അധ്യായം

05

ഭൂമിയുടെ ചരിത്രം (History of the Earth)

H8L8I5

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

ഈ പാഠഭാഗങ്ങൾ പൂർത്തിയാകുന്നതോടെ പഠിതാവ്

- ശിലാപാളികളിൽ ഫോസിലുകൾ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നതിന് ആവശ്യമായ അനുകൂല സാഹചര്യങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- വിവിധതരം ഫോസിലീകരണ രീതികൾ ചുരുക്കി വിവരിക്കുന്നു.
- ശിലാസ്തര പഠനത്തിൽ ഫോസിലുകളുടെ പ്രാധാന്യം വിവരിക്കുന്നു.
- ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലം എന്ന ആശയം ഉൾക്കൊണ്ട് ഭൂമിയുടെ ചരിത്രം മനസ്സിലാക്കുന്നതിൽ അതിന്റെ പ്രാധാന്യം ഗ്രഹിക്കുന്നു.
- ഭൂവൈജ്ഞാനിക സംഭവങ്ങളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായവും കേവല പ്രായവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം സ്ഥാപിക്കുന്നു.
- ശിലാസ്തര പഠനത്തിലെ തത്വങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് ശിലകളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായം കണക്കാക്കുന്ന രീതി പ്രസ്താവിക്കുന്നു.

ഭൂവൈജ്ഞാനീയത്തിൽ, ഇന്ന് നാം കാണുന്ന ഭൂമിയെ കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നതിന് പുറമേ, ഭൂമിയുടെ ചരിത്രവും പഠനവിഷയമാക്കുന്നുണ്ട്. ഭൗമചരിത്രത്തിലുടനീളം ഭൂമി പരിണാമത്തിന് വിധേയമായിട്ടുണ്ട്, വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂമി ഇപ്പോഴത്തെ അവസ്ഥയിലേയ്ക്ക് ഉരുത്തിരിഞ്ഞ് വന്നപ്പോൾ അതിലെ ജീവജാലങ്ങൾക്കും മറ്റുമുണ്ടായ പരിണാമ വികാസങ്ങളുടെ പഠനം പ്രതിപാദിക്കുന്ന ഭൂവൈജ്ഞാനികത്തിന്റെ ഒരു ശാഖയാണ് **ചരിത്ര ഭൂവിജ്ഞാനീയം (Historical Geology).**

5.1 സ്തരവിജ്ഞാനീയവും പുരാജൈവ ശാസ്ത്രവും (Stratigraphy and Palaeontology)

ശിലാശ്രേണികളുടെ (rock successions) വിവരണവും ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമവുമുപയോഗിച്ചുള്ള അപഗ്രഥനവും വ്യാഖ്യാനവും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഭൂവൈജ്ഞാനിക ശാഖയാണ് സ്തരവിജ്ഞാനീയം (Stratigraphy). ചരിത്ര ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനം കൂടിയാണിത്. എണ്ണ, പ്രകൃതി വാതക - പുരാവസ്തു പഠന മേഖലകളിലും ശിലാസ്തര പഠനതത്വങ്ങൾ പ്രയോഗിക്കാറുണ്ട്. അവസാദശിലകളും സ്തരിത ആഗ്നേയ ശിലകളും (ഉദാ: ലാവാപ്രവാഹ ശ്രേണി) അവസാദശിലകളിൽ നിന്ന് ഉരുത്തിരിഞ്ഞ് വന്ന കായാന്തരിത ശിലകളും മറ്റ് ശിലാവകഭേദങ്ങളും സ്തരവിജ്ഞാനീയ പഠനങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

സ്തരവിജ്ഞാനീയ പഠനത്തിന്റെ മൂന്ന് പ്രധാന ഉദ്ദേശ്യങ്ങൾ താഴെ പറയുന്നു:

1. ശിലാശ്രേണികളെ ഭൂപട ഏകകങ്ങളാക്കി വിഭജിക്കൽ
2. സമയകാല ബന്ധങ്ങളുടെ കണ്ടുപിടുത്തം
3. വിവിധ പ്രദേശങ്ങളിലെ ശിലാകൂട്ടങ്ങളുടെ കാലക്രമവും കാലഘട്ടവും സ്ഥാപിച്ചെടുക്കൽ.

ശിലാപാളികളെ അവയുടെ പ്രായത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വർഗ്ഗീകരിക്കുകയും സമാഹരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതിനാണ് സ്തരവിജ്ഞാനീയം രൂപം കൊണ്ടത്. ഒരു പ്രദേശത്തെ ശിലാശ്രേണിയുടെ വിവരങ്ങൾ ചുരുക്കി അവതരിപ്പിക്കാൻ സ്തരവൈജ്ഞാനികൻ **ശിലാസ്തരപരമ്പര** നിർമ്മിക്കുന്നു **(stratigraphic column)**. ഭൂപടത്തിൽ പ്രതിനിധാനം ചെയ്ത് രേഖപ്പെടുത്താവുന്ന ശിലാശ്രേണി പരമ്പരകളെ അവയുടെ ശിലാ സ്വഭാവത്തിനനുസരിച്ച് വർഗ്ഗീകരിക്കാവുന്ന ഏകകകങ്ങളാണ് ശിലാപടലങ്ങൾ (ഫോർമേഷനുകൾ, formations). ഇത്തരം ഏകകങ്ങളായ ശിലാപടലങ്ങളുടെ കനം ഒരു മീറ്ററിൽ താഴെയോ ആയിരകണക്കിന് മീറ്ററോ ആകാം. ശിലാസ്തര പരമ്പര ഒരു പ്രദേശത്തെ ശിലാപടലങ്ങളുടെ ക്രമം പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു.

ഒരു പ്രദേശത്തെ ശിലാശ്രേണിയും മറ്റൊരു പ്രദേശത്തെ ശിലാശ്രേണിയും തമ്മിലുള്ള പരസ്പരം ബന്ധം സ്ഥാപിക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയ**

(correlation). ഇതേക്കുറിച്ച് കൂടുതലായി ഈ പാഠത്തിൽ പിന്നീട് പഠിക്കും. പല പ്രദേശങ്ങളിലുള്ള ശിലാപടലങ്ങളെ കണ്ടെത്തി ഭൂവൈജ്ഞാനിക ഭൂപടം നിർമ്മിക്കാൻ ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയ സഹായിക്കുന്നു. ഭൂമിയിലെ വിവിധ പ്രദേശങ്ങളിലെ ശിലകളുടെ പരസ്പരബന്ധം സ്ഥാപിക്കുക വഴി ഭൗമചരിത്രത്തിന്റെ കൃത്യമായ ചിത്രം നമുക്ക് ലഭിക്കും. വളരെ അകലങ്ങളിൽപോലും സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ശിലാപാളികളിൽ ഫോസിലുകളുണ്ടെങ്കിൽ അത്തരത്തിലുള്ള ശിലാപാളികളുടെ ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയ സ്ഥാപിക്കുന്നത് എളുപ്പമായിരിക്കും.

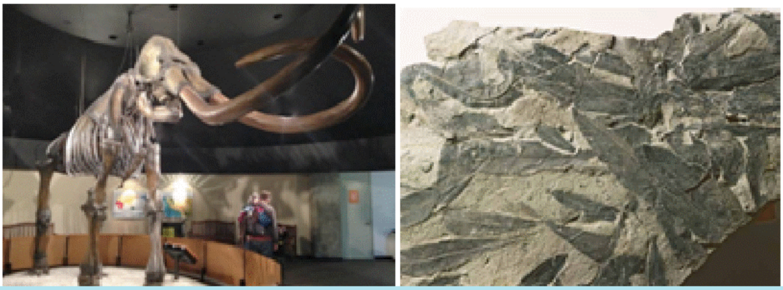
ഫോസിലുകളെ ക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്ന ചരിത്ര ഭൂവൈജ്ഞാനികത്തിന്റെ ശാഖയാണ് **പുരാജൈവശാസ്ത്രം (Palaeontology)**. ഭൂവൈജ്ഞാനിക ഭൂതകാലങ്ങളിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളോ മുദ്രകളോ അവസാദ ശിലകളിൽ സംരക്ഷിച്ച് കാണപ്പെടുന്നവയാണ് ഫോസിലുകൾ. പഴയകാല ജീവി രൂപങ്ങളിൽ ചെറിയ ഒരു സംഖ്യ മാത്രം ഫോസിലുകളായി അവശേഷിക്കുന്നുണ്ട്. സ്തരിത ശിലകളുടെ വർഗ്ഗീകരണം, അനുക്രമം, പരസ്പര പ്രായബന്ധം, ഫോസിലുകളുടെ സാന്നിധ്യം, ശിലകളുടെ ഘടന എന്നിവ സ്തരവിജ്ഞാനീയത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. പ്രാദേശികവും ആഗോളവുമായ ഭൗമചരിത്ര അപഗ്രഥനവും വ്യാഖ്യാനവുമാണ് സ്തരവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ പ്രഥമ ദൗത്യം.

5.2 ഫോസിലുകൾ (Fossils)

ഭൗമോപരിതലത്തിൽ സർവ്വ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന ശിലകൾ അവസാദ ശിലകളാണ്. ജലം, ഖരമഞ്ഞ്, കാറ്റ് എന്നിവയാൽ വഹിച്ചു കൊണ്ടു പോയി നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട ശിലാശകലങ്ങളാണ് അവസാദശിലകൾക്ക് രൂപം നൽകുന്നത്. ചരൽ, മണൽ, കളിമണ്ണ്, സിൽറ്റ് പോലുള്ള പദാർഥങ്ങളെ അവസാദങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇവ കടൽ, കായൽ, പുഴ എന്നിവയുടെ അടിത്തട്ടിൽ അടിഞ്ഞു കൂടുന്നു. ഇപ്രകാരം അവസാദങ്ങൾ അടിഞ്ഞു കൂടുന്ന കൂട്ടത്തിൽ ജീവികൾ മൊത്തമായോ, അവയുടെ എല്ല്, പല്ല്, പുറംതോട്, സസ്യങ്ങൾ, അവയുടെ ഇലകൾ, പൂമ്പൊടി എന്നിങ്ങനെയുള്ളവ കുഴിച്ചു മൂടപ്പെടാം. ഒന്നിനു മുകളിൽ ഒന്നായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന അവസാദങ്ങളുടെ ഭാരത്താൽ ഇവ സംയോജിക്കപ്പെട്ട നിബിഢ വിന്യാസമുള്ള അവസാദശിലയായി രൂപപ്പെടുമ്പോൾ, അവയിലടങ്ങിയ ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങൾ ഫോസിലുകളായി സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു.

പുരാതന ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളോ മുദ്രകളോ ആണ് ഫോസിലുകൾ. ഒരു ജീവിയുടെ രൂപമോ രൂപത്തിന്റെ തെളിവോ പുരാതന ശിലകളിൽ സംരക്ഷിച്ച് കാണുന്നവയാണ് ഫോസിലുകൾ. ജീവികൾ പൂർണ്ണമായോ ഭാഗികമായോ ഫോസിലുകളായി സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടേക്കാം. ഭൗമചരിത്രത്തിന്റെ ഏതെങ്കിലും കാലയളവിൽ ജീവിച്ച്, ചത്ത് മണ്ണടിഞ്ഞ ജീവജാലങ്ങളുടെ ദൈനംദിന പ്രവർത്തനങ്ങളായ ഇഴഞ്ഞപാട്, കാൽപാട്, തുരക്കൽപാട് എന്നിവയും ഫോസിലീകൃത വിസർജ്യം (coprolite) ജീവികളുടെ തെളിവുകളായി അവസാദങ്ങളിൽ മുദ്രണം

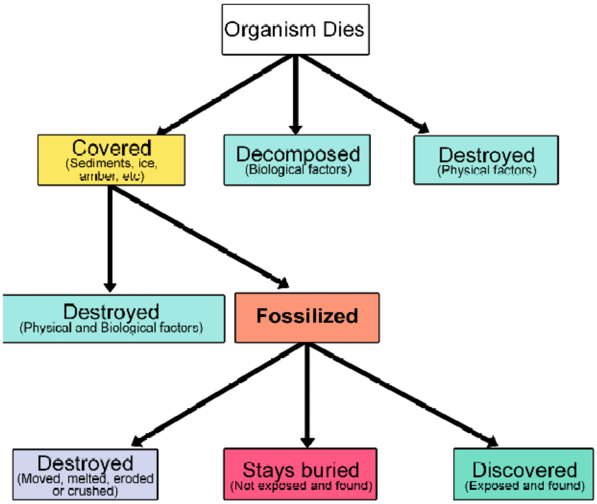
ചെയ്ത് കാണപ്പെടാറുണ്ട്. പതിനായിരം വർഷത്തിൽ കൂടുതൽ പഴക്കമുള്ള (പുരാതന) ശിലകളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങളെയാണ് ഫോസിലുകളെന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. ചുരുക്കത്തിൽ ജീവികളുടെ ശരീരഭാഗങ്ങളോ, ജന്തുക്കളുടെയും സസ്യങ്ങളുടെയും പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ തെളിവോ (ചിത്രം 5.1 എ, ബി) അവസാദ ശിലകളിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നവയാണ് ഫോസിലുകൾ.



ചിത്രം 5.1. (എ) ഡിനോസർ അസ്ഥികൂടത്തിന്റെ അശ്മകം, (ബി) അശ്മകമായി മാറിയ സസ്യഇലകൾ

5.2.1. ഫോസിലുകൾ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നതിനുള്ള അനുകൂല സാഹചര്യങ്ങൾ (Conditions for preservation of fossils)

മുൻകാലങ്ങളിൽ ഉണ്ടായിരുന്ന പല ജീവികളും അവ ജീവിച്ചിരുന്നതിന്റെ തെളിവുകളൊന്നും അവശേഷിപ്പിക്കാതെയാണ് മൺമറഞ്ഞു പോയത്. ഫോസിലുകൾ ഉണ്ടാകുന്നത് അപൂർവ്വമായാണ്. എല്ലാ ജീവികൾക്കും ഫോസിലുകളാകാൻ തുല്യ സാധ്യതയല്ല പ്രകൃതിയിൽ നിലനിൽക്കുന്നത്. ഫോസിൽ രൂപീകരണ പ്രക്രിയയെയാണ് **ഫോസിലൈസേഷൻ (fossilisation)** എന്ന് പറയുന്നത്. ആദ്യമേ തന്നെ, അനുകൂല പരിസ്ഥിതിയിലായിരിക്കണം ആ ജീവി വളരുന്നത്. അവസാദ നിക്ഷേപത്തോത് കൂടുതലുള്ള കടലും കടലോര പരിസരങ്ങളും ഫോസിലുകളുണ്ടാകാൻ കരയേക്കാൾ അനുയോജ്യമായ പരിസ്ഥിതിയുള്ള പ്രദേശങ്ങളാണ്. ഒരു ജീവിക്ക് ഫോസിലാകാനുള്ള അനുകൂല സാഹചര്യങ്ങൾ പലതുമുണ്ടാകാം. കൂടാതെ ഫോസിലുകളെ ലഭിക്കാനുള്ള സാധ്യതയും പല ഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ചിത്രം 5.2 പഠിച്ച് അനുകൂല ഫോസിലൈസേഷൻ സാഹചര്യങ്ങളെക്കുറിച്ച് സഹപാഠികളുമായി ചർച്ച ചെയ്യുക.



ചിത്രം 5.2. അശ്മീകരണ സാഹചര്യങ്ങൾ

ഒരു ജീവി ഫോസിലായിത്തീരണമെങ്കിൽ ആ ജീവിയ്ക്ക് ദൃഢ ശരീരഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ടാകണം. ദൃഢ ശരീരഭാഗങ്ങൾ (എല്ല്, പല്ല്, പുറംതോട്, മരത്തടി) സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നതിന് മൃദുല ശരീരഭാഗങ്ങൾ (ത്വക്ക്, മാംസപേശി, ആന്തരാവയവങ്ങൾ) സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നതിനേക്കാൾ താരതമ്യേന സാധ്യത കൂടുതലാണ്. കൂടാതെ ജീവികളുടെ മൃതശരീരങ്ങൾ വേഗത്തിൽ മണ്ണടിയുകയും വേണം. ഇത് അവയുടെ ജീർണ്ണനത്തെ തടയും. മാളങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുന്ന ജീവികളും, കായാന്തരണ അപരദന സംലയന പ്രക്രിയകളും മണ്ണടിഞ്ഞ ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളെ നശിപ്പിച്ചേക്കാം. അതുകൊണ്ട്, മൺമറഞ്ഞതിന് ശേഷം ഫോസിലാകണമെങ്കിൽ ഒരു ജീവി ഭൗതിക, രാസിക, ജൈവാപക്ഷയങ്ങളിൽ നിന്ന് രക്ഷ നേടണം.

ചുരുക്കത്തിൽ ആ ജീവി പെട്ടെന്ന് മൺമൂടപ്പെട്ട് ജീർണ്ണനത്തിൽ നിന്ന് രക്ഷനേടി ആയിരക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ ഭൂമിക്കുള്ളിൽ തന്നെ കിടന്നെങ്കിൽ മാത്രമേ ഫോസിലീകരണം സാധ്യമാകൂ. ഇത്തരം നിബന്ധനകൾ ഉള്ളതുകൊണ്ട് ഒരു ചെറിയ ശതമാനം ജീവികൾ മാത്രമേ ഫോസിലുകളായിത്തീരുന്നുള്ളൂ.

അവസാദശിലകളായ മണൽക്കല്ല്, ഷെയ്ൽ, ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്, കൽക്കരി മുതലായവയിലാണ് കൂടുതലായി ഫോസിലുകൾ കാണപ്പെടുന്നത്. ഭൂമിക്കുള്ളിൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ശിലാദ്രാവകം തണുത്താണ് ആഗ്നേയശിലകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. കായാന്തരശിലകളാണെങ്കിൽ ഉയർന്ന താപമർദ്ദങ്ങളിലൂടെയാണ് രൂപം കൊള്ളുന്നതും. ആയതിനാൽ ഇവ രണ്ടിലും ഫോസിലുകൾ കാണപ്പെടാനുള്ള സാധ്യത വളരെ കുറവാണ്.

5.2.2 ഫോസിലീകരണ രീതികൾ (Modes of fossilisation)

ഫോസിലുകളെക്കുറിച്ച് ചിന്തിക്കുമ്പോൾ നമ്മുടെ മനസ്സിൽ ജീവികളുടെ എല്ലും പല്ലും പുറം തോടുമാണ് ഓടി വരുന്നത്. ജീവികൾ ഫോസിലുകളാകുന്ന രീതികൾക്കനുസരിച്ച് പലതരം ഫോസിലുകൾ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഇത്തരം വ്യത്യസ്ത ഫോസിലീകരണ രീതികളാണ് താഴെ വിവരിച്ചിരിക്കുന്നത്.

i) മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകാത്ത ദൃഢ ഭാഗങ്ങൾ (Preservation of unaltered hard parts)

കശേരു ജീവികളുടെ (Vertebrates) എല്ലും, പല്ലും നശീകരണ പ്രക്രിയകളെ അതിജീവിച്ച് ശിലകളിൽ കാണപ്പെട്ടേക്കാം. ഇതുപോലെ തന്നെ അകശേരു ജീവി (invertebrates) കളുടെയും ഏകകോശ ജീവികളുടെയും പുറംതോടും ശിലകളിൽ സംരക്ഷിച്ച് കാണാറുണ്ട്.

ii) രാസമാറ്റത്തിന് വിധേയമായ ദൃഢഭാഗങ്ങൾ (Chemical alteration of hard parts)

രാസഘടകങ്ങളുടെ കൂടിച്ചേരലോ, വിഘടനമോ, പുന:ക്രമീകരണമോ മൂലം ജീവികളുടെ കട്ടികൂടിയ ശരീരഭാഗങ്ങൾ രാസമാറ്റ പ്രക്രിയകൾക്ക് വിധേ

യമാകാം. *ധാതുപുഷ്ടീകരണം (permineralisation), പകരംവെയ്ക്കൽ (replacement), കാർബണീകരണം (carbonisation)* എന്നീ പ്രക്രിയകൾ ഇതിന് ഹേതുവാകുന്നു.

സുഷിര സമൃദ്ധ പുറംതോടുകളും എല്ലുകളും, അരിച്ചിറങ്ങുന്ന ധാതുമയമായ ജലത്തിലെ ധാതുക്കൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട്, ധാതുവൽക്കരണത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. ധാതുവത്കൃത ഫോസിൽ എന്ന് ഇവ അറിയപ്പെടുന്നു. ചംക്രമണം നടത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ലായനിയിൽ നിന്നും സൂക്ഷ്മസുഷിരങ്ങളുള്ള എല്ല്, പുറംതോട് എന്നിവയിലേയ്ക്ക് ധാതുക്കൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **ധാതുപുഷ്ടീകരണം**. ഇപ്രകാരം നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട ധാതുക്കളുടെ സാന്നിധ്യം മൂലം ധാതുവത്കൃത ഫോസിലിന് സാധാരണ എല്ലിനേക്കാളും പുറംതോടിനേക്കാളും ഭാരക്കൂടുതൽ അനുഭവപ്പെടും.

ചിത്രം 5.3. ശിലാവൽകൃത മരത്തടി

ചില ഫോസിലുകളുടെ രാസഘടന അവ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന ജീവികളുടെ യഥാർത്ഥ കഠിന ഭാഗങ്ങളുടെ രാസഘടനയിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമാകാം. ഒരേ സമയത്ത് നടക്കുന്ന അസ്സൽ വസ്തുക്കളുടെ സംലയനവും പുതിയ വസ്തുക്കളുടെ പകരംവെയ്പ്പും ആദ്യത്തെ യഥാർത്ഥ വസ്തുവിന്റെ ബാഹ്യഘടന നിലനിർത്തിയേക്കാം. **പകരംവെയ്ക്കൽ പ്രക്രിയ** എന്നാൽ അർത്ഥമാക്കുന്നത് തന്മാത്രതലത്തിലോ അണുതലത്തിലോ മറ്റൊരു ധാതു യഥാർത്ഥ വസ്തുവിന് പകരം കയറിക്കൂടുന്നതിനെയാണ്. ഇപ്രകാരം ശിലാവത്കൃത മരത്തടിയിൽ (Petrified Wood) മരത്തിന്റേതായ സൂക്ഷ്മ ഘടനകൾ പകരംവെയ്ക്കൽ പ്രക്രിയ വഴി കൃത്യമായി സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് ദൃശ്യമാകുന്നു (ചിത്രം 5.3). സാധാരണയായി ജീവികളുടെ കട്ടികൂടിയ ഭാഗങ്ങൾക്ക് പകരം കയറിക്കൂടുന്ന ധനിജങ്ങളാണ് സിലിക്ക, കാൽസ്യം കാർബണേറ്റ്, പൈറൈറ്റ് എന്നിവ.

നേർത്ത തരികളോടു കൂടിയ ശിലയായ ഷെയ്ൽ പോലുള്ള അവസാദശിലകളിൽ ജീവികളുടെ മൃദുകലകൾ നേർത്ത കാർബൺ പടലത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ സംരക്ഷിച്ച് കാണാറുണ്ട്. ഇതാണ് **കാർബണീകരണ പ്രക്രിയ**. ജൈവാംശങ്ങളിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ജ്വലന വസ്തുക്കളായ ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവ സ്വേദനം ചെയ്ത് മാറ്റപ്പെടുക വഴി കാർബൺ ഒരു അവശിഷ്ടമായി യഥാർത്ഥ വസ്തുക്കളുടെ രൂപസാദൃശ്യത്തിൽ തന്നെ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു. പന്നൽ ചെടികളുടേതു പോലുള്ള സസ്യ അശ്മകങ്ങളിലും മൃദുകോശ ജീവികളായ ജെല്ലി മത്സ്യത്തിന്റെയും പുഴുവർഗ്ഗങ്ങളുടെയും ശരീരത്തിലെ സൂക്ഷ്മ വിവരങ്ങൾ ഇപ്രകാരം കാർബണീകരണ പ്രക്രിയ വഴി ഷെയ്ൽ ശിലയിൽ നേർത്ത കാർബൺ പടലങ്ങളായി സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു.

iii) ദൃഢഭാഗങ്ങൾ അവസാദങ്ങളിൽ മുദ്രിതമായ നിലയിൽ (Imprints of hard parts in sediment)

പല ഫോസിലുകളിലും പുറംതോടിന്റെ സാന്നിധ്യമൊന്നുമില്ലാതെ അവയുടെ മുദ്ര മാത്രമായും കാണാറുണ്ട്. മണ്ണടിഞ്ഞതിനുശേഷം ദൃഢഭാഗങ്ങൾ ചിലപ്പോൾ ജീർണ്ണനം വഴിയോ സംലയനം വഴിയോ നഷ്ടപ്പെട്ടേക്കാം. പക്ഷേ ജിവികൾ ജീവിച്ചിരുന്നതിന്റെ തെളിവുകൾ ഈ കഠിന ഭാഗങ്ങളുടെ മുദ്രകൾ ചുറ്റുപാടുമുള്ള അവസാദങ്ങളിൽ പതിയുകവഴി രേഖപ്പെടുത്തി വയ്ക്കപ്പെട്ടേക്കാം.

ജീവികൾ പൂർണ്ണമായോ ഭാഗികമായോ അവസാദങ്ങളിൽ പതിഞ്ഞു കാണുന്നതാണ് **ഫോസിൽ മുദ്രണങ്ങൾ (impressions)** അല്ലെങ്കിൽ **ഫോസിൽ അച്ചുകൾ (moulds)** എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഫോസിലുകൾ അകപ്പെട്ട അവസാദങ്ങൾ ദൃഢീകരിക്കപ്പെടുകയും ജീവിയുടെ അംശങ്ങൾ അലിഞ്ഞ് പോവുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ ജീവിയുടെ അതേ ആകൃതിയിൽ വിടവ് രൂപപ്പെടുന്നു. ഇതിനെയാണ് ഫോസിൽ അച്ചുകൾ (Moulds) എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. മണൽക്കല്ലിൽ കുടുങ്ങിയ ഒരു പുറംതോട് ഭൂജലത്തിന്റെ പ്രവർത്തനത്താൽ അലിഞ്ഞു പോകുകയും അതേ ആകൃതിയിൽ പുറംതോടിന്റെ അച്ച് മണൽക്കല്ലിൽ രൂപപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. രണ്ട് തരം അച്ചുകളെ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്.

(എ) പുറംതോടിന്റെ ബാഹ്യ അടയാളങ്ങൾ ശിലകളിൽ പതിഞ്ഞു കാണുന്നവയാണ് ബാഹ്യ അച്ചുകൾ (External moulds) ഉപരിതലത്തിൽ നിന്ന് ഊർന്നിറങ്ങുന്ന ഭൂജലം ദൃഢീകരിക്കപ്പെട്ട അവസാദങ്ങളിൽ കുടുങ്ങിയ പുറംതോടിനെ ലയിപ്പിച്ച് ഇല്ലാതാക്കിയാലും അവയുടെ ബാഹ്യ സവിശേഷതകൾ അവസാദങ്ങളിൽ ഫോസിൽ അച്ചുകളായി കാണപ്പെടുന്നു. യഥാർത്ഥ പുറംതോട് ഉത്തലമാണെങ്കിൽ ബാഹ്യ അച്ച് അവതലമായിരിക്കും.

(ബി) പുറംതോടിന്റെ ഉൾസവിശേഷതകൾ ശിലകളിൽ പതിഞ്ഞ് കാണുന്നതാണ് ആന്തരിക അച്ചുകൾ (Internal moulds). പുറംതോടിൽ അവസാദങ്ങൾ നിറഞ്ഞ് സംയോജിക്കപ്പെട്ട് ദൃഢീകരിച്ചതിന് ശേഷം പുറംതോട് ദ്രവിച്ച് നഷ്ടപ്പെട്ടാണ് ആന്തരിക അച്ചുകൾ രൂപപ്പെടുന്നത്.

ഫോസിൽ അച്ചിൽ അവസാദങ്ങളും ധാതുക്കളും അടിഞ്ഞ് കൂടി ദൃഢീകരിക്കപ്പെട്ടാൽ രൂപപ്പെടുന്നതാണ് **ഫോസിൽ പ്രതിമ (cast)**. യഥാർത്ഥ ജീവിയുടെ ഒരു തനി സ്വരൂപമാണ് ഫോസിൽ പ്രതിമ. ഇവ പ്രകൃതിയിൽ താരതമ്യേന കുറവാണ്. (ഒരു ഫോസിലിന്റെ റബർ അച്ചിൽ കളിമണ്ണ് നിറച്ച് യഥാർത്ഥ ജീവിയുടെ തനിസ്വരൂപമായ ഒരു കൃത്രിമ ഫോസിൽ പ്രതിമ നിർമ്മിക്കാവുന്നതാണ്).

iv) മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകാത്ത മൃദു ഭാഗങ്ങൾ (Preservation of unaltered soft parts)

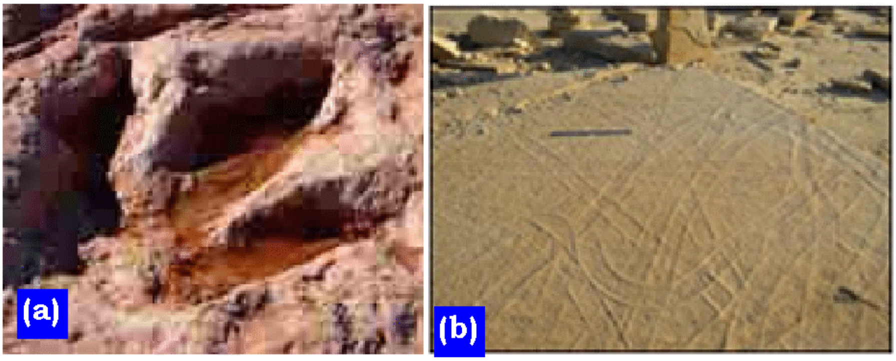
ചിത്രം 5.4. പുരാതന മരപ്പശയിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ട ചെറുപ്രാണിയുടെ അശ്മകം.

ചില അപൂർവ്വ അവസരങ്ങളിൽ ജീവികളുടെ മൃദുല ഭാഗങ്ങൾ അതേപടി സംരക്ഷിക്കപ്പെടാം. ശലഭങ്ങളുടെയും (ചിത്രം 5.4) ചെറു തവളകളുടെയും മൃദുശരീര ഭാഗങ്ങൾ പൈൻ മരങ്ങളിലെ പശകളിൽ (പിന്നീട് ആമ്പറായി മാറും) സംരക്ഷിച്ച് കാണാറുണ്ട്. വലിയ ശരീരമുള്ള മൃഗങ്ങൾ ചതുപ്പിലും ടാർ പോലുള്ള അസ്ഫാൾട്ടിലും അസംസ്കൃത എണ്ണയിലും, മാറ്റം സംഭവിക്കാത്ത അവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടാം.

v) ചലനരേഖാ ഫോസിൽ (Trace fossil or Ichnofossil)

ജീവികളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ അവസാദങ്ങളിൽ അടയാളങ്ങളായി കാണപ്പെടുന്നവയാണ് **ചലനരേഖാ ഫോസിൽ.** ഇത്തരം ജൈവപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ തെളിവുകൾ ശിലകളിൽ പതിഞ്ഞ് കാണുന്നതാണ് *ഇഖ്നോ ഫോസിലുകൾ* അവസാദ പദാർത്ഥങ്ങൾ ആഹരിച്ച് വിസ്സർജ്ജിക്കുമ്പോഴും, ജീവികൾ അവസാദങ്ങളിൽ ഇഴയുമ്പോഴും തുരങ്കങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുമ്പോഴും ചലനരേഖാ ഫോസിലുകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. കാൽപ്പാട്, ഇഴഞ്ഞപാട്, തുരന്നപാട് എന്നിവ ചലനരേഖാഫോസിലുകളായി കാണാറുണ്ട് (ചിത്രം 5.5).

ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ ജന്തു ജീവികളുടെ കാൽപാട് മാത്രം അവയുടെ ഭൂതകാല നിലനിൽപിന്റെ തെളിവായി കാണപ്പെടാറുണ്ട്. ഉദാഹരണത്തിന്, പലപ്പോഴും ഡിനോസറിന്റെ കാൽപാടുകളാണ് അവയുടെ എല്ലിനേക്കാൾ കൂടുതലായി ഫോസിൽ രൂപത്തിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. (ഒരു ഡിനോസറിന്റെ ജീവിത



ചിത്രം 5.5. എ) ഡിനോസറിന്റെ കാൽപ്പാട്, ബി) ഒച്ച് വർഗ്ഗത്തിൽപ്പെട്ട ജീവികളുടെ ഇഴച്ചിൽപ്പാട് ഫോസിൽ രൂപത്തിൽ

കാലഘട്ടത്തിൽ അതിന് അവശേഷിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്നത് ഒരു അസ്ഥി കൂടമാണെങ്കിൽ കാൽപാടുകളുടെ എണ്ണം ദശലക്ഷകണക്കിനാണ്). അസ്ഥികൂടം പലപ്പോഴും സംരക്ഷിക്കപ്പെടാതെ പോയേക്കാം.

ഭൂമിയിൽ ജീവൻ ഉത്ഭവിച്ചത് മുതൽ ഇന്നുവരെ ജീവിച്ചിരുന്നതിൽ തുച്ഛം ജീവികൾ മാത്രമേ ഫോസിലുകളായി ശിലകളിൽ ആലേഖനം ചെയ്യപ്പെട്ടിട്ടുള്ളൂ. ഭൂമുഖത്ത് ജീവിച്ചിരുന്ന എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളുടെയും ഫോസിലുകൾ ശിലാരേഖകളിൽ ലഭ്യമല്ല. എങ്കിലും ലഭ്യമായ ശിലാരേഖകൾ ഭൗമചരിത്രം സൃഷ്ടിക്കുന്നതിൽ ശാസ്ത്രജ്ഞരെ സഹായിക്കുന്നു.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ഫോസിലുകളുടെ രൂപീകരണം ഒരു അപൂർവ്വ സംഭവമാണെന്ന് പറയുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
2. യഥാർത്ഥത്തിൽ പവിഴപ്പുറ്റുകളിൽ കാൽസൈറ്റാണ് ഉള്ളത്. പവിഴപുറ്റിന്റെ കാലശേഷം അതിലേയ്ക്ക് പൈറൈറ്റ് പകരം വയ്ക്കപ്പെട്ടു എന്ന് കരുതുക. ഏത് തരം ഫോസിൽ സംരക്ഷണ രീതിയാണിത്?

5.2.3. സ്തരവിജ്ഞാനീയത്തിൽ ഫോസിലുകൾക്കുള്ള പ്രാധാന്യം (Significance of fossils in stratigraphy)

ശിലാപാളി എന്നർത്ഥം വരുന്ന സ്ട്രാറ്റ (strata) അവസാദശിലകളിലെ പാളികളെയാണ് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. ശിലാസ്തര അടികൾ എല്ലായിടത്തും ശിലാസ്വഭാവമനുസരിച്ച് രേഖപ്പെടുത്താവുന്ന ഫോർമേഷനുകൾ (formations) എന്നറിയപ്പെടുന്ന യൂണിറ്റുകളാക്കി (mappable units) തരംതിരിക്കാവുന്നതാണ്. ഇത്തരം ശിലാകൂട്ട യൂണിറ്റുകൾ **ശിലാസ്തര ഏകകങ്ങൾ (lithostratigraphic units)** എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ശിലാപടലങ്ങളുടെ കനം ഒരു മീറ്ററിൽ താഴെയോ ആയിരക്കണക്കിന് മീറ്ററോ ആകാം. ശിലാപടലങ്ങൾ ആദ്യമായി കണ്ടെത്തി വിശദീകരിക്കപ്പെട്ട ഭൂപ്രദേശത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ഇവയ്ക്ക് പേര് നിർദ്ദേശിക്കുന്നത്. (ഉദാ: ക്വയ്ലോൺ ചുണ്ണാമ്പ് കല്ല് ശിലാപടലം, വർക്കല മണൽക്കല്ല് ശിലാപടലം എന്നിവ). സ്തര വിജ്ഞാനീയ പഠനങ്ങളിൽ ഫോസിലുകൾക്കുള്ള പ്രാധാന്യം ചുരുക്കത്തിൽ താഴെ വിവരിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലഘട്ടത്തെ സ്ഥാപിക്കാൻ

സ്തരവിജ്ഞാനീയ പഠനങ്ങളിൽ അടിസ്ഥാനപരമായി രണ്ട് ആശയങ്ങളാണുള്ളത്. (1) കാലദൈർഘ്യം (2) ശിലാരേഖകൾ.

ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലഘട്ടം എന്നത് 4.6 ബില്ല്യൺ വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ്

ഭൂമി ഉത്ഭവിച്ചത് മുതൽ ഇന്ന് വരെയുള്ള ഭൂമിയുടെ രൂപീകരണം, വികാസം എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്ന കാലദൈർഘ്യമാണ്. കാലദൈർഘ്യത്തിനിടയ്ക്ക് ഇടവേളകളോ വിടവുകളോ ഇല്ല. ഭൗമചരിത്രത്തിന്റെ കാലക്രമത്തിന്റെ ഏകകങ്ങളെ ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാല യൂണിറ്റുകൾ (geological time units) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇവയെ **ഭൗമകാലഗണനാ യൂണിറ്റുകൾ (geochronologic units)** എന്നും പറയും. നിർവ്വചിക്കപ്പെട്ടതിൽ വച്ച് ഏറ്റവും ദൈർഘ്യം കൂടിയ കാലഘട്ട ഏകകമാണ് **അതിമഹാകല്പം (supereon)**. അതിമഹാകല്പത്തിൽ **മഹാകല്പങ്ങൾ (eons)** അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. മഹാകല്പത്തെ വീണ്ടും **കല്പങ്ങളാക്കി (eras)** തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. കല്പങ്ങളെ **മഹായുഗങ്ങളായും (period)**, മഹായുഗങ്ങളെ **യുഗങ്ങളായും (epoch) ഏയ്ജുകളായും (ages)** തരംതിരിക്കാം.

സ്തരവിജ്ഞാനീയ രേഖകളിൽ ഉടനീളം ഉള്ള ഫോസിലുകളുടെ സാന്നിദ്ധ്യവും അസാന്നിദ്ധ്യവും അനുസരിച്ചാണ് ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമം (Geological Time Scale) ചിട്ടപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്. ഓരോ കല്പവും അവസാനിക്കുന്നത് ജീവികളുടെ ഉപഗണത്തിന്റെ നാമാവശേഷത്തോടു കൂടിയാണ്. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമം പരിശോധിച്ചാൽ (പട്ടിക 5.1) മഹായുഗത്തിന്റെ അതിർത്തിയിൽ ജീവികളുടെ ചെറിയ നാമാവശേഷ സംഭവങ്ങളും അതേ തുടർന്നുള്ള പുതിയ ജീവി ഉപഗണങ്ങളുടെ പ്രത്യക്ഷീകരണവും രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നതു കാണാം.

പട്ടിക 5.1. ഫോസിലുകൾ ഉപഗണങ്ങളും ഭൗമചരിത്രത്തിൽ അവയുടെ തത്തുല്യ മഹായുഗവും

ജീവികളുടെ കാലഘട്ടം	കല്പങ്ങൾ/മഹായുഗങ്ങൾ
മനുഷ്യന്റെ കാലഘട്ടം	ക്വാർട്ടേർണറി
സസ്തനികളുടെ കാലഘട്ടം	സെനോസോയിക്ക്
ഉരഗങ്ങളുടെ കാലഘട്ടം	മെസോസോയിക്ക്
കൽക്കരിയുടെ കാലഘട്ടം	കാർബോണിഫെറസ്
ഉഭയജീവികളുടെ കാലഘട്ടം	കാർബോണിഫെറസും പെർമിയനും
മത്സ്യങ്ങളുടെ കാലഘട്ടം	സൈലൂറിയനും ഡിവോണിയനും
കടൽ അകശേരു ജീവികളുടെ കാലഘട്ടം	കാമ്പ്രിയനും ഓർഡോവിസിയനും

ഭൂമിയുടെ ഉത്ഭവം തൊട്ടുള്ള ജന്തുജീവി രൂപങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യമുപയോഗിച്ചാണ് ഭൗമചരിത്രത്തെ ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമങ്ങളായി തരംതിരിക്കുന്നത്.

കാലദൈർഘ്യ സ്തര യൂണിറ്റുകളുടെ തിരിച്ചറിയൽ (Identification of Chronostratigraphic units)

നിയതമായ കാലഇടവേളകളിൽ രൂപപ്പെട്ട അവസാദ ശിലാപാളികളുടെ

പരമ്പരയാണ് **കാലദൈർഘ്യ സ്തര ഏകകം (അല്ലെങ്കിൽ കാലദൈർഘ്യ ശിലാ ഏകകം)** (or time-rock units). ഭൗമചരിത്രത്തിൽ ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാല ദൈർഘ്യത്തിന്റെ ഏറ്റവും വലുത് മുതൽ ചെറുതുവരെയുള്ള കാലദൈർഘ്യ ഏകകങ്ങളുടെ സമയത്ത് രൂപം കൊണ്ട ശിലാപാളികൾക്ക് ഉപയോഗിക്കുന്ന പദങ്ങളാണ് ഇയോണോതെം (eonothem), ഇറാതെം (erathem), സിസ്റ്റം (system), സീരീസ് (series), സ്റ്റേജ് (stage) എന്നിവ. ഉദാ: കാലദൈർഘ്യ ശിലാസ്തരത്തിലെ ജുറാസ്സിക് സിസ്റ്റത്തിന് തത്തുല്യമായ കാലദൈർഘ്യമാണ് ജുറാസ്സിക്ക് മഹായുഗം.

ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമത്തിലെ മഹായുഗങ്ങൾക്ക് നാമങ്ങൾ ലഭിച്ചത് എങ്ങനെയായിരിക്കും? ആ പ്രത്യേക കാലദൈർഘ്യം ഏകദേശം പൂർണ്ണമായും പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന ശിലാസ്തര പരമ്പര ഏത് പ്രദേശത്താണോ ആദ്യം കണ്ടെത്തിയത് അതിനനുസരിച്ചാണ് പേര് നൽകുന്നത്. ഉദാ: ജുറാസ് എന്ന് പേരുള്ള ശിലകൾ (ജുറാസ് പർവ്വതത്തിൽ നിന്ന്) ഫ്രാൻസിലും സ്വിറ്റ്സർലന്റിലും വടക്കോട്ട് നീങ്ങി കണ്ടെത്തുകയും അവയ്ക്ക് മുകളിൽ ട്രൈയാസ് (Trias) എന്ന് പേരുള്ള ജർമ്മനിയിലെ ശിലകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ട്രൈയാസ് ശിലകൾക്കു മുകളിൽ കാണപ്പെടുന്നത് ക്രിട്ടേഷ്യസ് (cretaceous) ശിലകളാണ്. ഏത് പ്രദേശത്താണോ ഒരു പ്രത്യേക ശിലാപാളിയെ ആദ്യമായി കണ്ടത് ആ പ്രദേശം ആ ശിലാപാളിയുടെ മാതൃകാ പ്രദേശം (type locality) ആയിത്തീരുന്നു. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമത്തിലുള്ള ഭൂരിഭാഗം ഏകകങ്ങളുടെയും മാതൃകാ പ്രദേശങ്ങൾ യൂറോപ്പിലാണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. കാരണം, ഇവിടെയാണ് ശാസ്ത്രീയമായ സ്തരവിജ്ഞാനീയ ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയ ആദ്യം പ്രയോഗത്തിൽ വരുത്തിയത്.

ശിലാശ്രേണികൾ തമ്മിൽ പരസ്പരം ബന്ധപ്പെടുത്തൽ (Correlation of rock sequences)

ഭൂമിയിലെ വ്യത്യസ്ത പ്രദേശങ്ങളിലെ പാറകൾ ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലദൈർഘ്യത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത ദൃശ്യങ്ങൾ നൽകുന്നു. വ്യാപകമായ അപരദനമോ നിക്ഷേപണ പ്രക്രിയയുടെ അഭാവമോ മൂലം, ഭൂമിയിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു പ്രദേശത്തുള്ള പാറകളിൽ തന്നെ ഭൂമിയുടെ ഉത്ഭവം മുതൽ നാളിതു വരെ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട മുഴുവൻ ഭൂവൈജ്ഞാനിക ശിലാപടലങ്ങളും ഒന്നിച്ച് ദൃശ്യമാകുക അസാധ്യമാണ്. കൂടാതെ, ഒരു പ്രത്യേക ശിലാപാളി (ഒരു പ്രത്യേക കാലദൈർഘ്യത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന) മറ്റൊരു പ്രദേശത്ത് നിക്ഷേപിച്ച് സംരക്ഷിക്കപ്പെടാതിരിക്കുകയോ, സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ തന്നെ അതിന്റെ കനം വ്യത്യസ്തമായിരിക്കുകയോ ആകാം. ഭൂമിയിലെ വ്യത്യസ്ത പ്രദേശങ്ങളിലെ പാറകളുടെ ഇത്തരം ബന്ധങ്ങളെ കുറിച്ച് പഠിക്കാൻ സ്തര വിജ്ഞാനീയ വിദഗ്ധർ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയ (correlation)**. ശിലകളുടെ പ്രായം

ഗണിച്ചെടുക്കാനും തമ്മിൽ വേർപ്പെട്ടു നിൽകുന്ന ശിലാശ്രേണികളുടെ പരസ്പര ബന്ധം സ്ഥാപിക്കാനും ഈ പ്രക്രിയ അവയിലടങ്ങിയ അശ്മകങ്ങളുടെ സഹായം തേടുന്നു.

ഭൂമിയുടെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതും എന്നാൽ ഒരേ സമയത്ത് ഉണ്ടായതുമായ ശിലകൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം സ്ഥാപിച്ചെടുക്കാനും ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയ സഹായിക്കുന്നു. ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയയിലൂടെ ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായി വളരെ ദൂരെ വേർപെട്ട് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ശിലാകൂട്ടങ്ങളുടെ പ്രായം കണക്കാക്കി തമ്മിൽ ബന്ധം സ്ഥാപിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു. ഒരേ സമയത്തുണ്ടായ ശിലകളിൽ ഒരേതരം അശ്മക ജീവി ഉപഗണങ്ങൾ കാണപ്പെടും, ഈ ശിലകൾ വളരെ വിസ്തൃതമാണെങ്കിലും ഇവ പുറത്തു കാണുന്ന പ്രദേശങ്ങൾ അടുത്തടുത്തല്ലെങ്കിൽപോലും. *പ്രായം കൂടിയ ഫോസിലുകളിൽ നിന്ന് പ്രായം കുറഞ്ഞ ഫോസിലുകളിലേയ്ക്ക് വ്യക്തമായതും, നിരീക്ഷണ യോഗ്യമായതും, ആവർത്തനമില്ലാത്തതുമായ ഒരു പരമ്പര ഭൗമശിലാപാളികളിൽ നിലനിൽക്കുന്നുണ്ട്.* ഭൂമിയിൽ നിലനിന്നിരുന്ന സസ്യജന്തുക്കളുടെ പരിണാമം മൂലം വ്യത്യസ്ത കാലങ്ങളിലുണ്ടായ ശിലകളിൽ വ്യത്യസ്ത തരം ഫോസിലുകൾകാണപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ *വിദൂര പ്രദേശങ്ങളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന വ്യത്യസ്ത ശിലാകൂട്ടങ്ങളിൽ ഒരേ തരം ഫോസിലുകൾ കാണപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ, അത്തരം ശിലകൾ ഒരേ കാലത്ത് ഉണ്ടായതാണെന്ന് കരുതാവുന്നതാണ്.* ഫോസിൽ സമാഹാരങ്ങളുടെ സമാനതകൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തി ആഗോള ശിലാബന്ധങ്ങൾ സ്ഥാപിച്ചെടുക്കാവുന്നതാണ്.

സ്തരവിജ്ഞാനീയ പരമ്പരകളിൽ ഒരു ശിലാപാളിയുടെ സ്ഥാനം കണ്ടെത്താനും, കാലഗണനയ്ക്കു വേണ്ടിയും ഫോസിലുകളെ ഉപയോഗപ്പെടുത്താം. ശിലാ അടുക്കുകളുടെ പ്രായതുല്യത നിർണ്ണയിക്കാനും ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയയ്ക്കും ഫോസിലുകൾ ഒഴിച്ചു കൂടാനാവാത്തവയാണ്.

5.3. ഭൂവൈജ്ഞാനിക രേഖകൾ (Geologic records)

കഴിഞ്ഞ കാലങ്ങളിൽ നടന്ന സംഭവങ്ങളുടെ എഴുതപ്പെട്ട രേഖകളായി ശിലകൾ വർത്തിക്കുന്നു. കഴിഞ്ഞു പോയ നീണ്ട ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലഘട്ടങ്ങളിൽ പലതരം സംഭവങ്ങൾ ഭൂമിയിൽ ഉണ്ടായിട്ടുണ്ട്. ഉൽക്കാപതനം, അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം, ലാവാപ്രവാഹം, പർവ്വതനം, ഭൂകമ്പം, അപരദന അവസാദ പ്രക്രിയകൾ, ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ മന്ദഗമനം (ഫലക വിവർത്തനികം), കടൽത്തട്ടിന്റെ ഉത്ഭവവും നാശവും, ഖരമഞ്ഞിന്റെ വിന്യാസം (ഹിമാനികൾ), കാലാവസ്ഥ മാറ്റം, എണ്ണമറ്റ സസ്യജന്തുക്കളുടെ ഉത്പത്തി, വളർച്ച, പരിണാമം, നാമാവശേഷമാകൽ എന്നിവ. ഇവയുടെയെല്ലാം തെളിവുകൾ ഒരു രീതിയിലല്ലെങ്കിൽ മറ്റൊരു രീതിയിൽ ഭൂവൈജ്ഞാനിക രേഖകളിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ശിലാപാളികൾ

ഭൗമചരിത്രം രേഖപ്പെടുത്തിവെച്ചിട്ടുള്ള ശിലാപുസ്തകങ്ങൾ തന്നെയാണ്.

ഭൂവൈജ്ഞാനികർക്ക് ഇത്തരം ശിലാരേഖകളിൽനിന്ന് തികച്ചും വിശ്വാസയോഗ്യവും പരസ്പര വൈരുദ്ധ്യമില്ലാത്തതും വസ്തുനിഷ്ടവുമായ വിവരങ്ങൾ ഗണിക്കാവുന്നതാണ്. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലം എന്നത് ഇടവേളകളോ വിടവുകളോ ഇല്ലാത്ത അനുസ്യൂതം പ്രവഹിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒന്നാണ്. എന്നാൽ ഒരു പ്രദേശത്തെ ശിലാരേഖകൾക്ക് പലയിടങ്ങളിലും വിഘാതം സംഭവിച്ചതായി കാണാം. ഭൗമകാലഘട്ടത്തിന്റേതു പോലെ തുടർച്ചയും സ്ഥിരതയും ശിലാരേഖകൾക്ക് ഉണ്ടാകണമെന്നില്ല. കാരണം, അവസാദ നിക്ഷേപണ അപരദന പ്രദേശങ്ങൾക്ക് ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായ സ്ഥിരത ഇല്ലെന്നതു തന്നെ.

അവസാദശിലകളുടെ രൂപീകരണം ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ഏക രൂപേണയല്ലാത്തതുകൊണ്ട് പ്രാദേശികവും ആഗോളവുമായ ശിലാസ്തര പരമ്പരകളും അപൂർണ്ണങ്ങളാണ്. ചിലയിടങ്ങളിൽ അവസാദ നിക്ഷേപം നടക്കുമ്പോൾ അതേ കാലഘട്ടത്തിൽ തന്നെ മറ്റു ചിലയിടങ്ങളിൽ അപരദനമാകാം നടക്കുന്നത്. കൂടാതെ, ഈ കാലഘട്ടത്തിൽ അപരദനത്തിന് വിധേയമാകുന്നൊരിടം മറ്റൊരു കാലഘട്ടത്തിൽ നിക്ഷേപണ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് വേദിയായേക്കാം. അപരദന പ്രവർത്തനങ്ങൾ നടക്കുന്ന സമയത്ത് ആ പ്രദേശത്ത് ശിലാരേഖകൾ രൂപപ്പെടുകയില്ലല്ലോ.

അവസാദ നിക്ഷേപം നടക്കാത്ത കാലഘട്ടം അല്ലെങ്കിൽ മുമ്പ് നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടവ അപരദനത്താൽ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന കാലഘട്ടം, ഇത്തരം കാലഘട്ടങ്ങളിൽ തുടർച്ചയായുള്ള അവസാദ നിക്ഷേപ ചരിത്രം ശിലകളിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുക സാധ്യമല്ല. ഇവയെല്ലാം ആ പ്രദേശത്തെ അനനുരൂപതകളായി (unconformity) കണക്കാക്കപ്പെടും. ഒരു ശിലാശ്രേണിയിലെ നിക്ഷേപരഹിത അല്ലെങ്കിൽ അപരദന ഇടവേളകളെ അനനുരൂപതകൾ എന്ന് നാം കഴിഞ്ഞ പാഠത്തിൽ നിർവചിച്ചത് ഓർക്കുക. ശിലാരേഖകളിലെ വിട്ടുപോയ കാലഘട്ടങ്ങളുടെ സൂചകങ്ങൾ എന്ന നിലയിൽ അനനുരൂപതകൾ സവിശേഷ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു.

5.4. ഭൗമ സംഭവങ്ങളുടെ കാലഗണന (Dating of geologic events)

പ്രാദേശികമോ ആഗോളമോ ആയ ഭൗമചരിത്രം ശിലാരേഖകളുടെ സഹായത്താൽ അപഗ്രഥിക്കണമെങ്കിൽ ആദ്യമേ തന്നെ ശിലാരേഖകളെ കാലഘട്ടത്തിനനുസരിച്ച് കൃത്യമായി ക്രമപ്പെടുത്തേണ്ടതുണ്ട്. ഭൂവൈജ്ഞാനിക ഘടനകൾ, ശിലകൾ, ഫോസിലുകൾ എന്നിവയുടെ പ്രായം കണക്കാക്കി അവയെ കൃത്യമായ ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലഘട്ടത്തിൽ സ്ഥാപിക്കുന്ന ശാസ്ത്രീയ രീതിയാണ് **ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലഗണന (dating).** ഇത് ചെയ്യുന്നതിന് രണ്ട് രീതികളുണ്ട്. (1) ആപേക്ഷിക കാലഗണനയും (Relative dating) (2) കേവല (സാംഖിക) കാലഗണനയും (Absolute or numerical dating).

5.4.1 ആപേക്ഷിക കാലഗണന (Relative dating)

ഉത്ഭവത്തിന്റെ ക്രമമനുസരിച്ച് ശിലകളെയും ഭൗമപ്രതിഭാസങ്ങളെയും ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമീകരണത്തിൽ സ്ഥാപിക്കുക എന്നതാണ് ആപേക്ഷിക കാലഗണനാ സമ്പ്രദായം. ഓരോ ശിലാപാളിയും, സംഭവവും മറ്റൊന്നിനെ അപേക്ഷിച്ച് പ്രായം കൂടിയതോ പ്രായം കുറഞ്ഞതോ എന്ന് മാത്രം ഇതിൽ നിന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. എന്നാൽ കൃത്യമായി ഒരു ശിലയുടെയോ സംഭവത്തിന്റെയോ പ്രായം എന്നതിന് ആപേക്ഷിക കാലഗണനാ സമ്പ്രദായം ഉത്തരം തരില്ല, എന്നാൽ ഭൗമചരിത്രത്തിലെ സംഭവങ്ങളുടെ ക്രമം ഇതിൽ നിന്ന് ലഭിക്കും. സാംഖികമായ പ്രായം ഇതുവഴി കണക്കാക്കാനാകില്ല. ശിലകളിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ട ഭൂമിയുടെ ചരിത്രത്തിലെ സംഭവങ്ങളുടെ ഉത്ഭവക്രമം ആപേക്ഷിക കാലഗണനാ സമ്പ്രദായത്തിലൂടെ ലഭിക്കും.

ചില പ്രത്യേക കാലഘട്ടത്തിൽ ജീവിച്ച് മണ്ണടിഞ്ഞ ജീവികളുടെ അശ്മകങ്ങൾ (സൂചക അശ്മകങ്ങൾ), തിരിച്ചറിയൽ പ്രായം അറിയാവുന്ന ഒരു ശിലയുമായുള്ള മറ്റൊരു ശിലയുടെ ബന്ധം കണ്ടെത്തൽ എന്നിങ്ങനെ പല രീതികളിൽ ആപേക്ഷിക കാലഗണന സാധ്യമാണ്.

ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ തുടക്കത്തിലാണ് കേവല കാലഗണന നിലവിൽ വരുന്നത്. അതിനു കുറേ മുമ്പ് വരെ ഭൂവൈജ്ഞാനികർ ആപേക്ഷിക കാലഗണനയാണ് നടത്തിയിരുന്നത്. ഇന്ന് ശിലാപ്രായം കണക്കാക്കാൻ ആധുനിക കാലഗണനാ രീതികൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

5.4.2. കേവല (സാംഖിക) കാലഗണന (Absolute dating or Numerical dating)

ഒരു സംഭവം നടന്നിട്ട് കൃത്യമായി എത്ര വർഷം പിന്നിട്ടു എന്ന് പറയുന്നതാണ് കേവല കാലഗണന. ആ സംഭവം നടന്നതിന് ശേഷം കടന്നു പോയ കാലദൈർഘ്യത്തെ കൃത്യമായ ഒരു സംഖ്യയുടെ രൂപത്തിൽ അവതരിപ്പിക്കാൻ കേവല കാലഗണനയ്ക്കു കഴിയുന്നു. ഒരു ശിലയുടെ അല്ലെങ്കിൽ സംഭവത്തിന്റെ പ്രായം എത്ര എന്ന് സാംഖികമായി തന്നെ പറയാൻ നമുക്ക് കഴിയും. (ഉദാഹരണത്തിന്, ഹോമോസാപിയനുകൾ ഭൂമുഖത്ത് പ്രത്യക്ഷമായിട്ട് 2.3 ദശലക്ഷം വർഷം ആയി എന്ന് നാം പറയുമ്പോൾ ആ ഭൗമ സംഭവത്തിന് ശേഷമുള്ള കാലദൈർഘ്യത്തെ സംഖ്യാ രൂപത്തിൽ അളക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്).

ഒരു ശിലയിൽ അടങ്ങിയിരുന്ന റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങൾക്ക് എത്രത്തോളം ശോഷണം സംഭവിച്ചു എന്ന് കണക്കാക്കുന്ന ഗണിത രീതിയനുസരിച്ചാണ് കേവല കാലഗണന നടത്തുന്നത്. റേഡിയോ ആക്ടീവ് വസ്തുക്കൾ ഭൂവൈജ്ഞാനിക ഘടികാരങ്ങളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഭൂവൈജ്ഞാനികർ ശിലകളുടെ കാലഗണന നടത്തുന്നത് റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഗണിത രീതിയനുസരിച്ചാണ്. റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഗണിത പ്രായ വിവരവും പുരാജൈവശാസ്ത്ര വിവരവും സംയോജിപ്പിച്ച് ശിലകളുടെ കൃത്യമായ പ്രായം കണക്കാക്കാനും ഭൂവൈജ്ഞാനിക ക്രമീകൃത കാലപട്ടികയിൽ കൃത്യമായ സംഖ്യകൾ ഉൾപ്പെടുത്താനും ഇന്ന് ഭൂവൈജ്ഞാനികർക്ക് സാധിക്കുന്നു.

റേഡിയോ ആക്ടീവ് (Radioactive) കാലഗണന

നൈസർഗ്ഗികമായി പ്രകൃതിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന റേഡിയോ ആക്ടീവ് (radio active) വസ്തുക്കൾ അസ്ഥിരമാണ്. അവയ്ക്ക് കൃത്യമായ നിരക്കിൽ ശോഷണം സംഭവിച്ച് മറ്റ് വസ്തുക്കളായി മാറുന്നതിനെ റേഡിയോ ആക്ടീവ് ശോഷണം (radio active decay) എന്നു പറയുന്നു. റേഡിയോ ആക്ടീവായ മാതൃമൂലകങ്ങൾ ക്ഷയിച്ച് സ്ഥിരതയുള്ള ദ്വിതീയ മൂലകങ്ങൾ രൂപമെടുക്കുന്നു.റേഡിയോ ആക്ടീവായ മൂലകങ്ങളെ ഭൂവൈജ്ഞാനിക ഘടികാരങ്ങളായി ഉപയോഗപ്പെടുത്താവുന്നതാണ്. ഭൂരിഭാഗം റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങളും അവയുടെ കൃത്യമായ സ്ഥിരം തോതിൽ റേഡിയോ ആക്ടീവ് ശോഷണത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. ഈ തോത് തിരിച്ചറിഞ്ഞാൽ ഭൂവൈജ്ഞാനികർ ഇവയുടെ ശോഷണത്തിന് എത്രത്തോളം കാലദൈർഘ്യം ആവശ്യമായി വന്നു എന്ന് കണ്ടെത്തും. ഇത് കണ്ടെത്തുന്നത് മാതൃറേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങളുടെയും ദ്വിതീയ റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങളുടെയും അളവുകളിൽ നിന്നുമാണ്. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പട്ടികയിൽ റേഡിയോ ആക്ടീവിറ്റിയുള്ള മാതൃഐസോടോപ്പുകളും (parent isotopes), സ്ഥിരതയുള്ള ദ്വിതീയ ഉല്പന്നങ്ങളും അവയുടെ റേഡിയോ ആക്ടീവിറ്റി നേർപകുതിയായി താഴുന്നതിനാവശ്യമായ കാലദൈർഘ്യവും (half life) പട്ടികപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്.

പട്ടിക 5.2. വ്യത്യസ്ത റേഡിയോ ഐസോടോപ്പുകളുടെ അർദ്ധായുസ്

അസ്ഥിര റേഡിയോ ആക്ടീവ്മൂലകം	സ്ഥിരതയുള്ള ദ്വിതീയ മൂലകം	അർദ്ധായുസ് (വർഷങ്ങളിൽ)
റുബീഡിയം 87	സ്ട്രോൺഷിയം 87	48.8 ആയിരം ദശലക്ഷം
തോറിയം 232	ലെഡ് 208	14 ആയിരം ദശലക്ഷം
യുറേനിയം 238	ലെഡ് 206	4.47 ആയിരം ദശലക്ഷം
പൊട്ടാസ്യം 40	ആർഗൺ 40	1.25 ആയിരം ദശലക്ഷം
യുറേനിയം 235	ലെഡ് 207	704 ദശലക്ഷം
കാർബൺ 14	നൈട്രജൻ 14	5730

മേൽവിവരിച്ച പട്ടികയിൽ മൂലകങ്ങളോട് ചേർന്നുള്ള സംഖ്യ അണ്വാങ്കമാണ് .(mass number) (പ്രോട്ടോൺ, ന്യൂട്രോൺ എന്നിവയുടെ ആകെ എണ്ണം). ഒരു മൂലകത്തിലെ അണുവിന്റെ ന്യൂട്രോൺ എണ്ണം മാറുന്നതിനനുസരിച്ച് അതിന്റെ അണ്വാങ്കവും മാറാൻ സാധ്യതയുണ്ട്. വ്യത്യസ്ത എണ്ണം ന്യൂട്രോണുകളുള്ള ഒരേതരം മൂലകങ്ങളെ ഐസോടോപ്പുകൾ (isotopes) എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. ഓരോ റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങൾക്കും പകുതിയാകുന്നതിന് അതിന്റേതായ കാലദൈർഘ്യമുണ്ട്. ഒരു റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകത്തിന് ശോഷണം സംഭവിച്ച് നേർ പകുതിയാകാനും പുതിയൊരു ദ്വിതീയ മൂലകമായി മാറാനുമുള്ള കാലദൈർഘ്യത്തെയാണ് അർദ്ധായുസ്സ് (half life) എന്നതു കൊണ്ട് അർത്ഥമാക്കുന്നത്. റേഡിയോ ആക്ടീവ് ശോഷണം സ്ഥിരമായ ലഘു ജീജക (exponential) നിരക്കിലോ ക്ഷേത്രഗണിത (geometric) നിരക്കിലോ ആണ് മുന്നോട്ട് പോകുന്നത്. റേഡിയോ ആക്ടീവിറ്റിയുടെ നിരക്ക് മാതൃമൂലകങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിന് ആനുപാതികമായിരിക്കും.

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. ശിലാ രേഖകളിലുള്ള ചില ഫോസിൽ ജീവി ഉപഗണങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യവും അസാന്നിധ്യവുമാണ് ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് എന്ന് നിങ്ങൾ എങ്ങനെ സ്ഥാപിക്കും?
2. ഒരു ഭൂവൈജ്ഞാനിക പ്രതിഭാസത്തിന്റെ കേവല പ്രായവും ആപേക്ഷിക പ്രായവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?

5.5 ചരിത്ര ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന തത്വങ്ങൾ (Fundamental principles of Historical Geology)

ഭൂമിയുടെ വളരെ വിപുലമായ ചരിത്രത്തെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവ് ലഭിക്കാൻ ഒരു വിദ്യാർത്ഥിക്ക് ഉപകാരപ്പെടുക ഭൗമ സംഭവങ്ങളുടെ കൃത്യ തീയതിയേക്കാളും കാലത്തേക്കാളും അവയുടെ ഉത്ഭവത്തിന്റെ ആപേക്ഷിക ക്രമമായിരിക്കും. ശിലാ പാളികളുടെ പഠനത്താലും അവയിലടങ്ങിയ ശിലകളുടെയും അശ്മകങ്ങളുടെയും പഠനത്താലും ആപേക്ഷിക കാലഗണന സാധ്യമാണ്. ഒരു പ്രദേശത്തെ ഭൂവൈജ്ഞാനിക പ്രതിഭാസങ്ങളുടെ കാലക്രമം പുനർസൃഷ്ടിക്കാൻ ആപേക്ഷിക കാലഗണനാ തത്വങ്ങൾക്ക് കഴിയും. ഭൗമചരിത്രം പുന:സൃഷ്ടിക്കുന്നതിനും ശിലകളുടെ പ്രായം ഗണിക്കുന്നതിനും (ഏതെല്ലാം ശിലകളാണ് പ്രായം കൂടിയത്, പ്രായം കുറഞ്ഞത് എന്നെല്ലാം കണ്ടെത്താൻ) ശാസ്ത്രജ്ഞർ ചില തത്വങ്ങൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. ചരിത്ര ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിലെ അടിസ്ഥാനതത്വങ്ങൾ നമുക്ക് പരിചയപ്പെടാം.

5.5.1. ഏകരൂപതാ തത്വം (Principle of Uniformitarianism)

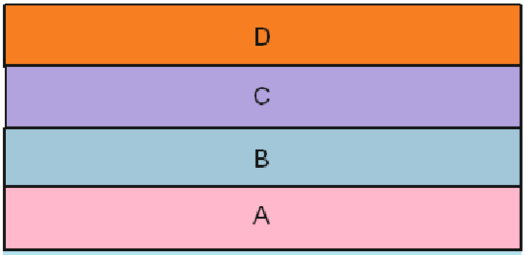
ഭൗമചരിത്രത്തിലുടനീളം ഭൗമപ്രക്രിയകളും പ്രകൃതി നിയമങ്ങളും ഇപ്പോൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നതു പോലെ തന്നെ ഇതേ താളത്തിലും ക്രമത്തിലും പ്രവർത്തിച്ചിരുന്നു. ഇന്നു നടക്കുന്ന ഭൂപ്രതിഭാസങ്ങളും പ്രക്രിയകളും സസൂക്ഷ്മം നിരീക്ഷിക്കുകയാണെങ്കിൽ കഴിഞ്ഞ കാല പ്രക്രിയകളെയും പ്രതിഭാസങ്ങളെയും വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയും. മേൽ വിവരിച്ചവയാണ് ഏകരൂപതാതത്വത്തിന്റെ കാതൽ. ഈ തത്വമനുസരിച്ച് ഇന്നത്തെ കാലഘട്ടത്തിൽ സജീവമായ പ്രക്രികളെല്ലാം തന്നെ കഴിഞ്ഞ കാലഘട്ടങ്ങളിലും സജീവമായിരുന്നു. **വർത്തമാനകാലം ഭൂതകാലത്തിന്റെ താക്കോലാണ്** എന്നതാണ് ഈ തത്വത്തിന്റെ രത്നച്ചുരുക്കം.

5.5.2. സൂപ്പർപൊസിഷൻ തത്വം (Principle of Superposition)

രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ചിട്ടില്ലാത്ത തിരശ്ചീന അവസാദ ശിലാപാളികളിൽ

ഏറ്റവും പ്രായം കൂടിയവ ഏറ്റവും താഴെയും, അതിന് മുകളിൽ ക്രമേണ പ്രായം കുറഞ്ഞവയും കാണപ്പെടുന്നു. ഏറ്റവും പ്രായം കുറഞ്ഞ ശിലാപാളി ശിലാശ്രേണിയുടെ ഏറ്റവും മുകളിലായി കാണപ്പെടുന്നു. എല്ലാ ശിലാപാളികളുടെയും ആപേക്ഷിക പ്രായം കണക്കാക്കാൻ പഴയതിന് മേൽ പുതിയത് എന്ന ഈ തത്വം സാധ്യമാക്കുന്നു.

അവസാദ ശിലകൾ തരികളായി രൂപപ്പെടുകയും പാളികളായി മാറുകയും ഒന്നിന് മേൽ മറ്റൊന്ന് എന്ന ക്രമത്തിൽ അടുക്കുകളായി ശിലാവൽക്കരിക്കപ്പെട്ട് (lithification) പ്രകൃതിയിൽ ദൃശ്യമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. വ്യവസ്ഥിത ശിലാപാളികളുടെ കൂട്ടത്തിൽ മുകളിലുള്ള ശിലാപാളിക്ക് അതിന് താഴെയുള്ള ശിലാപാളിയേക്കാൾ പ്രായം കുറവായിരിക്കും. ഡെൻമാർക്കിലെ ശാസ്ത്രജ്ഞൻ നിക്കോളാസ് സ്റ്റെനോ പതിനേഴാം നൂറ്റാണ്ടിൽ (1669) സ്ഥാപിച്ചെടുത്തതാണ് സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്വം. അസ്ഥിരപ്പെടാത്ത ശിലാപാളികളുള്ള ഒരു പ്രദേശത്തിന്റെ കുറുകെയുള്ള പരിഛേദമാണ് ചിത്രം 5.6 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്. ഇതിലെ എ മുതൽ ഡി വരെയുള്ള അവസാദശിലാപാളികളിൽ എ യുടെ പ്രായം ഏറ്റവും കൂടുതലും ഡി യുടേത് ഏറ്റവും കുറവുമാണ്.



ചിത്രം 5.6. സൂപ്പർ പൊസിഷൻ തത്വത്തെ കാണിക്കുന്ന ചിത്രം

അവസാദ ശിലാ ശ്രേണിയിലെ പ്രായക്രമം കണ്ടെത്താൻ അശ്മകങ്ങൾ വളരെയധികം സഹായിക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉത്ഭവം മുതലുള്ള കാലഗതിയിൽ ജീവി വർഗ്ഗങ്ങൾക്കുണ്ടാകുന്ന പരിണാമങ്ങളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കാനും ശിലാ ശ്രേണികളിലെ അശ്മകങ്ങളുടെ ക്രമം ഉപയോഗപ്പെടുത്താവുന്നതാണ്. പഴയതിന് മേൽ പുതിയത് എന്ന തത്വ പ്രകാരം ശിലാശ്രേണിയിലെ ഏറ്റവും താഴെത്തട്ടിലുള്ള അശ്മകങ്ങൾ ഏറ്റവും പുരാതന കാലഘട്ടത്തിലെ ജീവികളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ആയതുകൊണ്ട് ശിലാശ്രേണികളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായഗണനയ്ക്ക് മാത്രമല്ല അശ്മകങ്ങളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായഗണനയ്ക്കും പഴയതിന് മേൽ പുതിയത് എന്ന തത്വം നിദാനമാണ്.

ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമത്തിൽ ചെറിയ കാലദൈർഘ്യത്തിൽ മാത്രം ജീവിക്കുകയും, കൂടുതൽ ഭൂപ്രദേശങ്ങളിൽ വ്യാപിച്ച് പെരുകുകയും ചെയ്തിട്ടുള്ള ജീവികളുടെ ഫോസിലുകളെ **സൂചക ഫോസിലുകൾ (index fossils or guide fossils)** എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. ശിലാ ശ്രേണികളുടെ പ്രായഗണനയ്ക്ക് ഇവ ഉത്തമമാണ്. കാല-ശിലാ ഏകകങ്ങളുടെ നിർണ്ണയത്തിനും ശിലാബന്ധ പ്രക്രിയയ്ക്കും സൂചക അശ്മകങ്ങൾ വളരെയധികം ഉപകരിക്കുന്നു.

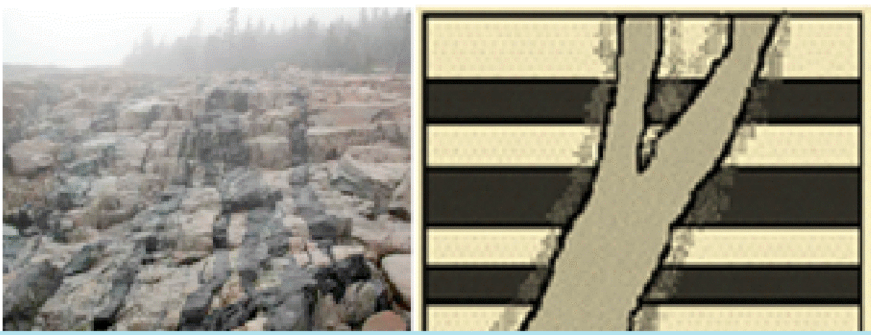
5.5.3. ഉത്ഭവ തിരശ്ചീനതാ തത്വം (Principle of original horizontality)

ചിത്രം 5.7. ശിലാസ്തര തിരശ്ചീനത

ആദ്യമായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അവസാദങ്ങൾ തിരശ്ചീനമായോ പരന്ന പ്രതല സമാന്തരമായോ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു എന്ന വസ്തുതയാണ് ഉത്ഭവ തിരശ്ചീനതാ തത്വം പ്രസ്താവിക്കുന്നത് (ചിത്രം 5.7). ശിലാപാളി ചെരിഞ്ഞോ തിരശ്ചീനമല്ലാതെയോ കാണപ്പെട്ടാൽ അവ വിവിധ ഭൂവല്ക്കചലനങ്ങൾക്ക് വിധേയമായി വിരൂപണം നടന്നവയാണ് എന്നും ഈ തത്വം വിശദീകരിക്കുന്നു.

5.5.4. ക്രോസ് കട്ടിംഗ് ബന്ധതത്വം (Principle of crosscutting relationship)

ഭൂവൈജ്ഞാനിക ഘടനാ രൂപങ്ങളായ ഭ്രംശനങ്ങളും (Faults) ആഗ്നേയ ഭേദകങ്ങളും (Igneous intrusion) അവ ഭേദിച്ച് കടന്ന് പോകുന്ന ശിലകളേക്കാൾ പ്രായം കുറഞ്ഞവയായിരിക്കും. ചില അവസരങ്ങളിൽ മാഗ്മ ഉയർന്ന് തള്ളി തുളച്ചു കയറുന്നത് മുമ്പേ നിലനിന്നിരുന്ന ശിലാ വിള്ളലുകളിലേയ്ക്കാകാം. ശിലാദ്രാവകം വിള്ളലുകളിൽ ശീതീകരിച്ച് ദൃഢീകരിച്ച് ഉണ്ടാകുന്ന രൂപമാണ് ആഗ്നേയ ഭേദകം (igneous intrusion). *ഒരു ആഗ്നേയ ഭേദകം അത് ഭേദിച്ച് കടന്ന് പോകുന്ന ശിലയേക്കാൾ എപ്പോഴും പ്രായം കുറഞ്ഞതായിരിക്കും.* ചിത്രങ്ങൾ 5.8 എ,ബി എന്നിവയിൽ ഒരു ആഗ്നേയ നുഴഞ്ഞു കയറ്റ രൂപമായ ഡൈക്കിന്റെ (dyke) ഭൗമോപരിതലത്തിൽ വെളിപ്പെട്ട രീതിയിലുള്ള ദൃശ്യവും ഭേദകബന്ധം ചിത്രീകരിക്കുന്ന കുറുകെയുള്ള പരിച്ഛേദവും കാണാവുന്നതാണ്. പ്രാദേശിക ശിലകൾ അസ്ഥിരപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതും ആഗ്നേയ ഭേദകരൂപത്തിന്റെ ആപേക്ഷിക പ്രായക്കുറവും ഈ ചിത്രത്തിൽ നിന്ന് മനസ്സിലാക്കുന്നു.


ചിത്രം 5.8. എ) ബാഹ്യ ശിലകളിൽ പ്രകടമാകുന്ന ആഗ്നേയ ഭേദകങ്ങൾ, ബി) കുറുകെയുള്ള പരിച്ഛേദത്തിൽ

ഭ്രംശനങ്ങൾ, അപരദന പ്രതലങ്ങൾ, ധാതുധമനികൾ (veins) എന്നിവയുടെ ആപേക്ഷികപ്രായം കണ്ടെത്താനും ഭേദക ബന്ധതത്വം പ്രയോജനപ്പെടും.

5.5.5. ജന്തുജാല ശ്രേണി തത്വം (Principle of faunal succession)

നിയതവും നിർണ്ണയ യോഗ്യവുമായ ക്രമത്തിലാണ് സസ്യജന്തുജാലങ്ങളുടെ ഫോസിലുകൾ ഭൂവൈജ്ഞാനിക രേഖകളായി കാണപ്പെടുന്നത് എന്ന് ജന്തുജാല ശ്രേണീ തത്വം പ്രസ്താവിക്കുന്നു. ഭൂമിയിലാകമാനം പരസ്പര വൈരുദ്ധ്യമില്ലാത്ത ലംബക്രമത്തിൽ ഫോസിലുകൾ ശിലകളിൽ സംരക്ഷിയ്ക്കപ്പെട്ട് കാണപ്പെടുന്നു. ഏത്തരം സസ്യജന്തുജാലങ്ങളാണ് ഫോസിലുകളായി കാണപ്പെടുന്നത് എന്നത് കാലഘട്ടത്തിനനുസരിച്ച് മാറിക്കൊണ്ടുമിരിക്കും.

അതായത് സമാന പ്രായത്തിലുള്ള ശിലകളിൽ സമാന രീതിയിലുള്ള സസ്യജന്തു ഫോസിലുകൾ കാണുന്നു, അവ വളരെ വിസ്തൃതമായ പ്രദേശത്ത് വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്ന ശിലകളാണെങ്കിൽ പോലും. അതിനാൽ ജന്തുജാല ശ്രേണീതത്വ പ്രകാരം ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമത്തിലെ മഹായുഗങ്ങളെയോ മറ്റ് കാലഘട്ടങ്ങളെയോ തിരിച്ചറിയാൻ അതാത് കാലഘട്ടത്തിലെ ശിലകളിൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഫോസിലുകൾ പ്രയോജനപ്പെടും.

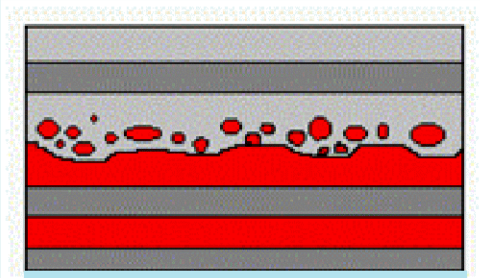
പാർശ്വ അവിച്ഛേദ തത്വം (Principle of original lateral continuity)

ചിത്രം 5.9. ശിലാസ്തര തുടർച്ച

അവസാദങ്ങൾ സാധാരണയായി തുടർമാന പാളികളുടെ രൂപത്തിൽ അടിഞ്ഞു കൂടുന്നു. അവസാദ ശിലാപാളികൾ എല്ലാ വശങ്ങളിലേയ്ക്കും വ്യാപിച്ച് അറ്റങ്ങൾ നേർത്തതായി ഇല്ലാതാകുകയോ നിക്ഷേപതടത്തിന്റെ വശങ്ങളിൽ അവസാനിക്കുകയോ ആണ് ചെയ്യുന്നതെന്ന് പാർശ്വ അവിച്ഛേദ തത്വം പ്രസ്താവിക്കുന്നു (ചിത്രം 5.9). ഒരു അവസാദ പാളിയിലൂടെ നദീ താഴ്വര ഛേദിച്ച് കടന്ന് പോകുകയാണെങ്കിൽ ഒരു കാലഘട്ടത്തിൽ ഈ ശിലാപാളി അവിച്ഛേദമായിരുന്നെന്നും പിന്നീട് നദിയുടെ അപരദന പ്രക്രിയമൂലം അതിലൂടെ താഴ്വര രൂപപ്പെട്ടുവെന്നും ഊഹിക്കാവുന്നതാണ്. ഇപ്രകാരം നദീതാഴ്വരയുടെ ഇരുവശങ്ങളിലുമുള്ള ശിലാപാളികൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധം സ്ഥാപിക്കാവുന്നതാണ്.

ഉൾച്ചേർക്കൽ തത്വം (Principle of inclusion)

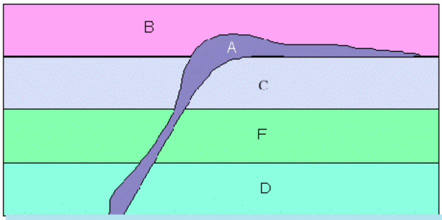
ഒരു ശിലാശകലം മറ്റൊരു ശിലയിൽ അന്തർഭൂതമായിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ ആ ശിലാശകലത്തെ ഉൾച്ചേർന്ന വസ്തുവായി പരിഗണിക്കുന്നു. വലയം ചെയ്യുന്നത് ആഗ്നേയ ശിലയാണെങ്കിൽ ഉൾച്ചേർക്കലുകളെ സെനോലിത്തുകൾ (Xe-noliths) എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. അന്തർഭൂത വസ്തുക്കൾ ആദ്യമേ ഉണ്ടായിരുന്നെങ്കിൽ മാത്രമേ പ്രായം കുറഞ്ഞ ശിലകളുടെ ഉത്ഭവസമയത്ത് അവ ഉൾച്ചേർക്കപ്പെടുകയുള്ളൂ. അന്തർഭൂത വസ്തുക്കളുടെ സാന്നിധ്യമുള്ള ശിലകൾ ഇത്തരം വസ്തുക്കൾ വേർപ്പെട്ട്പോന്ന ശിലകളേക്കാൾ പ്രായം കുറഞ്ഞവയായിരിക്കും.



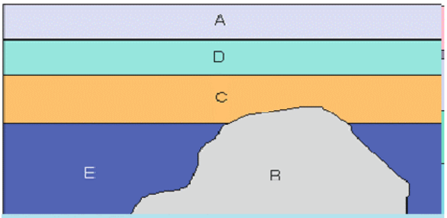
ചിത്രം 5.10.
അനനുരൂപതാ പ്രതലത്തിലെ ശിലാശകലങ്ങൾ

ചിത്രം 5.10 ൽ കാണുന്ന നിരപ്പല്ലാത്ത അപരദന പ്രതലം ശ്രദ്ധിക്കുക. ഇത് ഒരു അനനുരൂപതയാണ്. ചിത്രത്തിൽ കാണുന്ന ശിലാതുണ്ടുകളും ചരലുകളും (അനനുരൂപത്തിന് മുകളിലുള്ള പാളിയിൽ) തുടങ്ങുന്നത് താഴെയുള്ള പ്രായം കൂടിയ ശിലാപാളിയിൽ നിന്നാണ്. ചരലുകളും ശിലാശകലങ്ങളും അവ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ശിലയേക്കാൾ പ്രായം കൂടിയവയാണ്. മറ്റൊരർത്ഥത്തിൽ, ചരൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ശില ചരൽ അടർന്ന് വേർപ്പെട്ട ശിലയേക്കാൾ പ്രായം കുറഞ്ഞതാണ്.

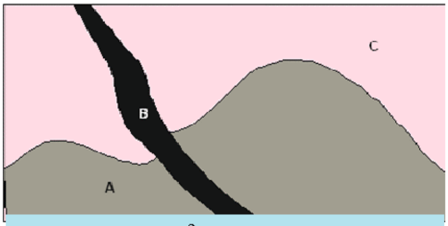
സ്തരവിജ്ഞാനീയ പഠനതത്വങ്ങൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തി ശിലകളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായം കണ്ടെത്താവുന്നതാണ്. വിവിധ പ്രദേശങ്ങളുടെ കുറുകെയുള്ള പരിച്ഛേദമാണ് 5.11 മുതൽ 5.15 വരെയയുള്ള ചിത്രങ്ങളിൽ കാണുന്നത്. ഇവ ശ്രദ്ധയോടെ നിരീക്ഷിച്ച് ഇവയിലെ പ്രക്രിയകളുടെയും സംഭവങ്ങളുടെയും കാലഗണന ക്രമം കണ്ടെത്തുക. ഓരോ പരിച്ഛേദത്തിലെയും ശിലാശ്രേണികളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായവും കണ്ടെത്തുക. ഓരോ ശിലാപാളിയുടെയും പ്രക്രിയകളുടെയും സംഭവങ്ങളുടെയും പ്രായം അവരോഹണ ക്രമത്തിലാണ് എഴുതേണ്ടതെന്ന് ഓർക്കുക. ഏറ്റവും പ്രായം കൂടിയതിൽ നിന്ന് ആരംഭിച്ച് ഏറ്റവും പ്രായം കുറഞ്ഞതിൽ അവസാനിക്കണം. എല്ലാ ആഗ്നേയ ഭേദകരൂപങ്ങളെയും ഭ്രംശനങ്ങളെയും പരിഗണിക്കാൻ വിസ്മരിക്കരുത്. നിങ്ങളുടെ അപഗ്രഥന നൈപുണ്യം പരിപോഷിപ്പിക്കുന്നതിനുവേണ്ടി ചിത്രങ്ങൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നത് ലളിതമായവയിൽ നിന്ന് അനുക്രമമായി സങ്കീർണ്ണമായവയിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്ന രീതിയിലാണ്.



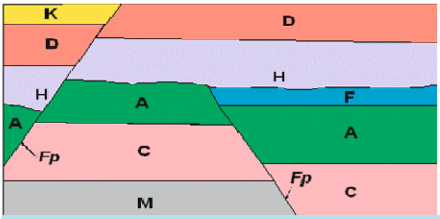
ചിത്രം 5.11



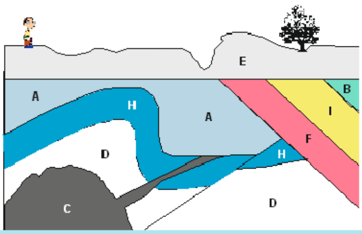
ചിത്രം 5.12



ചിത്രം 5.13



ചിത്രം 5.14



ചിത്രം 5.15

പഠനപുരോഗതി മനസ്സിലാക്കാം

1. വർത്തമാനകാലം ഭൂതകാലത്തിന്റെ താക്കോലാണ് എന്ന പ്രസ്താവനയിൽ നിന്ന് നാം മനസ്സിലാക്കേണ്ടത് എന്ത്?
2. ശിലാപാളികൾ സാധാരണയായി ഒന്നിന് മുകളിൽ ഒന്നായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു എന്ന് നാം പറയുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്?
3. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന തത്വങ്ങൾ ആധാരമാക്കി ഒരു ശിലാശ്രേണിയിലെ പുരാതന-നവീന ശിലകളെ എങ്ങനെ കണ്ടെത്തും എന്ന് വിശദീകരിക്കുക.
   - i) സൂപ്പർ പൊസിഷൻ
   - ii) ക്രോസ് കട്ടിംഗ് ബന്ധതത്വം

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ശിലാഅടുക്കുകളുടെ ആപേക്ഷിക പ്രായം കണ്ടെത്താൻ അവയിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഫോസിലുകൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്താം. താഴെ നിന്ന് മുകളിലേയ്ക്ക് ക്രമമായി അടുക്കുകളായിരുന്ന ശിലാശ്രേണികളിൽ വ്യത്യസ്ത ഉപജീവി വർഗ്ഗങ്ങളുടെ ഫോസിൽ ശേഖരങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. പ്രകൃതി നിയമങ്ങൾ കാലഗതിയ്ക്കനുസരിച്ച് മാറുന്നതല്ല എന്ന് ഏകരൂപതാ തത്വം പ്രസ്താവിക്കുന്നു. ജന്തുജാല ശ്രേണീ തത്വപ്രകാരം ശിലകളുടെ പ്രായവും അശ്മകങ്ങളുടെ അനുപൂർവ്യക്രമവും തമ്മിലൊരു പാരസ്പര്യബന്ധം നിലനിൽക്കുന്നുണ്ട്. ഇത്തരം അറിവുകളെ മറ്റ് സ്തരവിജ്ഞാന തത്വങ്ങളുമായി ചേർത്ത് ഭൂമിയുടെ ചരിത്രം മാനവകുല ചരിത്രത്തേക്കാൾ വളരെ പുരാതനമാണെന്ന് ഭൂവൈജ്ഞാനികർ സമർത്ഥിക്കുന്നു. നമ്മുടെ ഗ്രഹമായ ഭൂമിയിലെ പ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ച് ആഴത്തിലും പരപ്പിലും മനസ്സിലാക്കാൻ പൂർവ്വകാലങ്ങളെ കുറിച്ചുള്ള ഉൾക്കാഴ്ച അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ നിന്നും ശരിയായ പദം തിരഞ്ഞെടുക്കുക. (ധാതുവൽക്കരണം, ചലനരേഖാ ഫോസിൽ, കാർബണീകരണം)
   - എ) ജന്തുജീവികളുടെ ചലനങ്ങളുടെ തെളിവ്
   - ബി) സുഷിരങ്ങളിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട ധാതുക്കൾ
   - സി) സസ്യങ്ങളുടെയും ജന്തുക്കളുടെയും മൃദു കലകൾ നേർത്ത കാർബൺ പടലങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നത്.
2. ഒരു ശിലാപാളിയിലൂടെ ഭ്രംശനം ഭേദിച്ചതായി കാണപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ ഏതിനായിരിക്കും പ്രായം കൂടുതൽ, ശിലാപാളിയ്ക്കോ ഭ്രംശനത്തിനോ?
3. ഏത് തരം ശിലകളിലാണ് സാധാരണയായി ഫോസിലുകൾ കാണപ്പെടുന്നത്?
4. ഒരു ഫോസിലെന്താണെന്ന് നിർവ്വചിക്കുക.
5. ആപേക്ഷിക പ്രായവും കേവല പ്രായവും തമ്മിൽ വേർതിരിച്ചറിയുക.
6. എന്താണ് ഫോസിൽ അച്ചുകളും ഫോസിൽ പ്രതിമകളും?
7. ഏകരൂപത സിദ്ധാന്തം സ്ഥാപിക്കുന്നതെന്ത്?
8. ഫോസിലുകളെന്നാൽ പുരാതന കാലത്ത് ജീവിച്ചിരുന്ന ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങളോ തെളിവുകളോ ആണ്. എപ്രകാരമാണ് ഇവ ശിലകളിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നത്?