് ചേർത്ത് നിർത്തുന്ന പശയായി വർത്തിക്കുന്നു. ഇത് സിമന്റേഷന് കാരണമാകുന്നു. അവസാദശിലകളിൽ കണ്ടുവരുന്ന സാധാരണ സിമന്റുകളിൽ ക്വാർട്സ്, കാൽസൈറ്റ്, ഹേമറ്റൈറ്റ് തുടങ്ങിയവ ഉൾപ്പെടുന്നു. വിവിധങ്ങളായ ഈ പ്രക്രിയകളിലൂടെ അവസാദശിലകൾ രൂപീകൃതമാവുന്നതിന് ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ വേണ്ടിവരുന്നു. മണൽക്കല്ല് (Sandstone), ഷെയ്ൽ (Shale), കൺഗ്ലോമറേറ്റ് (Conglomerate) തുടങ്ങിയവ ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദ ശിലകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

രാസിക അവസാദശിലകൾ (Chemically formed sedimentary rocks)

മറ്റൊരുതരത്തിലുള്ള അവസാദനിക്ഷേപണം നടക്കുന്നത്, ജലത്തിൽ ലയിച്ചുചേർന്ന പദാർത്ഥങ്ങൾ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ അവക്ഷിപ്തപ്പെടുമ്പോഴാണ്. അപക്ഷയ പ്രക്രിയകളിലൂടെ ജലത്തിലേക്ക് എത്തുന്ന ധാതുഅയോണുകൾ, നദികളിലൂടെയും ഭൂജലത്തിലൂടെയും വഹിക്കപ്പെടുന്നു. ജലത്തിൽ ലയിച്ച

ഈ ധാതുഅയോണുകളുടെയെല്ലാം യാത്ര സമുദ്രത്തിൽ അവസാനിക്കുന്നു. കടൽജലത്തിന്റെ ലവണത്വത്തിന്റെ കാരണം ഇതാണ്. ജലം ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുകയോ ജലത്തിലെ അയോണുകളുടെ ഗാഢത മറ്റേതെങ്കിലും വിധത്തിൽ വളരെ കൂടുതലാവുകയോ ചെയ്യുമ്പോൾ, ഈ ലവണഅയോണുകൾ രാസപ്രവർത്തനത്തിലൂടെ വീണ്ടും സംയോജിക്കുന്നു. അങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന ധാതുലവണങ്ങൾ രാസ അവസാദങ്ങളായി അടിഞ്ഞുകൂടുകയും ക്രമേണ രാസിക അവസാദശിലകളായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു.

വേറിട്ട് നിൽക്കുന്ന ജലാശയങ്ങളിലെ ലവണജലം ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ വിവിധതരം ധാതുക്കൾ അവക്ഷിപ്തപ്പെടുകയും അവ രാസഅവസാദങ്ങളായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന രാസ അവസാദങ്ങളെയാണ് ബാഷ്പീകരണ നിക്ഷേപങ്ങൾ (evaporites) എന്നു പറയുന്നത്. (ഹാലൈറ്റ് (NaCl) ധാതുവോട് കൂടിയ ഉപ്പ്പാറ (Rock salt), ജിപ്സം (Gypsum) തുടങ്ങിയ നിക്ഷേപങ്ങൾ ഇവയ്ക്കുദാഹരണങ്ങളാണ്.

ജൈവ-രാസിക അവസാദശിലകൾ (Biochemical and organic sedimentary rocks)

ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളുടെ വിഘടനഫലമായി രൂപംകൊള്ളുന്ന അവസാദശിലകളെയാണ് ജൈവരാസിക അവസാദശിലകൾ അഥവാ ഓർഗാനിക് അവസാദശിലകൾ എന്ന് പറയുന്നത്. ജലത്തിൽ ലയിച്ചിരിക്കുന്ന ധാതുഅയോണുകളെ ആഗിരണം ചെയ്ത്, ജീവികൾ അവയുടെ തോടുകളും എല്ലുകളും നിർമിക്കുന്നു. ഈ ജീവികൾ നശിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ അവശിഷ്ടങ്ങൾ കുമിഞ്ഞുകൂടി അവസാദശിലകളായി മാറുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള നിക്ഷേപണത്തിന് ജൈവ-രാസിക സെഡിമെന്റേഷൻ അഥവാ ഓർഗാനിക് സെഡിമെന്റേഷൻ എന്ന് പറയുന്നു. ചതുപ്പു നിലങ്ങളുടെ അടിത്തട്ടിലും മറ്റും സസ്യവസ്തുക്കൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടുണ്ടാകുന്ന സസ്യ നിക്ഷേപങ്ങളും അവസാദ ശിലകളുടെ കൂട്ടത്തിൽ തന്നെ പെടുത്താവുന്നതാണ്. ഈ പ്രക്രിയവഴി രൂപംകൊണ്ട ശിലകൾക്കുദാഹരണം ഓർഗാനിക് ലൈംസ്റ്റോൺ, കൽക്കരി, പവിഴ നിക്ഷേപങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയാണ്.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. എന്ത്കൊണ്ടാണ് ജൈവിക, രാസിക അവസാദശിലകൾ നോൺ-ക്ലാസ്റ്റിക് ശിലകളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്?
2. ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് ഏത് തരം അവസാദശിലയാണ്?
3. അവസാദങ്ങൾ എങ്ങനെയാണ് ദൃഢമായ അവസാദശിലകളായി മാറുന്നത്?

1.3.2 ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകളിലെ ടെക്സ്ചറുകൾ (Textures of clastic sedimentary rocks)

ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകൾ രൂപീകൃതമായിരിക്കുന്ന ശിലാക്കണങ്ങളുടെ വലിപ്പവും സ്വഭാവവും അവ എങ്ങനെ ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നതും ശിലയ്ക്ക് പ്രത്യേക ടെക്സ്ചർ പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. ശിലാതരികളുടെ വലുപ്പം (Grain size), തരംതിരിവ് (Sorting) ഗോളാകാരം (Rounding) എന്നിവ ഇതിലുൾപ്പെടുന്നു.

ശിലാതരികളുടെ വലുപ്പം (Grain size): ഒരു ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശില ഉണ്ടാകുന്നത് വിവിധതരം കണങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന് സിമന്റ് ചെയ്യപ്പെട്ടാണല്ലോ. ശിലയിലെ ഈ ധാതുകണങ്ങളുടേയും ശിലാശകലങ്ങളുടേയും ജൈവ പദാർത്ഥത്തിന്റേയും, വലുപ്പത്തെ വിശേഷിപ്പിക്കുന്നതാണ് "തരികളുടെ വലിപ്പം". ശിലാതരികളുടെ വലിപ്പത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അവസാദകണങ്ങളെ താഴെകൊടുത്ത പട്ടിക പ്രകാരം ക്രമീകരിക്കാവുന്നതാണ് (പട്ടിക 1.2).

വിവിധതരം ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദ കണങ്ങൾ			
കണങ്ങൾ	**വലിപ്പം**	**കണങ്ങളുടെ പേര്**	**സംയോജിത അവസാദ ശില**
ബോൾഡർ	>256 mm	ചരൽ	കൺഗ്ലോമറേറ്റ്/ ബ്രെഷ്യ (ഗോളാകാരത്തെ ആശ്രയിച്ച്)
കൊബ്ൾ	64 - 256 mm	ചരൽ	
പെബ്ൾ	2 - 64 mm	ചരൽ	
സാൻഡ്	1/16 - 2mm	മണൽ	മണൽക്കല്ല്
സിൽട്ട്	1/256-1/16mm	ചെളി	സിൽട്ട് സ്റ്റോൺ
ക്ലേ/കളിമണ്ണ്	<1/256 mm	കളിമണ്ണ്	ക്ലേസ്റ്റോൺ, മഡ് സ്റ്റോൺ, ഷെയ്ൽ

തരംതിരിവ് (Sorting): അവസാദശിലകളിലെ ശിലാതരികളുടെ വലിപ്പം എത്രത്തോളം ഐകരൂപ്യം കാണിക്കുന്നു എന്നു സൂചിപ്പിക്കുന്നപദമാണ് തരംതിരിവ് അഥവാ സോർട്ടിംഗ്. തരംതിരിവ് കുറഞ്ഞ നിലയിലുള്ള ശിലയിൽ വ്യത്യസ്ത വലിപ്പമുള്ള ശിലാതരികൾ - സൂക്ഷ്മകണങ്ങൾ (കളിമണ്ണ്), ഇടത്തരംകണങ്ങൾ (മണൽതരികൾ), വലിയതരികൾ (ഉരുളൻ കല്ലുകൾ) എന്നിവ

ഇടകലർന്നിരിക്കും. എന്നാൽ കൂടുതൽ തരംതിരിവുള്ള ശിലയിൽ ഇവയിൽ ഏതെങ്കിലും ഒരു വിഭാഗത്തിൽപ്പെട്ട ശിലാതരികളായിരിക്കും ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുക. ഇടത്തരം തരംതിരിവ് കാണിക്കുന്ന ശിലകളിൽ ഒന്നുകിൽ സൂക്ഷ്മവും ഇടത്തരവും ചേർന്നതോ അല്ലെങ്കിൽ ഇടത്തരവും വലുതും ചേർന്നതോ ആയ മിശ്രണങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കും.

ഗോളാകാരം (Rounding): ശിലാതരികളുടെ ആപേക്ഷിക ആകൃതിയെ സൂചിപ്പിക്കാനാണ് ഗോളാകാരം എന്ന പദം ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ശിലാകണങ്ങളുടെ ഗോളീയ ആകൃതി എത്രത്തോളമുണ്ട് എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ച് ശിലാതരികളെ വർഗീകരിക്കാവുന്നതാണ്. 1. നല്ലവണ്ണം ഉരുണ്ട ആകൃതിയുള്ളത്, 2. ഇടത്തരം ഉരുണ്ട ആകൃതിയുള്ളത്, 3. വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിൽ ഉരുണ്ട ആകൃതിയുള്ളത്. നല്ലവണ്ണം ഉരുണ്ട (well rounded) ശിലാതരികളുടെ വശങ്ങൾ വളരെ മിനുസപ്പെട്ടതായിരിക്കും. ഇടത്തരം രീതിയിൽ ഉരുണ്ട ശിലാതരികൾക്ക് (moderately rounded or sub rounded) കൂർത്തതും, മൂർച്ചയുള്ളതുമായ വക്കുകളുണ്ടാകും. വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിൽ മാത്രം ഉരുണ്ട കണങ്ങളുടേയും (angular grains) നല്ലവണ്ണം ഉരുണ്ട കണങ്ങളുടെയും ഇടയിലാണ് അവയുടെ സ്ഥാനം.

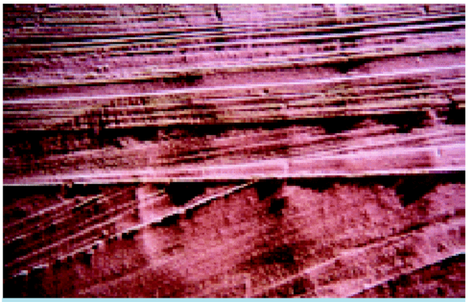
1.3.3 അവസാദഘടനകൾ (Sedimentary structures)

അവസാദ ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിൽ ഘടന എന്നതുകൊണ്ട് വിവക്ഷിക്കുന്നത്, അവസാദ ശിലകളിലെ പാളികളേയും അവസാദ നിക്ഷേപണ സമയത്ത് പാളികളുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ഉണ്ടാവുന്ന സവിശേഷ രൂപങ്ങളേയുമാണ്. അവസാദ ശിലകളിൽ കണ്ടുവരുന്ന പ്രധാനഘടനകളാണ് താഴെ ചർച്ച ചെയ്യുന്നത്.

സ്തരീകരണവും പാളിവൽക്കരണവും (Stratification and Bedding)

വളരെ വിസ്തൃതമായി പരന്നിരിക്കുന്ന താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളിലാണ് അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നത് എന്നതുകൊണ്ട്, ഒന്നിനുപുറകെ ഒന്നായി നടക്കുന്ന നിക്ഷേപണ പ്രക്രിയകൾ പാളികളെ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. അവസാദങ്ങളിൽ കാണുന്ന ഇത്തരം സവിശേഷതയെയാണ് ബെഡ്ഡിംഗ് അഥവാ സ്തരീകരണം എന്നുവിളിക്കുന്നത്. ബെഡ്ഡിംഗ്, അവസാദശിലകളുടെ മൗലികഘടനയാണ്. വ്യത്യസ്ത പരിതസ്ഥിതികളിൽ അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതു വഴിയാണ് ബെഡ്ഡിംഗ് രൂപപ്പെടുന്നത്. അതുകൊണ്ട് വ്യത്യസ്ത ശിലാപാളികൾ നിറത്തിലും ടെക്സ്ചറിലും രാസഘടനയിലും ശിലാകണങ്ങളുടെ വലുപ്പത്തിലും പാളികളുടെ കനത്തിലും, ഒരേ ശിലാപിണ്ഡത്തിനകത്തുപോലും വ്യത്യസ്തത കാണിക്കുന്നു. പാളികളുടെ കനം വളരെകുറഞ്ഞിരിക്കുന്ന അവസ്ഥയിൽ അവയെ ലാമിനേഷൻ എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു. കളിമണ്ണ്, സിൽട്ട് തുടങ്ങിയ അവസാദങ്ങളിലാണ് പൊതുവേ ലാമിനേഷൻ കാണപ്പെടുന്നത്. പ്രധാനപ്പെട്ട രണ്ട് തരം ബെഡ്ഡിംഗുകൾ ക്രോസ് ബെഡ്ഡിംഗ്, ഗ്രേഡഡ് ബെഡ്ഡിംഗ് എന്നിവയാണ്.

(എ) ക്രോസ് ബെഡ്ഡിംഗ് (Cross bedding): ഒരു ശിലാപിണ്ഡത്തിനകത്ത് തന്നെ വിവിധ ചെറുപാളികൾ ശിലാപാളിയുടെ മുകളിലേയും താഴത്തേയും പ്രതലത്തെ അപേക്ഷിച്ചു ചരിഞ്ഞു കാണപ്പെടാറുണ്ട്. ഈ തരത്തിലുള്ള ബെഡ്ഡിംഗിനെയാണ് ക്രോസ് ബെഡ്ഡിംഗ് എന്നു പറയുന്നത് *(ചിത്രം 1.17)*. അവസാദ നിക്ഷേപണ സമയത്ത് കാറ്റിന്റെ അഥവാ ജലത്തിന്റെ ദിശയ്ക്കനുസരിച്ചായിരിക്കും വിവിധ ചെറുപാളികളുടെ ചരിവ് രൂപപ്പെടുന്നത്. ബീച്ച്നിക്ഷേപങ്ങൾ, മണൽമേടുകൾ, നദീനിക്ഷേപങ്ങൾ എന്നിവയിലെല്ലാം ഇത്തരം ക്രോസ് ബെഡ്ഡിംഗ് വളരെ സാധാരണമാണ്.



ചിത്രം 1.17 : ക്രോസ് ബെഡ്ഡിംഗ് കാണിക്കുന്ന അവസാദശിലകൾ

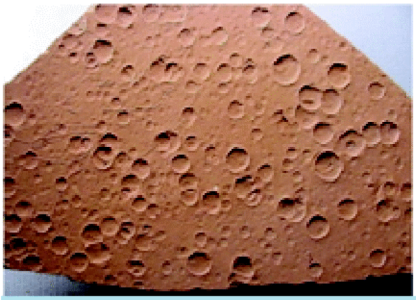
(ബി) ഗ്രേഡഡ് ബെഡ്ഡിംഗ് (Graded bedding): ശിലാപാളികളിലെ തരികളുടെ വലിപ്പത്തിൽ മുകളിൽ നിന്ന് താഴോട്ട് ക്രമാനുഗതമായ വ്യത്യാസം കാണുന്നതാണ് ഗ്രേഡഡ് ബെഡ്ഡിംഗ്. ഏറ്റവും താഴെ വലിപ്പം കൂടിയ കണങ്ങളും മുകളിലേയ്ക്ക് വലിപ്പം കുറഞ്ഞ്കുറഞ്ഞുവരുന്നതുമായ ഗ്രേഡഡ് ബെഡ്ഡിംഗ് ആണ് ഏറ്റവും സാധാരണയായി കണ്ടുവരുന്നത്. നിക്ഷേപണ പരിതസ്ഥിതിയിൽ നിക്ഷേപണ ഏജന്റിന്റെ പ്രവേഗം കുറഞ്ഞുവരുന്നതിനാലാണിത് സംഭവിക്കുന്നത്. നിക്ഷേപണ ഏജന്റിന്റെ പ്രവേഗം കുറയുമ്പോൾ ആദ്യം നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നത് വലുപ്പമേറിയതും സാന്ദ്രത കൂടിയതുമായ ശിലാകണങ്ങൾ ആണ്. തുടർന്ന് ക്രമത്തിൽ ചെറിയതും സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞതുമായ കണങ്ങളും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. ആദ്യം വലിയവ, തുടർന്ന് ഇടത്തരം വലിപ്പമുള്ളവ, അവസാനം ചെറിയതരികൾ എന്ന ക്രമത്തിൽ.

ഓളപ്പാടുകൾ (Ripple marks): ജലത്തിന്റേയൊ കാറ്റിന്റേയോ ചലനദിശയിലെ വ്യത്യാസമനുസരിച്ച് അവസാദ നിക്ഷേപത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ സമാന്തരമായോ ഏതാണ്ട് സമാന്തരമായോ രൂപംകൊള്ളുന്ന വരമ്പുകളുടെ ശ്രേണിയാണ് ഓളപ്പാടുകൾ എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നത് *(ചിത്രം 1.18)*. ആഴം കുറഞ്ഞ ജലാശയങ്ങളിലെ അവസാദ നിക്ഷേപങ്ങളുടെ സവിശേഷ സ്വഭാവമാണ് ഓളപ്പാടുകൾ. എങ്കിലും ഉപരിതലത്തിൽ വീശുന്ന കാറ്റിന്റെ പ്രവർത്തനഫലമായും ഇത് സംഭവിക്കാം.

ചിത്രം 1.18 : ഓളപ്പാടുകൾ കാണുന്ന ഒരു അവസാദശില

ചിത്രം 1.19 : അവസാദശിലകളിലെ മഡ്ക്രാക്കുകൾ

മഡ്ക്രാക്കുകൾ (Mudcracks): ഭൗമോപരിതലത്തിലെ നനവുള്ള അവസാദങ്ങൾ ഉണങ്ങി വരളുന്നതിന്റെ ഫലമായാണ് മഡ്ക്രാക്കുകൾ ഉണ്ടാകുന്നത് *(ചിത്രം 1.19)*. ഉണങ്ങി വരളുമ്പോൾ, അവസാദങ്ങൾ ഉള്ളിലേക്ക് വലിയുന്നതുമൂലമാണ് വിണ്ടുകീറൽ രൂപപ്പെടുന്നത്.


ചിത്രം 1.20 : മഴത്തുള്ളിപ്പാടുകൾ കാണുന്ന ഒരു അവസാദശില

മഴത്തുള്ളിപ്പാടുകൾ (Raindrop marks): മഴത്തുള്ളികൾ പതിക്കുമ്പോൾ അവസാദങ്ങളുടെ ഉപരിതലത്തിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന ചെറിയ, ആഴം കുറഞ്ഞ, വൃത്തരൂപത്തിലുള്ള കുഴികളാണ് മഴത്തുള്ളിപ്പാടുകൾ *(ചിത്രം 1.20)*. ശിലോപരിതലത്തിൽ ഇവ കാണുന്നുവെങ്കിൽ, അത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് അവസാദങ്ങൾ അമർന്ന് ദൃഢീകരിക്കുന്നതിനു തൊട്ട്മുമ്പ് മഴത്തുള്ളി നേരിട്ട് പതിക്കാവുന്ന വിധം അവ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് തുറന്ന അവസ്ഥയിലായിരുന്നു എന്നാണ്.

1.3.4 സാധാരണ കാണുന്ന അവസാദശിലങ്ങൾ (Common types of sedimentary rocks)

ധാതുസഞ്ചയത്തിന്റെയും ടെക്സചറിന്റേയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂവൈജ്ഞാനികർ അവസാദശിലകളെ നാമകരണം ചെയ്യുകയും വർഗീകരിക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. ധാതുസഞ്ചയം കൊണ്ടുദ്ദേശിക്കുന്നത് ശിലകളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന നിശ്ചിത ധാതുക്കളെയാണ്. ഉദാഹരണമായി, മണൽക്കല്ലിൽ പ്രധാനമായും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത് ക്വാർട്സ് ധാതുവായിരിക്കുമ്പോൾ ചുണ്ണാമ്പുകല്ലിൽ അത് കാൽസൈറ്റാണ്. അവസാദങ്ങൾ ദൃഢീകരിച്ചുണ്ടാകുന്ന വിവിധ ക്ലാസ്റ്റിക് ശിലകളെ നമുക്ക് നിരീക്ഷിക്കാം.

(I) ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകൾ (Clastic sedimentary rocks)

(എ) കൺഗ്ലോമറേറ്റും ബ്രഷ്യയും (Conglomerate and Breccia)

പെബ്ൾസ്, കോബ്ൾസ്, ബോൾഡറുകൾ തുടങ്ങിയ വളരെ വലിയ ശിലാതരികൾ ധാരാളമായി അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന അവസാദശിലയാണ് കൺഗ്ലോമറേറ്റ്. വളരെ വലിയ ശിലാതരികൾ, മണൽ, സിൽറ്റ്, കളിമണ്ണ് പോലുള്ള ചെറിയ ശിലാതരികളുടെ ഒരു മിശ്രിതത്താൽ കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെട്ട തരത്തിലാണ് കൺഗ്ലോമറേറ്റ് ശിലകൾ കാണുന്നത്.

കൺഗ്ലോമറേറ്റ് ശിലകൾ *(ചിത്രം 1.21 (എ))*, വളരെ ചുരുങ്ങിയതോതിൽ മാത്രം തരംതിരിവ് കാണിക്കുന്നതും, വളരെ വലിയ ഗോളാകാര ശിലാതരികൾ ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതുമായ ക്ലാസ്റ്റിക് ശിലയാണ്. വലിയ ശിലാകണങ്ങൾ നല്ല വണ്ണം ഗോളാകാരം കാണിക്കുന്നവയാണ്. ഇതിന് കാരണം, അവ ദീർഘസമയം വഹിക്കൽ പ്രക്രിയയ്ക്ക് വിധേയമായിട്ടുണ്ടെന്നും വലിയ ശിലാവസ്തുക്കളെ വഹിക്കാൻ ശേഷിയുള്ള ഉയർന്ന ഊർജപരിസ്ഥിതിയിൽ നിക്ഷേപിക്കപെട്ടു എന്നുമാണ്.

ബ്രഷ്യക്ക് *(ചിത്രം 1.21 (ബി)* കൺഗ്ലോമറേറ്റിനോട് സദൃശമുണ്ട്. എന്നാൽ ഉരുണ്ട നല്ല ഗോളാകാരമായ കണങ്ങൾക്കുപകരം കൂർത്ത വക്കുകളുള്ള വലിയ ശിലാകണങ്ങളാണ് അതിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്. ബ്രഷ്യയിലെ കൂർത്തതും വക്കുകളുള്ളതുമായ ശിലാതരികൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത് അവ കുറച്ചു സമയം മാത്രമേ വഹിക്കലിന് വിധേയമായിട്ടുള്ളൂ എന്നാണ്.

ചിത്രം 1.21 : എ) കൺഗ്ലോമറേറ്റ് ബി) ബ്രഷ്യ

(ബി) മണൽക്കല്ല് (Sandstone)

ഏറ്റവും സർവ്വസാധാരണമായിട്ടുള്ള അവസാദശിലകളിൽ ഒന്നാണ് മണൽക്കല്ലുകൾ *(ചിത്രം 1.22 (എ) & (ബി))*. ഏതാണ്ട് പൂർണ്ണമായും മണൽത്തരി വലിപ്പമുള്ള ക്വാർട്സ് ധാതുവിനാലാണ് ഇവ നിർമിതമായിരിക്കുന്നത്. ഈ തരികൾ ലിത്തിഫിക്കേഷൻ പ്രക്രിയ വഴി സംയോജിച്ച് ദൃഢമായതാണ്. നദികൾ, സമുദ്രം, കടൽതീരം, മരുപ്രദേശം, ഹിമാനീയം തുടങ്ങി വൈവിധ്യമാർന്ന പരിസ്ഥിതികളിൽ മണൽക്കല്ലുകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു.

ചിത്രം 1.22 : (എ) മണൽക്കല്ലുകൾ

(സി) ഷെയ്ൽ (Shale)

സൂക്ഷ്മതരികളുള്ള അവസാദശിലയാണ് ഷെയ്ൽ. നന്നായി ഉരുണ്ട ഗോളാകാരമുള്ള സിൽറ്റും കളിമൺ വലിപ്പത്തിലുള്ള തരികളും കൊണ്ട് നിർമി ക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഏതാണ്ട് നല്ല തരംതിരിവ് പ്രദർശി പ്പിക്കുന്ന ശിലകളാണിവ *(ചിത്രം 1.23)*. ഷെയ്ൽ ശില കൾ മിക്കപ്പോഴും ലാമിനേഷൻ ഘടന കാണിക്കു ന്നവയാണ്. ഇതു കാരണം ശിലകൾക്ക് ഫിസിലിറ്റി (fissility) അഥവാ എളുപ്പം പൊട്ടിപ്പോകുന്ന സ്വഭാവം ലഭിക്കുന്നു. ശിലകളുടെ നേർത്ത, പരന്ന പാളികളായി അടരാനുള്ള പ്രവണതയാണ് ഫിസിലിറ്റി.

ചിത്രം 1.23 : ഷെയ്ൽ

(II) നോൺ-ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകൾ (Non-clastic sedimentary rocks)

(എ) ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് (Limestone) : ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് സർവ്വസാധാരണമായ അവസാദശിലകളിൽ ഒന്നാണ്. ഏതാണ്ട് പൂർണ്ണമായും കാൽസൈറ്റ് ($CaCO_3$) ധാതുവാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്ന ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് അജൈവ പ്രക്രിയ വഴിയും ജൈവ-രാസിക പ്രക്രിയ വഴിയും രൂപംകൊള്ളുന്നു. വൈവിധ്യമാർന്ന പരിസ്ഥി തികളിൽ ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് രൂപം കൊള്ളുന്നുണ്ട്. അതുകൊണ്ട് തന്നെ പലതരത്തി ലുള്ള ചുണ്ണാമ്പ് ശിലകൾ കാണാറുണ്ട്. ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് മൊത്തം അവസാദശില കളുടെ ഏകദേശം 10 ശതമാനം വരും. ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നത് സമുദ്രജന്യ ഓർഗാനിക് ലൈംസ്റ്റോൺ വിഭാഗത്തിൽപ്പെട്ടവയാണ്. രാസപ്രവർത്ത നഫലമായി അവക്ഷിപ്തപ്പെടുന്ന ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് പൊതുവെ ചെറിയ തരികളു ള്ളതാണ്. എന്നാൽ ജൈവീക ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് (Organic limestone) അവയുടെ രൂപീ കരണത്തിന് കാരണമായ ജീവികളുടെ തരമനുസരിച്ച് ശിലാതരികളുടെ കാര്യ ത്തിൽ വ്യത്യസ്തത കാണിക്കുന്നു. ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ, ജീവികളുടെ അവശി

ചിത്രം 1.24 : ഫോസിലിഫെറസ് ലൈംസ്റ്റോൺ

ഷ്ടങ്ങൾ ഫോസിലുകളായി ശിലകളിൽ കാണുന്നു. മറ്റുചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ അവസാദങ്ങൾ ഉറഞ്ഞു കട്ടിയായി ശിലയായി മാറുന്നതിനിടയിൽ ഫോസിലുകൾ നശിച്ചുപോകുന്നു. ജീവികളുടെ ഷെല്ലുകളോ തിരിച്ചറിയത്തക്കവിധമുള്ള മറ്റു അവശിഷ്ടങ്ങളോ ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ലൈംസ്റ്റോൺ ശിലകൾ, ഫോസിലിഫെറസ് ലൈംസ്റ്റോൺ *(ചിത്രം 1.24)* എന്ന വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. ധാരാളം മഗ്നീഷ്യം അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ദ്രവങ്ങൾ ചുണ്ണാമ്പ്കല്ലിലൂടെ ഒഴുകുമ്പോൾ രാസപ്രവർത്തനം നടക്കുകയും അതുവഴി അവ ഡോളോസ്റ്റോൺ (Dolostone) ആയി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. $CaCO_3$ പുനർക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിലൂടെ ഡോളമൈറ്റ് [$CaMg(CO_3)_2$] എന്ന രാസഘടനയോട് കൂടിയ പുതിയ ധാതുവായി മാറുന്നു.

(ബി) പവിഴപ്പുറ്റുകൾ (Coral Reefs): സമുദ്രജീവികൾ സൃഷ്ടിക്കുന്ന ചുണ്ണാമ്പുകല്ലുകളാണ് പവിഴപ്പുറ്റുകൾ. കശേരുക്കളില്ലാത്ത ജീവികളായ കോറലുകൾ (Corals) അവയുടെ ജൈവിക പ്രവർത്തനഫലമായി സ്വയം കാൽസ്യം കാർബണേറ്റ് സ്രവങ്ങൾ ഉൽപാദിപ്പിക്കുകയും അതുപയോഗിച്ച് പുറംഷെല്ലുകൾ നിർമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കോറലുകളുടെ ഈ ഷെല്ലുകൾ കുമിഞ്ഞ്കൂടിയാണ് പവിഴപ്പുറ്റുകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്.

(സി) ചോക്ക് (Chalk): ഇവയും സമുദ്രത്തിലെ ചുണ്ണാമ്പ്മയ സൂക്ഷ്മജീവികളിൽ (nano fossils) നിന്നും ഉണ്ടാകുന്നവയാണ്. ഈ ജീവികൾക്ക് ജീവഹാനി സംഭവിച്ച് അവയുടെ ഷെല്ലുകൾ സമുദ്രതടത്തിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട് അവസാദശിലകൾ ഉണ്ടാകാം.

(ഡി) കൽക്കരി (Coal): ജീവികളിലെ ഓർഗാനിക് കാർബൺകൊണ്ട് നിർമിതമായ ഒരിനം ജൈവിക അവസാദശിലയാണ് കൽക്കരി. കൽക്കരിയുടെ രാസഘടന, ജീവികളുടേതിൽ നിന്നും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും അവസാദനിക്ഷേപം നടന്ന കാലഘട്ടത്തിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന സസ്യങ്ങളുടെ ഇലകൾ, തൊലി, തടി, ജീവികളുടെ മറ്റുഭാഗങ്ങൾ എന്നിവയുടെ ഫോസിലീകൃത ഭാഗങ്ങളും അടയാളങ്ങളും കൽക്കരിയിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

അവശിഷ്ട അവസാദശിലകൾ (Residual sedimentary rocks)

വെട്ടുകല്ല് (Laterite): അപക്ഷയ പ്രക്രിയയുടെ അവശിഷ്ട ഉൽപന്നമാണ് ലാറ്ററൈറ്റ് എന്ന് നിങ്ങൾ 11-ാം ക്ലാസിൽ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഭൂമദ്ധ്യരേഖാപ്രദേശത്ത് ലഭിക്കുന്ന ശക്തമായ വർഷപാതത്തിൽ അവിടത്തെ ഇരുമ്പ്, അലൂമിനിയം എന്നീ

ലോഹധാതുക്കളാൽ സമ്പന്നമായ ശിലകൾ തീവ്ര അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുമ്പോൾ ദശലക്ഷകണക്കിന് വർഷങ്ങളിലൂടെ രൂപപ്പെടുന്നതാണ് ലാറ്ററൈറ്റ്. ഇതിലുള്ള ഇരുമ്പിന്റേയും അലൂമിനിയം ഓക്സൈഡിന്റേയും കൂടിയ ഗാഢത അവയ്ക്ക് തനതായ ചുവപ്പോ തവിട്ട് നിറമോ നൽകുന്നു.

ഈ ശിലയ്ക്ക് ലാറ്ററൈറ്റ് എന്ന് നാമകരണം ചെയ്തത് സ്കോട്ടിഷ് ഭിഷഗ്വരനായിരുന്ന ഡോക്ടർ ഫ്രാൻസിസ് ബുക്കാനൻ (1807-ൽ) ആണ്. ലത്തീൻ ഭാഷയിൽ ലാറ്ററൈറ്റ് എന്ന പദത്തിനർഥം ഇഷ്ടിക എന്നാണ്. ശുദ്ധമായ അവസ്ഥയിൽ ലാറ്ററൈറ്റ് ശിലകൾ മൃദുവും കട്ടകളായി എളുപ്പത്തിൽ വെട്ടിയെടുക്കാവുന്നവയുമാണ്. സൂര്യപ്രകാശവുമായും അന്തരീക്ഷവായുവുമായും ഉള്ള സമ്പർക്കം മൂലം ഇവ ദൃഢമായി മാറുന്നു. കേരളത്തിൽ കാസർഗോഡ്, കണ്ണൂർ, മലപ്പുറം ജില്ലകളിലെ ഇടനാട് പ്രദേശങ്ങളിലാണ് ലാറ്ററൈറ്റ് വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നത്.

ഇനി നിങ്ങൾക്ക് നൽകിയിരിക്കുന്ന ചില പ്രധാനപ്പെട്ട അവസാദശിലകളെ തിരിച്ചറിയുക. ഈ പാഠപുസ്തകത്തിൽ അവസാനഭാഗത്ത് അനുബന്ധം II ലെ പട്ടിക 2-ൽ നൽകിയിരിക്കുന്ന അവസാദശിലകളെ സംബന്ധിക്കുന്ന വിവരണം കൂടി കാണുക. ഈ ശിലകളിൽ കാണാവുന്ന ടെക്സ്ചർ സവിശേഷതകൾ തിരിച്ചറിയാൻ ശ്രമിക്കുക. ഉദാഹരണമായി മണൽക്കല്ല് തന്നിരിക്കുന്നുവെന്ന് കരുതുക.

അത് എങ്ങനെയായിരുന്നു?

അതിലെ ശിലാതരികളുടെ വലിപ്പം എപ്രകാരമാണ്?

ശിലാതരികളുടെ ഗോളാകാരം എത്രത്തോളമുണ്ട്?

മണൽകല്ലിന്റെ നിറം, ചുവപ്പോ തവിട്ടു നിറമോ ഇളം ചാര നിറം മുതൽ വെളുത്ത നിറം വരേയോ ആയിരിക്കും. ചിലപ്പോൾ മഞ്ഞ നിറമോ പച്ചനിറമോ ആകാം. ഇത് ഒരേ വലിപ്പമുള്ള ഉരുണ്ട ശിലാതരികളാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്നു. പലപ്പോഴും തരികളുടെ വലിപ്പം മണൽതരികൾക്ക് സമാനമാണ്. പാളികൾക്കനുസരിച്ച് നിറവ്യത്യാസവും ചില മണൽക്കല്ലുകളിൽ കാണുന്നു.

ഏതു ധാതുക്കളാണ് ഈ ശിലയിൽ കാണുന്നത്? ക്വാർട്സ് ധാതുവാണ് മണൽകല്ലിൽ പ്രധാനമായും കാണുന്നത്. ഫെൽഡ്സ്പാർ, മൈക്ക, മാഗ്നറ്റൈറ്റ്, ഗാർണറ്റ്, റൂടൈൽ, ഇൽമനൈറ്റ് തുടങ്ങിയ ധാതുക്കളും മണൽക്കല്ലിൽ കാണാറുണ്ട്.

ഇവ ഏതു വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്ന ശിലയാണ്? തീർച്ചയായും ഇത് അവസാദശിലകളാണ്.

തന്നിരിക്കുന്ന ശിലാസാമ്പിളുകളെ ടെക്സ്ചർ സവിശേഷത, അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതുസഞ്ചയം എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തിരിച്ചറിയാനും നാമകരണം ചെയ്യാനും നിങ്ങൾക്കു കഴിയും.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. താഴെ വിവരിച്ചിരിക്കുന്ന വിശേഷണങ്ങളുള്ള അവസാദശിലകളുടെ പേര് പറയുക.
   എ) 2 mm മുതൽ 256 mm ൽ അധികം വലിപ്പമുള്ള ശിലാതരികളോട് കൂടിയ ശിലകൾ
   ബി) മണൽതരി വലിപ്പമുള്ള ക്വാർട്സ് ധാതുവിനാൽ നിർമിതമായ ശില
   സി) കാൽസൈറ്റ് ധാതുവിനാൽ നിർമ്മിതമായിരിക്കുന്ന നോൺ-ക്ലാസ്റ്റിക് ശില.
   ഡി) $\frac{1}{256}$ mm ൽ താഴെ വലിപ്പമുള്ള ശിലാതരികളാൽ നിർമ്മിതമായ ശില.
2. താഴെപ്പറയുന്നവയിൽ നിന്നും നിങ്ങൾ എന്ത് അനുമാനിക്കുന്നു?
   എ) ദീർഘദൂരവഹനം = ശിലാകണങ്ങൾക്ക് ഉയർന്ന ഗോളീയത, നല്ല തരംതിരിവ്
   എ) ഹ്രസ്വദൂരവഹനം = ശിലാതരികളുടെ ശുഷ്കമായ തരംതിരിവ്, കൂർത്ത തരികൾ
3. അവസാദങ്ങളിലോ അവസാദശിലകളിലോ താഴെപറയുന്ന സവിശേഷതകൾ കാണുന്നുവെങ്കിൽ അവയുടെ നിക്ഷേപണ പ്രക്രിയയെകുറിച്ച് എന്തുവിവരമാണ് അത് നമുക്ക് നൽകുക.
   എ) ക്രോസ്ബെഡ്ഡ്, ബി) ഗ്രേഡഡ് ബെഡ്ഡിംഗ്, സി) മഴത്തുള്ളിപ്പാടുകൾ

1.4 കായാന്തരിത ശിലകൾ (Metamorphic rocks)

നമ്മൾ പഠിക്കേണ്ട മൂന്നാമത്തെ ഇനം ശിലകളാണ് കായാന്തരിത ശിലകൾ. താപനിലയിലും മർദ്ദത്തിലുമുള്ള വ്യതിയാനങ്ങൾ, ചില രാസഘടകങ്ങളുടെ കൂടിച്ചേരലും, നീക്കംചെയ്യലും തുടങ്ങിയ മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന പാരിസ്ഥിതിക അവസ്ഥകളോടുള്ള പ്രതികരണം മൂലം, നേരത്തെ നിലനിന്നിരുന്ന ശിലകൾക്ക് രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ചാണ് കായാന്തരിത ശിലകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നത്. ഭൗതിക പരിസ്ഥിതിയിൽ ഉണ്ടാവുന്ന മാറ്റങ്ങളുടെ ഫലമായി രൂപമാറ്റത്തിന് വിധേയമാകുന്ന ഏതിനം ശിലയിൽ നിന്നും കായാന്തരിത ശിലകൾ രൂപം കൊള്ളാവുന്നതാണ്. കായാന്തരിത ശിലകളുടെ രൂപീകരണത്തിലേയ്ക്ക് നയിക്കുന്ന രൂപമാറ്റ പ്രക്രിയയെ കായാന്തരണം (Metamorphism) എന്നുപറയുന്നു.

മാറ്റം എന്നർഥം വരുന്ന ഗ്രീക്കുഭാഷയിലെ 'meta', രൂപമെന്നർഥമുള്ള 'morph' എന്നിവ കൂടിച്ചേർന്നാണ് മെറ്റമോർഫിസം എന്ന പദമുണ്ടായത്. മെറ്റമോർഫിസമെന്നാൽ രൂപമാറ്റമെന്നർഥം. മാതൃശില നിലനിന്നിരുന്ന സാഹചര്യങ്ങളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി ഭൂമിക്കുള്ളിൽ രൂപപ്പെടുന്ന ഭൗതികവും രാസപരവുമായ സാഹചര്യങ്ങളിൽ, ശിലകളിലെ ധാതുസഞ്ചയത്തിലും ടെക്സ്ചറിനും സംഭവിക്കുന്ന ക്രമപ്പെടലുകളാണ് കായാന്തരണം എന്നു നിർവ്വചിക്കാം. നൈസ്

(Gneiss), സ്ലേറ്റ് (Slate), മാർബിൾ (Marble), ഷിസ്റ്റ് (Schist), ക്വാർട്സൈറ്റ് (Quartzite) തുടങ്ങിയവ സാധാരണ കാണപ്പെടുന്ന കായാന്തരിത ശിലകൾക്കുദാഹരണങ്ങളാണ്.

ഭൂവൽക്ക ചലനങ്ങളുടെ ഫലമായി ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ അഗാധ ഭാഗങ്ങളിലേയ്ക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുന്ന ശിലകൾ, ഉയർന്ന താപനിലക്കും മർദ്ദത്തിനും വിധേയമാകുന്നു. അഗാധതലങ്ങളിൽ വെച്ച് സമ്മർദത്താൽ ശിലകൾ ഞെരുങ്ങുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ശിലകൾ ചൂട്പിടിച്ച് ഉയർന്ന മർദത്തിന് വിധേയമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ സാഹചര്യത്തിൽ ശിലകൾ ഉരുകി ദ്രവമാകുന്നില്ലെങ്കിലും അവയിലെ ധാതുഘടകങ്ങൾക്ക് ഘടനമാറ്റം (ചിലപ്പോൾ രാസമാറ്റവും) സംഭവിക്കും. ഇങ്ങനെയാണ് ഒരുശില കായാന്തരിത ശിലയായി മാറുന്നത്.

കായാന്തരണത്തിന്റെ പരമാവധി പരിധി, ശിലകൾ ഉരുകാൻ തുടങ്ങുന്ന താപ മർദ്ദനിലകളാണ്. ഈ പരിധി കവിഞ്ഞാൽ ശില ഉരുകിപ്പോകുമെന്നതുകൊണ്ട് കായാന്തരണം സംഭവിക്കില്ല. ശില ഉരുകാൻ തുടങ്ങിയാൽ ആ പ്രക്രിയ ആഗ്നേയ പ്രക്രിയയായി മാറുന്നു. അത് കായാന്തരിത മണ്ഡലത്തിനപ്പുറമാണെന്ന് മനസിലായല്ലോ. കായാന്തരണം നടക്കുമ്പോൾ ഖരാവസ്ഥയിൽ തന്നെയാണ് മാറ്റ പ്രക്രിയകൾ നടക്കുന്നത്. ഇതിന് സാഹചര്യം സൃഷ്ടിക്കുന്നത്, ശിലയിലെ ധാതുതരികൾക്കിടയിലുള്ള ദ്രവങ്ങളാണ്. ഇക്കാരണം കൊണ്ട് തന്നെ ആഗ്നേയ പ്രക്രിയയിൽ നിന്നും കായാന്തരണം വളരെ വ്യത്യസ്തമാണ്.

കായാന്തരണത്തിന്റെ ഫലമായി ശിലയിലെ ധാതുസഞ്ചയത്തിലോ ടെക്സ്ചർ ഘടനയിലോ ഇവ രണ്ടിലുമോ മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു. പുതിയ ഊഷ്മ-മർദ്ദ സാഹചര്യങ്ങളിൽ സ്ഥിരത നിലനിർത്തുന്ന പുതിയ ധാതുസഞ്ചയങ്ങൾ ഈ കായാന്തരണ പ്രക്രിയയിലൂടെ പലപ്പോഴും ഉണ്ടാകുന്നു. രൂപാന്തരം സംഭവിക്കുന്നതിന് മുമ്പ് നിലനിന്നിരുന്ന ശിലയെ **'പൂർവ്വശില' (Protolith)** എന്നാണ് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. കായാന്തരണത്തിലൂടെ രൂപാന്തരണത്തിന് വിധേയമാകുന്ന പൂർവ്വശിലകൾ, അവസാദശിലകളോ ആഗ്നേയശിലകളോ മറ്റൊരു കായാന്തരിത ശിലതന്നെയോ ആകാം.

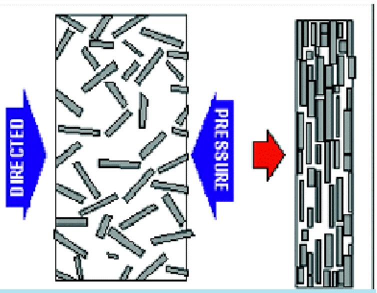
1.4.1 കായാന്തരണത്തിന്റെ കാരകങ്ങൾ/ഘടകങ്ങൾ (Agents or Factors of Metamorphism)

ഒരു പൂർവ്വശില രൂപാന്തരണത്തിലൂടെ കായാന്തരിതശിലയായി മാറുന്ന പ്രക്രിയയെ വ്യത്യസ്ത അനുപാതത്തിൽ സ്വാധീനിക്കുന്നത് മൂന്നു പ്രധാനഘടകങ്ങളാണ്. (1) താപം (2) മർദം (3) രാസദ്രവങ്ങൾ (വിവിധ അയോണുകൾ ലയിച്ചു ചേർന്ന ജലം) എന്നിവയാണവ.

1. താപ ഘടകം (Heat factor) : താപം രണ്ട് രീതിയിലാണ് കായാന്തരണ പ്രക്രിയയെ സ്വാധീനിക്കുന്നത്. ഒന്നാമത്, വ്യത്യസ്ത താപനിലകളിൽ ആറ്റങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത രീതിയിലും നിരക്കിലുമാണ് രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഏർപ്പെടുന്നത്. ഇതനുസരിച്ച്, ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ സ്ഥിരതയുള്ള ധാതു, ഉയർന്നതോ താഴ്ന്നതോ ആയ മറ്റൊരു താപനിലയിൽ അസ്ഥിരമാവുകയും ആ പുതിയ താപനിലയിൽ സ്ഥിരത കൈവരിക്കുന്ന ഒരു പുതിയ ധാതുവായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. രണ്ടാമത്, ഉയർന്ന താപനിലയിൽ പ്രസ്തുത ധാതുപരിവർത്തനം വളരെ വേഗത്തിൽ സംഭവിക്കുന്നു.

കായാന്തരണത്തിന് സഹായകമായ താപം വിവിധ താപസ്രോതസുകളിൽ നിന്നും ഉണ്ടാകുന്നു. (1) ഭൗമാന്തർ താപവ്യതിയാനം (ഭൂമിക്കുള്ളിലെ ഓരോ കിലോമീറ്റർ ആഴത്തിനും 20^0c - 30^0c പ്രകാരം ഊഷ്മാവ് കൂടുന്നു. അതായത് ആഴങ്ങളിലേക്ക് പോകുന്തോറും ഊഷ്മാവ് വളരെ കൂടുതലായിരിക്കും) (2) റേഡിയോ ആക്റ്റിവിറ്റി വികിരണം മൂലമുണ്ടാകുന്ന താപം (3) ചൂടുള്ള മാഗ്മയുടെ തള്ളിക്കയറ്റം (Intrusion) മൂലം ലഭ്യമാകുന്ന താപം എന്നിവ ഇതിലുൾപ്പെടുന്നു.

2. മർദ്ദ ഘടകം (Pressure Factor): വ്യത്യസ്ത ദിശകളിൽ നിന്നും ബലം ചെലുത്തപ്പെടുന്നതുകൊണ്ടാണ് ശിലകൾക്കുമേൽ മർദ്ദം ഉണ്ടാകുന്നത്. ശിലകൾക്കുമേൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന മർദ്ദം രണ്ട്തരത്തിലുള്ളതാണ്. **1. ശിലാസ്ഥിതികമർദ്ദം (Lithostatic pressure-Lithos-Rock; Static-Unchanged) 2. ദിശീയ മർദ്ദം (directed pressure)**. മുകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ശിലകളുടെ ഭാരം മൂലം താഴെയുള്ള ശിലയിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന മർദ്ദമാണ് ശിലാസ്ഥിതിക മർദ്ദം. ഇത് ജലമർദ്ദത്തിന് സമാനമായതും ലംബദിശയിൽ താഴോട്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്നതുമാണ്. സദിശീയമർദ്ദം-ഫലക ചലനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഈ മർദ്ദം-നിശ്ചിത ദിശകളിലാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. എല്ലാ ദിശകളിൽ നിന്നുമുള്ള ഞെരുക്കൽ (compression) ഒരു പോലെ അല്ലാത്ത പക്ഷം, അത്തരം ഞെരുക്കത്തെയാണ് വിഭിന്നദിശീയ മർദ്ദം (differential pressure) എന്ന് പറയുന്നത്. കായാന്തരണ വേളയിൽ ഇത്തരം വിഭിന്നദിശീയമർദം പ്രവർത്തിക്കുന്നെങ്കിൽ, അതിന് ശിലകളുടെ ടെക്സ്ചർ ഘടനയിൽ വലിയരീതിയിൽ സ്വാധീനം ചെലുത്താൻ കഴിയും. ദിശീയ മർദ്ദത്തിന്റെ സ്വാധീനത്തിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന ധാതുവിന് നിശ്ചിത ദിശയിലേക്കുള്ള ചായ്‌വ് (orientation) ഉണ്ടായിരിക്കും. ശിലയിൽ ഉള്ള നീണ്ടതും പരന്നതുമായ ധാതുക്കൾ ദിശീയ മർദ്ദത്തിന്റെ ഫലമായി ഒരു നിശ്ചിത ദിശയിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ രീതിയിൽ കായാന്തരിത ശിലകളിൽ കാണുന്ന ടെക്സ്ചർ ഘടനയെ **ഫോളിയേഷൻ (Foliation)** എന്നും, ആ സവിശേഷഘടന പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ശിലകളെ ഫോളിയേറ്റഡ് ശിലകൾ എന്നും പറയുന്നു.



ചിത്രം 1.25 : കായാന്തരണ വേളയിലെ മർദ്ദത്തിന്റെ ഫലം കാണിക്കുന്ന ചിത്രീകരണം

നീണ്ട ക്രിസ്റ്റലുകളായി കാണുന്ന ആംഫിബോൾ (amphibole), പരന്നരീതിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന മൈക്ക (mica) പോലെയുള്ള ധാതുക്കൾ ഇത്തരത്തിലുള്ള ദിശീയമർദ്ദം മൂലം പരസ്പരം സമാന്തരമായി ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതുപോലെ സംഭവിക്കുന്നത് ദിശീയ മർദ്ദത്തിൽ മാത്രമാണ്; ശിലാസ്ഥിതികമർദ്ദത്തിൽ അത് സാധ്യമല്ല. ഇവിടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രം ഈ സവിശേഷത വിശദമാക്കുന്നു *(ചിത്രം 1.25)*.

മുകളിൽ കണ്ടതുപോലെ, പരന്നതും നീണ്ടതുമായ ധാതുക്കൾ നിശ്ചിത ദിശയിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നതുകൊണ്ടാണ് ഫോളിയേഷൻ സാധ്യമാകുന്നത്. ചിത്രത്തിൽ നിന്നും അനുമാനിക്കാവുന്ന കാര്യം, പരന്നതും നീണ്ടതുമായ മൈക്ക, ക്ലോറൈറ്റ് പോലെയുള്ള ധാതുക്കളുടെ ക്രിസ്റ്റലുകൾ, അവയുടെ നീളം കൂടിയ അക്ഷം സങ്കോചദിശയ്ക്ക് ലംബമായി ഭ്രമണത്തിനു വിധേയമാകുന്നു എന്നാണ്.

3. **ദ്രവ ഘടകം (Fluid factor):** ദ്രവങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം കായാന്തരണ പ്രക്രിയയെ വേഗത്തിലാക്കുന്നു. വിവിധ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് ജലം ആവശ്യമാണ്. കായാന്തരണ പരിസരത്തെ ജലത്തിന്റെ അളവ് കൂടുതലാകുമ്പോൾ മേൽപറഞ്ഞ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ വേഗത്തിലാകുന്നു. ഈ ദ്രവത്തിൽ ലയിച്ചുചേർന്നിരിക്കുന്ന അയോണുകൾ, കായാന്തരണ പ്രക്രിയവഴി ഉണ്ടാകാവുന്ന ധാതുക്കൾക്ക് ആവശ്യമായ അയോണുകൾ നൽകും. അതുപോലെ തന്നെ ധാതുനിർമാണത്തിനാവശ്യമല്ലാത്തതും ആവശ്യത്തിൽ അധികമായി കാണുന്നതുമായ അയോണുകളെ അവ നീക്കം ചെയ്യും.

1.4.2 പുനർക്രിസ്റ്റലീകരണവും കായാന്തരണത്തിന്റെ ഗ്രേഡും (Recrystallization and grade of metamorphism)

കായാന്തരണം നടക്കുമ്പോൾ സംഭവിക്കുന്ന പ്രക്രിയകളിൽ പ്രധാനപ്പെട്ടത്, പൂർവ്വശിലയിലെ ധാതുക്കളുടെ പുനർക്രിസ്റ്റലീകരണമാണ് (ധാതുക്കളുടെ പുനഃസംഘാടനം). ഉദാഹരണത്തിന്, കായാന്തരണത്തിന് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്/ചോക്ക് പോലുള്ള അവസാദ ശിലകളിലെ ചെറിയ കാൽസൈറ്റ് ക്രിസ്റ്റലുകൾ, വലിയ ക്രിസ്റ്റലുകളായി പുനഃസംഘടിപ്പിക്കപ്പെടുകവഴി മാർബിൾ എന്ന പുതിയ ശിലയായി പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. മണൽകല്ലിന് കായാന്തരണം സംഭവിച്ച് ദൃഢത കൂടിയ ക്വാർട്സൈറ്റായി മാറുമ്പോൾ, അതിലെ മണൽതരികൾ (ക്വാർട്സ് ധാതുക്കൾ) പുനഃസംഘാടനത്തിന് വിധേയമായി, പരലുകൾ പരസ്പരം കൂടിക്കലർന്ന ടെക്സ്ചർ ഘടനയുള്ള വലിയ ക്രിസ്റ്റലുക

ളായി മാറുന്നു. വർധിച്ച താപനിലയും മർദ്ദവും ധാതുക്കളുടെ പുനർസംഘാടനത്തെ വേഗത്തിലാക്കുന്നു. ഒരു ശിലയിൽ കായാന്തരണമുണ്ടാകുമ്പോൾ അതിലെ ധാതുകണങ്ങൾക്ക് പുനർസംഘാടനം സംഭവിക്കുന്നു. അപ്പോൾ പൂർവ്വശിലയിലെ ധാതുകണങ്ങളുടെ വലിപ്പത്തിലും ആകൃതിയിലും മാറ്റമുണ്ടാകുന്നു എന്ന കാര്യം ശ്രദ്ധിക്കുമല്ലോ. മാത്രമല്ല, പുനർസംഘാടനത്തിൽ, കായാന്തരണത്തിന് വിധേയമാകുന്ന ശിലയിലെ ധാതുസഞ്ചയത്തിന് മാറ്റമുണ്ടായിട്ടില്ലെങ്കിൽപോലും പൂർവ്വശിലയുടെ ടെക്സ്ചർ പ്രകടമായ പരിവർത്തനത്തിന് വിധേയമാകുന്നു.

കായാന്തരണത്തിന്റെ ഗ്രേഡ് (Grade of metamorphism)

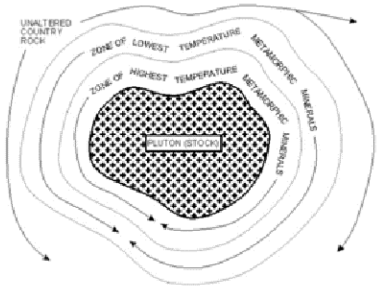
കായാന്തരിത ശിലകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത് ഏതു താപനിലയിലും മർദ്ദത്തിലുമാണെന്ന് അതിന്റെ ഗ്രേഡ് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. 320^0c ൽ കൂടിയ താപനിലയിലും താരതമ്യേന ഉയർന്ന മർദ്ദത്തിലുമാണ് ഉന്നത ഗ്രേഡിലുള്ള (High grade) കായാന്തരണം സംഭവിക്കുന്നത്. താഴ്ന്ന ഗ്രേഡിലുള്ള കായാന്തരണങ്ങൾ സംഭവിക്കുന്നത്, താപനില 200 നും 320^0c ഇടയിലും താരതമ്യേന താഴ്ന്ന മർദ്ദത്തിലുമാണ്.

പൂർവ്വശിലക്ക് സംഭവിക്കുന്ന കായാന്തരണത്തിന്റെ അളവിനെ/തീവ്രതയെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന അനൗപചാരികമായ സംജ്ഞയാണ് കായാന്തരണ ഗ്രേഡ്. എത്രത്തോളം ഉയർന്ന താപനിലയിലും മർദ്ദത്തിലുമാണോ ഒരു കായാന്തരിത ശില രൂപംകൊണ്ടത് അത്രയും ഉയർന്നതായിരിക്കും ആ ശിലയുടെ കായാന്തരണ ഗ്രേഡ്.

1.4.3 വിവിധതരം കായാന്തരണങ്ങൾ (Types of metamorphism)

ഊഷ്മാവ്, മർദ്ദം, രാസികം, തുടങ്ങിയ പാരിസ്ഥിതിക ഘടകങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് വ്യത്യസ്ത തരം കായാന്തരണം സംഭവിക്കുന്നു. പൂർവ്വശിലകളെ പുതിയ തരം ശിലകളായി പരിവർത്തിപ്പിക്കുന്ന കായാന്തരണ പ്രക്രിയകളെ താഴെപറയുന്ന ഇനങ്ങളായി തരംതിരിക്കാം.

1. സമ്പർക്ക കായാന്തരണം (Contact metamorphism): ആഗ്നേയവസ്തുക്കളുടെ തള്ളിക്കയറൽ നടക്കുന്നതിന് (Igneous intrusion) സമീപമുള്ള മേഖലകളിലാണ് ഇത്തരത്തിലുള്ള കായാന്തരണം നടക്കുന്നത്. ഈ പ്രക്രിയ വഴി മോചിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന താപംമൂലമാണ് ഇത് സംഭവിക്കുന്നത്. പ്ലൂട്ടോണുകൾ തണുക്കുമ്പോൾ, അവയിൽ നിന്നും പ്രവഹിക്കുന്ന താപം ചുറ്റുമുള്ള തദ്ദേശശിലകൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഈ താപം മിക്കപ്പോഴും സമീപത്തെ ശിലകളെ കായാന്തരണത്തിന് വിധേയമാക്കാൻ പര്യാപ്തമാണ്. ഇത്തരത്തിൽ കായാന്തരണം നടക്കുന്നത് ആഗ്നേയ ശിലാവസ്തുവിന്റെ സമ്പർക്കമേഖലയിലായതുകൊണ്ടാണ് ഇതിനെ സമ്പർക്ക കായാന്തരണം എന്നു വിളിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 1.26 : സമ്പർക്ക കായാന്തരണ മേഖലകൾ

മാഗ്മാറ്റിക് ഇൻട്രൂഷനിൽ നിന്നുള്ള താപം ഏറ്റവും കൂടുതലായി അനുഭവപ്പെടുന്നത് അതിന് തൊട്ടടുത്ത മേഖലകളിലായിരിക്കും. അതിൽ നിന്നുള്ള അകലം കൂടുന്തോറും താപത്തിന്റെ അളവ് കുറഞ്ഞിരിക്കും. ഇതിൽ നിന്ന് മനസിലാക്കേണ്ടത്, ഉന്നത താപധാതുക്കൾ (High temperature minerals) രൂപം കൊള്ളുന്നത് മാഗ്മാറ്റിക് പ്ലൂട്ടോണിന്റെ വളരെ അടുത്തായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ശിലാഭാഗത്താണെന്നതാണ്. താരതമ്യേന താഴ്ന്ന താപധാതുക്കൾ (Low temperature minerals) രൂപം കൊള്ളുന്നത് മാഗ്മാറിക് ഇൻട്രൂഷനിൽ നിന്നും അല്പം അകന്ന ഭാഗങ്ങളിലാണ്. സമ്പർക്ക മേഖലയിൽ നിന്നും കൂടുതൽ അകലെയുള്ള തദ്ദേശശിലാഭാഗത്ത് ധാതുപരിവർത്തനമുണ്ടാക്കാൻ അവിടുത്തെ താപം മതിയാകാതെ വരുന്നതിനാൽ, അവിടുത്തെ പൂർവ്വശിലാധാതുക്കൾ മാറ്റം കൂടാതെ തുടരുന്നു (ചിത്രം 1.26). സമ്പർക്ക കായാന്തരണം മൂലം പരിവർത്തനത്തിന് വിധേയമാകുന്ന തദ്ദേശശിലാപ്രദേശത്തെ ‘സമ്പർക്ക കായാന്തരണ ഓറിയോൾ’ (contact metamorphic aureole) എന്നു പറയുന്നു.

കായാന്തരണത്തിന്റെ ഗ്രേഡ്, മാഗ്മയും തദ്ദേശശിലയും തമ്മിലുള്ള സമ്പർക്കരേഖയിൽ നിന്ന് എല്ലാ ദിശകളിലേക്കുമുള്ള അകലം കൂടുന്തോറും കുറഞ്ഞുവരുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിനോടടുത്ത് ആഴം കുറഞ്ഞ മേഖലയിൽ, മാഗ്മയ്ക്കും സമീപസ്ഥശിലയ്ക്കും ഇടയിൽ താപാന്തരം വളരെ കൂടുതലാണ്. അതായത് ഉന്നത ഊഷ്മാവും താഴ്ന്ന മർദ്ദവുമാണ് ഇവിടെ അനുഭവപ്പെടുന്നത്. ഈയിനം സമ്പർക്ക കായാന്തരണത്തിന്റെ ഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്നത് വളരെ ചെറിയ തരികളോടെയുള്ള ഫോളിയേഷനില്ലാത്ത ഹോൺഫെൽസ് (hornfels) ശിലകളാണ്. ഈ വിഭാഗം കായാന്തരണ പ്രക്രിയയിൽ മുഖ്യകാരകം താപമാണ്, മറിച്ച് മർദ്ദമല്ല. അതിനാൽ ഈ കായാന്തരണത്തെ താപീയ കായാന്തരണം (thermal metamorphism) എന്നും വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു.

2. **ബറിയൽ കായാന്തരണം (Burial metamorphism):** മുകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ശിലകളുടെ ഭാരംമൂലം, താഴെയുള്ള ശിലകളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ശിലാമർദ്ദം ആഴം കൂടുന്തോറും കൂടുന്നു. അവസാദശിലകൾ നൂറുകണക്കിന് മീറ്റർ ആഴത്തിലേക്ക് അമരുമ്പോൾ അവയുടെ താപനില ഭിന്നദിശീയ മർദത്തിന്റെ അഭാവത്തിൽ 300^0c വരെ കൂടുന്നു. ഈ ആഴത്തിൽ ഭൗമാന്തർതാപവും ശിലാസ്ഥിതിക മർദ്ദവും ശിലാധാതുക്കളുടെ പുനസംഘടനയ്ക്കും പരിവർത്തനത്തിനും കാരണമാകുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ, ശിലാമർദ്ദത്തിന്റേയും ഭൗമാന്തർതാപത്തിന്റേയും സ്വാധീനഫലമായി നടക്കുന്ന കായാന്തരണമാണ് ബറിയൽ കായാന്തരണം (Burial Metamorphism). താപനിലയും മർദ്ദവും വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ബറിയൽ

കായാന്തരണം മേഖലാതല കായാന്തരണത്തിലേക്ക് (Regional Metamorphism) മാറുന്നു.

3. **ബലകൃത കായാന്തരണം (Dynamic metamorphism):** ദിശീയമർദ്ദമോ ഞെരുക്കലോ കായാന്തരണത്തിന്റെ മുഖ്യകാരകമായി വർത്തിക്കുമ്പോൾ, അതിനെ ബലകൃത കായാന്തരണം എന്നു പറയുന്നു. ഭ്രംശതലത്തിൽ കണ്ടുവരുന്ന ധാതുക്കളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന മാറ്റം ഇത്തരത്തിലുള്ളതാണ്. ലോകത്തിലെ പ്രധാന ഭ്രംശ മേഖലകളിൽ കൂടി ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങൾ എതിർദിശകളിൽ പരസ്പരം തെന്നി നീങ്ങുന്നു. ഇവിടെ ഭ്രംശനത്തിന് സമീപമുള്ള ശിലകളിൽ മർദ്ദം വളരെ കൂടുതലായി കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ താപനില ഇവിടെ കൂടുതലായിരിക്കില്ല. ഉന്നതമർദ്ദവും താഴ്ന്ന താപനിലയിലുമുള്ള ബലകൃത കായാന്തരണത്തിന് ഈ സാഹചര്യം വഴിയൊരുക്കുന്നു. ഇത്തരം കായാന്തരണ പ്രക്രിയയുടെ ഫലമായി ശിലകളുടെ ടെക്സ്ചർ ഘടനയിലാണ് മാറ്റങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നത്. ധാതുക്കളുടെ രാസഘടനയിൽ മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നില്ല. തൽഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന ടെക്സ്ചർ ഘടന, വളരെ ചെറിയ ശിലാകണങ്ങൾ ഉൾകൊള്ളുന്ന മൈലോണൈറ്റ് (Mylonite) എന്ന ശിലയിലേതിന് സമാനമാണ്.

4. **മേഖലാതല കായാന്തരണം (Regional metamorphism):** വളരെ ഉയർന്ന താപനിലയും മർദ്ദവും അനുഭവപ്പെടുന്ന വിസ്തൃതമായ പർവ്വത മേഖലകളിൽ ധാതു പുനർസംഘാടനം സംഭവിക്കുന്നത് മേഖലാതല കായാന്തരണം വഴിയാണ്. അതുകൊണ്ട് തന്നെ മടക്കു പർവതങ്ങളുടെ ഉള്ളിലെ കാമ്പ് ഭാഗത്ത് (Core of fold mountains) ഈ രീതിയിൽ കായാന്തരണം നടന്ന ശിലകൾ കാണുന്നു. മേഖലാതല കായാന്തരണം മിക്കപ്പോഴും ശിലാസ്ഥിതകമല്ലാത്തതും വിഭിന്നദിശീയമായതുമായ മർദ്ദത്തിന്റെ സ്വാധീനത്തിലാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. ഇതിന്റെ ഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്ന ശിലകളിൽ നല്ല രീതിയിൽ ഫോളിയേഷനുകൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. (ഉദാ: സ്ലേറ്റ്, ഷിസ്റ്റ്, നൈസ് തുടങ്ങിയവ). രണ്ട് ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ കൂട്ടിമുട്ടുന്നതുപോലുള്ള ഫലക ചലനങ്ങളുടെ ഫലമായാണ് ഈ മേഖലകളിൽ മർദ്ദവും ഞെരുക്കവും അനുഭവപ്പെടുന്നത്. സമ്മർദ്ദബലങ്ങൾ ശിലകളുടെ മടക്കപ്പെടലിനും ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ കനംകൂടുന്നതിനും കാരണമാവുന്നു. ഈ ശിലകൾക്ക് അധികം കനം ഉള്ളതിനാൽ ഭൂമിയുടെ ആഴങ്ങളിലേയ്ക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുന്നു. അവിടെ താപനിലയും മർദ്ദവും കൂടിയ അവസ്ഥയിലായിരിക്കും.

5. **മെറ്റസൊമാറ്റിസം (Metasomatism):** ശിലകൾക്ക് കായാന്തരണം സംഭവിക്കുമ്പോൾ, ശിലയുടെ രാസഘടന ഒന്നടങ്കം പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിനെയാണ് മെറ്റസൊമാറ്റിസം എന്നുപറയുന്നത്. ചുറ്റുമുള്ള ശിലകളിൽ നിന്ന് രാസവസ്തുക്കളും അയോണുകളും മറ്റു ശിലകളിലേയ്ക്ക് എത്തുന്നതുകൊണ്ടാണ് രാസഘടന മൊത്തത്തിൽ മാറുന്നത്. ഈ രാസവസ്തുക്കളെ ജലം വളരെ വേഗം

ദൂരപ്രദേശങ്ങളിലേയ്ക്ക് എത്തിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ ജലത്തിന്റെ പ്രവർത്തനം മൂലം, പഴയശിലയിൽ ആദ്യം ഇല്ലാതിരുന്ന പല മൂലകങ്ങളും പുതിയ ശിലയിൽ എത്തിപ്പെടുകയും ആദ്യം ഉണ്ടായിരുന്ന ചിലത് ഇല്ലാതാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ശിലയിലെ ധാതുക്കൾക്ക് പുനർസംഘാടനം സംഭവിക്കുന്നതിന്, പുതിയ രാസവസ്തുക്കളുടെ സാന്നിധ്യം അത്യാവശ്യമല്ലതാനും.

1.4.4 വിവിധതരം കായാന്തരിത ശിലകൾ (Types of metamorphic rocks)

വൈവിധ്യമാർന്ന പൂർവ്വശിലകൾ ഉള്ളതുകൊണ്ടും, കായാന്തരണത്തിന്റെ തരവും നിരക്കും വ്യത്യസ്തമായതുകൊണ്ടും കായാന്തരിത ശിലകളിൽ രൂപവൈവിധ്യം കാണുന്നു. കായാന്തരിത ശിലയിൽ ധാതുക്കൾ പാളികളായി കാണപ്പെടുന്ന സവിശേഷതയെ ഫോളിയേഷനുകൾ എന്ന് വിളിക്കുന്ന കാര്യം നിങ്ങൾ നേരത്തെ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുള്ളതാണ്. പുനഃസംഘാടന സമയത്ത് ശിലകൾ ഏതെങ്കിലും ഒരു നിശ്ചിത ദിശയിലേക്ക് ഞെരുക്കപ്പെടുമ്പോഴാണ് ഫോളിയേഷനുകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. കായാന്തരിത ശിലകളിലെ ടെക്സ്ചർ ഘടനയനുസരിച്ച് ഫോളിയേഷൻ ഉള്ളവയെന്നും ഫോളിയേഷൻ ഇല്ലാത്തവയെന്നും രണ്ട് വിഭാഗങ്ങളായി തരംതിരിക്കാവുന്നതാണ്. മിക്ക കായാന്തരിത ശിലകളും ഫോളിയേഷൻ ഉൾക്കൊള്ളുന്നവയാണ്.

ഫോളിയേറ്റഡ് ശിലയിലെ ധാതുതരികൾ സമാന്തരമായി അടുക്കുകളായി തീരുന്നു. ഇങ്ങനെ നിശ്ചിത ദിശയിൽ സമാന്തരപാളികളായി ധാതുകണങ്ങൾ ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടിട്ടില്ലാത്ത കായാന്തരിത ശിലകൾ നോൺ ഫോളിയേറ്റഡ് ശിലകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. സ്ലേറ്റ്, ഷിസ്റ്റ്, നൈസ്, ഫില്ലൈറ്റ് തുടങ്ങിയവ പ്രധാനപ്പെട്ട ഫോളിയേറ്റഡ് ശിലകളാണ്. മാർബിൾ, ഹോൺഫെൽസ്, ഗ്രീൻസ്റ്റോൺ, ഗ്രാന്യുലൈറ്റ് എന്നിവ ഫോളിയേഷൻ ഇല്ലാത്ത ശിലകളാണ്. ചില കായാന്തരിത ശിലകളുടെ വിവരണം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

1. സ്ലേറ്റ് (Slate)

ഷെയ്ൽ എന്ന അവസാദശിലയിൽ നിന്നും രൂപംകൊണ്ട ഫോളിയേഷനുള്ള കായാന്തരിതശിലയാണ് സ്ലേറ്റ്. 'സ്ലേറ്റിക്ലീവേജ്' (Slaty cleavage) എന്ന പ്രത്യേക തരം ഫോളിയേഷനാണ് സ്ലേറ്റിൽ കാണപ്പെടുന്നത്. മൈക്ക, ക്ലോറൈറ്റ്, ടാൽക്ക് തുടങ്ങിയ പരന്ന ധാതുക്കളുടെ പാളികൾ സമാന്തരമായി ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടാണ് സ്ലേറ്റിക്ലീവേജ് ഉണ്ടാകുന്നത്.

ചിത്രം 1.27 : സ്ലേറ്റ്

മഡ്സ്റ്റോൺ, ഷെയ്ൽ തുടങ്ങിയ ക്ലേ സമ്പുഷ്ട അവസാദശിലകളിൽ നിന്നും രൂപംകൊണ്ട, വളരെചെറിയ ശിലാതരികളുള്ള കായാന്തരിത

ശിലയാണ് സ്ലേറ്റ്. ഇതിനെ വളരെ എളുപ്പത്തിൽ നേർത്ത, കനംകുറഞ്ഞ പാളികളായി അടർത്തി മാറ്റാൻ സാധിക്കും *(ചിത്രം 1.27)*. മൈക്ക, ക്ലോറൈറ്റ്, ക്വാർട്സ് തുടങ്ങിയ ധാതുക്കളാണ് ഇതിൽ പ്രധാനമായും കാണുന്നത്.

കനംകുറഞ്ഞ ഷീറ്റുകളായി അടർത്തി മാറ്റാമെന്നുള്ളതുകൊണ്ട് കെട്ടിടങ്ങളുടെ മേൽക്കൂര നിർമാണത്തിന് സ്ലേറ്റ് ഉപയോഗിക്കാറുണ്ട്. കായാന്തരണത്തിന്റെ തീവ്രത വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച്, സ്ലേറ്റിലെ ധാതുതരികളുടെ വലിപ്പം കൂടുകയും അവ ഫില്ലൈറ്റ് എന്ന മറ്റൊരു ശിലയായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു.

2. ഫില്ലൈറ്റ് (Phyllite)

ഫില്ലൈറ്റ് സൂക്ഷ്മതരികളുള്ള ഒരു കായാന്തരിത ശിലയാണ്. വളരെചെറിയ തരികളടങ്ങിയ ഷെയ്ൽ പോലുള്ള അവസാദശിലയിൽ ധാതുപുനസംഘാടനം സംഭവിച്ചാണ് ഇതുണ്ടാകുന്നത് (ചിത്രം 1.28). ഷീറ്റുകളായി വേർപിരിയാനുള്ള ഒരു ശിലയുടെ പ്രവണതയെ ഫിസ്സിലിറ്റി (Fissility) എന്നു പറയുന്നു. പരന്ന ധാതുക്കളുടെ പ്രത്യേക ക്രമീകരണംമൂലം ഫില്ലൈറ്റിന് ഫിസ്സിലിറ്റി വളരെ കൂടുതലാണ്. മൈക്ക ധാതുക്കൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതുകൊണ്ട് ഇവയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ഒരു പ്രത്യേക തിളക്കം കാണാനുണ്ട്.

ചിത്രം 1.28 : ഫില്ലൈറ്റ്

താരതമ്യേന, ഗ്രേഡ് കുറഞ്ഞ കായാന്തരിതസാഹചര്യങ്ങളിലാണ് ഫില്ലൈറ്റ് രൂപം കൊള്ളുന്നത്. കായാന്തരിത ശിലകളായ സ്ലേറ്റിന്റേയും ഷിസ്റ്റിന്റേയും ഇടയിലുള്ള ഭൗതിക സവിശേഷതകളാണ് ഫില്ലൈറ്റിനുള്ളത്. ഇതിലെ ശിലാതരികൾ സ്ലേറ്റിലേതിനേക്കാൾ വലിപ്പം കൂടിയവയും എന്നാൽ ഷിസ്റ്റിലേതിനേക്കാൾ വലിപ്പം കുറഞ്ഞവയുമാണ്.

3. ഷിസ്റ്റ് (Schist)

ഷിസ്റ്റോസ് (Schistose) എന്ന സവിശേഷ ഫോളിയേഷൻ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ശിലയാണ് ഷിസ്റ്റ് *(ചിത്രം 1.29)*. ഷിസ്റ്റിലെ ഫോളിയേഷൻ സ്ലേറ്റിലേതിൽ നിന്നും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് പ്രധാനമായും ധാതുതരികളുടെ വലിപ്പത്തിലാണ്. ഷിസ്റ്റിൽ ശിലയിലെ ധാതുക്കൾ ഒരു നിശ്ചിത ദിശയിൽ ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുകയും അവയെ വെറും കണ്ണുകൊണ്ടും ലെൻസുപയോഗിച്ചും വ്യക്തമായി കാണാവുന്നവയുമാണ്. പരന്ന ധാതുക്കളായ ആംഫിബോൾ, മൈക്ക എന്നിവയാണ് ഷിസ്റ്റിലടങ്ങി

ചിത്രം 1.29 : ഷിസ്റ്റ്

യിരിക്കുന്ന പ്രധാന ധാതുക്കൾ. അവ സമാന്തരമായോ ഏതാണ്ട് സമാന്തരമായോ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ ശിലകൾക്ക് പൊട്ടി പിളരാനുള്ള പ്രവണതയുണ്ട്.

സ്ലേറ്റ് ഉണ്ടാകുന്നതിനേക്കാൾ ഗ്രേഡ്കൂടിയ മേഖലാതല കായാന്തരണത്തിലൂടെയാണ് ഷിസ്റ്റ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഷിസ്റ്റിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ധാതുക്കളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി അവയെ വിവിധങ്ങളായി വർഗീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ടാൽക്ക് ധാരാളമടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഷിസ്റ്റിനെ ടാൽക്ക് ഷിസ്റ്റ് എന്നുപറയുന്നു. ഇവയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ സ്പർശിക്കുമ്പോൾ ഗ്രീസീയത അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഇരുണ്ട പച്ചനിറമുള്ള ഇവയ്ക്ക് വളരെയധികം ഷിസ്റ്റോസിറ്റി ഉള്ളതായി കാണാം. രണ്ട്തരം മൈക്കകൾ കാണാമെങ്കിലും മൈക്കാ ഷിസ്റ്റ് മിക്കപ്പോഴും ബയോടൈറ്റ് മൈക്കയെക്കാൾ മസ്കവൈറ്റ് മൈക്ക കൊണ്ടാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ടാൽക്ക് ഷിസ്റ്റിനേക്കാൾ ഉയർന്ന ഗ്രേഡുള്ള കായാന്തരിത ശിലയാണിത്. വലിയതരികളുള്ള ഇവയിൽ വലിയ ഒറ്റയായ മൈക്കാപാളികൾ വ്യക്തമായി കാണാൻ സാധിക്കും.

ബസാൾട്ട്, ഗാബ്രോ തുടങ്ങിയ ആഗ്നേയ ശിലകളിൽ നിന്നും കായാന്തരണഫലമായി രൂപംകൊണ്ട ആംഫിബോൾ (ഹോൺബ്ലെന്റ്) കൂടുതലായി അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഷിസ്റ്റ് ആംഫിബൊലൈറ്റ് എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു.

4. നൈസ് (Gneiss)

വലിയതരികളുള്ള ഗ്രാന്യുലർ കായാന്തരിത ശിലയാണ് നൈസ്. ഇളംനിറമുള്ള ഫെൽസിക് ധാതുക്കൾ, കടുംനിറമുള്ള മാഫിക് ധാതുക്കൾ എന്നിവയുടെ പാളികൾ ഒന്നിടവിട്ട് ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടാണ് ഇതിൽ ഫോളിയേഷൻ ഉണ്ടായിരിക്കുന്നത്. ഇത്തരം ഫോളിയേഷനെ നൈസിക് ബാൻഡിംഗ് (Gneissic banding) എന്ന് വിളിക്കുന്നു *(ചിത്രം 1.30)*. ഗ്രാനൈറ്റിലേതിന് സമാനമാണ് നൈസിലെ ധാതുസഞ്ചയം. ഉന്നത ഊഷ്മാവിലും മർദ്ദത്തിലും തീവ്രമായ കായാന്തരണം സംഭവിച്ചാണ് നൈസ് ഉണ്ടാകുന്നത്.

ചിത്രം 1.30 : നൈസ്

നിശ്ചിത പ്രതലത്തിലൂടെ പിളരാനുള്ള പ്രവണത താരതമ്യേന കുറഞ്ഞിരിക്കുന്ന ശിലയാണ് നൈസെന്നു പറയാം. മറിച്ച് ഷിസ്റ്റ്, അതിലെ പരന്ന ധാതുക്കളുടെ സമാന്തരമായുള്ള ക്രമീകരണം മൂലം നിശ്ചിത പ്രതലത്തിലൂടെ പിളരാനുള്ള പ്രവണത കാണിക്കുന്നു.

5. മാർബ്ൾ (Marble)

കാൽസൈറ്റ്, ചെറിയ അളവിൽ ഡോളൊമൈറ്റ് എന്നീ ധാതുക്കളാൽ നിർമിതമായിരിക്കുന്ന ശിലയാണ് മാർബ്ൾ *(ചിത്രം 1.31)*. ചുണ്ണാമ്പുകല്ലിന് കായാന്തരണം സംഭവിച്ചാണ് മാർബ്ൾ ഉണ്ടാവുന്നത്. കായാന്തരണം മൂലം പ്രധാനമായും

ചിത്രം 1.31 : മാർബിൾ

ധാതുതരികളുടെ വലിപ്പം വർധിക്കുന്നു. കാൽസൈറ്റ്, ഡോളോമൈറ്റ് ക്രിസ്റ്റലുകൾ എല്ലാദിശയിലും ഏറെക്കുറെ തുല്യ വലിപ്പമുള്ളവയായതിനാൽ ഷിസ്റ്റ് ശിലയിൽ നിന്നും വിഭിന്നമായി അവയിൽ മൈക്ക അടങ്ങിയിട്ടില്ലാത്ത പക്ഷം 'മാസ്സീവ്' (Massive) രൂപത്തിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. മൈക്ക അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന പക്ഷം ചെറിയ അളവിൽ ഫോളിയേഷനും കാണപ്പെടുന്നു.

6. ക്വാർട്ട്സൈറ്റ് (Quartzite)

ചിത്രം 1.32 : ക്വാർട്ട്സൈറ്റ്

മണൽകല്ല് ദൃഢമായ ക്വാർട്ട്സോടുകൂടിയ ശിലയായി പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെട്ട് ക്വാർട്ട്സൈറ്റ് ആയി മാറുന്നു *(ചിത്രം 1.32)*. ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിലും മർദ്ദത്തിലും വരെ ക്വാർട്സ് സ്ഥിരത കൈവെടിയാത്തതിനാൽ മണൽക്കല്ലിന്റേയും ചെർട്ടിന്റേയും (chert) കായാന്തരണത്തിൽ ക്വാർട്സിന് പുനഃക്രിസ്റ്റലീകരണം മാത്രമേ ഉണ്ടാകുന്നുള്ളൂ. തൽഫലമായി ക്വാർട്സ് ക്രിസ്റ്റലുകൾ പരസ്പരം ഇടതൂർന്ന് വളർന്ന് ദൃഢതകൂടിയ ക്വാർട്ട്സൈറ്റായി മാറുന്നു.

മണൽക്കല്ലിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി, ക്വാർട്ട്സൈറ്റിൽ സുഷിരങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കുകയില്ല, മറിച്ച് മിനുസമുള്ള ഫ്രാക്ചർ കാണുകയും ചെയ്യുന്നു. ചുറ്റിക കൊണ്ട് അടിച്ചാൽ, ഈ ശിലകൾ ക്വാർട്സ് തരികളിലൂടെ പൊട്ടി ക്രമരഹിതമായ പ്രതലത്തിനുപകരം മിനുസമായ പ്രതലം കാഴ്ചവെയ്ക്കുന്നു.

ഉന്നത ഗ്രേഡിലുള്ള കായാന്തരണം ഗ്രാന്യുലൈറ്റ് (granulite) എന്ന മറ്റൊരു ശിലയുടെ രൂപീകരണത്തിന് കാരണമാകുന്നു. പരന്ന ധാതുക്കളൊന്നും തന്നെ അടങ്ങിയിട്ടില്ലാത്തതിനാൽ ഇവ ഫോളിയേഷൻ കാണിക്കുന്നില്ല. ഗ്രാന്യുലൈറ്റിൽ മൈക്ക, ആംഫിബോൾ എന്നീ ധാതുക്കൾ അടങ്ങിയിട്ടില്ല. എന്നാൽ പൈറോക്സിൻ, ഗാർണറ്റ്, കയനൈറ്റ്, സില്ലിമനൈറ്റ്, ക്വാർട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ തുടങ്ങിയ ധാതുക്കളാണ് അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്. തരിവലുപ്പം കുറഞ്ഞിരിക്കുന്ന, ഫോളിയേഷനില്ലാത്ത മറ്റൊരു കായാന്തരിത ശിലയാണ് ഹോൺഫെൽസുകൾ. തരിവലുപ്പം കൂടിയ ഹോൺഫെൽസുകളെ ലെൻസിന്റെ സഹായത്താൽ ഗോചരമാകുന്നുണ്ടെങ്കിൽ അവ ഗ്രാന്യുലൈറ്റ് വിഭാഗത്തിൽ തന്നെ ഉൾപ്പെടുത്തുന്നു.

7. ചാർണക്കൈറ്റ് (Charnockite)

ഗ്രാനുലിറ്റിക് ടെക്സ്ചർ ഘടനയോടുകൂടിയ ഹൈപ്പർസ്തീൻ ധാതു അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഗ്രാനൈറ്റിനെയാണ് ചാർണക്കൈറ്റ് എന്ന് പറയുന്നത് *(ചിത്രം 1.33)*. ഹൈപ്പർസ്തീൻ, ഫെൽഡ്സ്പാർ, ക്വാർട്സ് എന്നിവയാണ് ഈ ശിലയിൽ

ചിത്രം 1.33 : ചാർണക്കൈറ്റ്

അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന പ്രധാന ധാതുക്കൾ. ചില യിനത്തിൽ തവിട്ടു കലർന്ന പച്ചനിറത്തിലുള്ള ഹോൺബ്ലെൻഡും ധാരാളമായി ടൈറ്റാനിയവും അടങ്ങിയിരിക്കും. കേരളത്തിൽ കാണുന്ന പ്രധാനപ്പെട്ട ശിലാഗ്രൂപ്പുകളിലൊന്നാണ് ചാർണക്കൈറ്റ്. വ്യത്യസ്ത രാസഘടനയോട് കൂടിയ ചാർണക്കൈറ്റുകളെ കുറിച്ച് ആദ്യമായി വിശദീകരണം ലഭിച്ചത് തമിഴ്നാട് സംസ്ഥാനത്തിൽ നിന്നാണ്. കൊൽക്കത്ത നഗരത്തിന്റെ സ്ഥാപകനായ ജോബ് ചാർണോക്കിന്റെ നാമധേയത്തിലാണ് ഈ ശിലക്ക് ആ പേര് ലഭിച്ചത്. ലോകത്തെമ്പാടും ചാർണക്കൈറ്റ് കാണപ്പെടുന്നു. പലപ്പോഴും അപരദനത്തിന് വിധേയമായ മിക്ക പ്രീകാംബ്രിയൻ ആധാര ശിലകളും ചാർണക്കൈറ്റാണ്.

ചാർണക്കൈറ്റ് ശിലകൾ സിലിക്കേറ്റ് മാഗ്മയുടെ അംശിക ക്രിസ്റ്റലീക്കരണത്തിലൂടെ (Fractional crystallisation) ഉണ്ടായതാണെന്നായിരുന്നു മുൻകാലങ്ങളിൽ വിശ്വസിച്ചിരുന്നത്. പിൽക്കാലത്ത് നടന്ന പഠനങ്ങൾ, ഇവ കായാന്തരിത ശിലകളാണെന്നും ഉന്നത മർദ്ദത്തിലും താപനിലയിലും പൂർവ്വശിലയിലെ ധാതുക്കൾക്ക് പുനഃക്രിസ്റ്റലീകരണം സംഭവിച്ചാണ് ചാർണക്കൈറ്റ് ഉണ്ടായതെന്നും തെളിയിച്ചു.

ഇനി, നിങ്ങളുടെ സ്കൂളിലെ ഭൂവിജ്ഞാനീയ ലബോറട്ടറിയിൽ ലഭ്യമായിട്ടുള്ള കായാന്തരിത ശിലകളെ തിരിച്ചറിയാൻ ശ്രമിക്കുക. പാഠപുസ്തകത്തിന്റെ അവസാനഭാഗത്ത് ചേർത്തിരിക്കുന്ന അനുബന്ധം II ൽ പട്ടിക 3 ലെ കായാന്തരിത ശിലകളെക്കുറിച്ചുള്ള വിവരണങ്ങളും കാണുക. ഫോളിയേറ്റഡ് ശിലകളും (സ്ലേറ്റ്, ഷിസ്റ്റ്, നൈസ്) ഫോളിയേറ്റഡ് അല്ലാത്ത ശിലകളും (മാർബ്ൾ, ക്വാർട്സൈറ്റ്, ചാർണക്കൈറ്റ്) കാണിക്കുന്ന ടെക്സ്ചർ ഘടനകൾ താരതമ്യം ചെയ്യുക. ഓരോ കായാന്തരിത ശിലയിലും പ്രകടമായി കാണുന്ന ധാതുക്കൾ ഏതൊക്കെയാണെന്ന് തിരിച്ചറിയുക. പൂർവ്വശിലയിൽ നിന്നും വിവിധ കായാന്തരിത ശിലകൾ രൂപീകൃതമായിരിക്കുന്നത്, ഏതേത് തരത്തിലുള്ള കായാന്തരണ പ്രക്രിയകളിലൂടെയായിരിക്കുമെന്ന് പ്രസ്താവിക്കുക.

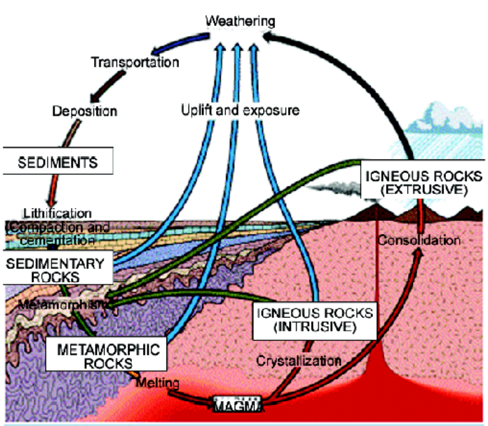
പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ഓരോ കായാന്തരിത ശിലയ്ക്കും ഒരു പൂർവ്വശിലയുണ്ടായിരിക്കും. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഓരോ കായാന്തരിതശിലയുടേയും പൂർവ്വശില ഏതെന്ന് കണ്ടെത്തുക.
   സ്ലേറ്റ്, മാർബ്ൾ, ക്വാർട്സൈറ്റ്, ഷിസ്റ്റ്
2. കായാന്തരണ പ്രക്രിയയിൽ ഫോളിയേഷൻ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നത് എങ്ങനെയാണ്?
3. കായാന്തരണത്തിന്റെ ഗ്രേഡ്, ശിലയിലെ ഫോളിയേഷന്റെ മികവ് എന്നിവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കണ്ടെത്താമോ?

1.5 ശിലാചക്രം (Rock cycle)

പ്രധാനമായും മൂന്ന് തരം ശിലകളുണ്ടെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചുകഴിഞ്ഞു. ഓരോ ഇനം ശിലയും എങ്ങനെയുണ്ടാകുന്നു എന്നും അവയ്ക്കോരോന്നിനും ഉദാഹരണം കണ്ടെത്താനാകുമെന്നും നിങ്ങൾ ഉറപ്പുവരുത്തുക. ഭൂമിയിലെ ശിലകൾ ഒരേ രൂപത്തിൽ തന്നെ എന്നും നിലനിൽക്കുന്നില്ല. അപക്ഷയം, വലിയ തോതിലുള്ള ഭൂചലനം തുടങ്ങിയവ കാരണം, അവ തുടർച്ചയായി മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. കാലപ്രവാഹത്തിൽ, ഒരു ശില മറ്റൊന്നായി മാറിയേക്കാം. ശിലാചക്രമെന്ന (rock cycle) ഒരു ഭൗമമാതൃക ഇത് വിശദമാക്കുന്നു. ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങളിലൂടെ ശിലകൾ സാവധാനം പുനർനിർമ്മിയ്ക്കപ്പെടുന്നു. ശിലാചക്രം, ഭൂമിയിലെ ശിലകൾ എങ്ങനെ വീണ്ടും വീണ്ടും മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകുന്നു എന്ന് കാണിക്കുന്നു.

ആഗ്നേയശിലകൾ അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുകയും പൊടിഞ്ഞ് അവസാദങ്ങൾ ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. അവസാദങ്ങൾ ശിലാരൂപം കൈവരിച്ച് അവസാദശിലകളാകുന്നു. അവസാദശിലകൾ ഭൗമപ്രക്രിയകൾ വഴി ആഴങ്ങളിലേയ്ക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുകയും ഉന്നത താപത്തിനും മർദ്ദത്തിനും വിധേയമായി കായാന്തരിത ശിലകളായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉരുകിയ ശിലാദ്രവം ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കപ്പെട്ട് വീണ്ടും ആഗ്നേയശിലയുണ്ടാകുന്നു. ഇങ്ങനെ ശിലാചക്രം പൂർണ്ണമാവുന്നു.



ചിത്രം 1.34 : ശിലാചക്രം

ശിലാചക്രത്തിൽ മാറ്റത്തിന്റെ വിവിധ വഴികൾ സാധ്യമാണ്. ഈ പ്രക്രിയകൾ ഊഷ്മാവ്, മർദ്ദം, കാലം, ഭൂവൽക്കത്തിലേയും ഭൗമോപരിതലത്തിലേയും പരിസ്ഥിതിയിലെയും മാറ്റം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. മൂന്ന് വിഭാഗം ശിലകളേയും പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന തുടർച്ചയായ പരിവർത്തന പ്രക്രിയയെയാണ് ശിലാചക്രം പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നത്.

ചിത്രം 1.34 ലെ ശിലാചക്രം പരിശോധിച്ച്, ഒരു മാഗ്മയിൽ നിന്നും ഗ്രാനൈറ്റ്, ഗ്രാനൈറ്റിൽ നിന്ന് കായാന്തരിത ശിലയായ നൈസ്, നൈസിൽ നിന്ന് സാൻഡ്സ്റ്റോൺ തുടങ്ങിയവ ഉണ്ടാകുന്ന പാത മനസിലാക്കുക. നിങ്ങളുടെ പ്രവർത്തന പുസ്തകത്തിൽ ഈ ആശയങ്ങൾ ചിത്രരൂപത്തിൽ അടയാളപ്പെടുത്തിവയ്ക്കുക.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ഭൗമശാസ്ത്രത്തിന്റെയും ഭൗമവ്യവസ്ഥയുടെ ചലനാത്മാകതയുടെയും പഠനത്തിന് ശിലകളെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവ് അനിവാര്യമാണ്. ഫലകചലനങ്ങളോടൊപ്പം ശിലകളും സസ്യജാലങ്ങളും അപക്ഷയവും ഒക്കെ നമുക്ക് ചുറ്റും ദൃശ്യമാകുന്ന വൈവിധ്യങ്ങളായ ഭൂപ്രകൃതിയെ നിർവ്വചിക്കുന്നു.

ആഗ്നേയശിലകളിൽ പരസ്പരം വിളക്കിചേർത്ത രീതിയിലാണ് അതിലെ ശിലാകണങ്ങൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. ക്രിസ്റ്റലുകളുടെ വലുപ്പം, ഉരുകിയ മാഗ്മ എത്രവേഗത്തിൽ അല്ലെങ്കിൽ എത്ര സാവധാനത്തിലാണ് ഖരീഭവിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. മിക്ക അവസാദശിലകളിലും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്, മാതൃശിലയ്ക്ക് അപക്ഷയം സംഭവിച്ച് രൂപം കൊണ്ട, നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതിനുമുമ്പ് ജലം, കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ എന്നിവയാൽ വഹിക്കപ്പെട്ട ശിലാതരികളാണ്. അവസാദശിലയുടെ ടെക്സ്ചർ ഘടനയ്ക്ക്, അവസാദങ്ങൾ ശിലാവൽക്കരിക്കപ്പെടുന്നതിന് മുമ്പ് അവ ഏത് തരം പരിസ്ഥിതിയിൽ നിന്നാണ് അപക്ഷയം, വഹനം, നിക്ഷേപണം എന്നിവ സംഭവിച്ചതെന്ന് സൂചന നൽകാൻ കഴിയും.

അവസാദശിലകളിൽ നിന്നും ആഗ്നേയശിലകളിൽ നിന്നും മാത്രമല്ല, മറ്റു കായാന്തരിത ശിലകളിൽ നിന്നും കായന്തരിത ശിലകൾ ഉൽഭവിക്കുന്നു. കാലപ്രവാഹത്തിൽ താപത്തിന്റേയും മർദ്ദത്തിന്റേയും സ്വാധീനഫലമായാണ് കായാന്തരിത ശിലകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ശിലയിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതുകണങ്ങളുടെ സമാന്തര ക്രമീകരണത്തിലൂടെയാണ് ഫോളിയേറ്റഡ് ശിലകളുണ്ടാകുന്നത്. ധാതുക്കൾ സമാന്തര ബാൻഡുകളായി ക്രമീകരിക്കാത്ത ശിലകളാണ് ഫോളിയേഷനില്ലാത്ത ശിലകൾ. ശിലാചക്രം, ഒരു വിഭാഗത്തിൽപ്പെട്ട ശില രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ച് മറ്റൊരുതരം ശിലയാകുന്ന പ്രക്രിയകൾ വിശദീകരിക്കുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. താഴെപറയുന്നവയിൽ ഏതാണ് അവസാദശില.

   എ) ഷെയ്ൽ ബി) സ്ലേറ്റ് സി) ഗ്രാനൈറ്റ് ഡി) ചാർണക്കൈറ്റ്

2. അവസാദശിലകളുടെ രൂപീകരണത്തിലെ ക്രമം ഏതാണ്?

   എ) നിക്ഷേപണം - ഒട്ടിച്ചേരൽ - ദൃഢീകരണം

   ബി) ദൃഢീകരണം - നിക്ഷേപണം - ഒട്ടിച്ചേരൽ

   സി) നിക്ഷേപണം - ദൃഢീകരണം - ഒട്ടിച്ചേരൽ

3. ആഗ്നേയ ശിലകളിലെ ചെറിയ തരികളുടെ സാന്നിധ്യം എന്താണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്?

   എ) ശിലാദ്രവം വളരെ വേഗത്തിൽ തണുത്തത്.

   ബി) ശിലാദ്രവം വളരെ സാവധാനം തണുത്തത്.

   സി) ശിലാദ്രവം വളരെ ആഴത്തിലാണ് തണുത്തത്.

   ഡി) ഉൽഭവപരമായി തന്നിരിക്കുന്ന ശില പ്ലൂട്ടോണിക് ആണ്.

4. കായാന്തരിത ശിലകളെ സംബന്ധിച്ച് ശരിയായ പ്രസ്താവന ഏത്?

   എ) ഉരുകുന്നതുവരെ ചൂടാകുമ്പോഴാണ് അവ ഉണ്ടാകുന്നത്.

   ബി) ചൂടായ അവസാദശിലകളിൽ നിന്നുമാത്രമാണ് അവ ഉണ്ടാകുന്നത്

   സി) എല്ലാതരം ശിലകളിൽ നിന്നും അവ ഉണ്ടാകുന്നു.

   ഡി) ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലാണ് അവ ഉണ്ടാകുന്നത്.

5. മൂന്ന് വിഭാഗം ശിലകളിൽ, ഏതിനമാണ് ഭൗമോപരിതലത്തിൽ രൂപം കൊള്ളുന്നത്, ഏതിനമാണ് ഭൂവൽക്കത്തിന് താഴെ ഉണ്ടാകുന്നത്?

6. എന്തുകൊണ്ടാണ് അന്തർജാത ശിലകളിൽ വലിയതരികളും ബാഹ്യജാത ശിലകളിൽ ചെറിയ ശിലാതരികളും കാണപ്പെടുന്നത്?

7. ക്ലാസ്റ്റിക് അവസാദശിലകൾ ക്ലാസ്റ്റിക് അല്ലാത്ത ശിലകളിൽ നിന്നും എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു?

8. മണൽക്കല്ല്, ക്വാർട്ട്സൈറ്റ് എന്നീ ശിലകൾ തമ്മിലുള്ള സാദൃശ്യങ്ങളും വ്യത്യാസങ്ങളും എന്തൊക്കെയാണ്?

9. സ്ലേറ്റ്, നൈസ് എന്നീ ശിലകളെ വേർതിരിക്കുന്നതെങ്ങനെ?

10. ഗ്രാനൈറ്റ്, ബസാൾട്ട് എന്നീ ശിലകളുടെ ടെക്സ്ചർ ഘടന, ധാതുസഞ്ചയം എന്നിവ എഴുതുക.

11. ക്വാർട്സ് ധാരാളമായി അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ആഗ്നേയ, അവസാദ, കായാന്തരിത ശിലകളുടെ പേരെഴുതുക.

12. ആഗ്നേയശില അവസാദശിലയായും അത് കായാന്തരിത ശിലയായുമൊക്കെ പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ചാക്രിക പ്രക്രിയ വിശദീകരിക്കുക.