11 ചലനാത്മക ഭൂമി
(THE DYNAMIC EARTH)

I9T3T5

11.1 ആമുഖം

ഭൂമുഖത്തെ അജ്ഞാതമായ കരഭാഗങ്ങൾ കണ്ടെത്താനായി നടത്തിയ പര്യവേഷണങ്ങളുടെയും മനുഷ്യന്റെ അന്വേഷണത്വരയുടെയും ഫലമായി ഏകദേശം 350 കൊല്ലങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് തന്നെ നിരവധി ലോക ഭൂപടങ്ങൾ നിർമിക്കപ്പെട്ടിരുന്നു. ഭൂപടങ്ങളിലും ഗ്ലോബുകളിലും തെക്കെ അമേരിക്കയുടെ കിഴക്കേ തീരത്തിന്റെയും ആഫ്രിക്കയുടെ പടിഞ്ഞാറെ തീരത്തിന്റെയും രൂപസാദൃശ്യം അക്കാലം മുതൽ തന്നെ ഭൗമശാസ്ത്രജ്ഞരുടെയും പര്യവേഷകരുടെയും ശ്രദ്ധയെ ആകർഷിച്ചിരുന്നു. ആഫ്രിക്കയുടെയും തെക്കെ അമേരിക്കയുടെയും തീരത്തേക്കാളുപരി അവയുടെ വൻകരാതട്ടിനെ ചേർത്തുവെച്ചാൽ ഈ വൻകരകൾ വളരെ നന്നായി ചേർന്നിരിക്കും.

11.2. ഭൂഖണ്ഡചലന (വൻകരാവിസ്ഥാപന) പരികൽഷന (Continental Drift Hypothesis)

ഭൂമിയിൽ ഇന്ന് കാണുന്ന ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെല്ലാം ഒരു പ്രാചീന ബ്രഹദ്ഭൂഖണ്ഡത്തിന്റെ വിഘടന ഫലമായുണ്ടായ ഭൂഭാഗങ്ങൾ അകന്ന് മാറി രൂപപ്പെട്ടതാണെന്നാണ് ഭൂഖണ്ഡചലന പരികൽപ്പന പ്രസ്താവിക്കുന്നത്. ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ പിളർന്ന് വേർപെട്ട് അവ ആപേക്ഷികമായി ഭൂമിയുടെ ധ്രുവത്തിൽ നിന്നും വിസ്ഥാപനം സംഭവിച്ച് ഇന്നത്തെ സ്ഥാനങ്ങളിലേക്കെത്തിയതാണെന്നാണ് ഈ പരികൽപ്പനയുടെ സംഗ്രഹം.

ഭൗമോപരിതലമോ ഭൂഖണ്ഡമോ മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകാതെ സുസ്ഥിരമായി നിലകൊള്ളുന്നുവെന്നാണ് പലരും ധരിച്ചിരുന്നത്. ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ സ്ഥാനാന്തരചലനം ഇന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് വ്യക്തമായി കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ ഇരു കരകളിലുമായി നിലകൊള്ളുന്ന വൻകരകളായ ആഫ്രിക്കയും തെക്കെ അമേരിക്കയും തമ്മിലുള്ള സാമ്യതകളും പരസ്പരം കൂടിച്ചേരാൻ തക്ക വണ്ണമുള്ള ഈ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ അതിരുകളുടെ സവിശേഷതകളും ഭൂപട നിർമാതാക്കളുടെ ശ്രദ്ധയാകർഷിച്ച ഒരു വസ്തുതയായിരുന്നു. ചിത്രത്തിൽ (ചിത്രം 11.1) കാണുന്നതുപോലെ ആഫ്രിക്കൻ വൻകരയുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരത്തെ ഉൾക്കടലിന്റെ ആകൃതിക്ക്

ചിത്രം 11.1
തെക്കെ അമേരിക്കയുടെയും ആഫ്രിക്കയുടെയും തീരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ജിഗ്സോ രൂപ സാദൃശ്യം

സമാനമായി തെക്കെ അമേരിക്കൻ വൻകരയുടെ കിഴക്ക് തീരത്തിന്റെ (ബ്രസീലിന്റെ) 'മുഴപ്പ്' അവ തമ്മിലുള്ള ഘടനാപരമായ ചേർച്ചയെ വിളിച്ചറിയിക്കുന്നു. ഒരു ജിഗ്സോ പ്രശ്നത്തിലെ കഷണങ്ങൾ തമ്മിൽ ചേർത്തുവച്ചാൽ കിട്ടുന്നതിന് സമാനമായ രൂപ സാദൃശ്യം ഇവിടെ കാണാവുന്നതാണ്.

വൻകരകളുടെ രൂപ സാദൃശ്യം കേവലം യാദൃശ്ചികമായിട്ടല്ല ശാസ്ത്രജ്ഞർ കണ്ടത്. ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ എന്നും സ്ഥായിയായി നില നിന്നിരുന്നില്ല എന്നും അവ വ്യതിചലിച്ചിരുന്നിരിക്കാം എന്നും വിവിധ ശാസ്ത്രജ്ഞർ അഭിപ്രായപ്പെട്ടിരുന്നു. എന്നാൽ ഈ വിഷയത്തിൽ ഏറ്റവും മൗലികവും ബൃഹത്തുമായ ആശയങ്ങൾ അവരിപ്പിച്ചത് 1912-ൽ ജർമ്മൻ കാലാവസ്ഥാശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന ആൽഫ്രഡ് വെഗ്നറാണ് (ചിത്രം 11.2)

ചിത്രം 11.2
ആൽഫ്രഡ് വെഗ്നർ

ലോകഭൂപടം പഠനവിധേയമാക്കി വെഗ്നർ തെക്കെ അമേരിക്കയുടെയും ആഫ്രിക്കയുടെയും ഭൂഖണ്ഡാകൃതിയിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധം ശ്രദ്ധിച്ചു. അഭിമുഖമായി കിടക്കുന്ന ഈ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ തീരങ്ങൾ തമ്മിൽ ചേർത്തുവെച്ചാൽ അവ പണ്ടെപ്പോഴോ ഒന്നായിരുന്നു എന്ന് വിശദീകരിക്കാൻ മതിയായ ചേർച്ച കാണപ്പെടുന്നതായി വെഗ്നർ വാദിച്ചു. അതുപോലെത്തന്നെ യൂറോപ്യൻ ഭൂഖണ്ഡവും ആഫ്രിക്കൻ ഭൂഖണ്ഡവും തമ്മിലും ഘടനാപരമായ ചേർച്ച കാണാവുന്നതാണ്.

വിവിധ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിൽ നിന്നും ലഭ്യമായ ഫോസിലുകളുടെ സമാനസ്വഭാവും, ഭൂമുഖത്തുണ്ടായ ഹിമയുഗത്തിന്റെ സൂചനകളും വ്യത്യസ്ത ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിൽ സമാന ശിലാപാളികൾ കാണപ്പെടുന്നതുമെല്ലാം ഭൂഖണ്ഡചലനമെന്ന ആശയത്തിന് സൈദ്ധാന്തിക രൂപം നൽകുവാൻ വെഗ്നർ ആശ്രയിച്ചിരുന്നു.

ഇന്ന് നാം കാണുന്ന ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെല്ലാം ഏകദേശം 225 ദശലക്ഷം കൊല്ലങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് ഒന്നായിരുന്നുവെന്ന് വെഗ്നർ അനുമാനിക്കുകയുണ്ടായി. ഒന്നായ ഭൂമി എന്നർഥം വരുന്ന 'പാൻജിയ' എന്ന പേരിൽ ആ ബൃഹത്‌വൻകര അറിയപ്പെടുന്നു. അതിനെ ചുറ്റി അതിവിസ്തൃതമായൊരു മഹാസമുദ്രം (പന്തലാസ്സ) മാത്രമാണുണ്ടായിരുന്നത്. ഏകദേശം 200 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് (ജുറാസ്സിക് മഹായുഗം) പാൻജിയ പിളർന്ന് രണ്ട് വലിയ വൻകരകളായി അകന്നുമാറാനാരംഭിച്ചു. കാലാന്തരത്തിൽ ഈ വൻകരകളോരോന്നും പരസ്പരം അകന്നു മാറിയതോടൊപ്പം വീണ്ടും പിളരുകയും അവയുടെ ഭാഗങ്ങൾ വിവിധ ദിശകളിലേക്ക് സ്ഥാനചലനത്തിനു (വിസ്ഥാപനം) വിധേയമാകുകയും ചെയ്തു. വൻകരകൾ ഇന്ന് കാണുന്ന സ്ഥാനങ്ങളിലേക്ക് ഇത്തരത്തിൽ ചലനം സംഭവിച്ചെത്തിയതാണെന്നാണ് വെഗ്നറുടെ കണ്ടെത്തൽ.

തന്റെ കണ്ടെത്തലുകൾക്ക് ബലമേകാൻ വെഗ്നർ നിരവധി തെളിവുകൾ ക്രോഡീകരിക്കുകയും ഒരു സിദ്ധാന്തരൂപേണ തന്റെ ആശയങ്ങൾ അവതരിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. വിവിധ ഭൗമശാസ്ത്രശാഖകളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി വിശദമായ പഠനങ്ങൾ നടത്തി ഭൗമശാസ്ത്രത്തിന് വിപ്ലവകരമായ സംഭാവനകൾ നൽകിയ പ്രഥമവ്യക്തിയായി വെഗ്നറെ അംഗീകരിക്കേണ്ടതുണ്ട്.

11.2.1 ഭൂഖണ്ഡ ചലനത്തിന്റെ തെളിവുകൾ (Evidences for Continental Drift)

ഭൂഖണ്ഡചലനത്തെ പിന്തുണയ്ക്കുന്ന ഏതാനും തെളിവുകൾ താഴെ പ്രസ്താവിക്കുന്നു.

i) ഭൂഖണ്ഡ (വൻകര)അതിരുകളുടെ ചേർച്ച

ii) ശിലാപാളികളുടെയും ശിലാഘടനാ സവിശേഷതകളുടെയും സമാനത

iii) പുരാതന കാലാവസ്ഥാതെളിവുകൾ

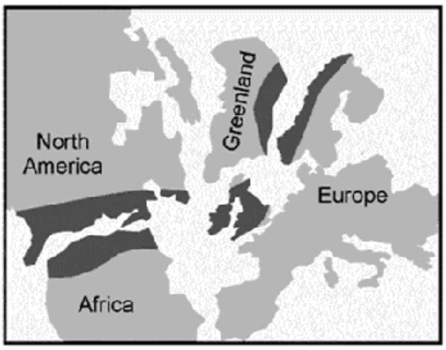
iv) ഫോസിൽ സംബന്ധമായ തെളിവുകൾ

ഇനി നമുക്ക് ഓരോ തെളിവുകളെയും കുറിച്ച് അല്പം ചുരുക്കി പഠിക്കാം.

ചിത്രം 11.3 അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ ഇരു തീരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ചേർച്ച

i) ഭൂഖണ്ഡ അതിരുകളുടെ ചേർച്ച (Fit of Continental Margins)

ബെൽജിയൻ ഭൂപട നിർമാതാവായിരുന്ന എബ്രഹാം ഓർട്ടീലിയസ്, മൂന്ന് നൂറ്റാണ്ടുകൾക്ക് മുമ്പുതന്നെ ശ്രദ്ധിച്ചിരുന്ന തെക്കെ അമേരിക്കയുടെയും ആഫ്രിക്കയുടെയും കടൽത്തീരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പൊരുത്തം വൻകരാവിസ്ഥാപനത്തിന്റെ ഏറ്റവും പ്രധാന തെളിവായി ആൽഫ്രഡ് വെഗ്നർ സ്വീകരിച്ചു. (ചിത്രം 11.3). നേരത്തെ സൂചിപ്പിച്ചിരുന്നതു പോലെ, തെക്കെ അമേരിക്കയുടെയും ആഫ്രിക്കയുടെയും വൻകരാത്തട്ടിന് (continental shelf) പകരം വൻകരാ ചരിവ് (continental slope) അതിരായെടുത്ത് സമുദ്രജലനിരപ്പിൽ നിന്നും 2000 മീറ്റർ താഴെ കൂടുതൽ മെച്ചമായ രീതിയിൽ തന്നെ ചേർച്ച കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്.



ചിത്രം 11.4 പർവ്വത മേഖലകളുടെ തുടർച്ച (കറുത്ത ഷേഡ്)

ii) ശിലാ ശ്രേണികളുടെയും ശിലാഘടന സവിശേഷതകളുടെയും സമാനത (Similarity of rock sequences and structural features)

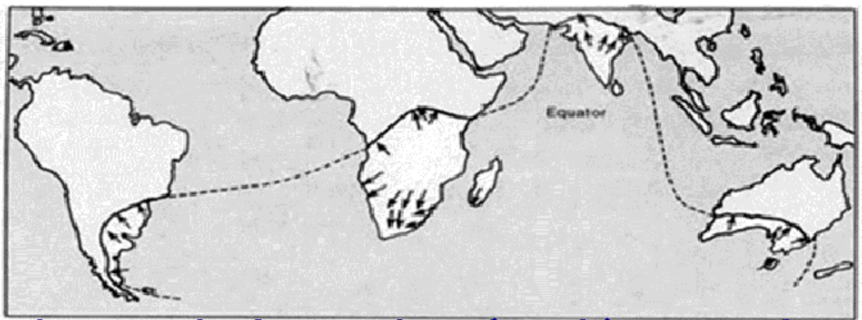
ഒരു വൻകരയിലെ ചില ഭൂവൈജ്ഞാനിക സവിശേഷതകളുടെ തുടർച്ചയെ മറ്റൊരു വൻകരയിൽ കാണാം. ശിലാ ഖണ്ഡങ്ങൾ, ഫോൾഡുകൾ, ഭ്രംശനങ്ങൾ പോലെയുള്ള ശിലാഘടനാരൂപങ്ങൾ, ഒരേ പ്രായത്തിലുള്ള ശിലാമണ്ഡലങ്ങൾ, തുടങ്ങിയവയെല്ലാം സമുദ്രങ്ങളാൽ വേർപെട്ട് കിടക്കുന്ന വിവിധ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിൽ സമാനതകളോടെ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. പർവ്വത മേഖലകളുടെ വിന്യാസക്രമം ഒരുദാഹരണമാണ്. (ചിത്രം 11.4). വടക്കെ അമേരിക്കയിലെ അപ്പലാച്യൻ പർവ്വതനിര കിഴക്കൻ കാനഡയിലൂടെ ന്യൂഫൗണ്ട് ലാൻഡിൽ വച്ച് അപ്രത്യക്ഷമാവുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. വളരെ സമാനത പുലർത്തുന്നതും തത്തുല്യ പഴക്കവുമുള്ള ശിലകളടങ്ങിയതുമായ

ഒരു പർവ്വതനിര ഇതിന്റെ തുടർച്ചയെന്നോണം കിഴക്കൻ ഗ്രീൻലാൻഡ്, അയർലാൻഡ്, ഗ്രേറ്റ് ബ്രിട്ടൻ, നോർവെ എന്നിവിടങ്ങളിൽ പ്രത്യക്ഷമാവുകയും ചെയ്യുന്നുണ്ട്. ഈ കരഭാഗങ്ങളെല്ലാം ചേർത്തുവച്ചാൽ, പർവ്വതങ്ങളെല്ലാംകൂടി നീണ്ട ഒരൊറ്റ നിരയായി നിലകൊള്ളുന്നതാണ്.

iii) പുരാതന കാലാവസ്ഥ തെളിവുകൾ (Palaeoclimatic Evidence)

സവിശേഷമായ ഓരോ കാലാവസ്ഥകളിലും രൂപം കൊള്ളുന്ന ശിലാനിക്ഷേപങ്ങൾ ഇന്ന് തികച്ചും വ്യത്യസ്തമായ കാലാവസ്ഥ അനുഭവപ്പെടുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നത് മറ്റൊരു പ്രധാന തെളിവാകുന്നു. പാലിയോസോയിക് കാലഘട്ടത്തിലുണ്ടായ ഹിമാനികൾ നിക്ഷേപിച്ച അവസാദശിലാസ്തരങ്ങളുടെ സമാനതയാണ് ഇത്തരത്തിൽ തെളിവ് നൽകുന്നത്. പാലിയോസോയിക് ഹിമയുഗത്തിന്റെ സൂചന നൽകുന്ന ഒട്ടേറെ തെളിവുകൾ ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിൽ അങ്ങോളമിങ്ങോളം കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. തെക്കെ അമേരിക്ക, ആഫ്രിക്ക, അന്റാർട്ടിക്ക, ആസ്ട്രേലിയ, ഇന്ത്യൻ ഉപദ്വീപ് എന്നിവിടങ്ങളിലെല്ലാം പാലിയോസോയിക് കാലത്തെ ഹിമാനി നിക്ഷേപങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. അതുപോലെ, ഉഷ്ണ മേഖലപ്രദേശങ്ങളിൽ മാത്രം കാണേണ്ട കൽക്കരി അവശിഷ്ടങ്ങൾ വടക്കേ അമേരിക്കയിലും യൂറോപ്പിലും കാണപ്പെടുന്നത് ഈ ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ പണ്ട് ഭൂമധ്യരേഖാ പ്രദേശത്തോടടുത്തായിരുന്നു എന്നതിന്റെ തെളിവാണ്.

ഹിമാനികൾ നീങ്ങുമ്പോൾ അവ പലതരം ശിലാശകലങ്ങൾ വഹിച്ചുകൊണ്ട് വന്ന് നിക്ഷേപിക്കും. ഇതിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന നിക്ഷേപങ്ങളായ ടില്ലൈറ്റുകളും ഹിമാനികൾ ശിലോപരിതലത്തിൽ ഉരസി കാർന്ന് നീങ്ങുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന അടയാളങ്ങളായ സ്ട്രയേഷനുകളും (striations) വൻകരാ വിസ്ഥാപനത്തിന് സുപ്രധാന തെളിവിലേക്കാണ് നയിക്കുന്നത്. ഹിമാനികൾ ഒഴുകി നീങ്ങിയതിന്റെ ദിശ നിർണയിക്കാൻ ശിലോപരിതലങ്ങളിൽ അവശേഷിച്ച പാടുകളായ സ്ട്രയേഷനുകൾ സഹായകമാണ്. വൻകരകളെല്ലാം ഇന്നത്തെ സ്ഥാനത്ത് തന്നെയായിരുന്നു അക്കാലഘട്ടത്തിലെന്ന് സങ്കൽപ്പിച്ചാൽ ഹിമാനികൾ സമുദ്രത്തിൽ നിന്ന് ഈ വൻകരകളുടെ ഉൾഭാഗത്തേക്കാണ് സഞ്ചരിച്ച് നീങ്ങിയതെന്ന് വരുന്നതാണ്! (ചിത്രം 11.5). ഹിമാനികൾ പർവ്വതങ്ങളിൽ നിന്നും ഒഴുകി സമതലത്തിലിറങ്ങി കടലിലേക്ക് നീങ്ങുക എന്ന യാഥാർഥ്യത്തിന് നിരക്കാത്തതാണ് ഇക്കാര്യം.



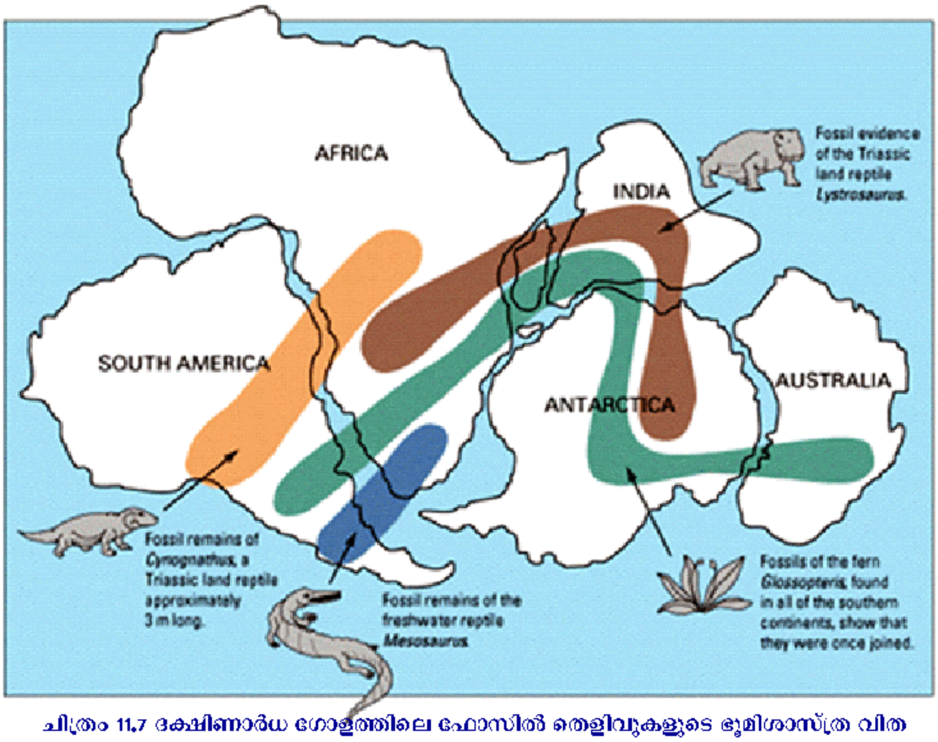
ചിത്രം 11.5 ദക്ഷിണാർധ ഗോളത്തിലെ വൻകരകളിൽ പെരുമോ കാർബോണിഫെറസ് കാലഘട്ടത്തിൽ രൂപം കൊണ്ട ഹിമാനീയ പാടുകളുടെ ദിശ.

എന്നാൽ, വെഗ്നർ പ്രസ്താവിച്ച ബ്രഹത് വൻകര സങ്കൽപത്തെ അംഗീകരിച്ചാൽ ഈ പ്രശ്നത്തിന് പരിഹാരമാകും. വൻകരകൾ എല്ലാം കൂടിച്ചേർന്ന ബൃഹദ് ഭൂഖണ്ഡത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് ഹിമാനികൾ പെർമോ - കാർബോണിഫേറസ് കാലഘട്ടത്തിൽ കേന്ദ്രീകരിച്ചിരുന്നുവെന്ന് ഈ ഗ്ലേഷ്യൽ സ്ട്രയേഷനുകൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.ദക്ഷിണ ധ്രുവപ്രദേശത്ത് കേന്ദ്രീകരിച്ചിരുന്ന ഈ ബൃഹദ് ഭൂഖണ്ഡം ഏകദേശം 250 നും 350 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പ് ഹിമാനികൾ കൊണ്ട് മൂടിക്കിടന്നിരുന്നതായി മനസ്സിലാക്കുകയും ചെയ്യാം.

ചിത്രം 11.6 പെർമോ-കാർബോണിഫെറസ് കാലഘട്ടത്തിൽ ദക്ഷിണാർധ ഗോളത്തിലെ വൻകരകളുടെ പുനരാവിഷ്കാരം

iv) ഫോസിൽ സംബന്ധമായ തെളിവുകൾ (Fossil Evidences)

പ്രാചീന ജന്തുക്കളുടെയും സസ്യജാലങ്ങളുടെയും അവശിഷ്ടങ്ങളും തെളിവുകളുമാണ് ഫോസിലുകൾ. സമാനമായ ജീവിവർഗങ്ങളുടെ ഫോസിലുകൾ വ്യത്യസ്ത സ്ഥാനങ്ങളിൽ വിന്യസിക്കപ്പെട്ട് കിടക്കുന്ന വൻകരകളിൽ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. തെക്കെ അമേരിക്കയിൽ നിന്നും ആഫ്രിക്കയിൽ നിന്നും സമാനമായ സസ്യ- ജന്തുജാലങ്ങളുടെ ഫോസിൽ കണ്ടെത്തിയത് വിശദീകരിക്കാൻ, സമുദ്രങ്ങളെ തമ്മിൽ ബന്ധപ്പെടുത്തുന്ന പ്രകൃതിദത്ത മൺപാലങ്ങളെ സങ്കൽപ്പിച്ച് കൊണ്ടുള്ള നിരീക്ഷണങ്ങൾ വേഗ്നറുടെ ശ്രദ്ധയിൽപ്പെട്ടിരുന്നു. സമുദ്രങ്ങളും ഭൂഖണ്ഡങ്ങളും അതിൽ വളരുന്ന



ചിത്രം 11.7 ദക്ഷിണാർധ ഗോളത്തിലെ ഫോസിൽ തെളിവുകളുടെ ഭൂമിശാസ്ത്ര വിതരണ ക്രമം

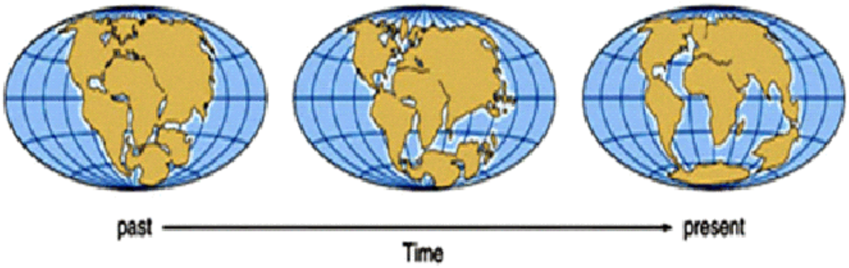
സസ്യജന്തു ജാലങ്ങൾക്ക് ഒരു സീമയായി ഭവിക്കാറുണ്ടല്ലോ? അതിനാൽ യൂറോപ്പ്, മഡഗാസ്കർ, വടക്കെ അമേരിക്ക, ഇന്ത്യ തുടങ്ങിയ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിൽ നിന്നും ലഭിച്ച സമാനമായ ഫോസിൽ തെളിവുകൾ വളരെ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്ന സംഗതിയാണ്. ഒരു ഭൂഖണ്ഡത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊന്നിലേക്കോ ഒരു സമുദ്രത്തിൽ നിന്നും മറ്റൊരു സമുദ്രത്തിലേക്കോ ജീവജാലങ്ങൾ സഞ്ചരിച്ചെത്തിയതാണെന്ന് കരുതുന്നത് വളരെ പ്രയാസകരമാണ്. വെഗ്നർക്ക് മുമ്പുള്ളവർ സങ്കൽപിച്ചിരുന്ന മൺപാലവും സങ്കൽപ്പാതീതമാണ്. വെഗ്നർ സങ്കൽപ്പിച്ചത് പോലെ ഒരു കാലത്ത് ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെല്ലാം ഒന്നായിരുന്നു എന്ന അനുമാനമാണ് കൂടുതൽ വിശ്വസനീയമാകുന്നത്. വിശദമായ പഠനങ്ങളിൽ നിന്നും ബോധ്യപ്പെട്ട പ്രകാരം വിവിധ ഫോസിലുകൾ ഇത്തരത്തിൽ സമാനതകൾ കാട്ടുന്നതായി തെളിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. ഇന്ന് കാണുന്ന ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെയെല്ലാം കൂടി ചേർത്തുവച്ചാൽ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിലേത് പോലെ (ചിത്രം 11.7) ചില ജീവജാലങ്ങളുടെ ഫോസിലുകളുടെ സാന്നിധ്യം പല ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിലുമായി വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്നതു വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയും.

ഒരേ ജനുസ്സിൽ പെട്ട ഫോസിൽ വളരെ ദൂരത്തിൽ അകന്നു കിടക്കുന്ന വൻകരകളിൽ കാണപ്പെടുന്നത് വൻകരാവിസ്ഥാപനത്തിന് തെളിവേകുന്ന സുപ്രധാന വസ്തുതയാണ്. ഓരോ വൻകരകളിലെയും പരിസ്ഥിതി ഘടകങ്ങളും ശീതോഷ്ണ സ്ഥിതിയുമെല്ലാം വ്യത്യസ്തമാണല്ലോ. വൻകരാ വിസ്ഥാപനത്തിന് ബലമേകുന്ന സുപ്രധാന തെളിവാണ് ഫോസിലുകളുടെ വിതരണക്രമം. ഏറെക്കുറെ സമാനമായ സസ്യഫോസിലുകൾ (ഗ്ലോസോപ്ടെറിസ് (Glossopteris) എന്നറിയപ്പെടുന്ന) നിലവിലെ ദക്ഷിണാർധഗോള വൻകരകളിലെ തത്തുല്യ പ്രായമുള്ള അവസാദശിലാപാളികളിൽ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. സമുദ്രങ്ങളാൽ വളരെയധികം വേർപ്പെട്ട് കിടക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ ഇവയുടെ വ്യാപകമായ വിതരണം വിശദീകരിക്കാൻ പ്രയാസമാണ്. ചിലർ ധരിച്ചതു പോലെ ഈ സസ്യത്തിന്റെ വിത്തുകൾ കാറ്റിനാൽ ദീർഘദൂരം വഹിക്കപ്പെട്ടതാകാമെന്നത് ശരിയല്ല. കാരണം, വംശനാശം സംഭവിച്ച ഗ്ലോസോപ്ടെറിസ് സസ്യജാലത്തിന്റെ വിത്തുക്കൾ സമുദ്രത്തിന് കുറുകെ കാറ്റിന് വഹിച്ച് കൊണ്ട് പോകാൻ സാധിക്കുന്നതിനേക്കാൾ വലുപ്പമേറിയവയായിരുന്നു.

കശേരുക്കളോട് കൂടിയ ചില ഉരഗങ്ങളുടെ ഫോസിലുകളുടെ ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായ വിതരണക്രമവും തെക്കെ അമേരിക്ക, ആഫ്രിക്ക, അന്റാർട്ടിക എന്നിവയുടെ മുൻകാലയോജിപ്പിലേക്ക് വിരൽ ചൂണ്ടുന്നുണ്ട്. വംശനാശം സംഭവിച്ച ശുദ്ധജല ഉരഗമായ മീസോസോറസി (Mesosaurus) ന്റേയും കരയിൽ ജീവിക്കുന്ന മറ്റ് ചില ഉരഗങ്ങളുടെയും ഫോസിലുകൾ ഇത്തരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. കൂടാതെ, അന്റാർട്ടിക്കയിൽ നിന്നും ഉഷ്ണമേഖലാ സസ്യജാലങ്ങളുടെ ഫോസിലുകൾ (കൽക്കരി നിക്ഷേപങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ) കണ്ടെത്തിയതിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കുന്നത്, ഈ ശീതഭൂമി, ഭൂമധ്യരേഖയോടടുത്ത് മുമ്പുകാലത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്തിരുന്നുവെന്നാണ്. തെക്കെ അമേരിക്കയിലെയും ആഫ്രിക്കയിലെയും സമാനപഴക്കമുള്ള ശിലകൾ സമുദ്രതടത്തിന് കുറുകെ ചേർത്തുവച്ചാൽ സവിശേഷമായ ഒരു വിതരണക്രമം തന്നെ കാണിക്കുന്നുണ്ട്.

11.2.2 വൻകരാവിസ്ഥാപന പരികൽഷനയുടെ വിലയിരുത്തൽ (Evaluation of the Continental Drift Hypothesis)

വൻകരകളെല്ലാം കൂട്ടിയോജിപ്പിച്ചാൽ അവയിലെ ഭൂവൈജ്ഞാനികവും ഫോസിൽ സംബന്ധവും മറ്റുമായ തെളിവുകളെല്ലാം കീറിയ ഒരു വർത്തമാന പത്രം ചേർത്തു വെച്ചാൽ ലഭിക്കുന്നത് പോലെ പരസ്പരം ചേർന്നു വരുന്നതാണ്. ഭൂവൈജ്ഞാനികവും പുരാ ജൈവ ശാസ്ത്രപരവുമായ തെളിവുകളെല്ലാം ഏകോപിച്ചുകൊണ്ട് ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലഘട്ടത്തിൽ ഒരൊറ്റ പുരാതന ബ്രഹദ്‌വൻകര (പാൻജിയ എന്ന് നാമകരണം ചെയ്യപ്പെട്ട) നിലനിന്നിരുന്നതായി വെഗ്നർ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. ഭൗമ ചരിത്രത്തിൽ, 200 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് ഈ പുരാതനവൻകര പിളരാനാരംഭിക്കുകയും അതിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ പരസ്പരം അകന്ന് മാറുകയും ചെയ്തുവെന്ന് അദ്ദേഹം നിർദേശിച്ചു. അമേരിക്കയുടെ പരിഞ്ഞാറോട്ടുള്ള ചലനം അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ



ചിത്രം 11.8 വിവിധ കാലഘട്ടത്തിലെ വൻകരകളുടെ സ്ഥാനചലനം

രൂപികരണത്തിന് കാരണമായി. ഇന്ത്യൻ ഉപദ്വീപ് വടക്കോട്ട് സഞ്ചരിച്ച് യൂറേപ്യൻ വൻകരയുമായി കൂടിച്ചേരുകയും ഹിമാലയൻ പർവ്വതരൂപീകരണത്തിൽ കലാശിക്കുകയും ചെയ്തു. വിവിധ കാലഘട്ടത്തിലൂടെ വൻകരകൾക്കുണ്ടായ സ്ഥാനചലനം ചിത്രം 11.8 കാണിക്കുന്നു.

വൻകരാവിസ്ഥാപന പരികൽപ്പന പർവ്വതങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിനും അവയുടെ നിലവിലെ വിതരണക്രമത്തിനും ഒരു യുക്തമായ വിശദീകരണം നൽകുന്നുണ്ട്. സങ്കോച സിദ്ധാന്തം (contraction theory) ചർച്ച ചെയ്യപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരുന്ന സമയമായിരുന്നു വെഗ്നറുടെ കാലഘട്ടം. ഈ സിദ്ധാന്തം ശരിയാണെങ്കിൽ ഭൂമുഖത്ത് പർവ്വത നിരകൾ ഏറെക്കുറെ തുല്യമായി വിന്യസിക്കപ്പെടുകയും അവയുടെ പ്രായം തുല്യമായിരിക്കുകയും ചെയ്യണം. ഇത് ശരിയല്ലെന്ന് വ്യക്തമായി അറിയാവുന്നതാണ്. ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ ചലിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ മുന്നോട്ട് നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന അറ്റത്ത് അതിനെതിരെ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ചെറുത്തുനിൽപ് മൂലം അവിടെ ചെന്നിടിച്ച് ഞെരുങ്ങിയമർന്ന് ശിലാപാളികൾ വലനം സംഭവിച്ച് മടക്കു പർവ്വതങ്ങളായി ഉയർത്തപ്പടുന്നുവെന്നാണ് വെഗ്നർ നൽകിയ വിശദീകരണം. ഉപദ്വീപീയ ഇന്ത്യയുടെ വടക്കോട്ടുള്ള സഞ്ചാരമാണ് ഹിമാലയ പർവ്വത രൂപീകരണത്തിന് കാരണമായതെന്നുമാണ് അദ്ദേഹം വാദിച്ചത്.

ഭൂഖണ്ഡചലനത്തിന് ഒരു യന്ത്രസൂത്രം (Mechanism) നൽകുവാൻ വെഗ്നർ ശ്രമിച്ചിരുന്നു. ഭൂഭ്രമണത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന അപകേന്ദ്രബലത്തിന്റെ പ്രവർത്തനഫല

മായി ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ വലിക്കപ്പെടുകയും അവ അകന്നുമാറുകയും ചെയ്യുന്നുവെന്ന് അദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു. ഉത്തരദക്ഷിണ ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിലുള്ള വസ്തുക്കളെ ഭൂമധ്യ രേഖാപ്രദേശത്തേക്ക് വലിക്കുന്ന ശക്തിയാണിത്. "ധ്രുവ പ്രദേശത്തു നിന്നും അടർന്നു പോകുന്ന ബലം" (Polflucht or "polefleeing force") എന്നാണിതിന് അദ്ദേഹം അതിന് പേർ നൽകിയത്. വൻകരകളെ നീക്കാനുള്ള ബലമൊന്നും അതിനില്ല എന്നതിനാൽ ഈ വ്യാഖ്യാനങ്ങളെ ശാസ്ത്രലോകം തള്ളികളയുകയുണ്ടായി. ഭൂമിയിലെ വേലിയേറ്റ പ്രതിഭാസത്തിന് കാരണമായിത്തീരുന്ന സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും ആകർഷണ ബലവും ഭൂഖണ്ഡചലനത്തിന് കാരണമായതായി അദ്ദേഹം പ്രസ്താവിച്ചിരുന്നു.

തന്റെ ആശയത്തിന് ബലമേകുന്ന ഒട്ടേറെ തെളിവുകളുണ്ടായിരുന്നിട്ടും വൻകരകളെ പിളർക്കാനും തുടർന്ന് പാർശ്വദിശകളിലേക്ക് വിശാല വൻകരാഭാഗങ്ങളുടെ സ്ഥാന ചലനത്തിനും ആവശ്യമായ ബലം ഏതായിരുന്നുവെന്ന് തൃപ്തികരമായി വിശദീകരിക്കാൻ വെഗ്നർക്കായില്ല. പ്രമുഖരായ ഭൂവൈജ്ഞാനികരിൽ ഭൂരിഭാഗവും വെഗ്നറുടെ സിദ്ധാന്തത്തെ തള്ളിക്കളഞ്ഞിരുന്നു. ഭീമമായവയും ഉറച്ചവയുമായ വൻകരകളെ ഭൂമുഖത്ത് കൂടി വലിച്ചുകൊണ്ട് നടക്കാനുള്ള ചാലകശക്തി വിഭാവനം ചെയ്യാൻ ഈ സിദ്ധാന്തത്തിന് കഴിയുന്നില്ല എന്നതായിരുന്നു പ്രധാന കാരണം. തെളിവുകൾ കൂടുതലും ദക്ഷിണാർധ ഗോളത്തിലെ വൻകരകളിൽ നിന്ന് ശേഖരിച്ചവയായിരുന്നു. ഭൂരിഭാഗം ഭൂവൈജ്ഞാനികരും ഉത്താർധ ഗോളത്തിൽ വസിച്ചിരുന്നുവെന്നതും അവിശ്വസനീയതയ്ക്ക് കാരണമായി. വൻകരകളുടെ നീക്കത്തിന് വേണ്ട ശക്തി എവിടെ നിന്ന് വരുന്നുവെന്നോ, നീക്കത്തിന്റെ യന്ത്രസൂത്രം (mechanism) ഏതെന്നോ ശരിയായി വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയാതെ ഭൂഖണ്ഡചലനസിദ്ധാന്തം ആദ്യകാലത്ത് അംഗീകരിക്കപ്പെടാതെ പോകുകയായിരുന്നു. എന്നാൽ പലർക്കും ഇന്ന് അദ്ദേഹത്തിന്റെ കണ്ടെത്തലുകൾ തികച്ചും ശരിയായിരുന്നുവെന്ന് പിൽക്കാല പഠനങ്ങളിലൂടെ വ്യക്തമായിട്ടുണ്ട്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. വൻകരാചലനത്തിന് ഉപോത്ബലകമായി വെഗ്നർ ശേഖരിച്ച തെളിവുകൾ ഏതെല്ലാം?
2. വൻകരാചലനത്തിന് നിദാനമായ ചാലക ബലത്തെ വെഗ്നർ വിശദീകരിച്ചത് എപ്രകാരമായിരുന്നു?

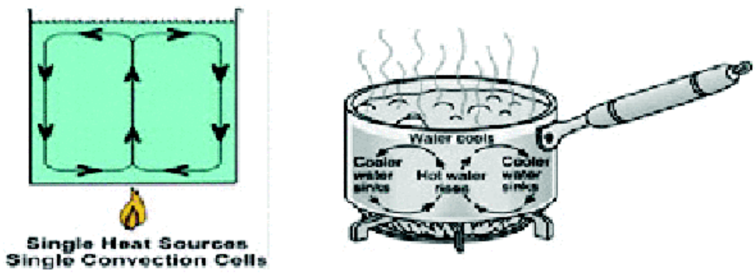
വൻകരാവിസ്ഥാപന സിദ്ധാന്തം - പുനരവലോകനം (Revival of the Continental Drift Hypothesis)

1928 ൽ അമേരിക്കൻ അസോസിയേഷൻ ഓഫ് പെട്രോളിയം ജിയോളജിസ്റ്റ്സ് സംഘടിപ്പിച്ച അന്താരാഷ്ട്ര സിമ്പോസിയത്തിൽ ഭൂഖണ്ഡചലനസിദ്ധാന്തം പുനഃപരിശോധിക്കുകയുണ്ടായി. വൻകരകളെ സമുദ്രത്തറയിലൂടെ തള്ളി നീക്കപ്പെടുന്നുവെന്ന ആശയത്തെ അംഗീകരിക്കാൻ പല ശാസ്ത്രജ്ഞർക്കും കഴിഞ്ഞില്ല. വ്യക്തമായ ശാസ്ത്രീയ വ്യാഖ്യാനം നൽകാൻ കഴിയാത്തതിനാൽ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ ചലനമെന്ന ആശയത്തിന് പിൻബലമേകാൻ ശാസ്ത്രലോകത്തിന് കഴിഞ്ഞില്ല. എന്നിരുന്നാലും

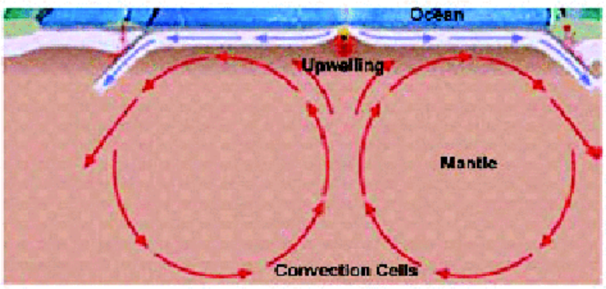
ഒരിക്കൽക്കൂടി ഇതിന്റെ കാരണങ്ങളെ വിശകലനം ചെയ്യേണ്ടതായി പലർക്കും അഭിപ്രായമുണ്ടായിരുന്നു. വെഗ്നർ തന്റെ ജീവിതം തുടർന്നും പര്യവേഷണങ്ങൾക്കും തെളിവു ശേഖരണത്തിനുമായി നീക്കിവക്കുകയായിരുന്നു. ഗ്രീൻലാൻഡിൽ ശൈത്യ കാല കാലാവസ്ഥാകേന്ദ്ര സ്ഥാപനത്തിനായി പര്യവേഷണം നടത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കേ 1930 ൽ പക്ഷെ വെഗ്നർ യാദൃശ്ചികമായി മരണപ്പെടുകയാണുണ്ടായത്. എന്നാൽ അദ്ദേഹം ആളിക്കത്തിച്ച വിവാദം പിൽക്കാലത്ത് തുടർന്നുകൊണ്ടേയിരുന്നു.

വെഗ്നർക്ക് പിന്തുണയുമായി 1937 ൽ അലക്സ് എൽ. ഡു.ടോയിറ്റ് രംഗത്തു വന്ന് ഭൂഖണ്ഡചലനസിദ്ധാന്തത്തെ പുനരാവിഷ്കരിക്കുകയുണ്ടായി. അദ്ദേഹം രണ്ട് അതി ബൃഹദ് ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെ പ്രാക് ഭൂഖണ്ഡങ്ങളായി വിഭാവനം ചെയ്തു. ആഫ്രിക്ക, തെക്കെ അമേരിക്ക, ആസ്ട്രേലിയ, അന്റാർട്ടിക്ക എന്നീ വൻകരകളും കൂടാതെ ഇന്ത്യൻ ഉപ ദ്വീപ്, മഡഗാസ്ക്കർ എന്നിവയും അടങ്ങിയ ' ഗോണ്ട്വാനാലാൻഡ് ' ദക്ഷിണാർധ ഗോളത്തിലും ഏഷ്യയിലെ ഇന്ത്യ ഒഴികെയുള്ള മിക്ക ഭാഗങ്ങൾ, ഗ്രീൻലാൻഡ്, യൂറോപ്പ്, വടക്കെ അമേരിക്ക എന്നിവയെല്ലാം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന 'ലാറേഷ്യ' ഉത്തരാർധഗോളത്തി ലുമായി നിലനിന്നിരുന്നു എന്നാണദ്ദേഹം സമർഥിച്ചത്. സമാനകാലഘട്ടത്തിലെ കൽക്കരി നിക്ഷേപങ്ങൾ, പുരാതന കാലത്തെ ശിലാപാളികൾ, ഹിമാനി നിക്ഷേപ ങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയെല്ലാം അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തിയായിരുന്നു അദ്ദേഹവും ഈ നിഗ മനം രൂപികരിച്ചത്.

1928 ൽ സ്കോട്ടിഷ് ജിയോളജിസ്റ്റായ ആർതർ ഹോംസ് ഭൂവൽക്കത്തിനടിയിലെ മാന്റിലിൽ രൂപമെടുക്കുന്ന സംവഹനപ്രവാഹ (Convection current) ങ്ങളാകാം ഭൂഖ ണ്ഡങ്ങളുടെ ചലനത്തിന് നിദാനമായിത്തീരുന്നതെന്ന് പ്രസ്താവിക്കുകയുണ്ടായി. റേഡിയോആക്ടീവ് താപനം കാരണം ഭൂമിയുടെ അന്തർഭാഗത്ത് സംവഹന പ്രവാഹ ങ്ങളുണ്ടാകുമെന്ന് ആദ്യമായി മനസ്സിലാക്കിയത് അദ്ദേഹമാണ്. താപം കടത്തിവിടു ന്നതിന് ചാലനം (conduction), വികിരണം (radiation) എന്നിവ പോലെയുള്ള ഒരു



ചിത്രം 11.9 താപ സംവഹന പ്രവാഹമെന്ന ആശയം



ചിത്രം 11.10 ഭൂമിയിലെ താപ സംവഹന പ്രവാഹങ്ങൾ

രീതിയാണ് സംവഹനം (convection). ദ്രവസ്വഭാവമുള്ള പദാർഥങ്ങളിൽ മാത്രമാണ് സംവഹനം നടക്കുന്നത്. ഈ പ്രക്രിയയിൽ പദാർഥങ്ങൾ യഥാർഥത്തിൽ ചലിക്കുന്നതുകൊണ്ടാണ് താപം പ്രവഹിക്കുന്നത്. ചൂടാകുന്ന ദ്രവം സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ് മുകളിലേക്കുവരുകയും മുകളിൽ നിന്നും സാന്ദ്രത കൂടിയ ദ്രവം താഴേക്ക് സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഒരു ബീക്കറിൽ വെള്ളം ചൂടാക്കുമ്പോൾ സംവഹന പ്രവാഹങ്ങളുണ്ടാകുന്നതുപോലെ, മാന്റിലിലും സംവഹനപ്രവാഹമുണ്ടാകുന്നു. ചിത്രം 11.9 ൽ താപസംവഹനപ്രവാഹം എങ്ങനെ പ്രവർത്തിക്കുന്നുവെന്ന് കാണിക്കുന്നുണ്ട്.

മാന്റിലിലെ പദാർഥങ്ങൾ അത്യുന്നതമായ താപനിലയിലും മർദത്തിലുമാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാമല്ലോ. അത് ഒരു സാന്ദ്രമായ ദ്രവമായി നിലകൊള്ളുന്നുണ്ടാകണം. അണു വികിരണ ഊർജം മൂലം ചൂടായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന മാന്റിലിൽ, മുകളിലുള്ള ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ ചൂട് പുറത്തേക്ക് പോകുന്നത് മൂലം അവിടെ ആപേക്ഷികമായി തണുത്തിരിക്കും. ചൂട് കുറവുള്ള മുകൾഭാഗം സാന്ദ്രത കൂടിയതായിരിക്കുകയും ചെയ്യും. സ്വാഭാവികമായും സാന്ദ്രത കൂടിയ മുകൾ ഭാഗം താഴോട്ടിറങ്ങുന്നു. അതേ സമയം ചൂടുകൂടിയ സാന്ദ്രതകുറഞ്ഞ അടിഭാഗത്തെ ദ്രവ പദാർഥങ്ങൾ മുകളിലേക്ക് പൊന്തുന്നു. ഇത്തരം സംവഹന സെല്ലുകളായി മാന്റിൽ വിഭജിക്കപ്പെട്ട് കിടക്കുകയാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. താപസംവഹനം ഒരു കൺവെയർ ബെൽറ്റ് പോലെ പ്രവർത്തിച്ച്, ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ നീക്കത്തിന് ശക്തിയേകുന്നുവെന്നാണ് ആർതർ ഹോംസ് വിശദീകരിച്ചത്. എന്നാൽ അക്കാലത്ത് ഈ വാദഗതി ആരും ഗൗരവത്തിലെടുത്തില്ലായിരുന്നു. ഭൂമിയുടെ താപസംവഹനപ്രവാഹം കാണിക്കുന്ന ചിത്രമാണ് (ചിത്രം 11.10) മുകളിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്.

നമുക്ക് ചെയ്തുനോക്കാം

1. ഒരു ലോക ഭൂപടം ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് ഇന്ന് ഭൂമുഖത്ത് കാണുന്ന വൻകരകളെയെല്ലാം ചേർത്തു വെച്ച് ഗോണ്ട്വാനാലാൻഡ്, ലാറേഷ്യ എന്നീ ബൃഹത്ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെ പുനഃസൃഷ്ടിക്കാൻ ശ്രമിക്കുക.
2. ഭൂഖണ്ഡചലനത്തിന് അനുകൂലവും പ്രതികൂലവുമായ ആശയങ്ങൾ ക്രോഡീകരിച്ച് ഈ വിഷയത്തിൽ ഒരു സംവാദം സംഘടിപ്പിക്കുക.

11.2.3. പിൽക്കാല വികാസപരിണാമങ്ങൾ (Subsequent Developments)

1950 കൾ ആയപ്പോഴേക്കും സമുദ്രത്തിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ പര്യവേഷണങ്ങൾ കൂടുതൽ വിശദമായി നടത്തപ്പെടുകയും സമുദ്രത്തിന്റെ ആഴം പ്രതിധ്വനി (എക്കോസൗണ്ടിംഗ്) രീതിയിലൂടെ നിർണയിക്കപ്പെടാൻ ശ്രമങ്ങൾ ആരംഭിക്കുകയും ചെയ്തു. സമുദ്രാന്തര പർവ്വത നിരകളുടെ കണ്ടെത്തലുകൾ, പുരാകാന്തികത സംബന്ധിച്ച പഠനങ്ങൾ, സമുദ്രതടത്തിലെ ദ്വീപുകമാനങ്ങൾ (island arcs), സമുദ്ര ഗർത്തങ്ങൾ എന്നിവയുടെ സാന്നിധ്യത്തെ സംബന്ധിച്ച അറിവുകൾ തുടങ്ങിയ വിശദമായ വിവരം സമുദ്രതടത്തെക്കുറിച്ച് ലഭിച്ചു തുടങ്ങിയിരുന്നു.

ആർതർ ഹോംസ് മുന്നോട്ടുവച്ച താപസംവഹനപ്രവാഹമെന്ന ആശയം പുനരുജീവിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് 1961 ൽ റോബർട്ട്. എസ്. ഡിയറ്റ്സ്, 1962 ൽ ഹാരി ഹെസ്സ് എന്നിവർ രംഗത്ത് വരികയുണ്ടായി. സമുദ്രതട വ്യാപനം (Sea floor spreading) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഈ ആശയം താഴെ പറയുന്ന വസ്തുതകളെല്ലാം കണക്കിലെടുത്തുകൊണ്ടാണ് രൂപീകരിക്കപ്പെട്ടത്.

എ) മധ്യ - അറ്റ്ലാന്റിക് പർവ്വതനിരയുടെ തുടർച്ച (Extension of Mid-Atlantic Ridge)

ഏറ്റവും ദൈർഘ്യമേറിയതും ബൃഹത്തായതുമായ പർവ്വത നിരകൾ ഭൂമിയിൽ കടലിലാണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതെന്ന് പുതിയ പര്യവേഷണങ്ങൾ തെളിയിക്കുകയായിരുന്നു. മധ്യ അറ്റ്ലാന്റിക് പർവ്വതനിര അറ്റ്ലാന്റിക്സമുദ്രത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് കൂടി കടന്നുപോകുന്ന അത്തരം ഒരു പർവ്വതനിരയാണ്. സമുദ്രമധ്യ പർവ്വതനിരകൾ അറ്റ്ലാന്റിക്കിൽ മാത്രമല്ല, എല്ലാ സമുദ്രങ്ങളുടെയും അടിത്തറയിൽ കാണുന്ന പ്രതിഭാസമാണ് എന്നതും ഒരു വസ്തുതയാണ്. ശാഖകളും ഉപശാഖകളും ചേർന്ന് അളന്ന് നോക്കിയാൽ സമുദ്രമധ്യപർവ്വത നിരയ്ക്ക് ഏകദേശം 80,000 കിലോമീറ്റർ ദൈർഘ്യമുണ്ടാകും.

(ബി) കടൽത്തറ (സമുദ്രതട) വ്യാപനവും, സമുദ്രതടത്തിന്റെ പ്രായക്കുറവും സമുദ്രതടത്തിന്റെ പുനഃചംക്രമണവും (Seafloor spreading and relatively youthful nature of the ocean floor and recycling of oceanic crust)

സമുദ്രഗവേഷണങ്ങളിൽ നിന്നും ബോധ്യപ്പെട്ട പ്രധാന കണ്ടെത്തലുകൾ ചുവടെ പറയുന്നു.

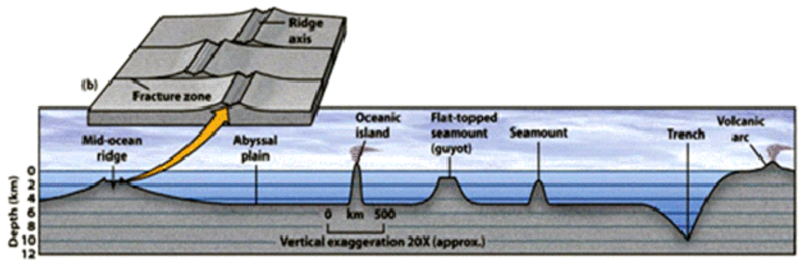
1. സമുദ്രാന്തരപർവ്വത നിരകളുടെ കേന്ദ്രഭാഗത്തു നിന്നും ഇരുവശത്തേക്കും പോകുന്നതിനനുസരിച്ച് സമുദ്രതടത്തിന്റെ പ്രായം ക്രമാനുഗതമായി വർധിച്ച് കൊണ്ടിരിക്കുന്നുണ്ട്.
2. സമുദ്രശിലാതട്ടുകൾക്ക് വൻകരാശിലകളെ അപേക്ഷിച്ച് താരതമ്യേന പ്രായം കുറവാണ്. 4800 ദശലക്ഷം വർഷം പഴക്കമുള്ള പാറകളെ വൻകരകളിൽ കാണാം. എന്നാൽ സമുദ്രത്തറകളിലെ ശിലകൾക്കാകട്ടെ, 200 ദശലക്ഷം വർഷത്തെ പഴക്കമാണ് കാണപ്പെടുന്നത്.
3. സമുദ്രമധ്യ പർവ്വത നിരകളുടെ അക്ഷസ്ഥാനത്ത് അവസാദങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നില്ല.
4. സമുദ്രമധ്യ പർവ്വതനിരകൾക്കിരുവശത്തേക്കും നീങ്ങുന്നതിനനുസൃതമായി അവസാദങ്ങളുടെ കനം കൂടുതലായി കണ്ടുവരുന്നു.
5. 200 ദശലക്ഷം വർഷത്തേക്കാൾ പ്രായക്കൂടുതലുള്ള ശിലകൾ സമുദ്രതടത്തിൽ കാണാത്തതിന് കാരണം അവയേക്കാൾ പ്രായക്കൂടുതലുള്ള ശിലകൾ എവിടെയോ നശിപ്പിക്കപ്പെടുന്നുവെന്നതാണ്. സമുദ്രമധ്യപർവ്വതനിരകളുടെ ഭാഗത്ത് ഭൂവൽക്കം പുതുതായി ഉണ്ടാകുന്നുവെന്നും പഴയ സമുദ്രഭൂവൽക്കം മറ്റെവിടെയോ വച്ച് നശിപ്പിക്കപ്പെടുന്നുവെന്നുമാണ് ഇതിൽ നിന്നും അനുമാനിക്കപ്പെടുന്നത്.
6. സമുദ്രഗർത്തങ്ങളുടെ ഭാഗത്താണ് സമുദ്രത്തിലെ ഏറ്റവും പഴക്കമേറിയ ശിലകൾ കണ്ടുവരുന്നത്. സമുദ്ര ഭൂവൽക്കം ഇത്തരം ഗർത്തങ്ങളുടെ ഭാഗത്തുവച്ചാണ് നശിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതെന്നാണ് നിഗമനം. സമുദ്ര ഭൂവൽക്കം മാന്റിലിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങി നശിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ഈ പ്രദേശത്തെ നിമജ്ജന മേഖലകളെന്ന് (subduction zones) വിളിക്കുന്നു. സമുദ്രാന്തര മധ്യ പർവ്വതനിരകളും സമുദ്രഗർത്തങ്ങളും കാണിക്കുന്ന ചിത്രം (ചിത്രം 11.11)ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നു. മുകളിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള കണ്ടെത്തലുകളെല്ലാം സമുദ്രതട വ്യാപനമെന്ന സിദ്ധാന്തത്തിലേക്കാണ് നയിച്ചത്.

1. Aleutian
2. Kurile-Japan
3. Mariana
4. Philippine
5. Bougainville
6. Tonga-Kermadec
7. Central America
8. Peru-Chile
9. PuertoRico
10. South Sandwich
11. Java

ചിത്രം 11.11 സമുദ്രാന്തര പർവ്വത നിരകളുടെ (വെള്ള നിറം)യും സമുദ്ര ഗർത്തങ്ങളുടെ (ചുവപ്പ് നിറം) യും വിതരണം.

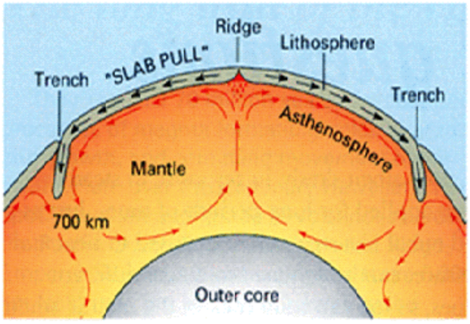
11.3 സമുദ്രതട വ്യാപനം (Sea Floor Spreading)

സമുദ്രത്തിനടിയിൽ സമുദ്രഗർത്തങ്ങളോട് ചേർന്ന് പരന്ന മുകൾഭാഗത്തോടുകൂടിയ ഗയോ (Guyot) എന്നറിയപ്പെടുന്ന കടൽ കുന്നുകളുടെ കണ്ടെത്തലുകൾ, സമുദ്രാന്തരപർവ്വത നിരകളുടെ ഭാഗത്ത് കടൽത്തറയുടെ പ്രായക്കുറവ്, സമുദ്രഗർത്തങ്ങളോട് ചേർന്ന് ഏറ്റവും പ്രായം ചെന്ന സമുദ്രഭൂവൽക്കം കാണപ്പെടുന്നതുൾപ്പെടെയുള്ള സമസ്യകൾ എന്നിവയെല്ലാം സമുദ്രതടവ്യാപനമെന്ന സിദ്ധാന്തത്തിലേക്ക് എത്തിക്കുകയാണുണ്ടായത്. 1960 ൽ ഹാരി. എച്ച്. ഹെസ്സാണ് ഈ സിദ്ധാന്തം വിശദമായി അവതരിപ്പിച്ചത്. സമുദ്രങ്ങളുടെ നടുവിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന സമുദ്രാന്തരമധ്യ പർവ്വതനിരകൾ പുതിയ സമുദ്രഭൂവൽക്കമുണ്ടാകുന്ന കേന്ദ്രമാണ്. ലാവ പുറത്തേക്ക് വന്ന് പുതിയ സമുദ്രഭൂവൽക്കം ഇവിടെ രൂപവൽക്കരിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് സമുദ്രതടം മധ്യസമുദ്രാന്തരപർവ്വത നിരകളുടെ ഇരുവശത്തേക്കുമായി തുടർച്ചയായി വ്യാപിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. അങ്ങനെ ഒരു വശത്ത് നിർമിക്കപ്പെടുന്നതിനനുസൃതമായി സമുദ്രഗർത്തങ്ങളുടെ ഭാഗത്ത് വെച്ച് മറുവശത്ത് പഴക്കം കൂടിയ സമുദ്ര ഭൂവൽക്കം അഗാധമായ കിടങ്ങിലേക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുന്നു. ചിത്രത്തിൽ (ചിത്രം 11.12) കൊടുത്തിട്ടുള്ള സമുദ്രതടത്തിന്റെ സ്ഥലാകൃതി പരിശോധിച്ച് സമുദ്രതടത്തിന്റെ നിർമാണവും നശീകരണവും നടക്കുന്ന മേഖലകൾ തിരിച്ചറിയാവുന്നതാണ്.



ചിത്രം 11.12 സമുദ്ര ഭുവൽക്കത്തിന്റെ നിർമാണം നടക്കുന്ന സമുദ്രാന്തര പർവ്വതനിരകളും നശീകരണം നടക്കുന്ന സമുദ്രഗർത്തങ്ങളെയും കാണിക്കുന്ന സമുദ്രതട സ്ഥലാകൃതി

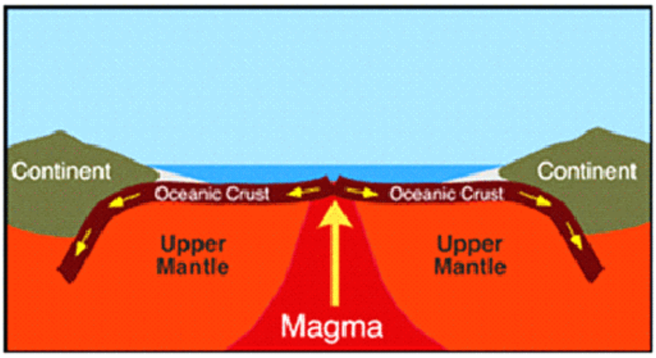
മധ്യഅറ്റ്ലാന്റിക് പർവ്വതനിരയുടെ ശിഖരത്തിന് താരതമ്യേന പ്രായം ഏറ്റവും കുറവാണ്. അവിടെ നിന്നും ഇരുവശത്തേക്ക് നീങ്ങുമ്പോൾ പ്രായം ഏറിവരും. അറ്റ്ലാന്റി



ചിത്രം 11.13 സമുദ്രതട വ്യാപനത്തിന് നിദാനമായ ചാലകബലം

ക്കിലെ മധ്യപർവ്വതനിരാശിഖരത്തിന് ഇരുവശവും കടലിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ പുതിയ സമുദ്രപുറംതോട് രൂപപ്പെടുകയായിരുന്നു എന്നാണ് ഇതിനർഥം. പുതിയ പാളി രൂപപ്പെടുന്നതിനനുസരിച്ച് സമുദ്രതലം ഇരുവശങ്ങളിലേക്ക് തള്ളി നീക്കപ്പെടുന്നു. വടക്കെ അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിൽ ഒരു വർഷം 2 സെ. മീറ്റർ മുതൽ പസഫിക് സമുദ്രത്തിൽ വർഷത്തിൽ 18 സെ. മീറ്റർ വരെ വേഗതയിൽ സമുദ്രതടവ്യാപനം നടക്കുന്നുവെന്നാണ് കണക്കുകൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. കടൽത്തറവ്യാപനമെന്ന ആശയം ഭൂഖണ്ഡചലനത്തിന് നിദാനമായ ചാലകശക്തിയായി വിശദീകരിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഇതു പ്രകാരം സമുദ്രമധ്യപർവ്വതനിരയുടെ വളരെ ആഴത്തിൽ നിന്ന് ഉയർന്ന് വരുന്ന സംവഹനപ്രവാഹം പുതിയ കടൽത്തറ ഉണ്ടാക്കുന്നതിനോടൊപ്പം ഇരുകരകളിലെ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെ ഇരുവശങ്ങളിലേക്കുമായി തള്ളി നീക്കുന്നതിനും കാരണമാകുന്നു. താപസംവഹനം എന്ന പ്രതിഭാസം ഇങ്ങനെ വിവിധ ദിശകളിലേക്ക് വലിക്കപ്പെടുന്ന ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങൾക്ക് ശക്തിയേകുന്ന ബലമായി അനുഭവപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 11:13). താപസംവഹന പ്രവാഹങ്ങളെ വ്യാഖ്യാനിക്കുന്നതിലൂടെ ഭൂഖണ്ഡചലനം, സമുദ്രതടവ്യാപനം തുടങ്ങിയ പ്രതിഭാസങ്ങൾക്ക് കാരണമായ ചാലകബലത്തെക്കുറിച്ചും വിവരം ലഭിക്കുകയുണ്ടായി.

മധ്യസമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരകളുടെ ഭാഗത്ത് സമുദ്രതറയുടെ നിർമാണം നടക്കുകയും സമുദ്രഗർത്തങ്ങളിൽ അവ അപ്രത്യക്ഷമാവുകയും ചെയ്യുന്നുവെങ്കിൽ സമുദ്രതടം പുതുക്കപ്പെട്ട് പുനഃസംക്രമണം നടന്ന് കൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെന്ന് സാരം. അല്ലാതെ സമുദ്രതട വ്യാപനത്തിനനുസരിച്ച് ഭൂമിയുടെ വിസ്തൃതി അധികരിച്ച് ഭൂമിയുടെ വലിപ്പം കൂട്ടുകയല്ല ചെയ്യുന്നത്. ഭൗമവിസ്തൃതി പണ്ടേയുള്ള അളവിൽ തന്നെ ഇപ്പോഴും തുടരുന്നു. ഒരു കൺവെയർ ബെൽറ്റിലെന്ന പോലെ സമുദ്രഭൂവൽക്കം മധ്യസമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരയുടെ ഇരുഭാഗത്തേക്കും നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ മൊത്തം വ്യാപ്തി വർധിപ്പിക്കപ്പെടുന്നില്ല എന്ന് ബോധ്യമായില്ലേ?

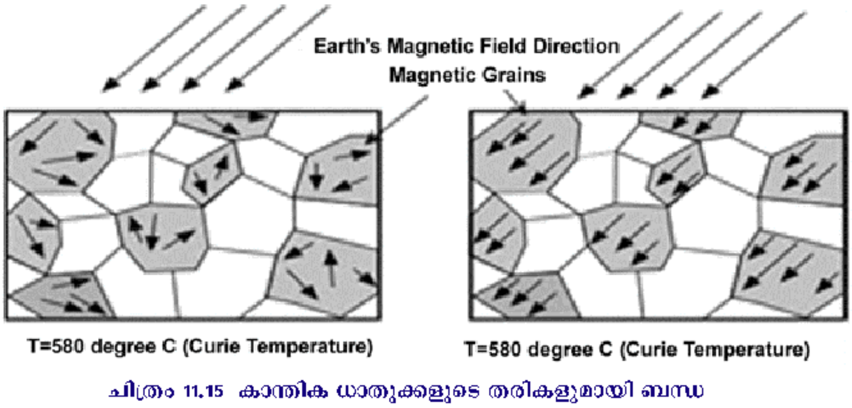


ചിത്രം 11.14 സമുദ്രതട വ്യാപനവും നിമജ്ജനവും

ഒരു വശത്ത് പുതുതായി ഉണ്ടാകുന്ന ഭൂവൽക്കം മാന്റിലിലേക്ക് തന്നെ തിരിച്ച് പോകുന്ന മേഖലക്കാണ് നിമജ്ജനമേഖല (Subduction Zone) എന്നുപറയുന്നത് (ചിത്രം 11.14). ഗയോഡുകൾ സമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരകളിലെ ഭാഗത്ത് അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളായിട്ടായിരിക്കും ആദ്യം ഉടലെടുക്കുന്നത്. പുതിയ സമുദ്രത്തറ നീങ്ങുന്നതോടൊപ്പം അവയും പാർശ്വഭാഗങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങിപ്പോകുന്നു. അതോടെ അവ ലാവയുടെ ഉറവിടത്ത് നിന്നും നീങ്ങിപ്പോകും. ഇങ്ങനെ നിർജീവമായ അഗ്നിപർവ്വതം സമുദ്രജലപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായി നിരത്തപ്പെട്ട് മുകൾഭാഗം പരന്ന കടൽ കുന്നുകളായിത്തീരുന്നു. ഇവ ഗർത്തങ്ങളോട് ചേർന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ ചരിഞ്ഞ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതായിട്ടാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. കടൽത്തറയെ സമുദ്രഗർത്തങ്ങളിലൂടെ സാവധാനം വിഴുങ്ങുന്ന മേഖലയാണ് നിമജ്ജന മേഖലകളെന്ന് ഇവയും സാക്ഷ്യപ്പെടുത്തുന്നു. നിമജ്ജനമേഖലകളിലൂടെയാണ് സമുദ്രവൽക്കം മാന്റിലിലേക്ക് തിരിച്ചുപോകുന്നത്.

11.4 പുരാകാന്തികത (Palaeomagnetism)

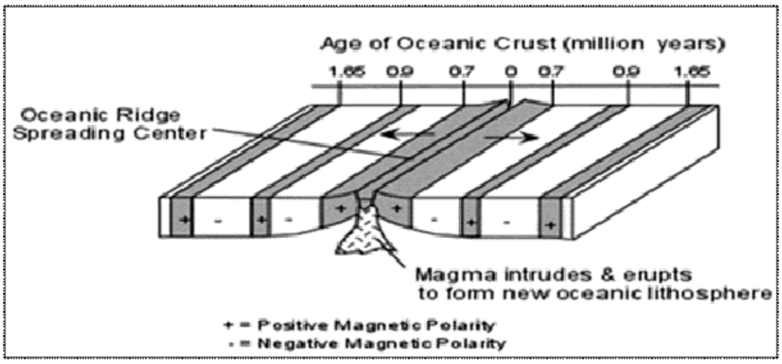
ശിലകളുണ്ടാകുമ്പോൾ അവയിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുന്ന ഭൗമകാന്തികത സംബന്ധിച്ച രേഖകളാണ് പുരാകാന്തികത എന്നു പറയുന്നത്. 1950 കളിൽ തന്നെ വിവിധ ശിലകളിൽ അവയുടെ ജനനത്തിൽ തന്നെ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന കാന്തികത സംബന്ധിച്ച പഠനങ്ങൾ തുടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്. ആഗ്നേയ ശിലകളുണ്ടാകുമ്പോൾ അവയിലെ ഇരുമ്പടങ്ങിയ ധാതുക്കൾ ഭൂമിയുടെ കാന്തിക മണ്ഡലം ഏതുദിശയിലായിരുന്നോ അവിടേക്ക് തിരിഞ്ഞിരിക്കും. ആഗ്നേയ ശിലകളുടെ രൂപികരണത്തിന് നിദാനമായ മാഗ്മ, ക്യൂറി താപനില (Curie temperature) യിൽ നിന്ന് താഴുമ്പോഴാണ് കാന്തിക ശേഷിയാർജിക്കുന്നത്. ഇത്തരം മാഗ്മ/ലാവ തണുത്തുറഞ്ഞ് പാറയാകുമ്പോൾ അവയിലെ ഇരുമ്പടങ്ങിയ ധാതുക്കളുടെ തരികൾ അക്കാലത്തെ ഭൂമിയുടെ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനനുസരിച്ച് ക്രമീകരിക്കപ്പെടും. ഒരിക്കൽ ലാവ കട്ടിയായി ശിലയായി മാറിയാൽ ഈ കാന്തിക രേഖകൾ ആ ശിലയിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെടും. ശിലകളുണ്ടാകുന്ന കാലഘട്ടത്തെ കാന്തികധ്രുവത്തിന്റെ സ്ഥാനം നിർണയിക്കാൻ ഈ ധാതുതരികളുടെ സ്ഥാനനിർണയത്തിലൂടെ സാധിക്കുന്നതാണ്. (ചിത്രം 11.15). പാറകളിലെ കാന്തിക ധാതുക്കളുടെ തരിയിലെ കാന്തിക ദിക്പാതം (declination) അഥവാ ശരിയായ വടക്ക് നിന്നുള്ള കോണളവും ചരിവ് (inclination) അഥവാ തിരശ്ചീന ദിശയിൽ നിന്നുമുള്ള വ്യതിചലനവും നോക്കി അതുണ്ടായ കാലത്തെ ധ്രുവസ്ഥാനവും രേഖാംശവും കണ്ടുപിടിക്കാൻ സാധിക്കും.



ചിത്രം 11.15 കാന്തിക ധാതുക്കളുടെ തരികളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് കാണുന്ന ഭൗമ കാന്തിക വലയത്തിന്റെ ദിശ

ഭൗമകാന്തികധ്രുവത്തിന്റെ ആവർത്തിച്ചുള്ള മുൻകാല ദിശാമാറ്റങ്ങൾ (Repeated reversals of the Earth's Magnetic field in the geologic past)

പാറകളുണ്ടാകുമ്പോൾ അവയിലെ ഇരുമ്പടങ്ങിയ ധാതുക്കളുടെ തരികൾക്ക് കാന്തിക ശക്തി കിട്ടുന്നതിനെ സംബന്ധിച്ച് നേരത്തെ നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയില്ലേ? ഒരു ആഗ്നേയശില രൂപപ്പെടുമ്പോൾ അതിനുള്ളിലെ കാന്തികസ്വഭാവം കാണിക്കുന്ന ധാതുക്കളുടെ തരികൾ ഭൂമിയുടെ കാന്തിക ധ്രുവത്തിനഭിമുഖമായിത്തന്നെ തിരിഞ്ഞിരിക്കുമെന്നാണല്ലോ പറഞ്ഞത്. എന്നാൽ ഭൗമചരിത്രത്തിലുടനീളം ഭൂമിയുടെ ധ്രുവത്വം (polarity) പലപ്പോഴായി മാറി മറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. 1960 കളിൽ നടന്നിട്ടുള്ള സമുദ്രതടങ്ങളുടെ കാന്തികമാപ്പിങ്ങിൽ നിന്നും വ്യക്തമാവുന്നത് സമുദ്രാന്തരമധ്യപർവ്വതനിരകൾക്ക് സമാന്തരമായി ഇരുവശത്തും ഉണ്ടായിട്ടുള്ള സമുദ്രതട ബസാൾട്ടിക് ശിലകളിൽ കാന്തികധാതുക്കൾ കാന്തികധ്രുവത്തിന്റെ ദിശാമാറ്റം കാണിക്കുന്നുവെന്നാണ്. നിലവിലെ കാന്തികധ്രുവത്തിന്റെ ദിശയിലുള്ള പാറകൾക്കിടയിൽ വിപരീത ദിശയിലുള്ള കാന്തികധ്രുവങ്ങളുള്ള പാറകളും കണ്ടുവരുന്നു. (ചിത്രം. 11:16).



ചിത്രം 11.16 സമുദ്രാന്തര പർവ്വത നിരകൾക്കിരുവശവും ക്രമാനുസരണമായും വിപരീത ദിശയിലും കാന്തിക ധ്രുവത്വം പ്രാപിച്ച ശിലകളുടെ സമാന്തരവും സമിതീയവുമായ പട്ടകൾ

സമുദ്രതട ശിലകളിലെ പുരാതനകാന്തികത സംബന്ധിച്ച പഠനങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ബോധ്യപ്പെട്ടത് ഭൂമിയുടെ കാന്തികധ്രുവം അതിന്റെ നിലവിലെ സാധാരണ ദിശയായ വടക്ക് നിന്നും വിപരീത ദിശയായ തെക്കിലേക്കും അവിടെ നിന്ന് തിരിച്ചും ആവർത്തിച്ച് പലതവണ മാറിയിരുന്നുവെന്നാണ്. ഏതാനും ലക്ഷം വർഷങ്ങളുടെ ഇടവേളയിൽ ഭൂമിയുടെ കാന്തികധ്രുവം കീഴ്മേൽ മറിഞ്ഞ് ദിശ മാറുന്നുണ്ട്. പാറ ഉണ്ടായ സമയത്തെ കാന്തിക ധ്രുവിയത അതിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുകയും ചെയ്യും. വ്യത്യസ്ത കാലങ്ങളിൽ ഭൂമിയിലുണ്ടായ ബസാൾട്ട് പാറകളുടെ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനങ്ങളെ സമുദ്രതടവ്യാപനത്തിനുള്ള ശക്തമായ തെളിവായി ഭൗമശാസ്ത്രജ്ഞർ എടുത്തുകാണിക്കുന്നുണ്ട്.

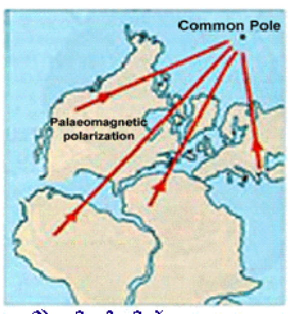
സമുദ്രാന്തരമധ്യവരമ്പിൽ കൂടി മാഗ്മ പുറത്തു വരുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന കടൽത്തറയിലെ ശിലകളിലെ കാന്തികധാതുക്കൾ ആ സമയത്ത് നിലവിലുള്ള കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനനുസരിച്ച് കാന്തികതയുള്ളതായിത്തീരുന്നു. ഓരോ തവണ പുതിയ സമുദ്ര ഭൂവൽക്കം രൂപപ്പെടുമ്പോഴും ആ ശിലകളിലെ കാന്തിക പദാർഥങ്ങൾ അപ്പോഴുള്ള

ഭൗമകാന്തികധ്രുവത്തിന് സമാന്തരമായി നിരക്കുന്നു. സമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരയിൽ നിന്നും ഇരുവശത്തേക്കും വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്ന സമുദ്രതറയിലെ പാറകൾ സമിതീയ മായി (symmetrical) ക്രമാനുസരണമായും (normal) വിപരീത ദിശയിലും (reversal) കാന്തിക ധ്രുവത്വം കാണിക്കുന്നതായിട്ടാണ് ബോധ്യപ്പെടുന്നത്. ഇന്നത്തെപോലെ ഉത്തരധ്രുവം (വടക്ക്) ദിശയിലേക്ക് കാന്തിക ധ്രുവം സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതിനെ ക്രമാനുസ രണനില (normal) എന്നും തിരിച്ചാണെങ്കിൽ വിപരീതദിശാനില (reverse) എന്നും പറ യുന്നു.

കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ഈ തലതിരിയലും കാന്തിക പാറ്റേണിൽ കാണുന്ന സമി തീയതയും കാണിക്കുന്നത് സമുദ്രമധ്യപർവ്വത വരമ്പിൽ നിന്നും സമുദ്രത്തറ തുല്യ മായി ഇരുവശത്തേക്കും പരക്കുകയായിരുന്നുവെന്നാണ്. അതിനാലാണ് അനുരൂ പ്യമുള്ള കാന്തികമണ്ഡലങ്ങളുടെ മാതൃക സമുദ്രാന്തരമധ്യനിരയുടെ ഇരുവശത്തു മുള്ള ശിലകളിൽ കാണുന്നത്. ഈ ശിലകളുടെ കാലഗണന ശാസ്ത്രീയമായി നിർണ യിക്കുന്നതിലൂടെയും മധ്യസമുദ്രാന്തര വരമ്പുകളിൽ നിന്നും ഇവയ്ക്കുള്ള അകലം കണക്കാക്കുന്നതിലൂടെയും കാലാകാലങ്ങളിലുണ്ടാവുന്ന സമുദ്രതട വ്യാപനത്തിന്റെ നിരക്ക് നിർണയിക്കാൻ സാധിക്കും.

യൂറോപ്പിലെയും വടക്കെ അമേരിക്കയിലെയും പാറകളുടെ സാമ്പിളുകളുപയോഗിച്ച് പുരാകാന്തികധ്രുവത്തെ സംബന്ധിച്ച് പഠനം നടത്തിയപ്പോൾ വിചിത്രമായ കാര്യങ്ങ ളായിരുന്നു കണ്ടത്. പണ്ടുകാലത്ത് ഉത്തരധ്രുവം പലസ്ഥലങ്ങളിലായിരുന്നു എന്ന സൂചനയായിരുന്നു ലഭിച്ചത്. ഭൂമിയുടെ ചരിത്രത്തിൽ ധ്രുവങ്ങൾ അലഞ്ഞു നടന്നി രുന്നു എന്ന നിഗമനത്തിലാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞർ ആദ്യമെത്തിയത്. കാന്തിക ധ്രുവ ങ്ങൾ ഭൗമചരിത്രത്തിലെ വ്യത്യസ്ത കാലഘട്ടങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത സ്ഥാനങ്ങളിലാ യിരുന്നു എന്നതാണ് കാണപ്പെട്ട വസ്തുത. ഇതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ താഴെ പറ യുന്ന മൂന്ന് നിഗമനങ്ങളിൽ എത്തിച്ചേരാൻ കഴിയും.

1. ഭൗമചരിത്രത്തിൽ കാന്തികധ്രുവത്തിന് വിവിധ ദിശകളിലേക്ക് സ്ഥാനാന്തരണം നടന്നിരുന്നു.
2. സുസ്ഥിരമായ ഒരു ധ്രുവത്തെ അപേക്ഷിച്ച് വൻകരകൾക്ക് സ്ഥാനചലനം സംഭ വിച്ചിരുന്നു.
3. വൻകരകളും കാന്തിക ധ്രുവവും ഓരോ സമയത്തും അവയുടെ യഥാസ്ഥാനത്ത് നിന്നും മാറ്റത്തിന് വിധേയമായിരുന്നു.



ചിത്രം 11.17 പുരാകാന്തിക ധ്രുവങ്ങൾ എ) ഇന്നത്തെ ദിശ, ബി) പിളർപ്പിന് മുമ്പത്തെ കാന്തിക ദിശ.

തുടർന്ന് നടന്ന പഠനങ്ങളിൽ നിന്നും ബോധ്യപ്പെട്ടത് വിവിധ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിൽ ധ്രുവങ്ങളുടെ സ്ഥാനാന്തരണമാതൃക വ്യത്യസ്തമായി കാണിക്കുന്നുവെന്നായിരുന്നു. ഉത്തരധ്രുവം ഒരു സമയത്ത് തന്നെ വ്യത്യസ്തങ്ങളായ വൻകരകളിൽ പല സ്ഥലങ്ങളിലായിരുന്നതായി കണ്ടുവെന്ന് സാരം. ഉത്തരധ്രുവം ഒന്ന് മാത്രമായിരിക്കയാൽ, ഒരു സമയത്ത് അത് ഒരു സ്ഥലത്ത് മാത്രമേ ആകാൻ നിവൃത്തിയുള്ളൂ. ഈ ഘട്ടത്തിൽ ഭൂഖണ്ഡചലനത്തെ ഗൗരവമായി കാണേണ്ടത് അനിവാര്യമായിത്തീർന്നു. ഉത്തരധ്രുവമല്ല, മറിച്ച് വൻകരകൾക്കാണ് സ്ഥാനാന്തരണം സംഭവിച്ചതെന്ന് അനുമാനിച്ചാൽ പ്രശ്നത്തിന് പരിഹാരമായി. വൻകരകൾ കൂട്ടി യോജിപ്പിച്ചുവെച്ചാൽ പുരാ കാന്തിക രേഖകൾ പ്രകാരം കാന്തിക ധ്രുവം ഒരേ ദിശയിലേക്ക് പിളർപ്പിനു മുമ്പുള്ള കാലത്ത് തിരിഞ്ഞിരുന്നതായി കാണാവുന്നതാണ്. (ചിത്രം 11.17).

ഭൂകമ്പ പഠനങ്ങൾ കാണിക്കുന്നത് ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഭൂമുഖത്ത് അങ്ങിങ്ങായി നടക്കുന്നുവെന്നല്ല, മറിച്ച് വ്യവസ്ഥാപിതമായി കാണപ്പെടുന്ന ചില മേഖലകളിലാണെന്നാണ്. 1954 ൽ ഫ്രഞ്ച് ഭൂകമ്പശാസ്ത്രജ്ഞനായ ജെ.പി. റോത്തെ ഭൂകമ്പങ്ങൾ വളരെ കൃത്യമായ നേർരേഖാമേഖലകളിലായി സംഭവിക്കുന്നുവെന്ന് കാണിക്കുന്ന ആദ്യ ഭൂപടം തയാറാക്കിയിരുന്നു. ലോകത്തിലെ ഭൂകമ്പങ്ങളെയും അഗ്നിപർവ്വത പ്രവർത്തനങ്ങളെയും സംബന്ധിച്ച് തയാറാക്കിയ ആധികാരിക പഠനങ്ങൾ കാണിക്കുന്നത് ഇവയെല്ലാം കൂടുതലും സമുദ്രഗർത്തങ്ങളിലും സമുദ്രാന്തര പർവ്വത നിരകളിലുമായി കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നുവെന്നാണ്. ഈ പഠനങ്ങൾ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും രൂപീകരണത്തെ സംബന്ധിച്ച പുതിയ ഫലകചലന സിദ്ധാന്തത്തിലേക്ക് നയിക്കുകയുണ്ടായി.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. കാന്തികതലതിരിച്ചിലുകൾ എന്നതുകൊണ്ട് ഉദ്ദേശിക്കുന്നതെന്താണ്?
2. സമുദ്രാന്തര പർവ്വത നിരകൾക്കിരുവശത്തും അനുരൂപ്യമായ പുരാകാന്തിക പട്ടകളുടെ മാതൃക കാണപ്പെടുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
3. വൻകരാ ഭൂവൽക്കത്തെ അപേക്ഷിച്ച് സമുദ്ര ഭൂവൽക്കത്തിന് പ്രായക്കുറവ് കാണപ്പെടുന്നുവെന്നത് എങ്ങനെ വിശദീകരിക്കാനാകും?

11.5 ഫലകവിവർത്തനികം (Plate Tectonics)

ഭൗമാന്തർഭാഗത്ത് നിന്നും ഉദ്ഭൂതമാകുന്ന ആന്തരജന്യ ബലങ്ങളും തത്ഫലമായി സംഭവിക്കുന്ന വിവർത്തനിക - വിരൂപണ പ്രക്രിയകളും സംബന്ധിച്ച ഭൂവിജ്ഞാനീയ പഠന ശാഖയാണ് 'ടെക്റ്റോണിക്സ്.' 'ടെക്റ്റോണിക്സ്' എന്ന പദം നിർമാണമെന്നാണ് വിവക്ഷിക്കുന്നത്. 1960 കളുടെ അവസാനത്തോടെ ഒരു കൂട്ടം അമേരിക്കൻ ശാസ്ത്രകാരന്മാരും പര്യവേഷകരും ചേർന്ന് രൂപപ്പെടുത്തിയ ആശയങ്ങളാണ് ഫലകവിവർത്തനിക സിദ്ധാന്തമായി രൂപപ്പെട്ടത്. വൻകരാവിസ്ഥാപനം, സമുദ്രതട വ്യാപനം തുടങ്ങിയ സിദ്ധാന്തങ്ങളെയെല്ലാം സമന്വയിപ്പിച്ചുകൊണ്ടാണ് ഈ സിദ്ധാന്തം ആവിഷ്കരിച്ചിട്ടുള്ളത്.

ഫലകവിവർത്തനികസിദ്ധാന്ത പ്രകാരം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം ഒട്ടനവധി ചെറുതും വലുതുമായ ഫലകങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. ഓരോ ഫലകവും ആപേക്ഷികമായി ചലിക്കുകയും ഫലകാതിരുകളിൽ വ്യത്യസ്ത പ്രതിഭാസങ്ങൾക്ക് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂകമ്പങ്ങൾ, അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ, പർവ്വതങ്ങൾ, തുടങ്ങിയ പ്രതിഭാസങ്ങ

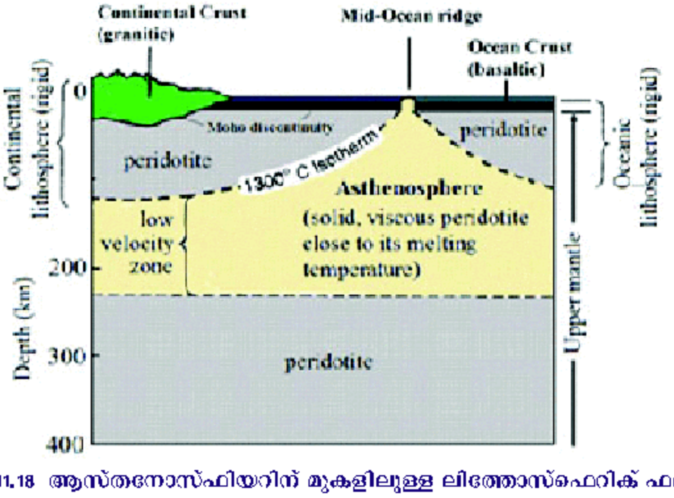
ളെയെല്ലാം വിശദീകരിക്കാൻ ഫലകവിവർത്തനികസിദ്ധാന്തത്തിന് കഴിയുന്നു. ഭൗമ പ്രതിഭാസങ്ങളെ വിശദീകരിക്കുന്നതിനും ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും ചലനത്തെ വിവരിക്കുന്നതിനും പുത്തൻ വ്യാഖ്യാനങ്ങൾ നൽകുന്ന ഈ സിദ്ധാന്തം ഭൗമശാസ്ത്രത്തിലെ വിപ്ലവകരമായ ആശയങ്ങളിലൊന്നാണ്.

ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങൾ (Lithospheric plates)

ഭൂമിയുടെ പുറം പാളിയായ ഭൂവൽക്കവും ഉപരി മാന്റിലിന്റെ ഉറച്ച മേൽഭാഗവും ചേർന്നതാണ് ലിത്തോസ്ഫിയർ (ശിലാമണ്ഡലം). ലിത്തോസ്ഫിയറിനു താഴെയുള്ള പാളിയെ അസ്തെനോസ്ഫിയർ എന്നു വിളിക്കുന്നു. അതിതാപവും ഉന്നത മർദ്ദവും നിലനിൽക്കുന്ന ആസ്തെനോസ്ഫിയറിൽ ശിലാ പദാർഥങ്ങൾ അർധദ്രവാവസ്ഥയി ലാണ്. അതിനാൽ ലിത്തോസ്ഫിയറിന് ഇതിനു മുകളിലൂടെ തെന്നി നീങ്ങുവാൻ കഴിയുന്നു.

ലിത്തോസ്ഫിയറിന് നിരവധി വിള്ളലുകളുണ്ട്. അതിനാൽ അവയെല്ലാം വലിയതുണ്ടു കളായാണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. ഈ ശിലാമണ്ഡല കഷണങ്ങൾക്ക് കൊടുത്ത പേരാണ് 'പ്ലേറ്റ്' അഥവാ 'ഫലകം.' ഫലകങ്ങൾക്ക് ശരാശരി 125 കിലോമീറ്റർ കനമുണ്ട്. പ്ലേറ്റുകൾ അർധദ്രവാവസ്ഥയിലുള്ള അല്ലെങ്കിൽ വളരെയധികം ഇലാസ്തികതയുള്ള ഖരപദാർഥമായ ആസ്തനോസ്ഫിയറിന് മുകളിൽ തെന്നി നീങ്ങുന്ന പ്രകൃതമുള്ളവ യാണ്.

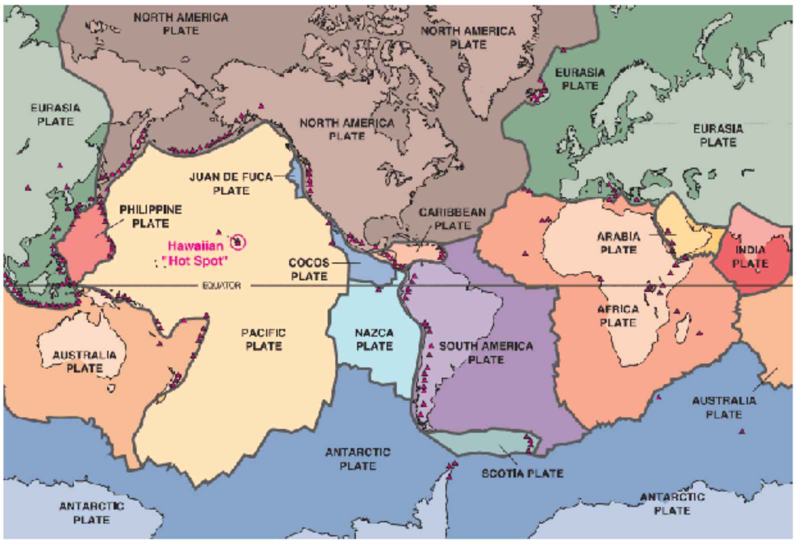
ചില വസ്തുക്കൾക്ക് ഖരാവസ്ഥയിൽ തന്നെ മെല്ലെ ഒഴുകുവാനാകും. ഒരു ചോക്ലേറ്റ് കഷണം സാധാരണ താപനിലയിൽ ഉരുകാതെ തന്നെ ഒഴുകാൻ പ്രവണത കാണി ക്കാറുള്ളത് ശ്രദ്ധിച്ചിട്ടില്ലേ? റോഡ് നിർമാണത്തിനുപയോഗിക്കുന്ന പിച്ച് അഥവാ ടാർ പതുക്കെ ഒഴുകിപ്പോകുന്നത് നിങ്ങൾ കണ്ടിരിക്കും. ആസ്തനോസ്ഫിയറിലെ ശിലകൾ മുകളിലും താഴെയുമുള്ള ശിലാ പദാർഥങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ചു കൂടുതൽ ദുർബ ലാവസ്ഥയിലാണ്. ഭൂകമ്പ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന സീസ്മിക് തരംഗങ്ങൾ താരതമ്യേന വളരെ കുറഞ്ഞ പ്രവേഗത്തിൽ ഈ പാളിയിലൂടെ കടന്ന് പോകുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഈ മണ്ഡലത്തെ അല്പ പ്രവേഗമേഖല (Low Velocity Zone - LVZ) എന്നാണ് ഭൗമ ശാസ്ത്രത്തിൽ വിശേഷിപ്പിക്കാറുള്ളത്.



ചിത്രം 11.18 ആസ്തനോസ്ഫിയറിന് മുകളിലുള്ള ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങൾ
(സമുദ്രഫലകവും ഭൂഖണ്ഡ ഫലകവും)

ലിത്തോസ്ഫിയറിന് വിവർത്തനികം സംഭവിച്ചിട്ടുണ്ടാകുന്ന ഫലകങ്ങളെ ടെക്റ്റോണിക് ഫലകങ്ങളെന്നും വിളിക്കുന്നു. മിക്ക ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങളും വൻകര പ്രദേശങ്ങളും കടൽത്തറ പ്രദേശങ്ങളും ഉൽപ്പെടുന്നവയാണെങ്കിലും കടൽത്തറ പ്രദേശം മാത്രമായുള്ള ഫലകങ്ങളുമുണ്ട്. ലിത്തോസ്ഫിയർ പ്രത്യേക ടെക്റ്റോണിക് ഫലകമായി നിലകൊള്ളുകയും അടിയിലുള്ള അർധദ്രവാവസ്ഥയിലുള്ള ആസ്തനോസ്ഫിയറിനു മുകളിലൂടെ ഒഴുകി നടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 11.18).

പന്ത്രണ്ടോളം വലിയ ഫലകങ്ങളും ധാരാളം ചെറു ഫലകങ്ങളുമായി ശിലാമണ്ഡലം വിഭജിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അവ വ്യത്യസ്ത ദിശകളിലേക്ക് വ്യത്യസ്ത വേഗത്തിൽ നിങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ള ലോകഭൂപടം (ചിത്രം 11.19) ശ്രദ്ധിച്ച് വിവിധ തരം ഫലകങ്ങളെ തിരിച്ചറിയാവുന്നതാണ്. പല ഫലകങ്ങളുടെയും അതിരുകൾ കടന്ന് പോകുന്നത് സമുദ്രങ്ങൾക്കും ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾക്കും കുറുകെയായിട്ടാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് ഇന്ത്യൻ ഫലകാതിര് ഇന്ത്യൻ മഹാസമുദ്രത്തിലൂടെ കടന്ന് ഹിമാലയൻ പർവ്വത മേഖലകളിലൂടെയാണുപോകുന്നത്. പസഫിക് ഫലകം പോലുള്ളവ പൂർണ്ണമായും സമുദ്രതറയുൾക്കൊള്ളുന്ന ഫലകമാണെന്ന് ചിത്രത്തിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കാവുന്നതാണ്. സാധാരണയായി വർഷത്തിൽ ഏതാനും സെന്റിമീറ്റർ, അല്ലെങ്കിൽ ദിനംപ്രതി 0.1 മില്ലിമീറ്റർ വേഗതയിലാണ് ഫലക ചലനം സംഭവിക്കുന്നത്. ആലങ്കാരികമായി ഇതിനെ 'നഖങ്ങൾ വളരുന്ന വേഗത്തിൽ' എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കാം.



ചിത്രം 11.19 ടെക്റ്റോണിക് (ലിത്തോസ്ഫെറിക്) ഫലകങ്ങളുടെ ലോക ഭൂപടം

നമുക്ക് ചെയ്തു നോക്കാം

ചിത്രം 11.19 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള എല്ലാ ചെറുതും വലുതുമായ ഫലകങ്ങളെ കണ്ടെത്തുക. വൻകരാപ്രദേശങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ട്രിപ്പിൾ ജങ്ഷനുകൾ ഏതൊക്കെയാണെന്ന് തിരിച്ചറിയുകയും ചെയ്യുക.

11.5.1 ഫലകചലനം (Plate Motion)

ഫലകചലനത്തിന് വേണ്ട പ്രേരകശക്തിയെന്താണെന്നതിനെക്കുറിച്ച് ഭിന്നാഭിപ്രായമാണുള്ളത്. മാന്റിലിലെ സംവഹന പ്രവാഹങ്ങളാണ്, ഫലകങ്ങളുടെ നീക്കത്തിന്റെ യന്ത്രസൂത്രമായി വിശദീകരിക്കപ്പെട്ട ഒരാശയം. മാന്റിലിലെ ചൂട് കൂടിയതും സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞതുമായ ശിലാപദാർഥങ്ങൾ മുകളിലേക്കും മുകളിലെ സാന്ദ്രത കൂടിയ തണുത്ത ശിലാപദാർഥങ്ങൾ താഴേക്കുമായി പ്രവഹിച്ച് സംവഹനം നടക്കുന്നു. വളരെ കുറഞ്ഞ വേഗതയിലുള്ള ഈ പ്രവാഹം ലിത്തോസ്ഫിയറിലേക്ക് ബലം ചെലുത്തപ്പെട്ട് ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങളെ ചലിപ്പിക്കാൻ കാരണമാകുന്നു. എന്നാൽ ഈ വാദഗതിക്ക് വേണ്ടത്ര പിന്തുണ ഇപ്പോൾ ശാസ്ത്രജ്ഞർ നൽകി വരുന്നില്ല.

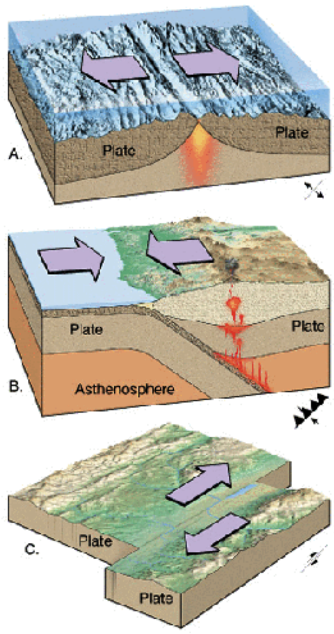
11.5.2 ഫലകസീമകൾ (Plate Boundaries)

പൊതുവായി മൂന്നു തരം ഫലക അതിരുകളാണ് നിർവ്വചിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളത്.

1. വിയോജക സീമകൾ
2. സംയോജക സീമകൾ
3. ഛേദകസീമകൾ അഥവാ ട്രാൻസ്ഫോം ഫോൾട്ട് സീമകൾ (ചിത്രം 11.20)

1. വിയോജക ഫലകസീമകൾ (Divergent boundaries)

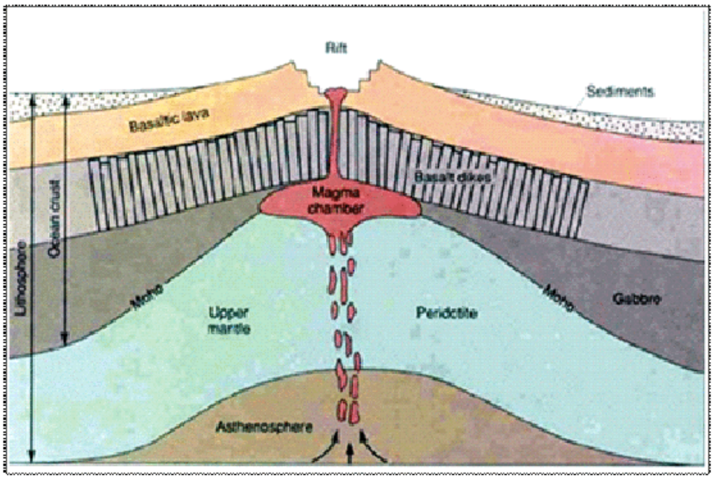
രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ ഇരു വശങ്ങളിലേക്ക് അകന്നു പോകുന്ന തരം സീമകളാണിവ. ഇത്തരം ഫലക സീമകളിൽ ഫലകങ്ങൾ അകന്നു മാറുകയും പുതിയ ശിലാമണ്ഡലം അവയ്ക്കിടയിൽ ഉണ്ടായിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മന്ദഗതിയിൽ പരസ്പരം ഫലകങ്ങൾ അകന്നു പോകുന്നതിന്റെ ഫലമായി അവയ്ക്കിടയിൽ ശിലാമണ്ഡലഭാഗത്ത് അതിദീർഘലകങ്ങളായ വിള്ളലുകളുണ്ടാകുന്നു. ഈ വിള്ളലുകളിലൂടെ മാന്റിലിലെ ശിലാദ്രവം മുകളിലേക്ക് വന്ന് തണുത്തുറഞ്ഞ് ഫലകങ്ങളുടെ അതിരുകളോട് ചേർന്ന കടൽത്തറ പ്രദേശങ്ങളിൽ ലിത്തോസ്ഫിയറിന്റെ ഭാഗമായിത്തീരുന്നു. പുതിയ കടൽത്തറ രൂപം കൊള്ളുന്ന ഈ അതിരുകൾക്ക് നിർമാണാത്മക അതിര് (constructive margin) എന്നുപറയാറുണ്ട്. സമുദ്രതടങ്ങളിൽ വിയോജക സീമകൾ കടന്ന് പോകുന്നത് സമുദ്രമധ്യ പർവ്വത നിരകളുടെ ഏറ്റവും ഉയരമുള്ള മേഖലകളായ ശിഖര ഭാഗങ്ങളിലൂടെയാണ്.



ചിത്രം 11.20 വിവിധ തരം ഫലകസീമകൾ എ) വിയോജന സീമ, ബി) സംയോജന സീമ, സി) ഛേദക സീമ

അറ്റ്ലാന്റിക്കിന്റെ നടുവിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന മധ്യ അറ്റ്ലാന്റിക് പർവ്വതശിഖരത്തിൽ 19,000 കി.മീ നീളത്തിൽ വലിയൊരു പിളർപ്പ് തന്നെയുണ്ട്. ഈ സമുദ്ര മധ്യ വരമ്പുകൾക്കിരുവശത്തുമുള്ള ശിലാമണ്ഡല ഫലകങ്ങൾ വർഷത്തിൽ ഏകദേശം 2.5

സെന്റിമീറ്റർ വീതം ഇരുഭാഗത്തേക്കും അനുക്രമം നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതായി കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. നോർത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകവും യൂറേഷ്യൻ ഫലകവും തമ്മിലുള്ള വിയോജന ചലനം നടക്കുന്ന സീമയാണിവിടെ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. അറ്റ്ലാന്റിക്കിലെ ഈ പർവ്വത ശിഖരത്തിന് സമാന്തരമായി കടലിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ ഭൂമിക്ക് പുതിയ ലിത്തോസ്ഫിയർ രൂപപ്പെടുകയാണ്. അടിയിൽ പുതിയ ഭൂവൽക്ക ഫലകം രൂപപ്പെടുന്നതിനനുസരിച്ച് ഇത് വശങ്ങളിലേക്കു തള്ളിനീക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. യൂറേഷ്യൻ ഫലകം നോർത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകവുമായും ആഫ്രിക്കൻ ഫലകം സൗത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകവുമായും നടക്കുന്ന വിയോജന ചലനം ഈ സീമയിലൂടെയാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. മധ്യസമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരകളെ കേന്ദ്രമാക്കിയുള്ള ഈ പിളർക്കലും അനുബന്ധ ആഗ്നേയ പ്രവർത്തനങ്ങളും ചിത്രം 11.21 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

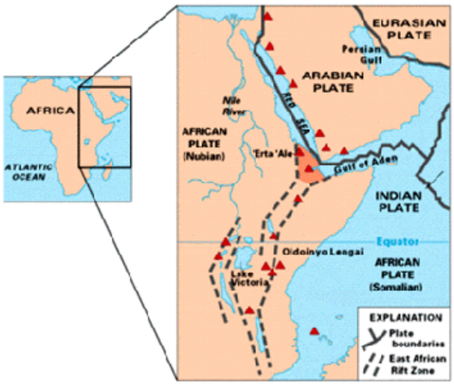


ചിത്രം 11.21 മധ്യ സമുദ്രാന്തര പർവ്വത നിരയുടെ അക്ഷീയ പിളർപ്പ്

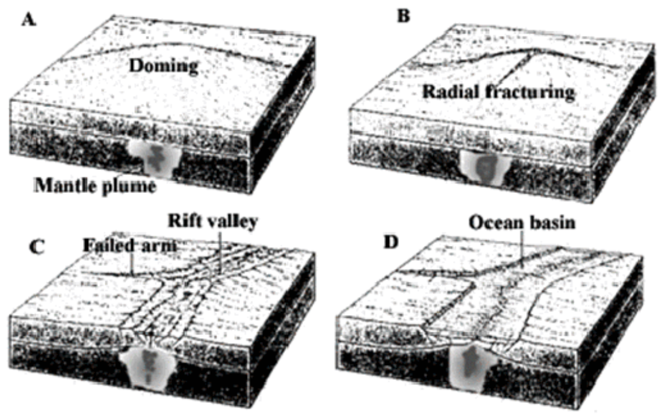
വൻകരകളിൽ വിയോജകസീമകൾ കടന്നുപോകുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ വലിയ ഭ്രംശ താഴ്വരകൾ (rift valleys) രൂപമെടുക്കുകയും അതിനുള്ളിൽ കാലാന്തരത്തിൽ പുതിയ കടൽത്തറ ഉണ്ടായി വൻകരകളുടെ ഇരുവശത്തേക്കുമുള്ള ചലനത്തിന് കാരണമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ചെങ്കടൽ പിളർപ്പ് (Red Sea Rift), കിഴക്ക് ആഫ്രിക്കൻ പിളർപ്പ് (East African Rift), പശ്ചിമ അന്റാർട്ടിക്ക് പിളർപ്പ് (West Antarctic Rift) എന്നിവയെല്ലാം ഇതിനുദാഹരണങ്ങളാണ്. വടക്കെ എത്യോപ്യയിലെ അഫാർ മേഖല 'Y' ആകൃതിയിലുള്ള പിളർപ്പ് കാണിക്കുന്ന റിഫ്റ്റ് മേഖലയാണ്. വൻകരാശിലാമണ്ഡലം പിളർന്ന് വലിഞ്ഞ് നീങ്ങുന്ന അഫാർ പിളർപ്പ് മൂന്ന് ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ സന്ധിക്കുന്ന ഒരു ത്രിമുഖ സന്ധി (triple junction) ആകുന്നു. അറേബ്യൻ ഫലകം, ആഫ്രിക്കൻ ഫലകത്തിൽ നിന്നും അകന്ന് നീങ്ങി ചെങ്കടലും ഏദൻ ഉൾക്കടലും രൂപം കൊണ്ടത് ഇപ്പോഴും സജീവമായ ഈ വിയോജകവരമ്പിലൂടെയാണ്. ഈ വിള്ളൽ തുടർന്ന് കിഴക്ക് ആഫ്രിക്കൻ വിള്ളൽ മേഖലയിലൂടെ വലിഞ്ഞ് നീങ്ങി, നൂബിയൻ പ്ളെയ്റ്റും (Nubian Plate) സൊമാലിയൻ പ്ളെയ്റ്റും (Somalian Plate) രൂപം കൊണ്ട് അറേബ്യൻ പ്ളെയറ്റുക

ളിൽ നിന്നും അകന്നുപോകുകയും ചെയ്യുന്നു. എത്യോപ്യയുടെ മധ്യഭാഗത്തായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന അഫാർ പിളർപ്പും പ്രദേശത്തെ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളും ചിത്രത്തിൽ (ചിത്രം 11.22) സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഫലകങ്ങൾ അകന്ന് നീങ്ങുമ്പോൾ, അതുണ്ടാകുന്ന വലിവ്ബലം (tensional stress) വൻകരാപിളർപ്പിലേക്ക് എത്തിക്കുന്നു. ഭൂവൽക്ക ഭാഗം അവിടെ ഡോം ആകൃതിയിൽ ഉയർന്ന് പൊങ്ങി ഒരു ഉയർന്ന കേന്ദ്ര ഭൂഭാഗം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. അവിടെ നിന്നും മൂന്ന് കൈവഴികളിലായി പിളർപ്പ് വ്യാപിക്കാൻ ശ്രമമാരംഭിക്കുന്നതാണ്. ഇത്തരത്തിലുള്ള വലിയ പിളർപ്പ് താഴ്വരയുടെ രണ്ട് കൈവഴികൾ ചേർന്ന് രൂപപ്പെട്ടതാണ് കിഴക്ക് ആഫ്രിക്കൻ ഭ്രംശതാഴ്വര (East African Rift Valley). ഈ പിളർപ്പ് താഴ്വര പിന്നീട് ഒരു ചെങ്കടൽ പോലെ ആയി മാറി ആത്യന്തികമായി ഒരു സമുദ്രമായും (അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രം പോലെ) രൂപാന്തരപ്പെടുന്നതായി കണക്കാക്കുന്നു (ചിത്രം 11.23). അവശേഷിക്കുന്ന ഒരു കൈവഴി അലസിപ്പോവുകയാണുണ്ടായത്. അതു പിന്നീട് ഒരു പ്രധാന നദീചാനലായി മാറിയേക്കാം. ആഫ്രിക്കയിൽ കാണുന്ന അലസിപ്പോയ പിളർപ്പ് ഇതിനുദാഹരണമാണ്.



ചിത്രം 11.22 അഫാർ മേഖലയിൽ ത്രിമുഖ സന്ധി (അഫാർ: ഇരുണ്ട ഷേഡ്, അഗ്നി പർവ്വതങ്ങൾ, ചുവന്ന ത്രികോണങ്ങൾ)



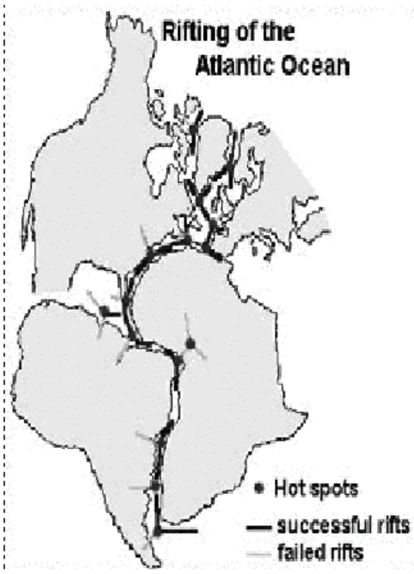
ചിത്രം 11.23

മാന്റിലിൽ നിന്നും മുകളിലേക്ക് ഉയർന്നു വരുന്ന, ഉന്നതഊർജമുള്ളതും ദൃഢമായതും ചുടുള്ളതുമായ ശിലയുടെ പ്രവാഹമായ മാന്റിൽ ശിഖ (Mantle Plume) വൻകരാപിളർപ്പിന്റെ തുടക്കം കുറിക്കുന്ന ഒരു ഘടകമാണ്. മുകളിലേക്ക് ഉയരുന്ന മാന്റിൽ ശിഖ, ലിത്തോസ്ഫിയറിനെ ഉരുക്കി ഒരു വിള്ളലുണ്ടാക്കുന്നു. ഇതിനെ താപബിന്ദു (Hot Spot) എന്നു വിളിക്കുന്നു. താപബിന്ദുവിലൂടെ ഉയർന്നു വരുന്ന മാഗ്മയാണ് ഭൂവൽക്കം ഡോം ആകൃതിയിൽ ഉയരുവാൻ ഹേതുവാകുന്നത്. ശാഖകളായിപ്പിരി

യുന്ന ആഫ്രിക്കൻ ഭ്രംശതാഴ്‌വര പ്രദേശത്ത് മാന്റിലിൽ നിന്ന് മാഗ്മ വന്നെത്തി തണുത്തുറഞ്ഞ് പുതിയ ലിത്തോസ്‌ഫെറിക് കടൽത്തറാഫലകം രൂപമെടുക്കുന്ന പ്രക്രിയ നടക്കുന്നതിനാൽ ആഫ്രിക്കൻ വൻകര അനുക്രമം പിളർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെന്ന് മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഈ പിളർപ്പിലൂടെ രൂപംകൊണ്ട കടലാണ് ചെങ്കടൽ എന്ന് നിങ്ങൾ നേരത്തെ മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ? പിളർപ്പിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് ഇരുവശങ്ങളിലേക്കും വ്യാപിക്കുന്ന ഒരു വരമ്പുണ്ട് (spreading ridge). ഇരുവശത്തുമുള്ള വൻകരാഭാഗം വളരെയധികം അകന്ന് നീങ്ങുമ്പോൾ ഇതൊരു സമുദ്രവരമ്പ് (Oceanic ridge) ആയിത്തീരും. ഇരുപതോളം താപ ബിന്ദുക്കളുടെയും അവയിലൂടെ പുറത്ത് വരുന്ന മാഗ്മയുടേയും പ്രവർത്തഫലമായിട്ടാണ് മധ്യഅറ്റ്ലാന്റിക്പർവതവരമ്പ് (Mid Allantc Ridge) രൂപപ്പെട്ട് ഇരുവശത്തേയ്ക്കും ലിത്തോസ്‌ഫിയർ വ്യാപിച്ചു പോകുന്നത്. ഇത് അവിടെ കാണപ്പെടുന്ന ദ്വീപുകളുടെ സാന്നിധ്യം ഈ പ്രക്രിയ സാക്ഷ്യപ്പെടുത്തുന്നു. ചിത്രത്തിൽ (ചിത്രം. 11.24) അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തിലൂടെയുള്ള പിളർപ്പ് കാണിക്കുന്ന താപബിന്ദുക്കളുടെ സ്ഥാനവും അലസിപ്പോയ പിളർപ്പുകളും കാണിക്കുന്നുണ്ട്.

(2) സംയോജക സീമകൾ (Convergent boundaries)

രണ്ടു ഫലകങ്ങൾ പരസ്പരം അടുത്തുവന്ന് പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടുന്ന തരത്തിലുള്ള ഫലകാതിരുകളാണിവ. ഇവയെ വിനാശക അതിരുകൾ (Destructive margins) എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കാറുണ്ട്. കാരണം ഇവിടെ കൂട്ടിമുട്ടുന്ന ഫലകങ്ങൾ വിനാശത്തിന് വിധേയമാകുന്നുവെന്നതാണ്. വലിയ പർവ്വത നിരകളും സജീവഅഗ്നിപർവ്വതങ്ങളും ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്ന മേഖലകളാണ് സംയോജന സീമകൾ.



ചിത്രം 11.24 അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ പിളർക്കൽപ്രക്രിയ

ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടുന്ന ഭാഗങ്ങളെ മൂന്നായി തരം തിരിക്കാം. സമുദ്രത്തറ മാത്രമുള്ള രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ അടുക്കാം. വൻകരയെ വഹിക്കുന്ന രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ സമുദ്രത്തറ മാത്രമുള്ള ഒരു ഫലകവും വൻകരയെ വഹിക്കുന്ന മറ്റൊരു ഫലകവും തമ്മിലുള്ള കൂട്ടി മുട്ടലും സംഭവിക്കാം.

വിയോജക സീമകളിൽ രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ അകന്നുപോവുകയാണല്ലോ സംഭവിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതല വിസ്തീർണം ആനുപാതികമായി കൂടുന്നുമില്ല. സ്വാഭാവികമായും ഭൂമിയിൽ മറ്റൊരിടത്ത് ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടാതെ നിർവാഹമില്ല.

മധ്യസമുദ്രാന്തരപർവ്വതവരമ്പുകൾ പോലെയുള്ള വിയോജന സീമകളിൽ വ്യാപനത്തിന്റെ ഫലമായി മാഗ്മ പുറത്ത് വന്ന് പുതിയ ലിത്തോസ്‌ഫെറിക് ഫലകം രൂപംകൊള്ളുന്നുവെന്ന് മുമ്പ് മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ? ഇത്തരം ലിത്തോസ്‌ഫിയർ ഭാഗത്ത്

കടൽത്തറ തണുത്തുറഞ്ഞ് ക്രമേണ സാന്ദ്രത കൈവരിക്കുന്നു. കൂടുതൽ വിയോജന ചലനം നടന്ന് അകലുന്ന കടൽത്തറ സാന്ദ്രത വർധിച്ച് സംയോജക സീമകളിലൂടെ മാന്റിലിലേക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. മാന്റിലിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന ഈ പ്രക്രിയ നിമജ്ജനം (subduction) എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. നമുക്ക് മൂന്ന് തരത്തിലുള്ള സംയോജന രീതികൾ മനസ്സിലാക്കാം.

(i) സാമുദ്രിക – സാമുദ്രിക സംയോജനം (Oceanic - Oceanic Convergence)

കടൽത്തറ ഭാഗങ്ങളോട് കൂടിയ രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ കൂട്ടിമുട്ടുന്ന സമീപന സീമയാണിത്. ഇവിടെ ഏതെങ്കിലും ഒരു സാമുദ്രിക ഫലകഭാഗം സമീപസ്ഥ ഫലകത്തിനടിയിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങി ഫലകഭാഗം ഉരുകി മാന്റിലിന്റെ ഭാഗമായിത്തീരുന്നു. ശിലാമണ്ഡല ഫലകം മാന്റിലിലേക്ക് താണുപോയി ആഴ്ന്നിറങ്ങി വിനാശത്തിന് വിധേയമാകുന്ന ഇത്തരം മേഖലകളെ നിമജ്ജനമേഖലകൾ (Subduction Zones) എന്നാണ് വിശേഷിപ്പിക്കാറുള്ളത്. സമുദ്രഗർത്തങ്ങൾ, നിമജ്ജന മേഖലയെയാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്.

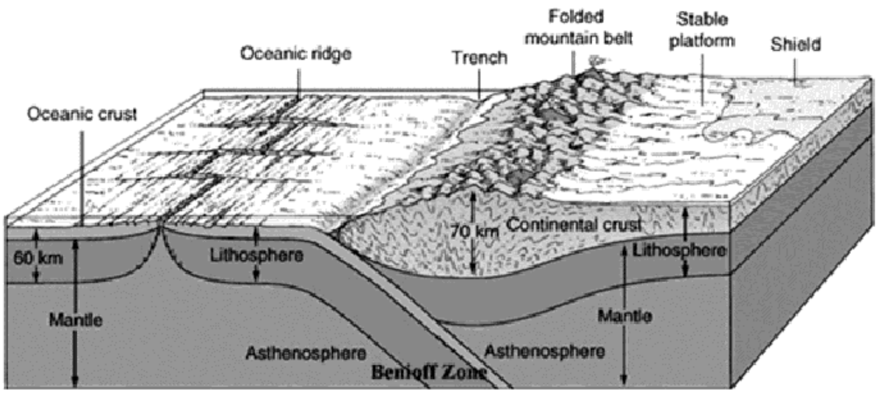
മധ്യഅറ്റ്ലാന്റിക്പർവ്വതനിരകളുടെ ഭാഗത്തുനിന്നും പടിഞ്ഞാറോട്ട് അകലുന്ന സൗത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകം, കരീബിയൻ ഫലകവുമായി കൂട്ടിമുട്ടി സംയോജന സീമയായി മാറിയത് ഉദാഹരണമായെടുക്കാം. അവിടെ സൗത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകം കരീബിയൻ ഫലകത്തിനടിയിലേക്ക് തള്ളപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. നിമജ്ജനം നടക്കുന്ന മേഖലയുടെ തൊട്ടുമുമ്പിലായി സമുദ്രത്തിലെ അവസാദശിലകളും സമുദ്ര ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകത്തിന്റെ കഷണങ്ങളുമെല്ലാം കുന്നുകൂടി ഞെരുങ്ങി ഉയർന്നുവരുന്ന ഒരു ആപ്പിന്റെ (accretion wedge) ആകൃതിയിലാകും. ഇങ്ങനെ താഴേക്ക് നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഫലകത്തിന്റെ ചെറിയൊരുഭാഗം മുകളിലേക്ക് തന്നെ തിരിക്കപ്പെടുന്ന ഈ പ്രക്രിയ നിമജ്ജനത്തിന്റെ വിപരീതമാണ്. ഇതിനെ ഒബ്ഡക്ഷൻ എന്ന് പറയാവുന്നതാണ്. അതേസമയംതന്നെ താഴോട്ട് ഇറങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന സമുദ്ര ലിത്തോസ്ഫിയറിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ കുറെ അടിയിലേക്ക് ചെല്ലുമ്പോൾ ഉയർന്ന താപം കാരണം ഉരുകി മുകളിലേക്കുയരും. തത്ഫലമായി, നിമജ്ജന മേഖലയിൽ നിന്നും അല്പം അകലെയായി അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളുടെ ഒരുനിര രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഈ അഗ്നി പർവ്വത ശൃംഖലകൾ പിന്നീട് ദ്വീപുസമൂഹങ്ങളായിത്തീരുന്നതാണ്. കമാന രൂപത്തിൽ വിന്യസിക്കപ്പെടുന്ന ഈ ദ്വീപ് സമൂഹങ്ങളെ ദ്വീപുകമാനങ്ങൾ (island arcs) എന്നാണ് വിശേഷിപ്പിക്കപ്പെടുന്നത്. കരീബിയൻ ദ്വീപ് സമൂഹങ്ങൾ പ്യൂർട്ടോറിക്കോ ട്രഞ്ചിന് സമാന്തരമായി കമാനരൂപത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന അഗ്നിപർവ്വതദ്വീപുകളാണ്.

(ii) സാമുദ്രികഫലക - ഭൂഖണ്ഡഫലക സംയോജനം (Oceanic - Continental convergence)

നിമജ്ജനപ്രക്രിയ സാധാരണ സജീവമായി സംഭവിക്കുന്നത് ഒരു സമുദ്രഫലകവും മറ്റൊരു ഭൂഖണ്ഡഫലകവും തമ്മിലുള്ള സംയോജനത്തിലാണ്. ഭൂഖണ്ഡഫലകത്തിന് കട്ടി കൂടുതലും സാന്ദ്രത കുറവുമാണ്. സ്വഭാവികമായും സാന്ദ്രത കുറവുള്ള ഭൂഖണ്ഡഫലകത്തിന് ആസ്തനോസ്ഫിയറിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങാനാവില്ല. എന്നാൽ ഇവിടെ സാന്ദ്രത കൂടുതലുള്ള സമുദ്രഫലകം ഭൂഖണ്ഡഫലകത്തിനടിയിലേക്ക് നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെടാറാണ് പതിവ്.

തെക്കെ അമേരിക്കയുടെ പടിഞ്ഞാറേ തീരത്ത് നടക്കുന്ന ഫലകസംയോജനം ഉദാഹരണമായെടുക്കാം. ഇവിടെ പസഫിക്കിലെ നാസ്കാ ഫലകം സൗത്ത് അമേരിക്കൻ വൻകരാഫലകവുമായി കൂട്ടിമുട്ടുന്നു. സാന്ദ്രത കുറവുള്ള വൻകരാഫലകത്തിലെ ശിലകൾ മുകളിൽത്തന്നെ നിലകൊള്ളുമെന്ന് മുമ്പ് പറഞ്ഞുവല്ലോ. സമുദ്രഭൂവൽക്കം വളഞ്ഞ് താഴേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. പെറു - ചിലി ഗർത്തം നിലകൊള്ളുന്ന ഭാഗത്തുകൂടി നാസ്കാ സമുദ്രഫലകം സൗത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകത്തിനടിയിലേക്ക് നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെടുന്നുവെന്ന് മനസ്സിലാക്കേണ്ടതാണ്.

സമുദ്രതീരത്ത് വർഷങ്ങളായി അടിഞ്ഞുകൂടുന്ന അവസാദങ്ങൾ, സംയോജന സീമകളിലൂടെ ഫലകം താഴേക്ക് നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെട്ട് തുടങ്ങുമ്പോൾ, അവിടെ അടിഞ്ഞുചേർന്നൊരു ഭീമാകാരമായ പ്രിസം രൂപപ്പെടും. തുടർന്നുണ്ടാകുന്ന സമ്മർദ്ദബലത്താൽ ഭൂവൽക്കത്തിൽ മടക്കുകളുണ്ടായിത്തീരും. അത് ഞെരുങ്ങി കട്ടി കൂടിക്കൊണ്ടിരിക്കും. അവസാനം പ്രിസത്തിലെ പാറകൾ ഉയർത്തപ്പെട്ട് മടക്കു പർവ്വതങ്ങളായി ഉയർന്നുവരും. സൗത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകത്തിന്റെ അതിരു രൂപപ്പെടുത്തുന്ന ആൻഡീസ് മടക്കുപർവ്വതം ഇത്തരത്തിൽ രൂപം കൊണ്ടതാണ്. അതേ സമയം താഴോട്ടിറങ്ങുന്ന ഫലകത്തിന്റെ മുഴുവൻ ഭാഗവും ആസ്തനോസ്ഫിയറിലേക്ക് നഷ്ടപ്പെടുന്നില്ല. താഴോട്ടിറങ്ങുമ്പോൾ സമുദ്രജലത്തിന്റെ കുറച്ചൊരംശം വെള്ളം മാന്റിലിൽ എത്തിച്ചേർന്ന് കൂടിക്കലരാനിടവരുമ്പോൾ പല ധാതുക്കളുടെയും തിളനില കുറയുകയും ബാഷ്പീകരണ സ്വഭാവമുള്ള വാതകങ്ങൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യും. ഭാഗികമായി പാറകളുടെ ഉരുകൽ സംഭവിച്ചുണ്ടാകുന്ന ഇത്തരം മാഗ്മ ആൻഡിസൈറ്റ് എന്ന ആഗ്നേയശില ആയിത്തീർന്ന് അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ മുകളിലേക്കുയർന്ന് വരുന്നു. വളരെ സ്ഫോടനാത്മകമായ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളാണ് അവിടെ നിമജ്ജനമേഖലയെ ചുറ്റി രൂപം കൊള്ളുന്നത്. തെക്കെ അമേരിക്കയിലെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരത്തുള്ള ആൻഡിസ് പർവ്വതത്തിലുടനീളം വലിയ അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളുണ്ട്.

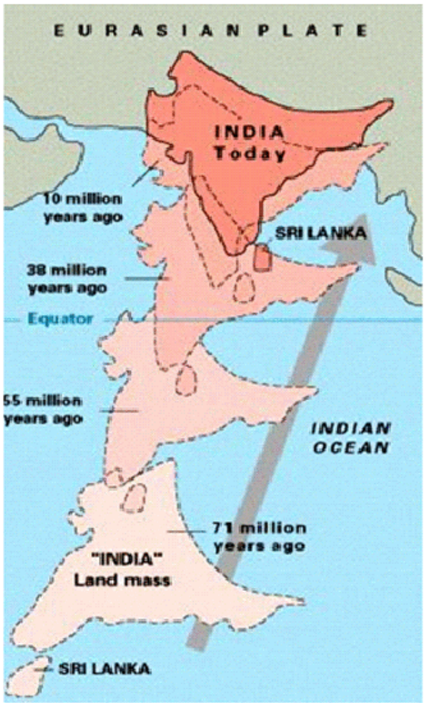


ചിത്രം 11.25 ഫലകങ്ങളുടെ നിമജ്ജനം മൂലമുള്ള ബെനിയോഫ് മേഖലാ രൂപികരണം

അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളെപ്പോലെ ഫലകാതിർത്തികളിൽ ഭൂകമ്പങ്ങളും ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. സമുദ്ര ലിത്തോസ്ഫെറിക്ക് ഫലകം താഴോട്ട് ഊർന്നിറങ്ങുമ്പോൾ, പാറകളുടെ വലിയ സ്ലാബുകളിൽ ഘർഷണം ഉളവാകുകയും ഇടയ്ക്കിടെയുണ്ടാകുന്ന തള്ളലുകളായി സ്ഥാനചലനം സംഭവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഫലക ചലനം ഇവിടെ തുടർച്ചയായി നടക്കുകയല്ല. മറിച്ച് ചെറിയ ചെറിയ ഉന്തലും തള്ളലുമായിട്ടാണ് നടക്കുന്നത്. ഈ തള്ളൽ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന കമ്പനങ്ങളാണ് ഭൂകമ്പങ്ങൾ. ഫലക സംയോജനം മൂലമുള്ള ഞെരുക്കലുകൾ ശക്തമായിത്തീരുമ്പോൾ ഭൂവൽക്കത്തിലെ പാറകൾ പിളർന്ന് വിള്ളലുകളുണ്ടായി വിരൂപചലനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതാണ്. അതിനാൽ ഫലകങ്ങൾ നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന മേഖലകളോട് ചേർന്ന് ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഇടയ്ക്കിടെ ആവർത്തിക്കുന്നു. ആഴം കുറഞ്ഞ ഭൂകമ്പ കേന്ദ്രങ്ങൾ അടങ്ങിയ പ്രത്യേക മേഖലകൾ തന്നെ ഫലക സംയോജനം നടക്കുന്ന അരികുകളിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഇത്തരം പ്രദേശങ്ങളെ ബെനിയോഫ് മേഖലകൾ (Benioff zones) എന്നാണ് വിശേഷിപ്പിച്ചിട്ടുള്ളത് (ചിത്രം 11.25). ഇവ ക്രമേണ ആഴം കൂടിയ ഭൂകമ്പ കേന്ദ്രങ്ങളായിത്തീരുകയും ചെയ്യുന്നു.

(iii) വൻകരാ – വൻകരാ സംയോജനം (Continent - Continent Convergence)

രണ്ട് വൻകരാഫലകങ്ങൾ പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടുന്ന ഒരു സംയോജന സീമയാണിത്. രണ്ട് ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ സംയോജനമായതിനാൽ, സാന്ദ്രതാ വ്യത്യാസമില്ലാത്തതുകൊണ്ട് നിമജ്ജനം സംഭവിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ ഭൂഖണ്ഡ അതിരിൽ അതിശക്തമായ സമ്മർദ്ദഫലമായി ചലനങ്ങൾ ഉണ്ടാവുകയും മടക്കു പർവ്വതങ്ങളുടെ നിർമിതിക്കു കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇന്ത്യൻ ഫലകം യൂറേഷ്യൻ ഫലകവുമായി കൂട്ടിമുട്ടിയതിന്റെ ഫലമായി രൂപമെടുത്തിട്ടുള്ള ഹിമാലയം പർവ്വത പ്രദേശം ഇതിന് മികച്ച ഒരു ഉദാഹരണമാണ്.



ചിത്രം 11.26 ഇന്ത്യയുടെ വടക്കോട്ടുള്ള പ്രയാണം

ശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ അഭിപ്രായത്തിൽ ഹിമാലയ പ്രദേശത്ത് 'ടെതീസ്' എന്ന ഒരു സമുദ്രമുണ്ടായിരുന്നു. ഇന്ത്യാഫലകവും ഏഷ്യൻഫലകവും തമ്മിൽ സംയോജിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി ഇന്ത്യൻ ഫലകത്തിന്റെ മുൻഭാഗത്തുണ്ടായിരുന്ന സമുദ്രഫലകം നിമജ്ജനം ചെയ്തു താഴേക്കിറങ്ങി തുടങ്ങി. ഈ സമയം ഏഷ്യൻ ഫലകത്തിന്റെ അതിർത്തിയിൽ ഉരുകിയ മാഗ്മ പൊങ്ങിവരാൻ ആരംഭിച്ചു. അങ്ങനെ അവിടെ അഗ്നി പർവതങ്ങളുണ്ടായി. പിന്നീടവ നിർജീവമായി. ശേഷമുള്ള അവിശിഷ്ടങ്ങളാണ് ഇന്നു ഹിമാലയത്തിൽ കാണുന്ന ആഗ്നേയ ശിലകൾ. ക്രമേണ ടെതീസ് സമുദ്രം ചുരുങ്ങി ഒടുവിൽ അപ്രത്യക്ഷമാവുകയും ചെയ്തു. സമുദ്ര

ഭൂവൽക്ക ഭാഗം മുഴുവനും അപഹരിക്കപ്പെട്ടു കഴിഞ്ഞപ്പോൾ വൻകരാഫലകഭാഗം തന്നെ ഏഷ്യൻ ഫലകത്തോടഭിമുഖമായി കൂട്ടിയിടിച്ചു. അപ്പോൾ ഇന്ത്യാ ഉപഭൂഖണ്ഡത്തിന്റെ ap² hi¯ vk apZ- db nÂ D- nbncp¶ A hk nZi- ne I Ä aS§ nDb À¶ pC´ ym `qJ Þ wGj ytb nSv I qKnapxnt¨ ep¼ nÄ `qh Â¡ ¯ nsâ ap Ä`nKh pwA h- k nZ i ne nj nfnt f pw ap f nte¡ vaS¡ s¸ «vcq s¸ «X nW vl nane b ] Àh X taJ e . C´ ymD] -`qJ Þ wG I tZi w 2000 കി. മീറ്ററോളം വടക്കോട്ടു സഞ്ചരിച്ചിട്ടാണ് ഇപ്പോഴുള്ള സ്ഥാനത്തെത്തിച്ചേർന്നിട്ടുള്ളത് (ചിത്രം 11.26). ഇപ്പോഴും ഇന്ത്യാ ഭൂഖണ്ഡം ഏഷ്യക്കുള്ളിലേക്ക് തള്ളിക്കയറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ടിബറ്റിന്റെ ഉയർച്ച സംഭവിക്കുന്നത് ഉപഭൂഖണ്ഡത്തിന്റെ ഉള്ളിലേക്കുള്ള തള്ളൽ കൊണ്ടാണ്. ഹിമാലയ പർവ്വതം ഇപ്പോഴും ഉയർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്നുണ്ട്. എവറസ്റ്റ് കൊടുമുടിയുടെ ഉയരം കൂടിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നത് സൂക്ഷ്മ നിരീക്ഷണത്തിലൂടെ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഹിമാലയം ഇന്നും വളർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതിന്റെ ലക്ഷണങ്ങളായി അവിടങ്ങളിലെ ഭൂചലനങ്ങളെയും കാണാവുന്നതാണ്. ഭൂവൽക്ക ശിലകളിൽ സംയോജന ചലനം മൂലം നിരന്തരമായി സമ്മർദ്ദം ഏൽക്കുമ്പോൾ അവയിൽ ഭ്രംശങ്ങളുണ്ടാകുന്നു. ഇത്തരം ഭ്രംശങ്ങളാണ് ഭൂചലനങ്ങളുടെ മുഖ്യ കാരണങ്ങളായി ഭവിക്കുന്നത്.

3. ഛേദകസീമ/യാഥാസ്ഥിതിക സീമ (ട്രാൻസ്ഫോം ഭ്രംശ സീമ) (Shear boundaries/Transform boundaries)

രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ തിരശ്ചീന തലത്തിൽ പരസ്പരം ഉരസി എതിർദിശകളിലേക്ക് തെന്നി നീങ്ങുന്ന അതിരുകളാണ് ഛേദക സീമകൾ. ഇതിനെ യാഥാസ്ഥിതിക അതിര് (conservative boundary) എന്നും വിശേഷിപ്പിക്കാറുണ്ട്. കാരണം ഈ അതിരുകളിൽ പുതിയ ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകം ഉണ്ടാവുകയോ നശിപ്പിക്കപ്പെടുകയോ ചെയ്യപ്പെടുന്നില്ല. വടക്കെ അമേരിക്കയുടെ പടിഞ്ഞാറെ തീരത്ത് സാൻ ആൻഡ്രിയാസ് ഭ്രംശത്തിനു പടിഞ്ഞാറുള്ള ഭൂപ്രദേശം വൻകരയുടെ കിഴക്കുഭാഗത്ത് ഉരസിക്കൊണ്ട് വടക്കോട്ട് തെന്നി നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. സമുദ്രാന്തരമധ്യപർവ്വതനിരകളോടനുബന്ധിച്ച് തന്നെയാണ് ഛേദകസീമകളും കണ്ടുവരുന്നത്. വടക്കെ അമേരിക്കൻ ഫലകത്തേയും പസഫിക് ഫലകത്തേയും സന്ധിക്കുന്ന ഭ്രംശമേഖലയായ സാൻ ആൻഡ്രിയാസ് ഭ്രംശത്തിന് 1300 കിലോമീറ്റർ നീളമുണ്ട്. ഭ്രംശമേഖലയിലൂടെയുള്ള ഫലകചലനം ഒറ്റയടിക്ക് നടക്കുകയല്ല. ഘർഷണം മൂലം ചെറുത്തു നിൽക്കപ്പെടുകയും ഇടക്കിടെ തെന്നി നീങ്ങുകയുമാണ് ചെയ്യുന്നത്. അതിനാൽ ഈ ഭ്രംശ മേഖലയിലും ഭൂകമ്പങ്ങൾ പലപ്പോഴായി സംഭവിക്കുന്നുണ്ട്. കൂടെക്കൂടെയുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളാൽ സജീവമായ പ്രദേശങ്ങളാണ് എല്ലാ ഛേദകസീമകളും.

മൂന്ന് ടെക്റ്റോണിക് ഫലകങ്ങൾ കൂട്ടിമുട്ടുന്ന സ്ഥലങ്ങൾക്ക് ത്രിമുഖ സന്ധി അല്ലെങ്കിൽ ട്രിപ്പിൾ ജങ്ഷൻസ് (Triple Junctions) എന്നാണ് പറയാറുള്ളത്. മിക്ക ട്രിപ്പിൾ ജങ്ഷനുകളും സമുദ്രത്തിൽ തന്നെയാണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ഫലകമെന്നാലെന്ത്? അത് എത്രമാത്രം വേഗതയിലാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നത്?
2. ഏത് തരം ഫലകസീമയിലാണ് പുതിയ സമുദ്രവൽക്കം നിർമിക്കപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്നത്?

11.6 ഭൂഖണ്ഡ ചലനവും ഫലകചലനവും (Continental Drift vs Plate Tectonics)

ഭൂമുഖത്ത് ദൃശ്യമാകുന്ന വൻകരകളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും വിന്യാസം ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങളായുള്ള ഫലകങ്ങളുടെ സംയോജനം, വിയോജനം തുടങ്ങിയ വിവർത്തനികപ്രക്രിയകളിലൂടെ പരിണാമവിധേയമായിത്തീർന്നുണ്ടായതാണ്. പണ്ടുകാലം മുതൽ തുടങ്ങി ഇന്നും അനുസ്യൂതം തുടർന്ന് കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ആന്തര ജന്യ ഭൗമപ്രക്രിയകളുടെ അനന്തരഫലമാണ് ഇന്നു കാണുന്ന ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയുമെല്ലാം സ്ഥാനവിന്യാസങ്ങൾ.

ഫലകവിവർത്തനികപ്രക്രിയയുടെ ഫലമായി അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ വീതി കൂടുകയും പസഫിക് സമുദ്രത്തിന്റെ വിസ്തൃതി കുറയുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്.

ഒരു കാലത്ത് ഗോണ്ട്വാനയുടെ ഭാഗമായിരുന്ന തെക്കെ അമേരിക്കയും ആഫ്രിക്കയും തമ്മിൽ പിളർന്ന് അകന്ന് പോയതിന്റെ കാരണം ഭൂഖണ്ഡ ചലനമെന്ന പ്രതിഭാസമായിരുന്നു എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കാൻ കഴിയുകയില്ല. പകരം ഭൂവൽക്കത്തിലെ ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങളുടെ ചലനമായിരുന്നുവെന്നും സൗത്ത് അമേരിക്കൽ ഫലകവും ആഫ്രിക്കൻ ഫലകവും തമ്മിലുള്ള വിയോജന ചലനമാണ് തെക്കെ അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രമായി മാറിയതെന്നും മനസ്സിലാക്കണം.

ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെല്ലാം തന്നെ ഒന്നിലധികം ഫലകങ്ങളും സമുദ്രതടങ്ങളുടെ ഭാഗങ്ങളും ചേർന്ന് നിർമിക്കപ്പെട്ടതാണ്. മറ്റൊരു വിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങൾ വൻകരാപ്രദേശങ്ങളും കടൽത്തറപ്രദേശങ്ങളും ഉൾപ്പെടുന്നവയാണ്. പസഫിക് ഫലകം പോലെ കടൽത്തറമാത്രമായുള്ള ഫലകങ്ങളുമുണ്ട്. കേവലം വൻകരകളുടെ ചലനമോ, അല്ലെങ്കിൽ സമുദ്രതടത്തിന്റെ മാത്രം ചലനമോ അല്ല സംഭവിക്കുന്നത്. മറിച്ച് ഇവ രണ്ടും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങളുടെ ചലനമാണ് നടക്കുന്നത്.

ഫലകങ്ങളുടെ അതിർത്തികളിലാണ് ഭൂവിജ്ഞാനീയപരമായ ഒട്ടേറെ സംഭവികാസങ്ങൾ നടക്കുന്നതെന്ന് ഫലകവിവർത്തനികസിദ്ധാന്തം സമർഥിക്കുന്നു. അതിനാൽ തന്നെ ഭൂകമ്പ മേഖലകളും അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളും പർവ്വതനിരകളുമെല്ലാം കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്ന മേഖലകളാണ് ഫലകസീമകൾ. ഫലകചലനം ഭൂമിയിലെ ഉപരിതലത്തിലെ മാറ്റങ്ങൾക്ക് മാത്രമോ വൻകരകളുടെ ചലനത്തിന് മാത്രമോ അല്ല വിശദീകരണം നൽകുന്നത്. ഭൂകമ്പങ്ങൾ, പർവ്വതങ്ങളുടെ സ്ഥാനം, ഐലൻഡ് ആർക്കുകൾ, മാന്റിൽ ശിഖകൾ, ഹോട്ട് സ്പോട്ടുകൾ, തുടങ്ങി മിക്ക ഭൗമസമസ്യകൾക്കും വിശദീകരണം നൽകുന്ന സിദ്ധാന്തമാണ് ഫലകവിവർത്തനികസിദ്ധാന്തം. വിവർത്തനികപ്രക്രിയകൾ കൂടുതലും ഫലകാതിരുകളോട് ചേർന്നുകൊണ്ടാണ് നടക്കുന്നതെങ്കിലും ഫലകാന്തർഭാഗങ്ങൾ പൂർണ്ണമായും ഇതിന്റെ അനന്തരഫലങ്ങളിൽ നിന്നും വിമുക്തമല്ല.

ഫലകവിവർത്തനികത്തിന് പിൻബലമേകുന്ന കാര്യങ്ങൾ നിരവധിയാണ്. അവയിൽ ചിലത് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. (1) ഭൗമചരിത്രത്തിലെ കാന്തികതീവ്രതയും കാന്തികദിശയും വിശദീകരിക്കുന്ന പുരാകാന്തികത (2) ഫലകസീമകളോട് ബന്ധപ്പെട്ട് കിടക്കുന്ന ആഗോള ഭൂകമ്പമേഖലകൾ (3) സമുദ്രതടത്തിലെ അവസാദങ്ങളുടെയും സമുദ്രഭൂവൽക്കത്തിന്റെയും പ്രായക്രമം (4) മാന്റിൽ താപ ബിന്ദുക്കൾക്ക് മുകളിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന ദ്വീപസമൂഹങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം.

ഫലകങ്ങൾക്കുള്ളിലെ വിവർത്തനിക പ്രവർത്തനം
(TECTONIC ACTIVITY WITHIN THE PLATES (INTERPLATE TECTONISM))

ഒട്ടുമിക്ക വിവർത്തനിക പ്രവർത്തനങ്ങളും ഫലക സീമകളിലാണ് കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതെങ്കിലും ഫലകാന്തർഭാഗം പൂർണ്ണമായും അതിൽ നിന്നും മോചിതമല്ല. ചില പ്രദേശങ്ങളിൽ ഭൂകമ്പങ്ങളും അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളും അതിരുകളിൽ നിന്നും അകലെയായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നുണ്ട്. ഫലകാന്തർഭൂകമ്പങ്ങളുടെ കാരണം പൂർണ്ണമായും ഇനിയും മനസ്സിലായിട്ടില്ല. ചിലത് ഫലകങ്ങളിലെ മുമ്പുണ്ടായിരുന്ന ബലഹീന മേഖലകൾ പിൽക്കാലത്ത് പുനഃപ്രവർത്തനാത്മകമാക്കുന്നതുമായി ബന്ധപ്പെടുത്താവുന്നതാണ്. 18-11-12 ൽ മിസ്സോറി (Missouri) യിലെ ന്യൂ മാഡ്രിഡ് (New Madrid) ലുണ്ടായ ഭൂകമ്പപരമ്പരയും 2001 ൽ ഉത്തരപശ്ചിമ ഇന്ത്യയിലെ ഗുജറാത്തിലുണ്ടായ (ലാത്തൂർ)ഭൂകമ്പവുമെല്ലാം ഫലകാന്തർ ഭൂകമ്പങ്ങൾക്കുദാഹരണമാണ്.

ഫലകാന്തർ ഭൂകമ്പങ്ങൾ മാന്റിലിലെ താപബിന്ദുക്കളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടാണുണ്ടാകുന്നതെന്നും കരുതുന്നുണ്ട്. ഫലകങ്ങൾ താപബിന്ദുവിന് മുകളിലൂടെ ചലിക്കുമ്പോൾ അവ നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ നിലകൊള്ളുകയായിരിക്കും. ഈ താപബിന്ദുക്കൾ എങ്ങനെയാണ് അഗ്നി പർവ്വത പ്രവർത്തനമുണ്ടാക്കുന്നതെന്ന് ഭൗമശാസ്ത്രകാരന്മാർക്കിടിയിൽ ഒരു തർക്കവിഷയമാണ്. ചിലർ നിർദേശിക്കുന്നത് ഇവ മാന്റിൽ ദീപ ശിഖകളാലുണ്ടാകുന്നുവെന്നാണ്. ലോവർ മാന്റിലിന്റെയും ബാഹ്യ അകക്കാമ്പിന്റെയും അതിർത്തിയിൽ നിന്നാണ് ദീപശിഖകൾ (plumes) ഉദ്ഭവിക്കുന്നതെന്ന് കരുതുന്നു. ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ കൊണ്ട് ഇവ മുകളിലേക്കുയർന്ന് ലിത്തോസ്ഫിയറിന്റെ പാദഭാഗത്തേക്ക് എത്തുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്.

ഹവായിയൻ ദ്വീപുകൾ, ഫലകസീമയിൽ നിന്നും 3200 കി.മീറ്റർ അകലെ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നുവെങ്കിലും അഗ്നിപർവത പ്രവർത്തനത്താൽ രൂപം കൊണ്ടതാണ്. മാന്റിലിലെ നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ നിലനിന്നിരുന്ന ഒരു താപബിന്ദു (hot spot) വിന് മുകളിലൂടെ പസിഫിക് ഫലകം ചലിക്കുന്നതാണ് ഈ ദ്വീപസമൂഹങ്ങളുടെ രൂപം കൊള്ളലിന് വിശദീകരണമായി ചില ഭൂവൈജ്ഞാനികർ നൽകുന്നത്. ആഴത്തിൽ നിലകൊള്ളുന്ന മാന്റിൽദീപശിഖയുടെ മുകൾ ഭാഗത്തെയാണ് താപബിന്ദു പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നത്. പൂർവ്വ പസിഫിക് ഉന്നതി (East Pacific Rise) യിലൂടെ കടൽത്തറവ്യാപനം നടന്ന് ഉത്തര പശ്ചിമ ഭാഗത്തേക്ക് പസിഫിക് ഫലകം നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. സമുദ്ര ശിലാമണ്ഡലം താപബിന്ദുവിൽ നിന്നും അകന്ന് നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കെ അഗ്നിപർവത പ്രവർത്തനം നിന്ന് തണുത്ത് സാന്ദ്രമായി മെല്ലെ താഴ്ന്ന് ദ്വീപുകളായി മാറുന്നു. താപബിന്ദുവിന് മുകളിൽ പുതിയ സമുദ്രശിലാമണ്ഡലം സ്ഥാനം പിടിച്ച് മുകളിൽ പുതുയൊരു ദ്വീപ് രൂപം കൊള്ളാനാരംഭിക്കുന്നു.

ഹവായിയൻ ദ്വീപുകൾ 2400 കി.മീ നീളത്തിൽ ഒരു നിരയായി കിടക്കുകയാണ്. ദക്ഷിണ പൂർവ്വ അറ്റത്ത് നിന്നും ഉത്തര - പശ്ചിമ അറ്റത്തേക്ക് ക്രമേണ പ്രായം കൂടുതലായി വരികയും ചെയ്യുന്നുണ്ട്. നിരവധി കനം കുറഞ്ഞ (1 മുതൽ 5 മീറ്റർ കനം) ബസാൾട്ടിക് ലാവാ പ്രവാഹങ്ങളോട് കൂടിയ ഇവിടത്തെ അഗ്നി പർവ്വതങ്ങൾ വളരെ വ്യാപ്തിയിലാണ് കിടക്കുന്നത്. ഇവയെ ഷീൽഡ് അഗ്നി പർവ്വതങ്ങൾ (Shield Volcanoes) എന്നാണ് പറയാറുള്ളത്. ബിഗ് ഐലൻഡിലെ മൗനാലോ (Mauna Loa), കിലൗ (Kilanea) എന്നിവയെല്ലാം ഇപ്പോൾ സജീവമായ അഗ്നിപർവതങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഹവായിയൻ നിരയിൽ ഇനി പ്രത്യക്ഷപ്പെടാനുള്ള ദ്വീപ് നേരത്തേ തന്നെ തിരിച്ചറിയുകയും ലോഹി (Lo' ihi) എന്ന് നാമകരണം ചെയ്യുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. ഇപ്പോഴത് സമുദ്രനിരപ്പിൽ നിന്നും 975 മീറ്റർ താഴെയാണ്. അടുത്ത് 10,000 മുതൽ ഒരു ലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കുള്ളിൽ അത് സമുദ്രനിരപ്പിന് മുകളിലേക്കുയർന്ന് വരുമെന്ന് കണക്കാക്കുന്നു.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ഭൂമുഖത്തെ വൻകരകൾ അപേക്ഷികമായും ഭൂമിയുടെ ധ്രുവത്തെ അപേക്ഷിച്ചും ഭൗമചരിത്രത്തിൽ വലിയളവിലുള്ള തിരശ്ചീന ചലനങ്ങൾക്ക് വിധേയമായിട്ടുണ്ടായിരുന്നുവെന്നാണ് ഭൂഖണ്ഡചലനസിദ്ധാന്തം പ്രസ്താവിക്കുന്നത്. ഭൗമ ചരിത്രത്തിൽ ഒറ്റ ഭൂഖണ്ഡമായിരുന്ന അവസറയിൽ നിന്നും ഭൂലോകം പിളർന്നകന്ന് മാറി ഇന്ന് കാണുന്ന വിവിധ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളായി മാറി ഇന്നത്തെ സ്ഥാനങ്ങളിലെത്തിച്ചേർന്നുവെന്നതാണ് ഈ സിദ്ധാന്തം സമർഥിക്കുന്നത്.

ഇന്ന് ശാസ്ത്രലോകം പരക്കെ അംഗീകരിച്ച ഫലകവിവർത്തനികസിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഭൗമോപരിതലം നിരവധി ഫലകങ്ങളായി വിഭജിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുകയാണ്. ശരാശരി 125 കി. മീറ്റർ കനമുള്ള ഈ ലിത്തോസ്ഫറിക് ഫലകങ്ങൾ അതിനു താഴെയുള്ള ചൂടുള്ളതും ചലനശേഷിയുള്ളതുമായ പാളിക്കു മുകളിലൂടെ നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഒരു വർഷത്തിൽ ഏതാനും ഇഞ്ചുകൾ എന്ന നിരക്കിലാണ് ഈ ഫലകചലനം നടക്കുന്നത്. ഭൂമിയിലെ ഒട്ടുമിക്ക ഭൂകമ്പ ചലനങ്ങളും അഗ്നിപർവ്വത പ്രവർത്തനങ്ങളും പർവ്വതനപ്രക്രിയകളുമെല്ലാം നടക്കുന്നത് ഫലകാതിരുകളോട് ചേർന്ന മേഖലകളിലാണ്.

മൂന്ന് തരത്തിലുള്ള ഫലകസീമകളെ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. വിയോജക സീമയും സംയോജക സീമയും ഛേദക സീമയും (രൂപാന്തര സീമ). ഫലകങ്ങൾ അകന്ന് നീങ്ങുന്ന അതിരുകളാണ് വിയോജകസീമകൾ. ഇവിടെ മാന്റലിൽ നിന്നും പുതിയ മാഗ്മ പുറത്തേക്ക് വന്ന് പുതിയ സമുദ്രത്തറ രൂപം കൊള്ളുന്നു. വിയോജന സീമകളിൽ മിക്കവയും കടന്ന് പോകുന്നത് സമുദ്രതടവ്യാപനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട സമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരകളിലൂടെയാണ്. രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ പരസ്പരം അടുത്ത് വരുന്ന സംയോജക സീമകളിൽ സമുദ്രഗർത്തങ്ങളുടെ ഭാഗത്തുകൂടെ സമുദ്ര ശിലാമണ്ഡലം മാന്റിലിലേക്ക് നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. സമുദ്ര ഫലകവും ഭൂവൽക്കവും തമ്മിൽ സംയോജനം നടക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി സമുദ്ര ഫലകഖണ്ഡം നിമജ്ജനം ചെയ്ത് വൻകരകളിൽ കമാന രൂപത്തിൽ ദ്വീപു സമൂഹങ്ങളായി പുറത്തേക്കുവരുന്നു. സമുദ്ര - സമുദ്ര ശിലാഫലകങ്ങളാണ് സംയോജിക്കുന്നതെങ്കിൽ അഗ്നിപർവ്വത ദ്വീപു കമാനങ്ങൾ സമുദ്രത്തിൽ രൂപം കൊള്ളുന്നു. രണ്ട് വൻകരാഫലകങ്ങൾ സംയോജിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ സമാന സാന്ദ്രത മൂലം താഴേക്ക് നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെടുകയില്ല. തൽഫലമായി രണ്ട് ഫലകങ്ങളും തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടി ഹിമാലയം പോലെയുള്ള പർവ്വത മേഖലകളായി ഉയർത്തപ്പെടുന്നു. ഛേദക സീമകളിലാകട്ടെ ഫലകങ്ങൾ പരസ്പരം ഉരസി നീങ്ങുകയാണ്. അവിടെ ഫലക വിനാശമോ ഫലകനിർമാണമോ നടക്കുന്നില്ല. മിക്ക ഛേദക സീമകളും (രൂപാന്തര സീമ) സമുദ്ര പർവ്വതനിരകളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ഭാഗങ്ങളാണ്. എന്നാൽ ചിലത് സമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരകളാകുന്ന വ്യാപന മേഖലകളെ നിമജ്ജന മേഖലകളുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. മറ്റു ചിലത് സാൻ ആൻഡ്രിയാസ് ഭ്രംശം പോലെ വൻകരാ ഭൂവൽക്കത്തിലൂടെയും കടന്ന് പോകുന്നു.

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- ഭൂഖണ്ഡചലന സിദ്ധാന്തം അനുകൂലവും പ്രതികൂലവുമായ തെളിവുകൾ വച്ച് വിലയിരുത്തുന്നു.
- സമുദ്രതട വ്യാപനവും പുരാകാന്തികതയും വിവരിക്കുന്നു.
- ഫലക വിവർത്തനിക സിദ്ധാന്തവും ഫലക സീമകളും വിശദീകരിക്കുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. ഭൂഖണ്ഡചലന സിദ്ധാന്തം സമർഥിക്കാൻ വെഗ്നറും അദ്ദേഹത്തിന്റെ അനുഭാവികളും ശേഖരിച്ച തെളിവുകൾ ഏതെല്ലാം?
2. സമുദ്രതട വ്യാപനം എന്നാലെന്ത്? ഇന്ന് സജീവമായി സമുദ്രതട വ്യാപനം നടക്കുന്നത് എവിടെയാണ്?
3. എന്താണ് നിമജ്ജന മേഖല? ഏതുതരം ഫലകസീമയോട് ചേർന്നാണിത് കാണപ്പെടുന്നത്?
4. ഫലകവിവർത്തനിക സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം ലഘുവായി വിവരിക്കുക.
5. ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങളുടെ ശരാശരി കനം എത്രയാണ്?
6. ഛേദകസീമക്ക് ഒരു ഉദാഹരണമെഴുതുക.
7. ഒരു സമുദ്രഫലകം വൻകരാഫലകത്തിന്റെയോ സമുദ്രഫലകത്തിന്റെയോ അടിയിലേക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയ്ക്ക് പറയുന്ന പേരാണ് ___________.

   (എ) എക്സ്ഫോളിയേഷൻ (ബി) നിമ്നീകരണം

   (സി) ടെക്റ്റോണിസം (ഡി) നിമജ്ജനം
8. വിയോജന സീമകൾ ___________ ആകുന്നു.

   (എ) നിർമാണാത്മകം (ബി) വിനാശാത്മകം

   (സി) സംരക്ഷണാത്മകം (ഡി) സമർപ്പിതം