ഭൗതികഭൂമിശാസ്ത്രം: അടിസ്ഥാനഘടകങ്ങൾ

XI

കേരള സർക്കാർ
വിദ്യാഭ്യാസവകുപ്പ്

തയാറാക്കിയത്
സംസ്ഥാന വിദ്യാഭ്യാസ ഗവേഷണ പരിശീലന സമിതി, കേരളം
2019

First Edition
March 2006 Phalguna 1927

Reprinted
October 2006 Kartika 1928
November 2007 Kartika 1929
December 2008 Pausa 1930
January 2010 Pausa 1931
January 2011 Magha 1932
March 2012 Phalguna 1933
January 2013 Magha 1934
November 2013 Kartika 1935
December 2014 Pausa 1936
December 2015 Pausa 1937
March 2017 Phalguna 1938
February 2018 Phalguna 1939

PD 100T RPS

© National Council of Educational Research and Training, 2006

₹ ......

Printed on 80 GSM paper with NCERT watermark

Published at the Publication Division by the Secretary, National Council of Educational Research and Training, Sri Aurobindo Marg, New Delhi 110016 and printed at Janambhumi Press Private Ltd., Shed No. A1/A10/B1 (A&B) Main Industrial Estate Kalapahar, Guwahati - 781 016

ISBN 81-7450-518-0

ALL RIGHTS RESERVED

- No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without the prior permission of the publisher.
- This book is sold subject to the condition that it shall not, by way of trade, be lent, re-sold, hired out or otherwise disposed of without the publisher's consent, in any form of binding or cover other than that in which it is published.
- The correct price of this publication is the price printed on this page. Any revised price indicated by a rubber stamp or by a sticker or by any other means is incorrect and should be unacceptable.

OFFICES OF THE PUBLICATION DIVISION, NCERT

NCERT Campus
Sri Aurobindo Marg
New Delhi 110 016 **Phone : 011-26562708**

108, 100 Feet Road
Hosdakere Halli Extension
Banashankari III Stage
Bengaluru 560 085 **Phone : 080-26725740**

Navjivan Trust Building
P.O.Navjivan
Ahmedabad 380 014 **Phone : 079-27541446**

CWC Campus
Opp. Dhankal Bus Stop
Panihati
Kolkata 700 114 **Phone : 033-25530454**

CWC Complex
Maligaon
Guwahati 781 021 **Phone : 0361-2674869**

Publication Team

Head, Publication Division	: *M. Siraj Anwar*
Chief Editor	: *Shveta Uppal*
Chief Business Manager	: *Gautam Ganguly*
Chief Production Officer	: *Arun Chitkara*
Assistant Editor	: *R.N. Bhardwaj*
Production Assistant	: *Mukesh Gaur*

Cover
Shweta Rao

Illustrations
K.N. Prudhvi Raju
Nidhi Wadhwa
Dilip Kumar

Cartography
Cartographic Designs Agency

State Council of Educational Research and Training (SCERT)
Poojappura, Thiruvananthapuram - 695 012, Kerala
Website : www.scertkerala.gov.in, *e-mail* : scertkerala@gmail.com
Phone : 0471-2341883, Fax : 0471-2341869
Typesetting and Layout : SCERT

© Department of Education, Government of Kerala

FOREWORD

The National Curriculum Framework (NCF), 2005, recommends that children's life at school must be linked to their life outside the school. This principle marks a departure from the legacy of bookish learning which continues to shape our system and causes a gap between the school, home and community. The syllabi and textbooks developed on the basis of NCF signify an attempt to implement this basic idea. They also attempt to discourage rote learning and the maintenance of sharp boundaries between different subject areas. We hope these measures will take us significantly further in the direction of a child-centred system of education outlined in the National Policy on Education (1986).

The success of this effort depends on the steps that school principals and teachers will take to encourage children to reflect on their own learning and to pursue imaginative activities and questions. We must recognise that, given space, time and freedom, children generate new knowledge by engaging with the information passed on to them by adults. Treating the prescribed textbook as the sole basis of examination is one of the key reasons why other resources and sites of learning are ignored. Inculcating creativity and initiative is possible if we perceive and treat children as participants in learning, not as receivers of a fixed body of knowledge.

These aims imply considerable change in school routines and mode of functioning. Flexibility in the daily time-table is as necessary as rigour in implementing the annual calendar so that the required number of teaching days are actually devoted to teaching. The methods used for teaching and evaluation will also determine how effective this textbook proves for making children's life at school a happy experience, rather than a source of stress or boredom. Syllabus designers have tried to address the problem of curricular burden by restructuring and reorienting knowledge at different stages with greater consideration for child psychology and the time available for teaching. The textbook attempts to enhance this endeavour by giving higher priority and space to opportunities for contemplation and wondering, discussion in small groups, and activities requiring hands-on experience.

The National Council of Educational Research and Training (NCERT) appreciates the hard work done by the textbook development committee responsible for this book. We wish to thank the Chairperson of the advisory committee for textbooks in Social Sciences, at the higher secondary level, Professor Hari Vasudevan and the Chief Advisor for this book, Professor M.H. Qureshi for guiding the work of this committee. Several teachers contributed to the development of this textbook; we are grateful to their principals for making this possible. We are indebted to the institutions and organisations which have generously permitted us to draw upon their resources, material and personnel. We are especially grateful to the members of the National Monitoring Committee, appointed by the Department of Secondary and Higher Education, Ministry of Human Resource Development under the Chairpersonship of Professor Mrinal Miri and Professor G.P. Deshpande, for their valuable time and contribution. As an organisation committed to systemic reform and continuous improvement in the quality of its products, NCERT welcomes comments and suggestions which will enable us to undertake further revision and refinement.

Director
National Council of Educational
Research and Training

New Delhi
20 December, 2005

Textbook Development Committee

Chairperson, Advisory Committee for Textbooks in Social Sciences at the Higher Secondary Level

Hari Vasudevan, *Professor*, Department of History, University of Calcutta, Kolkata

Chief Advisor

M. H. Qureshi, *Professor*, Centre for the Study of Regional Development, Jawaharlal Nehru University, New Delhi

Members

Indu Sharma, *PGT*, Geography, RIE Demonstration School, Ajmer

K. Kumaraswamy, *Professor*, Department of Geography, Bharatidasan University, Tiruchirapalli

K. N. Prudhvi Raju, *Professor*, Department of Geography, Banaras Hindu University, Varanasi

K. S. Sivasami, *Professor (Retd.)*, Centre for the Study of Regional Development, Jawaharlal Nehru University, New Delhi

L. Cajee, *Reader*, Department of Geography, North-Eastern Hill University, Shillong

P. K. Malik, *Lecturer*, Geography, Govt. College, Tavru, Gurgaon

S. R. Jog, *Professor (Retd.)*, Department of Geography, University of Pune, Pune

Member-Co-ordinator

Aparna Pandey, *Lecturer*, Geography, DESSH, NCERT, New Delhi

പാഠപുസ്തക വിവർത്തനം

ശില്പശാലയിൽ പങ്കെടുത്തവർ

ഡോ.ആർ. അനിൽകുമാർ
ഹെഡ് ഓഫ് ദ ഡിപ്പാർട്ട്മെന്റ് (റിട്ട.)
യൂണിവേഴ്സിറ്റി കോളേജ്, തിരുവനന്തപുരം

അശ്വതി എസ്. ആർ.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ജ്യോഗ്രഫി
ഗവ. എച്ച്.എസ്.എസ്. അത്തോളി, കോഴിക്കോട്

ഡോ. ടി. നീലകണ്ഠൻ
പ്രിൻസിപ്പാൾ (റിട്ട.)
എം.എം.എസ്. ഗവ. ആർട്സ് ആന്റ് സയൻസ് കോളേജ്
മലയിൻകീഴ്, തിരുവനന്തപുരം

നിശാന്ത് മോഹൻ എം.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി, ജ്യോഗ്രഫി (ഹ.ഗ്രേ)
ഗവ. എച്ച്.എസ്.എസ്. മീനങ്ങാടി, വയനാട്

പ്രിയ യു.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ജ്യോഗ്രഫി (ഹ.ഗ്രേ)
ഗവ. എച്ച്.എസ്.എസ്. ബുധനൂർ, ആലപ്പുഴ

യൂസഫ് ചന്ദ്രൻകണ്ടി
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ജ്യോഗ്രഫി (ഹ.ഗ്രേ)
ഗവ. എച്ച്.എസ്.എസ്. പള്ളിക്കുന്ന്, കണ്ണൂർ

രജീഷ് എ. വി.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ജ്യോഗ്രഫി (ഹ.ഗ്രേ)
സെന്റ് മേരീസ് കോളേജ് എച്ച്.എസ്.എസ്.
സുൽത്താൻബത്തേരി, വയനാട്

രതീഷ്മോൻ
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ജ്യോഗ്രഫി
ഗവ. എച്ച്.എസ്.എസ്. എടത്തനാട്ടുകര, പാലക്കാട്

വിജയ്കുമാർ സി. ആർ.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ജ്യോഗ്രഫി (ഹ.ഗ്രേ)
ഗവ. എച്ച്.എസ്.എസ്. വെള്ളമണൽ, കൊല്ലം

ശ്രീലേഷ് ടി.
അസിസ്റ്റന്റ് പ്രൊഫസർ
ഗവ. കോളേജ്, നിലമ്പൂർ

ഷാൻലാൽ. എ. ബി.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ജ്യോഗ്രഫി
ഗവ. എച്ച്.എസ്.എസ്. ദതന്നൂർ, തിരുവനന്തപുരം

സലീം എൻ. കെ.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ജ്യോഗ്രഫി (ഹ.ഗ്രേ)
ചേന്ദമംഗലൂർ എച്ച്.എസ്.എസ്., കോഴിക്കോട്

അക്കാദമിക് കോഓർഡിനേറ്റർ

ചിത്രാ മാധവൻ, അസിസ്റ്റന്റ് പ്രൊഫസർ, എസ്.സി.ഇ.ആർ.ടി.

ഉള്ളടക്കം

F5X7L8

ആമുഖം

യൂണിറ്റ് I: ഭൂമിശാസ്ത്രം, ഒരു പഠനവിഷയം 1–12

1. ഭൂമിശാസ്ത്രം, ഒരു പഠനവിഷയം 2

യൂണിറ്റ് II: ഭൂമി 13–39

2. ഭൂമിയുടെ ഉൽപ്പത്തിയും പരിണാമവും 14
3. ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറ 21
4. വൻകരകളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും വിതരണം 30

യൂണിറ്റ് III: ഭൂരൂപങ്ങൾ 40–78

5. ധാതുക്കളും ശിലകളും 41
6. ഭൂരുപ രുപീകരണപ്രക്രിയകൾ 47
7. ഭൂരൂപങ്ങളും അവയുടെ പരിണാമവും 61

യൂണിറ്റ് IV:കാലാവസ്ഥ 79–114

8. അന്തരീക്ഷം - ഉള്ളടക്കവും ഘടനയും 80
9. സൗരവികിരണം, താപസന്തുലനം, ഊഷ്മാവ് 83
10. അന്തരീക്ഷചംക്രമണങ്ങളും ദിനാന്തരീക്ഷവ്യൂഹങ്ങളും 92
11. അന്തരീക്ഷത്തിലെ ജലം 102
12. ലോക കാലാവസ്ഥയും കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനവും 107

യൂണിറ്റ് V:കാലാവസ്ഥ 115–121

13. ജലം (സമുദ്രങ്ങൾ) 116
14. സമുദ്രജല ചലനങ്ങൾ 125

യൂണിറ്റ് VI:കാലാവസ്ഥ 122–146

15. ഭൂമിയിലെ ജീവൻ 133
16. ജൈവവൈവിധ്യവും സംരക്ഷണവും 141

പദസഞ്ചയം 147–151

ആമുഖം

ഏതു വിജ്ഞാനവും മാതൃഭാഷയിൽ പഠിക്കാനും പ്രകാശനം ചെയ്യാനും സാധിക്കും. അതിനുള്ള അവസരം പഠിതാക്കൾക്ക് ഒരുക്കേണ്ടത്, ഏതൊരു പഠന സമ്പ്രദായത്തിന്റെയും അനിവാര്യതയാണ്. അതിന്റെ തുടക്കമെന്ന നിലയ്ക്കാണ് ഹയർസെക്കന്ററി തലത്തിൽ ഭാഷേതര വിഷയങ്ങളിലെ പാഠപുസ്തകങ്ങൾ മലയാളത്തിൽ പ്രസിദ്ധീകരിക്കുന്നത്.

മാതൃഭാഷയിലൂടെയുള്ള വിദ്യാഭ്യാസം, ജ്ഞാനസമ്പാദനത്തിനുള്ള സുഗമമാർഗം എന്നതിനോടൊപ്പം സാംസ്കാരികതനിമയുടെ തിരിച്ചറിയൽ കൂടിയാണ്. അതുകൊണ്ടാണ് വികസിതരാജ്യങ്ങൾ മാതൃഭാഷയെ മുഖ്യബോധന മാധ്യമമായി സ്വീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഇന്ത്യയിലാകട്ടെ, ദേശീയതലത്തിലുള്ള പ്രധാന പരീക്ഷകളെല്ലാം പ്രാദേശിക ഭാഷകളിൽക്കൂടി നടത്തുന്നതിനുള്ള സംവിധാനവും ഉണ്ടായിവരികയാണ്. ഈയൊരു സാഹചര്യത്തിൽ നമ്മുടെ കുട്ടികളും മാതൃഭാഷയുടെ ശക്തിസൗന്ദര്യങ്ങൾ തിരിച്ചറിഞ്ഞ് വിവിധ വിഷയങ്ങളിൽ ജ്ഞാനനിർമിതിയിൽ ഏർപ്പെടേണ്ടതുണ്ട്. അതിന് അവരെ സജ്ജരാക്കുകയാണ് ഈ പാഠപുസ്തകങ്ങളുടെ മുഖ്യ ലക്ഷ്യം.

പരിഭാഷപ്പെടുത്തിയ പുസ്തകങ്ങളിൽ അതത് വിഷയങ്ങളിലെ സാങ്കേതിക പദങ്ങൾ പരമാവധി മലയാളത്തിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. നമ്മുടെ ഭാഷയിൽ ചിരപരിചിതമായ ഇംഗ്ലീഷ് പദങ്ങളെ അതേപടി സ്വീകരിച്ചിട്ടുമുണ്ട്. വിവർത്തനത്തിന് തീർത്തും വഴങ്ങാത്ത പദങ്ങളെ അതേരീതിയിൽ തന്നെ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു. മാതൃഭാഷയിൽ പഠിക്കുന്നവർക്ക് ആശയഗ്രഹണം സുഗമമാക്കുന്ന വിധത്തിലാണ് പാഠപുസ്തകരചന നടത്തിയിരിക്കുന്നത്. അതോടൊപ്പം മലയാളഭാഷയുടെ വളർച്ചയ്ക്കും ഈ പ്രവർത്തനം സഹായകമാകുമെന്ന് കരുതുന്നു.

പാഠപുസ്തകവിവർത്തന രംഗത്ത് നമ്മുടെ രാജ്യത്ത് നടന്ന വലിയൊരു കാൽവെപ്പാണ് ഇത്. പ്രഥമ സംരംഭമെന്നനിലയിൽ പല പരിമിതികളും പരിഭാഷയിൽ വന്നിട്ടുണ്ടാകാം. ക്ലാസ്മുറിയിൽ പ്രയോഗത്തിൽ വരുമ്പോഴാണ് അവയെല്ലാം കൂടുതൽ ബോധ്യപ്പെടുക. തുടർന്ന് വരുന്ന ഘട്ടങ്ങളിൽ അവയൊക്കെ പരിഹരിക്കുന്നതിന് എല്ലാ അഭ്യുദയകാംക്ഷികളിൽ നിന്നും വിശിഷ്യ അധ്യാപകർ, വിദ്യാർത്ഥികൾ എന്നിവരിൽ നിന്നും അഭിപ്രായങ്ങളും നിർദേശങ്ങളും പ്രതീക്ഷിക്കുന്നു.

ഡോ.ജെ. പ്രസാദ്

ഡയറക്ടർ,

എസ്.സി.ഇ.ആർ.ടി. കേരളം

യൂണിറ്റ്
I

ഭൂമിശാസ്ത്രം, ഒരു പഠനവിഷയം

ഈ യൂണിറ്റിൽ ചർച്ചചെയ്യുന്നത്:

- ഭൂമിശാസ്ത്രം ഒരു ഉദ്ഗ്രഥിതവിഷയമെന്ന നിലയിലും സ്ഥാനീയ വിശേഷണങ്ങളുടെ ശാസ്ത്രമെന്ന നിലയിലും
- ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റെ ശാഖകൾ; ഭൗതികഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം

അധ്യായം

1

ഭൂമിശാസ്ത്രം, ഒരു പഠനവിഷയം

S2J2B4

സെക്കൻഡറിതലംവരെ നിങ്ങൾ സാമൂഹ്യശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഭാഗമായാണ് ഭൂമിശാസ്ത്രം പഠിച്ചത്. ലോകത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ സംഭവിക്കുന്ന ഭൗമപ്രതിഭാസങ്ങളിൽ ചിലതിനെക്കുറിച്ചെങ്കിലും നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഹയർസെക്കൻഡറി തലത്തിൽ നിങ്ങൾ ഭൂമിശാസ്ത്രത്തെ ഒരു പ്രത്യേക വിഷയം എന്ന നിലയിൽ ഭൂമിയുടെ ഭൗതികപരിസറിതി, മനുഷ്യപ്രവർത്തനങ്ങൾ, എന്നിവ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധത്തെക്കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കാൻ പോവുകയാണ്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ എന്തിനാണ് നാം ഭൂമിശാസ്ത്രം പഠിക്കുന്നത്. എന്ന ചോദ്യം ഈ ഘട്ടത്തിൽ നിങ്ങൾക്ക് ചോദിക്കാനുണ്ടാകും. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലാണ് നാം ജീവിക്കുന്നത്. പരിസരം നമ്മുടെ ജീവിതത്തെ പലതരത്തിലും സ്വാധീനിക്കുന്നു. ചുറ്റുപാടുമുള്ള വിഭവങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചാണ് നമ്മുടെ ജീവിതം നിലനിൽക്കുന്നത്. പ്രാകൃതജനസമൂഹങ്ങൾ പ്രകൃതിവിഭവങ്ങളെ അതായത്, ഭക്ഷ്യയോഗ്യമായ സസ്യങ്ങൾ, ജന്തുക്കൾ എന്നിവയെ പൂർണമായും ആശ്രയിച്ചിരുന്നു. കാലംകഴിഞ്ഞതോടെ ഭൂമി, മണ്ണ്, ജലം എന്നീ പ്രകൃതിവിഭങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചുകൊണ്ട് സ്വന്തമായി ആഹാരം ഉൽപാദിപ്പിക്കാനുള്ള സാങ്കേതികജ്ഞാനം മനുഷ്യൻ സ്വായത്തമാക്കി. ഓരോ പ്രദേശത്തും നിലനിൽക്കുന്ന കാലാവസറയ്ക്കനുസൃതമായി ആഹാരം, വസ്ത്രം എന്നിവയിലും മാറ്റങ്ങളുണ്ടായി. വിവിധ പ്രദേശങ്ങളിലെ വിഭവലഭ്യത, സാങ്കേതിക പുരോഗതി, ഭൗതികപരിസറിതിയോടിണങ്ങൽ, പരിസ്ഥിതിയിൽ മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തൽ, സാംസ്കാരിക വികാസം, സാമൂഹ്യഘടന എന്നിവയിലൊക്കെ വ്യത്യസ്തതകളുണ്ട്. ഭൗമോപരിതലത്തിലെ എല്ലാ പ്രതിഭാസങ്ങളെക്കുറിച്ചും അറിയാൻ ഒരു ഭൂമിശാസ്ത്ര വിദ്യാർഥി എന്ന നിലയിൽ നിങ്ങൾക്ക് ജിജ്ഞാസയുണ്ടാകണം. വൈവിധ്യമാർന്ന ഭൂപ്രദേശങ്ങളെയും ജനങ്ങളെയുംകുറിച്ച് നിങ്ങൾ പഠിക്കേണ്ടതുണ്ട്. വിവിധ പ്രദേശങ്ങളിൽ കാലികമായുണ്ടായിട്ടുള്ള മാറ്റങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കാനും നിങ്ങൾക്ക് താൽപര്യമുണ്ടാകേണ്ടതുണ്ട്.

ഗ്ലോബിലെ വിവരങ്ങളെ ഭൂപടമാക്കിമാറ്റുന്ന സങ്കേതം മനസ്സിലാക്കുകയും ഭൗമോപരിതലത്തെക്കുറിച്ച് നിങ്ങളുടെ മനസ്സിൽ ഒരു ദൃശ്യബോധം രൂപപ്പെടുകയുംവേണം. ആധുനിക ശാസ്ത്രസങ്കേതങ്ങളായ ജി.ഐ.എസ്., കമ്പ്യൂട്ടർ കാർട്ടോഗ്രാഫി എന്നിവയിൽ അവഗാഹവും അവ ഉപയോഗിക്കാനുള്ള വൈദഗ്ദ്ധ്യവും നേടുകവഴി രാഷ്ട്രത്തിന്റെ വികസനപ്രക്രിയയിൽ അർഥപൂർണമായ സംഭാവനകൾ നൽകാൻ നിങ്ങൾ പ്രാപ്തരാകും.

എന്താണ് ഭൂമിശാസ്ത്രം എന്നതാവും ഇനി നിങ്ങൾ ചോദിക്കാനാഗ്രഹിക്കുന്ന ചോദ്യം. ഭൂമി നമ്മുടെ വീടാണെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. ഭൂമിയിൽ ജീവിക്കുന്ന വലുതും ചെറുതുമായ സകലജീവജാലങ്ങളുടെയും വീടുകൂടിയാണത്. വൈവിധ്യമാർന്ന ഭൗതികസവിശേഷതകൾ നിറഞ്ഞതാണ് ഭൗമോപരിതലം. പർവതങ്ങൾ, പീഠഭൂമികൾ, സമുദ്രങ്ങൾ, തടാകങ്ങൾ, മരുഭൂമികൾ, വൻകാടുകൾ എന്നിവ നിറഞ്ഞ ഈ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ സാമൂഹ്യസാംസ്കാരിക സവിശേഷതകളിലും വൈവിധ്യങ്ങളുണ്ട്. സാംസ്കാരിക വികസനത്തിന്റെ ഭാഗമായി വികസിച്ചുവന്ന ഗ്രാമങ്ങൾ, നഗരങ്ങൾ, റോഡുകൾ, റെയിൽപാതകൾ, തുറമുഖങ്ങൾ, കമ്പോളങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ നിരവധി സവിശേഷതകൾ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ കാണാം.

ഭൗതികപരിസറിതിയും സാമൂഹ്യ-സംസ്കാരിക സവിശേഷതകളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെക്കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കാനാവശ്യമായ ചില സൂചനകളാണ് മേൽപ്പറഞ്ഞ വൈവിധ്യങ്ങൾ നൽകുന്നത്. സാംസ്കാരിക പുരോഗതിയുടെ ഭാഗമായി ഉരുത്തിരിഞ്ഞതും മനുഷ്യർ നിർമിച്ചതുമായ ഉപകരണങ്ങളുടെയും സങ്കേതങ്ങളുടെയും സഹായത്തോടെ മനുഷ്യസമൂഹങ്ങൾക്ക് ഇടപെടാൻവേണ്ട അവസരങ്ങളൊരുക്കിയത് ഭൗതികപരിസ്ഥിതിയാണ്. എന്താണ് ഭൂമിശാസ്ത്രം എന്ന ചോദ്യത്തിനുത്തരം കണ്ടെത്താൻ ഇനി നിങ്ങൾക്കാവണം. ഏറ്റവും ലളിതമായി പറഞ്ഞാൽ ഭൂമിയെക്കുറിച്ചുള്ള വിവരണമാണ് ഭൂമിശാസ്ത്രം. ഗ്രീക്ക് പണ്ഡിതനായ

ഇറാത്തോസ്തനീസാണ് (276-194 ബിസി) ഭൂമിശാസ്ത്രം എന്ന പേര് ആദ്യമായി ഉപയോഗിച്ചത്. ഗ്രീക്ക് പദങ്ങളായ ജിയോ (ഭൂമി), ഗ്രാഫോസ് (വിവരണം) എന്നിവയിൽനിന്നാണ് ജ്യോഗ്രഫി (ഭൂമിശാസ്ത്രം) എന്ന പദം രൂപപ്പെടുത്തിയത്.

മനുഷ്യർക്ക് എക്കാലവും ഭൂമി വാസസ്ഥലമായിരുന്നു. അതുകൊണ്ടാണ് "മനുഷ്യന്റെ വാസസ്ഥലമെന്ന നിലയിൽ ഭൂമിയെക്കുറിച്ചുള്ള വിവരണം" എന്ന് പണ്ഡിതന്മാർ ഭൂമിശാസ്ത്രത്തെ നിർവചിച്ചത്. പ്രകൃതിശാസ്ത്ര പഠനത്തിന്റെ വിവിധശാഖകളായ ഭൂവിജ്ഞാനീയം, മണ്ണ്ശാസ്ത്രം, സമുദ്രശാസ്ത്രം, സസ്യശാസ്ത്രം, ജന്തുശാസ്ത്രം, അന്തരീക്ഷശാസ്ത്രം എന്നിവയും സാമൂഹ്യശാസ്ത്രത്തിന്റെ സഹോദരവിഷയങ്ങളായ സാമ്പത്തികശാസ്ത്രം, ചരിത്രം, സമൂഹശാസ്ത്രം, രാഷ്ട്രതന്ത്രശാസ്ത്രം, നരവംശശാസ്ത്രം എന്നിവയും ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ വിവിധങ്ങളായ സവിശേഷതകളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങളാണ്. ഉള്ളടക്കത്തിലും പഠനരീതിയിലും ഭൂമിശാസ്ത്രം മറ്റു ശാസ്ത്രവിഷയങ്ങളിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമാണ്; അതേസമയം മറ്റുവിഷയങ്ങളുമായി അടുത്ത ബന്ധമുണ്ടുതാനും. മറ്റെല്ലാ ശാസ്ത്ര- സാമൂഹ്യശാസ്ത്ര വിഷയങ്ങളിൽ നിന്നും ഭൂമിശാസ്ത്രകാരന്മാർ വിവരങ്ങൾ ശേഖരിക്കുകയും അവയെ അപഗ്രഥിച്ച് നിഗമനങ്ങളിലെത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ഭൗതിക, സാംസ്കാരിക പരിസരിതികളിൽ വൈവിധ്യങ്ങളുണ്ടെന്ന് നാം മനസ്സിലാക്കി. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന അനേകം പ്രതിഭാസങ്ങൾ സമാനമായവയാണ്; എന്നാൽ ചിലത് ഏറെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നവയാണുതാനും. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ഭൂമിശാസ്ത്രം എന്നത് സ്ഥലീയ വ്യത്യാസങ്ങളെ (Areal differentiation) ക്കുറിച്ചുള്ള പഠനമായി കണക്കാക്കുന്നതാണ് യുക്തിസഹം. അതായത്, സ്ഥലീയമായി വ്യത്യാസങ്ങളുള്ള എല്ലാ പ്രതിഭാസങ്ങളെയും ഭൂമിശാസ്ത്രം പഠനവിധേയമാക്കുന്നു. കേവലം വ്യത്യാസങ്ങൾ മാത്രമല്ല, അവയ്ക്ക് നിദാനമായ ഘടകങ്ങളെക്കുറിച്ചും ഭൂമിശാസ്ത്രം പഠിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി കാർഷികക്രമങ്ങളിൽ പ്രാദേശികമായ വ്യത്യാസങ്ങൾ കാണാം. എന്നാൽ കാർഷികക്രമത്തിലെ ഈ വ്യത്യാസങ്ങൾ മണ്ണിനങ്ങൾ, കാലാവസ്ഥകൾ, വിപണിയിലെ ആവശ്യങ്ങൾ, കർഷകന്റെ മൂലധനനിക്ഷേപം, അയാൾക്ക് ലഭ്യമായ സാങ്കേതിക സഹായലഭ്യത എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചായിരിക്കും. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ഏതെങ്കിലും രണ്ടോ അതിലധികമോ പ്രതിഭാസങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള കാര്യകാരണബന്ധം മനസ്സിലാക്കുക എന്നതും ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റെ പരിധിയിൽപ്പെടുന്നതാണ്.

ഭൂമിശാസ്ത്രജ്ഞൻ കാര്യകാരണബന്ധത്തിന്റെ ചട്ടക്കൂടിലൂടെയാണ് ഏതൊരു പ്രതിഭാസത്തെയും വിശദീകരിക്കുക. ഇത് വിശദീകരണം എളുപ്പമാക്കുക മാത്രമല്ല, പ്രതിഭാസത്തിന്റെ ഭാവി പ്രവചിക്കാനും സഹായകമാണ്.

ഭൗതികവും മാനവികവുമായ ഭൂമിശാസ്ത്രപ്രതിഭാസങ്ങൾ ഒട്ടുംതന്നെ സ്ഥിരമല്ല; അവ അങ്ങേയറ്റം ചലനാത്മകമാണ്. നിരന്തരം മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഭൂമിയും നിരന്തരം ഭൂമിയുമായി ഇടപെടുന്ന മനുഷ്യനും തമ്മിലുള്ള പരസ്പരപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി പ്രകൃതിപ്രതിഭാസങ്ങളും കാലക്രമേണ മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകുന്നു. പ്രാകൃതമനുഷ്യസമൂഹങ്ങൾ അവരുടെ ചുറ്റുപാടുമുള്ള പരിസരിതിയെ നേരിട്ട് ആശ്രയിച്ചിരുന്നു. പ്രകൃതിയെയും മനുഷ്യപ്രവർത്തനങ്ങളെയും സമഗ്രമായ ഒരു യൂണിറ്റായി കണ്ടുകൊണ്ടുള്ള പഠനമാണ് ഭൂമിശാസ്ത്രം. മനുഷ്യൻ പ്രകൃതിയുടെ അവിഭാജ്യഘടകമാണ്, പ്രകൃതിയിൽ എവിടെയും മനുഷ്യന്റെ മുദ്രകൾ പതിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. മനുഷ്യജീവിതത്തിൽ പ്രകൃതിക്ക് ഗണ്യമായ സ്വാധീനമുണ്ട്. ആഹാരം, വസ്ത്രം, പാർപ്പിടം, തൊഴിൽ എന്നിവയിലൊക്കെ പ്രകൃതിയുടെ സ്വാധീനം കാണാം. പ്രകൃതിയോടിണങ്ങിയും മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തിയുമൊക്കെ മനുഷ്യൻ പ്രകൃതിയോട് താദാത്മ്യം പ്രാപിച്ചിട്ടുണ്ട്. നിലനിൽപ്പിനായി ചുറ്റുപാടുകളെ പൂർണമായും ആശ്രയിച്ചിരുന്ന പ്രാകൃതസമൂഹങ്ങളിൽനിന്നും ഇന്നത്തെ സമൂഹങ്ങൾ ഏറെ മുന്നോട്ടുപോയിട്ടുണ്ടെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. പുത്തൻ സാങ്കേതികവിദ്യകൾ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടതോടെ പ്രകൃതി ഒരുക്കിയ വിഭവങ്ങളെ വേണ്ടവിധം ഉപയോഗപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ട് ആധുനിക മനുഷ്യസമൂഹം തങ്ങളുടെ ഇടപെടലിന്റെ ചക്രവാളം ഇന്ന് ഏറെ വികസിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. സാങ്കേതികരംഗത്ത് മെല്ലെയുണ്ടായ പുരോഗതി ഭൗതികപരിസ്ഥിതിയിലെ തടസങ്ങൾ ലഘൂകരിക്കാൻ മനുഷ്യരെ സഹായിച്ചു. സാങ്കേതികവിദ്യകളുടെ വരവ് അധ്വാനഭാരം ലഘൂകരിക്കുകവഴി കൂടുതൽ ഫലപ്രദമായി തൊഴിൽ ചെയ്യുന്നതിനും അതുവഴി ലഭിച്ച വിശ്രമസമയം മറ്റ് ഉയർന്ന ജീവിതാവശ്യങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്നതിനും അവനെ പ്രാപ്തനാക്കുകയും ചെയ്തു. ഒപ്പം, ഉൽപാദനക്ഷമത വർധിപ്പിക്കുകയും തൊഴിൽരംഗത്ത് കൂടുതൽ ചലനാത്മകത ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്തു.

മനുഷ്യനും പ്രകൃതിയും തമ്മിലുള്ള സംഭാഷണത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ മനുഷ്യനും പ്രകൃതിയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെ വ്യക്തമായി ഒരു കവി വിവരിച്ചിട്ടുള്ളത് ശ്രദ്ധിക്കൂ. നീ മണ്ണ് സൃഷ്ടിച്ചു, ഞാൻ പാത്രവും, നീ രാവ് സൃഷ്ടിച്ചു, ഞാൻ വിളക്കും, നീ കാടുംമേടും മരുഭൂമിയും സൃഷ്ടിച്ചു; ഞാൻ പൂമെത്തയും പൂന്തോട്ടവും നിർമിച്ചു. പ്രകൃതിയിലെ വിഭവങ്ങളെ ഉപയോഗിച്ചു തന്നെയാണ് മനുഷ്യർ പ്രകൃതിയിൽ മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തി

യിട്ടുള്ളത്. സാങ്കേതികവിദ്യയുടെ സഹായത്തോടെ മനുഷ്യർ പ്രകൃതിക്ക് പൂർണമായി വിധേയമാകുന്നതിനുമപ്പുറം പ്രകൃതിയിൽ സ്വതന്ത്ര ഇടപെടലുകൾ സാധ്യമാകുന്ന ഘട്ടത്തിലേക്ക് മുന്നേറി. അവർ പ്രകൃതിയോടിണങ്ങിക്കൊണ്ട് പുത്തൻ സാധ്യതകൾ കണ്ടെത്തുകയും എല്ലായിടങ്ങളിലും അവരുടെ മുദ്രകൾ പതിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തു. മനുഷ്യവൽകൃതപ്രകൃതിയും പ്രകൃതിവൽകൃത മനുഷ്യസമൂഹങ്ങളുമാണ് എവിടെയും നാമിന്നു കാണുന്നത്. ഈ പരസ്പരബന്ധത്തെക്കുറിച്ചാണ് ഭൂമിശാസ്ത്രം പഠിക്കുന്നത്. ഗതാഗത-വാർത്താവിനിമയ ശൃംഖലകളുടെ സഹായത്തോടെ ഭൂപ്രദേശം പരസ്പരബന്ധിതവുമായി. ഗതാഗത പാതകളും ജനവാസകേന്ദ്രങ്ങളും (എല്ലാത്തരത്തിലും വലിപ്പത്തിലുമുള്ളവ) സാവധാനമാണ് ഭൂപ്രദേശത്തെ സുസംഘടിതമാക്കി മാറ്റിയത്. ഒരു സാമൂഹ്യശാസ്ത്ര വിഷയമെന്ന നിലയിൽ ഭൂമിശാസ്ത്രം സ്ഥാനീയസംഘാടനത്തെയും സ്ഥാനീയ ഉദ്ഗ്രഥനത്തേയും കുറിച്ച് പഠിക്കുന്ന ശാസ്ത്രമാണ്.

ഭൂമിശാസ്ത്രപഠനം പ്രധാനമായും മൂന്നു ചോദ്യങ്ങളിൽ അധിഷ്ഠിതമാണ്:

(i) ഭൗമോപരിതലത്തിലെ പ്രകൃതിദത്തവും സാംസ്കാരികവുമായ സവിശേഷതകളുടെ വിഭിന്നരീതികളെ തിരിച്ചറിയുന്നതുമായി ബന്ധപ്പെട്ടവയാണ് ചില ചോദ്യങ്ങൾ. എന്ത് എന്നതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ചോദ്യങ്ങളാണിവ.

(ii) പ്രകൃതിദത്തവും സാംസ്കാരികവുമായ/മാനവികവുമായ സവിശേഷതകളുടെ ഭൗമോപരിതല വിതരണവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടവയാണ് ചില ചോദ്യങ്ങൾ. എവിടെ എന്നതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ചോദ്യങ്ങളാണിവ.

ഒന്നിച്ചു പരിഗണിച്ചാൽ, മേൽപ്പറഞ്ഞ രണ്ടു ചോദ്യങ്ങളും പ്രകൃതിദത്ത സവിശേഷതകളുടെയും സാംസ്കാരിക സവിശേഷതകളുടെയും വിതരണം, സ്ഥാനം എന്നിവ സംബന്ധിച്ച കാര്യങ്ങളാണ് അന്വേഷിക്കുന്നതെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. ഏതു സവിശേഷത എവിടെ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു എന്ന വിവരമാണ് ഇവ നൽകുന്നത്. കോളനിവാഴ്ചയുടെ കാലത്ത് ഈ സമീപനത്തിന് ഏറെ പ്രാധാന്യമുണ്ടായിരുന്നു. എന്നാൽ ഈ രണ്ടു ചോദ്യങ്ങൾ കൊണ്ടുമാത്രം ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന് ശാസ്ത്രസ്വഭാവം കൈവരുന്നില്ല എന്നതിനാലാണ് മൂന്നാമത്തെ ചോദ്യം പ്രസക്തമാകുന്നത്.

(iii) പ്രക്രിയകളുടെയും സവിശേഷതകളുടെയും പ്രതിഭാസങ്ങളുടെയും വിശദീകരണമോ അവ തമ്മിലുള്ള കാര്യകാരണ ബന്ധങ്ങളോ സംബന്ധിച്ചതാണ് മൂന്നാമത്തെ ചോദ്യം. എന്തുകൊണ്ട് എന്നതാണ് ഇതു സംബന്ധമായി ഭൂമിശാസ്ത്രം ഉന്നയിക്കുന്ന ചോദ്യം.

സ്ഥലം അഥവാ ഇടവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട വിഷയമായതുകൊണ്ടുതന്നെ പ്രത്യേക സവിശേഷതകളെയും ഗുണവിശേഷണങ്ങളെയും ഭൂമിശാസ്ത്രം വീക്ഷിക്കുന്നു. ഭൂമിയിൽ വിവിധ പ്രതിഭാസങ്ങളുടെ സ്ഥാനം, വിതരണം, കേന്ദ്രീകരണം എന്നിവ പഠിക്കുകയും ഈ വിതരണക്രമങ്ങളെ വ്യാഖ്യാനിച്ച് വിശദീകരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മാത്രമല്ല, മനുഷ്യരും ഭൗതികപരിസ്ഥിതിയും തമ്മിൽ അനുനിമിഷം മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ബന്ധവും അതിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന പുതിയ പ്രതിഭാസങ്ങളുടെ സവിശേഷതകളും ഭൂമിശാസ്ത്രം പഠിക്കുന്നു.

ഭൂമിശാസ്ത്രം — ഒരു ഉദ്ഗ്രഥിതവിഷയമെന്ന നിലയിൽ

അറിവുകളെ സംയോജിപ്പിക്കുന്ന ഒരു ശാസ്ത്രമാണ് ഭൂമിശാസ്ത്രമെന്നു പറയാം. ഭൂമിശാസ്ത്രം ഭൂമിയിലെ വിവിധ ഇടങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവുകൾ സംയോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ ചരിത്രം വിവിധ കാലങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവുകൾ സംയോജിപ്പിക്കുന്നു. ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റേത് സമഗ്രമായ സമീപനമാണ്. പരസ്പരാശ്രയത്വത്തിൽ അധിഷ്ഠിതമായ ഒരു സംവിധാനമാണ് ലോകമെന്ന ബോധ്യം ഈ ശാസ്ത്രത്തിനുണ്ട്. ഒരൊറ്റ ഗ്രാമമായി ഇന്നത്തെ ലോകത്തെ കാണാവുന്നതാണ്. മെച്ചപ്പെട്ട ഗതാഗതസൗകര്യങ്ങളുടെ വരവോടെ സ്ഥലങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അകലം ഇന്ന് ഗണ്യമായി കുറഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. ദൃശ്യ-ശ്രവ്യമാധ്യമങ്ങളും വിവരസാങ്കേതികവിദ്യയും നമ്മുടെ അറിവിന്റെ സഞ്ചയത്തെ സമ്പന്നമാക്കിയിട്ടുണ്ട്. പ്രകൃതിപ്രതിഭാസങ്ങളെയും വിവിധ സാമ്പത്തിക സാമൂഹ്യഘടകങ്ങളെയും സസൂക്ഷ്മം നിരീക്ഷിക്കുന്നതിന് സാങ്കേതികവിദ്യ മെച്ചപ്പെട്ട അവസരമൊരുക്കി. ഒരു ഉദ്ഗ്രഥിത വിഷയമെന്ന നിലയിൽ വിവിധ പ്രകൃതിശാസ്ത്രവിഷയങ്ങളും സാമൂഹ്യശാസ്ത്രവിഷയങ്ങളുമായി ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന് ബന്ധമുണ്ട്. പ്രകൃതിശാസ്ത്രങ്ങൾക്കും സാമൂഹ്യശാസ്ത്രങ്ങൾക്കും സത്യാന്വേഷണം എന്ന അടിസ്ഥാന ലക്ഷ്യമാണുള്ളത്. വിവിധ പ്രതിഭാസങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പരബന്ധത്തെക്കുറിച്ച് ഭൂമിശാസ്ത്രം മനസ്സിലാക്കാൻ ശ്രമിക്കുന്നു. ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന് മറ്റ് ശാസ്ത്രശാഖകളുമായുള്ള ബന്ധമാണ് ചിത്രം 1.1-ൽ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. എല്ലാ വിജ്ഞാനശാഖകളും ഭൂമിശാസ്ത്രവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടതാണ്. കാരണം അവയ്ക്കാസ്പദമായ ഘടകങ്ങൾ സ്ഥലങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് വ്യത്യസ്തമാണ്. സ്ഥാനീയമായ കാഴ്ചപ്പാടിലൂന്നി യാഥാർഥ്യത്തെ സമഗ്രമായി മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് ഭൂമിശാസ്ത്രം സഹായകമാണ്. അതായത്, വിവിധ പ്രതിഭാസങ്ങളുടെ സ്ഥാനീയ വ്യത്യാസങ്ങളെ നിരീക്ഷിക്കുക മാത്രമല്ല മറ്റിടങ്ങളിൽനിന്നും അവ എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നതുകൂടി ഭൂമിശാസ്ത്രം സമഗ്രമായി മനസ്സിലാക്കുന്നു. മേൽപ്പറഞ്ഞ പ്രതിഭാസങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട എല്ലാ വിഷയമേഖലകളെക്കു

റിച്ചും വിശദമായ ധാരണയുണ്ടെങ്കിൽ മാത്രമെ ഒരു ഭൂമിശാസ്ത്രജ്ഞന് അവയെ യുക്തിസഹമായി യോജിപ്പിക്കാൻ കഴിയൂ. ചില ഉദാഹരണങ്ങളുടെ സഹായത്തോടെ ഇത് മനസ്സിലാക്കാം. ഭൂമിശാസ്ത്രം ചരിത്രസംഭവങ്ങളെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. ലോകചരിത്രത്തിന്റെ ഗതിനിർണയിക്കുന്നതിൽ സ്ഥലങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അകലത്തിന് ഗണ്യമായ സ്വാധീനമുണ്ട്. സ്ഥാനീയ സവിശേഷതകൾ പല രാജ്യങ്ങൾക്കും പ്രതിരോധമൊരുക്കിയിരുന്നു. വിശേഷിച്ചും കഴിഞ്ഞ നൂറ്റാണ്ടിൽ, ഭൂവിസ്തൃതി ഏറെയുള്ള രാജ്യങ്ങൾക്ക് പരമ്പരാഗത യുദ്ധമുറകളിൽ തയാറെടുപ്പിന് കൂടുതൽ സമയം ലഭിച്ചിരുന്നു. പുതുലോകത്തെ രാജ്യങ്ങൾക്കു ചുറ്റുമുള്ള വിശാലമായ സമുദ്രഭാഗങ്ങൾ യുദ്ധങ്ങളിൽനിന്നും അവർക്ക് സംരക്ഷണമേകിയിരുന്നു. ലോകമെമ്പാടുമുള്ള ചരിത്രസംഭവങ്ങളോരോന്നിനേയും നമുക്ക് ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായി വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയും.

ഇന്ത്യയിൽ ഹിമാലയപർവതം വൈദേശികാക്രമണങ്ങളിൽനിന്നും പ്രതിരോധമൊരുക്കിയിരുന്നു, എന്നാൽ ഈ പർവതനിരയിലെ വിടവുകൾ മധ്യേഷ്യയിൽ നിന്നെത്തിയ കുടിയേറ്റക്കാർക്ക് രാജ്യത്തിനകത്തേക്ക് വഴിയൊരുക്കി. കിഴക്കൻ ഏഷ്യ, തെക്കുകിഴക്കൻ ഏഷ്യ, യൂറോപ്പ്, ആഫ്രിക്ക എന്നിവിടങ്ങളിലെ ജനങ്ങളുമായുള്ള സമ്പർക്കം സാധ്യമാക്കിയത് നമ്മുടെ തീരദേശമാണ്. നാവികസാങ്കേതികവിദ്യയുടെ വികാസം യൂറോപ്യൻ രാജ്യങ്ങൾക്ക് ഇന്ത്യ ഉൾപ്പെടെയുള്ള ഏഷ്യൻ രാജ്യങ്ങളിലും ആഫ്രിക്കൻ രാജ്യങ്ങളിലും സമുദ്രമാർഗേണ എത്തി കോളനികൾ സ്ഥാപിക്കാൻ വഴിയൊരുക്കി. ചുരുക്കിപ്പറഞ്ഞാൽ ലോകചരിത്രഗതിയെത്തന്നെ മാറ്റിമറിച്ചത് ഭൂമിശാസ്ത്രഘടകങ്ങളാണെന്ന് പറയാം.

ഏതൊരു ഭൗമപ്രതിഭാസവും അതത് കാലത്തിനനുസരിച്ചാണ് മാറുന്നത്. അതിനാൽ അവയെ കാലികമായി വിശദീകരിക്കാനാകും. ഭൂരൂപങ്ങളിലെ മാറ്റം, കാലാവസ്ഥ, സസ്യജാലം, സാമ്പത്തികപ്രവർത്തനങ്ങൾ, തൊഴിൽ എന്നിവയ്ക്കെല്ലാം കൃത്യമായ ചരിത്രഗതിയുണ്ട്. വിവിധ സ്ഥാപനങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത കാലങ്ങളിൽ കൈക്കൊണ്ട തീരുമാനങ്ങളാണ് പല ഭൂമിശാസ്ത്രസവിശേഷതകൾക്കും ആധാരമായിട്ടുള്ളത്. സ്ഥലത്തിനനുസരിച്ച് സമയത്തെയും സമയത്തിനനുസരിച്ച് സ്ഥലത്തെയും നിർണയിക്കാൻ നമുക്കാവുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് A എന്ന സ്ഥലം B യിൽനിന്നും 1500 കിലോമീറ്റർ അകലെയാണെന്നിരിക്കട്ടെ. A യിൽനിന്നും വ്യോമമാർഗം B യിലേക്ക് 2 മണിക്കൂറും ട്രെയിൻമാർഗം 17 മണിക്കൂറുമാണ് അകലം എന്നു പറയാവുന്നതാണ്. അതുകൊണ്ടാണ് സമയം എന്നത് ഭൂമിശാസ്ത്രപഠനങ്ങളിലെ ഒഴിച്ചുകൂടാനാവാത്ത നാലാമത്തെ തലമായി പരിഗണിക്കുന്നത്. മറ്റു മൂന്നുതലങ്ങൾ ഏതൊക്കെ യാണ്?

ചിത്രം 1.1 ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന് വിവിധ പ്രകൃതിശാസ്ത്രവിഷയങ്ങളും സാമൂഹ്യശാസ്ത്രവിഷയങ്ങളുമായുള്ള ബന്ധം ചിത്രീകരിക്കുന്നു. ഈ ബന്ധത്തെ രണ്ടുഭാഗങ്ങളായി തിരിക്കാം.

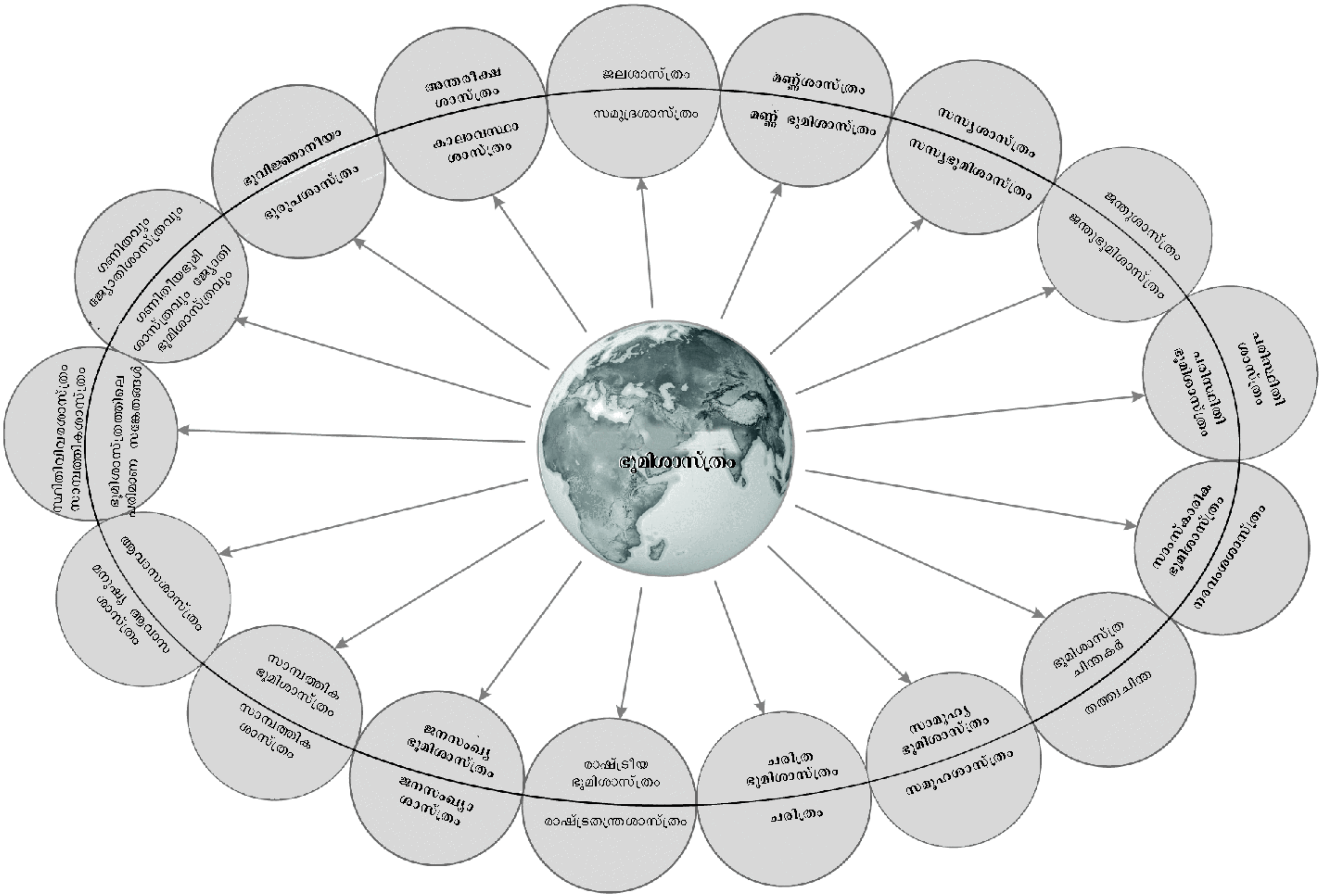
ഭൗതികഭൂമിശാസ്ത്രവും പ്രകൃതിശാസ്ത്രങ്ങളും

ചിത്രം 1.1-ൽ നൽകിയിട്ടുള്ള എല്ലാ ഭൗതികഭൂമിശാസ്ത്ര ശാഖകൾക്കും പ്രകൃതിശാസ്ത്രങ്ങളുമായി ബന്ധമുണ്ട്. പരമ്പരാഗത ഭൗതികഭൂമിശാസ്ത്രം ഭൂവിജ്ഞാനീയം, അന്തരീക്ഷശാസ്ത്രം, ജലശാസ്ത്രം, മണ്ണുശാസ്ത്രം എന്നിവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഭൂരൂപരൂപീകരണശാസ്ത്രം, കാലാവസ്ഥാശാസ്ത്രം, സമുദ്രശാസ്ത്രം, മണ്ണുശാസ്ത്രം എന്നിവ പ്രകൃതിശാസ്ത്രങ്ങളിൽനിന്നും വിവരങ്ങൾ ശേഖരിക്കുന്നതിനാൽത്തന്നെ ഇവയോരോന്നും പ്രകൃതിശാസ്ത്രപഠനവുമായി അടുത്തബന്ധമുള്ളവയാണെന്നു പറയാം. സസ്യശാസ്ത്രം, ജന്തുശാസ്ത്രം, ആവാസശാസ്ത്രം എന്നിവയുമായി ജൈവഭൂമിശാസ്ത്രം അടുത്തബന്ധം പുലർത്തുന്നു.

ഭൂപടരചന, ഗണിതം, കല എന്നിവയിലൊക്കെ സാമാന്യമായ ധാരണ ഒരു ഭൂമിശാസ്ത്രജ്ഞന് ഉണ്ടാകേണ്ടതുണ്ട്. ഭൂമിശാസ്ത്രം അക്ഷാംശരേഖാംശ നിർണയവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇത് ജ്യോതിശാസ്ത്രപരമായി സ്ഥാനങ്ങളെ നിർണയിക്കുന്നതിനും സഹായകമാണ്. ഭൂമിക്ക് ജിയോയ്ഡ് ആകൃതിയാണുള്ളതെങ്കിലും ഭൂമിയുടെ ദ്വിമാനചിത്രീകരണമായ ഭൂപടമാണ് ഭൂമിശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ അടിസ്ഥാന ഉപകരണം. ജിയോയ്ഡ് ആകൃതിയെ ദ്വിമാനപ്രതലത്തിലേക്ക് മാറ്റുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന പ്രശ്നങ്ങളെ രേഖീയമായും ഗണിതമനുസരിച്ചും സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ഭൂപ്രക്ഷേപങ്ങളിലൂടെ മറികടക്കാനാകും. ഭൂപടനിർമാണത്തിനാവശ്യമായ ഗണനതന്ത്രങ്ങൾ സ്വായത്തമാക്കുന്നതിന് ഗണിതം, സ്ഥിതിവിവരശാസ്ത്രം, സാമ്പത്തികഗണിതം എന്നിവയിലൊക്കെ മതിയായ പ്രാവീണ്യം ആവശ്യമാണ്. കലാപരമായ ഭാവനയുടെ സഹായത്തോടെയാണ് ഓരോ ഭൂപടവും തയാറാക്കുന്നത്. രൂപരേഖ തയാറാക്കൽ, മനോഭൂപടനിർമാണം, ഭൂപടനിർമാണജോലികൾ എന്നിവയ്ക്കൊക്കെ കലാപരമായ വൈദഗ്ധ്യം ആവശ്യമാണ്.

ഭൂമിശാസ്ത്രവും സാമൂഹ്യശാസ്ത്രങ്ങളും

ചിത്രം 1.1-ലെ ഓരോ സാമൂഹ്യശാസ്ത്ര വിഷയത്തിനും ഏതെങ്കിലുമൊരു ഭൂമിശാസ്ത്രശാഖയുമായി ബന്ധമുണ്ട്. ഭൂമിശാസ്ത്രവും ചരിത്രവുമായുള്ള ബന്ധത്തെക്കുറിച്ച് ഇതിനകം വിശദമായി ചർച്ചചെയ്തു കഴിഞ്ഞു. ഓരോ വിഷയത്തിനും അതിന്റേതായ ഒരു തത്വശാസ്ത്രമുണ്ട്. തത്വശാസ്ത്രമാണ് ഓരോ വിഷയത്തിന്റെയും അടിത്തറ. ഓരോ വിഷയത്തിന്റേയും തത്വശാസ്ത്രങ്ങൾക്കും നിയതമായ ചരിത്രഘട്ടങ്ങളുമുണ്ട്.



ചിത്രം 1.1 : ഭൂമിശാസ്ത്രവും അതിന് മറ്റു വിഷയങ്ങളുമായുള്ള ബന്ധവും

അതുകൊണ്ടാണ് പാഠ്യപദ്ധതികളിൽ ഭൂമിശാസ്ത്രപഠനത്തിന് പശ്ചാത്തലമായി ഭൂമിശാസ്ത്രചിന്താധാരയുടെ ചരിത്രം ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളത്. സാമൂഹശാസ്ത്രം, രാഷ്ട്രതന്ത്രശാസ്ത്രം, സാമ്പത്തികശാസ്ത്രം, ജനസംഖ്യാശാസ്ത്രം എന്നിവയൊക്കെ സാമൂഹ്യയാഥാർഥ്യങ്ങളുടെ വിവിധ വശങ്ങൾ പഠനവിധേയമാക്കുന്നു. സാമൂഹ്യം, രാഷ്ട്രീയം, സാമ്പത്തികം, ജനസംഖ്യ, ജനവാസകേന്ദ്രങ്ങൾ ഇവയ്ക്കോരോന്നിനും സ്ഥാനീയമായ പ്രത്യേകതകളു ള്ളതിനാൽത്തന്നെ അവയ്ക്ക് ഭൂമിശാസ്ത്രശാഖകളുമായി ബന്ധമുണ്ട്. രാഷ്ട്രതന്ത്രശാസ്ത്രത്തിന് രാജ്യാതിർത്തി, പരമാധികാരം എന്നിവയിലാണ് മുഖ്യശ്രദ്ധയെങ്കിൽ, സ്റ്റേറ്റ് എന്ന സ്ഥലപരമായ യൂണിറ്റ്, ജനങ്ങൾ, അവരുടെ രാഷ്ട്രീയപെരുമാറ്റം എന്നിവ രാഷ്ട്രീയഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റെ താൽപര്യമേഖലകളാണ്. ഉൽപാദനം, വിതരണം, കൈമാറ്റം, ഉപഭോഗം എന്നിവയാണ് സാമ്പത്തികശാസ്ത്രം കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നത്. ഇവയ്ക്കോരോന്നിനും സ്ഥലീയപ്രത്യേകതകൾ ഉള്ളതുകൊണ്ടുതന്നെ ഉൽപാദനം, വിതരണം, കൈ മാറ്റം, ഉപഭോഗം എന്നിവയുടെ സ്ഥലീയവശങ്ങൾ സാമ്പത്തിക ഭൂമിശാസ്ത്രം പഠനവിധേയമാക്കുന്നു. അതുപോലെതന്നെ ജനസംഖ്യാശാസ്ത്രത്തിന് ജനസംഖ്യാഭൂമിശാസ്ത്രവുമായി അടുത്തബന്ധമാണുള്ളത്.

പ്രകൃതിശാസ്ത്രവിഷയങ്ങളും സാമൂഹ്യശാസ്ത്രവിഷയങ്ങളുമായി ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന് ശക്തമായ ബന്ധമുണ്ടെന്ന് ഇതിനോടകം നടന്ന ചർച്ചകൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. മറ്റുള്ളവയിൽനിന്നും വിഭിന്നമായി, ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന് അതിന്റേതായ പഠനരീതികളുണ്ട്. ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന് മറ്റുവിഷയങ്ങളുമായി കൊടുക്കൽ വാങ്ങൽ ബന്ധമാണുള്ളത്.

ശരീരത്തിലെ കോശങ്ങൾ നേർത്ത സ്തരംകൊണ്ട് വേർതിരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടെങ്കിലും രക്തയോട്ടം തടസപ്പെടുന്നില്ലല്ലോ. അതുപോലെ ഓരോവിഷയങ്ങൾക്കും അതിന്റേതായ സാധ്യതകൾ ഉണ്ടെങ്കിൽക്കൂടിയും ഓരോ വിഷയത്തിന്റെയും തനതു സ്വഭാവം അറിവിന്റെ ഒഴുക്കിന് തടസമാകുന്നതേയില്ല. ഭൂമിശാസ്ത്രജ്ഞർ സഹോദരവിഷയങ്ങളിൽനിന്നും ലഭിച്ച വിവരങ്ങളെ സ്ഥലങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തി വിശകലനവിധേയമാക്കാൻ ശ്രമിക്കുന്നു. ഭൂമിശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ ഏറ്റവും ഫലപ്രദമായ ഉപകരണമായ ഭൂപടങ്ങളിൽ പട്ടികാരൂപത്തിലുള്ള വിവരങ്ങളെ ദൃശ്യരൂപത്തിലേക്കുമാറ്റുകവഴി സ്ഥാലീയമായ ക്രമങ്ങൾ വെളിവാക്കപ്പെടുന്നു.

ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റെ ശാഖകൾ (Branches of Geography)

എല്ലാ ശാസ്ത്രങ്ങൾക്കും അവയുടേതായ സമീപനരീതികളും പഠനരീതികളുമുണ്ട്. ചിത്രം 1.1 ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റെ അന്തർവൈജ്ഞാനിക സ്വഭാവം വെളിവാക്കുന്നു. ഏതൊരു വിഷയത്തിന്റെയും പഠനത്തിന് ചില സമീപനങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കും.

ഭൂമിശാസ്ത്രപഠനത്തിന് നിലവിൽ രണ്ട് പ്രധാന സമീപനരീതികളാണുള്ളത്:

1. വ്യവസ്ഥാപിത സമീപനം (Systematic approch)

2. മേഖലാ സമീപനം (Regional approach)

വ്യവസ്ഥാപിത സമീപനം

ജർമ്മൻ ഭൂമിശാസ്ത്രജ്ഞനായ അലക്സാണ്ടർ വൺ ഹംബോൾട്ട് (1769–1859) ണ് ഈ സമീപനം ആവിഷ്കരിച്ചത്. പൊതുഭൂമിശാസ്ത്രപഠനത്തിന്റെ രീതി തന്നെയാണിത്. ഇതിൽ (ചിത്രം 1.2) ഓരോ പ്രതിഭാസത്തെയും ആഗോളതലത്തിൽ പഠിക്കുകയും തുടർന്ന് അതിന്റെ വ്യത്യസ്ത തരങ്ങളെക്കുറിച്ചും ക്രമങ്ങളെക്കുറിച്ചും മനസിലാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഉദാഹരണത്തിന്, ഒരു പ്രദേശത്തെ നൈസർഗിക സസ്യജാലങ്ങളെക്കുറിച്ചാണ് പഠനമെന്നിരിക്കട്ടെ. ആദ്യഘട്ടത്തിൽ ലോകത്താകമാനമുള്ള നൈസർഗിക സസ്യജലങ്ങളെക്കുറിച്ചാവും പഠനം. തുടർന്ന്, മധ്യരേഖാ മഴക്കാടുകൾ, സൂചിത്തലക്കാടുകൾ (സ്തൂപികാഗ്രവനങ്ങൾ), മൺസൂൺ വനങ്ങൾ എന്നിവയിൽ ഏതാണ് ആ പ്രദേശത്ത് വളരുന്നതെന്ന് തിരിച്ചറിഞ്ഞ് വിശകലനം ചെയ്യുകയും അതിന്റെ അതിർത്തി നിർണയിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

മേഖലാ സമീപനം

ഹംബോൾട്ടിന്റെ സമകാലികനായ കാൾ റിട്ടർ എന്ന മറ്റൊരു ജർമ്മൻ ഭൂമിശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് ഈ സമീപനത്തിന്റെ ഉപജ്ഞാതാവ്.

ഈ സമീപനത്തിൽ ലോകത്തെ പല മേഖലകളായി തിരിച്ച് അതിലോരോ മേഖലയിലുമുള്ള ഭൗമപ്രതിഭാസങ്ങളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നു. മേഖലകൾ പ്രകൃത്യാലോ, രാഷ്ട്രീയമായോ മറ്റേതെങ്കിലും തരത്തിലോ നിശ്ചയിക്കപ്പെട്ടതാകാം.

ആരംഭകാലം മുതൽക്കുതന്നെ ദ്വൈതസമീപനം (Dualism) ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റെ സവിശേഷതയാണ്. ഓരോ കാലഘട്ടത്തിലും ഊന്നൽ നൽകിയ വസ്തുതകളെ ആശ്രയിച്ചായിരുന്നു ഈ സമീപനം. ആദ്യകാല ഭൂമിശാസ്ത്രജ്ഞരൊക്കെയും ഭൗതികഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന് കൂടുതൽ പ്രാധാന്യം കൽപിച്ചിരുന്നവരായിരുന്നു. എന്നാൽ മനുഷ്യർ ഭൂമിയിലെ അവിഭാജ്യഘടകമാണ്. സാംസ്കാരിക വികസനത്തിലൂടെ മനുഷ്യനും പരിസ്ഥിതിയിൽ സംഭാവന നൽകിയിട്ടുണ്ട്. അങ്ങനെ മനുഷ്യപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് പ്രാമുഖ്യം നൽകുന്ന മാനവഭൂമിശാസ്ത്രം രൂപംകൊണ്ടു.

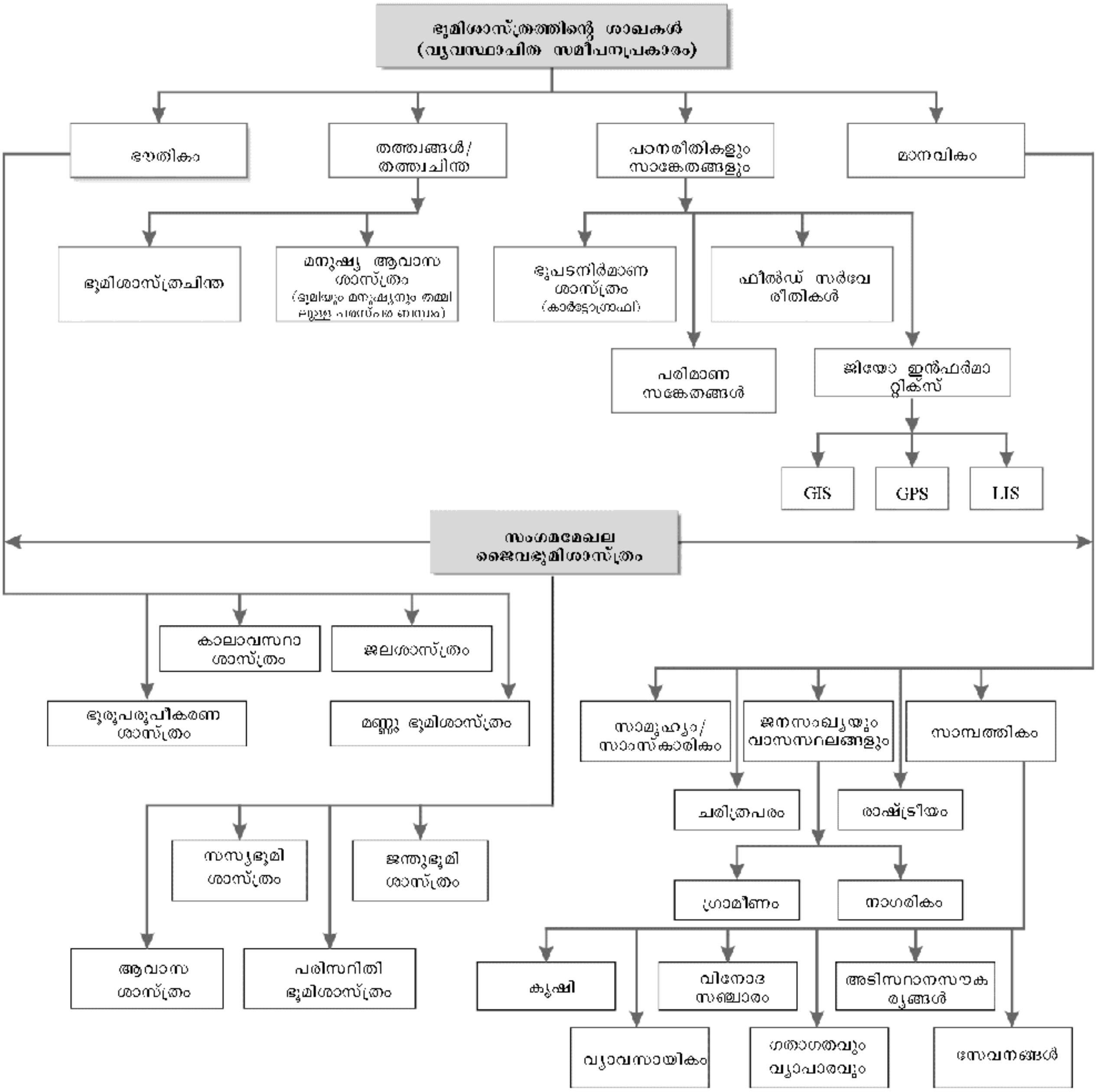
ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റെ ശാഖകൾ (വ്യവസ്ഥാപിത സമീപനപ്രകാരം)

1. ഭൗതിക ഭൂമിശാസ്ത്രം (Physical Geography)

(i) **ഭൂരൂപരൂപീകരണശാസ്ത്രം (Geomorphology)**: ഭൂരൂപങ്ങൾ, അവയുടെ പരിണാമം, അതോടനുബന്ധിച്ചുള്ള പ്രക്രിയകൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം.

(ii) **കാലാവസ്ഥാശാസ്ത്രം (Climatology)**: അന്തരീക്ഷഘടന, കാലാവസ്ഥാഘടകങ്ങൾ, കാലാവസ്ഥ, വിവിധതരം കാലാവസ്ഥകൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ചുമുള്ള പഠനം.

(iii) **ജലശാസ്ത്രം (Hydrology)**: നദികൾ, കുളങ്ങൾ, തടാകങ്ങൾ, സമുദ്രങ്ങൾ, മറ്റു ജലാശയങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെട്ട ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ജലമണ്ഡലത്തെക്കുറിച്ചും അവ മനുഷ്യജീവിത



ചിത്രം 1.2 : ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റെ ശാഖകൾ (വ്യവസ്ഥാപിത സമീപനപ്രകാരം)

ത്തിലും മനുഷ്യപ്രവർത്തനങ്ങളിലും ചെലുത്തുന്ന സ്വാധീനത്തെക്കുറിച്ചുമുള്ള പഠനം.

(iv) **മണ്ണ്ഭൂമിശാസ്ത്രം (Soil Geography)**: മണ്ണിന്റെ രൂപീകരണം, മണ്ണിനങ്ങൾ, മണ്ണിന്റെ വളക്കൂറ്, വിതരണം, മണ്ണിന്റെ ഉപയോഗം എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം.

2. മാനവികഭൂമിശാസ്ത്രം (Human Geography)

(i) **സാമൂഹ്യ/സാംസ്കാരിക ഭൂമിശാസ്ത്രം (Social/Cultural Geography)**: സമൂഹം, സമൂഹത്തിന്റെ ചലനാത്മകത, സമൂഹത്തിന്റെ സാംസ്കാരിക ഘടകങ്ങൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം.

(ii) **ജനസംഖ്യാഭൂമിശാസ്ത്രവും വാസസ്ഥലഭൂമിശാസ്ത്രവും (Population and Settlement Geography)**: ജനസംഖ്യാവളർച്ച, വിതരണം, സാന്ദ്രത, സ്ത്രീപുരുഷാനുപാതം, കുടിയേറ്റം, തൊഴിൽഘടന തുടങ്ങിയവയെക്കുറിച്ചാണ് ജനസംഖ്യാഭൂമിശാസ്ത്രം പഠിക്കുന്നതെങ്കിൽ നാഗരിക-ഗ്രാമീണ വാസസ്ഥലങ്ങളുടെ സവിശേഷതകളാണ് വാസസ്ഥലഭൂമിശാസ്ത്രം പഠിക്കുന്നത്.

(iii) **സാമ്പത്തികഭൂമിശാസ്ത്രം (Economic Geography)**: കൃഷി, വ്യവസായം, വിനോദസഞ്ചാരം, വാണിജ്യം, ഗതാഗതം, അടിസ്ഥാന സൗകര്യങ്ങൾ, സേവനങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ ജനങ്ങളുടെ വിവിധ സാമ്പത്തിക പ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം.

(iv) **ചരിത്ര ഭൂമിശാസ്ത്രം (Historical Geography)**: വിവിധ പ്രദേശങ്ങൾ ഇന്ന് കാണുന്ന വിധത്തിലായി മാറിയതിനു പിന്നിലെ ചരിത്രപരമായ കാരണങ്ങൾ പഠിക്കുന്നു. ഭൗമസവിശേഷതകൾക്കുണ്ടാകുന്ന കാലികമായ മാറ്റങ്ങളും ചരിത്ര ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റെ പരിധിയിൽപ്പെടുന്നു.

v) **രാഷ്ട്രീയ ഭൂമിശാസ്ത്രം (Political Geography)**: രാജ്യാതിർത്തികൾ, നിയോജകമണ്ഡലങ്ങളുടെ അതിര് നിശ്ചയിക്കൽ, തെരഞ്ഞെടുപ്പ് പശ്ചാത്തലം, അയൽരാഷ്ട്രീയ യൂണിറ്റുകളുമായുള്ള സ്ഥലീയബന്ധം എന്നിവ പഠിക്കുന്ന ഈ ശാഖയിൽ ഓരോ ഇടത്തെയും രാഷ്ട്രീയസംഭവങ്ങളുടെ പശ്ചാത്തലത്തിൽ നോക്കിക്കാണുന്നു.

3. ജൈവ ഭൂമിശാസ്ത്രം (Biogeography)

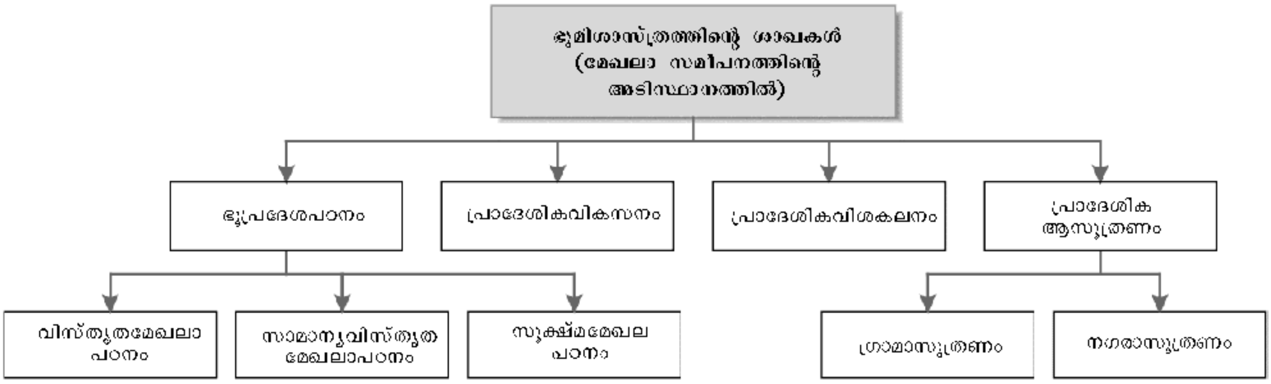
ഭൗതികഭൂമിശാസ്ത്രവും മാനവികഭൂമിശാസ്ത്രവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തിന്റെ ഫലമായി വികാസം പ്രാപിച്ചതാണ് ജൈവഭൂമിശാസ്ത്രം. ഇതിന്റെ ഉപശാഖകൾ ചുവടെ ചേർക്കുന്നു:

(i) **സസ്യഭൂമിശാസ്ത്രം (Plant Geography)**: പ്രകൃത്യാലുള്ള സസ്യജാലങ്ങളുടെ ആവാസവ്യവസ്ഥയെയും അവയുടെ സ്ഥാനീയ വിതരണരീതിയെയും കുറിച്ചുള്ള പഠനം.

(ii) **ജന്തുഭൂമിശാസ്ത്രം (Zoo Geography)**: ജന്തുക്കളുടെയും അവയുടെ വാസസ്ഥലങ്ങളുടെയും സ്ഥാനാനുസൃത വിതരണരീതികളും അവിടത്തെ ഭൂമിശാസ്ത്ര സവിശേഷതകളെയും കുറിച്ചുള്ള പഠനം.

(iii) **ആവാസശാസ്ത്രം/ആവാസ വ്യവസ്ഥ (Ecology/Ecosystem)**: സസ്യ, ജന്തുവർഗങ്ങളുടെ തനതായ ആവാസവ്യവസ്ഥകളെക്കുറിച്ചുള്ള ശാസ്ത്രീയപഠനം.

(iv) **പരിസ്ഥിതി ഭൂമിശാസ്ത്രം (Environmental Geography)**: ഭൂഅപചയം, മലിനീകരണം തുടങ്ങിയ ആഗോളപാരിസ്ഥിതിക പ്രശ്നങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചും പരിസ്ഥിതി സംരക്ഷണത്തെക്കുറിച്ചുമുള്ള ഉൽക്കണ്ഠയിൽനിന്നാണ് പരിസ്ഥിതി ഭൂമിശാസ്ത്രം എന്ന പുതിയ ഭൂമിശാസ്ത്രശാഖ ജന്മമെടുത്തത്.



ചിത്രം 1.3 : ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റെ ശാഖകൾ (മേഖലാ സമീപനപ്രകാരം)

ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റെ ശാഖകൾ (മേഖലാ സമീപനപ്രകാരം)

മേഖലാ സമീപനമെന്തെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചുവല്ലോ. ഈ സമീപനപ്രകാരം ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന് 4 ശാഖകളുണ്ട്.

1. ഭൂപ്രദേശപഠനം (Regional Studies/Area Studies)

ഇതിൽ വിസ്തൃതം (macro), സാമാന്യ വിസ്തൃതം (meso), സൂക്ഷ്മം (micro), എന്നിങ്ങനെ മൂന്നു തലങ്ങളിൽ മേഖലകളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനമാണ് നടക്കുന്നത്.

2. പ്രാദേശികാസൂത്രണം (Regional Planning)

നഗരാസൂത്രണം ഗ്രാമാസൂത്രണം എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു.

3. പ്രാദേശിക വികസനം (Regional Development)

4. പ്രാദേശിക വിശകലനം (Regional Analysis)

ഈ വിവരങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുത്തി തയാറാക്കിയ ഫ്ളോചാർട്ട് ശ്രദ്ധിക്കൂ. (ചിത്രം 1.3)

മേൽപ്പറഞ്ഞ വിവിധ ശാഖകൾക്കൊക്കെയും പൊതുവായ രണ്ടു ഘടകങ്ങളുണ്ട്. അവയാണ്:

(i) തത്ത്വശാസ്ത്രം (Philosophy)
  - (a) ഭൂമിശാസ്ത്ര ചിന്തകൾ
  - (b) മനുഷ്യനും ഭൂമിയും തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധം/മനുഷ്യ ആവാസശാസ്ത്രം

(ii) പഠനരീതികളും സങ്കേതങ്ങളും (Methods and techniques)
  - (a) കമ്പ്യൂട്ടറധിഷ്ഠിത ഭൂപടനിർമാണം ഉൾപ്പെടെയുള്ള എല്ലാ ഭൂപടനിർമാണ രീതികളും
  - (b) പരിമാണസിദ്ധാന്തങ്ങൾ/സ്ഥിതിവിവരസങ്കേതങ്ങൾ
  - (c) ഫീൽഡ് സർവേകൾ
  - (d) ജി.പി.എസ്., ജി.ഐ.എസ്., വിദൂരസംവേദനം എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്ന ജിയോഇൻഫർമാറ്റിക്സ്

ഭൂമിശാസ്ത്രശാഖകളെക്കുറിച്ചുള്ള സമഗ്രമായ ധാരണ മേൽപറഞ്ഞ വർഗീകരണത്തിൽനിന്നും ലഭിക്കുന്നു. പൊതുവെ ഭൂമിശ്സ്ത്രപാഠ്യപദ്ധതിയുടെ വിന്നിമയവും പഠനവും ഈ ചട്ടക്കൂടിലൂടെയാണെങ്കിലും ഈ മാതൃക സറായിയല്ല. പുത്തൻ ആശയങ്ങൾ, പ്രശ്നങ്ങൾ, രീതികൾ, സങ്കേതങ്ങൾ എന്നിവയാൽ ഏതൊരു വിഷയവും നവീകരണങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകാറുണ്ട്. ഉദാഹരണത്തിന്, കൈകൾകൊണ്ട് ഭൂപടങ്ങൾ തയാറാക്കിയിരുന്ന രീതി ഇന്ന് കമ്പ്യൂട്ടറധിഷ്ഠിത ഭൂപടനിർമാണത്തിന് വഴിമാറിയിട്ടുണ്ട്. സാങ്കേതികവിദ്യ നമ്മെ വൻതോതിൽ വിവരങ്ങൾ കൈകാര്യം ചെയ്യാൻ പ്രാപ്തമാക്കി. ഇന്ന് ഇന്റർനെറ്റിലൂടെ വൻതോതിലാണ് വിവരങ്ങൾ ലഭിക്കുന്നത്. അതേ തുടർന്ന് വിശകലന ശേഷിയിൽ വമ്പിച്ച വളർച്ചയുണ്ടായി. ഭൂവിവരവ്യവസ്ഥ (GIS) യുടെ വികാസം അറിവിന്റെ പുതിയ തലങ്ങൾ ലഭ്യമാക്കുന്നു. കൃത്യമായ സ്ഥാനം നിർണയിക്കുന്ന ഒന്നായി ആഗോളസ്ഥാനിർണയവ്യവസ്ഥ (GPS) മാറിയിട്ടുണ്ട്. ശക്തമായ സൈദ്ധാന്തിക അടിത്തറയിൽ നിന്നുകൊണ്ട് സമന്വിതപഠനശേഷി വിപുലീകരിക്കാൻ സാങ്കേതികവിദ്യകൾ വഴിയൊരുക്കി.

ഈ സങ്കേതങ്ങളെക്കുറിച്ചൊക്കെയുള്ള പ്രാഥമിക അറിവുകൾ Practical work in Geography Part I (NCERT 2006) എന്ന പുസ്തകത്തിൽനിന്നും നിങ്ങൾക്ക് ലഭിക്കും.

ഭൗതികഭൂമിശാസ്ത്രവും അതിന്റെ പ്രാധാന്യവും

'Fundamentals of Physical Geography' എന്ന പുസ്തകത്തിലാണ് ഈ അധ്യായം ഉൾപ്പെടുന്നത്. വിഷയത്തിന്റെ സാധ്യതകൾ കൃത്യമായി പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നതാണ് പുസ്തകത്തിന്റെ ഉള്ളടക്കം. ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിലെ ഈ ശാഖയുടെ പ്രാധാന്യം മനസ്സിലാക്കാൻ ശ്രമിക്കാം. ശിലാമണ്ഡലം (ഭൂരൂപങ്ങൾ, നീരൊഴുക്ക്, ഭൂപ്രകൃതി), അന്തരീക്ഷം (അതിലുള്ള ഘടകങ്ങൾ, കാലാവസറയുടെയും അന്തരീക്ഷ സറിതിയുടെ ഘടകങ്ങളും നിയന്ത്രണങ്ങളും; താപനില, മർദം, കാറ്റുകൾ, വർഷണം, കാലാവസറ ഇനങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ), ജലമണ്ഡലം (സമുദ്രങ്ങൾ, കടലുകൾ, തടാകങ്ങളും അവയോടനുബന്ധിച്ചുള്ള ജലമേഖലകളും), ജൈവമണ്ഡലം (മനുഷ്യനുൾപ്പെടെയുള്ള ജീവരൂപങ്ങളും വലിയ ജീവികളും അവയുടെ നിലനിൽപ്പിനായുള്ള സംവിധാനങ്ങളും, ആഹാരശൃംഖല, ആവാസമാനദണ്ഡങ്ങളും ആവാസസന്തുലനവും) ഇവയെക്കുറിച്ചൊക്കെയുള്ള പഠനമാണ് ഭൗതികഭൂമിശാസ്ത്രം. 'പെഡോജനസിസ്' എന്ന പ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് മണ്ണ് രൂപംകൊള്ളുന്നത്. ഇത് മാതൃശിലകൾ, കാലാവസ്ഥ, ജൈവപ്രവർത്തനങ്ങൾ, സമയം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. സമയം അഥവാ കാലമാണ് മണ്ണിന് പാകത വരുത്തുന്നതും മൺപാളികൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതിനു കാരണമാകുന്നതും. മേൽപറഞ്ഞ ഓരോ ഘടകങ്ങളും മനുഷ്യരെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ഏറെ പ്രധാനമാണ്. മനുഷ്യപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് വേദിയൊരുക്കുന്നത് ഭൂരൂപങ്ങളാണ്. സമതലങ്ങൾ കൃഷിക്കായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. പീഠഭൂമികൾ വനങ്ങളും ധാതുസമ്പത്തും പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. പർവതങ്ങൾ, പുൽമേടുകളുടെയും വനങ്ങളുടെയും വിനോദസഞ്ചാര സാധ്യതകളുടെയും താഴ്ന്നപ്രദേശങ്ങൾ ജലം പ്രദാനം ചെയ്യുന്ന നദികളുടെയും ഉത്ഭവകേന്ദ്രങ്ങളുമാണ്.

നമ്മുടെ ആഹാരരീതികൾ, വസ്ത്രധാരണം, പാർപ്പിട നിർമാണരീതികൾ ഇവയെയൊക്കെ കാലാ

വസ്ഥ സ്വാധീനിക്കുന്നു. മാത്രമല്ല, സസ്യജാലങ്ങൾ, കൃഷിരീതി, കന്നുകാലിവളർത്തൽ, ചില വ്യവസായങ്ങൾ എന്നിവയിലും കാലാവസ്ഥയ്ക്ക് സ്വാധീനമുണ്ട്. അതേസമയം ചെറിയ ഇടങ്ങളിൽ കാലാവസ്ഥയ്ക്കു മാറ്റംവരുത്താൻ സാങ്കേതികവിദ്യ മനുഷ്യനെ പ്രാപ്തനാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഉദാ: എയർകണ്ടീഷണറുകളും കൂളറുകളും.

താപനിലയും വർഷണവുമാണ് വനസാന്ദ്രതയെയും പുൽമേടുകളുടെ സ്വഭാവത്തെയും നിർണയിക്കുന്നത്. ഇന്ത്യയിൽ കാർഷികതാളത്തിന് ചുക്കാൻപിടിക്കുന്നത് മൺസൂൺ മഴയാണ്. വർഷണം പോഷിപ്പിക്കുന്ന ഭൂഗർഭജല ലഭ്യത പിന്നീട് കൃഷിക്കും ഗാർഹിക ആവശ്യത്തിനുമുള്ള ജലം ലഭ്യമാക്കുന്നു. വിഭവങ്ങളുടെ കലവറയായ സമുദ്രങ്ങളെക്കുറിച്ച് നാം പഠിക്കുന്നുണ്ട്. മത്സ്യങ്ങളെയും സമുദ്ര ആഹാരങ്ങളെയും ഒഴിച്ചുനിർത്തിയാൽ സമുദ്രങ്ങൾ ധാതുവിഭവങ്ങളാൽ സമ്പന്നമാണ്. സമുദ്രത്തിന്റെ അടിത്തറയിലെ മാംഗനീസ് ശകലങ്ങൾ വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്നതിനുള്ള സങ്കേതം ഇന്ത്യ വികസിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. കൃഷിപോലെയുള്ള നിരവധി സാമ്പത്തികപ്രവർത്തനങ്ങളെ സ്വാധീനിക്കുന്ന പുനരുപയോഗ സാധ്യമായ ഒരു വിഭവമാണ് മണ്ണ്. മണ്ണിന്റെ വളക്കൂറ് എന്നത് സ്വാഭാവികമായ പ്രക്രിയകളാലും സാംസ്കാരികമായ ഘടകങ്ങളാലും നിർണയിക്കപ്പെടുന്നതാണ്.

സസ്യങ്ങൾ, ജന്തുക്കൾ, മറ്റ് സൂക്ഷ്മജീവികൾ എന്നിവ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ജൈവമണ്ഡലത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനമാണ് മണ്ണിനങ്ങൾ.

പ്രകൃതിവിഭവങ്ങളുടെ മൂല്യനിർണയവും പരിപാലനവും നടത്തുന്ന വിഷയമായി ഭൗതികഭൂമിശാസ്ത്രപഠനം വളർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. ഈ ലക്ഷ്യം സാക്ഷാത്കരിക്കുന്നതിന് ഭൗതികപരിസ്ഥിതിയും മനുഷ്യരാശിയും തമ്മിലുള്ള സങ്കീർണമായബന്ധം മനസ്സിലാക്കേണ്ടത് അനിവാര്യമാണ്. ഭൗതികപരിസ്ഥിതിയാണ് വിഭവങ്ങൾ പ്രദാനംചെയ്യുന്നത്. മനുഷ്യർ ഈ വിഭവങ്ങൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുകയും തങ്ങളുടെ സാമ്പത്തികവും സാംസ്കാരികവുമായ പുരോഗതി ഉറപ്പുവരുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ആധുനികസാങ്കേതികവിദ്യയുടെ സഹായത്തോടെ വർധിച്ചതോതിലുള്ള വിഭവ ഉപഭോഗം ലോകത്തിൽ ഇന്ന് പാരിസ്ഥിതിക അസന്തുലിതാവസ്ഥയ്ക്ക് കാരണമായിട്ടുണ്ട്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ സുസ്ഥിരവികസനം ഉറപ്പുവരുത്തുന്നതിന് ഭൗതികപരിസ്ഥിതിയെക്കുറിച്ചുള്ള മെച്ചപ്പെട്ട ധാരണ നേടേണ്ടത് അത്യാവശ്യമാണ്.

> **എന്താണ് ഭൂമിശാസ്ത്രം?**
>
> ഭൗമോപരിതലത്തിലെ സ്ഥലീയ വൈവിധ്യങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള വിവരണവും വിശദീകരണവുമാണ് ഭൂമിശാസ്ത്രം.
>
> *റിച്ചാർഡ് ഹാർട്ട്ഷോൺ*
>
> ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ വിവിധഭാഗങ്ങളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന പ്രതിഭാസങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനമാണ് ഭൂമിശാസ്ത്രം.
>
> *ഹെറ്റ്നർ*

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.

(i) ചുവടെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളവയിൽ ഭൂമിശാസ്ത്രം എന്ന പദത്തിന്റെ ഉപജ്ഞാതാവാര്?

(a) ഹെറോഡോട്ടസ് (c) ഗലീലിയോ

(b) ഇറാത്തോസ്തനീസ് (d) അരിസ്റ്റോട്ടിൽ

(ii) ചുവടെ തന്നിരിക്കുന്നവയിൽ ഭൗതികസവിശേഷത ഏത്?

(a) തുറമുഖം (c) സമതലം

(b) റോഡ് (d) ജലോദ്യാനം

(iii) താഴെ തന്നിട്ടുള്ളവയെ ശരിയായ ജോഡികളാക്കൂ:

1. അന്തരീക്ഷശാസ്ത്രം	A. ജനസംഖ്യാ ഭൂമിശാസ്ത്രം
2. ജനസംഖ്യാശാസ്ത്രം	B. മണ്ണ് ഭൂമിശാസ്ത്രം
3. സമൂഹശാസ്ത്രം	C. കാലാവസ്ഥാശാസ്ത്രം
4. മണ്ണുശാസ്ത്രം	D. സാമൂഹ്യഭൂമിശാസ്ത്രം

(a) 1B,2C,3A,4D (c) 1D,2B,3C,4A

(b) 1A,2D,3B,4C (d) 1C,2A,3D,4B

(iv) ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങളിൽ കാര്യ-കാരണബന്ധവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടതേത്?

(a) എന്തുകൊണ്ട്? (c) എന്ത് ?

(b) എവിടെ? (d) എപ്പോൾ?

(v) താഴെ നൽകിയിട്ടുള്ളവയിൽ കാലികമായ വിശകലനം നടത്തുന്ന ശാസ്ത്രമേത്?

(a) സമൂഹശാസ്ത്രം (c) നരവംശശാസ്ത്രം

(b) ഭൂമിശാസ്ത്രം (d) ചരിത്രം

2. താഴെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കുകളിൽ ഉത്തരമെഴുതുക:

(i) നിങ്ങൾ സ്കൂളിലേക്ക് പോകുമ്പോൾ കാണുന്ന പ്രധാന സാംസ്കാരിക സവിശേഷതകൾ എന്തൊക്കെ? അവ തമ്മിൽ സമാനതകൾ ഉണ്ടോ? അവയെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങൾ ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തേണ്ടതുണ്ടോ? ഉണ്ടെങ്കിൽ എന്തുകൊണ്ട്?

(ii) നിങ്ങളുടെ സ്കൂളിൽ വനമഹോത്സവം ആഘോഷിക്കാറുണ്ടോ? നാം ഇത്രയേറെ മരങ്ങൾ നടുന്നതെന്തിനാണ്? മരങ്ങൾ ആവാസ സന്തുലനം നിലനിർത്തുന്നതെങ്ങനെ?

(iii) നിങ്ങളുടെ വീട്ടിൽനിന്നും സ്കൂളിലെത്താൻ എത്ര സമയം വേണ്ടിവരും? വീടിന് എതിർവശത്തായിരുന്നു നിങ്ങളുടെ സ്കൂളെങ്കിൽ സ്കൂളിലെത്താൻ എത്ര സമയം വേണ്ടിവരുമായിരുന്നു? ദിവസേന സ്കൂളിലേക്കും തിരിച്ചുമുള്ള നിങ്ങളുടെ യാത്രയിൽ ദൂരം എന്തു സ്വാധീനമാണ് ചെലുത്തുന്നത്? സമയത്തെ സ്ഥാനികമായും സ്ഥാനത്തെ സമയപരമായും മാറ്റാനാവുമോ?

3. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കുകളിൽ ഉത്തരമെഴുതുക:

(i) നിങ്ങളുടെ പരിസരത്തുള്ള സ്വാഭാവികവും സാംസ്കാരികവുമായ പ്രതിഭാസങ്ങൾ വ്യത്യസ്തമാണെന്ന് ദിവസേന നിങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കുന്നുണ്ടല്ലോ. എല്ലാ വൃക്ഷങ്ങളും ഒരേയിനമല്ല. നിങ്ങൾ കാണുന്ന പക്ഷികളും മൃഗങ്ങളുമെല്ലാം വ്യത്യസ്തമാണ്. ഈ വ്യത്യസ്തകളെല്ലാം നിലനിൽക്കുന്നത് ഭൂമിയിലാണ്. ഭൂമിശാസ്ത്രമെന്നത് സ്ഥലപരമായ/സ്ഥാനീയമായ വ്യത്യാസങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനമാണെന്ന് ഇനി നിങ്ങൾ വാദിക്കൂ.

(ii) സാമൂഹ്യപഠനങ്ങളുടെ ഭാഗങ്ങളായി സാമ്പത്തികശാസ്ത്രം, പൗരധർമം, ചരിത്രം, ഭൂമിശാസ്ത്രം എന്നിവയെന്ന് നിങ്ങൾ ഇതിനകം പഠിച്ചുകഴിഞ്ഞു. ഈ വിഷയങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള സമാനതകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അവയെ ഉദ്ഗ്രഥിക്കാൻ ശ്രമിക്കൂ.

പ്രോജക്ട് പ്രവർത്തനം

പ്രകൃതി വിഭവമായ വനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് താഴെ നൽകിയിരിക്കുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങൾ പൂർത്തിയാക്കൂ.

(i) വിവിധതരം വനങ്ങളുടെ വിതരണം സൂചിപ്പിക്കുന്ന ഇന്ത്യയുടെ ഭൂപടം തയാറാക്കുക.

(ii) രാജ്യത്തെ വനങ്ങളുടെ സാമ്പത്തിക പ്രാധാന്യത്തെക്കുറിച്ച് വിവരിക്കുക.

(iii) രാജസ്ഥാനിലെയും ഉത്തരാഖണ്ഡിലെയും ചിപ്കോ പ്രസ്ഥാനപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ വെളിച്ചത്തിൽ ഇന്ത്യയിലെ വനസംരക്ഷണത്തിന്റെ ചരിത്രത്തെക്കുറിച്ച് ഒരു വിവരണം തയാറാക്കുക.

യൂണിറ്റ്
II

ഭൂമി

ഈ യൂണിറ്റിൽ ചർച്ചചെയ്യുന്നത്:

- ഭൂമിയുടെ ഉൽപ്പത്തിയും പരിണാമവും; ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറ; വെഗ്നറുടെ വൻകരവിസ്ഥാപന സിദ്ധാന്തവും ഫലകചലനവും; ഭൂകമ്പങ്ങളും അഗ്നിപർവതങ്ങളും

V1P9H3

അധ്യായം

2

ഭൂമിയുടെ ഉൽപ്പത്തിയും പരിണാമവും

അനന്തമായ ആകാശത്തിലെ എണ്ണമറ്റ നക്ഷത്രങ്ങൾ നമുക്കെന്നും ഒരു വിസ്മയമാണ്. നക്ഷത്രങ്ങളുടെ എണ്ണം, അവയുടെ ഉൽപത്തി, ആകാശത്തിന്റെ അനന്തത തുടങ്ങിയവ സംബന്ധിച്ച് എത്രയെത്ര ചോദ്യങ്ങൾ നമ്മുടെയൊക്കെ മനസിൽ നാമ്പിട്ടിട്ടുള്ളതാണ്. പ്രപഞ്ചോൽപത്തി, നക്ഷത്രരൂപീകരണം, ഭൂമിയുടെ ഉൽപത്തിയും പരിണാമവും എന്നീ ആശയങ്ങൾ ക്രമാനുഗതമായി ഈ യൂണിറ്റിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.

ആദ്യകാല സിദ്ധാന്തങ്ങൾ

ഭൗമോൽപ്പത്തി

ഭൗമോൽപ്പത്തിയെ സംബന്ധിച്ച് നിരവധി സങ്കൽപ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ഉടലെടുത്തിട്ടുണ്ടെങ്കിലും ജർമ്മൻ തത്ത്വചിന്തകനായ ഇമ്മാനുവേൽ കാന്റ് അവതരിപ്പിച്ച വാദഗതിയാണ് ഏറ്റവും ശ്രദ്ധേയം. 1796-ൽ ഫ്രഞ്ച് ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായ ലാപ്ലേസ് പുനരാവിഷ്കരിച്ച ഈ വാദഗതി 'നെബുലാർ സിദ്ധാന്തം' എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. സൂര്യന് ചുറ്റുമുണ്ടായിരുന്ന വാതകങ്ങളും പൊടിപടലങ്ങളുമടങ്ങിയ മേഘരൂപം സ്വന്തം ഭ്രമണവേഗത്താൽ വേറിട്ട് ഗ്രഹങ്ങളായി പരിണമിച്ചുവെന്ന് ഈ സങ്കൽപസിദ്ധാന്തം കണക്കാക്കുന്നു.

എ.ഡി. 1900-ൽ ഷാമ്പർലെയ്ൻ, മോൾട്ടൺ എന്നിവർ മറ്റൊരു വാദഗതിയുമായി മുന്നോട്ടുവന്നു. അതിൻ പ്രകാരം മറ്റൊരു നക്ഷത്രത്തിന്റെ ആകർഷണഫലമായി സൗരോപരിതലത്തിൽനിന്നും ചുരുട്ടിന്റെ ആകൃതിയിൽ വസ്തുക്കൾ പുറത്തേക്കു വ്യാപിക്കുകയും തുടർന്ന് അവ വേർപെട്ട് സൂര്യനെ വലം വയ്ക്കാനാരംഭിക്കുകയും ചെയ്തു. ഈ വസ്തുക്കൾ ഘനീഭവിച്ചതിലൂടെയാണ് ഗ്രഹങ്ങൾ രൂപപ്പെട്ടത്. പിൽക്കാലത്ത് സർ ജയിംസ് ജീൻസ്, സർ ഹരോൾഡ് ജഫ്രി എന്നീ ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഈ വാദഗതിയെ പിൻതാങ്ങി.

ഗ്രഹങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിൽ സൂര്യനൊപ്പം മറ്റൊരു നക്ഷത്രത്തെക്കൂടി അവതരിപ്പിക്കുന്ന വ്യത്യസ്ത വാദഗതികളടങ്ങിയ സിദ്ധാന്തങ്ങളെ ബൈനറി സിദ്ധാന്തങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

എ.ഡി. 1950-ൽ റഷ്യൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഓട്ടോ ഷ്മിഡ്റ്റ്, ജർമൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ കാൾ വിസാസ്കർ എന്നിവർ ചേർന്ന് നെബുലാർസിദ്ധാന്തത്തെ പുനരാവിഷ്കരിച്ചു. സൂര്യനെച്ചുറ്റി മുഖ്യമായും ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം, പൊടിപടലങ്ങൾ എന്നിവ ചേർന്ന മേഘരൂപം (Nebula) സ്ഥിതിചെയ്തിരുന്നു. ഇതിനുള്ളിലെ പദാർഥങ്ങൾക്കിടയിലുണ്ടായ ഘർഷണവും കൂട്ടിയിടിയും അവ അടഞ്ഞുകൂടി വികസിക്കാൻ (Accretion) കാരണമായി. ഇത്തരത്തിലാണ് നെബുലയ്ക്കുള്ളിൽ ഗ്രഹങ്ങൾ രൂപപ്പെട്ടത്.

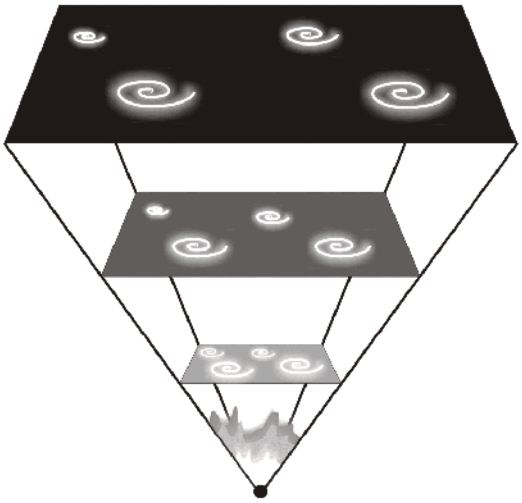
ആധുനിക സിദ്ധാന്തങ്ങൾ

പിൽക്കാലത്ത് ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഗ്രഹങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തെക്കാൾ പ്രാമുഖ്യം നൽകിയത് പ്രപഞ്ച ഉൽപത്തിയെ സംബന്ധിച്ച പഠനങ്ങൾക്കായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചോൽപ്പത്തിയെ സംബന്ധിച്ച് ഏറ്റവും പ്രസിദ്ധമായ സിദ്ധാന്തമാണ് 1920-ൽ എഡ്വിൻ ഹബിൾ അവതരിപ്പിച്ച മഹാവിസ്ഫോടന സിദ്ധാന്തം (Big Bang Theory). ഈ സിദ്ധാന്തത്തിന് 'പ്രപഞ്ചവികാസസിദ്ധാന്തം' എന്നും പേരുണ്ട്. പ്രപഞ്ചം സദാ വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതായും കാലാന്തരത്തിൽ നക്ഷത്രസമൂഹങ്ങൾക്കിടയിലെ അകലം വർധിച്ചുവരുന്നതായും ഹബിൾ അവകാശപ്പെടുന്നു.

ബലൂൺ പരീക്ഷണം

പ്രപഞ്ചവികാസം എന്ന ആശയം ഒരു ലഘുപരീക്ഷണത്തിലൂടെ മനസ്സിലാക്കാനാകും. ഒരു ബലൂണിന് പുറത്ത് ഗാലക്സികളെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുംവിധം കുത്തുകൾ അടയാളപ്പെടുത്തുക. ഇനി ബലൂൺ വീർപ്പിക്കുക. ബലൂൺ വീർക്കുമ്പോൾ ഗാലക്സികളായി സങ്കൽപ്പിച്ച കുത്തുകൾക്കിടയിൽ അകലം ക്രമേണ കൂടിവരുന്നു. ഇത്തരത്തിലാണ് പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഗാലക്സികൾക്കിടയിലെ അകലം വർധിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ബലൂൺ പരീക്ഷണത്തിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയ കുത്തുകൾ തമ്മിലുള്ള അകലം മാത്രമല്ല ഓരോ കുത്തുകളും സ്വയം വികസിച്ചുവരുന്നു. ഇത് വസ്തുതകൾക്കു നിരക്കുന്നതല്ല. കാരണം, ഗാലക്സികൾ തമ്മിലുള്ള അകലം വർധിക്കുന്നതല്ലാതെ ഗാലക്സികൾ വികസിക്കുന്നതിന് ശാസ്ത്രീയമായി തെളിവുകളില്ല.

മഹാവിസ്ഫോടന സിദ്ധാന്തപ്രകാരം പ്രപഞ്ചവികസനം താഴെ പറയുന്ന ഘട്ടങ്ങളിലൂടെയാണ് സംഭവിച്ചിട്ടുള്ളത്:



ചിത്രം 2.1 : മഹാവിസ്ഫോടനം

(i) ആരംഭത്തിൽ പ്രപഞ്ചത്തിലെ സകല ദ്രവ്യങ്ങളും സങ്കൽപാതീതമായ ചെറു കണികയിൽ ഉൾക്കൊണ്ടിരുന്നു. അളവറ്റ അതിതീവ്രമായ താപവും സാന്ദ്രതയും ഈ കണികയ്ക്കുണ്ടായിരുന്നു.

(ii) ഏകദേശം 13.7 ശതകോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് ഈ കണിക അതിഭീമമായ വിസ്ഫോടനത്തിലൂടെ വികസിച്ചു. ഈ വികാസം ഇന്നും തുടരുന്നതായി കണക്കാക്കുന്നു. വികസനഘട്ടത്തിൽ ഊർജം ദ്രവ്യമായി പരിണമിച്ചു. വിസ്ഫോടനത്തിന്റെ ആദ്യമാത്രയിൽ ത്വരിതമായി വികാസമുണ്ടായെങ്കിലും പിന്നീട് വികാസവേഗം കുറഞ്ഞുവന്നു. മഹാവിസ്ഫോടനത്തിന്റെ ആദ്യ മൂന്ന് മിനിട്ട് സമയംകൊണ്ട് ദ്രവ്യത്തിന്റെ ഏറ്റവും ചെറിയ രൂപമായ ആദ്യ 'ആറ്റം' ഉടലെടുത്തു.

(iii) മഹാവിസ്ഫോടനശേഷം 300000 വർഷങ്ങൾ പിന്നിട്ടപ്പോൾ താപനില 4500 കെൽവിനിൽ താഴെയായി കുറഞ്ഞതിനാൽ കൂടുതൽ ദ്രവ്യരൂപീകരണം സംഭവിക്കുകയും പ്രപഞ്ചം സുതാര്യമാകുകയും ചെയ്തു.

നക്ഷത്രസമൂഹങ്ങൾ അഥവാ ഗാലക്സികൾക്കിടയിലെ അകലം വർധിക്കുന്നു എന്നതാണ് പ്രപഞ്ചവികസനം അർഥമാക്കുന്നത്. ഈ ആശയത്തിന് ബദലായി ഉയർന്നുവന്നിട്ടുള്ള സങ്കൽപങ്ങളിൽ ഹോയലിന്റെ സ്ഥിരസ്ഥിതി സിദ്ധാന്തമാണ് (Steady State Theory) ശ്രദ്ധേയം.

എല്ലാ കാലഘട്ടത്തിലും പ്രപഞ്ചം ഏറെക്കുറെ ഇന്നത്തെ അവസ്ഥയിൽ തന്നെയായിരുന്നു എന്ന് ഈ സങ്കൽപ്പം കണക്കാക്കുന്നു. എന്നാൽ പ്രപഞ്ചവികസനത്തെ സംബന്ധിച്ച മഹത്തായ തെളിവുകൾ പിൽക്കാലത്ത് ലഭ്യമായതിനാൽ വികസിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചം എന്ന ഹബിളിന്റെ വാദഗതിയെയാണ് ശാസ്ത്രലോകം അനുകൂലിക്കുന്നത്.

നക്ഷത്രരൂപീകരണം

പ്രപഞ്ചപരിണാമത്തിന്റെ ആദ്യഘട്ടങ്ങളിൽ ഊർജ്ജ-ദ്രവ്യവിതരണം തികച്ചും അസന്തുലിതമായിട്ടായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചവസ്തുക്കളിലെ സാന്ദ്രതാവ്യത്യാസം വ്യത്യസ്ത ഗുരുത്വാകർഷണബലങ്ങൾക്കും പ്രപഞ്ചപദാർഥങ്ങളുടെ കൂടിച്ചേരലുകൾക്കും വഴിവച്ചു. ഈ കൂടിച്ചേർക്കൽ ഗാലക്സികളുടെ രൂപീകരണത്തിന് അടിസ്ഥാനമായി. ഒരു ഗാലക്സി നിരവധി നക്ഷത്രങ്ങളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഓരോ ഗാലക്സിയ്ക്കും ആയിരക്കണക്കിന് പ്രകാശവർഷത്തോളം വ്യാപ്തിയുണ്ട്. പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഗാലക്സികളുടെ വ്യാസം 80000 മുതൽ 150000 പ്രകാശവർഷംവരെയാണെന്ന് കണക്കാക്കുന്നു.

ഹൈഡ്രജൻ വാതകം കേന്ദ്രീകരിച്ച് രൂപംകൊണ്ട അതിഭീമമായ മേഘരൂപങ്ങളായാണ് (നെബുല) ഗാലക്സികളുടെ തുടക്കം. ഈ മേഘരൂപങ്ങളുടെ തുടർ വികസന ഘട്ടങ്ങളിൽ ചുറ്റുമുള്ള വാതക കണങ്ങൾ കൂടിച്ചേരുകയും അതിസാന്ദ്രമായ ഈ വാതക ച്ചേർച്ചകൾ നക്ഷത്രങ്ങളായി പരിണമിക്കുകയും ചെയ്തു. നക്ഷത്രങ്ങൾ രൂപംകൊണ്ടത് ഏകദേശം 5 മുതൽ 6 ശതകോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണ് എന്ന് കണക്കാക്കുന്നു.

പ്രകാശവർഷം

ഒരു പ്രകാശവർഷം എന്നത് ദൂരത്തിന്റെ അളവുകോലാണ്, കാലത്തിന്റെയല്ല. സെക്കന്റിൽ 300000 കിലോമീറ്റർ എന്ന വേഗത്തിലാണ് പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്നത്. ഇതിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ഒരു വർഷകാലയളവിൽ പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരത്തെയാണ് ഒരു പ്രകാശവർഷമായി കണക്കാക്കുന്നത്. ഒരു പ്രകാശവർഷം എന്നത് 9.461×10^{12} കിലോമീറ്ററിന് തുല്യമാണ്. സൂര്യനിൽനിന്നും ഭൂമിയിലേക്കുള്ള ദൂരമായ 149,598,000 കിലോമീറ്റർ എന്നത് പ്രകാശവർഷത്തിൽ 8.311 മിനിട്ടാണ്.

ഗ്രഹങ്ങളുടെ രൂപീകരണം

ഗ്രഹങ്ങൾ വികസിച്ചുവന്നത് താഴെ പറയുന്ന ഘട്ടങ്ങളിലൂടെയാണ്:

(i) നെബുലക്കുള്ളിലെ വാതകക്കൂട്ടങ്ങളുടെ കേന്ദ്രീകരണങ്ങളാണ് നക്ഷത്രങ്ങൾ. ഈ വാതകക്കൂട്ടത്തിനുള്ളിലെ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം ഒരു അകക്കാമ്പിന്റെയും അതിനെ

വലംവയ്ക്കുന്ന വാതകങ്ങളും പൊടിപടലങ്ങളുമടങ്ങിയ ആവരണത്തിന്റെയും രൂപീകരണത്തിനും കാരണമായി.

(ii) അടുത്ത ഘട്ടത്തിൽ നക്ഷത്രങ്ങളെ ചുറ്റിനിന്ന മേഘരൂപങ്ങൾ ഘനീഭവിച്ച് ചെറുഗോളക വസ്തുക്കൾ രൂപംകൊണ്ടു. ഗ്രഹങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിന് അടിസ്ഥാനമായ ഈ ചെറുഗോളങ്ങളെ 'പ്ലാനറ്റെസിമലുകൾ' എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ ചെറുഗോളങ്ങൾക്കിടയിലെ കൂട്ടിയിടിമൂലവും ഗുരുത്വാകർഷണംമൂലവും ഇവയുടെ വലിപ്പം കൂടിവന്നു.

(iii) അടുത്തഘട്ടത്തിൽ നിരവധിയായ പ്ലാനറ്റെസിമലുകൾ പരസ്പരം കൂട്ടിച്ചേർന്ന് ഏതാനും ചില വലിയ ഗോളങ്ങളായി പരിണമിച്ചു. ഇതാണ് ഗ്രഹങ്ങൾ.

നമ്മുടെ സൗരയൂഥം

എട്ട് ഗ്രഹങ്ങളടങ്ങിയതാണ് നമ്മുടെ സൗരയൂഥം. സൗരയൂഥം രൂപപ്പെടുന്നതിന് അടിസ്ഥാനമായ സോളാർ നെബുല അതിന്റെ കാമ്പിൽനിന്നും വേർപെടാൻ തുടങ്ങിയത് ഏകദേശം 5 മുതൽ 5.6 ശതകോടി വർഷം മുമ്പാണ് എന്ന് കണക്കാക്കുന്നു. ഗ്രഹങ്ങൾ രൂപംകൊണ്ടത് 4.6 ശതകോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണ്. സൂര്യൻ, 8 ഗ്രഹങ്ങൾ, 63 ഉപഗ്രഹങ്ങൾ, ദശലക്ഷക്കണക്കിന് ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ (asteroids), ധൂമകേതുക്കൾ (comets), പൊടിപടലങ്ങൾ, വാതകങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് നമ്മുടെ സൗരയൂഥം.

സൗരയൂഥത്തിലെ 8 ഗ്രഹങ്ങളിൽ ബുധൻ, ശുക്രൻ, ഭൂമി, ചൊവ്വ എന്നിവ സൂര്യനും ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ കേന്ദ്രീകരിച്ചിട്ടുള്ള മേഖലയ്ക്കും ഇടയിലായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ഈ ഗ്രഹങ്ങളെ അന്തർഗ്രഹങ്ങൾ (Inner planets) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. താരതമ്യേന ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയുള്ളതും ശിലകളും ലോഹങ്ങളുംകൊണ്ട് നിർമിതവുമായ അന്തർഗ്രഹങ്ങളെ ഭൂസമാനഗ്രഹങ്ങൾ എന്ന അർഥത്തിൽ ഭൗമഗ്രഹങ്ങൾ (Terrestrial planets) എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കാം. വ്യാഴം, ശനി, യുറാനസ്, നെപ്റ്റ്യൂൺ എന്നീ മറ്റ് നാല് ഗ്രഹങ്ങളെ ബാഹ്യഗ്രഹങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. വ്യാഴ-സമാനഗ്രഹങ്ങൾ എന്ന അർഥത്തിൽ ബാഹ്യഗ്രഹങ്ങളെ ജോവിയൻ ഗ്രഹങ്ങൾ എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കാം. ഭൗമഗ്രഹങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് ബാഹ്യഗ്രഹങ്ങൾ വളരെ വലുതും മുഖ്യമായും ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം എന്നീ വാതകങ്ങളടങ്ങിയ കനത്ത അന്തരീക്ഷ ആവരണമുള്ളവയുമാണ്. സമീപകാലത്തോളം (ആഗസ്റ്റ് 2006) പ്ലൂട്ടോയെ ഗ്രഹങ്ങളുടെ പട്ടികയിലുൾപ്പെടുത്തിയിരുന്നു. എന്നാൽ ഇന്റർനാഷണൽ ആസ്ട്രോണമിക്കൽ യൂണിയന്റെ തീരുമാനപ്രകാരം 'പ്ലൂട്ടോ' യെ കുള്ളൻ ഗ്രഹങ്ങളുടെ (Dwarf planets) പട്ടികയിൽ ഉൾപ്പെടുത്തുകയായിരുന്നു.

> അന്തർഗ്രഹങ്ങൾ ശിലാനിർമിതവും ബാഹ്യഗ്രഹങ്ങൾ പൊതുവെ വാതക നിർമിതവുമാകാൻ കാരണമെന്ത്?

ഭൗമഗ്രഹങ്ങളെ ജോവിയൻ ഗ്രഹങ്ങളിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമാക്കുന്ന വസ്തുതകളാണ് ചുവടെ:

(i) ഭൗമഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യനോടടുത്ത് രൂപം കൊണ്ടവയാണ്. ഉയർന്ന താപംമൂലം വാതകങ്ങൾ അവിടെ ഘനീഭവിച്ചുറയുന്നില്ല. ജോവിയൻ ഗ്രഹങ്ങളാകട്ടെ സൂര്യനിൽനിന്നും ഏറെ അകന്നാണ് രൂപം കൊണ്ടിട്ടുള്ളത്.

(ii) സൂര്യനോടടുത്ത് സൗരവാതം തീക്ഷ്ണമായി അനുഭവപ്പെട്ടിരുന്നതിനാൽ ഭൗമഗ്രഹങ്ങളിൽനിന്നും വാതകങ്ങളും പൊടിപടലങ്ങളും തൂത്തെറിയപ്പെട്ടു. എന്നാൽ ജോവിയൻ ഗ്രഹങ്ങളിൽ സൗരവാതം വാതകങ്ങൾ നീങ്ങിപ്പോകാൻ വേണ്ടത്ര അത്രയും തീക്ഷ്ണമായിരുന്നില്ല.

(iii) ഭൗമഗ്രഹങ്ങൾ പൊതുവെ ചെറിയ ഗ്രഹങ്ങളായതിനാൽ അവയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണം താരതമ്യേന കുറവാണ്. ഇത് വാതകങ്ങളെ പിടിച്ചുനിർത്താൻ പ്രാപ്തമായിരുന്നില്ല. ജോവിയൻ ഗ്രഹങ്ങളാകട്ടെ വലിയ ഗ്രഹങ്ങളാകയാൽ വാതകങ്ങളെ പിടിച്ചുനിർത്താൻ പ്രാപ്തമായ ഗുരുത്വാകർഷണം അവയ്ക്കുണ്ടായിരുന്നു.

സൗരയൂഥം

	ബുധൻ	*ശുക്രൻ*	*ഭൂമി*	*ചൊവ്വ*	*വ്യാഴം*	*ശനി*	*യുറാനസ്*	*നെപ്റ്റ്യൂൺ*
ദൂരം*	0.387	0.723	1.000	1.524	5.203	9.539	19.182	30.058
സാന്ദ്രത@	5.44	5.245	5.517	3.945	1.33	0.70	1.17	1.66
ആരം#	0.383	0.949	1.000	0.533	11.19	9.460	4.11	3.88
ഉപഗ്രഹങ്ങൾ	0	0	1	2	16	ഏകദേശം 18	ഏകദേശം 17	8

* സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള ദൂരം ജ്യോതിശാസ്ത്ര ഏകകത്തിൽ, അതായത് ഭൂമിയുടെ ശരാശരി ദൂരം 149,598,000 കിലോമീറ്റർ – 1 @ സാന്ദ്രത (ഗ്രാം/ഘനസെന്റീമീറ്റർ)

\# ആരം: മധ്യരേഖയിലെ ആരം – 6378.137 കിലോമീറ്റർ – 1

ചന്ദ്രൻ

ഭൂമിയുടെ ഒരേയൊരു സ്വാഭാവിക ഉപഗ്രഹമാണ് ചന്ദ്രൻ. ഭൗമോൽപ്പത്തിയെക്കുറിച്ചെന്നപോലെ ചന്ദ്രന്റെ രൂപീകരണത്തെ സംബന്ധിച്ചും നിരവധി വാദഗതികൾ ഉയർന്നുവന്നിട്ടുണ്ട്. ആരംഭത്തിൽ ഭൂമിയും ചന്ദ്രനും അതിദ്രുതം ചുറ്റുന്ന ഒരൊറ്റ ഗോളമായിരുന്നു എന്ന് സർ ജോർജ് ഡാർവിൻ 1838-ൽ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. പിന്നീട് ഇത് ഡംബ്-ബെൽ ആകൃതിയിലേക്ക് പരിണമിക്കുകയും വേർപെടുകയും ചെയ്തു. ഭൂമിയിൽനിന്നും ചന്ദ്രൻ വേറിട്ട് മാറിയതിനാലാണ് പസഫിക് സമുദ്രം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഗർത്തം രൂപപ്പെട്ടതെന്നും അഭിപ്രായമുണ്ട്. എന്നാൽ ഈ വാദഗതികളെ സമകാലിക ശാസ്ത്രജ്ഞർ അംഗീകരിക്കുന്നില്ല.

ഭൂമിയുടെ ഉപഗ്രഹമെന്ന നിലയിൽ ചന്ദ്രന്റെ രൂപീകരണം 'ദി ബിഗ് സ്പ്ലാറ്റ്' എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ഒരു 'ഭീമൻ കൂട്ടിയിടി' (Giant impact) യിലൂടെയായിരുന്നു എന്ന് ഇന്ന് പരക്കെ വിശ്വസിക്കപ്പെടുന്നു. ഭൂമി രൂപംകൊണ്ട് അധികകാലം പിന്നിടും മുമ്പ് ചൊവ്വാ ഗ്രഹത്തിന്റെ മൂന്ന് മടങ്ങോളം വലിപ്പമുള്ള ഒരു ഭീമൻ വസ്തു ഭൂമിയുമായി കൂട്ടിയിടിച്ചു. ഈ കൂട്ടിയിടിയുടെ ഫലമായി ഭൂമിയിൽനിന്നും ഒരു വലിയ ഭാഗം അടർന്ന് മാറി ശൂന്യാകാശത്തെത്തുകയും പ്രത്യേക ഭ്രമണപഥത്തിൽ ഭൂമിയെ വലംവയ്ക്കാൻ ആരംഭിക്കുകയും ചെയ്തു. ഏകദേശം 4.44 ശതകോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് ഇത്തരത്തിൽ ചന്ദ്രൻ പരിണമിച്ചു എന്നാണ് വിശ്വാസം.

ഭൗമപരിണാമം

മുഖ്യമായും ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം എന്നീ വാതകങ്ങൾ ഉൾപ്പെട്ട നേർത്ത അന്തരീക്ഷം മാത്രമുള്ള ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള പരുക്കൻ പാറകളാൽ നിർമിതമായ ഒരു തരിശായ ഗോളമായിരുന്നു ഭൂമി. ഈ അവസ്ഥയിൽനിന്ന് സുന്ദരവും ജലസമൃദ്ധവും ജീവവായു സമ്പന്നവുമായ ഒരു ജീവഗ്രഹമായി ഭൂമി പരിണമിച്ചത് സംഭവബഹുലമായ ചില പ്രക്രിയകളിലൂടെയായിരിക്കാം. ഭൗമോൽപ്പത്തി മുതൽ ഇന്നോളം നടന്ന വിവിധ പ്രക്രിയകൾ ജൈവപരിണാമത്തിലേക്ക് നയിച്ചതെങ്ങനെയെന്ന് നോക്കാം.

ഭൂമിക്ക് പാളികളായുള്ള ഘടനയാണുള്ളത്. ഭൗമാന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ബാഹ്യപ്രതലം മുതൽ ഭൂകേന്ദ്രംവരെ പദാർഥങ്ങളുടെ വിതരണം ഏകീകൃത രീതിയിലല്ല. അന്തരീക്ഷവസ്തുക്കൾക്കാണ് സാന്ദ്രത ഏറ്റവും കുറവ്. ഭൗമോപരിതലം മുതൽ ഭൂകേന്ദ്രംവരെ വ്യത്യസ്ത സ്വഭാവമുള്ള വ്യത്യസ്ത പാളികളായി നിലകൊള്ളുന്നു.

എങ്ങനെയായിരിക്കും ഭൂമിക്ക് പാളികളായുള്ള ഘടനയുണ്ടായത്?

ശിലാമണ്ഡലത്തിന്റെ പരിണാമം

പ്രാരംഭഘട്ടത്തിൽ ഭൂമി അർധദ്രവാവസ്ഥയിലായിരുന്നു. സാന്ദ്രതയിൽ ക്രമേണയുണ്ടാകുന്ന വർധനമൂലം ഉള്ളിലേക്ക് പോകുന്തോറും താപനിലയും വർദ്ധിച്ചുവരുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയിൽ വസ്തുക്കൾ സാന്ദ്രതയ്ക്കനുസരിച്ച് വേറിട്ട് ക്രമീകരിക്കാൻ ഇത് കാരണമായി. ഭാരിച്ച വസ്തുക്കൾ (ഇരുമ്പുപോലെയുള്ളവ) ഭൂമിയുടെ ഉള്ളിലേക്ക് താഴ്ന്നിറങ്ങിയതിനാൽ ഭൂകേന്ദ്രത്തിൽനിന്ന് പുറത്തേക്ക് വസ്തുക്കളുടെ സാന്ദ്രത ക്രമേണ കുറഞ്ഞുവരുംവിധം പുനക്രമീകരണമുണ്ടായി. കാലാന്തരത്തിൽ ഭൂമി കൂടുതൽ തണുത്തതിലൂടെ ഭൂമിയുടെ പുറംപാളിയായ ഭൂവൽക്കം രൂപപ്പെട്ടു. ചന്ദ്രന്റെ രൂപീകരണവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട 'ഭീമൻ കൂട്ടിയിടി'യുടെ ഫലമായി ഭൂമി വീണ്ടും വൻതോതിൽ ചൂടുപിടിച്ചു. വേർതിരിക്കൽ (differentiation) പ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് ഭൗമവസ്തുക്കൾ പ്രത്യേക പാളികളായി ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടത്. ഭൂവൽക്കം, മാന്റിൽ, പുറക്കാമ്പ്, അകക്കാമ്പ് എന്നിങ്ങനെ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽനിന്ന് ഉള്ളിലേക്ക് വ്യത്യസ്ത പാളികൾ നിലകൊള്ളുന്നു. ഭൂവൽക്കത്തിൽനിന്നും കാമ്പിലേക്ക് സാന്ദ്രത വർധിച്ചുവരുന്നു. ഭൗമപാളികളെ സംബന്ധിച്ച കൂടുതൽ വസ്തുതകൾ അടുത്ത അധ്യായത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്.

അന്തരീക്ഷപരിണാമവും ജലമണ്ഡലത്തിന്റെ രൂപപ്പെടലും

മുഖ്യമായും നൈട്രജനും ഓക്സിജനും അടങ്ങിയ അന്തരീക്ഷമാണ് ഭൂമിക്കുള്ളത്.

ഇന്നത്തെ വിധത്തിൽ ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷം രൂപപ്പെട്ടത് മൂന്ന് പ്രധാന ഘട്ടങ്ങളിലൂടെയാണ്. ആദ്യഘട്ടത്തിൽ തുടക്കത്തിലുണ്ടായിരുന്ന അന്തരീക്ഷം ക്ഷയിച്ച് ഇല്ലാതായി. മുഖ്യമായും ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം എന്നിവയടങ്ങിയ പ്രാരംഭ അന്തരീക്ഷം സൗരവാതത്താൽ തൂത്തെറിയപ്പെട്ടു. ഭൂമിയിൽ മാത്രമല്ല മറ്റെല്ലാ ഭൗമഗ്രഹങ്ങളിലും സൗരവാതസ്വാധീനം പ്രാരംഭ അന്തരീക്ഷം ഇല്ലാതാകുന്നതിന് കാരണമായി.

ഭൂമി തണുക്കുന്ന ഘട്ടങ്ങളിൽ ഉള്ളറയിൽനിന്നും വാതകങ്ങളും നീരാവിയും മോചിപ്പിക്കപ്പെട്ടു. ഇത് അന്തരീക്ഷ പരിണാമത്തിന് തുടക്കമിട്ടു. നീരാവി, നൈട്രജൻ, കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്, മീഥെയ്ൻ, അമോണിയ എന്നിവയും നേരിയ അളവിൽ ഓക്സിജനും ഉൾപ്പെട്ട അന്തരീക്ഷം രൂപപ്പെട്ടു. ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയിൽനിന്നും വാതകങ്ങൾ മോചിപ്പിക്കപ്പെട്ട പ്രക്രിയയെ വാതകമോ

ഭൂവിജ്ഞാനീയ കാലഗണന പട്ടിക (Geological Time Scale)

Eon (മഹാകല്പം)	Era (കല്പം)	Period (മഹായുഗം)	Epoch (യുഗം)	ഇന്നേക്ക് എത്ര വർഷങ്ങൾ മുമ്പ്	ജീവപരിണാമം/ പ്രധാന സംഭവങ്ങൾ
	സിനോ സോയിക് (65 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾ മുതൽ ഇന്നു വരെ)	ക്വാട്ടർനറി	ഹോളോസീൻ പ്ലീസ്റ്റോസീൻ	0-10000 10000-2 ദശലക്ഷം	ആധുനിക മനുഷ്യൻ ഹോമോസാപിയൻ
		ടെർഷ്യറി	പ്ലയോസീൻ മയോസീൻ ഒലിഗോസീൻ ഇയോസീൻ പാലിയോസീൻ	2-5 ദശലക്ഷം 5-24 ദശലക്ഷം 24-37 ദശലക്ഷം 37-58 ദശലക്ഷം 57-65 ദശലക്ഷം	ആദ്യമനുഷ്യ പൂർവികർ ആൾക്കുരങ്ങ്, പുഷ്പിക്കുന്ന സസ്യങ്ങൾ, വൃക്ഷങ്ങൾ ആൾക്കുരങ്ങ് മുയലുകൾ ചെറുസസ്തനികൾ: എലി, ചുണ്ടെലി
	മിസോ സോയിക് (65-245 ദശ ലക്ഷം)	ക്രിട്ടേഷ്യസ് ജുറാസിക് ട്രയാസിക്		65-144 ദശലക്ഷം 144-208 ദശലക്ഷം 208-245 ദശലക്ഷം	ദിനോസറുകളുടെ വംശനാശം ദിനോസറുകളുടെ കാലം തവള, ആമ
	പാലിയോസോ യിക് (65-245 ദശലക്ഷം)	പെർമിയൻ കാർബോണിഫറസ് ഡെവോണിയൻ സില്യൂറിയൻ ഓർഡോവിഷ്യൻ കാമ്പ്രിയൻ		245-286 ദശലക്ഷം 286-360 ദശലക്ഷം 360-408 ദശലക്ഷം 408-438 ദശലക്ഷം 438-505 ദശലക്ഷം 505-570 ദശലക്ഷം	ഉരഗങ്ങളുടെ ആധിപത്യം - ഉഭയ ജീവികൾ നീക്കപ്പെട്ടു ആദ്യ ഉരഗങ്ങൾ: നട്ടെല്ലുള്ള ജീവികൾ, കൽക്കരിനിക്ഷേപങ്ങൾ ഉഭയജീവികൾ കരയിൽ ജീവന്റെ സൂചനകൾ: സസ്യങ്ങൾ ആദ്യ മത്സ്യം കരയിൽ ജീവികളില്ല: നട്ടെല്ലില്ലാത്ത സമുദ്രജീവികൾ
പ്രോട്ടെറോ സോയിക് ആർകിയൻ ഹേഡിയൻ	പ്രി-കാമ്പ്രിയൻ 570-4800 ദശ ലക്ഷം			570-2500 ദശലക്ഷം 2500-3800 ദശലക്ഷം 3800-4800 ദശലക്ഷം	മൃദുശരീരമുള്ള ആർത്രോപോഡുകൾ ബ്ലൂ-ഗ്രീൻ ആൽഗകൾ ഏകകോശ ബാക്ടീരിയ വൻകരകളും സമുദ്രങ്ങളും രൂപംകൊണ്ടു. സമുദ്രവും അന്തരീക്ഷവും കാർബൺ-ഡയോക്സൈഡ് സമ്പന്നമായി
നക്ഷത്രങ്ങ ളുടെ ഉത്ഭവം സൂപ്പർനോവ മഹാ വിസ്ഫോടനം	5000- 13700 ദശലക്ഷം			5,000 ദശലക്ഷം 12,000 ദശലക്ഷം 13,700 ദശലക്ഷം	സൂര്യന്റെ ഉൽപ്പത്തി പ്രപഞ്ചോൽപ്പത്തി

ചനം (degassing) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. തുടർച്ചയായി ഉണ്ടായ അഗ്നിപർവത സ്ഫോടനങ്ങൾവഴി കൂടുതൽ നീരാവിയും വാതകങ്ങളും അന്തരീക്ഷത്തിലെത്തിച്ചേർന്നു. ഭൂമി തണുത്തപ്പോൾ ഈ നീരാവി ഘനീഭവിച്ചു മഴയായി പെയ്തിറങ്ങി. അന്തരീക്ഷ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് മഴവെള്ളത്തിൽ ലയിച്ചുചേർന്നത് വഴി അന്തരീക്ഷം കൂടുതൽ തണുത്തു. ഇതാകട്ടെ കൂടുതൽ ഘനീകരണത്തിനും മഴയ്ക്കും വഴിവച്ചു. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ വീണ മഴവെള്ളം ഭൗമഗർത്തങ്ങളിൽ സംഭരിക്കപ്പെട്ട് സമുദ്രങ്ങൾ രൂപംകൊണ്ടു. ഭൗമോൽപ്പത്തിക്ക് ശേഷം 500 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കുള്ളിൽതന്നെ സമുദ്രങ്ങൾ രൂപപ്പെട്ടതായി കണക്കാക്കുന്നു. അതായത്, സമുദ്രങ്ങളുടെ പ്രായം ഏകദേശം 4000 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങളായി അനുമാനിക്കാം.

ജീവോൽപത്തി സംഭവിച്ചത് ഏകദേശം 3800 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണ്. പ്രകാശസംശ്ലേഷണ പ്രക്രിയ ആരംഭിച്ചത് ഏകദേശം 2500-3000 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പാണ്. ദീർഘകാലം ജീവൻ സമുദ്രത്തിൽ മാത്രമായി ഒതുങ്ങിനിന്നു.

പ്രകാശസംശ്ലേഷണപ്രക്രിയ സമുദ്രങ്ങളിലേക്ക് വൻതോതിൽ ഓക്സിജൻ പ്രദാനം ചെയ്തു.

ഇതുമൂലം, സമുദ്രങ്ങൾ ഓക്സിജനാൽ പൂരിതമാക്കപ്പെട്ടു. ഏകദേശം 2000 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് അന്തരീക്ഷത്തിലും ഓക്സിജൻ വ്യാപിച്ചു തുടങ്ങി.

ജീവോൽപ്പത്തി

ജീവോൽപ്പത്തിയും ജീവപരിണാമവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടതാണ് ഭൗമപരിണാമത്തിന്റെ അവസാനഘട്ടം. പ്രാരംഭഘട്ടത്തിൽ ഭൗമാന്തരീക്ഷ സാഹചര്യങ്ങൾ ജീവന്റെ ഉത്ഭവത്തിന് ഒട്ടും അനുയോജ്യമായിരുന്നില്ല. സങ്കീർണമായ ജൈവതന്മാത്രകളുടെ രൂപപ്പെടലിനും അവയുടെ കൂടിച്ചേരലിനും കാരണമായ ചില രാസപ്രക്രിയകളാണ് ജീവോൽപ്പത്തിക്ക് നിദാനമായതെന്ന് ആധുനിക ശാസ്ത്രജ്ഞർ കണക്കാക്കുന്നു. ജൈവതന്മാത്രകളുടെ ഈ കൂടിച്ചേരൽവഴി അവ സ്വയം ഇരട്ടിച്ച് അജൈവപദാർഥങ്ങളെയും ജൈവവസ്തുക്കളായി മാറ്റാൻ ഇടയാക്കി. വിവിധ കാലഘട്ടങ്ങളിൽ ഭൂമുഖത്ത് ഉണ്ടായിരുന്ന ജീവജാലങ്ങളെ സംബന്ധിച്ച രേഖകൾ ഫോസിലുകളായി ശിലാപാളികളിൽനിന്നും ലഭിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇന്നത്തെ 'ബ്ലൂആൽഗേ' യോട് ഏറെ സമാനതയുള്ള സൂക്ഷ്മഘടനകൾ ഏകദേശം 3000 ദശലക്ഷം വർഷത്തോളം പഴക്കമുള്ള ശിലാപാളികളിൽനിന്നും കണ്ടെത്താനായിട്ടുണ്ട്. ജീവപരിണാമത്തിന് തുടക്കമിട്ടത് ഏതാണ്ട് 3800 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണെന്ന് നമുക്ക് അനുമാനിക്കാം.

ഏകകോശ ബാക്ടീരിയയിൽ തുടങ്ങി ആധുനിക മനുഷ്യനിലേക്ക് നീളുന്ന ജീവപരിണാമത്തിന്റെ സംക്ഷിപ്തവിവരം ഭൂവിജ്ഞാനീയ കാലഗണനപ്പട്ടികയിൽ (ജിയോളജിക് ടൈം സ്കെയിലിൽ) ഉൾപ്പെടുത്തി നൽകിയിട്ടുള്ളത് പരിശോധിക്കുക.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.

(i) ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ളവയിൽ ഭൂമിയുടെ പ്രായത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതേത്?

(a) 4.6 ദശലക്ഷം വർഷം　(c) 4.6 ശതകോടി വർഷം

(b) 13.7 ശതകോടി വർഷം　(d) 13.7 ട്രില്യൻ വർഷം

(ii) ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ളവയിൽ ഏറ്റവും കാലദൈർഘ്യം ഏതിനാണ്?

(a) കല്പം (Eons)　(c) യുഗം (Era)

(b) കാലം (Period)　(d) കാലഘട്ടം (Epoch)

(iii) ഭൗമാന്തരീക്ഷ പരിണാമപ്രക്രിയയിൽ ഉൾപ്പെടാത്തതേത്?

(a) സൗരവാതം (Solar winds)　(c) വാതകമോചനം (Degassing)

(b) വേർതിരിക്കൽ (Differentiation)　(d) പ്രകാശസംശ്ലേഷണം (Photosynthesis)

(iv) ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ളവയിൽ അന്തർഗ്രഹങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതേത്?

(a) സൂര്യനും ഭൂമിയ്ക്കുമിടയിലെ ഗ്രഹങ്ങൾ

(b) സൂര്യനും ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ കേന്ദ്രീകരിച്ചു കാണുന്ന മേഖലയ്ക്കുമിടയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഗ്രഹങ്ങൾ

(c) വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള ഗ്രഹങ്ങൾ

(d) ഉപഗ്രഹങ്ങളില്ലാത്ത ഗ്രഹങ്ങൾ

(v) ഇന്നേക്ക് ഏകദേശം എത്രവർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണ് ജീവോൽപ്പത്തിയുണ്ടായത്?

(a) 13.7 ശതകോടി　(c) 4.6 ശതകോടി

(b) 3.8 ദശലക്ഷം　(d) 3.8 ശതകോടി

2. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   (i) ഭൗമഗ്രഹങ്ങൾ ശിലാനിർമിതമാവാൻ കാരണമെന്ത്?
   (ii) ഭൗമോപരിതലത്തെ സംബന്ധിച്ച് ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ വാദഗതികൾക്ക് എന്ത് അടിസ്ഥാന വ്യത്യാസമാണുള്ളത്?
      (a) കാന്റും ലാപ്ലേസും
      (b) ഷാമ്പർലയ്നും മോൾട്ടനും
   (iii) വേർതിരിക്കൽപ്രക്രിയ (Differentiation) എന്നതുകൊണ്ട് എന്താണ് അർഥമാക്കുന്നത്?
   (iv) ആരംഭഘട്ടത്തിൽ ഭൂപ്രതലത്തിന്റെ സ്വഭാവം ഏത് വിധമായിരുന്നു?
   (v) ഭൂമിയുടെ പ്രാരംഭ അന്തരീക്ഷത്തിലുൾപ്പെട്ടിരുന്ന വാതകങ്ങൾ ഏതെല്ലാമായിരുന്നു?
3. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   (i) മഹാവിസ്ഫോടന സിദ്ധാന്തത്തെക്കുറിച്ച് (Big Bang Theory) ഒരു വിശദീകരണകുറിപ്പ് തയാറാക്കുക.
   (ii) ഭൗമപരിണാമത്തിന്റെ വിവിധഘട്ടങ്ങൾ ഏതെല്ലാം? ഓരോ ഘട്ടത്തെപ്പറ്റിയും വിശദീകരിക്കുക.

പ്രോജക്ട് പ്രവർത്തനം

സ്റ്റാർഡസ്റ്റ് (Stardust) പദ്ധതിയെ സംബന്ധിച്ച് ചുവടെ പറയുന്ന വിവരങ്ങൾ ശേഖരിക്കുക:
(website: *www.sci.edu/public.html* and *www.nasm.edu*)

(i) ഈ പദ്ധതി ആവിഷ്കരിച്ച ഏജൻസി ഏത്?

(ii) നക്ഷത്രധൂളികൾ ശേഖരിക്കുന്നതിൽ ശാസ്ത്രജ്ഞർ പ്രത്യേക താൽപര്യമെടുക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?

(iii) നക്ഷത്രധൂളികൾ എവിടെ നിന്നാണ് ശേഖരിക്കുന്നത്?

അധ്യായം

3

ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറ

R7R8A4

ഭൂമിയെ സംബന്ധിച്ച നിങ്ങളുടെ സങ്കൽപ്പമെന്താണ്? ശിലാനിർമിതമായ കനത്ത പുറംപാളിയോടുകൂടിയ പൊള്ളയായ ഒരു ഗോളമാണോ ഭൂമി? അഗ്നിപർവത സ്ഫോടനങ്ങളുടെ ചിത്രങ്ങളും ദൃശ്യങ്ങളും നിങ്ങൾ ടെലിവിഷനിലൂടെ കണ്ടിട്ടുണ്ടാകുമല്ലോ? ചുട്ടുപൊള്ളുന്ന ശിലാദ്രവവും പൊടിപടലങ്ങളും വാതകങ്ങളും തീയും വമിക്കുന്ന അഗ്നിപർവതങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയെപ്പറ്റി എന്ത് ധാരണയാണ് നമ്മളിലേക്ക് പകരുന്നത്? അതികഠിനമായ ചൂടും മർദവുംമൂലം കടന്നുചെല്ലാൻ കഴിയാത്തതിനാൽ ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയെക്കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് പരോക്ഷമായ ചില തെളിവുകളെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള നിഗമനങ്ങളെ ആശ്രയിക്കുകയേ നിർവാഹമുള്ളൂ.

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ കാണുന്ന മിക്ക സവിശേഷതകളും അതിന്റെ ഉള്ളറയിൽ നടക്കുന്ന നിരവധി പ്രക്രിയകളുടെ ഫലമായുണ്ടാകുന്നതാണ്. ഭൂമിയുടെ ഉള്ളിലും പുറമെയും നടക്കുന്ന പ്രക്രിയകൾ സഥലാകൃതിയിൽ തുടർച്ചയായി മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉള്ളിലുണ്ടാകുന്ന പ്രക്രിയകളെ അവഗണിച്ചുകൊണ്ട് ഒരു പ്രദേശത്തിന്റെ ഭൂപ്രകൃതി സവിശേഷതകൾ ശരിയായി മനസ്സിലാക്കാനാകില്ല. ഭൂപ്രകൃതിക്ക് മനുഷ്യജീവിതത്തിൽ വലിയ സ്വാധീനമാണുള്ളത്. അതുകൊണ്ടു തന്നെ ഭൂപ്രദേശ പരിണാമങ്ങളെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ശക്തികളെക്കുറിച്ച് നാം മനസ്സിലാക്കേണ്ടതുണ്ട്.

ഭൂവൽക്കം മുതൽ അകക്കാമ്പ് വരെ ഭൂവസ്തുക്കൾ വ്യത്യസ്ത പാളികളായാണ് വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിട്ടുള്ളതെന്ന് നിങ്ങൾ മുൻ അധ്യായത്തിൽ പഠിച്ചല്ലോ. ഭൂപാളികളെ സംബന്ധിച്ച നിഗമനങ്ങളിലേക്ക് ശാസ്ത്രജ്ഞർ എത്തിച്ചേർന്നതെങ്ങനെയെന്നും, ഓരോ ഭൂപാളിയുടെയും സവിശേഷതകൾ എന്തെല്ലാമെന്നും ഈ അധ്യായത്തിലൂടെ നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാം.

ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയെ സംബന്ധിച്ച വിവരസ്രോതസുകൾ

ഏകദേശം 6370 കിലോമീറ്റർ ആരമുള്ളതായി കണക്കാക്കുന്ന ഭൂമിയുടെ അകക്കാമ്പിലേക്ക് നേരിട്ട് ഇറങ്ങിച്ചെല്ലാൻ ആർക്കും സാധ്യമല്ലല്ലോ. അതുകൊണ്ടുതന്നെ അവിടെയുള്ള വസ്തുക്കളുടെ സാമ്പിളുകൾ നേരിട്ട് ചെന്ന് ശേഖരിക്കാനും പറ്റില്ല. ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയെപ്പറ്റിയും ഉള്ളറയിലെ വിവിധപാളികളിലെ വസ്തുക്കളുടെ സവിശേഷതകൾ സംബന്ധിച്ചും ശാസ്ത്രജ്ഞർക്ക് എങ്ങനെ അഭിപ്രായപ്പെടാനാകുന്നുവെന്നത് പലപ്പോഴും നമ്മെ അത്ഭുതപ്പെടുത്താറുണ്ട്. ഭൂമിയുടെ ഉൾഭാഗത്തെ സംബന്ധിച്ച നമ്മുടെ അറിവുകളിലേറെയും നേരിട്ടല്ലാതെ ലഭിക്കുന്ന തെളിവുകളുടെയും നിഗമനങ്ങളുടെയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ രൂപപ്പെട്ടിട്ടുള്ളവയാണ്. നേരിട്ടുള്ള നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെയും ഭൗമവസ്തുക്കളുടെ വിശകലനത്തിലൂടെയും സ്വരൂപിക്കുന്ന വിവരങ്ങളും തീരെ ഇല്ലെന്ന് പറയാൻ വയ്യ.

നേരിട്ട് വിവരം ലഭിക്കാനുള്ള സ്രോതസ്സുകൾ

ഭൂമിയുടെ പുറംഭാഗത്തുള്ളതോ ഖനികളിൽനിന്നും ശേഖരിക്കുന്നതോ ആയ ശിലകളാണ് പഠനത്തിനായി ഏറ്റവും എളുപ്പത്തിൽ ലഭ്യമാകുന്ന ഖരരൂപത്തിലുള്ള ഭൂവസ്തുക്കൾ. ആഫ്രിക്കയിലെ ചില സ്വർണഖനികൾക്ക് 3 മുതൽ 4 കിലോമീറ്റർവരെ താഴ്ചയുണ്ട്. ഇതിലും താഴേക്ക് പോകുന്നത് അസാധ്യമാണ്. താഴേക്കു പോകുന്തോറും വൻതോതിൽ താപം ഉയരുന്നതുതന്നെയാണ് ഇതിന് കാരണം. ഇതിനെക്കാൾ കൂടുതൽ ആഴമുള്ള ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ സബന്ധിച്ച വിവരങ്ങൾ ശേഖരിക്കുന്നതിനായി ലോകമെമ്പാടുമുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഡ്രില്ലിംഗ് പ്രോജക്ടുകൾ ഏറ്റെടുത്തിട്ടുണ്ട്. ഇത്തരത്തിലുള്ള രണ്ട് പ്രധാന പദ്ധതികളാണ് 'ഡീപ് ഓഷ്യൻ ഡ്രില്ലിംഗ് പ്രോജക്ട്', 'ഇന്റഗ്രേറ്റഡ് ഓഷ്യൻ ഡ്രില്ലിംഗ് പ്രോജക്ട്' എന്നിവ. ആർട്ടിക് സമുദ്രത്തിലെ 'കോലാ' യിൽ 12 കിലോമീറ്റർ താഴ്ചയിൽ തീർത്ത തുളയാണ് ഏറ്റവും ആഴത്തിലുള്ളത്. വിവിധ ആഴങ്ങളിലുള്ള ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങളിൽ നിന്ന് ലഭ്യമാകുന്ന ശിലാവസ്തുക്കൾ വിശകലനം ചെയ്യുന്നതിലൂടെ ഭൂവറകൾ സംബന്ധിച്ച കൂടുതൽ വിവരങ്ങൾ കണ്ടെത്താനാകുന്നു.

ഭൂമിയുടെ അന്തർഭാഗത്തെക്കുറിച്ച് നേരിട്ട് വിവരം ശേഖരിക്കാനുള്ള മറ്റൊരു സ്രോതസാണ് അഗ്നിപർവതങ്ങൾ. അഗ്നിപർവതങ്ങൾ പുറത്തേക്ക് തള്ളുന്ന ഉരുകിയ രൂപത്തിലുള്ള ദ്രവവസ്തുക്കൾ (മാഗ്മ) പരീക്ഷണശാലകളിൽ വിശകലനവിധേയമാക്കാം. എന്നാൽ മാഗ്മയുടെ സ്രോതസ് എത്ര ആഴമുള്ളതാണെന്ന് തിരിച്ചറിയുക തികച്ചും പ്രയാസകരമാണ്.

നേരിട്ടല്ലാതെ വിവരം ലഭിക്കാനുള്ള സ്രോതസുകൾ

ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും ആഴം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് താപനിലയും മർദവും വർധിച്ചുവരുന്നതായി ഖനികളിൽനിന്നും ലഭ്യമാകുന്ന വിവരങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാം. ആഴം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ശിലാവസ്തുക്കളുടെ സാന്ദ്രതയും വർധിച്ചുവരുന്നു. ആഴം കൂടും തോറുമുള്ള ഇത്തരം മാറ്റങ്ങളുടെ തോത് കണക്കാക്കാനാകും. ഭൂമിയുടെ മൊത്തം കനം (Thickness) അറിയാവുന്നതുകൊണ്ട് മാറ്റത്തിന്റെ തോതനുസരിച്ച് ആഴത്തിനനുസരിച്ചുള്ള ഊഷ്മാവ്, മർദം, വസ്തുക്കളുടെ സാന്ദ്രത എന്നിവയെ സംബന്ധിച്ച് ശാസ്ത്രജ്ഞർ നിഗമനങ്ങളിലെത്തിച്ചേരുന്നു. ഓരോ ഭൂപാളിയുടെയും ഇത്തരം സവിശേഷതകൾ ഈ അധ്യായത്തിൽ പ്രത്യേകം പരാമർശിക്കുന്നുണ്ട്.

ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്ന ഉൽക്കാശിലകളെ പഠനവിധേയമാക്കുന്നതിലൂടെയും ശാസ്ത്രജ്ഞർക്ക് ഭൂഘടനയെ സംബന്ധിച്ച ധാരണ കൈവരിക്കാൻ സാധിക്കുന്നുണ്ട്. ഉൽക്കാവസ്തുക്കൾ ഭൂമിയ്ക്കുള്ളിൽനിന്ന് ലഭിക്കുന്നതല്ലെന്ന് പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കണം. എന്നിരുന്നാലും ഉൽക്കവസ്തുക്കളുടെയും ഭൂമിയിൽനിന്നും ലഭിക്കുന്ന വസ്തുക്കളുടെയും ഘടനയിൽ സമാനതകൾ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഭൂമിയിലെ പദാർഥങ്ങൾക്ക് സമാനമായ വസ്തുക്കൾ തണുത്തുറഞ്ഞാണ് ഉൽക്കാശിലകൾ രൂപപ്പെടുന്നത് എന്ന് കണ്ടെത്തിയതിനാലാണ് ഭൂമിക്കും സമാനഘടനയാണുള്ളത് എന്ന നിഗമനത്തിൽ എത്തിച്ചേരാനായത്.

ഭൂഗുരുത്വാകർഷണം, ഭൗമകാന്തികമണ്ഡലം, ഭൂകമ്പപ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നിവയാണ് നേരിട്ടില്ലാതെ വിവരം ശേഖരിക്കാനുള്ള മറ്റ് പ്രധാന സ്രോതസുകൾ. ഭൂമിയുടെ വിവിധ അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിൽ ഭൂഗുരുത്വം അനുഭവപ്പെടുന്നത് ഒരേ പോലെയല്ല. ധ്രുവപ്രദേശങ്ങൾ ഭൂകേന്ദ്രത്തോട് കൂടുതൽ അടുത്താകയാൽ അവിടെ ഭൂഗുരുത്വം കൂടുതലും മധ്യരേഖാപ്രദേശങ്ങൾ ഭൂകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും അകന്നുനിൽക്കുന്നതിനാൽ അവിടെ ഭൂഗുരുത്വം കുറവുമാണ്. വസ്തുക്കളുടെ പിണ്ഡത്തിലുള്ള വ്യത്യാസവും ഭൂഗുരുത്വ വ്യത്യാസത്തിന് കാരണമാണ്. ഇത്തരത്തിൽ വ്യത്യസ്ത കാരണങ്ങളാൽ ഉപരിതലത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ഭൂഗുരുത്വത്തിന്റെ അളവിൽ വ്യത്യാസമുണ്ടാകുന്നു. ഈ വ്യത്യാസത്തെ 'ഗ്രാവിറ്റി അനോമലി' എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഗ്രാവിറ്റി അനോമലിയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ഭൂവൽക്കവസ്തുക്കളുടെ പിണ്ഡത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത വിതരണക്രമം മനസ്സിലാക്കാം.

ഭൗമോപരിതലത്തിൽ വ്യത്യസ്തപ്രദേശങ്ങളിൽ നടത്തിയ കാന്തികസർവേകൾ ഭൂവൽക്കത്തിലെ കാന്തികവസ്തുക്കളുടെ വിതരണക്രമത്തെ സംബന്ധിച്ച വിവരങ്ങൾ നൽകിയിട്ടുണ്ട്.

ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയെ സംബന്ധിച്ച വിവരസ്രോതസുകളിൽ ഏറ്റവും പ്രധാനമാണ് ഭൂകമ്പങ്ങൾ. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ഭൂകമ്പപ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് വിശദമായി പഠിക്കേണ്ടതുണ്ട്.

ഭൂകമ്പങ്ങൾ

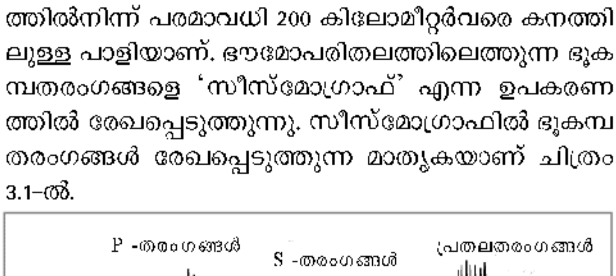
ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളെ കുറിച്ചുള്ള പഠനം ഭൂമിയുടെ പാളികളായുള്ള ഘടനയെ വെളിവാക്കുന്നു. ഭൂമിക്കുണ്ടാകുന്ന കമ്പനമാണ് ഭൂകമ്പം. വിവിധ ദിശകളിലേക്ക് തരംഗരൂപത്തിൽ ഊർജ്ജം മോചിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ഒരു സ്വാഭാവിക പ്രതിഭാസമാണിത്.

എന്തുകൊണ്ട് ഭൂമിക്ക് കമ്പനമുണ്ടാകുന്നു?

ഭൂവൽക്കശിലാപാളികളിലെ വിടവുകളായ ഭ്രംശങ്ങളിലൂടെയാണ് (Faults) ഉള്ളറയിൽനിന്നുള്ള ഊർജമോചനം സംഭവിക്കുന്നത്. ഒരു ഭ്രംശത്തിന് ഇരുവശങ്ങളിലുമുള്ള ശിലകൾക്ക് വിപരീതദിശയിൽ തെന്നിമാറാനുള്ള പ്രവണതയുണ്ട്. എന്നാൽ മുകളിലെ ശിലാപാളികളുടെ സമ്മർദവും ഘർഷണവും ഈ ശിലകളെ ചേർത്തുനിർത്തുന്നു. പരസ്പരം അകന്നുമാറാനുള്ള ശിലകളുടെ പ്രവണത ഘർഷണത്തെ അതിജീവിക്കുന്ന സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഈ ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ അതിവേഗത്തിൽ ഒന്നിനൊന്ന് ഉരസിനീങ്ങുന്നതിന് ഇടവരുത്തും. ഇത് ഊർജ്ജമോചനത്തിനും തുടർന്ന് തരംഗരൂപത്തിലുള്ള ഊർജ്ജപ്രസരണത്തിനും ഇടയാക്കുന്നു. ഭൂവൽക്കത്തിനുള്ളിൽ ഊർജ്ജം മോചിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന കേന്ദ്രത്തെ പ്രഭവകേന്ദ്രം (Focus) അഥവാ ഹൈപോസെന്റർ (Hypocentre) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. വിവിധ ദിശകളിലേക്ക് പ്രസരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ ഭൗമോപരിതലത്തിലെത്തുന്നു. ഫോക്കസിനോട് ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള ഭൗമോപരിതലകേന്ദ്രത്തെ അധികേന്ദ്രം (Epicentre) എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. ഫോക്കസിന് നേർമുകളിലുള്ള ഈ ഭൗമോപരിതലകേന്ദ്രത്തിലാണ് ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ ആദ്യം എത്തിച്ചേരുന്നത്.

ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ

എല്ലാ സ്വാഭാവികഭൂകമ്പങ്ങളും ശിലാമണ്ഡലത്തിലാണ് (Lithosphere) സംഭവിക്കുന്നത്. ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയിലെ വിവിധ പാളികളെപ്പറ്റി ഈ അധ്യായത്തിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നുണ്ട്. ശിലാമണ്ഡലം എന്നത് ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്ന് പരമാവധി 200 കിലോമീറ്റർവരെ കനത്തിലുള്ള പാളിയാണ്. ഭൗമോപരിതലത്തിലെത്തുന്ന ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളെ 'സീസ്മോഗ്രാഫ്' എന്ന ഉപകരണത്തിൽ രേഖപ്പെടുത്തുന്നു. സീസ്മോഗ്രാഫിൽ ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തുന്ന മാതൃകയാണ് ചിത്രം 3.1–ൽ.



ചിത്രം 3.1 – ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ

ചിത്രത്തിൽ മൂന്ന് വ്യത്യസ്തതരം തരംഗങ്ങളുടെ മാതൃക ശ്രദ്ധിച്ചല്ലോ. ഭൂകമ്പങ്ങളെ മുഖ്യമായും ബോഡിതരംഗങ്ങളെന്നും (ഭൂശരീരതരംഗങ്ങൾ) ഉപരിതലതരംഗങ്ങളെന്നും രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം. പ്രഭവകേന്ദ്രത്തിൽനിന്നുള്ള ഊർജമോചനത്തിന്റെ ഫലമായി രൂപപ്പെടുന്ന ബോഡിതരംഗങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ ഉൾഭാഗത്തുകൂടി (ഭൂശരീരത്തിൽകൂടി) എല്ലാ ദിശകളിലേക്കും സഞ്ചരിക്കുന്നു. അതിനാലാണ് ഈ തരംഗങ്ങളെ ബോഡിതരംഗങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നത്. ബോഡിതരംഗങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലശിലകളുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിച്ച് ഉപരിതലതരംഗങ്ങൾ (surface wave) എന്ന വിശേഷതരം തരംഗങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഭൂവസ്തുക്കളുടെ സാന്ദ്രതയ്ക്കനുസരിച്ച് ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളുടെ പ്രവേഗത്തിലും മാറ്റമുണ്ടാകുന്നു. സാന്ദ്രതകൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ തരംഗങ്ങൾ കൂടുതൽ വേഗത്തിലും സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ തരംഗങ്ങൾ കുറഞ്ഞ വേഗത്തിലും സഞ്ചരിക്കുന്നു. വ്യത്യസ്ത സാന്ദ്രതയുള്ള ശിലാവസ്തുക്കളിലൂടെ കടന്നുപോകുമ്പോൾ തരംഗങ്ങളുടെ പ്രതിഫലനത്താലും അപവർത്തനത്താലും ഇവയ്ക്ക് ഗതിമാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു.

ബോഡിതരംഗങ്ങൾ രണ്ട് തരത്തിലുണ്ട്: P തരംഗങ്ങളും S തരംഗങ്ങളും. ഏറ്റവും വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നതിനാൽ ഭൂപ്രതലത്തിൽ ആദ്യം എത്തിച്ചേരുന്നത് P തരംഗങ്ങളാണ്. ഈ തരംഗങ്ങളെ പ്രാഥമികതരംഗങ്ങൾ (Primary Waves) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ശബ്ദതരംഗങ്ങളോട് സമാനതയുള്ള P തരംഗങ്ങൾക്ക് ഖര-ദ്രവ-വാതക പദാർഥങ്ങളിലൂടെ സഞ്ചരിക്കാൻ കഴിയുന്നു. S തരംഗങ്ങൾ ഉപരിതലത്തിലെത്തുന്നത് P തരംഗങ്ങളേക്കാൾ കൂടുതൽ സമയമെടുത്തിട്ടാണ്. ഈ തരംഗങ്ങളെ ദ്വിതീയതരംഗങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഖരമാധ്യമങ്ങളിൽകൂടി മാത്രമേ സഞ്ചരിക്കാൻ കഴിയൂ എന്നത് S - തരംഗങ്ങളുടെ തനത് സവിശേഷതയാണ്. S തരംഗങ്ങളുടെ ഈ സവിശേഷത ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയുടെ ഘടനയെക്കുറിച്ച് മനസിലാക്കുന്നതിന് ശാസ്ത്രജ്ഞർക്ക് ഏറെ സഹായകമായി. പ്രതിഫലനം തരംഗങ്ങളുടെ തിരിച്ചുപതിക്കലിനും (rebound) അപവർത്തനം തരംഗങ്ങളുടെ ഗതിമാറ്റത്തിനും കാരണമാകുന്നു. തരംഗങ്ങളുടെ ഗതിമാറ്റം സംബന്ധിച്ച വിവരങ്ങൾ 'സീസ്മോഗ്രാഫ്' ഉപയോഗപ്പെടുത്തി മനസ്സിലാക്കാനാകും. പ്രതലതരംഗങ്ങളാണ് സീസ്മോഗ്രാഫിൽ ഏറ്റവും ഒടുവിലായി വന്നെത്തുന്നത്. പ്രതലതരംഗങ്ങൾ ഏറ്റവും വിനാശകാരികളാണ്. അത് ശിലകളുടെ സ്ഥാനമാറ്റത്തിനും ഉപരിതലത്തിലെ ഭൗതികവസ്തുക്കളുടെ നാശത്തിനും കാരണമാകുന്നു.

ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളുടെ ഗതിവിഗതികൾ

വിവിധതരം ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത തരത്തിലാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നത്. ഈ തരംഗങ്ങൾ കടന്നുപോകുന്ന ശിലകളിൽ അത് കമ്പനമുണ്ടാക്കുന്നു. P തരംഗങ്ങളുടെ കമ്പനം തരംഗദിശയ്ക്ക് സമാന്തരമായിട്ടായതിനാൽ കടന്നുപോകുന്ന ദിശയിലെ എല്ലാ വസ്തുക്കളിലും അത് സമ്മർദമേൽപിക്കുന്നു, തന്മൂലം പദാർഥങ്ങൾക്ക് വികാസ സങ്കോചങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. മറ്റ് മൂന്നുതരം തരംഗങ്ങളും സഞ്ചാരഗതിക്ക് ലംബമായാണ് കമ്പനം ചെയ്യുന്നത്. S തരംഗങ്ങളുടെ കമ്പനം തരംഗദിശയ്ക്ക് ലംബമായിട്ടായിരിക്കും. ആയതിനാൽ ഈ തരംഗങ്ങൾ നിമ്നോന്നതികൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. പ്രതലതരംഗങ്ങളാണ് ഏറ്റവും വിനാശകാരികളായ ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ.

നിഴൽമേഖലകൾ (Shadow Zones)

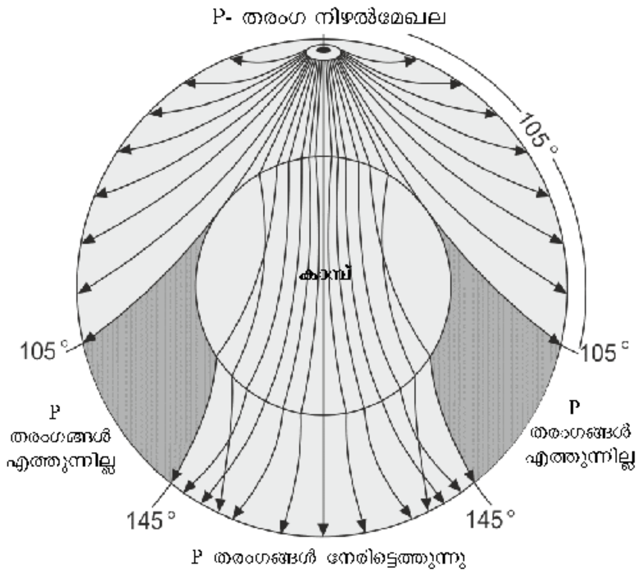
ഭൂകമ്പമേഖലകളിൽനിന്നും വിദൂരസ്ഥങ്ങളായ കേന്ദ്രങ്ങളിൽപോലും സജ്ജമാക്കിയിട്ടുള്ള സീസ്മോഗ്രാഫുകളിൽ ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ചലനകേന്ദ്രത്തിൽനിന്ന് നിശ്ചിത ദൂരത്തിലുള്ള ചില പ്രത്യേക സ്ഥലങ്ങളിൽ തരംഗങ്ങൾ എത്തിച്ചേരാറില്ല. ഇത്തരം മേഖലകളെ 'നിഴൽമേഖലകൾ' (Shadow Zones) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

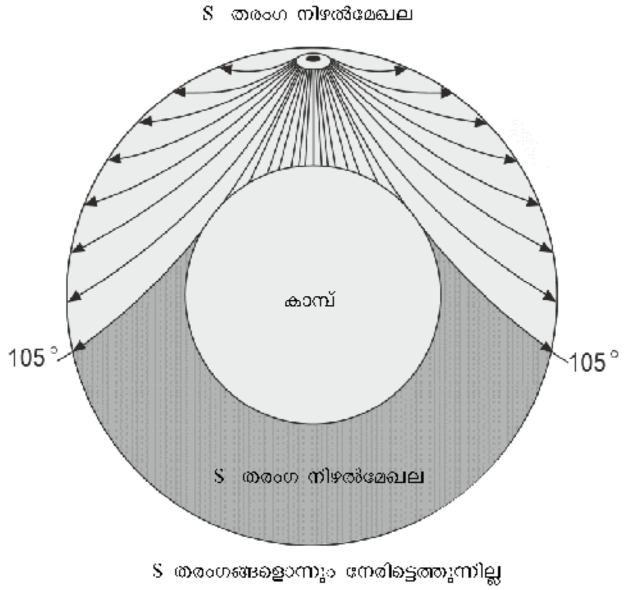
ഓരോ ഭൂകമ്പവും വ്യത്യസ്ത നിഴൽമേഖലകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതായി പഠനങ്ങൾ തെളിയിച്ചിട്ടുണ്ട്. ചിത്രം 3.2 (a) യും (b) യും യഥാക്രമം P തരംഗങ്ങളുടെയും S തരംഗങ്ങളുടെയും നിഴൽമേഖലകളെയാണ് കാണിക്കുന്നത്. അധികേന്ദ്രത്തിന് 105° വരെ കോണിയ അകലത്തിലുള്ള സീസ്മോഗ്രാഫുകളിൽ P തരംഗങ്ങളും S തരംഗങ്ങളും എത്തിച്ചേരുന്നതായി കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. എന്നാൽ അധികേന്ദ്രത്തിന് 145° കോണീയ അകലത്തിനപ്പുറം സീസ്മോഗ്രാഫുകൾ P തരംഗങ്ങളെ മാത്രമേ രേഖപ്പെടുത്തുന്നുള്ളൂ. S തരംഗങ്ങൾ ഇവിടെ എത്തുന്നില്ല. അതായത് 105° മുതൽ 145° വരെയുള്ള പ്രദേശങ്ങൾ രണ്ടുതരം ബോഡിതരംഗങ്ങളുടെയും നിഴൽമേഖലയായി തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. 105° ക്ക് ശേഷമുള്ള പ്രദേശത്തെങ്ങും S തരംഗങ്ങൾ എത്തിച്ചേരുന്നില്ല എന്നതിനാൽ S തരംഗങ്ങളുടെ നിഴൽമേഖല P തരംഗ നിഴൽമേഖലയെക്കാൾ വളരെ വിസ്തൃതമാണ്. ഇത് ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ ഏകദേശം 40%-ത്തോളം വരും. P തരംഗങ്ങളുടെ നിഴൽമേഖല 105° മുതൽ 145° വരെ ഭൂമിയെചുറ്റി ഒരു പ്രത്യേക മേഖലയായി കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. അധികേന്ദ്രത്തിന്റെ യഥാർഥ സ്ഥാനം അറിയാമെങ്കിൽ നിഴൽമേഖലകൾ നമുക്കും ചിത്രീകരിക്കാനാകും.

(പാഠഭാഗത്തിന്റെ അവസാനം നൽകിയിട്ടുള്ള പ്രവർത്തനം നോക്കൂ. ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന്റെ അധികേന്ദ്രം എങ്ങനെ കണ്ടെത്താമെന്ന് ഇതിലൂടെ മനസ്സിലാക്കാം.)

വിവിധതരം ഭൂകമ്പങ്ങൾ

(i) **ടെക്ടോണിക്** ഭൂകമ്പങ്ങളാണ് ഏറ്റവും കൂടുതലായി ഉണ്ടാകാറുള്ളത്. ഒരു ഭ്രംശതലത്തിലൂടെ ശിലകൾ തെന്നിമാറുന്നതിനാലാണ് ഇത്തരം ഭൂകമ്പങ്ങളുണ്ടാകുന്നത്.





ചിത്രം 3.2 (a) (b)

(ii) അഗ്നിപർവതങ്ങൾ സജീവമായ മേഖലകളിൽ **അഗ്നിപർവതജന്യ** ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Volcanic earthquake) എന്ന വിശേഷതരം ടെക്ടോണിക് ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു.

(iii) തീവ്രഖനന മേഖലകളിൽ ഭൂഗർഭഖനികളുടെ മേൽത്തട്ട് തകർന്നടിയുന്നത് ചെറിയതോതിൽ വിറയൽ (Tremour) സൃഷ്ടിക്കാറുണ്ട്. ഇത്തരം ഭൂകമ്പങ്ങളെ **കൊളാപ്സ്** ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Collapse earthquake) എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്.

(iv) ആണവ-രാസ സ്ഫോടനങ്ങൾ മൂലവും ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഉണ്ടാകാറുണ്ട്. ഇത്തരം ഭൂകമ്പങ്ങളെ **വിസ്ഫോടന** ഭൂകമ്പങ്ങൾ (Explosion earthquake) എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്.

(v) കൂറ്റൻ ജലസംഭരണികൾ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളെ **ജനസംഭരണീപ്രേരിത** (Reservoir induced) ഭൂകമ്പങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ഭൂകമ്പങ്ങൾ അളക്കൽ

വ്യാപ്തി (Magnitude), തീവ്രത (Intensity) എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂകമ്പങ്ങളെ അളക്കാം. ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വ്യാപ്തി റിക്ടർ സ്കെയിലിലാണ് (Richter Scale) നിർണയിക്കുന്നത്. ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വ്യാപ്തി അതിലൂടെ മോചിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ഊർജ്ജത്തിന്റെ തോതിനനുസരിച്ചാണ്. 0 മുതൽ 10 വരെ സംഖ്യകൾകൊണ്ട് ഭൂകമ്പവ്യാപ്തി നിർണയിക്കാം. ഇറ്റാലിയൻ ഭൂകമ്പശാസ്ത്രജ്ഞനായ മെർക്കാലിയുടെ (Mercalli) പേരാണ് ഭൂകമ്പതീവ്രതയുടെ ഏകകത്തിന് നൽകിയിട്ടുള്ളത്. ഒരു ഭൂകമ്പം സൃഷ്ടിക്കുന്ന നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ഭൂകമ്പതീവ്രത നിർണയിക്കുന്നത്. ഭൂകമ്പതീവ്രതയുടെ തോത് 1 മുതൽ 12 വരെയാകാം.

ഭൂകമ്പഫലങ്ങൾ

ഭൂകമ്പം എന്ന പ്രകൃതിക്ഷോഭം താഴെപ്പറയുന്ന ഫലങ്ങളാണ് സൃഷ്ടിക്കുന്നത്:

(i) ഭൂപ്രകമ്പനം (Ground Shaking)
(ii) ഭൗമോപരിതല രൂപമാറ്റം (Differential ground settlement)
(iii) ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ (Land slides/Mud slides)
(iv) മണ്ണ് ഒലിച്ചുപോകൽ (Soil liquifaction)
(v) ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങളുടെ തെന്നിമാറൽ (Ground lurching)
(vi) മണ്ണിടിച്ചിൽ/മഞ്ഞിടിച്ചിൽ (Avalanches)
(vii) ഭൂസ്ഥാനചലനം (Ground displacement)
(viii) ജലസംഭരണികളുടെ കരകവിയലും നീരൊഴുക്ക് തടസ്സപ്പെടലും (Floods in dams and levee failures)
(ix) തീ (Fire)
(x) മനുഷ്യനിർമിതികളുടെ തകർച്ച (Structural collapse)
(xi) വസ്തുക്കളുടെ പതനം (Falling object)
(xii) സുനാമികൾ (Tsunamis)

മേൽപ്പറഞ്ഞവയിൽ ആദ്യ ആറെണ്ണം ഭൂരൂപങ്ങൾക്കുമേൽ മാറ്റങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നവയും മറ്റുള്ളവ ജീവനും സ്വത്തിനും ഭീഷണിയുയർത്തുന്നവയുമാണ്. അതിശക്തമായ ഭൂകമ്പങ്ങൾ കടൽത്തറയിൽ രൂപപ്പെ

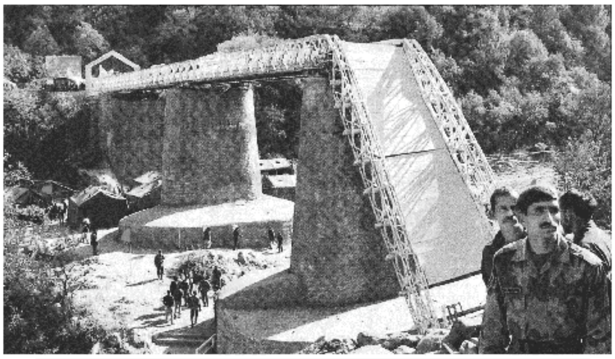
വേലിയേറ്റ തിരമാലകൾ നാശംവിതച്ച മറീന ബീച്ചിൽ നിന്നുള്ള ദൃശ്യം

തായ്‌ലണ്ടിൽ വേലിയേറ്റ തിരമാലകൾ നാശം വിതച്ചതിന്റെ ദൃശ്യം

ശ്രീലങ്കയിലെ കൊളംബോയിൽ വേലിയേറ്റ തിരകളിൽ തകർന്ന വീടുകളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങൾക്കിടയിലൂടെ നടക്കുന്ന ജനം.

ഇൻഡോനേഷ്യയിൽ വേലിയേറ്റ തിരകൾ മൂലമുണ്ടായ നാശത്തിന്റെ ദൃശ്യം

ടുന്നതിന്റെ ഫലമായാണ് സുനാമികൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. സുനാമികൾ ഭൂകമ്പങ്ങളല്ല, മറിച്ച് ഭൂകമ്പ ആഘാത തരംഗങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്ന പടുകൂറ്റൻ തിരമാലകളാണ്. ഒരു ഭൂകമ്പം ഏതാനും സെക്കന്റു സമയംമാത്രമേ നീണ്ടുനിൽക്കൂ. ഒരു ഭൂകമ്പത്തിന്റെ വ്യാപ്തി (Magnitude) റിക്ടർ സ്കെയിലിൽ 5-ൽ കൂടുതലാണെങ്കിൽ അത് നാശങ്ങൾക്ക് ഇടവരുത്തും.



നിയന്ത്രണരേഖയ്ക്കടുത്ത് ഭൂകമ്പത്തിൽ തകർന്ന ഉറി മേഖലയിലെ അമൻസേതു പാലത്തിന്റെ ദൃശ്യം

ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ ആവർത്തന തോത്

ശക്തമായ ഭൂകമ്പങ്ങൾ ജീവനും സ്വത്തിനും കനത്ത നാശനഷ്ടങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ലോകത്തെല്ലായിടത്തും ശക്തമായ ഭൂകമ്പങ്ങൾക്ക് സാധ്യതയില്ല. ഭൂകമ്പങ്ങളുടെയും അഗ്നിപർവതങ്ങളുടെയും വിതരണം സംബന്ധിച്ച് അടുത്ത അധ്യായയത്തിൽ വിശദമായി പരാമർശിക്കുന്നുണ്ട്. അതിശക്തമായ ഭൂകമ്പങ്ങൾ (റിക്ടർ സ്കെയിലിൽ 8-ൽ കൂടുതൽ വ്യാപ്തിയുള്ളവ) അപൂർവമായേ സംഭവിക്കാറുള്ളൂ; ഒന്നോ രണ്ടോ വർഷത്തിലൊരിക്കൽ മാത്രം. എന്നാൽ നേരിയ ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഓരോ മിനിട്ടിലും സംഭവിക്കുന്നുണ്ടാകും എന്നാണ് പഠനങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്.

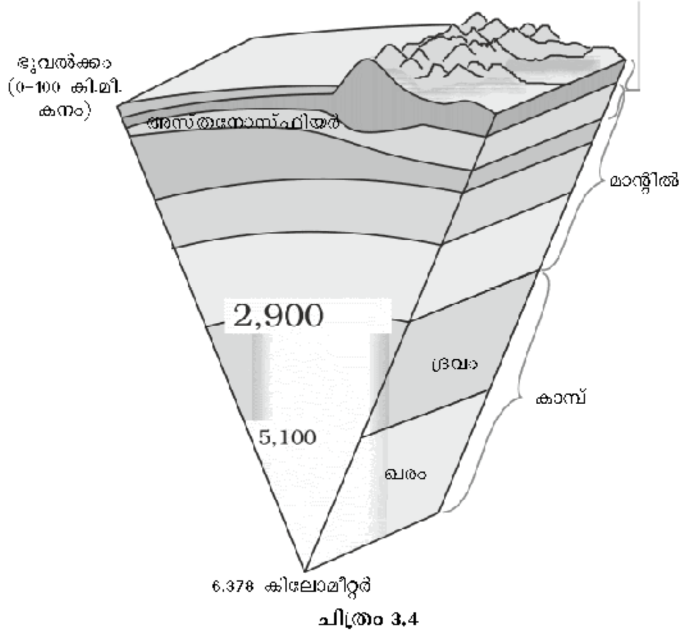
ഭൂമിയുടെ ഘടന

ഭൂവൽക്കം (The Crust)

ഭൂമിയുടെ ഏറ്റവും പുറമേയുള്ള ഖരഭാഗമാണ് ഭൂവൽക്കം. ശിലാനിർമിതമായ കട്ടിയുള്ള ഭാഗമാണിത്. ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ കനം എല്ലായിടത്തും ഒരുപോലെയല്ല. സമുദ്രതടഭൂവൽക്കത്തിന് വൻകരഭൂവൽക്കത്തെ അപേക്ഷിച്ച് കനം കുറവാണ്. സമുദ്രതടഭൂവൽക്കത്തിന് ശരാശരി 5 കിലോമീറ്റർമാത്രം കനമുള്ളപ്പോൾ വൻകരഭൂവൽക്കത്തിന് ഇത് ഏകദേശം 30 കിലോമീറ്ററാണ്. പ്രധാന പർവതനിരകൾ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നയിടങ്ങളിൽ വൻകരഭൂവൽക്കം കൂടുതൽ കനത്തിൽ നിലകൊള്ളുന്നു. ഹിമാലയപർവതമേഖലയിൽ ഭൂവൽക്കത്തിന് 70 കിലോമീറ്ററോളം കനമുണ്ട്. വൻകരഭൂവൽക്കത്തിന്റെ ശരാശരി സാന്ദ്രത 2.7ഗ്രാം/ഘന.സെ.മീ. ആണ്. എന്നാൽ സമുദ്രഭൂവൽക്കം 3 ഗ്രാം/ഘന സെന്റിമീറ്റർവരെ സാന്ദ്രതയുള്ള താരതമ്യേന കാഠിന്യമേറിയ ശിലകളാൽ നിർമിതമാണ്.

മാന്റിൽ (Mantle)

ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയിൽ ഭൂവൽക്കത്തിന് തൊട്ടുതാഴെയുള്ള പാളിയാണ് മാന്റിൽ. ഭൂവൽക്കത്തെ മാന്റിലിൽ നിന്നും വേർതിരിക്കുന്ന 'മോഹോ പരിവർത്തന മേഖല' (Moho's discontinuity) യിൽ തുടങ്ങി 2900 കിലോമീറ്റർ വരെ മാന്റിൽ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നു. ഭൂവൽക്കവും മാന്റിലിന്റെ ഉപരിഭാഗവും ചേർന്നുള്ള ഭാഗത്തെ ശിലാമണ്ഡലം (Lithosphere) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ശിലാമണ്ഡലം 10 മുതൽ 200 കിലോമീറ്റർവരെ വ്യത്യസ്ത കനത്തിൽ നിലകൊള്ളുന്നു. ശിലാമണ്ഡലത്തിന് തൊട്ടുതാഴെയായി അർധദ്രവാവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടുന്ന അസ്തനോസ്ഫിയർ മാന്റിലിന്റെ ഭാഗമാണ് (അസ്തനോ എന്ന വാക്കിനർഥം ദുർബലം എന്നാണ്). ഏകദേശം 400 കിലോമീറ്റർ വരെയാണ് അസ്തനോസ്ഫിയർ വ്യാപിച്ചിട്ടുള്ളത്. അഗ്നിപർവതങ്ങളിലൂടെ ബഹിർഗമിക്കുന്ന ശിലാദ്രവ (മാഗ്മ) ത്തിന്റെ പ്രഭവമണ്ഡലമാണ് അസ്തനോസ്ഫിയർ. ഭൂവൽക്കത്തെക്കാൾ ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയാണിവിടെ (3.4 ഗ്രാം/ഘ.സെ.മീ.) അനുഭവപ്പെടുന്നത്.



ചിത്രം 3.4

അസ്തനോസ്ഫിയറിന് താഴെയുള്ള കീഴ്മാന്റിൽ ഖരാവസ്ഥയിലാണ്

കാമ്പ് (The Core)

ഭൂമിയുടെ കാമ്പിനെ സംബന്ധിച്ച് മനസിലാക്കുന്നതിന് ഭൂകമ്പതരംഗപ്രവേഗത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള പഠനങ്ങളാണ് സഹായകമായത്. മാന്റിലിനും കാമ്പിനുമിടയിലുള്ള അതിർവരമ്പ് ഏകദേശം 2900 കിലോമീറ്റർ ആഴത്തിലാണെന്ന് കണക്കാക്കുന്നു. പുറക്കാമ്പ് (Outer core) ദ്രവാവസ്ഥയിലാണ്. കാമ്പിന്റെ തുടക്കഭാഗത്ത് സാന്ദ്രത 5 ഗ്രാം/ഘ.സെ.മീ. ആണ്. എന്നാൽ ഭൗമകേന്ദ്രത്തിലെത്തുമ്പോൾ, അതായത് ഏകദേശം 6300 കിലോമീറ്റർ താഴ്ചയിൽ സാന്ദ്രത 13 ഗ്രാം/ഘ. സെ.മീ. ആയി ഉയരുന്നു. മുഖ്യമായും നിക്കൽ (Ni), ഇരുമ്പ് (Fe) എന്നീ ഘനലോഹങ്ങളാലാണ് കാമ്പിന്റെ നിർമിതി. അതിനാൽ കാമ്പിന് NIFE എന്നും പേരുണ്ട്.

അഗ്നിപർവതങ്ങളും അഗ്നിപർവതജന്യ ഭൂരൂപങ്ങളും

അഗ്നിപർവതങ്ങളുടെ ചിത്രങ്ങളും വീഡിയോ ദൃശ്യങ്ങളും നിങ്ങൾ കണ്ടിട്ടുണ്ടാകുമല്ലോ. ഭൗമാന്തർഭാഗത്തു നിന്ന് വാതകങ്ങൾ, ചാരം, ശിലാദ്രവം, ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ പുറന്തള്ളപ്പെടുന്ന മാർഗങ്ങളാണ് അഗ്നിപർവതങ്ങൾ (Volcanoes). സമീപകാലത്ത് മേൽപറഞ്ഞ വസ്തുക്കളുടെ പുറന്തള്ളൽ ഉണ്ടായിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ അത്തരം അഗ്നിപർവതങ്ങളെ സജീവ അഗ്നിപർവതങ്ങൾ (Active Volcanoes) എന്ന് വിളിക്കാം. ഭൂവൽക്കത്തിന് തൊട്ടുതാഴെയായി ശിലകൾ ദ്രവാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന താരതമ്യേന ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയുള്ള അസ്തനോസ്ഫിയർ എന്ന മേഖലയെപ്പറ്റി നിങ്ങൾ പഠിച്ചല്ലോ. ഇവിടെ നിന്നാണ് ശിലാദ്രവം അഗ്നിപർവതങ്ങളിലൂടെ പുറത്തേക്ക് വമിക്കുന്നത്. ഉപരിമാന്റിലിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഈ ശിലാദ്രവത്തെ മാഗ്മ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്ക് വന്നു ചേരുന്നതോടെ ഇതിന് 'ലാവ' എന്നാണ് പേര്. ലാവ, ഉരുകിത്തീരാത്ത ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ, അഗ്നിപർവത ബോംബുകൾ, ചാരം, പൊടിപടലങ്ങൾ, നീരാവി എന്നിവ കൂടാതെ നൈട്രജൻ സംയുക്തങ്ങൾ, സൾഫർ സംയുക്തങ്ങൾ, ക്ലോറിൻ, ഹൈഡ്രജൻ, ആർഗൺ എന്നീ വാതകങ്ങളും അഗ്നിപർവത വസ്തുക്കളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

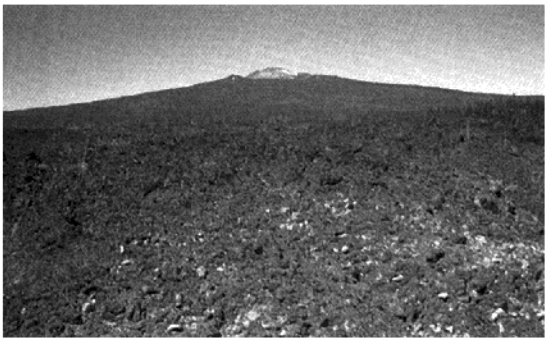
വിവിധതരം അഗ്നിപർവതങ്ങൾ

സ്ഫോടനസ്വഭാവത്തെയും സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ഭൂരൂപമാതൃകകളുടെയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ അഗ്നിപർവതങ്ങളെ തരംതിരിക്കാം. പ്രധാന അഗ്നിപർവതങ്ങൾ ചുവടെ പറയുന്നവയാണ്.

ഷീൽഡ് അഗ്നിപർവതങ്ങൾ (Shield Volcanoes)

ബസാൾട്ട് പ്രവാഹങ്ങളെ ഒഴിച്ചുനിർത്തിയാൽ ഷീൽഡ് അഗ്നിപർവതങ്ങളാണ് ഏറ്റവും വിസ്തൃതമായ അഗ്നിപർവതങ്ങൾ. ഹവായ് ദ്വീപിലെ അഗ്നിപർവതങ്ങൾ ഇതിന് ഉദാഹരണമാണ്. കൂടുതൽ ദ്രവസ്വഭാവമുള്ള ബസാൾട്ട് ലാവയാലാണ് ഇത്തരത്തിലുള്ള ഉയരമില്ലാത്ത അഗ്നിപർവതങ്ങളേറെയും സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നത്. പൊതുവെ സ്ഫോടനാത്മകത കുറഞ്ഞ ഈ അഗ്നിപർവതനാളിയിലേക്ക് ജലം കടന്നുചെല്ലാനിടയായാൽ ഇത്തരം അഗ്നിപർവതങ്ങൾക്ക് സ്ഫോടനം സംഭവിക്കാം. ഉയർന്നുപൊങ്ങുന്ന ലാവയിൽനിന്ന് അഗ്നിപർവത മുഖത്ത് ഖരവസ്തുക്കൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട്

ഷീൽഡ് പർവതം



ചാരക്കൂന

ഷീൽഡ് അഗ്നിപർവതങ്ങളുടെ മധ്യഭാഗത്തായി കൂനകൾ രൂപമെടുക്കുന്നു. ഇവ സിന്റർകോണുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

കോമ്പോസിറ്റ് അഗ്നിപർവതങ്ങൾ (Composite Volcanoes)

ബസാൾട്ടിനെക്കാൾ ചൂടു കുറഞ്ഞതും കട്ടിയുള്ളതുമായ ലാവയാണ് കോമ്പോസിറ്റ് അഗ്നിപർവതങ്ങൾ തീർക്കുന്നത്. പൊതുവെ സ്ഫോടനാത്മകത കൂടുതലാണ് ഈ അഗ്നിപർവതങ്ങൾക്ക്. ലാവയ്ക്കൊപ്പം ഉരുകാത്ത ശിലാഖണ്ഡങ്ങളും ചാരവും വൻതോതിൽ വന്നുചേർന്ന് അഗ്നിപർവതനാളിക്ക് ചുറ്റുപാടും പാളികളായി അടിഞ്ഞുകൂടുന്നു. ഇങ്ങനെ വ്യത്യസ്ത

കോമ്പോസിറ്റ് അഗ്നിപർവ്വതം

വലിപ്പത്തിലുള്ള പദാർഥങ്ങൾ കൂടികലർന്ന് കാണുന്നതിനാലാണ് ഇവയെ കോമ്പോസിറ്റ് അഗ്നിപർവതങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നത്.

കാൽഡറ

ഏറ്റവും വിസ്ഫോടകമായ അഗ്നിപർവതങ്ങളാണിത്. ഈ അഗ്നിപർവതങ്ങളുടെ സ്ഫോടനത്തിലൂടെ വസ്തുക്കൾ നിക്ഷേപിച്ച് വലിയ നിർമിതികൾ ഉണ്ടാകുകയല്ല, മറിച്ച് തകർന്നടിഞ്ഞ് ഗർത്തങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. അഗ്നിപർവതമുഖം തകർന്നടിഞ്ഞ് രൂപപ്പെടുന്ന വിശാലഗർത്തങ്ങളെ 'കാൽഡറ' എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. ഇത്തരം അഗ്നിപർവതങ്ങളുടെ വിസ്ഫോടന സ്വഭാവം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് അവിടങ്ങളിൽ മാഗ്മ അറ കൂടുതൽ വലിപ്പത്തിലും ഭൂപ്രതലത്തിനോടടുത്തും സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു എന്നതാണ്.

ഫ്ളഡ് ബസാൾട്ട് പ്രൊവിൻസസ് (Flood Basalt Provinces)

കൂടുതൽ ദ്രവസ്വഭാവമുള്ള ലാവ കൂടുതൽ ദൂരങ്ങളിലേക്ക് പരക്കുന്നു എന്നതാണ് ഫ്ളഡ് ബസാൾട്ട് അഗ്നിപർവതങ്ങളുടെ സവിശേഷത. ലോകത്തിന്റെ പല ഭാഗത്തും ആയിരക്കണക്കിന് ചതുരശ്രകിലോമീറ്റർ വിസ്തൃതിയിൽ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്ന ബസാൾട്ട് ലാവാ പരപ്പുകളുണ്ട്. ഇവയിൽ ചില ലാവാപ്രവാഹങ്ങൾക്ക് 50 മീറ്ററിലധികം കനമുണ്ട്. ഇന്ത്യയിൽ മഹാരാഷ്ട്ര പീഠഭൂമിപ്രദേശത്തെ 'ഡക്കാൻട്രാപ്പ്' മേഖല ഫ്ളഡ്ബസാൾട്ട് പ്രൊവിൻസുകൾക്ക് ഉത്തമ ഉദാഹരണമാണ്. ആരംഭഘട്ടത്തിൽ ഈ ട്രാപ്പ്മേഖല ഇന്നത്തെക്കാൾ കൂടുതൽ വിസ്തൃതിയിലേക്ക് വ്യാപിച്ചിരുന്നുവെന്നു വിശ്വസിക്കപ്പെടുന്നു.

സമുദ്രാന്തർപർവതനിര അഗ്നിപർവതങ്ങൾ

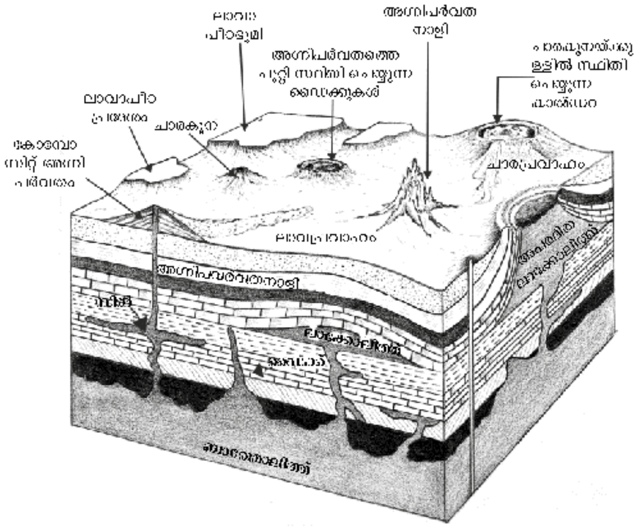
ലോകസമുദ്രങ്ങളുടെ മധ്യഭാഗത്തായി ആകെ 70000 കിലോമീറ്ററോളം നീളത്തിൽ പർവതനിരകൾ രൂപപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഇത്തരം സമുദ്രാന്തർപർവത നിരകളുടെ ശീർഷഭാഗത്ത് അഗ്നിപർവത സ്ഫോടനം ആവർത്തിച്ചുണ്ടാകുന്നു. സമുദ്രാന്തർപർവത നിരകളെപ്പറ്റി അടുത്ത അധ്യായത്തിൽ വിശദമായി പരാമർശിക്കുന്നുണ്ട്.

അഗ്നിപർവത ഭൂരൂപങ്ങൾ

ആന്തരരൂപങ്ങൾ

അഗ്നിപർവതങ്ങളിലൂടെ മോചിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ശിലാദ്രവം തണുത്തുറഞ്ഞ് ആഗ്നേയശിലകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ശിലാദ്രവം ഉപരിതലത്തിലെത്തിയശേഷമോ ഭൂവൽക്കത്തിനുള്ളിലോ തണുത്തുറയലിന് വിധേയമാകാം. ഉപരിതലത്തിലാണ് ശിലാരൂപീകരണം നടക്കുന്നതെങ്കിൽ അത്തരം ആഗ്നേയശിലകളെ അഗ്നിപർവതജന്യശിലകൾ (Volcanic Rocks) എന്നും, ഭൂവൽക്കത്തിനുള്ളിലാണ് ശിലാരൂപീകരണം നടക്കുന്നതെങ്കിൽ അവയെ

പാതാളശിലകൾ (Plutonic Rocks) എന്നും വിളിക്കുന്നു. ഭൂവൽക്കത്തിനുള്ളിൽ തണുത്തുറയുന്ന ലാവ വ്യത്യ



ചിത്രം 3.5 : അഗ്നിപർവതജന്യ ഭൂരൂപങ്ങൾ

സ്തരൂപങ്ങൾ കൈക്കൊള്ളുന്നു. ഈ ശിലാരൂപങ്ങളെ ആന്തരശിലാരൂപങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ചില ആന്തര ശിലാരൂപങ്ങളാണ് ചിത്രത്തിൽ (ചിത്രം 3.5).

ബാത്തോലിത്തുകൾ (Batholiths)

ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ അഗാധതകളിൽ ഭീമമായ അളവിൽ ശിലാദ്രവം തണുത്തുറഞ്ഞ് രൂപപ്പെടുന്ന ഏറ്റവും വലിയ ആന്തരശിലാരൂപങ്ങളാണ് ബാത്തോലിത്തുകൾ. തുടർച്ചയായ അനാവരണ പ്രക്രിയ (Denudation) വഴി ഉപരിതലവസ്തുക്കൾ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിലൂടെ മാത്രമേ ബാത്തോലിത്തുകൾ ഉപരിതലത്തിൽ ദൃശ്യമാകുകയുള്ളൂ. അതിവിസ്തൃതമായും കിലോമീറ്ററുകളോളം താഴ്ചയിലും രൂപപ്പെടുന്ന ഈ ആന്തരശിലാരൂപങ്ങൾ ഗ്രാനൈറ്റ് ശിലകളാണ്. ഒന്നാകെ തണുത്തുറഞ്ഞ മാഗ്മാ അറകളാണ് വാസ്തവത്തിൽ ബാത്തോലിത്തുകൾ.

ലാക്കോലിത്തുകൾ (Lacoliths)

അഗ്നിപർവതജന്യമായ മകുടങ്ങൾപോലെ ഭൂവൽക്കത്തിനുള്ളിൽ രൂപപ്പെടുന്ന ആന്തരശിലാരൂപങ്ങളാണ് ലാക്കോലിത്തുകൾ. ഭൗമോപരിതലം ലക്ഷ്യമാക്കി നീങ്ങുന്ന ലാവ മാർഗമദ്ധ്യേ തണുത്തുറയുന്നതിനാലാണ് താഴെനിന്നും കുഴൽസമാനമായ നാളിയോടുകൂടിയ പരന്ന അടിത്തട്ടുള്ള ലാക്കോലിത്തുകൾ രൂപപ്പെടുന്നത്. കർണാടകപീഠഭൂമിയിൽ ഇപ്പോൾ എഴുന്നുനിൽക്കുന്ന മകുടാകൃതിയിലുള്ള ഗ്രാനൈറ്റ് കുന്നുകൾ ഇത്തരം ആന്തരശിലാരൂപങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണമാണ്.

ലാപ്പോലിത്തുകൾ (Lapoliths), ഫാക്കോലിത്തുകൾ (Phacoliths), സില്ലുകൾ (Sills)

ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്ക് നീങ്ങുന്ന ശിലാദ്രവം ശിലകളിലെ തിരശ്ചീനമായ വിടവുകളിലേക്ക് പ്രവേശിച്ച് തണുത്തുറയുന്നതിലൂടെ വ്യത്യസ്തമായ ആന്തരശിലാരൂപങ്ങൾ കൈവരിക്കുന്നു. അവതല ആകൃതിയിൽ (Concave) രൂപപ്പെടുന്ന ഇത്തരം ആഗ്നേയരൂപങ്ങളെ ലാപോലിത്തുകൾ (Lapoliths) എന്നു വിളിക്കുന്നു. തരംഗരൂപത്തിൽ ശിലാദ്രവം തണുത്തുറഞ്ഞ് രൂപപ്പെടുന്ന ആഗ്നേയരൂപങ്ങളെ ഫാക്കോലിത്തുകൾ (Phacoliths) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഏറെക്കുറെ തിരശ്ചീനതലത്തിലാണ് ആന്തരശിലാരൂപങ്ങളെങ്കിൽ അവ സില്ലുകളോ (Sills) ഷീറ്റുകളോ (Sheets) ആണ്. തിരശ്ചീനമായ ഈ ആഗ്നേയശിലാരൂപങ്ങൾക്ക് നേരിയ കനമേയുള്ളൂവെങ്കിൽ ഷീറ്റുകൾ എന്നും കനം കൂടുതലാണെങ്കിൽ സില്ലുകൾ എന്നും വിളിക്കാം.

ഡൈക്കുകൾ (Dykes)

ഭൂവൽക്കശിലകളിൽ ലംബദിശയിലുള്ള വിള്ളലുകളിലേക്ക് കടന്നുകയറുന്ന ശിലാദ്രവം തണുത്തുറഞ്ഞ് ഭിത്തികൾക്ക് സമാനമായ ആന്തരശിലാരൂപങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നു. ഇതാണ് ഡൈക്കുകൾ. പടിഞ്ഞാറൻ മഹാരാഷ്ട്രയിൽ പൊതുവെ കാണപ്പെടുന്ന ആന്തരശിലാരൂപങ്ങൾ ഇത്തരത്തിൽ രൂപപ്പെട്ടവയാണ്.

പ്രവർത്തനം: അധികേന്ദ്രം (Epicentre) കണ്ടുപിടിക്കാം

മൂന്ന് സീസ്മോഗ്രാഫ് (ഭൂകമ്പമാപിനി) സ്റ്റേഷനുകളിൽ നിന്നുള്ള P തരംഗങ്ങളും S തരംഗങ്ങളും എത്തിച്ചേരുന്ന സമയം സംബന്ധിച്ച വിവരം ഇതിനായി ആവശ്യമാണ്.

പ്രവർത്തനഘട്ടങ്ങൾ

1. ലഭ്യമായ മൂന്ന് സീസ്മോഗ്രാഫ് സ്റ്റേഷനുകളിൽ ഒരു നിശ്ചിത ഭൂകമ്പത്തെ തുടർന്ന് P തരംഗങ്ങളും S തരംഗങ്ങളും എത്തുന്ന സമയം കണ്ടെത്തുക.
2. ഓരോ സ്റ്റേഷനിലും P തരംഗങ്ങളും S തരംഗങ്ങളും എത്തിച്ചേരുന്ന സമയത്തിലെ അന്തരം കണക്കാക്കുക. (തരംഗങ്ങൾ എത്തിച്ചേരാനെടുക്കുന്ന സമയം ചലനകേന്ദ്രത്തിൽനിന്നും സീസ്മോഗ്രാഫിലേക്കുള്ള ദൂരത്തിന് ആനുപാതികമായിരിക്കും)

A. *അടിസ്ഥാന നിയമം*: ഓരോ സെക്കന്റ് സമയാന്തരവും സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ഭൂകമ്പം 8 കിലോമീറ്റർ അകലെയെന്നാണ്.

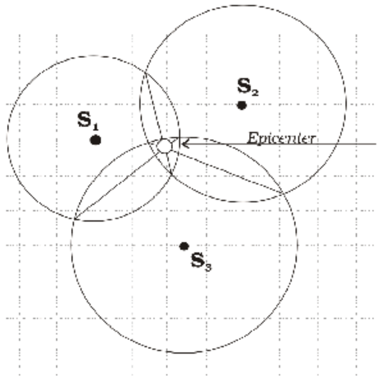
3. മേൽപ്പറഞ്ഞ ഓരോ സ്റ്റേഷനിലെയും സമയാന്തരത്തെ ദൂരമായി മാറ്റുക (സെക്കന്റ് സമയാന്തരത്തെ 8 കൊണ്ട് ഗുണിക്കുക)

4. ഒരു ഭൂപടത്തിൽ സീസ്മോഗ്രാഫ് സ്റ്റേഷനുകൾ യഥാസ്ഥാനങ്ങളിൽ അടയാളപ്പെടുത്തുക.
5. സീസ്മോഗ്രാഫ് സ്റ്റേഷനുകൾ കേന്ദ്രമാക്കിക്കൊണ്ട് കഴിഞ്ഞഘട്ടത്തിൽ കണക്കാക്കിയ ദൂരം ആരമായെടുത്ത് വൃത്തങ്ങൾ വരയ്ക്കുക (ഭൂപടത്തിന്റെ തോതിന് ആനുപാതികമായി ദൂരം കണക്കാക്കുക).
6. മൂന്ന് വൃത്തങ്ങളും പരസ്പരം കൂടിച്ചേരുന്ന കേന്ദ്രമായിരിക്കും പ്രസ്തുത ഭൂകമ്പത്തിന്റെ അധികേന്ദ്രം (Epicentre)

സാധാരണ കമ്പ്യൂട്ടർ അധിഷ്ഠിതമായാണ് അധികേന്ദ്രം കണക്കാക്കുന്നത്. ഇതിനായി ഭൂവൽക്കഘടന പരിഗണിക്കുന്നു. ഇതിലൂടെ ഏകദേശം കൃത്യതയോടെ (നൂറ് മീറ്ററിനടുത്തുമാത്രം വ്യത്യാസമുണ്ടായേക്കാം) അധികേന്ദ്രം കണ്ടെത്താനാകുന്നു. ഇവിടെ വിവരിച്ച പ്രവർത്തനം അധികേന്ദ്രനിർണയത്തിനായി സ്വീകരിച്ചുപോകുന്ന യഥാർഥപ്രക്രിയയുടെ ലളിതമായ ആവിഷ്കാരം മാത്രമാണ്.

ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചിത്രത്തിൽ ഇത്തരത്തിൽ അധികേന്ദ്രത്തിന്റെ സ്ഥാനം നിർണയിച്ചിട്ടുള്ളത് നോക്കൂ. ഇതിനായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തിയ വിവരങ്ങൾകൂടി പട്ടികാരൂപത്തിൽ നൽകിയിട്ടുണ്ട്. നിങ്ങളും ശ്രമിച്ചു നോക്കുമല്ലോ.

Data						
Station	Arrival time of					
	P-waves			S-waves		
	Hour	Min.	Sec.	Hour	Min.	Sec.
S1	03	23	20	03	24	45
S2	03	22	17	03	23	57
S3	03	22	00	03	23	55
Scale of the map 1cm. = 40km.						



ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.
   (i) നൽകിയിട്ടുള്ളതിൽ ഏത് ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങളാണ് ഏറ്റവും വിനാശകാരിയായിട്ടുള്ളത്?
   (a) P തരംഗങ്ങൾ (c) ഉപരിതലതരംഗങ്ങൾ
   (b) S തരംഗങ്ങൾ (d) ഇവയൊന്നുമല്ല
   (ii) ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയെ സംബന്ധിച്ച് നേരിട്ട് ശേഖരിക്കാവുന്ന വിവരസ്രോതസ്സ് ഏത്?
   (a) ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ (c) ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം
   (b) അഗ്നിപർവതങ്ങൾ (d) ഭൗമകാന്തികത്വം
   (iii) 'ഡക്കാൻ ട്രാപ്പ്' മേഖല രൂപപ്പെട്ടത് ഏതുതരം അഗ്നിപർവത പ്രവർത്തനത്തിലൂടെയാണ്?
   (a) ഷീൽഡ് (c) കോമ്പോസിറ്റ്
   (b) ഫ്ളഡ് ബസാൾട്ട് (d) കാൽഡറ
   (iv) താഴെ നൽകിയിട്ടുള്ളവയിൽ ശിലാമണ്ഡലത്തെക്കുറിക്കുന്നതേത്?
   (a) ഉപരിമാന്റിലും അധോമാന്റിലും (c) ഭൂവൽക്കവും കാമ്പും
   (b) ഭൂവൽക്കവും ഉപരിമാന്റിലും (d) മാന്റിലും കാമ്പും
2. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക.
   (i) ബോഡിതരംഗങ്ങൾ എന്നാലെന്ത്?
   (ii) ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയെ സംബന്ധിച്ച നേരിട്ട് ശേഖരിക്കാവുന്ന വിവരസ്രോതസ്സുകളുടെ പേരെഴുതുക.
   (iii) ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ നിഴൽമേഖലകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
   (iv) ഭൂകമ്പപ്രവർത്തനങ്ങൾ കൂടാതെ മറ്റേതെല്ലാം പരോക്ഷ വിവരസ്രോതസ്സുകളിൽനിന്ന് ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയെക്കുറിച്ച് വിവരം ലഭിക്കുന്നു?
3. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   (i) ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ അവ കടന്നുപോകുന്ന ശിലാപാളികളിൽ സൃഷ്ടിക്കുന്ന ഫലങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?
   (ii) ആന്തരശിലാരൂപങ്ങൾ എന്നാലെന്ത്? വിവിധതരം ആന്തരശിലാരൂപങ്ങൾ വിവരിക്കുക.

Q9B1K2

അധ്യായം

4

വൻകരകളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും വിതരണം

ഭൂമിയുടെ ഉത്ഭവം, ഘടന എന്നിവ നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കി. ലോകഭൂപടം നിങ്ങൾക്ക് പരിചിതമാണ്. ഭൂമിയിൽ 29 ശതമാനം മാത്രമാണ് കരപ്രദേശം. ഒരിക്കലും ഈ കരയുടെ അരികുകളുടെ ഘടന ഒരുപോലെയായിരുന്നില്ല, സുദീർഘമായ കാലയളവുകളിൽ വൻകരകളുടെ സ്ഥാനത്തിന് മാറ്റമുണ്ടാവുന്നുണ്ട്. ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾകൊണ്ടുണ്ടായിട്ടുള്ള ഈ സ്ഥാനമാറ്റം ഇനിയും നടക്കും. അതായത്, ഇനിയും കാലമേറെക്കഴിയുമ്പോൾ വൻകരകളുടെ സ്ഥാനം ഇന്നുള്ളതിൽനിന്നും വിഭിന്നമായിരിക്കും. ഭീമാകാരമായ വൻകരകൾ നീങ്ങുകയോ? അത്ഭുതംതന്നെ അല്ലേ? എങ്ങനെയാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞർ വൻകരകളുടെ പൂർവസ്ഥാനങ്ങൾ മനസിലാക്കുന്നത്? അവയുടെ ഭാവിചലന ദിശയും സ്ഥാനവും കണക്കുകൂട്ടുന്നത് എങ്ങനെ? ഇതേക്കുറിച്ചൊക്കെ വിശദീകരിക്കുന്ന അധ്യായമാണിത്.

വൻകരവിസ്ഥാപനം

അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ ഇരു തീരങ്ങളുടെയും ആകൃതി നിരീക്ഷിക്കൂ. പല തീര അരികുകൾക്കും തമ്മിൽ ചേർച്ച തോന്നുന്നില്ലേ? ഇത്തരത്തിൽ വടക്കേ അമേരിക്കയും തെക്കേ അമേരിക്കയും ആഫ്രിക്കയും യൂറോപ്പുമൊക്കെ പ്രാചീനകാലത്ത് ഒന്നായിരുന്നിരിക്കാം എന്ന സംശയം വളരെ മുമ്പുതന്നെ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പ്രകടിപ്പിച്ചിരുന്നു. ലഭ്യമായ തെളിവുകൾ പ്രകാരം 1596-ൽ എബ്രഹാം ഓർട്ടീലിയസ് എന്ന ഡച്ച് ഭൂപടനിർമ്മാതാവാണ് ഇത്തരമൊരു സാധ്യത ആദ്യമായി മുന്നോട്ടുവച്ചത്. പിന്നീട് അന്റോണിയോ പെല്ലിഗ്രിനി മേൽസൂചിപ്പിച്ച വൻകരകളെ ചേർത്തുവരച്ച ഒരു ഭൂപടം തയാറാക്കുകയുണ്ടായി. എന്നാൽ 1912-ൽ ജർമൻ കാലാവസ്ഥാശാസ്ത്രജ്ഞനായ ആൽഫ്രെഡ് വെഗ്നറാണ് 'വൻകരാവിസ്ഥാപന സിദ്ധാന്ത'മെന്ന പേരിൽ വൻകരകളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും വിതരണത്തെ സംബന്ധിച്ച വാദഗതി സമഗ്രമായി അവതരിപ്പിച്ചത്.

വെഗ്നറുടെ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഇന്നുള്ള വൻകരകളെല്ലാം ഒരു കാലത്ത് ഒന്നുചേർന്നായിരുന്നു സ്ഥിതി ചെയ്തിരുന്നത്. ആ ബൃഹദ്‌വൻകരയ്ക്ക് അദ്ദേഹം 'പാൻജിയ' എന്നു പേര് നൽകി. ('പാൻ' എന്നാൽ മുഴുവൻ, 'ജിയ' എന്നാൽ ഭൂമി). അതിനു ചുറ്റുമായി പന്തലാസ എന്ന ബൃഹദ്സമുദ്രവും (പാൻ-മുഴുവൻ, തലാസ-സമുദ്രം) സ്ഥിതി ചെയ്തിരുന്നു. ഏകദേശം 200 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പ് പാൻജിയ കുറുകേ പിളർന്നു മാറാൻ തുടങ്ങി. ഇതിൽ വടക്കൻഭാഗം ലൗറേഷ്യ എന്നും തെക്കൻഭാഗം ഗോണ്ട്വാനാലാന്റ് എന്നും അറിയപ്പെട്ടു. തുടർന്ന് അവ വീണ്ടും പലതായി പിളരുകയും ഇന്നു കാണുന്ന വൻകരകളായി പരിണമിക്കുകയും ചെയ്തു. തന്റെ സിദ്ധാന്തത്തിന് നിരവധി അനുകൂലതെളിവുകളും അദ്ദേഹം ശേഖരിക്കുകയുണ്ടായി.

വൻകര വിസ്ഥാപനത്തിന്റെ അനുകൂല തെളിവുകൾ

വൻകരകളുടെ അരികുകളുടെ ചേർച്ച (ഈർച്ചവാൾ ചേർച്ച)

ആഫ്രിക്കയുടെയും തെക്കേ അമേരിക്കയുടെയും തീരങ്ങൾ തമ്മിൽ അത്ഭുതകരമാംവിധം ചേർച്ചയുണ്ട്. വെഗ്നർ മുന്നോട്ടുവച്ച പ്രധാനപ്പെട്ട തെളിവായിരുന്നു ഇത്. പിൽക്കാലത്ത് 1964-ൽ ബുള്ളാർഡ് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ കമ്പ്യൂട്ടർ പ്രോഗ്രാമുകളുടെ സഹായത്തോടെ ഇരുവൻകരകളുടെയും അരികുകൾ ചേർത്തുകൊണ്ട് ഒരു ഭൂപടം തയാറാക്കുകയുണ്ടായി. നിലവിലെ തീരരേഖയ്ക്കുപകരം 1000 ഫാതം ആഴത്തിലെ അതിരുകൾ ചേർത്ത് ഭൂപടം വരച്ചപ്പോൾ അവ കൃത്യമായി യോജിച്ചിരുന്നു.

സമുദ്രത്തിന്റെ ഇരുകരകളിലെയും ശിലകളുടെ സമപ്രായം

ബ്രസീലിന്റെയും പശ്ചിമ ആഫ്രിക്കയുടെയും തീരത്തെ പുരാതനശിലാപാളികൾക്ക് 2000 ദശലക്ഷം വർഷം പഴക്കമുള്ളതായി കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. സമീപകാലത്ത് നിലവിൽവന്ന റേഡിയോമെട്രിക് കാലഗണനാരീതി ഉപയോഗിച്ച് ലോകത്തിലെ ഇതര തീരമേഖലകളിലുള്ള ശിലകൾ പഠനവിധേയമാക്കിയപ്പോഴും തീരങ്ങളിലെ ശിലാപാളികൾക്ക് സമപ്രായമാണെന്ന നിഗമനത്തിലാണ് എത്താൻ കഴിഞ്ഞിട്ടുള്ളത്. തെക്കേ അമേരിക്കയുടെയും പടിഞ്ഞാറേ ആഫ്രിക്കയുടെയും

സമുദ്രതടനിക്ഷേപങ്ങളിൽ ഏറ്റവും പഴയത് ജുറാസിക് കാലഘട്ടത്തിലേതാണ്. ആ കാലഘട്ടത്തിന് മുമ്പ് ഇരു വൻകരകൾക്കുമിടയിൽ സമുദ്രം ഉണ്ടായിരുന്നില്ല എന്നാണിത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്.

ടില്ലൈറ്റ് നിക്ഷേപങ്ങൾ (Tillite deposits)

ഹിമാനികളുടെ നിക്ഷേപഫലമായുണ്ടായിട്ടുള്ള അവസാദശിലകളാണ് ടില്ലൈറ്റുകൾ. ഇന്ത്യയിലെ ഗോണ്ട്വാനാകാലഘട്ടത്തിലെ അവസാദനിക്ഷേപങ്ങൾക്ക് സമാനമായവ ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിലെ ആറു ഭൂപ്രദേശങ്ങളിലായി കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഈ മേഖലകളിലെ ശിലാപാളികളുടെ ചുവടുഭാഗത്ത് കനത്ത ടില്ലൈറ്റ് നിക്ഷേപങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യമുണ്ട്. ഇത് ഈ മേഖലയിൽ വ്യാപകമായും ദീർഘകാലത്തോളവും നിലനിന്നിരുന്ന ഹിമാനീയ കാലഘട്ടത്തെക്കുറിച്ച് സൂചന നൽകുന്നു. ഇന്ത്യയെകൂടാതെ ആഫ്രിക്ക, ഫാക്‌ലാന്റ് ദ്വീപുകൾ, മഡഗാസ്കർ, അന്റാർട്ടിക്ക, ആസ്ട്രേലിയ എന്നിവിടങ്ങളിലും ഗോണ്ട്വാനശിലകളുടെ തുടർച്ച കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഇത് ഈ വൻകരകളുടെയെല്ലാം സമാനഭൗമ ചരിത്രത്തിലേക്ക് വിരൽചൂണ്ടുന്നു. മാത്രവുമല്ല, ടില്ലൈറ്റിന്റെ സാന്നിധ്യം ഈ വൻകരകളെല്ലാംതന്നെ പ്രാചീന കാലാവസ്ഥയെയും വൻകരകളുടെ വിസ്ഥാപനത്തെയും സംബന്ധിച്ച അനിഷേധ്യമായ തെളിവാണ്.

പ്ലേസർ നിക്ഷേപങ്ങൾ

ആഫ്രിക്കയിലെ ഘാനയുടെ തീരപ്രദേശത്ത് ഉറവിട ശിലകളില്ലാതെതന്നെ സ്വർണസമ്പുഷ്ടമായ പ്ലേസർ നിക്ഷേങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നത് അത്ഭുതകരമായ വസ്തുതയാണ്. എന്നാൽ സ്വർണസമ്പുഷ്ടമായ ശിലാപാളികൾ തെക്കേ അമേരിക്കയിലെ ബ്രസീലിൽ കാണപ്പെടുന്നത് ഈ രണ്ട് ഭൂഖണ്ഡങ്ങളും ഒരു കാലത്ത് ഒന്നായരുന്നുവെന്നതിന്റെ സൂചനയാണ്.

ഫോസിലുകളുടെ വിതരണം

കരയിലും ശുദ്ധജലത്തിലും ജീവിക്കുന്ന പല സമാനസസ്യജന്തുവർഗങ്ങളും വിശാലമായ സമുദ്രത്തിന്റെ ഇരുകരകളിലും കാണപ്പെടുന്നു. ജീവജാലങ്ങളിലെ ഈ വിതരണം എങ്ങനെ വിശദീകരിക്കാനാവുമെന്നതാണ് ശാസ്ത്രലോകത്തിന്റെ ഒരു പ്രധാന സമസ്യ. ഉദാഹരണമായി, ലെമർ എന്നയിനം കുരങ്ങുകളുടെ സാന്നിധ്യം ഇന്ത്യ, മഡഗാസ്കർ, ആഫ്രിക്ക എന്നിവിടങ്ങളിലുണ്ട്. ഈ ഭൂപ്രദേശങ്ങളെല്ലാം ഒരു കാലത്ത് ഒന്നായിരുന്നിരിക്കാം എന്ന നിഗമനത്തിൽനിന്നാണ് ഇവിടം ഒന്നാകെ ലെമൂറിയ എന്നു വിളിക്കപ്പെടുന്നത്.

ആഴം കുറഞ്ഞതും ഉപ്പുരസമുള്ളതുമായ ജലാശയങ്ങളിൽ വസിച്ചിരുന്ന മിസോസോറസ് എന്ന ചെറു ഉരഗത്തിന്റെ ഫോസിലുകൾ ബ്രസീലിലെ ഐറേവർ ശിലാപാളികളിലും (Traver formation) ദക്ഷിണ ആഫ്രിക്കയിൽ ദക്ഷിണകേപ്പ് പ്രൊവിൻസിലും മാത്രമാണുള്ളത്. ഇരു പ്രദേശങ്ങളും ഇന്ന് ഏകദേശം 4800 കിലോമീറ്റർ അകലത്തിൽ സമുദ്രത്താൽ വേർതിരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

ചലനത്തിന് കാരണമായ ബലം

ധ്രുവോന്മുഖ ചലനബലവും (Polar fleeing force), വേലിബല (Tidal force) വുമാണ് വൻകരകളുടെ ചലനത്തിനു കാരണമായി ആൽഫ്രഡ് വെഗ്നർ വിശദീകരിക്കാൻ ശ്രമിച്ചത്. ഭ്രമണംമൂലമാണ് മധ്യഭാഗം അൽപം പുറത്തേക്ക് തള്ളിയ ആകൃതി ഭൂമിക്ക് കൈവന്നിട്ടുള്ളത് എന്ന കാര്യം പ്രത്യേകം ഓർക്കുമല്ലോ. വൻകരകൾ മുറിഞ്ഞുനീങ്ങിയതും ഭ്രമണംമൂലമാകാം എന്നാണ് അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഒരു നിഗമനം. ചന്ദ്രനും സൂര്യനും ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ചെലുത്തുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണ ബലമാണ് സമുദ്രത്തിൽ വേലികൾക്ക് കാരണം. ദീർഘകാലം ഈ ബലമനുഭവപ്പെടുമ്പോൾ അവ വൻകരകളുടെ വിഭജനത്തിനും വിസ്ഥാപനത്തിനും കാരണമാകുമെന്നദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു. എന്നാൽ ശാസ്ത്രലോകം മേൽപ്പറഞ്ഞ രണ്ടു ബലങ്ങളും വൻകരവിസ്ഥാപനത്തിന് തീരെ അപര്യാപ്തമാണെന്ന നിഗമനത്തിലായിരുന്നു.

വിസ്ഥാപനാനന്തര പഠനങ്ങൾ

രണ്ടാംലോകയുദ്ധാനന്തര കാലത്ത് കടലിന്റെ അടിത്തട്ടിനെ സംബന്ധിച്ച് അനേകം പുത്തനറിവുകൾ ലഭിച്ചു. ഇതേത്തുടർന്ന് സമുദ്രാന്തർഭാഗത്തെ ശിലാവിജ്ഞാനീയ ഘടനയെപ്പറ്റി നിരവധി പഠനങ്ങൾ നടക്കുകയുണ്ടായി. കടലിന്റെ അടിത്തറയുടെ ഭൂപടനിർമാണ പ്രക്രിയയിലൂടെ ലഭിച്ച വിവരങ്ങൾ വൻകരകളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും വിതരണത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങൾക്ക് പുതിയ ദിശാബോധം നൽകി.

സംവഹനപ്രവാഹ സിദ്ധാന്തം

1930-കളിൽ ആർതർ ഹോംസ് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഭൂമിയുടെ മാന്റിലിൽ സംവഹനപ്രവാഹങ്ങളുടെ സാധ്യത ചൂണ്ടിക്കാട്ടി. അണുവികിരണശേഷിയുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യംമൂലം മാന്റിലിലുണ്ടാകുന്ന താപവ്യതിയാനമാണ് സംവഹനപ്രവാഹങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നതെന്ന് അദ്ദേഹം വാദിച്ചു. ഈ സംവഹനപ്രവാഹങ്ങൾ വൻകരകൾ അടർന്നു മാറുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു എന്നതായിരുന്നു ഈ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ കാതൽ. ഇതിന്റെ വെളിച്ചത്തിൽ ആധുനിക ശാസ്ത്രജ്ഞർ വൻകരവിസ്ഥാപന സിദ്ധാന്തം നിരാകരിച്ചു.

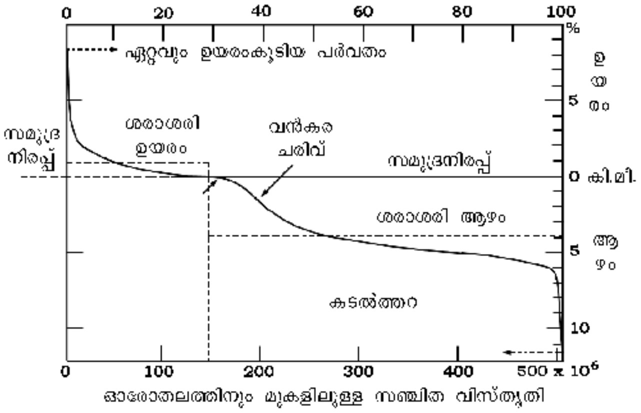
കടൽത്തറയെ സംബന്ധിച്ച വിവരശേഖരണം

യുദ്ധാനന്തര കാലഘട്ടത്തിൽ കടലിന്റെ അടിത്തട്ടിനെ സംബന്ധിച്ച് നടന്ന വ്യാപകമായ പര്യവേക്ഷണങ്ങൾ ഒട്ടനവധി വിവരങ്ങൾ വെളിച്ചത്തുകൊണ്ടുവരികയുണ്ടായി. കടൽത്തറകൾ മുമ്പ് കരുതിയിരുന്നതുപോലെ കേവലം വിശാലമായ സമതലംമാത്രമല്ല, മറിച്ച്, മുങ്ങിപ്പോയ പർവതനിരകൾ, വൻകരകളുടെ

അരികോടു ചേർന്ന അഗാധഗർത്തങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ നിരവധി ഭൂരൂപങ്ങൾ നിറഞ്ഞതാണ് സമുദ്രതടഭൂപ്രകൃതി. അഗ്നിപർവതസ്ഫോടനങ്ങളാൽ സജീവമാണ് സമുദ്രാന്തർപർവതനിരകൾ. സമുദ്രത്തിനടിയിലെ ശിലകളുടെ പ്രായം വൻകരയിലേതിനേക്കാൾ നന്നേ കുറവാണെന്നു കണ്ടെത്താൻ കഴിഞ്ഞു. അതുമാത്രമല്ല സമുദ്രാന്തർപർവതനിരകളുടെ ഇരുവശങ്ങളിലും തുല്യ അകലത്തിലുള്ള ഭാഗങ്ങളിലെ ശിലകളുടെ ഘടന, പ്രായം എന്നിവയിലും അത്ഭുതകരമായ സാമ്യം കണ്ടെത്താനായി.

സമുദ്രതടഭൂപ്രകൃതി (Ocean floor configuration)

ആഴം, ഭൂപ്രകൃതി എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ സമുദ്രതടഭൂപ്രകൃതിയെ മൂന്ന് പ്രധാനഭാഗങ്ങളായി തിരിക്കാം. വൻകരയുടെ അതിരുകൾ, ആഴക്കടൽ തടങ്ങൾ, സമുദ്രാന്തർപർവതനിരകൾ എന്നിവയാണവ. സമുദ്രാന്തർഭൂപ്രകൃതിയുടെ വിശദാംശങ്ങൾ 13–ാം അധ്യായത്തിൽ നൽകിയിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 4.1: കടൽത്തറ

വൻകര അരികുകൾ

വൻകരകളുടെ തീരങ്ങൾക്കും ആഴക്കടൽ തടത്തിനുമിടയിലുള്ള സംക്രമണമേഖലകളാണിവ. ഇതിൽ വൻകരത്തട്ട്, വൻകരച്ചരിവ്, വൻകര ഉയർച്ച, അഗാധ സമുദ്രഗർത്തങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഇവയിൽ അഗാധസമുദ്രഗർത്തങ്ങൾക്ക് വൻകരകളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും വിതരണത്തിൽ ശ്രദ്ധേയമായ സ്ഥാനമാണുള്ളത്.

ആഴക്കടൽ സമതലങ്ങൾ

സമുദ്രാന്തർപർവതനിരകൾക്കും വൻകരകളുടെ അതിരുകൾക്കുമിടയിലെ വിശാലമായ സമതലങ്ങളാണിവ. വൻകരയുടെ അതിരുകളും കടന്നെത്തുന്ന നേർത്ത അവസാദങ്ങൾപോലും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന പ്രദേശമാണിത്.

സമുദ്രാന്തർ പർവതനിരകൾ

സമുദ്രത്തിനടിയിലെ പരസ്പരബന്ധിതമായ പർവതനിരകളുടെ ശൃംഖലകളാണിവ. ഭൂമിയിലെ ഏറ്റവും ദൈർഘ്യമേറിയ പർവതനിരകളും ഇവതന്നെ. മധ്യഭാഗത്ത് സംഭവിച്ച ഭ്രംശം, അതിനിരുവശവും പീഠഭൂമിഭാഗം, തുടർന്ന് ഉടനീളം ചെറുകുന്നുകളോടുകൂടിയ വശങ്ങൾ ഇതാണ് സമുദ്രാന്തർപർവതനിരകളുടെ ഘടന. അഗ്നിപർവതങ്ങളാൽ സജീവമാണ് സമുദ്രാന്തർപർവതനിരകളുടെ ശൃംഗനിരകളിലെ ഭ്രംശമേഖല.

അഗ്നിപർവതങ്ങളുടെയും ഭൂകമ്പങ്ങളുടെയും വിതരണം

ചിത്രം 4.2 നിരീക്ഷിക്കൂ. ഭൂകമ്പങ്ങളുടെയും അഗ്നിപർവതങ്ങളുടെയും വിതരണം സൂചിപ്പിക്കുന്ന ഭൂപടമാണിത്. ഈ ചിത്രത്തിൽ അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രമധ്യത്തിൽ തീരത്തിന് ഏറെക്കുറെ സമാന്തരമായി ചാരനിറത്തിലുള്ള ബിന്ദുക്കളുടെ ഒരു നീണ്ടനിര കാണുന്നില്ലേ? ഇന്ത്യൻ മഹാസമുദ്രത്തിലേക്കും ഇതിന്റെ തുടർച്ച കാണാൻ കഴിയും. ഇത് ഇന്ത്യൻ ഉപദ്വീപിന് അൽപം തെക്ക് രണ്ട് ശാഖകളായി പിരിയുന്നു. ഇതിലൊരു ശാഖ കിഴക്കൻ ആഫ്രിക്കയിലേക്കും മറ്റൊന്ന് മ്യാൻമാറിൽനിന്നും ന്യൂഗിനിയയിലേക്കു നീളുന്ന സമാനമായ മറ്റൊരു ശാഖയിലേക്കും ചേരുന്നു. ഈ ബിന്ദുക്കൾ സമുദ്രാന്തർ പർവതനിരകൾക്ക് നേർമുകളിലായാണ് കാണപ്പെടുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾക്ക് ബോധ്യമായിട്ടുണ്ടാകും.

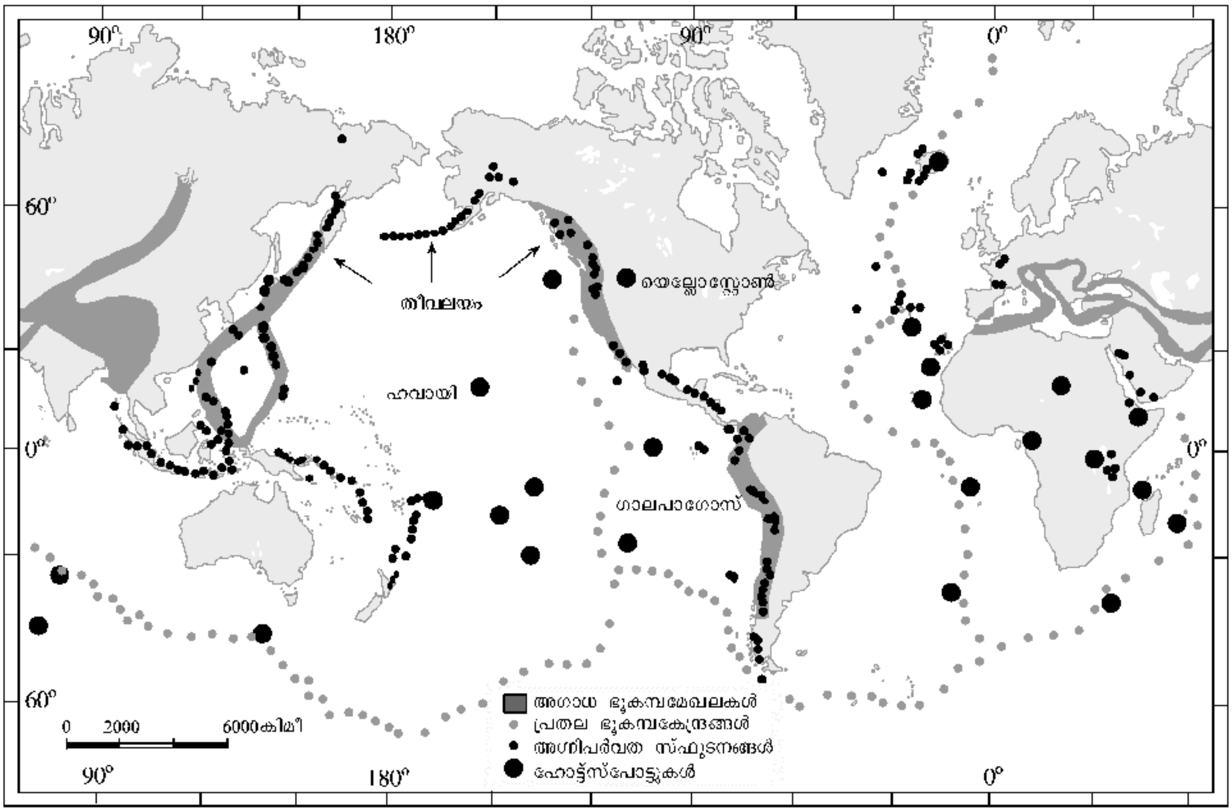
ആൽപൈൻ–ഹിമാലയൻ നിരകളും പസഫിക് സമുദ്രത്തിന്റെ അരികുകളും ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് ഷെയ്ഡ് ചെയ്തിട്ടുള്ള മറ്റൊരു മേഖല. പൊതുവെ പറഞ്ഞാൽ സമുദ്രാന്തർപർവതനിരകളിലെ ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ പ്രഭവകേന്ദ്രങ്ങളൊക്കെയും ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനോട് ഏറെ അടുത്താണ്. എന്നാൽ ആൽപൈൻ–ഹിമാലയൻ മേഖലകളിലെയും പസഫിക് സമുദ്രത്തിന്റെ അരികുകളിലെയും ഭൂകമ്പപ്രഭവകേന്ദ്രങ്ങൾ ഏറെ ആഴത്തിലാണ്. അഗ്നിപർവതങ്ങളുടെ സ്ഥാനത്തിലും സമാനമായ ക്രമം കണ്ടെത്താൻ കഴിയും. പസഫിക് സമുദ്രത്തിനുചുറ്റും നിരവധി സജീവ അഗ്നിപർവതങ്ങളുള്ളതിനാൽ 'ശാന്തസമുദ്രത്തിലെ തീവലയം' (Pacific ring of fire) എന്നാണീ മേഖല അറിയപ്പെടുന്നത്.

സമുദ്രതട വ്യാപനം

വെഗ്നർ വൻകരവിസ്ഥാപനമെന്ന ആശയം അവതരിപ്പിച്ച കാലത്ത് ലഭ്യമല്ലാതിരുന്ന ഒട്ടേറെ അറിവുകൾ പിന്നീട് ശാസ്ത്രലോകത്തിന് ശേഖരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞു. സമുദ്രതടഭൂപ്രകൃതിയുടെ ഭൂപടം തയാറാക്കാനായതും സമുദ്രത്തിലെ ശിലകളുടെ പുരാതന കാന്തികത (Palaeomagnetism) നിർണയിച്ചതുമൊക്കെ നിരവധി വസ്തുതകൾ വെളിച്ചത്തുകൊണ്ടുവന്നു.

(i) സമുദ്രാന്തർപർവത നിരകളിലുടനീളം അഗ്നിപർവതങ്ങൾ സാധാരണയാണ്; അവ വൻതോതിൽ ലാവ പുറന്തള്ളുന്നു.

(ii) സമുദ്രാന്തർപർവതശൃംഗ നിരകളുടെ ഇരുവശത്തും തുല്യ അകലങ്ങളിലെ ശിലകളുടെ രാസഘടന,



ചിത്രം 4.2: അഗ്നിപർവതങ്ങളുടെയും ഭൂകമ്പങ്ങളുടെയും വിതരണം

കാന്തികഗുണങ്ങൾ, പ്രായം എന്നിവയിൽ സാമ്യമുണ്ട്. സമുദ്രാന്തർപർവത ശൃംഗനിരകളോടടുത്തുള്ള ശിലകൾ ഏറ്റവും പ്രായം കുറഞ്ഞവയും ഭൂമിയുടെ നിലവിലുള്ള കാന്തികത തന്നെ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നവയുമാണ്. ശൃംഗനിരയിൽ നിന്നകലും തോറും ശിലകളുടെ പ്രായവും ഏറുന്നു.

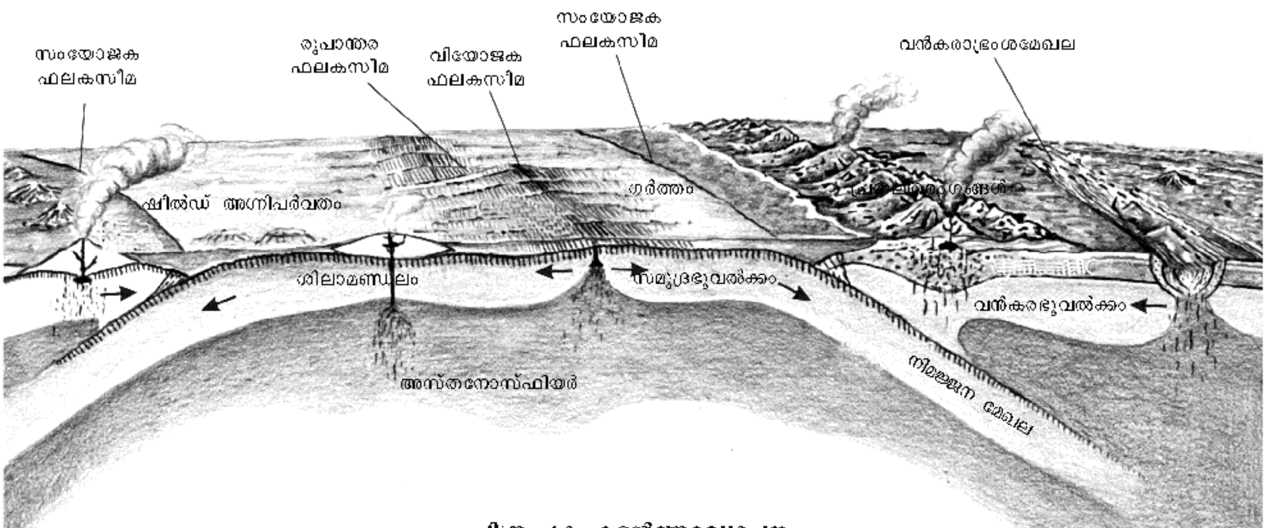
(iii) വൻകരയിലെ ശിലകളെക്കാൾ സമുദ്രശിലകൾക്ക് പ്രായം തീരെക്കുറവാണ്. സമുദ്രഭൂവല്ക്കത്തിലെ ശിലകൾക്കൊന്നും 200 ദശലക്ഷം വർഷത്തിൽ കൂടുതൽ പ്രായമില്ല. എന്നാൽ വൻകരയിലെ ചില ശിലാരൂപങ്ങൾ 320 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾ പ്രായമുള്ളവയാണ്.

(iv) സമുദ്രത്തിലെ അവസാദശിലകൾക്ക് കനം തീരെ കുറവാണ്. സമുദ്രതടങ്ങൾക്ക് വൻകരകളോളം പ്രായമുണ്ടായിരുന്നുവെങ്കിൽ ദീർഘകാലത്തെ അവസാദനിക്ഷേപങ്ങളുടെ കനത്ത അടരുകൾ ഉണ്ടാകേണ്ടതാണെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞർ അനുമാനിക്കുന്നു. എന്നാൽ സമുദ്രത്തിലെങ്ങുംതന്നെ 200 ദശലക്ഷം വർഷത്തിലധികം പഴക്കമുള്ള അവസാദപാളികൾ കണ്ടെത്തിയിട്ടില്ല.

(v) സമുദ്രഗർത്തങ്ങൾക്കുള്ളിലെ ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ പ്രഭവകേന്ദ്രം ഏറെ ആഴത്തിലാണ്. എന്നാൽ സമുദ്രാന്തർ പർവതനിരകളിലെ ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ പ്രഭവകേന്ദ്രങ്ങൾക്ക് ആഴം തീരെക്കുറവാണ്.

ഈ വിവരങ്ങളോടൊപ്പം സമുദ്രാന്തർപർവതനിരകൾക്ക് ഇരുവശങ്ങളിലുമുള്ള ശിലകളുടെ കാന്തികസവിശേഷതകളെയും വിശദമായി അപഗ്രഥിച്ച് ഹെസ് (1961) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ സമുദ്രതടവ്യാപനം എന്ന ആശയം മുന്നോട്ടുവച്ചു.

സമുദ്രാന്തർപർവതനിരകളിലെ തുടർച്ചയായ അഗ്നിപർവതസ്ഫോടനം സമുദ്രഭൂവല്ക്കത്തിൽ വിള്ളലുണ്ടാക്കുമെന്നും സമുദ്രഭൂവല്ക്കത്തെ വശത്തേക്ക് തള്ളിമാറ്റിക്കൊണ്ട് ആ വിടവിലൂടെ പുറത്തേക്കൊഴുകുന്ന ലാവ തണുത്ത് പുതിയ കടൽത്തറ രൂപംകൊള്ളുന്നുവെന്നും അദ്ദേഹം വാദിച്ചു. കടൽത്തറ വലുതാകുന്നതിനനുസരിച്ച് ഭൂമിയുടെ വലിപ്പം കൂടുന്നില്ല എന്നും അദ്ദേഹം നിരീക്ഷിച്ചു. ഒരു ഭാഗത്ത് പുതിയ കടൽത്തറ രൂപം കൊള്ളുന്നുണ്ടെങ്കിൽ മറ്റെവിടെയോ കടൽത്തറ ഭൂവൽക്കം നശിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതുകൊണ്ടാവാം ഇത് എന്ന് അദ്ദേഹം അനുമാനിച്ചു. സമുദ്രാന്തർപർവതനിരയുടെ മധ്യഭാഗത്തുനിന്നും വശങ്ങളിലേക്ക് അഗ്നിപർവത സ്ഫോടനത്തിലൂടെ തള്ളിമാറ്റപ്പെടുന്ന കടൽത്തറകൾ സമുദ്രഗർത്തങ്ങളിൽ ആണ്ടുപോവുകയും ഉരുകി മാഗ്മയായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു എന്നും ഹെസ് വാദിച്ചു.



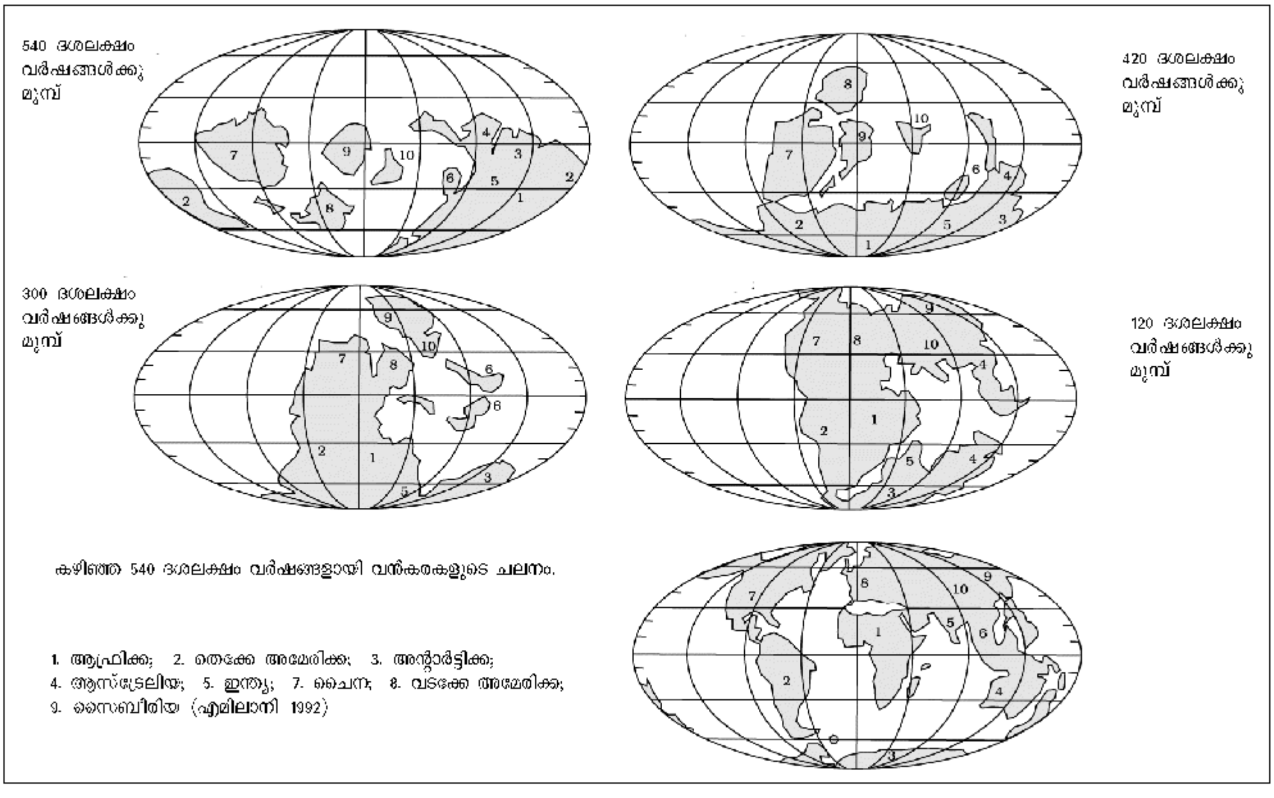
ചിത്രം 4.3 : കടൽത്തറവ്യാപനം

ഈ പ്രക്രിയ നിരന്തരം നടക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി കടൽത്തറ നിരന്തരം പുതുക്കപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. സമുദ്രതടവ്യാപനമെന്ന ആശയം ചിത്രീകരിച്ചിട്ടുള്ളത് ശ്രദ്ധിക്കൂ (ചിത്രം 4.3).

ഫലകചലനം (Plate Tectonics)

കടൽത്തറ വ്യാപനമെന്ന ആശയത്തിന്റെ വരവോടെ വൻകരകളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും വിതരണത്തെ സംബന്ധിച്ച സമസ്യയ്ക്ക് വീണ്ടു ജീവൻ വച്ചു. 1967-ൽ മക്കിൻസി, പാർക്കർ, മോർഗൻ എന്നിവർ ലഭ്യമായ തെളിവുകളൊക്കെ ശേഖരിച്ചുകൊണ്ട് 'ഫലകചലന സിദ്ധാന്തം' എന്ന മറ്റൊരു ആശയവുമായി രംഗത്തെത്തി.

വൻകരയും സമുദ്രഭാഗവും ചേർന്ന ശിലാമണ്ഡലത്തിന്റെ കനത്ത ശിലാപാളികളുൾപ്പെടുന്ന ക്രമരഹിതവും ബൃഹത്തുമായ ഭൂഭാഗങ്ങളാണ് ടെക്ടോണിക്



ചിത്രം 4.4: വൻകരകളുടെ സ്ഥാനം — ഭൂവിജ്ഞാനീയ ഭൂതകാലത്തിൽ

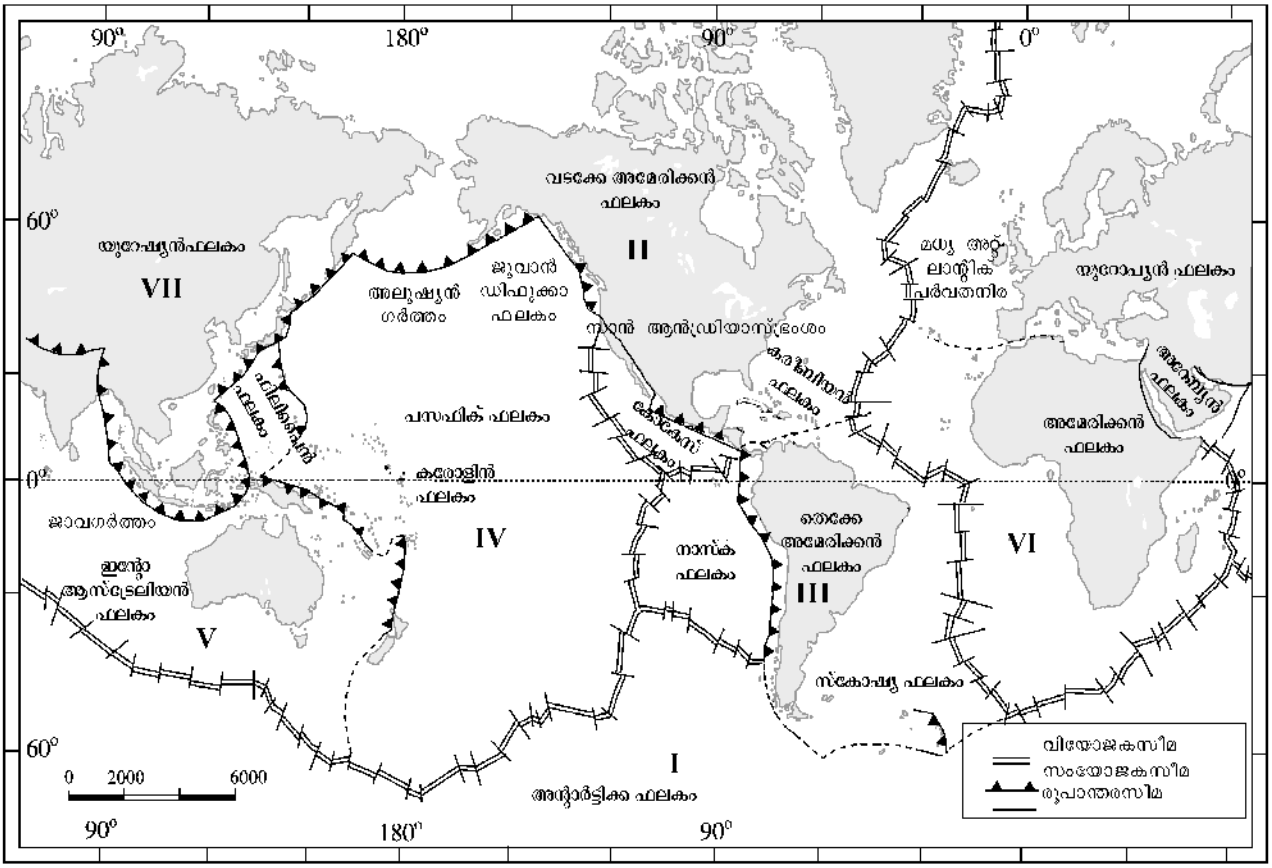
ഫലകങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കപ്പെടുന്നത്. ഇവയ്ക്ക് ശിലാമണ്ഡല ഫലകങ്ങൾ (Lithospheric plates) എന്നും പേരുണ്ട്.

> 'ദുർബലം' എന്നർഥം വരുന്ന അസ്തനോസ് എന്ന ഗ്രീക്ക് പദത്തിൽനിന്നുമാണ് 'അസ്തനോസ്ഫിയർ' എന്ന പദമുണ്ടായത്.
>
> ശിലാമണ്ഡലത്തിന് തൊട്ടുതാഴെയായി മാന്റിലിന്റെ മുകൾഭാഗത്ത് ഉയർന്ന താപത്താൽ ശിലകൾ ഉരുകി നിലകൊള്ളുന്ന ഭാഗമാണ് അസ്തനോസ്ഫിയർ.
>
> അസ്തനോസ്ഫിയറിലെ ഉരുകിയ ശിലാദ്രവമാണ് അഗ്നിപർവതങ്ങളിലൂടെ പുറത്തുവരുന്നത്.

ഫലകങ്ങൾ അസ്തനോസ്ഫിയറിനു മുകളിലൂടെ തിരശ്ചീനമായി നീങ്ങുന്നു. ഭൂവല്ക്കവും മാന്റിലിന്റെ മുകൾപ്പരപ്പും ഉൾപ്പെടുന്ന ശിലാമണ്ഡലത്തിന് സമുദ്രത്തിനടിയിൽ 5 മുതൽ 100 കിലോമീറ്റർ വരെയും വൻകരയിൽ ഏകദേശം 200 കിലോമീറ്റർ വരെയും കനമുണ്ട്. ഒരു ഫലകം വൻകരാഫലകമാണോ സമുദ്രഫലകമാണോ എന്നു നിശ്ചയിക്കുന്നത് ആ ഫലകത്തിന്റെ ഏറിയപങ്കും വൻകരയെയാണോ സമുദ്രത്തെയാണോ ഉൾക്കൊള്ളുന്നത് എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചായിരിക്കും.

ഏഴ് വൻഫലകങ്ങളാലും ഏതാനും ചെറുഫലകങ്ങളാലും നിർമിതമാണ് ഭൂമിയിലെ ശിലാമണ്ഡലങ്ങൾ എന്നാണ് ഫലകചലന സിദ്ധാന്തം പറയുന്നത്. പ്രായം കുറഞ്ഞ മടക്കു പർവതങ്ങൾ, ഗർത്തങ്ങൾ, ഭ്രംശങ്ങൾ ഇവയൊക്കെ വൻഫലകങ്ങളോടനുബന്ധിച്ച് കാണപ്പെടുന്നു. വൻഫലകങ്ങളുടെ പേരുകൾ ചുവടെ ചേർക്കുന്നു (ചിത്രം 4.5):

(i) അന്റാർട്ടിക്കയും അതിനുചുറ്റുമുള്ള സമുദ്രവുമുൾപ്പെടുന്ന സമുദ്രഫലകം
(ii) വടക്കേ അമേരിക്കൻ ഫലകം (തെക്കേ അമേരിക്കൻ ഫലകത്തിൽനിന്നും കരീബിയൻ ദ്വീപസമൂഹങ്ങളിലൂടെ വേർപെട്ട പടിഞ്ഞാറൻ അറ്റ്ലാന്റിക് കടൽത്തറ)
(iii) തെക്കേ അമേരിക്കൻ ഫലകം (വടക്കേ അമേരിക്കൻ ഫലകത്തിൽനിന്നും കരീബിയൻ ദ്വീപസമൂഹങ്ങളിലൂടെ വേർപെട്ട പടിഞ്ഞാറൻ അറ്റ്ലാന്റിക് കടൽത്തറ)
(iv) പസഫിക് ഫലകം
(v) ഇന്ത്യ-ആസ്ട്രേലിയ-ന്യൂസിലാന്റ് ഫലകം
(vi) ആഫ്രിക്കയും കിഴക്കൻ അറ്റ്ലാന്റിക് അടിത്തട്ടുമുൾപ്പെടുന്ന ഫലകം



ചിത്രം 4.5: ലോകത്തിലെ വൻഫലകങ്ങളും ചെറുഫലകങ്ങളും

(vii) യുറേഷ്യ ഉൾപ്പെടുന്ന സമുദ്രഫലകം

ചില പ്രധാന ചെറുഫലകങ്ങളുടെ പേരുകൾ ചുവടെ ചേർക്കുന്നു:

(i) കോക്കോസ് ഫലകം: മധ്യ അമേരിക്കയ്ക്കും പസഫിക് ഫലകത്തിനുമിടയിൽ

(ii) നാസ്ക ഫലകം: തെക്കേ അമേരിക്കയ്ക്കും പസഫിക് ഫലകത്തിനുമിടയിൽ

(iii) അറേബ്യൻ ഫലകം: മിക്ക സൗദി അറേബ്യൻ പ്രദേശങ്ങളും

(iv) ഫിലിപ്പൈൻ ഫലകം: യുറേഷ്യൻ ഫലകത്തിനും പസഫിക് ഫലകത്തിനുമിടയിൽ

(v) കരോലിൻ ഫലകം: ഫിലിപ്പൈൻ ഫലകത്തിനും ഇന്ത്യൻ ഫലകത്തിനുമിടയിൽ (ന്യൂഗിനിയയ്ക്കു വടക്ക്)

(vi) ഫ്യൂജി ഫലകം: ആസ്ട്രേലിയയ്ക്ക് വടക്കു കിഴക്ക്

ഈ ഫലകങ്ങളൊക്കെയും അവയുണ്ടായ കാലം മുതൽക്ക് നിരന്തരം ചലിച്ചുകൊണ്ടേയിരിക്കുന്നു. അതായത്, വെഗ്നർ കരുതിയതുപോലെ വൻകരകൾ മാത്രമല്ല, അവ ഉൾപ്പെടുന്ന ഫലകങ്ങളാണ് ചലിക്കുന്നത്. മാത്രമല്ല എല്ലാ ഫലകങ്ങളും ഭൂതകാലത്തിലുടനീളം ചലിച്ചിട്ടുണ്ട്, ഇപ്പോഴും ചലിക്കുന്നു, ഭാവിയിലും ഈ ചലനങ്ങൾ തുടർന്നുകൊണ്ടേയിരിക്കുകയും ചെയ്യും.

ഇന്നത്തെ വൻകരകളെല്ലാം ആദ്യം പാൻജിയ എന്ന ഒരൊറ്റ ബൃഹദ്‌വൻകരയായിരുന്നു എന്നാണ് വെഗ്നർ കരുതിയത്. എന്നാൽ ഫലകങ്ങൾ എക്കാലവും ഭൗമോപരിതലത്തിലൂടെ അലഞ്ഞിരുന്നുവെന്നും വിവിധ ഫലകങ്ങളായി സ്ഥിതിചെയ്തിരുന്ന വൻകരകളെല്ലാംതന്നെ കൂടിച്ചേർന്നതിനെത്തുടർന്ന് ഒരൊറ്റ വൻകരയായി നിലനിന്ന അവസ്ഥയാണ് പാൻജിയ എന്നുമാണ് പിൽക്കാല കണ്ടെത്തലുകൾ വെളിവാക്കുന്നത്.

പുരാതന കാന്തികതാ (Palaeo magnetism) വിവരങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് ശാസ്ത്രജ്ഞർ വിവിധ ഭൂവിജ്ഞാനീയ കാലഘട്ടങ്ങളിൽ നിലനിന്നിരുന്ന ഇന്നത്തെ വൻകരകളുടെ സ്ഥാനം അനുമാനിച്ചിട്ടുണ്ട് (ചിത്രം 4.4).

ഇന്ത്യൻ ഉപദ്വീപിന്റെ വിവിധ കാലഘട്ടങ്ങളിലെ സ്ഥാനനിർണയത്തിനായി ശാസ്ത്രജ്ഞർ നാഗ്പൂർ പ്രദേശത്തെ ശിലകളെയാണ് വിശകലനം ചെയ്തത്.

വിവിധതരം ഫലകാതിരുകൾ

ഫലകാതിരുകൾ മൂന്നു തരമുണ്ട്:

വിയോജകസീമകൾ (Divergent margins)

ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ അകന്നുപോകുന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ പുതിയ ഭൂവൽക്കം രൂപംകൊള്ളുന്നു. ഇത്തരം ഫലകാതിരുകളാണ് വിയോജക സീമകൾ. വ്യാപനമേഖലകൾ (spreading sites) എന്നും ഈ മേഖലയ്ക്ക് പേരുണ്ട്. വിയോജകസീമയ്ക്ക് ഏറ്റവും നല്ല ഉദാഹരണമാണ് മധ്യ അറ്റ്ലാന്റിക് പർവതനിര.

അമേരിക്കൻ ഫലകങ്ങൾ യുറേഷ്യൻ ഫലകത്തിൽനിന്നും ആഫ്രിക്കൻ ഫലകത്തിൽനിന്നും വേർപെടുന്ന അതിരാണിത്.

സംയോജകസീമകൾ (Convergent margins)

ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ അടുക്കുന്ന അതിരുകളാണിവ. ഇവിടെ ഒരു ഫലകം മറ്റൊന്നിനടിയിലേക്ക് ആണ്ടുപോകുന്നു. ഈ മേഖല നിമജ്ജനമേഖല (Subduction zone) എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

ഫലകസംയോജനം മൂന്നുതരത്തിൽ സംഭവിക്കാം:

(i) സമുദ്രഫലകവും വൻകരഫലകവും തമ്മിൽ

(ii) രണ്ട് സമുദ്രഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ

(iii) രണ്ട് വൻകരഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ

സ്ഥാനാന്തരസീമകൾ (Transform margins)

ഫലകങ്ങൾ തിരശ്ചീനമായി ഉരസി നീങ്ങുന്ന ഫലകാതിരുകളാണിവ. ഇത്തരം ഫലകാതിരുകളിൽ ഭൂവൽക്കം പുതുതായി നിർമിക്കപ്പെടുകയോ നശിപ്പിക്കപ്പെടുകയോ ചെയ്യുന്നില്ല.

സമുദ്രാന്തർപർവതനിരകൾക്കു ലംബമായാണ് സ്ഥാനാന്തരസീമകളുടെ തലം. അഗ്നിപർവതസ്ഫോടനം എല്ലായ്പ്പോഴും സമുദ്രാന്തർപർവതശൃംഗനിരയിൽത്തന്നെ ആയിരിക്കില്ല. അതേസമയം ഭൂമിയുടെ അച്ചുതണ്ടിൽനിന്നകലെ ഫലകത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗത്തിന്റെ ചലനവേഗം മറ്റു ഭാഗങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. അകന്നുമാറിയ ഫലകഖണ്ഡങ്ങൾക്കുമേൽ ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണവും സ്വാധീനം ചെലുത്തുന്നുണ്ട്.

> എങ്ങനെയാണ് ഫലകങ്ങളുടെ ചലനവേഗം കണ്ടെത്തുക?

ഫലകചലനവേഗത്തിന്റെ നിരക്ക്

സമുദ്രാന്തർപർവതനിരകൾക്കു സമാന്തരമായി കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളുടെ അനുക്രമവും വിപരീതവുമായ കാന്തികമണ്ഡലങ്ങൾ ഫലകചലനത്തിന്റെ വേഗയുടെ നിരക്ക് കണ്ടെത്താൻ ശാസ്ത്രജ്ഞർക്ക് സഹായകമാണ്. ഫലകങ്ങളുടെ ചലനനിരക്കിൽ കാര്യമായ അന്തരമുണ്ട്. ആർട്ടിക്ക് പർവതനിരയും ഈസ്റ്റർദ്വീപുകൾക്കടുത്തുള്ള ഈസ്റ്റ് പസഫിക് റൈസുമാണ് ഏറ്റവും സാവധാനത്തിൽ ചലിക്കുന്നത് (ആണ്ടിൽ 2.5 സെന്റിമീറ്ററിലും താഴെ).

അതേസമയം, ചിലിക്ക് പടിഞ്ഞാറ് ദക്ഷിണ പസഫിക് മേഖലയിലെ ഈസ്റ്റർ ദ്വീപുകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന ഭാഗത്തിനാണ് ഏറ്റവുമധികം ചലനനിരക്കുള്ളത് (ആണ്ടിൽ 15 സെന്റിമീറ്റർ വീതം).

ഫലകചലനത്തിനു കാരണമായ ബലം

വെഗ്നർ വൻകരവിസ്ഥാപന സിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിക്കുന്ന കാലത്ത് യാതൊരു ചലനവുമില്ലാത്ത ഖര വസ്തുവായാണ് മിക്കശാസ്ത്രജ്ഞരും ഭൗമോപരിതലത്തെ കരുതിയിരുന്നത്. എന്നാൽ കടൽത്തറവ്യാപനമെന്ന ആശയവും ഫലകചലന സിദ്ധാന്തവും ഭൗമോപരിതലം മാത്രമല്ല ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറകളും നിശ്ചലമായി നിൽക്കുന്നവയല്ലെന്നും അവ നിരന്തരം ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നവയാണെന്നും വിശദീകരിക്കുന്നു. ഫലകങ്ങൾ ചലിക്കുന്നു എന്നത് ഇന്ന് ഏവരും അംഗീകരിക്കുന്ന വസ്തുതയാണ്. കാഠിന്യമുള്ള ഫലകങ്ങൾക്കു താഴെ, ശിലാദ്രവം ചാക്രിക ചലനത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. ചുട്ടുപഴുത്ത മാഗ്മ ഉയർന്നുവരികയും വ്യാപിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതിനെത്തുടർന്ന് തണുക്കാൻ തുടങ്ങുകയും വീണ്ടും ആഴങ്ങളിലേക്കാണ്ടു പോവുകയും ചെയ്യുന്നു. നിരന്തരം നടക്കുന്ന ഈ പ്രക്രിയയെ ശാസ്ത്രജ്ഞർ സംവഹനപ്രവാഹം എന്നാണ് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. ഇതിനാവശ്യമായ ഊഷ്മാവ് പ്രധാനമായും രണ്ട് സ്രോതസുകളിൽനിന്നുമാണ് ലഭിക്കുന്നത് — ആണവ അപചയം വഴിയും അവക്ഷിപ്ത ഊഷ്മാവിലൂടെയും.

ആണവ അപചയം

പ്രകൃതിയിലെ ചില ധാതുക്കൾ സ്വയം ഊർജം നഷ്ടപ്പെടുത്തി നശിക്കുന്ന സ്വഭാവത്തോടുകൂടിയവയാണ്. വൻതോതിൽ ഊർജം നഷ്ടപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ട് കാലാന്തരത്തിൽ ഇല്ലാതെയാകുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ആണവ അപചയം. യുറേനിയം – 238, പൊട്ടാസ്യം – 40, തോറിയം – 232 എന്നിങ്ങനെയുള്ള ധാതുകൾക്ക് അണുവികിരണശേഷിയുണ്ട്. ഈ ധാതുക്കളുടെ സാന്നിധ്യമാണ് ഭൂമിയുടെ ഉള്ളിലെ വർധിച്ച താപത്തിന്റെ ഒരു സ്രോതസ്സ്.

അവക്ഷിപ്ത താപം

ഭൂമി രൂപംകൊണ്ട സമയത്ത് ചുട്ടുപഴുത്ത വാതക ഗോളമായിരുന്നു. അത് സാവധാനം തണുത്തതിന്റെ ഫലമാണ് ഭൂമുഖം ഇന്നു കാണുന്ന തരത്തിലായത്. ആദിമകാലത്തെ ഭൗമതാപത്തിന്റെ ബാക്കിപത്രം ഇന്നും ഭൂമിക്കുള്ളിൽ അവശേഷിക്കുന്നു. ഇതാണ് അവക്ഷിപ്ത താപം.

1930-കളിൽ ആർതർ ഹോംസ് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് ഈ ആശയം ആദ്യമായി പരിഗണിച്ചത്. ഇതാണ് പിന്നീട് ഹാരിഹെസിന് കടൽത്തറവ്യാപനത്തെക്കുറിച്ച് ചിന്തിക്കാൻ പ്രേരണയായത്.

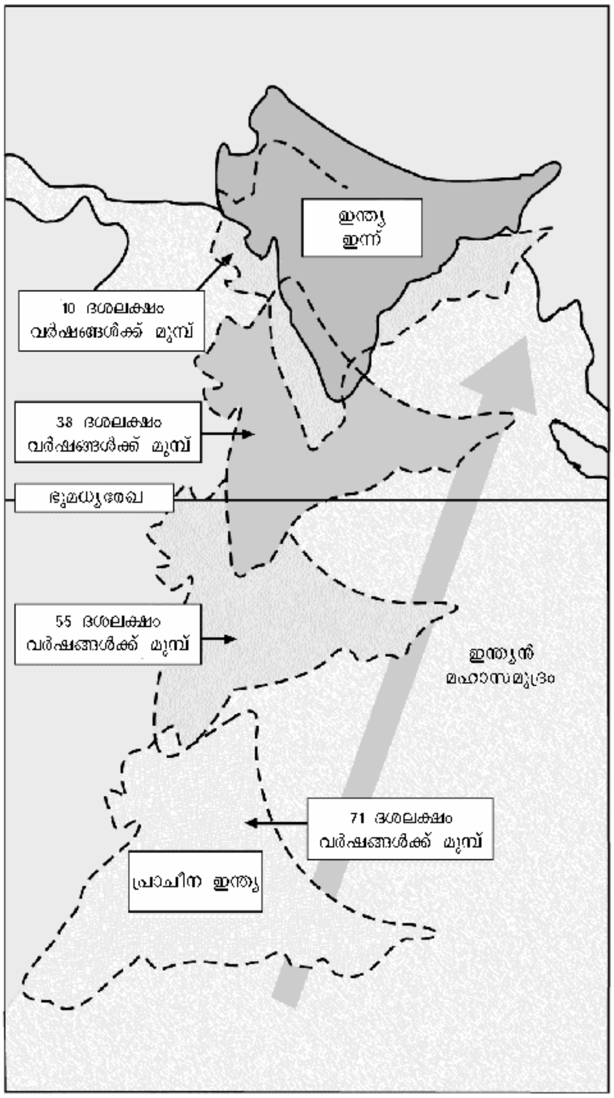
കാഠിന്യമേറിയ ഫലകങ്ങൾക്കുതാഴെ ചുട്ടുപഴുത്തതും മൃദുവുമായ മാന്റിലിന്റെ സാവധാനമുള്ള ചലനമാണ് ഫലകങ്ങളുടെ ചലനത്തിനു കാരണമായ ബലം.

ഇന്ത്യൻ ഫലകത്തിന്റെ ചലനം

ഉപദ്വീപിയ ഇന്ത്യയുടെയും ആസ്ട്രേലിയൻ വൻകരയുടെയും ഭാഗങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് ഇന്ത്യൻ ഫലകം. ഹിമാലയമേഖലയിലെ നിമജ്ജനമേഖലയാണ് വൻകരാ-വൻകരാസംയോജന രൂപത്തിലുള്ള വടക്കൻ ഫലകാതിര്. ജാവാഗർത്തം ദ്വീപചാപത്തോളം (Island Arc) നീളുന്ന മ്യാൻമാറിലെ റാഖിൻയോമ പർവതങ്ങൾവരെ വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നതാണ് കിഴക്കൻ അതിര്. ഇത് ആസ്ട്രേലിയക്കു കിഴക്ക് തെക്കുപടിഞ്ഞാറൻ പസഫിക് സമുദ്രത്തിൽ പർവതനിരയുടെ രൂപത്തിലുള്ള ഒരു വ്യാപനമേഖലയാണ്. പാകിസ്ഥാനിലെ കിർത്താർ പർവതനിരകളാണ് ഇതിന്റെ പടിഞ്ഞാറതിര്. മക്രാനാ തീരത്തുനിന്നാരംഭിച്ച്, ചെങ്കടൽ ഭ്രംശത്തിലൂടെ ചാഗോസ് ദ്വീപസമൂഹം വരെ നീളുന്ന വ്യാപനമേഖലയോളം ഇതിന് വ്യാപ്തിയുണ്ട്. ഇന്ത്യൻ ഫലകത്തിന്റെയും അന്റാർട്ടിക് ഫലകത്തിന്റെയും അതിരിൽ കിഴക്കുപടിഞ്ഞാറ് ദിശയിൽ ഒരു സമുദ്രാന്തർപർവത (വിയോജനസീമ) നിരയുണ്ട്. ഇത് കിഴക്കുപടിഞ്ഞാറ് ദിശയിൽ ന്യൂസിലാന്റിന് അൽപം തെക്കായി വ്യാപനമേഖലയിലേക്കു ലയിക്കുന്നു. അതിവിശാലമായ സമുദ്രത്തിൽ ആസ്ട്രേലിയൻ തീരത്തോടടുത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്തിരുന്ന ഒരു വൻദ്വീപായിരുന്നു ഇന്ത്യ.

ഏതാണ്ട് 225 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പുവരെ ഇന്ത്യയും ഏഷ്യയും തമ്മിൽ ടെഥിസ് എന്ന കടലിനാൽ വേർതിരിക്കപ്പെട്ടിരുന്നു. ഏതാണ്ട് 200 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പ് പാൻജിയ പിളർന്നപ്പോൾ മുതൽക്കാണ് ഇന്ത്യ അതിന്റെ വടക്കോട്ടുള്ള യാത്ര ആരംഭിച്ചതെന്ന് അനുമാനിക്കപ്പെടുന്നു. ഏതാണ്ട് 40-50 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് ഇന്ത്യ ഏഷ്യയുമായി കൂട്ടിയിടിച്ചതിന്റെ ഫലമായി ഹിമാലയം അതിവേഗം ഉയരാൻ തുടങ്ങി. ഏതാണ്ട് 71 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പ് മുതൽ നാളിതുവരെയുള്ള വിവിധ കാലങ്ങളിൽ ഇന്ത്യയുടെ സ്ഥാനങ്ങൾ ചിത്രീകരിച്ചിട്ടുള്ളത് (ചിത്രം 4.6) ശ്രദ്ധിക്കൂ.

ചിത്രത്തിൽ ഇന്ത്യൻ ഫലകത്തിന്റെയും യുറേഷ്യൻ ഫലകത്തിന്റെയും സ്ഥാനവും സൂചിപ്പിക്കുന്നുണ്ട്. ഏതാണ്ട് 140 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പ് ഇന്ത്യൻ ഉപദ്വീപ് 50° തെക്ക് അക്ഷാംശത്തിലായിരുന്നു സ്ഥിതി ചെയ്തിരുന്നത്. ഇരു ഫലകങ്ങൾക്കുമിടയിൽ ടെഥിസ് കടൽ സ്ഥിതി ചെയ്തിരുന്ന അക്കാലത്ത് ടിബറ്റൻ ഖണ്ഡം ഏഷ്യൻ ഭൂപ്രദേശങ്ങളോട് അടുത്തായിരുന്നു. ഇന്ത്യൻ ഫലകം ഏഷ്യൻ ഫലകത്തിനടുത്തേക്ക് നീങ്ങിയപ്പോഴുണ്ടായ പ്രധാന സംഭവമാണ് ലാവാപ്രവാഹവും ഡക്കാൻ ട്രാപ്പിന്റെ ആവിർഭാവവും. ഏതാണ്ട് 60 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പ് ആരംഭിച്ച ഈ പ്രതിഭാസം ഏറെക്കാലം നീണ്ടുനിന്നിരുന്നു. അപ്പോഴും



ചിത്രം 4.6: ഇന്ത്യൻ ഫലകത്തിന്റെ ചലനം

ഇന്ത്യൻ ഉപദ്വീപ് ഭൂമധ്യരേഖയോടടുത്തായിരുന്നു സ്ഥിതിചെയ്തിരുന്നത് എന്ന കാര്യം പ്രത്യേകം ഓർക്കുമല്ലോ. ഏതാണ്ട് 40 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കിപ്പുറമാണ് ഹിമാലയരൂപീകരണം ആരംഭിച്ചത്. ഈ പ്രക്രിയ ഇപ്പോഴും നടക്കുന്നുവെന്നും ഹിമാലയനിരകളുടെ ഉയരം കൂടിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയുമാണെന്നുമാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ അനുമാനം.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയുത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.
   (i) യൂറോപ്പ്, ആഫ്രിക്ക, അമേരിക്ക എന്നിവ ഒന്നുചേർന്ന് സ്ഥിതിചെയ്തിരുന്നു എന്നതിന്റെ സാധ്യതയെക്കുറിച്ച് ആദ്യം ചിന്തിച്ചത് ആര്?
   (a) ആൽഫ്രഡ് വെഗ്നർ (c) എബ്രഹാം ഓർട്ടീലിയസ്
   (b) അന്റോണിയോ പെല്ലിഗ്രിനി (d) എഡ്മണ്ട് ഹെസ്
   (ii) ധ്രുവോന്മുഖചലന ബലം (Polor fleeing force) ഏതുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു?
   (a) ഭൂമിയുടെ പരിക്രമണം (b) ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണം (c) ഗുരുത്വാകർഷണം (d) വേലികൾ
   (iii) ചുവടെ ചേർത്തിയുള്ളവയിൽ ലഘുഫലകമല്ലാത്തത് ഏത്?
   (a) നാസ്ക (b) ഫിലിപ്പൈൻ (c) അറേബ്യ (d) അന്റാർട്ടിക്ക
   (iv) ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ളവയിൽ സമുദ്രതടവ്യാപനമെന്ന ആശയം ചർച്ച ചെയ്തവർ പരിഗണിക്കാതെപോയ വസ്തുത ഏത്?
   (a) സമുദ്രാന്തർപർവതനിരകളിലെ അഗ്നിപർവതങ്ങൾ
   (b) കടൽത്തറയിലെ ശിലകളിൽ കണ്ടെത്തിയ സ്വാഭാവികകാന്തികതയും എതിർകാന്തികതയും
   (c) വിവിധ വൻകരകളിലെ ഫോസിലുകളുടെ വിതരണം
   (d) കടത്തറയിലെ ശിലകളുടെ പ്രായം
   (v) ഹിമാലയപർവതനിരകൾക്കിടയിലെ ഇന്ത്യൻ ഫലകാതിര് ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ളവയിൽ ഏതു തരമാണ്?
   (a) സമുദ്ര-വൻകര സംയോജനം (c) വിയോജക സീമ
   (b) സ്ഥാനാന്തര സീമ (d) വൻകരാ-വൻകരാസംയോജനം
2. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക.
   (i) വൻകരകളുടെ ചലനത്തിനു കാരണമായി വെഗ്നർ നിർദേശിച്ച ബലങ്ങൾ ഏവ?
   (ii) മാന്റിലിലെ സംവഹനപ്രവാഹങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതും നിലനിൽക്കുന്നതും എങ്ങനെ?
   (iii) സ്ഥാനാന്തര ഫലകസീമകളെ സംയോജക ഫലകസീമകളിൽനിന്നും വിയോജക ഫലകസീമകളിൽനിന്നും വേറിട്ടതാക്കുന്ന പ്രധാന വ്യത്യാസമെന്ത്?
   (iv) ഡെക്കാൻട്രാപ്പ് രൂപംകൊള്ളുന്ന കാലത്ത് ഇന്ത്യാ ഭൂഖണ്ഡത്തിന്റെ സ്ഥാനം എവിടെയായിരുന്നു?
3. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കുകളിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക.
   (i) വൻകരവിസ്ഥാപന സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അനുകൂലതെളിവുകൾ എന്തൊക്കെ?
   (ii) വൻകരവിസ്ഥാപന സിദ്ധാന്തവും ഫലകചലന സിദ്ധാന്തവും തമ്മിലുള്ള പ്രധാന വ്യത്യാസമെന്ത്?
   (iii) വൻകരകളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും വിതരണം സംബന്ധിച്ച പഠനങ്ങളിൽ ശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ താൽപര്യം ഉണർത്താൻ സഹായിച്ച പ്രധാനപ്പെട്ട വിസ്ഥാപനാനന്തര കണ്ടെത്തലുകൾ എന്തൊക്കെ?

പ്രോജക്ട് പ്രവർത്തനം

- ഭൂകമ്പത്തിന്റെ നാശനഷ്ടങ്ങൾ വെളിവാക്കുന്ന കൊളാഷ് തയാറാക്കുക.

യൂണിറ്റ്
III

ഭൂരൂപങ്ങൾ

ഈ യൂണിറ്റിൽ ചർച്ചചെയ്യുന്നത്:

- ശിലകളും ധാതുക്കളും — വിവിധ തരത്തിലുള്ള ശിലകളും അവയുടെ സവിശേഷതകളും
  ഭൂരൂപങ്ങളും അവയുടെ പരിണാമവും
  ഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകൾ — അപക്ഷയം, ഭൂദ്രവ്യശോഷണം —
  അപരദനവും നിക്ഷേപവും — മണ്ണുകൾ — മണ്ണിന്റെ രൂപീകരണം

അധ്യായം

5

ധാതുക്കളും ശിലകളും

T8G8R1

വിവിധ തരത്തിലുള്ള മൂലകങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ് ഭൂമി. ഭൂമിയുടെ പുറംപാളിയിൽ ഈ മൂലകങ്ങൾ ഖരാവസ്ഥയിലും ഉൾഭാഗത്ത് ഉരുകി ചൂടുള്ള അവസ്ഥയിലുമാണ് കാണപ്പെടുന്നത്.

ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ 98 ശതമാനവും ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നത് ഓക്സിജൻ, സിലിക്കൺ, അലൂമിനിയം, ഇരുമ്പ്, കാത്സ്യം, സോഡിയം, പൊട്ടാസ്യം, മഗ്നീഷ്യം എന്നീ എട്ട് മൂലകങ്ങളാലാണ്. ഇവ കൂടാതെ ടൈറ്റാനിയം, ഹൈഡ്രജൻ, ഫോസ്ഫറസ്, മാംഗനീസ്, സൾഫർ, കാർബൺ, നിക്കൽ തുടങ്ങിയ മറ്റ് മൂലകങ്ങളും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 5.1 : ഭൂവൽക്കത്തിലെ പ്രധാന മൂലകങ്ങൾ

ക്രമ നമ്പർ	മൂലകങ്ങൾ	ഭാരം (%)
1.	ഓക്സിജൻ	46.60
2.	സിലിക്കൺ	27.72
3.	അലൂമിനിയം	8.13
4.	ഇരുമ്പ്	5.00
5.	കാത്സ്യം	3.63
6.	സോഡിയം	2.83
7.	പൊട്ടാസ്യം	2.59
8.	മഗ്നീഷ്യം	2.09
9.	മറ്റുള്ളവ	1.41

ഭൂവൽക്കത്തിൽ ഒരു മൂലകം സ്വതന്ത്രമായി കാണുന്നത് വളരെ വിരളമാണ്. വിവിധ മൂലകങ്ങളുടെ സങ്കരമായാണ് സാധാരണ കാണാറുള്ളത്. ഇവയെ ധാതുക്കൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

ധാതുക്കൾ

നിയതമായ അറ്റോമിക ഘടനയും രാസഘടനയും ഭൗതിക സവിശേഷതകളുമുള്ള പ്രകൃത്യാ കാണപ്പെടുന്ന അജൈവ (inorganic) പദാർഥങ്ങളാണ് ധാതുക്കൾ. ഇവ സാധാരണഗതിയിൽ രണ്ടോ അതിലധികമോ മൂലകങ്ങൾ അടങ്ങുന്നതാണ്. എന്നാൽ ഒരു മൂലകം മാത്രമുള്ള ധാതുക്കളും കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഉദാഹരണം: ഗന്ധകം, ചെമ്പ്, വെള്ളി, സ്വർണം, ഗ്രാഫൈറ്റ് തുടങ്ങിയവ.

ഭൂവൽക്കത്തിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള മൂലകങ്ങൾ എണ്ണത്തിൽ കുറവാണെങ്കിലും അവ വ്യത്യസ്ത തരത്തിൽ കൂടിച്ചേർന്ന് വിവിധതരം ധാതുക്കൾ രൂപപ്പെടുന്നു. തിരിച്ചറിഞ്ഞതും പേര് നൽകിയിട്ടുള്ളതുമായ രണ്ടായിരത്തോളം ധാതുക്കൾ ഭൂവൽക്കത്തിലുണ്ടെങ്കിലും സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന ധാതുക്കൾ പ്രധാനപ്പെട്ട ആറ് ധാതുവിഭാഗങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഇവയെ ശിലാരൂപീകരണധാതുക്കൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

ഭൗമാന്തർഭാഗത്തെ മാഗ്മയിൽ നിന്നാണ് എല്ലാ തരത്തിലുള്ള ധാതുക്കളുടേയും ഉൽഭവം. മാഗ്മ തണുക്കുന്നതോടെ ധാതുക്കളുടെ പരലുകൾ പ്രത്യക്ഷമായി തുടങ്ങുന്നു. മാഗ്മ തണുത്തുറഞ്ഞ് ശിലയായി മാറുന്ന ഘട്ടങ്ങളിൽ വിവിധ ധാതുക്കൾ രൂപംകൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. കൽക്കരി, പെട്രോളിയം, പ്രകൃതിവാതകങ്ങൾ തുടങ്ങിയ ജൈവസംയുക്തങ്ങൾ യഥാക്രമം, ഖര, ദ്രാവക, വാതക അവസ്ഥകളിലാണ് കണ്ടുവരുന്നത്. ചില പ്രധാന ധാതുക്കളുടെ സ്വഭാവവും ഭൗതികസവിശേഷതകളും ചുവടെ ചേർക്കുന്നു:

ഭൗതിക സവിശേഷതകൾ

(i) **ബാഹ്യപരൽരൂപം** (External Crystal form): ചെറുകണികകളുടെ ആന്തരികമായ ക്രമീകരണത്താൽ രൂപം കൊള്ളുന്നത്.
ഉദാ: ക്യൂബ്, അഷ്ടമുഖപിണ്ഡം (Octahedrons), ഷഡ്ഭുജസ്ഫടികം (Hexagonal Prisms)

(ii) **വിദളനം** (Cleavage): ഒരു നിശ്ചിതദിശയിൽ പൊട്ടി താരതമ്യേന ഒരു പരന്നപ്രതലം സൃഷ്ടിക്കാനുള്ള ധാതുക്കളുടെ പ്രവണത – ചെറുകണികകളുടെ ആന്തരികക്രമീകരണത്തിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് ഇത് സംഭവിക്കുന്നത് – ഏത് കോണിലേക്കും ഒന്നിലധികം പിളർപ്പുകൾ വരാം.

(iii) **പൊട്ടൽ** (Fracture): ക്രിസ്റ്റലുകൾ ക്രമരഹിതമായി പിളർപ്പിന്റെ പ്രതലത്തിലൂടെ അല്ലാതെ പൊട്ടുന്നു. ക്രിസ്റ്റലിനുള്ളിലെ തന്മാത്രകളുടെ സങ്കീർണമായ ക്രമീകരണമാണ് ഇതിന് കാരണം.

(iv) **ദ്യുതി/തിളക്കം** (Lustre): ഒരു വസ്തുവിന് അവയുടെ നിറത്തിനുപരി ലോഹങ്ങളുടെയോ പട്ടിന്റേയോ മറ്റു മിനുസതലങ്ങൾക്കോ

സമാനമായ രീതിയിലുള്ള തിളക്കമുണ്ടാകും.

(v) **നിറം** (Colour): ചില ധാതുക്കളുടെ നിറം അവയുടെ ആന്തരികതന്മാത്രഘടനയാൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നവയാണ്. അത്തരം ധാതുകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ് മാലക്കൈറ്റ്, അസുറൈറ്റ്, ചാൽക്കോപൈറൈറ്റ് തുടങ്ങിയവ. എന്നാൽ മറ്റുചില ധാതുക്കൾക്ക് അവയുടെ നിറം നൽകുന്നത് അവയിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മാലിന്യങ്ങളാണ്. ഉദാ: ക്വാർട്സ്, വെളുപ്പ്, പച്ച, ചുവപ്പ്, മഞ്ഞ എന്നീ നിറങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നത് അവയിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മാലിന്യങ്ങളാലാണ്.

(vi) **ധൂളിവർണം** (Streak): ഒരു ധാതുവിന്റെ പൊടിയുടെ നിറമാണ് ധൂളീവർണം. ഇത് ധാതുവിന്റെ അതേ നിറമോ വ്യത്യസ്ത നിറമോ ആകാം. മാലക്കൈറ്റിനും അത് മാറ്റുനോക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന പൊടിക്കും പച്ചനിറമാണ്. ഫ്ളൂറൈറ്റിന് പർപ്പിളോ പച്ചയോ നിറമാണ്. പക്ഷേ അതിന്റെ പൊടിക്കു വെളുപ്പു നിറമായിക്കും.

vii) **സുതാര്യത** (Transparency): പ്രകാശത്തെ കടത്തിവിടാനുള്ള കഴിവിനനുസരിച്ച് ധാതുക്കൾ മൂന്നു വിധമുണ്ട്: 1) സുതാര്യമായവ — പ്രകാശത്തെ പൂർണമായും കടത്തിവിടുന്നവ, 2) അർധതാര്യമായവ - പ്രകാശത്തെ ഭാഗികമായി കടത്തിവിടുന്നവ, 3) അതാര്യമായവ — പ്രകാശം കടത്തിവിടാത്തവ.

viii) **ഘടന** (Structure): പരലുകളുടെ സവിശേഷമായ ക്രമീകരണമാണ് അവയുടെ ഘടനയ്ക്ക് കാരണം. പരലുകൾ നേർത്തതോ സാമാന്യം വലിപ്പമുള്ളതോ നല്ല വലിപ്പമുള്ളതോ ആവാം. നാരുകളായുള്ള ഘടനയും ഉണ്ടാകാറുണ്ട്.

(ix) **കാഠിന്യം** (Hardness): ഉരസലിനെ പ്രതിരോധിക്കാനുള്ള ധാതുക്കളുടെ ശേഷിയാണ് കാഠിന്യം. 10 ധാതുക്കളെ അവയുടെ കാഠിന്യത്തിന്റെ തോതനുസരിച്ച് 1 മുതൽ 10 വരെ ക്രമമായി രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. 1. ടാൽക്, 2. ജിപ്സം, 3. കാൽസൈറ്റ്, 4. ഫ്ളൂറൈറ്റ്, 5. അപ്പറ്റൈറ്റ്, 6. ഫെൽസ്പാർ, 7. ക്വാർട്ട്സ് 8. ടൊപാസ്, 9. കൊറണ്ടം, 10. വജ്രം

മുകളിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന കടുപ്പത്തിന്റെ നിലവാരമനുസരിച്ച് ഗ്ലാസ്/കത്തിയുടെ മൂർച്ചയുള്ള ഭാഗത്തിന്റെ കടുപ്പം 5.5 ഉം നമ്മുടെ നഖത്തിന്റെ കടുപ്പം 2.5 ഉം ആണ്.

(x) **ആപേക്ഷികസാന്ദ്രത:** ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഭാരവും തുല്യവ്യാപ്തമുള്ള ജലത്തിന്റെ ഭാരവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം; ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഭാരം വായുവിലും ജലത്തിലും കണക്കാക്കുക. ഭാരവ്യത്യാസം കാണുക. വായുവിലെ ഭാരത്തെ ഭാരവ്യത്യാസംകൊണ്ട് ഹരിച്ചാൽ ആപേക്ഷികസാന്ദ്രത കിട്ടും. ഡയമണ്ട്പോലുള്ള ധാതുക്കൾക്ക് ഉയർന്ന ആപേക്ഷികസാന്ദ്രതയും ചോക്ക്, ടാൽക്ക് പോലുള്ളവയ്ക്ക് കുറഞ്ഞ ആപേക്ഷികസാന്ദ്രതയുമാണുള്ളത്.

പ്രധാന ധാതുക്കളും അവയുടെ സവിശേഷതകളും

ഫെൽസ്പാർ (Feldspar)

ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ ഏതാണ്ട് പകുതിയും ഫെൽഡ്സ്പാർ ധാതുവിനാൽ നിർമിതമാണ്. സിലിക്കൺ, ഓക്സിജൻ എന്നീ മൂലകങ്ങളാണ് ഫെൽഡ്സ്പാറിൽ മുഖ്യമായും അടങ്ങിയിട്ടുള്ളത്. എന്നാൽ ചില തരത്തിലുള്ള ഫെൽസ്പാറുകളിൽ സോഡിയം, പൊട്ടാസ്യം, കാത്സ്യം, അലൂമിനിയം എന്നിവയും കണ്ടുവരുന്നു. ഗ്ലാസ് നിർമാണത്തിനും സെറാമിക് നിർമാണത്തിനുമാണ് ഇത് പ്രധാനമായും ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഇളം ക്രീം നിറമോ, സാൽമൺ പിങ്ക് നിറമോ ആയിരിക്കും ഈ ധാതുവിന്.

ക്വാർട്ട്സ് (Quartz)

മണലിന്റെയും ഗ്രാനൈറ്റിന്റെയും മിശ്രിതമാണ് ക്വാർട്ട്സ്. ഇതിൽ സിലിക്ക അടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്. വെള്ളത്തിൽ അലിയാത്തതരത്തിലുള്ള ഉറപ്പുള്ള ഒരു ധാതുവാണിത്. വെളുപ്പുനിറത്തിലോ നിറമില്ലാത്ത തരത്തിലോ ആണ് ഇവ കാണപ്പെടുന്നത്. റേഡിയോ, റഡാർ എന്നിവയിൽ ഇതുപയോഗിക്കുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റ് ശിലയിൽ പ്രധാനമായും അടങ്ങിയിട്ടുള്ളത് ഈ ധാതുവാണ്.

പൈറോക്സിൻ (Pyroxene)

കാത്സ്യം, അലൂമിനിയം, മഗ്നീഷ്യം, ഇരുമ്പ്, സിലിക്ക എന്നിവയാണ് പൈറോക്സിനിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതുക്കൾ. ഭൂവൽക്കത്തിൽ ഇത് 10 ശതമാനത്തോളം കണ്ടുവരുന്നു. ഉൽക്കാശകലങ്ങളിലും സാധാരണയായി കണ്ടുവരുന്ന ഇവയ്ക്ക് പച്ചയോ കറുപ്പോ നിറമായിരിക്കും.

ആംഫിബോൾ (Amphibole)

ഭൂവൽക്കത്തിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള മൊത്തം ധാതുക്കളിൽ 7 ശതമാനം ഈ ധാതുവാണ്. അലൂമിനിയം, കാത്സ്യം, സിലിക്ക, മഗ്നീഷ്യം എന്നീ മൂലകങ്ങളാണ് ഇതിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ളത്. പച്ച, കറുപ്പ് തുടങ്ങിയ നിറങ്ങളിൽ കണ്ടുവരുന്ന ഈ ധാതു ആസ്ബസ്റ്റോസ് നിർമാണത്തിനാണ് ഉപയോഗപ്പെടുത്താറുള്ളത്. ആംഫിബാൾ ധാതുക്കളുടെ ഒരു രൂപമാണ് ഹോൺബ്ലണ്ട്.

അഭ്രം (Mica)

ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ ഏകദേശം 4 ശതമാനം മാത്രമുള്ള അഭ്രത്തിൽ അലൂമിനിയം, പൊട്ടാസിയം, സിലിക്കോൺ, ഇരുമ്പ്, മഗ്നീഷ്യം എന്നീ മൂലകങ്ങളാണ് അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്. ആഗ്നേയശിലകളിലും കായാന്തരിതശിലകളിലും കണ്ടുവരുന്ന ഇവ വൈദ്യുത ഉപകരണങ്ങളുടെ നിർമാണത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഒലിവിൻ (Olivine)

മഗ്നീഷ്യം, ഇരുമ്പ്, സിലിക്കോൺ എന്നീ മൂലകങ്ങളാണ് പ്രധാനമായും ഒലിവിനിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ളത്. ആഭരണനിർമാണത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ഇവ ബസാൾട്ട് പാറകളിൽ പച്ചനിറത്തിലുള്ള പരലുകളായാണ് കണ്ടുവരുന്നത്.

ക്ലോറൈറ്റ്, കാൽസൈറ്റ്, മാഗ്നറ്റൈറ്റ്, ഹേമറ്റൈറ്റ്, ബോക്സൈറ്റ്, ബറൈറ്റ് എന്നി ധാതുക്കളും മേൽപ്പറഞ്ഞ പ്രധാനപ്പെട്ട ധാതുക്കൾക്ക് പുറമെ ഭൂവൽക്കത്തിലെ പാറകളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

ലോഹധാതുക്കൾ

ഇത്തരത്തിലുള്ള ധാതുക്കളിൽ ലോഹാംശങ്ങൾ അടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്. ഇവയെ മൂന്നായി തരംതിരിക്കാം:

(i) അമൂല്യധാതുക്കൾ – സ്വർണം, വെള്ളി, പ്ലാറ്റിനം എന്നിവ ഇതിൽപ്പെടും.

(ii) അയോധാതുക്കൾ – ഇരുമ്പും അതിനോടു കൂടിക്കലർന്ന് കാണുന്ന മറ്റു ലോഹങ്ങളും വിവിധയിനം ഉരുക്കുകളും നിർമാണത്തിനായി പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നു.

(iii) അയോരഹിതധാതുക്കൾ (ഇരുമ്പിതര ധാതുക്കൾ) – ഇരുമ്പിന്റെ അംശം അടങ്ങിയിട്ടില്ലാത്ത കോപ്പർ, ലെഡ്, സിങ്ക്, ടിൻ, അലൂമിനിയം എന്നിവ ഇതിനുദാഹരണങ്ങളാണ്.

അലോഹധാതുക്കൾ

ലോഹാംശം അടങ്ങിയിട്ടില്ലാത്ത ധാതുക്കളാണിവ. സൾഫർ, ഫോസ്ഫേറ്റ്, നൈട്രേറ്റുകൾ എന്നിവയാണ് ഉദാഹരണങ്ങൾ. അലോഹധാതുക്കളുടെ മിശ്രിതമാണ് സിമന്റ്.

ശിലകൾ

ഭൂവൽക്കം ശിലകളാൽ നിർമിതമാണ്. ഒന്നോ അതിലധികമോ ധാതുക്കളുടെ മിശ്രിതമാണ് ശിലകൾ. ദൃഢതയേറിയും മൃദുവായതും വ്യത്യസ്തവർഗങ്ങളിലുള്ളതുമായ ശിലകളുണ്ട്. ഉദാഹരണത്തിന് ഗ്രാനൈറ്റ് ഉറപ്പ് കൂടിയ ശിലയാണ്. ഗാബ്രോ (കൃഷ്ണശില) കറുത്തനിറത്തിലും ക്വാർട്ട്സൈറ്റ് വെളുത്ത നിറത്തിലുമുള്ള ശിലകളാണ്. അവയ്ക്ക് നിയതമായ ധാതുഘടനയില്ല. ഫെൽസ്പാർ, ക്വാർട്ട്സ് എന്നീ രണ്ടു ധാതുക്കളാണ് ശിലകളിൽ സർവസാധാരണമായി കണ്ടുവരുന്നത്.

> ശിലകളെക്കുറിച്ചുള്ള ശാസ്ത്രീയപഠനമാണ് പെട്രോളജി (ശിലാശാസ്ത്രം). ശിലകളിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതു ഘടകവിശേഷങ്ങൾ, പരൽക്രമം, ഘടന, ഉത്ഭവം, കാണപ്പെടുന്ന പ്രദേശം, രൂപമാറ്റം, മറ്റു ശിലകളുമായുള്ള ബന്ധം തുടങ്ങിയ ശിലകളെക്കുറിച്ചുള്ള എല്ലാ വിശദാംശങ്ങളെയും കുറിച്ച് പെട്രോളജിസ്റ്റുകൾ പഠനം നടത്തുന്നു.

ശിലകൾക്കും ഭൂഭാഗങ്ങൾക്കും തമ്മിലും ശിലകളും മണ്ണും തമ്മിലും അഭേദ്യമായ ബന്ധമാണുള്ളത് എന്നതുകൊണ്ട് ശിലകളെക്കുറിച്ചുള്ള അടിസ്ഥാന ധാരണ ഒരു ഭൂമിശാസ്ത്രകാരന് അനിവാര്യമാണ്. ശിലകളെ അതിന്റെ രൂപീകരണത്തിനനുസരിച്ച് മൂന്നായി തരംതിരിക്കാം:

1. ആഗ്നേയശിലകൾ – മാഗ്മയും ലാവയും തണുത്തുറഞ്ഞുണ്ടാകുന്നവ, 2. അവസാദശിലകൾ – ബാഹ്യജന്യ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി അവസാദങ്ങൾ അടിഞ്ഞുകൂടി രൂപപ്പെടുന്നവ, 3. കായാന്തരിത ശിലകൾ – നിലവിലുള്ള ശിലകൾക്ക് പുനക്രിസ്റ്റലീകരണം മുതലായ രൂപമാറ്റങ്ങൾ സംഭവിച്ചുണ്ടാകുന്നവ.

ആഗ്നേയശിലകൾ

ഭൗമാന്തർഭാഗത്ത് നിന്നുള്ള ശിലാദ്രവ (Magma and Lava) ത്തിൽ നിന്നാണ് ആഗ്നേയശിലകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത് എന്നതിനാൽ അവയെ പ്രാഥമികശിലകൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു. മാഗ്മ തണുത്ത് കട്ടിപിടിക്കുന്നതിലൂടെയാണ് ആഗ്നേയശിലകളുണ്ടാകുന്നത് (ലാറ്റിൻ ഭാഷയിൽ 'ഇഗ്നിസ്' എന്നാൽ 'അഗ്നി' എന്നാണർഥം). ശിലാദ്രവം അഥവാ 'മാഗ്മ' എന്നാലെന്തെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാമല്ലോ. ഉപരിതലത്തിലേക്കുള്ള മാർഗമധ്യേ മാഗ്മ തണുത്ത് ഖരീഭവിക്കുമ്പോൾ അതിനെ ആഗ്നേയശിലകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. മാഗ്മയുടെ തണുക്കലും ഖരീഭവിക്കലും ഭൂവൽക്കത്തിനുള്ളിലോ ഭൗമോപരിതലത്തിലോ ആകാം.

ആഗ്നേയശിലകളെ അവയിലെ തരികൾക്കുള്ള ഗുണവിശേഷങ്ങൾ (Texture) അടിസ്ഥാനമാക്കി വർഗീകരിക്കാം. തരികളുടെ മൊത്തം ഗുണവിശേഷം അവയുടെ വലിപ്പം, ക്രമീകരണം, പദാർഥങ്ങളുടെ മറ്റ് ഭൗതിക അവസ്ഥകൾ എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. മാഗ്മ ഭൗമാന്തർഭാഗത്ത് തന്നെ സാവധാനം തണുത്തുറയുമ്പോൾ വലിപ്പമുള്ള തരികളാണ് ശിലകളിൽ ഉണ്ടാവുന്നത്. പക്ഷേ ഭൗമാന്തർഭാഗത്തുനിന്ന് ഉപരിതലത്തിലേക്ക് എത്തുന്ന ലാവ അതിവേഗം തണുത്തുറയുമ്പോൾ നേർത്ത തരിയുള്ള ശിലകളും മിതമായ രീതിയിലുള്ള തണുക്കലിലൂടെ മിതമായ വലിപ്പമുള്ള തരിയുള്ള ആഗ്നേയശിലകളുമാണ് രൂപംകൊള്ളുന്നത്. ഗ്രാനൈറ്റ്, ഗാബ്രോ, പെഗ്മറ്റൈറ്റ്, ബസാൾട്ട്, അഗ്നിപർവജന്യ ബ്രെച്ചിയ, ടഫ് എന്നിവ ആഗ്നേയശിലകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

അവസാദശിലകൾ

ഊറിക്കൂടുക (Settling) എന്നർഥമുള്ള 'സെഡിമെന്റം' എന്ന ലാറ്റിൻ പദത്തിൽനിന്നാണ് സെഡിമെന്ററി (അവസാദം) എന്ന പദം രൂപംകൊണ്ടത്. ശിലകൾ (ആഗ്നേയ-അവസാദ-കായാന്തരിതശിലകൾ) ഭൗമോപരിതലത്തിലെ വിവിധ അപക്ഷയ-അപരദന കാരകങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് വിധേയമായി പൊട്ടിപ്പൊടിഞ്ഞ് ചെറിയ തരികളാക്കി മാറ്റപ്പെടുന്നു. ഈ ശിലാകഷണങ്ങൾ വിവിധ ബാഹ്യശക്തികൾ വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോയി നിക്ഷേപിക്കുകയും ഇവ തിങ്ങിച്ചേർന്ന് (Compaction) ശിലകളായി രൂപപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ ദൃഢീകരണം (Lithification) എന്നു വിളിക്കുന്നു. പല അവസാദശിലകളിലും ദൃഢീകരണത്തെത്തുടർന്നും നിക്ഷേപപാളികൾ അവയുടെ സവിശേഷതകൾ നിലനിർത്തുന്നു. അതിനാൽ മണൽക്കല്ല്, ഷെയ്ൽ തുടങ്ങിയ അവസാദശിലകളിൽ വ്യത്യസ്ത കനത്തിലുള്ള പാളികൾ കാണാൻ കഴിയും.

അവസാദശിലകളെ അവ രൂപപ്പെടുന്ന രീതിയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മൂന്നായി തരംതിരിക്കാം: (i) ബലകൃതമായി രൂപപ്പെട്ടവ – മണൽക്കല്ല്, കൺഗ്ളോമറേറ്റ്, ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്, ഷെയ്ൽ, ലസ് എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്; (ii) ജൈവികമായി രൂപപ്പെട്ടവ – ഇത്തരത്തിലുള്ള ശിലകൾക്കുദാഹരണങ്ങളാണ് ഗീസറൈറ്റ്, ചോക്ക്, ചുണ്ണാമ്പുകല്ല്, കൽക്കരി തുടങ്ങിയവ; (iii) രാസീയമായി രൂപപ്പെട്ടവ – ചെർട്ട് (chert), ചുണ്ണാമ്പുകല്ല്, ഹാലൈറ്റ്, പൊട്ടാഷ് തുടങ്ങിയവയാണ് ഇത്തരം ശിലകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങൾ.

കായാന്തരിതശിലകൾ (Metamorphic rocks)

രൂപാന്തരം സംഭവിച്ചത് എന്നാണ് കായാന്തരിതം എന്നതുകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നത്. അടിസ്ഥാനശിലകളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന മർദം, വ്യാപ്തി, ഊഷ്മാവ് എന്നിവയിലെ വ്യത്യാസങ്ങൾമൂലം രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ചുണ്ടാകുന്ന ശിലകളാണിവ. ടെക്ടോണിക് പ്രക്രിയയുടെ ഫലമായി ഉപരിതലത്തിലെ ശിലകൾ ഭൂമിയുടെ ഉൾഭാഗത്തേക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുമ്പോൾ ശിലകൾക്ക് കായാന്തരീകരണം സംഭവിക്കാം. അല്ലെങ്കിൽ ഭൗമാന്തർഭാഗത്തുനിന്ന് മാഗ്മ പുറത്തേക്ക് വമിക്കുമ്പോൾ ഭൂവൽക്കത്തിലെ ശിലകളുമായുള്ള സമ്പർക്കത്തിന്റെ ഫലമായും അടിത്തട്ടിലെ ശിലകൾക്ക് മുകളിൽനിന്നുള്ള ശക്തമായ സമ്മർദത്തിന്റെ ഫലമായും കായാന്തരീകരണം സംഭവിക്കാറുണ്ട്. ശിലകളിലുൾപ്പെട്ട പദാർഥങ്ങൾ പുനപരലീകരണത്തിനും (Recrystallisation) പുനസംഘാടനത്തിനും വിധേയമാകുന്ന പ്രക്രിയയാണ് കായാന്തരീകണം (Metamorphism).

കായാന്തരീകരണം രണ്ടുതരത്തിലുണ്ട്: (i) ബലതന്ത്രകായാന്തരീകരണം (Dynamic metamorphism); (ii) താപീയ കായാന്തരീകരണം (Thermal metamorphism).

സാരമായ രാസമാറ്റങ്ങൾ സംഭവിക്കാതെ ശിലകളിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള തനതുധാതുക്കൾ പൊട്ടിയും ഞെരുങ്ങിയും പുനരേകീകരിക്കപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയെ ബലതന്ത്ര കായാന്തരീകരണം (Dynamic metamorphism) എന്നു വിളിക്കുന്നു. താപീയകായാന്തരീകരണത്തിന്റെ ഫലമായി ശിലകളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന പദാർഥങ്ങൾക്ക് രാസപരമായി രൂപമാറ്റം സംഭവിക്കുകയും ശിലകളിലെ പരലുകൾ പുനക്രമീകരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

താപീയകായാന്തരീകരണത്തെ (i) സമ്പർക്ക കായാന്തരീകരണം (Contact metamorphism); (ii) പ്രാദേശിക കായാന്തരീകരണം (Regional metamorphism) എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം.

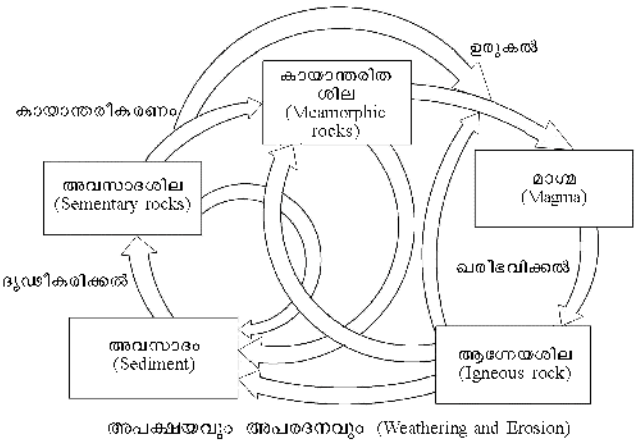
സമ്പർക്ക കായാന്തരീകരണം (Contact metamorphism)

ഭൗമാന്തർ ഭാഗത്തുനിന്നും വമിക്കുന്ന ചൂടുള്ള മാഗ്മയും ലാവയും അടിസ്ഥാനശിലകളുമായി സമ്പർത്തിലാകുമ്പോൾ ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിന്റെ ഫലമായി ശിലകളിലെ പദാർഥങ്ങളും അതിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന പരലുകളും പുനക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ചില അവസരങ്ങളിൽ മാഗ്മയിൽനിന്നോ ലാവയിൽനിന്നോ ഉണ്ടാകുന്ന പുതിയ ഘടകങ്ങളും ശിലകളോട് കൂടിച്ചേരാറുണ്ട്.

പ്രാദേശിക കായാന്തരീകരണം (Regional metamorphism)

ടെക്ടോണിക് ചലനത്തിന്റെ ഫലമായോ ഉയർന്ന താപത്തിന്റേയോ മർദത്തിന്റേയോ ഇവയുടെ രണ്ടിന്റേയുംകൂടി ഫലമായോ ശിലകൾ പുനപരലീകരണത്തിനു വിധേയമായി രൂപമാറ്റം സംഭവിക്കാം. ഇതിനെയാണ് പ്രാദേശികകായാന്തരീകരണം എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. കായാന്തരീകരണ പ്രക്രിയയാൽ ശിലകളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതുക്കൾ, പാളികളായി ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ അടരുകളാകൽ (Foliation) അല്ലെങ്കിൽ രേഖീകരണം (Lineation) എന്നും വിളിക്കുന്നു. ചിലപ്പോഴൊക്കെ ധാതുക്കളും പലതരം പദാർഥങ്ങളും വ്യത്യസ്ത കനത്തിലുള്ള പാളികൾ ഒന്നിടവിട്ട് എന്ന രീതിയിലായിരിക്കും ക്രമീകരിക്കപ്പെടുക. ഇവ ഇരുണ്ടതോ തെളിഞ്ഞതോ ആയി കാണപ്പെടുകയും ചെയ്യും. കായാന്തരിതശിലകളിലെ ഇത്തരം ഘടനയ്ക്ക് ബാൻഡിങ് എന്നു പറയുന്നു. ഇത്തരം ഘടന പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ശിലകളാണ് ബാൻഡഡ് ശിലകൾ.

കായാന്തരീകരണത്തിന് വിധേയമാകുന്ന ശിലകളുടെ ഇനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കായാന്തരിത ശിലകളെ അടരുകളുള്ള ശിലകളെന്നും (Foliated rocks), അടരുകളില്ലാത്ത ശിലകളെന്നും (Non-foliated rocks) രണ്ട് വിഭാഗങ്ങളായി തിരിക്കാം. നയിസോയിഡ്, ഗ്രാനൈറ്റ്, സയനൈറ്റ്, സ്ലേറ്റ്, ഷിസ്റ്റ്, മാർബിൾ, ക്വാർട്ട്സൈറ്റ് തുടങ്ങിയവ കായന്തരിതശിലകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.



ചിത്രം 5.1 : ശിലാചക്രം (Rock Cycle)

ശിലാചക്രം (Rock Cycle)

ശിലകൾ ദീർഘകാലം ഒരേപോലെ നിലനിൽക്കില്ല. അവ മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ പഴയശിലകൾ പുതിയ ശിലകളായി മാറുന്ന തുടർച്ചയായ പ്രക്രിയയാണ് ശിലാചക്രം എന്നു വിളിക്കുന്നത്.

പ്രാഥമികശിലകളായ ആഗ്നേയശിലകളിൽനിന്നാണ് മറ്റ് ശിലകളായ കായാന്തരിതശിലകളും അവസാദശിലകളും രൂപപ്പെടുന്നത്.

ആഗ്നേയശിലകളും കായാന്തരിതശിലകളും പൊടിഞ്ഞുണ്ടാകുന്ന ശിലാകഷണങ്ങൾ അടിഞ്ഞുകൂടി അവസാദശിലകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. അവസാദശിലകൾ സ്വയമേവ പൊടിഞ്ഞ് കഷണങ്ങളായി മാറി വീണ്ടും അവസാദശിലകളുടെ രൂപീകരണത്തിന് കാരണമാകാറുണ്ട്. ഭൂവൽക്കത്തിൽ ഒരിക്കൽ രൂപപ്പെട്ട ശിലകൾ (ആഗ്നേയ, അവസാദ, കായാന്തരിതശിലകൾ) നിമജ്ജനപ്രക്രിയ (Subduction) (ഫലകസംയോജകമേഖലകളിൽ ഒരു ഭൂവൽക്കഘടകം മറ്റൊന്നിന് അടിയിലേക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുന്നു) യിലൂടെ മാന്റിലിനുള്ളിലേക്ക് താണുപോകുകയും ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിൽ ഇവ ഉരുകി മാഗ്മയായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 5.1). മാഗ്മയാണ് ആഗ്നേയശിലകളുടെ യഥാർഥ ഉറവിടം.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.

   (i) താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ഏതാണ് ഗ്രാനൈറ്റിന്റെ രണ്ട് പ്രധാന ഘടകങ്ങൾ?

   (a) ഇരുമ്പും നിക്കലും (c) സിലിക്കയും അലുമിനിയവും

   (b) ഇരുമ്പും വെള്ളിയും (d) അയൺ ഓക്സൈഡും പൊട്ടാസ്യവും

   (ii) താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ഏതാണ് കായാന്തരിതശിലകളുടെ സവിശേഷത?

   (a) മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകുന്നവ (c) പരൽരൂപം

   (b) ശാന്തമായ അവസ്ഥ (d) അടുക്കുകളാക്കുക (Foliation)

   (iii) താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ഏകമൂലകധാതു അല്ലാത്തത് ഏത്?

   (a) സ്വർണം (b) മൈക്ക (c) വെള്ളി (d) ഗ്രാഫൈറ്റ്

   (iv) താഴെ തന്നിരിക്കുന്നവയിൽ ദൃഢത കൂടിയ ധാതു ഏത്?

   (a) ടോപ്പാസ് (b) ക്വാർട്ട്സ് (c) വജ്രം (d) ഫെൽസ്പാർ

   (v) താഴെപ്പറയുന്നവയിൽ അവസാദശില അല്ലാത്തത് ഏത്?

   (a) ടില്ലൈറ്റ് (b) ബ്രഷ്യ (c) ബൊറാക്സ് (d) മാർബിൾ

2. താഴെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കുകളിൽ ഉത്തരമെഴുതുക:

   (i) ശിലകൾ എന്നതുകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നതെന്ത്? ശിലകളുടെ മൂന്ന് പ്രധാന തരങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?

   (ii) ആഗ്നേയശിലകൾ എന്നാലെന്ത്? ആഗ്നേയശിലകളുടെ രൂപീകരണവും സവിശേഷതകളും വിശദീകരിക്കുക.

   (iii) അവസാദശിലകൾ എന്നതുകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നതെന്ത്? അവസാദശിലകളുടെ രൂപീകരണത്തെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുക.

   (iv) പ്രധാനശിലകൾ തമ്മിലുള്ള എന്തെല്ലാം ബന്ധങ്ങളാണ് ശിലാചക്രം വിശദമാക്കുന്നത്?

3. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഏകദേശം 150 വാക്കുകളിൽ ഉത്തരമെഴുതുക:

(i) ധാതുക്കൾ എന്തെന്ന് നിർവചിക്കുക. പ്രധാന ഇനം ധാതുക്കളെയും അവയുടെ ഭൗതികസവിശേഷതകളെയും പ്രതിപാദിക്കുക.

(ii) ഭൂവൽക്കത്തിലെ പ്രധാനശിലകളുടെ രൂപീകരണ രീതിയെക്കുറിച്ചും അവയുടെ സ്വഭാവത്തെക്കുറിച്ചും വിശദീകരിക്കുക. അവയെ നിങ്ങളെങ്ങനെ തിരിച്ചറിയും?

(iii) കായാന്തരിതശിലകൾ എന്നാലെന്ത്? വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള കായാന്തരിതശിലകൾ ഏതെല്ലാം? അവ രൂപപ്പെടുന്നതെങ്ങനെ? വിശദമാക്കുക.

പ്രോജക്ട് പ്രവർത്തനം

വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള ശിലകളുടെ സാമ്പിളുകൾ ശേഖരിച്ച് അവയുടെ ഭൗതികസവിശേഷതകളും ഇനവും തിരിച്ചറിയുക.

R3B7G4

അധ്യായം

6

ഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകൾ

ഭൂമിയുടെ ഉൽപത്തി, പരിണാമം, ഉള്ളറ, വിവിധ ഭൗമ പാളികൾ, ഭൂവൽക്കരൂപീകരണം, ഭൂവൽക്കപാളികളുടെ ചലനം, ഭൂകമ്പത്തെപ്പറ്റിയുള്ള വിവരങ്ങൾ, വിവിധ അഗ്നിപർവത പ്രവർത്തനങ്ങൾ, ശിലകൾ, ധാതുക്കൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ച് മുൻ പാഠഭാഗങ്ങളിലൂടെ നിങ്ങൾ പഠിച്ചുവല്ലോ. ഇനി നമുക്ക് നാം അധിവസിക്കുന്ന ഭൗമോപരിതലത്തെപ്പറ്റി മനസ്സിലാക്കാം. ഭൗമോപരിതലം ഒരേ നിരപ്പിലാണോ?

എന്തുകൊണ്ടാണ് ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ധാരാളം ഉയർച്ച താഴ്ച്ചകൾ കാണപ്പെടുന്നത്?

ഭൂമിയുടെ പുറംപാളിയായ ഭൂവൽക്കം ചലനാത്മക മാണ്. ലംബമായും തിരശ്ചീനമായും ഭൂവൽക്ക ഭാഗങ്ങൾക്ക് ചലനമുണ്ടായിട്ടുണ്ടെന്നും ഇപ്പോഴും ഇത്തരം ചലനങ്ങൾ തുടർന്നുകൊണ്ടേയിരിക്കുന്നുവെന്നും നമുക്കറിയാം. ഇപ്പോഴുള്ള ചലനങ്ങളുടെ വേഗത മുമ്പുള്ളതിനേക്കാൾ താരതമ്യേന കുറവാണ്. ഇത്തരം ചലനങ്ങളാണ് ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ഉയർച്ച താഴ്ച്ചകൾക്ക് കാരണം. ഭൂമിയുടെ അന്തർഭാഗത്തുനിന്നുള്ള ചില ആന്തരിക ബലങ്ങളും ഭൗമോപരിതലത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ചില ബാഹ്യബലങ്ങളുമാണ് ഇത്തരം ചലനങ്ങൾക്ക് നിദാനം.

ഭൗമോപരിതലം സൗരോർജ്ജജന്യങ്ങളായ ബാഹ്യബലങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് സദാ വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുമ്പോൾ ഭൂമിയുടെ അന്തർഭാഗത്ത് വിവിധ തീവ്രതയിൽ ആന്തരിക ബലങ്ങളും പ്രവർത്തിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ ഭൂമിയുടെ വായുമണ്ഡലത്തിനടിയിൽ ഉൽഭവിക്കുന്ന ബാഹ്യബലങ്ങളും ഭൂമിയുടെ അന്തർഭാഗത്തുനിന്നും ഉൽഭവിക്കുന്ന ആന്തരികബലങ്ങളും ചേർന്ന് ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിരന്തരം മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ആന്തരികബലങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ ഉള്ളിൽനിന്നും ഉൽഭവിക്കുന്നവയും വിവിധ തീവ്രതയിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നവയുമാണ്. മുൻ പറഞ്ഞവ യഥാക്രമം ബാഹ്യജന്യബലങ്ങൾ എന്നും അന്തർജന്യബലങ്ങളെന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ഈ രണ്ടുതരം ബലങ്ങളുടേയും വിവിധതരത്തിലുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് ഭൗമോപരിതലം നിരന്തരം വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു.

ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ബാഹ്യജന്യബലങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി ഉയർന്ന ഭൂപ്രദേശങ്ങൾ നിമ്നീകരണം സംഭവിച്ച് നിരപ്പാക്കപ്പെടുകയും താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളും ഗർത്തങ്ങളും നിക്ഷേപത്തിലൂടെ നികത്തപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ഉയർച്ചതാഴ്ചകൾ അപരദനപ്രക്രിയയിലൂടെ നിരപ്പാകുന്നു. ഇത് നിരപ്പാക്കൽ (Gradation) പ്രക്രിയ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. അന്തർജന്യ ബലങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി ഭൗമോപരിതലഭാഗങ്ങൾ തുടർച്ചയായി ഉയർന്നുവരുന്നതുകൊണ്ട് ബാഹ്യജന്യബലങ്ങൾക്ക് ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ഉയർച്ചതാഴ്ചകൾ പൂർണമായും നിരപ്പാക്കുവാൻ സാധിക്കുന്നില്ല. എത്രനാൾ ഈ ബലങ്ങൾ പ്രവർത്തിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നുവോ അത്രയും നാൾ ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ ഉയർച്ചതാഴ്ചകൾ നിലനിൽക്കും.

ഭൂമിയെ മനുഷ്യൻ അവന്റെ നിലനിൽപ്പിനായി ആശ്രയിക്കുന്നതോടൊപ്പം, വ്യാപകമായും തീവ്രമായും ചൂഷണവിധേയമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതുകൊണ്ട് നമ്മുടെ പ്രകൃതിയെപ്പറ്റി മനസ്സിലാക്കേണ്ടത് അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. കാരണം അതിലൂടെ മാത്രമേ പ്രകൃതിയുടെ സന്തുലിതാവസ്ഥയ്ക്ക് കോട്ടം തട്ടാതെയും ഭാവിയിൽ അതിന്റെ സാധ്യതകൾക്ക് മങ്ങലേല്പിക്കാതെയും നമുക്ക് ഫലപ്രദമായി പ്രകൃതിയെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തുവാൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂ.

എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും പരിസ്ഥിതിയുടെ നിലനിൽപ്പിനായി വർത്തിക്കുന്നു. എന്നാൽ മനുഷ്യൻ അമിത വിഭവ ഉപഭോഗത്താൽ പരിസ്ഥിതിക്ക് ഏറെ ആഘാതം സൃഷ്ടിക്കുന്നു. വിഭവങ്ങളുടെ അമിത ഉപഭോഗം, വിഭവശോഷണത്തിന് വഴിതെളിക്കുന്നു. വിഭവ ഉപഭോഗത്തോളം അനിവാര്യമാണ് ഭാവിയിൽ പ്രകൃതിയിൽ ജീവൻ നിലനിൽക്കാൻ ഉതകുംവിധം അതിന്റെ സാധ്യതകൾ നിലനിർത്തുക എന്നതും. വിഭവങ്ങളുടെ ഉപ

യോഗവും ദുരുപയോഗവുംമൂലം പ്രകൃതിയുടെ ഇത്തരം സാധ്യതകൾ വളരെ വേഗത്തിൽ അപ്രത്യക്ഷമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു.

ഭൗമോപരിതലത്തെ രൂപപ്പെടുത്തിയതും രൂപപ്പെടുത്തുന്നതുമായ വിവിധതരം പ്രക്രിയകൾ, ഭൗമോപരിതലം നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന വസ്തുക്കൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ച് യഥാവിധി മനസ്സിലാക്കിയാൽ മാത്രമേ പ്രകൃതിക്ക് ഹാനികരമായ മനുഷ്യപ്രവർത്തനങ്ങളെ ലഘൂകരിക്കുവാനുള്ള മുൻകരുതലുകൾ സ്വീകരിക്കുവാനും പ്രകൃതിവിഭവങ്ങൾക്ക് കോട്ടംതട്ടാതെ ഭാവിതലമുറകൾക്കായി സംരക്ഷിക്കുവാനും കഴിയുകയുള്ളൂ.

ഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകൾ

ഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകൾ എന്താണെന്നറിയാൻ നിങ്ങൾക്ക് താല്പര്യമില്ലേ? ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ ആകൃതിയിൽ രൂപമാറ്റം വരുത്തുന്ന പ്രക്രിയകളാണ് ഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകൾ. അന്തർജന്യ-ബാഹ്യജന്യ ബലങ്ങൾ ഭൗമവസ്തുക്കളിൽ ചെലുത്തുന്ന സമ്മർദമോ രാസപ്രക്രിയകളോ ആണ് ഇതിനു കാരണം. സ്തരവിരൂപണം (Diastrophism), അഗ്നിപർവതജന്യപ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നിവയാണ് അന്തർജന്യ ഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകൾ. അന്തർജന്യഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ച് മുൻ പാഠഭാഗങ്ങളിലൂടെ നിങ്ങൾ പഠിച്ചുവല്ലോ? അപക്ഷയം, ഭൂദ്രവ്യശോഷണം, അപരദനം, നിക്ഷേപിക്കൽ എന്നിവയാണ് ബാഹ്യജന്യഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകൾ. ബാഹ്യജന്യഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ച് വിശദമായി പ്രതിപാദിക്കുന്നതാണ് ഈ അധ്യായം.

നമുക്ക് വിവിധ ബാഹ്യജന്യഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകളെ പരിചയപ്പെടാം. ഭൗമവസ്തുക്കളെ ശേഖരിച്ച് ഒരിടത്തുനിന്നും മറ്റൊരിടത്തേക്ക് വഹിച്ചുകൊണ്ട് പോകുവാൻ ശേഷിയുള്ള പ്രകൃതിയുടെ ബാഹ്യജന്യ ഘടകങ്ങളെ (ജലം, കാറ്റ്, ഹിമാനി തുടങ്ങിയവ) ഭൂരൂപരൂപീകരണ സഹായികൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു. പ്രകൃതിയിലെ ഇത്തരം സഹായികൾ പ്രദേശത്തിന്റെ ചരിവിന് അനുസൃതമായി ചലിക്കുമ്പോൾ ഭൗമവസ്തുക്കളെ നീക്കംചെയ്ത് താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ നിക്ഷേപിക്കുന്നു. ഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകളും ഭൂരൂപരൂപീകരണ സഹായികളും വേർതിരിച്ച് പറയാത്തിടത്തോളം ഒന്നുതന്നെയാണ്.

'പ്രക്രിയ' എന്ന പദം പ്രകൃതത്തിൽ ഭൗമവസ്തുക്കളിന്മേൽ വിവിധ ഭൂരൂപരൂപീകരണ സഹായികളുടെ പ്രവർത്തനമെന്നാണ് വിവക്ഷിക്കുന്നത്. ചലിക്കുന്ന മാധ്യമമാണ് 'സഹായി' (ഉദാഹരണം: ഒഴുകുന്ന ജലം, ചലിക്കുന്ന മഞ്ഞ്, കാറ്റ്, തിരമാല, ഭൂഗർഭജലം എന്നിവ). ഭൗമവസ്തുക്കളെ നീക്കം ചെയ്ത് വഹിച്ചുകൊണ്ട് പോകുവാനും പിന്നീടവയെ മറ്റൊരിടത്ത് നിക്ഷേപിക്കുവാനും കഴിയുന്ന ഇത്തരം സഹായികളെ ഭൂരൂപരൂപീകരണ സഹായികൾ (Geomorphic agents) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

> ഭൂരൂപരൂപീകരണ കാരകങ്ങളേയും ഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകളേയും വേർതിരിച്ച് കാണേണ്ടതിന്റെ ആവശ്യകതയുണ്ടോ?

ഗുരുത്വാകർഷണബലം (Gravitational force) ദിശീയ ബലം (Directional force) എന്ന നിലയിൽ ചരിഞ്ഞ പ്രതലങ്ങളിലൂടെ ഭൗമവസ്തുക്കളെ താഴേക്ക് ചലിപ്പിക്കുന്നതിനുമപ്പുറം ഭൗമവസ്തുക്കളിൽ സമ്മർദം ചെലുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. പരോക്ഷമായി ഗുരുത്വാകർഷണബലം ചെലുത്തുന്ന സമ്മർദം വേലിയാലും-തിരമാലയാലും പ്രേരകമായ ജലപ്രവാഹങ്ങൾക്കും കാറ്റുകൾക്കും കാരണമാകുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണബലം, ചരിവ് എന്നിവയുടെ അഭാവത്തിൽ ഭൂരൂപരൂപീകരണ സഹായികൾ പ്രവർത്തനക്ഷമമാകുന്നില്ല. തൽഫലമായി അപരദനം, വഹനം, നിക്ഷേപിക്കൽ എന്നിവ ഉണ്ടാകുന്നില്ല. അതുകൊണ്ട് ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം ചെലുത്തുന്ന സമ്മർദത്തിനും ഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകളുടെ അത്രതന്നെ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. ഭൂഗുരുത്വാകർഷണബലമാണ് നമ്മെ ഭൗമോപരിതലവുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ബലം. ഭൗമോപരിതലവസ്തുക്കൾക്ക് ചലിക്കാൻ കഴിയുന്നതും പ്രസ്തുത ബലത്താലാണ്. ഭൗമോപരിതലത്തിലും ഭൗമാന്തർഭാഗത്തുമുള്ള എല്ലാത്തരം ചലനങ്ങൾക്കും കാരണം ചരിവാണ്. അതായത് ഉയർന്ന തലത്തിൽനിന്നും താഴ്ന്നതലത്തിലേക്കും ഉയർന്ന മർദമേഖലയിൽനിന്നും താഴ്ന്ന മർദമേഖലയിലേക്കുള്ള ചരിവ് തുടങ്ങിയവ.

അന്തർജന്യപ്രക്രിയകൾ

ഭൗമാന്തർഭാഗത്തുനിന്നും പ്രസരിക്കുന്ന ഊർജമാണ് അന്തർജന്യ ഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകൾക്ക് നിദാനമായ ബലം. അണുപ്രസരണം (റേഡിയോ ആക്ടിവിറ്റി), ഭ്രമണവും വേലികളും സൃഷ്ടിക്കുന്ന ഘർഷണം, ഭൗമോൽപ്പത്തി സമയത്ത് ആവിർഭവിച്ച ആദിമതാപം എന്നിവയാണ് ഈ ഊർജപ്രസരണത്തിനുകാരണം. ഭൗമതാപവ്യതിയാനം, ഭൗമതാപപ്രവാഹം എന്നിവ ഭൂവൽക്കപാളികളിൽ വിരൂപണപ്രക്രിയകൾ അഗ്നിപർവതജന്യപ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നിവയ്ക്ക് കാരണമാകുന്നു. ഭൗമതാപപ്രവാഹം ഭൗമതാപചരിവിലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം, ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ കനം, ദൃഢത എന്നിവ അന്തർജന്യപ്രക്രിയകളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഇവ എല്ലായിടത്തും ഒരുപോലെ അനുഭവപ്പെടുന്നില്ല. അന്തർജന്യപ്രക്രിയകളുടെ വ്യത്യസ്തതോതിലുള്ള പ്രവർത്തനഫലമായി ഭൗമോപരിതലം നിരപ്പില്ലാതെ കാണപ്പെടുന്നു.

വിരൂപണചലനങ്ങൾ (Diastrophism)

ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങളെ ചലിപ്പിക്കാനോ ഉയർത്തുവാനോ അല്ലെങ്കിൽ നിർമിക്കുവാനോ കഴിയുന്ന എല്ലാ

അന്തർജന്യപ്രക്രിയകളെയും ഉൾക്കൊള്ളുന്നവയാണ് വിരൂപണചലനങ്ങൾ. ഇതിൽ താഴെപ്പറയുന്നവ ഉൾപ്പെടുന്നു: 1. പർവതരൂപീകരണപ്രക്രിയകൾ — ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങൾ മടങ്ങി ഉയർന്ന് മടക്കുപർവതങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിന് കാരണമാകുന്നു, 2. ഭൂഖണ്ഡരൂപീകരണ പ്രക്രിയകൾ — ഒരു വിശാലഭൂവൽക്കഭാഗം ഉയർന്നുവരുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു, 3. ഭൂകമ്പങ്ങൾ — ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങളിൽ പ്രാദേശികമായി ഉണ്ടാകുന്ന പ്രകമ്പനങ്ങൾ, 4. ഫലകചലനങ്ങൾ — ഭൂവൽക്കഫലകങ്ങളുടെ തിരശ്ചീനചലനങ്ങൾ.

പർവതജന്യപ്രക്രിയയാൽ ഭൂവൽക്കത്തിൽ വലിയതോതിൽ രൂപമാറ്റത്തിന് കാരണമായ മടക്കുകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഭൂഖണ്ഡജന്യപ്രക്രിയകൾ ചെറിയതോതിലുള്ള രൂപമാറ്റങ്ങൾ മാത്രമേ സൃഷ്ടിക്കുന്നുള്ളൂ. പർവതജന്യപ്രക്രിയകൾ പർവതരൂപീകരണത്തിനും ഭൂഖണ്ഡജന്യപ്രക്രിയകൾ ഭൂഖണ്ഡ രൂപീകരണത്തിനും കാരണമാകുന്നു. പർവതജന്യപ്രക്രിയകൾ, ഭൂഖണ്ഡജന്യപ്രക്രിയകൾ, ഭൂചലനങ്ങൾ, ഫലകചലനങ്ങൾ എന്നിവ ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങളിൽ ഭ്രംശനം, പൊട്ടലുകൾ എന്നിവ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയകൾ ഭൂവൽക്കത്തിൽ മർദം, താപം, വ്യാപ്തി എന്നിവയിലെല്ലാം പ്രകടമായ വ്യതിയാനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുകയും ശിലകളുടെ കായാന്തരിതപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുകയും ചെയ്യുന്നു.

> ഭൂഖണ്ഡരൂപീകരണ ചലനങ്ങൾ, പർവതരൂപീകരണ ചലനങ്ങൾ എന്നിവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?

അഗ്നിപർവതപ്രവർത്തനങ്ങൾ

ഭൂമിക്കുള്ളിലെ ഉരുകിയ ശിലാദ്രവ (മാഗ്മ)ത്തിന്റെ ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്കുള്ള ചലനം, വിവിധ ആന്തരിക —ബാഹ്യ ആഗ്നേയരൂപങ്ങളുടെ രൂപീകരണം എന്നിവ അഗ്നിപർവത പ്രവർത്തനങ്ങളിലുൾപ്പെടുന്നു. വിവിധ ആഗ്നേയപ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ചും ആഗ്നേയ ശിലകളെപ്പറ്റിയും മുൻപാഠഭാഗത്ത് നിങ്ങൾ പഠിച്ചുകഴിഞ്ഞുവല്ലോ.

> അഗ്നിപർവതപ്രവർത്തനങ്ങൾ, അഗ്നിപർവതങ്ങൾ എന്നീ പദങ്ങൾകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നതെന്ത്?

ബാഹ്യജന്യപ്രക്രിയകൾ

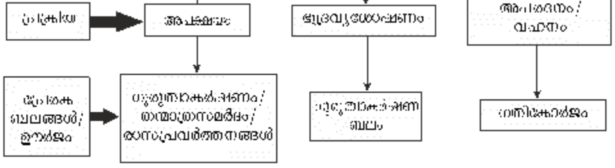
ടെക്റ്റോണിക് പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി ഭൗമോപരിതലത്തിൽ രൂപപ്പെടുന്ന ചരിവ്, സൗരോർജ നിയന്ത്രിത അന്തരീക്ഷ ഊർജം എന്നിവയിൽനിന്നുമാണ് ബാഹ്യജന്യപ്രക്രിയകൾ ഊർജം ആർജിക്കുന്നത്.

> ഭൂപ്രതലങ്ങളിലെ ചരിവിന് ആധാരം ടെക്ടോണിക് ഘടകങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനമാണെന്ന് പറയുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?

ഭൂമിയിലെ എല്ലാ വസ്തുക്കളിലും ഭൂമി അതിന്റെ ആകർഷണബലം ചെലുത്തുന്നു. ചരിഞ്ഞ പ്രതലത്തിലൂടെ ഒരു വസ്തു താഴേക്ക് ചലിക്കുന്നത് ഭൂമി ആ വസ്തുവിൻമേൽ ചെലുത്തുന്ന ഭൂഗുരുത്വാകർഷണ ബലം മൂലമാണ്. ഒരു നിർദിഷ്ട യൂണിറ്റ് പ്രദേശത്ത് പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബലമാണ് സമ്മർദം (Stress). ഒരു ഖരവസ്തുവിൽ സമ്മർദം ഉണ്ടാകുന്നത് ആ വസ്തുവിനെ തള്ളലിനോ വലിവിനോ വിധേയമാക്കുമ്പോഴാണ്. തൽഫലമായി, ആ വസ്തുവിന് രൂപമാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ വസ്തുക്കളിന്മേൽ ചെലുത്തുന്ന മർദമാണ് തെന്നൽ സമ്മർദം (Shear stress). തെന്നൽ സമ്മർദം മൂലമാണ് ശിലകളും മറ്റു ഭൗമവസ്തുക്കളും പാളിരൂപത്തിൽ വിഘടിക്കുന്നത്. എന്നാൽ തെന്നൽ സമ്മർദം കോണിയവിസ്ഥാപനത്തിനു കാരണമാകുന്നു. ഇതോടൊപ്പം താപവ്യതിയാനം, ക്രിസ്റ്റലീകരണം, ഉരുകൽ എന്നിങ്ങനെയുള്ള പ്രക്രിയകൾ മൂലം വസ്തുക്കളിൽ തന്മാത്രകളിലുള്ള സമ്മർദവും (Molecular stress) അനുഭവപ്പെടാറുണ്ട്. രാസപ്രക്രിയകൾമൂലവും വസ്തുക്കൾ വേർപെടുകയോ സംയോജിക്കുകയോ ധാതുക്കൾ അലിഞ്ഞുപോവുകയോ ചെയ്യുന്നു. അപക്ഷയം, ഭൂദ്രവ്യശോഷണം, അപരദനം എന്നീ പ്രക്രിയകളുടെ അടിസ്ഥാനകാരണം ഭൗമവസ്തുക്കളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ഈ സമ്മർദബലങ്ങളാണ്.

ബാഹ്യജന്യഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകൾ ഭൂമിയിലെ കാലാവസ്ഥാ മേഖലകൾക്കനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. താപം, വർഷണം എന്നീ പ്രധാന കാലാവസ്ഥാഘടകങ്ങൾ ഈ പ്രക്രിയകളെ സ്വാധീനിക്കുന്നു.

എല്ലാ ബാഹ്യഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകളും പൊതുവിൽ അനാവരണ പ്രക്രിയകൾ (Denudation) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. അപക്ഷയം, ഭൂദ്രവ്യശോ ഷണം, അപരദനം, വഹനം എന്നിവയാണ് പ്രധാന അനാവരണ പ്രക്രിയകൾ. ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ള ഫ്ളോ ചാർട്ട് (ചിത്രം 6.1) വിവിധ അനാവരണ പ്രക്രിയകളെയും പ്രേരകബലങ്ങളെയും കാണിക്കുന്നു. ഓരോ അനാവരണ പ്രക്രിയയ്ക്കും ഓരോ പ്രേരക ബലം അല്ലെങ്കിൽ ഊർജമുണ്ടെന്ന് ഇതിലൂടെ മനസ്സിലാക്കാം.



ചിത്രം 6.1 : അനാവരണ പ്രക്രിയകളും അവയുടെ പ്രേരകബലങ്ങളും

അക്ഷാംശസ്ഥാനം, ഋതുഭേദങ്ങൾ, കരയുടേയും ജലാശയങ്ങളുടെയും വിതരണം എന്നിവയ്ക്ക് അനുസൃതമായി ഭൂമിയിൽ താപവ്യതിയാനം അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഈ താപവ്യതിയാനം വ്യത്യസ്ത കാലാവസ്ഥാ

പ്രദേശങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. കാലാവസ്ഥാപ്രദേശങ്ങൾക്കനുസൃതമായി ഓരോ പ്രദേശത്തും അനുഭവപ്പെടുന്ന ബാഹ്യജന്യഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകൾ പരസ്പരം വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. സസ്യജാലങ്ങളുടെ സാന്ദ്രത, ഇനം, വിതരണം എന്നിവയെ സ്വാധീനിക്കുന്ന വർഷണം, താപലഭ്യത എന്നീ ഘടകങ്ങൾ പരോക്ഷമായി ഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകളേയും സ്വാധീനിക്കുന്നു. സ്ഥലത്തിന്റെ ഉന്നതി, തെക്കുവടക്ക് ചരിവുകളെ അപേക്ഷിച്ച് കിഴക്കുപടിഞ്ഞാറ് ചരിവുകളിൽ ലഭിക്കുന്ന സൗരോർജത്തിന്റെ അളവിലെ വ്യത്യാസങ്ങൾ എന്നിവയാണ് ഇതിനുള്ള കാരണങ്ങൾ.. കൂടാതെ, ഒരു കാലാവസ്ഥാപ്രദേശത്തിനുള്ളിൽ വീശുന്ന കാറ്റിന്റെ വേഗത, ദിശ എന്നിവയും ബാഷ്പീകരണതോത്, വർഷണരീതി, വർഷണത്തിന്റെ അളവ്, തീവ്രത, ദൈനംദിന താപാന്തരം, ജലം തണുത്തുറയുന്നത്, മഞ്ഞ് ഉരുകുന്നത്, ശിലകളിലെ വിള്ളലുകളിലൂടെ മഞ്ഞ് എത്രമാത്രം ഉള്ളിലേക്ക് കടക്കുന്നു തുടങ്ങിയവയും.

എല്ലാ ബാഹ്യജന്യ ഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും പിന്നിലുള്ള പ്രേരകബലം ഏതാണ്?

കാലാവസ്ഥാഘടകങ്ങൾ തുല്യമായിരിക്കുമ്പോൾ ബാഹ്യജന്യ ഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകളുടെ പ്രവർത്തനതീവ്രതയെ സ്വാധീനിക്കുന്ന മറ്റു ഘടകങ്ങളാണ് ശിലയുടെ തരം, ഘടന എന്നിവ. ശിലകളിലെ മടക്കുകൾ, ഭ്രംശനം, ശിലാപാളികളുടെ ചരിവ്, ശിലാപാളികളുടെ ക്രമീകരണം, ശിലകളിലെ വിള്ളലുകളുടെ സാന്നിദ്ധ്യം, ശിലാപാളികളുടെ മുകൾപരപ്പ്, ശിലകളുടെ കാഠിന്യം, ശിലകളുടെ മൃദുത്വം, ശിലകളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതുക്കൾ, അവയുടെ സ്വഭാവം, രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ ഏർപ്പെടാനുള്ള അവയുടെ ശേഷി, ജലത്തിന് ശിലകളിലുള്ള പ്രവേശനീയത (Permeability) യുടെ തോത് എന്നിവ. ഓരോ ശിലകൾക്കും വ്യത്യസ്തശിലാഘടനയാണുള്ളത്. ശിലാഘടനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വ്യത്യസ്തരീതിയിലാണ് ഓരോ ശിലയും ഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രവർത്തനങ്ങളെ പ്രതിരോധിക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ട്, ഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകളുടെ പ്രവർത്തനതോത്, പ്രവർത്തനതീവ്രത എന്നിവ ഓരോശിലകളിലും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ഇത് വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള ഭൂപ്രകൃതി ഒരുക്കുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. ബാഹ്യജന്യഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകളുടെ പ്രവർത്തനഫലങ്ങൾ ഒരു ചെറിയ കാലയളവുകൊണ്ട് ദൃശ്യമാകുന്നവയല്ല. കാരണം, ഇവ വളരെ സാവധാനത്തിലാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. ഇവയുടെ ദീർഘകാലയളവിലുള്ള നിരന്തരപ്രവർത്തനഫലമായി ശിലകൾ നിരന്തരം ശോഷണത്തിനു വിധേയമായി വൻതോതിൽ ശിഥിലീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

ചുരുക്കത്തിൽ, ഭൂവൽക്കപരിണാമഫലമായി ഭൗമോപരിതലത്തിലുണ്ടായിട്ടുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ ഭൗമപദാർഥങ്ങളുടെ ഇനം, അവയുടെ ഘടന, ഭൗമപ്രക്രിയകളുടെയും അവയുടെ പ്രവർത്തനതീവ്രതയുടെയും തോതിലുണ്ടായ വ്യത്യാസങ്ങൾ അഥവാ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾ എന്നിവ കാരണം ഒന്നല്ലെങ്കിൽ മറ്റൊരു വിധത്തിൽ നിലനിൽക്കുന്നു.

ഏതാനും ചില ബാഹ്യജന്യഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ച് ഇവിടെ വിശദമായി പ്രതിപാദിക്കുന്നു.

അപക്ഷയം

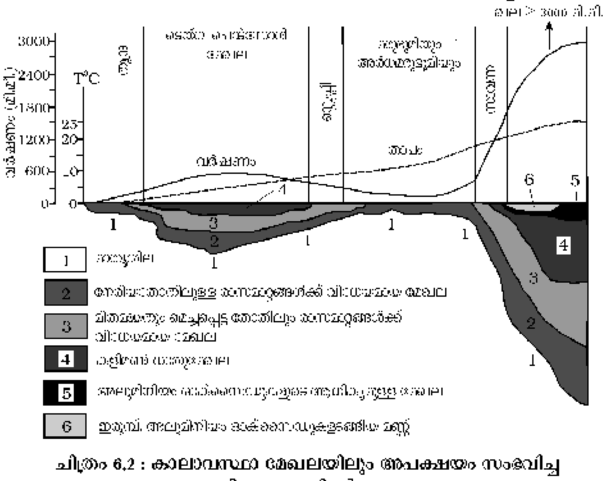
ഭൗമപദാർഥങ്ങളിൽ കാലാവസ്ഥാഘടകങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനമാണ് അപക്ഷയം. വിവിധതരം അപക്ഷയ പ്രക്രിയകളുണ്ട്. ഇവ ഒരുമിച്ചോ അല്ലാതെയോ ഭൗമപദാർഥങ്ങളിൽ പ്രവർത്തിച്ച് ഭൗമപദാർഥങ്ങളുടെ ശിഥിലീകരണത്തിന് കാരണമാകുന്നു.

വിവിധ കാലാവസ്ഥാഘടകങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി ശിലകൾ ഭൗതികമായി പൊടിഞ്ഞോ രാസപരമായി ഘടനാമാറ്റം സംഭവിച്ചോ ശിഥിലമാകുന്ന പ്രക്രിയയാണ് അപക്ഷയം

അപക്ഷയത്തിൽ രൂപപ്പെടുന്ന പദാർഥങ്ങൾക്ക് സ്ഥാനമാറ്റം ഉണ്ടാകാത്തതിനാൽ അപക്ഷയം ഒരു സ്വസ്ഥാനപ്രക്രിയ (Insitu) യാണ്.

അപക്ഷയംമൂലം ചിലപ്പോൾ സംഭവിച്ചേക്കാവുന്ന ചെറിയ ചലനങ്ങളെ വഹനമായി പരിഗണിക്കാമോ? ഇല്ല, എങ്കിൽ എന്തുകൊണ്ട്?

സസ്യജാലങ്ങൾ, കാലാവസ്ഥ, ഭൂപ്രകൃതി, ഭൗമഘടകങ്ങൾ എന്നി സങ്കീർണഘടകങ്ങൾ അപക്ഷയ പ്രക്രിയകളെ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. ഇവയിൽ കാലാവസ്ഥാഘടകങ്ങൾക്ക് വളരെയേറെ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. കാലാവസ്ഥയ്ക്ക് അനുസൃതമായി അപക്ഷയപ്രക്രിയകളും അതുപോലെ അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമായ ഭൂവൽക്കഭാഗത്തിന്റെ വ്യാപ്തിയും (ചിത്രം 6.2) വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങൾ പ്രധാനമായും മൂന്നുവിധത്തിലാണ്:



ചിത്രം 6.2 : കാലാവസ്ഥാ മേഖലയിലും അപക്ഷയം സംഭവിച്ച ഭൂവൽക്കഭാഗത്തിന്റെ ആഴവും
(സ്ട്രോക്കോവ് 1967-ൽനിന്ന് സ്വീകരിച്ചതും മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തിയതും)

പ്രവർത്തനം

ചിത്രം 6.2-ൽ വിവിധ കാലാവസ്ഥാ പ്രദേശങ്ങളുടെ അക്ഷാംശമൂല്യങ്ങൾ അടയാളപ്പെടുത്തി വസ്തുതകൾ താരതമ്യം ചെയ്യുക.

1. രാസീയ അപക്ഷയം, 2. ഭൗതിക അപക്ഷയം (ബലകൃത), 3. ജൈവീക അപക്ഷയം. അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങൾ പരസ്പരം സ്വാധീനിക്കാറുണ്ട്. അപൂർവമായ സാഹചര്യങ്ങളിൽ മാത്രമേ ഏതെങ്കിലും ഒരു അപക്ഷയപ്രവർത്തനം ഒറ്റയ്ക്ക് പ്രവർത്തിക്കുന്നതായി കാണാറുള്ളൂ. എന്നാൽ സാധാരണയായി ഇവയിൽ ഏതെങ്കിലും ഒന്നിന്റെ പ്രാമുഖ്യം പ്രകടമായി കാണാം.

രാസീയ അപക്ഷയപ്രക്രിയകൾ

ഭൗമോപരിതലശിലകൾ ഓക്സീകരണം, സംലയനം, കാർബണീകരണം, ജലീകരണം, ന്യൂനീകരണം എന്നീ വിവിധ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ശിലകൾ രാസപരമായ ഘടനാമാറ്റത്തിനും സംലയനത്തിനും വിധേയമാകുന്നു. എല്ലാ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളെയും ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നതിന് ഊഷ്മാവിനോടൊപ്പം ജലം, വായു (ഓക്സിജനും കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡും) എന്നിവ അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. വിഘടിച്ചു ചേരുന്ന ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങൾ മണ്ണിനടിയിലെ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡിന്റെ അളവിനെ വർധിപ്പിക്കുന്നു. ശിലാധാതുക്കളിലെ ഈ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ ഒരു പരീക്ഷണശാലയിലെ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് സമാനമാണ്.

സംലയനം

ചില പദാർഥങ്ങൾ ജലവുമായോ അമ്ലങ്ങളുമായോ ലയിച്ചുചേരുമ്പോൾ ലായനി എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ശിലകളിലെ ചില ധാതുക്കൾ ഇതുപോലെ ജലവുമായോ അമ്ലങ്ങളുമായോ അലിഞ്ഞുചേർന്ന് പിന്നീട് നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയാണ് സംലയനം. ഖരവസ്തുക്കൾ സംലയനത്തിന് വിധേയമായി നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയുടെ തോത്, ജലവുമായോ വീര്യം കുറഞ്ഞ അമ്ലങ്ങളുമായ അലിഞ്ഞുചേരുന്നതിനുള്ള ധാതുക്കളുടെ ശേഷിയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ജലവുമായി സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെടുമ്പോൾ പല ഖരവസ്തുക്കളും പൊടിയുകയും ജലവുമായി കലർന്ന് അതിൽ തങ്ങിക്കിടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. നൈട്രേറ്റ്, സൾഫേറ്റ്, പൊട്ടാസ്യം തുടങ്ങിയ ശിലാനിർമാണധാതുക്കൾ ജലത്തിൽ അലിഞ്ഞുചേരുന്നവയാണ്. ധാരാളം മഴ ലഭിക്കുന്ന കാലാവസ്ഥാപ്രദേശങ്ങളിൽ ഇത്തരം ധാതുക്കൾ മഴവെള്ളവുമായി അലിഞ്ഞുചേർന്ന് അവശിഷ്ടങ്ങൾ അവശേഷിക്കാത്തവിധം നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ വരണ്ടപ്രദേശങ്ങളിൽ ഇവ അടിഞ്ഞുകൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. മഴവെള്ളം അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡുമായി ചേർന്ന് കാർബോണിക് അമ്ലമായി ചുണ്ണാമ്പുകല്ല് പ്രദേശങ്ങളിൽ പതിക്കുമ്പോൾ ചുണ്ണാമ്പുകല്ലിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന കാത്സ്യം കാർബണേറ്റ്, മഗ്നീഷ്യം ബൈകാർബണേറ്റ് എന്നീ ധാതുക്കൾ കാർബോണിക് അമ്ലത്തിൽ ലയിച്ച് നീക്കംചെയ്യപ്പെടുന്നു. മണ്ണിലെ ജലം ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡുമായി ചേർന്ന് സംലയനപ്രവർത്തനങ്ങളെ സഹായിക്കുന്നു. ശിലകളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന സാധാരണ ഉപ്പ് (സോഡിയം ക്ലോറൈഡ്) ഈ പ്രക്രിയയിലൂടെ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടാറുണ്ട്.

കാർബണീകരണം

കാർബണേറ്റുകളും ബൈകാർബണേറ്റുകളുമായുള്ള ശിലകളുടെ പ്രതിപ്രവർത്തനമാണ് കാർബണീകരണം. ഫെൽസ്പാർ, കാർബണേറ്റ് ധാതുക്കൾ എന്നിവയുടെ ശോഷണത്തിന് കാരണമാകുന്ന ഒരു സാധാരണ രാസീയ അപക്ഷയപ്രവർത്തനമാണിത്. ജലം, അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്, മണ്ണിലെ വായുവിലുള്ള കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് എന്നിവയുമായി ചേർന്ന് വീര്യം കുറഞ്ഞ കാർബോണിക് അമ്ലമായി മാറുന്നു. കാത്സ്യം കാർബണേറ്റ്, മഗ്നീഷ്യം കാർബണേറ്റ് എന്നീ ധാതുക്കൾ ഈ കാർബോണിക് അമ്ലത്തിൽ ലയിച്ച് പൂർണമായും നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഇത് ഗുഹകളുടെ രൂപീകരണത്തിന് കാരണമാകുന്നു.

ജലീകരണം

രാസപരമായി ജലം ധാതുക്കളോട് കൂട്ടിച്ചേർക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ജലീകരണം. ധാതുക്കൾ ജലം ആഗിരണം ചെയ്തു വികസിക്കുന്നു. ഇതുമൂലം ധാതുവിന്റെയോ അതിനെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ശിലയുടേയോ വ്യാപ്തി വർധിക്കുന്നു. കാൽസ്യം സൾഫേറ്റ് ജലത്തെ വലിച്ചെടുത്ത് കാൽസ്യം സൾഫേറ്റിനേക്കാൾ അസ്ഥിരമായ ജിപ്സമായി മാറുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ തിരിച്ചും സംഭവിക്കുന്നു. തുടർച്ചയായ ഈ രാസപ്രവർത്തനം മൂലം ശിലകൾക്ക് ശോഷണം സംഭവിക്കുകയും അവ പൊടിഞ്ഞു പോവുകയും ചെയ്യുന്നു. ധാരാളം കളിമൺ ധാതുക്കൾ ഇതുപോലെ ജലം ആഗിരണം ചെയ്ത് വികസിക്കുകയും ജലാംശം നഷ്ടപ്പെടുമ്പോൾ ചുരുങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ തുടർച്ചയായി സംഭവിക്കുമ്പോൾ മുകൾ ഭാഗത്തുള്ള ധാതുക്കളിൽ വിള്ളലുകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ശിലകളുടെ സുഷിരങ്ങളിലുള്ള ലവണാംശം ഇതുപോലെ ജലം ആഗിരണം ചെയ്ത് തുടർച്ചയായി വികസിക്കുകയും ചുരുങ്ങുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ ശിലകളിൽ പൊട്ടലുകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ജലീകരണം മൂലം ധാതുക്കളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യാപ്തിവ്യതിയാനം എക്സ്ഫോളിയേഷൻ (ശിലകൾ പാളികളായി പൊളിയുന്നത്), ഗ്രാനുലാർ ഡിസിന്റഗ്രേഷൻ (ശിലകൾ ചെറുതരികളായി പൊടിയുന്നത്) എന്നീ ഭൗതിക അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങളെ സഹായിക്കുന്നു.

ഓക്സീകരണവും ന്യൂനീകരണവും

ശിലകളിലെ ധാതുക്കൾ ഓക്സിജനുമായി സംയോജിച്ച് ഓക്സൈഡുകളോ ഹൈഡ്രോക്സൈഡുകളോ ആയി മാറുന്ന രാസപ്രവർത്തനമാണ് ഓക്സിഡേഷൻ. ധാതുക്കൾ അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഓക്സിജനുമായോ ഓക്സിജൻ കലർന്ന ജലവുമായോ നേരിട്ട് സമ്പർക്കത്തിൽ വരുമ്പോഴാണ് ഓക്സീകരണം സംഭവിക്കുന്നത്. പ്രധാനമായും ഓക്സിഡേഷന് വിധേയമാകുന്ന ധാതുക്കൾ ഇരുമ്പ്, മാംഗനീസ്, സൾഫർ എന്നിവയാണ്. ഓക്സിഡേഷൻ മൂലം ഇത്തരം ധാതുക്കൾ ഓക്സൈഡുകളായി മാറുമ്പോൾ ശിലകൾക്ക് അപക്ഷയം സംഭവിക്കുന്നു. ശിലകളിൽ ഇരുമ്പ് ധാതുക്കളുടെ ചുവപ്പുനിറം, തവിട്ടോ മഞ്ഞയോ ആയി മാറുന്നത് ഇരുമ്പിന് ഓക്സീകരണം സംഭവിക്കുമ്പോഴാണ്. ഓക്സീകരണത്തിന് വിധേയമായ ധാതുക്കൾ ഓക്ജന്റെ സാന്നിദ്ധ്യമില്ലാത്ത ഇടങ്ങളിൽ നശിച്ചുപോകുന്നതാണ് റിഡക്ഷൻ അഥവാ ന്യൂനീകരണം. ജലപീഠത്തിന് താഴെയോ വെള്ളം കെട്ടിക്കിടക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളിലോ ഓക്സിജന്റെ സാന്നിദ്ധ്യം വളരെ കുറവാണ്. ന്യൂനീകരണത്തിന്റെ ഫലമായി ഇരുമ്പിന്റെ ചുവപ്പുനിറം പച്ചയായോ നീലം കലർന്ന ചാരനിറമായോ മാറുന്നു.

ഹൈഡ്രേഷൻ, കാർബണീകരണം, ഓക്സീകരണം എന്നീ രാസികപ്രവർത്തനങ്ങൾ പരസ്പരപൂരകങ്ങളാണ്. ഇവ അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങളെ ധ്രുതഗതിയിലാക്കുന്നു.

> ഇരുമ്പ് തുരുമ്പിക്കുന്നത് ഓക്സിഡേഷന്റെ ഒരു ഉദാഹരണമായി കണക്കാക്കാമോ? രാസിക അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ജലത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം എത്രത്തോളമുണ്ട്? ജലദൗർലഭ്യം അനുഭവപ്പെടുന്ന മരുഭൂമികളിൽ രാസിക അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങൾ എത്രത്തോളം ആധിപത്യം പുലർത്തുന്നുണ്ട്?

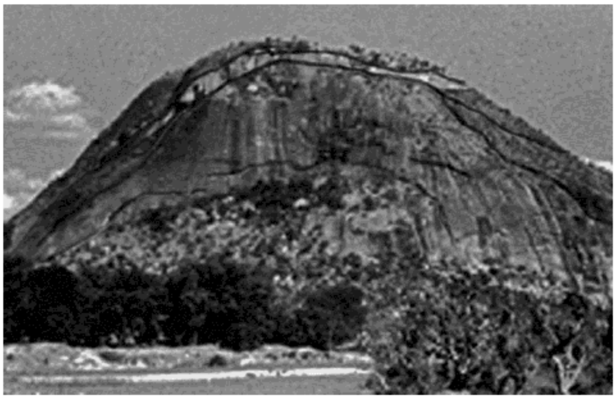
ഭൗതികഅപക്ഷയം/ബലകൃതഅപക്ഷയം

ബലകൃതഅപക്ഷയം ചില പ്രയുക്തബലങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള പ്രയുക്തബലങ്ങളാണ്: (i) ഗുരുത്വാകർഷണബലംമൂലമുള്ള സമ്മർദം – ശിലകളുടെ മുകളിൽ അമിതമഭാരം ചെലുത്തുന്ന സമ്മർദം, നിക്ഷേപങ്ങൾ ചെലുത്തുന്ന സമ്മർദം എന്നിവ, (ii) താപവ്യതിയാനം, പരലുകളുടെ വളർച്ച, ജീവികളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ തുടങ്ങിയവമൂലമുള്ള വികാസബലങ്ങൾ, (iii) ഈർപ്പവും ഉണക്കും ചാക്രികമായി ആവർത്തിക്കുന്നതിലൂടെയുള്ള ജലസമ്മർദം.

ഭൗമോപരിതലത്തിലും ഭൂമിക്കുള്ളിലുള്ള ഭൗമവസ്തുക്കളിലും ഇത്തരം ബലങ്ങൾ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നതിന്റെ ഫലമായി ശിലകൾ പൊടിയുന്നു. മുഖ്യമായും ബലകൃതഅപക്ഷയം സംഭവിക്കുന്നത് താപീകവികാസംമൂലവും സമ്മർദത്തിലുണ്ടാകുന്ന അയവുമൂലവുമാണ്. ബലകൃത അപക്ഷയങ്ങൾ വളരെ കുറഞ്ഞതോതിലും സാവധാനവും പ്രവർത്തിക്കുന്നവയുമാണ്. എങ്കിലും ഇവമൂലം ശിലകൾക്കുണ്ടാകുന്ന നാശം വളരെ വലുതാണ്. കാരണം തുടർച്ചയായുണ്ടാകുന്ന സങ്കോച-വികാസം മൂലമാണ് ശിലകൾ ദുർബലമാക്കപ്പെടുന്നത്.

നീക്കംചെയ്യലും വികാസവും

ശിലകൾ പൊടിഞ്ഞ് രൂപപ്പെട്ട ആവരണം ശിലകളുടെ ഉപരിതലത്തിൽനിന്നും തുടർച്ചയായ അപരദന പ്രക്രിയമൂലം നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഇതുമൂലം ശിലകളിൽ ഇവ ചെലുത്തിയിരുന്ന സമ്മർദത്തിന് അയവു വരുകയും ശിലകളുടെ ഉപരിതലപാളി വികസിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെ വികസിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി ശിലകൾ പൊട്ടിപ്പിളരുന്നു. ചിലപ്പോൾ ഭൂപ്രതലത്തിന് സമാന്തരമായാണ് ശിലകളിൽ ഇത്തരം പൊട്ടലുകൾ വികസിക്കുന്നത്. ഭൂതലം വക്രാകൃതിയിലായിരിക്കുമ്പോൾ പൊട്ടലുകളും വക്രാകൃതിയിലായിരിക്കും. ഈ പൊട്ടലുകൾ വികസിക്കുമ്പോൾ വക്രാകൃതിയിലുള്ള വലിയ പാളികളായാണ് ശിലകൾ പൊട്ടിപ്പിളരുന്നത്. ഇത്തരം പാളികളാണ് എക്സ്ഫോളിയേഷൻ പാളികൾ. ഇവയ്ക്ക് നൂറുമുതൽ ആയിരക്കണക്കിന് മീറ്റർവരെ വിസ്തൃതി ഉണ്ടായിരിക്കും. ശിലാപാളികൾ ഇങ്ങനെ പൊട്ടിപ്പിളർന്ന് മാറുമ്പോൾ അവശേഷിക്കുന്ന ശിലാഭാഗം ഉരുണ്ട് മിനുസമാർന്ന മകുടാകൃതിയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇതാണ് എക്സ്ഫോളിയേഷൻ ഡോം (ചിത്രം 6.3) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഭൂരൂപം.



ചിത്രം 6.3 : ആന്ധ്രാപ്രദേശിൽ ഭോംഗീർ (ഭുവനഗിരി) പട്ടണത്തിനു സമീപം ഗ്രാനൈറ്റ് ശിലകളിലെ ഒരു വലിയ എക്സ്ഫോളിയേഷൻ ഡോം

താപവ്യതിയാനങ്ങളും ശിലാവികാസവും

ശിലകളിലെ വിവിധ ധാതുക്കൾക്ക് സങ്കോചവികാസത്തിന് അവയുടേതായ പരിമിതികളുണ്ട്. താപം വർധിക്കുമ്പോൾ ഓരോ ധാതുക്കളും വികസിക്കുകയും അടുത്തുള്ള ധാതുക്കളിന്മേൽ മർദം പ്രയോഗിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. താപം കുറയുന്നതിനനുസരിച്ച് ഇവ സങ്കോചിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ശിലകളിലെ ഉപരിതലപാളിയിലാണ് ദൈനംദിന താപവ്യതിയാനം നിമിത്തം ഇത്തരം ആന്തരികചലനങ്ങൾ പതിവായി ഉണ്ടാകുന്നത്.

വരണ്ടപ്രദേശങ്ങളിലും ഉയരമുള്ള പ്രദേശങ്ങളിലും ദൈനംദിന താപവ്യതിയാനം കൂടുതലായതുകൊണ്ട് ഇത്തരം അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ തോതും കൂടുതലായിരിക്കും. മുമ്പ് സൂചിപ്പിച്ചതുപോലെ ഇത്തരം ചലനങ്ങൾ വളരെ മന്ദഗതിയിലാണെങ്കിലും അവ ശിലകളെ നിരന്തരപ്രവർത്തനം മൂലം ദുർബലമാക്കുന്നു. ശിലകളുടെ ഉപരിതലപാളി അന്തർഭാഗത്തെ അപേക്ഷിച്ച് കൂടുതൽ വികസിക്കുന്നു. തൽഫലമായി ശിലകൾക്കുള്ളിൽ സമ്മർദം രൂപപ്പെടുകയും ഉപരിതലത്തിന് സമാന്തരമായി ശിലകൾ പൊട്ടിപ്പിളരുകയും ചെയ്യുന്നു. താപവ്യതിയാനം മൂലം ശിലകളിൽ ഉപരിതലപാളി തുടർച്ചയായി സങ്കോചിക്കുകയും വികസിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. തൽഫലമായി ശിലാപാളികളുടെ വിഘടനം സംഭവിക്കുന്നു. ഇതിലൂടെ ശിലാപാളികൾ പൊട്ടിപ്പിളർന്നു മാറുമ്പോൾ അവശേഷിക്കുന്ന ശിലാഭാഗം ഉരുണ്ടുമിനുസമുള്ളതായി കാണപ്പെടുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റ് പോലുള്ള ശിലകളിലെ ശിലാസ്തരവിഘടനം മൂലം മിനുസമുള്ള ഉപരിതലത്തോടുകൂടിയ ചെറുതും വലുതുമായ ധാരാളം ഉരുളൻ പാറകൾ രൂപപ്പെടുന്നതിനെ ടോറുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു.

> ശിലാസ്തരവിഘടന ഡോമുകളും ടോറുകളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?

തണുത്തുറയൽ, മഞ്ഞുരുകൽ, ഹിമകീലനം

ശിലകളിലെ വിള്ളലുകളിൽ തങ്ങിനിൽക്കുന്ന ജലം താപവ്യതിയാനംമൂലം ചാക്രികമായി തണുത്തുറയുകയും ഉരുകുകയും ചെയ്യുന്നു. മധ്യ അക്ഷാംശങ്ങളിലെ ഉയരമുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ ജലത്തിന്റെ ഉരുകൽ, ഉറയൽ എന്നിവ ആവർത്തിച്ച് സംഭവിക്കുന്നതുകൊണ്ട് ഇത്തരം അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങൾ ഏറ്റവും പ്രകടമാണ്. ഹിമാനീയപ്രദേശങ്ങൾ ദിനം തോറും ഹിമകീലനത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ ജലം തണുത്തുറയുന്നതിന്റെ തോത് വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ടതാണ്. ജലം പെട്ടെന്ന് തണുത്തുറയുന്നത് അതിന്റെ വ്യാപ്തി വർധിക്കുന്നതിനും ഉയർന്ന മർദത്തിനും കാരണമാകുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള വികാസം ശിലാസന്ധികളും വിള്ളലുകളും ചെറുപൊട്ടലുകളും വികസിക്കുന്നതിന് കാരണമാവുകയും ക്രമേണ ശിലകൾ പിളർന്നുമാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് ഹിമകീലനം (Frost wedging).

ലവണ അപക്ഷയം

താപം, ജലീകരണം, ക്രിസ്റ്റലീകരണം എന്നീ പ്രക്രിയകളിലൂടെ ശിലകളിലെ ലവണങ്ങൾ വികസിക്കുന്നു. കാത്സ്യം, സോഡിയം, മഗ്നീഷ്യം, പൊട്ടാസ്യം, ബേരിയം തുടങ്ങിയ ലവണങ്ങൾ ഇത്തരത്തിൽ വികസിക്കുന്നവയാണ്. താപം, ലവണങ്ങളുടെ താപീയ വികസന സ്വഭാവം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചാണ് ഇവ വികസിക്കുന്നത്. ഉയർന്ന താപാന്തരം (30 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസിനും 50 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസിനും ഇടയിൽ) അനുഭവപ്പെടുന്ന മരുഭൂമികളിലെ ഉപരിതലതാപം ലവണങ്ങളുടെ വികാസത്തിന് സഹായകരമാണ്. ശിലകളുടെ ഉപരിതലത്തിനോടടുത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന സുഷിരങ്ങളിലെ ലവണപരലുകൾ ശിലകളിലെ ഓരോ തരികളെയും തമ്മിൽ അകറ്റുകയും അന്തിമമായി ശിലകളുടെ ശിഥിലീകരണത്തിന് വഴിതെളിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിലൂടെ ശിലകൾ ചെറുതരികളായി പൊടിയുന്നതാണ് തരീയവിഘടനം (Granular disintegration) അല്ലെങ്കിൽ തരീയ പാളികാ അപരദനം (Granular foliation).

ലവണ അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ വളരെ ശക്തമായ ഒന്നാണ് ലവണങ്ങളുടെ ക്രിസ്റ്റലീകരണം. ചില പ്രദേശങ്ങളിൽ ഈർപ്പമുള്ള കാലാവസ്ഥയും വരണ്ട കാലാവസ്ഥയും മാറിമാറി അനുഭവപ്പെടുന്നതുമൂലം ശിലകളിലെ ലവണപ്പരലുകൾ വലുതാകുകയും ഇവയോടുചേർന്നുള്ള ശിലാതരികളെ വശങ്ങളിലേക്ക് തള്ളിമാറ്റുകയുംചെയ്യുന്നു. മരുഭൂമികളിൽ സോഡിയം ക്ലോറൈഡ്, ജിപ്സം എന്നിവയുടെ പരലുകൾ അവയുടെ മുകളിലായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന പാളിയെ ഇത്തരത്തിൽ ഉയർത്തുന്നതിന്റെ ഫലമായി ഉപരിതലത്തിൽ ബഹുഭുജരൂപത്തിലുള്ള വിള്ളലുകൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. ഇവ പിന്നീട് ശിലകളുടെ ശിഥിലീകരണത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ലവണപരലുകൾ വലുതാകുന്നതുമൂലം ആദ്യം ചുണ്ണാമ്പുകല്ല് തുടർന്ന് മണൽക്കല്ല്, ഷെയിൽ, നൈസ്, ഗ്രാനൈറ്റ് എന്നിവയും ശിഥിലീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

ജൈവീക പ്രവർത്തനങ്ങളും ജൈവീക അപക്ഷയവും

ജീവജാലങ്ങളുടെ വളർച്ച, ചലനം, പ്രവർത്തനം എന്നിവയിലൂടെ ധാതുക്കളോ അയോണുകളോ ശിലകളിൽനിന്ന് നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുകയോ ശിലകൾക്ക് ഭൗതികമായോ രാസപരമായോ മാറ്റം സംഭവിക്കുകയോ ചെയ്യുന്നതിനെ ജൈവീകഅപക്ഷയം എന്നുവിളിക്കുന്നു. ചിതൽ, മാളങ്ങളുണ്ടാക്കുന്ന ജീവികൾ, മണ്ണിര എന്നിവ മണ്ണിൽ സുഷിരങ്ങൾ നിർമിക്കുമ്പോൾ ഈ സുഷിരങ്ങൾ വഴി ജലം, വായു എന്നിവ ഉള്ളിൽ പ്രവേശിച്ച് വിവിധതരം രാസിക അപക്ഷയങ്ങൾക്ക് വഴിതെളിക്കുന്നു. നിലമുഴുകൽ, കൃഷി എന്നീ മനുഷ്യപ്രവർത്തനങ്ങൾ ധാതുക്കൾക്ക് ജലം, വായു എന്നിവയുമായി സംയോജിക്കുവാനുള്ള അവസരം കൂടുതൽ ഒരുക്കുന്നു. മണ്ണിലെ ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങൾ ഹ്യൂമിക്, കാർബോണിക് തുടങ്ങിയ അമ്ലങ്ങളുടെ ഉൽപ്പാദനത്തിന് സഹായകമാകുന്നു. ഇവ ചില ശിലാഘടകങ്ങളെ അലിയിച്ചു കളയുന്നു. പാറകളുടെ വിള്ളലുകളിലൂടെ വൃക്ഷങ്ങളുടെ വേരുകൾ ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്നതും ശിലകൾ ഭൗതികമായി പൊട്ടിപ്പിളരുന്നതിനും കാരണമാകുന്നു.

അപക്ഷയത്തിന്റെ പ്രത്യേക ഫലങ്ങൾ

പുറംപാളിയുടെ പൊളിയൽ (Exfoliation)

ഭൗതിക അപക്ഷയപ്രക്രിയകളായ ഭാരലഘൂകരണം, താപവ്യതിയാനംമൂലമുള്ള സങ്കോചവികാസം, ലവണ അപക്ഷയം എന്നിവയിൽ ശിലാസ്തരവിഘടനത്തെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിച്ചിരുന്നു. ബലകൃത അപക്ഷയപ്രക്രിയകളുടെ ഫലമാണ് എക്സ്ഫോളിയേഷൻ സംഭവിക്കുന്നത്. ഇതൊരു അപക്ഷയപ്രക്രിയയല്ല. ഏറെക്കുറെ കമാനാകൃതിയിൽ ശിലയുടെ പുറംപാളി അടർന്നുമാറുമ്പോൾ അവശേഷിക്കുന്ന ശിലാഭാഗത്തിന്റെ ഉപരിതലം ഉരുണ്ട് മിനുസമുള്ളതായി കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രങ്ങൾ 6.3, 6.4). താപവ്യതിയാനംമൂലമുള്ള സങ്കോചവികാസംമൂലമാണ് പുറംപാളിയുടെ പൊളിയൽ ഉണ്ടാകുന്നത്. എക്സ്ഫോളിയേഷൻ ഡോം, ടോർ എന്നിവ രൂപപ്പെടുന്നത് യഥാക്രമം ഉപരിതലവസ്തുവിന്റെ നീക്കംചെയ്യൽ, താപീയവികാസം എന്നിവ മൂലമാണ്.

ചിത്രം 6.4 : എക്സ്ഫോളിയേഷനും ഗ്രാനുലാർ ഡിസിന്റഗ്രേഷനും

അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ പ്രാധാന്യം

വിവിധ അപക്ഷയ പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ ശിലകൾ പൊടിഞ്ഞ് ചെറുകഷണങ്ങളാകുന്നത് മണ്ണ്, ആവരണശില (Regolith) എന്നിവയുടെ രൂപീകരണത്തിനും അപരദനം, ഭൂദ്രവ്യശോഷണം എന്നീ പ്രക്രിയകൾക്കും വഴി തെളിക്കുന്നു. ജൈവവൈവിധ്യങ്ങൾ, ജൈവസമൂഹങ്ങൾ എന്നിവ മുഖ്യമായും നൈസർഗികസസ്യജാലങ്ങൾ അഥവാ വനങ്ങളിലാണ് നിലനിൽക്കുന്നത്. അപക്ഷയം സംഭവിച്ച ശിലാപാളിയുടെ ആഴത്തെ ആശ്രയിച്ചാണ് വനങ്ങൾ ഭൂമിയിൽ വളരുന്നത്. അപരദനം, ഭൂദ്രവ്യശോഷണം എന്നീ ബാഹ്യജന്യഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകളെ അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങൾ വളരെയധികം സഹായിക്കുന്നുണ്ട്. ശിലകൾക്ക് അപക്ഷയം സംഭവിക്കുന്നില്ലെങ്കിൽ അപരദനത്തിന് പ്രാധാന്യമില്ല. വിവിധ അപരദനപ്രക്രിയകളുടെ നിരന്തരമായുള്ള പ്രവർത്തനഫലമായാണ് ഒരു ഭൂപ്രകൃതി നിരപ്പാക്കപ്പെടുന്നതും ഭൂരൂപങ്ങൾക്ക് രൂപമാറ്റം സംഭവിക്കുന്നതും. നമ്മുടെ ദേശീയ സമ്പദ്‌വ്യവസ്ഥയിൽ വളരെയധികം പ്രാധാന്യമുള്ള വിലപിടിപ്പുമുള്ള ധാതുക്കളായ ഇരുമ്പയിര്, മാംഗനീസ്, അലൂമിനിയം, ചെമ്പ് എന്നിവയുടെ സമ്പുഷ്ടികരണത്തിനും കേന്ദ്രീകരണത്തിനും അപക്ഷയം, നിക്ഷേപിക്കൽ എന്നിവ ഏറെ സഹായിക്കുന്നു. മണ്ണ് രൂപീകരണപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ടപ്രക്രിയയാണ് അപക്ഷയം.

ശിലകൾ അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകുമ്പോൾ ശിലകളിലെ ചില പദാർഥങ്ങളെ ഭൂഗർഭജലം രാസപരമായോ ഭൗതികമായോ നീക്കംചെയ്യുന്നു. തത്ഫലമായി അവശേഷിക്കുന്ന പദാർഥങ്ങൾ (മൂല്യവത്തായവ) കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതാണ് ധാതുക്കളുടെ സമ്പുഷ്ടീകരണം. ഇത്തരത്തിലുള്ള അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ അഭാവത്തിൽ മൂല്യവത്തായ പദാർഥങ്ങളുടെ ശരിയായ അളവിലുള്ള കേന്ദ്രീകരണം സംഭവിക്കുന്നില്ല. അതുകൊണ്ട് അവയെ സാമ്പത്തികമായി ചൂഷണം ചെയ്യുവാനോ ശുദ്ധീകരിച്ച് എടുക്കുവാനോ കഴിയില്ല.

ശിലാദ്രവ്യനീക്കം (Mass Movement)

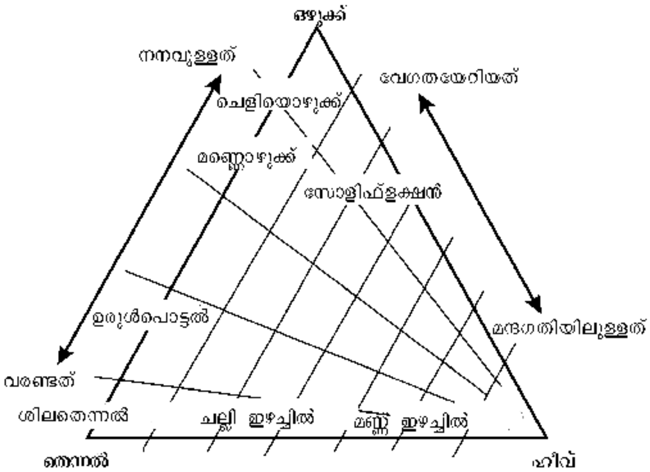
ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തിന്റെ പ്രത്യക്ഷസ്വാധീനംമൂലം ശിലാകഷണങ്ങൾ ചരിവുള്ള ഭൂപ്രതലത്തിലൂടെ താഴേക്കു പതിക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ശിലാദ്രവ്യനീക്കം. ജലം, വായു, മഞ്ഞ് എന്നീ ബാഹ്യശക്തികളുടെ സഹായമില്ലാതെയാണ് ഇതിൽ ദ്രവ്യനീക്കം നടക്കുന്നത്. എന്നാൽ ജലം, വായു, മഞ്ഞ് എന്നിവ ദ്രവ്യത്തോടൊപ്പം താഴേക്കു പതിക്കാറുണ്ട്. ശിലാദ്രവ്യനീക്കം വളരെ സാവധാനത്തിലുള്ളവയുമുണ്ട്, ദ്രുതഗതിയിലുള്ളവയുമുണ്ട്. നേരിയ പാളിമാത്രം താഴേക്കു പതിക്കുന്ന ദ്രവ്യനീക്കങ്ങൾ മുതൽ വലിയൊരളവിൽ ഭൗമപദാർത്ഥങ്ങൾ താഴേക്കു പതിക്കുന്ന നീക്കങ്ങൾവരെയുണ്ടാകുന്നു. മണ്ണിഴയൽ, മണ്ണൊലിപ്പ്, മണ്ണിടിയൽ, ശിലാവീഴ്ച എന്നിവയാണ് വിവിധതരം ദ്രവ്യനീക്കങ്ങൾ. ഭൂഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെ പ്രത്യക്ഷസ്വാധീനം മൂലമാണ് ദ്രവ്യനീക്കങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ശിലയിലും അപക്ഷയം സംഭവിച്ച ശിലോപരിതലപാളിയിലും ഭൂഗുരുത്വബലം ഒരുപോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നുണ്ട്. അതുകൊണ്ട് അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങൾ ശിലാദ്രവ്യനീക്കത്തിന് അത്യന്താപേക്ഷിതമല്ല. മറിച്ച് ഇത് ദ്രവ്യനീക്കത്തിന് ഏറെ സഹായകരമാണ്. കാരണം അപക്ഷയ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകാത്ത പ്രദേശങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് വിധേയമായ പ്രദേശങ്ങളിൽ താരതമ്യേന ഉയർന്ന തോതിൽ ശിലാദ്രവ്യനീക്കം സംഭവിക്കുന്നു.

ഭൂരൂപരൂപീകരണ സഹായികളായ ഒഴുകുന്ന ജലം, ഹിമാനി, കാറ്റ്, തിരമാല എന്നിവയൊന്നും ശിലാദ്രവ്യനീക്ക പ്രക്രിയകളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നില്ല. ദ്രവ്യനീക്കങ്ങളിൽ ദ്രവ്യം ഒരു ഭാഗത്തുനിന്ന് മറ്റൊരു ഭാഗത്തേക്ക് നീക്കംചെയ്യപ്പെടുന്നത് ഭൂഗുരുത്വംമൂലമാണ്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ശിലാദ്രവ്യനീക്കം അപരദനത്തിന്റെ ഭാഗവുമല്ല. ദ്രവ്യങ്ങൾ (ശിലാപദാർഥങ്ങൾ) ചരിഞ്ഞ ഭൂപ്രതലങ്ങളിലെ താഴോട്ടു പതിക്കാൻ കാരണമാകുന്ന ബലങ്ങളെ പ്രതിരോധിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഈ പ്രതിരോധത്തെയും മറികടന്ന് ഗുരുത്വാകർഷണ

ബലം അവയിൽ പ്രവർത്തിക്കുമ്പോഴാണ് അവ താഴേക്കു പതിക്കുന്നത്. ചരിഞ്ഞപ്രതലങ്ങളിൽ ഉറപ്പില്ലാതെ ഇളകിക്കിടക്കുന്ന ശിലാപദാർത്ഥങ്ങൾ കനം കുറഞ്ഞ പാളികളോടുകൂടിയ ശിലകളുടെ സാന്നിദ്ധ്യം, ശിലകളിലെ ഭ്രംശനം, താഴേക്കു പതിക്കാനായി കുത്തനെ നിൽക്കുന്ന ശിലകൾ, കിഴക്കാംതൂക്കായ കുന്നുകൾ/കുത്തനെയുള്ള ചരിവുകൾ, ഉയർന്ന തോതിലുള്ള മഴ, ചരിവുകളിലെ സസ്യജാലങ്ങളുടെ അഭാവം എന്നിവ ശിലാദ്രവ്യനീക്കത്തെ സഹായിക്കുന്നു.

ശിലാദ്രവ്യനീക്കത്തിന്റെ പ്രേരകഘടകങ്ങൾ: (i) പദാർഥങ്ങൾ ഭൂപ്രതലത്തിൽ ഉറച്ചിരിക്കുന്നതിനുള്ള പിന്തുണ, പ്രകൃതിദത്തമായോ കൃത്രിമമായോ ഉള്ള മാർഗങ്ങളിലൂടെ നഷ്ടപ്പെടുന്നത്, (ii) ഭൂപ്രതലത്തിന്റെ ചരിവോ ഉയരമോ കൂടുന്നത്, (iii) പദാർഥങ്ങളുടെ/വസ്തുക്കളുടെ/ദ്രവ്യത്തിന്റെ അളവ് പ്രകൃതിദത്തമായോ കൃത്യമായോ ഉള്ള മാർഗങ്ങളിലൂടെ വർധിക്കുന്നത്, (iv) കനത്ത മഴമൂലം ചരിവിലെ പദാർഥങ്ങൾ ജലപൂരിതമാവുകയും ഭാരം വർധിക്കുകയും അവയുടെ സ്നേഹകത്വം (Lubrication) വർധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നത്, (v) ചരിഞ്ഞ ഭൂപ്രതലത്തിനു മുകളിലുള്ള പാളി നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. (vi) ഭൂകമ്പം, സ്ഫോടനം, യന്ത്രങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നിവ, (vii) ജലത്തിന്റെ അധികരിച്ച സ്വാഭാവിക ഊർന്നിറങ്ങൽ, (viii) തടാകങ്ങളിലെയും ജലസംഭരണികളിലെയും നദികളിലെയും ജലത്തിന്റെ അളവ് വർധിക്കുമ്പോൾ ജലം ചരിവിലൂടെയും നദീ തീരങ്ങളിലൂടെയും പുറത്തേക്കൊഴുകുന്നത്, (ix) സ്വാഭാവികസസ്യജാലങ്ങളെ വിവേചനരഹിതമായി വെട്ടിനശിപ്പിക്കുന്നത്.

ശിലാദ്രവ്യനീക്കങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന മൂന്നു പ്രധാനചലനങ്ങളാണ് ഹീവ് (മണ്ണിന്റെയോ മണ്ണിന്റെയോ കൂനകളുണ്ടാകൽ), ഒഴുക്ക്, തെന്നൽ എന്നിവ. ഇവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം ആപേക്ഷികചലനതോത്, ഈർപ്പപരിധി എന്നിവ ചിത്രം 6.5 നോക്കി മനസ്സിലാക്കൂ.



ചിത്രം 6.5 : വിവിധതരം ദ്രവ്യനീക്കം തമ്മിലുള്ള ബന്ധം, ആപേക്ഷിക ചലനതോത്, ഈർപ്പപരിധി (വൈറ്റ് ഹെഡ് 2001)

ശിലാദ്രവ്യനീക്കങ്ങളെ പ്രധാനമായും രണ്ടായി വർഗീകരിക്കാം: (i) സാവധാനചലനങ്ങൾ, (ii) ദ്രുതചലനങ്ങൾ.

സാവധാനചലനങ്ങൾ

മിതമായ ചരിവുള്ള ഭൂപ്രതലങ്ങളിൽനിന്ന് മൺപാളി വളരെ സാവധാനം താഴേക്ക് ഇറങ്ങുന്നതാണ് ശിലാദ്രവ്യ ഇഴച്ചിൽ (Creep). വളരെ സാവധാനത്തിലുള്ള ചലനമായതിനാൽ ഇവ കണ്ണിൽപ്പെടുകയോ ശ്രദ്ധയിൽപ്പെടുകോ ഇല്ല. ദീർഘകാല നിരീക്ഷണത്തിലൂടെ മാത്രമേ ഇത്തരം ചലനങ്ങൾ നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയൂ. ഇത്തരം ചലനങ്ങളിൽ മണ്ണ്, ശിലാകഷണങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഭൂമിയിൽ ഉറപ്പിച്ചിട്ടുള്ള ടെലിഫോൺ പോസ്റ്റുകൾ, വേലിക്കല്ലുകൾ എന്നിവ കാലക്രമേണ ചരിഞ്ഞുവരുന്നത് നിങ്ങളുടെ ശ്രദ്ധയിൽ പെട്ടിട്ടുണ്ടോ. ഇത് സംഭവിക്കുന്നത് ശിലാദ്രവ്യ ഇഴച്ചിൽ മൂലമാണ്. മണ്ണ് ഇഴച്ചിൽ, ശിലാ ഇഴച്ചിൽ, ചരൽ ഇഴച്ചിൽ, ശിലാ-ഹിമാനി ഇഴച്ചിൽ എന്നിങ്ങനെ ഉൾപ്പെടുന്ന പദാർഥങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ഇവ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മണ്ണോ, തരിയായി പൊടിഞ്ഞ കല്ലിൻകഷണങ്ങളോ ജലപൂരിതമായോ ജലത്താൽ ലൂബ്രിക്കേഷൻ വർധിച്ചോ ചരിവുകളിലൂടെ സാവധാനം താഴേക്കു ചലിക്കുന്നു. ഇതാണ് സോളിഫ്ളക്ഷൻ. ആർദ്രമിതോഷ്ണ മേഖലാപ്രദേശങ്ങളിൽ സോളിഫ്ളക്ഷൻ വളരെ സാധാരണമാണ്. ഈ പ്രദേശങ്ങളിൽ ഇവ തുടർച്ചയായി സംഭവിക്കുന്നു. തണുത്തുറഞ്ഞിരിക്കുന്ന ഭൂപ്രതലത്തിന്റെ ഉപരിതല ഭാഗം ഉരുകിത്തുടങ്ങുന്നതും ധാരാളം മഴ തുടർച്ചയായി ലഭിക്കുന്നതുമാണ് ഇതിനു കാരണം. പദാർഥങ്ങളുടെ ഉപരിതലഭാഗം മഴമൂലം ജലപൂരിതമാകുന്നു. എന്നാൽ തൊട്ടുതാഴെയുള്ള ഭാഗം ജലത്തെ കടത്തിവിടാതെ ഉറച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ അവസ്ഥയിൽ ഉപരിതലഭാഗത്ത് നിന്ന് ഒഴുക്ക് ആരംഭിക്കുന്നു.

ദ്രുതചലനങ്ങൾ

ആർദ്രകാലാവസ്ഥാമേഖലകളിലാണ് ഇത്തരം ദ്രുതചലനങ്ങൾ സാധാരണയായി കണ്ടുവരുന്നത്. വളരെ കുത്തനെയുള്ള പ്രദേശങ്ങൾ മുതൽ നേരിയ ചരിവുകളിൽ വരെ ഇത്തരം ചലനങ്ങൾ സംഭവിക്കാറുണ്ട്. നേരിയ ചരിവുള്ള തട്ടുകളിലൂടെയും കുന്നിൻ ചരിവുകളിലൂടെയും കളിമണ്ണ്, പൊടിമണ്ണ് എന്നിവ ജലപൂരിതമായി താഴേക്കൊഴുകുന്നു. ഇതിനെ മണ്ണൊഴുക്ക് (Earth flow) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ മണ്ണിടിച്ചിൽമൂലം തട്ടുകളോടുകൂടി ചരിവുകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ മുകൾഭാഗം ചെങ്കുത്തായും താഴ്ഭാഗത്ത് മണ്ണിടഞ്ഞു കൂടി കൂനകളും രൂപപ്പെടുന്നു. ചെങ്കുത്തായ ചരിവുകളിൽ ഷെയിൽപോലുള്ള മൃദുവായ അവസാദശിലകളോ ചിലപ്പോൾ ഉയർന്നതോതിൽ അപക്ഷയം സംഭവിച്ച ആഗ്നേയശിലകളോ താഴേക്കു പതിക്കാം.

മറ്റൊരു ദ്രുതചലനമാണ് ചെളിയൊഴുക്ക് (Mud flow). സസ്യജാലങ്ങളുടെ ആവരണമില്ലാത്ത ചരിവുകളിൽ

കനത്ത മഴ ലഭിക്കുമ്പോൾ അപക്ഷയവിധേയമായ പദാർത്ഥങ്ങളുടെ കനത്ത പാളി ജലപൂരിതമായി നിശ്ചിത ചാലുകളിലൂടെ താഴേക്കൊഴുകുന്നു. സാവധാനമോ ദ്രുതഗതിയിലോ ആവാം ഇത്തരം ചലനങ്ങൾ. ചാലിനുള്ളിലെ ചേറരുവിപോലെയാണ് ഇവയുടെ ഒഴുക്ക്. ഇവ കുന്നുകളുടെ വശങ്ങളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന പ്രദേശങ്ങളിലേക്കും സമതലങ്ങളിലേക്കും പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ വളരെ നശീകരണ സ്വഭാവമുള്ളതായി മാറുന്നു. റോഡുകൾ, പാലങ്ങൾ, വീടുകൾ എന്നിവ നശിപ്പിച്ചുകൊണ്ടാണ് ഇവ ഒഴുകുന്നത്.

അഗ്നിപർവത സ്ഫോടനം നടന്ന ഉടനെയോ നടക്കുമ്പോഴോ അഗ്നിപർവത ചരിവുകളിലും ഇത്തരം ചെളി ഒഴുക്കുകൾ തുടർച്ചയായി ഉണ്ടാവാറുണ്ട്. അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളിൽനിന്നും പുറംതള്ളുന്ന ചാരം, പൊടിപടലങ്ങൾ, മറ്റു വസ്തുക്കൾ എന്നിവ കനത്ത മഴയിൽ മഴവെള്ളവുമായി ചേർന്ന് ചെളിയായിമാറി താഴേക്കൊലിച്ചിറങ്ങുന്നു. ഇത് മനുഷ്യവാസസ്ഥലങ്ങളിൽ വളരെയധികം നാശനഷ്ടങ്ങൾ വരുത്തുന്നു.

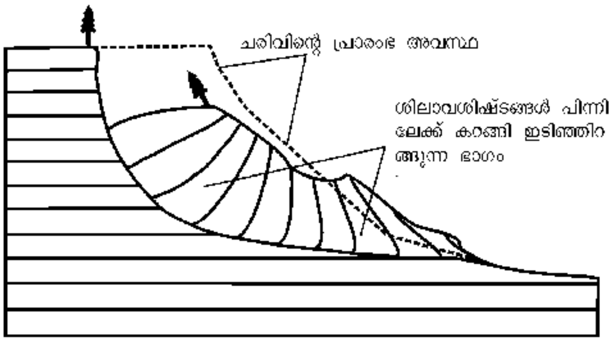
മറ്റൊരു ദ്രുതചലനമാണ് ശിലാവശിഷ്ട അവലാൻഷെ. ആർദ്രമേഖലകളിലെ സസ്യാവരണമുള്ളതോ ഇല്ലാത്തതോ ആയ ചരിവുകളിൽ അവലാൻഷെ ഉണ്ടാവാം. ചെങ്കുത്തായ ചരിവുകളിലെ ഇടുങ്ങിയ ചാലുകളിലൂടെ വളരെ വേഗത്തിൽ ശിലാവശിഷ്ടങ്ങൾ താഴേക്കു പതിക്കുന്നതാണ് ശിലാവശിഷ്ട അവലാൻഷെ. ഇവയ്ക്ക് ചെളി ഒഴുക്കിനേക്കാൾ വേഗത കൂടുതലാണ്. ഇത്തരം ശിലാവശിഷ്ട അവലാൻഷെ മഞ്ഞ് അവലാൻഷെയ്ക്ക് സമാനമാണ്.

> തെക്കേ അമേരിക്കയിലെ ആന്റീസ് പർവതത്തിലും വടക്കേ അമേരിക്കയിലെ റോക്കിസ് പർവതത്തിലും സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ചില അഗ്നിപർവതങ്ങൾ കഴിഞ്ഞ ദശാബ്ദത്തിൽ പൊട്ടിത്തെറിച്ചത് പിന്നീട് അതിഭീകരമായ ചെളി ഒഴുക്കിന് കാരണമായി.

ഉരുൾപൊട്ടൽ

താരതമ്യേന വേഗതയേറിയതും നിരീക്ഷണസാധ്യവുമായ ചലനങ്ങളാണിവ. ഇവയിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന വസ്തുക്കൾ താരതമ്യേന ജലരഹിതമായവയാണ്. ഉരുൾപ്പൊട്ടലിലൂടെ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന വസ്തുക്കളുടെ വലിപ്പം, ആകൃതി എന്നിവ ശിലകളിലെ വിള്ളലുകളുടെ സ്വഭാവം, അപക്ഷയതോത്, ചരിവിന്റെ പ്രകൃതം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. വസ്തുക്കളുടെ ചലനരീതിക്കനുസരിച്ച് വിവിധതരം ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്.

ഇടിഞ്ഞിറങ്ങൽ (Slump): ചരിവിനനുസൃതമായി ശിലാവശിഷ്ടങ്ങൾ പിന്നിലേക്കു കറങ്ങി താഴേക്കു വഴുതി വീഴുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ഇടിഞ്ഞിറങ്ങൽ (ചിത്രം 6.6). ശിലാവശിഷ്ടങ്ങൾ പിന്നിലേക്കു കറങ്ങാതെ ദ്രുത



ചിത്രം 6.6 : ശിലാവശിഷ്ടങ്ങൾ പിന്നിലേക്ക് ഇടിഞ്ഞിറങ്ങുന്നു

ഗതിയിൽ ഉരുണ്ടോ വഴുതിയോ താഴേക്കു വീഴുന്നതാണ് ശിലാവശിഷ്ടം തെന്നൽ. ശിലാവശിഷ്ടങ്ങൾ കീഴ്ക്കാംതൂക്കായ ചരിവുകളിൽനിന്നും താഴേക്ക് പതിക്കുന്നതാണ് ശിലാവശിഷ്ട വീഴ്ച. ശിലാപാളിയുടെ ഉപരിതലത്തിലൂടെയോ ശിലാസന്ധികളിലൂടെയോ ഭ്രംശതലത്തിലൂടെയോ ഒരു ശില താഴേക്കു തെന്നിവീഴുന്നതാണ് ശിലതെന്നൽ. ചെങ്കുത്തായ ചരിവുകളിൽ ശിലതെന്നൽ വളരെ വേഗതയേറിയതും വിനാശകാരിയുമാണ്. ചിത്രം (6.7) ഉരുൾപൊട്ടൽമൂലം രൂപപ്പെടുന്ന ചെങ്കുത്തായ ചരിവ് കാണിക്കുന്നു. ഒരു ചെങ്കുത്തായ ചരിവിൽനിന്നും ശില താഴേക്കു പതിക്കുന്നതാണ് ശിലാവീഴ്ച. ശിലാവീഴ്ചയിൽ ശിലയുടെ ഉപരിതല പാളിയാണ് ഇളകി താഴേക്കു പതിക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ട് ശില തെന്നൽപോലെ ശിലയെ വളരെ ആഴത്തിൽ ഇത് ബാധിക്കുന്നില്ല.

ചിത്രം 6.7 : ഉത്തർപ്രദേശിൽ ഇന്ത്യ-നേപ്പാൾ അതിർത്തിയിൽ ശാരദ നദിക്ക് സമീപം സിവാലിക് പർവതനിരകളിലെ ഉരുൾപൊട്ടലിന്റെ അടയാളങ്ങൾ

> ദ്രവ്യനഷ്ടം, ശിലാദ്രവ്യനീക്കം എന്നിവയിൽ ഏറ്റവും ഉചിതമായ പദമേത്? എന്തുകൊണ്ട്? 'സോളിഫ്ളക്ഷൻ' വേഗതയേറിയ ചലനങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുത്താമോ? എന്തുകൊണ്ട്? എന്തുകൊണ്ടല്ല?

> നമ്മുടെ രാജ്യത്ത്, ഹിമാലയത്തിൽ ശിലാവശിഷ്ടങ്ങളുടെ അവലാൻഷെ, ഉരുൾപൊട്ടൽ എന്നിവ ഇടയ്ക്കിടെ സംഭവിക്കാറുണ്ട്. ഇതിന് നിരവധി കാരണങ്ങളുണ്ട്. ഒന്ന്, ഹിമാലയം ടെക്ടോണിക് പ്രവർത്തനങ്ങളാൽ സജീവമാണ്. അവസാദശിലകളാലും അവ

സാദ നിക്ഷേപത്താലുമാണ് ഹിമാലയം പ്രധാനമായും രൂപപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. നിരവധി ചെങ്കുത്തായ ചരിവുകളും ഹിമാലയത്തിലുണ്ട്. ഹിമാലയവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ തമിഴ്നാട്, കർണാടകം, കേരളം എന്നീ സംസ്ഥാനങ്ങളിലായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന നീലഗിരിയും പടിഞ്ഞാറൻ തീരപ്രദേശത്തിന് സമാന്തരമായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന പശ്ചിമഘട്ടവും വളരെ ഉറപ്പുള്ള ശിലകളാൽ നിർമിതവും ടെക്ടോണിക് സ്ഥിരതയുള്ളതുമാകുന്നു. എന്നാൽ ഹിമാലയത്തിലുള്ളതിന്റെ അത്ര ആവൃത്തിയില്ലെങ്കിലും ഈ കുന്നുകളിലും ശിലാവശിഷ്ടങ്ങളുടെ അവലാൻഷെ, ഉരുൾപൊട്ടൽ എന്നിവ ഉണ്ടാകാറുണ്ട്. എന്തുകൊണ്ട്? നീലഗിരിയിലെയും പശ്ചിമഘട്ടത്തിലെയും ഭൂരിഭാഗം ചരിവുകളും വളരെ ചെങ്കുത്തായതാണ്. താപാന്തരവും താപവ്യതിയാനവും മൂലമുള്ള ഭൗതിക അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങൾ ഇവിടെ വളരെ പ്രകടമാണ്. ചെറിയ കാലയളവുകളിൽ ഇവിടെ ശക്തമായ മഴ ലഭിക്കുന്നു. ശിലാവശിഷ്ട അവലാൻഷെ, ഉരുൾപൊട്ടൽ എന്നിവയോടൊപ്പം ശിലാവീഴ്ചയും ഉണ്ടാകുന്നു.

അപരദനവും നിക്ഷേപിക്കലും

അപരദനഭൂരൂപരൂപീകരണ സഹായികളായ ഒഴുകുന്നജലം, ഭൂഗർഭജലം, ഹിമാനികൾ, കാറ്റ്, തിരമാലകൾ എന്നിവ വിവിധ അപക്ഷയ പ്രക്രിയകളുടെയോ മറ്റു പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായോ രൂപംകൊണ്ട ശിലാവശിഷ്ടങ്ങളെ ശേഖരിച്ച് പ്രസ്തുത സ്ഥലത്തുനിന്ന് നീക്കംചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയയെയാണ് അപരദനം. അപരദന തോത് അപരദനസഹായികളുടെ ചലനത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അപരദനസഹായികൾ വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകുന്ന ശിലാവശിഷ്ടങ്ങൾ പരസ്പരം ഉരസുന്നതും ഭൂപ്രതലത്തിൽ ഉരസി നീങ്ങുന്നതും അപരദനപ്രക്രിയയെ ഏറെ സഹായിക്കുന്നുണ്ട്. അപരദനം, ഭൂരൂപരൂപങ്ങളുടെ അപചയത്തിനും നിരപ്പാക്കലിനും കാരണമാകുന്നു. അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങൾ അപരദനത്തെ സഹായിക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. അപരദന പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കുമുമ്പ് അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങൾ നടന്നിരിക്കണം എന്നു നിർബന്ധമില്ല. അപക്ഷയം, ശിലാദ്രവ്യനീക്കം, അപരദനം എന്നിവ ഭൂരൂപങ്ങളുടെ അപചയത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ഭൂപ്രതലം നിരന്തരം മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നത് ഇത്തരം പ്രക്രിയകളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായാണ്. ചിത്രം 6.1-ൽ സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെയുള്ള അപരദനം, വഹനം എന്നീ നിരപ്പാക്കൽ പ്രക്രിയകളെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് ഗതികോർജമാണ്. ഭൗമവസ്തുക്കളുടെ അപരദനം, വഹനം എന്നിവയ്ക്ക് കാരണമാകുന്നത് കാറ്റ്, ഒഴുകുന്ന ജലം, ചലിക്കുന്ന മഞ്ഞ്, തിരമാലകൾ, ഭൂഗർഭജലം എന്നിവയാണ്. ഇവയിൽ കാറ്റ്, ഒഴുകുന്ന ജലം, ഹിമാനികൾ എന്നിവയെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് കാലാവസ്ഥാഘടകങ്ങളാണ്. ഇവ മൂന്നും ദ്രവ്യത്തിന്റെ മൂന്ന് അവസ്ഥകളായ വാതകം (കാറ്റ്), ഖരം (ഹിമാനി), ദ്രാവകം (ഒഴുകുന്ന ജലം) എന്നിവയെ യഥാക്രമം പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു. അപരദനത്തെ താഴെപ്പറയുന്ന രീതിയിൽ നമുക്ക് നിർവചിക്കാം:

മൂന്ന് കാലാവസ്ഥാ നിയന്ത്രിതകാരകങ്ങളെ തമ്മിൽ താരതമ്യം ചെയ്യാമോ?

ഭൂപ്രതലത്തിൽ അപരദനസഹായികളുടെ ചലനത്തോടനുബന്ധിച്ചുള്ള ഗതികോർജപ്രയോഗമാണ് അപരദനം

ഗതികോർജം കണക്കാക്കുന്നത്: $KE = \frac{1}{2} mv^2$

ഇവിടെ 'm' പിണ്ഡവും 'v' പ്രവേഗവുമാണ്. ചലിക്കുവാൻ ആവശ്യമായ ഊർജം ഒരു വസ്തുവിന്റെ പിണ്ഡം, ആ വസ്തു ചലിക്കുന്ന പ്രവേഗം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഉദാഹരണം ഭീമമായ പിണ്ഡം ഉള്ളതുകൊണ്ട് ഹിമാനികൾ വളരെ കുറഞ്ഞ പ്രവേഗത്തിലാണ് ചലിക്കുന്നത്. എന്നാൽ കാറ്റ്, കുറഞ്ഞ പിണ്ഡമുള്ളതുകൊണ്ട് വളരെ വേഗത്തിലും. അതുകൊണ്ട് ഹിമാനികൾക്ക് കാറ്റിനെ അപേക്ഷിച്ച് അപരദനശേഷി വളരെ കൂടുതലാണ്. തിരമാലകൾ, ഭൂഗർഭജലം എന്നീ അപരദനസഹായികളെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് കാലാവസ്ഥയല്ല. തിരമാലകളുടെ കാര്യത്തിൽ തിരമാലകളുടെ സ്ഥാനം, ശിലാമണ്ഡലം, ജലമണ്ഡലം എന്നിവയുടെ സമ്പർക്കമുഖമായ തീരപ്രദേശത്ത് ആയതിനാൽ തിരമാലകളുടെ അപരദനപ്രവർത്തനത്തെ നിർണയിക്കുന്നതിന് ഈ സ്ഥാനത്തിന് ഏറെ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. എന്നാൽ അതത് പ്രദേശങ്ങളുടെ ശിലാഘടനയുടെ സ്വഭാവമാണ് ഭൂഗർഭജലത്തിന്റെ അപരദനശേഷിയെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത്. ജലത്തെ കടത്തിവിടാനും ജലത്തിൽ അലിഞ്ഞുചേരാനുമുള്ള ശിലയുടെ ശേഷിയെ ആശ്രയിച്ചാണ് ചുണ്ണാമ്പുകൽ പ്രദേശങ്ങളിലെ കാസ്റ്റ് (Karst) ഭൂപ്രകൃതി രൂപപ്പെടുന്നത്. ഓരോ അപരദനകാരകങ്ങളും നിർമിക്കുന്ന ഭൂരൂപങ്ങളെപ്പറ്റി അടുത്ത അധ്യായത്തിൽ പഠിക്കാം.

അപരദനത്തിന്റെ അനന്തരഫലമാണ് നിക്ഷേപിക്കൽ പ്രക്രിയ. ഒരു അപരദനകാരകം വഹിച്ചുകൊണ്ടുവരുന്ന ശിലാവശിഷ്ടങ്ങൾ ഒരിടത്ത് നിക്ഷേപിക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണിത്. ഭൂപ്രതലത്തിന്റെ ചരിവ് കുറയുമ്പോൾ അപരദനസഹായികളുടെ പ്രവേഗം കുറയുന്നു. അതിനോടനുബന്ധിച്ച് ഊർജവും കുറയുന്നു. തൽഫലമായി അവ വഹിച്ചുകൊണ്ടുവരുന്ന ശിലാവശിഷ്ടങ്ങളെ അതേ അളവിൽ തുടർന്നും വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകാനുള്ള ശേഷി കുറയുകയും നിക്ഷേപിക്കൽ പ്രക്രിയ ആരംഭിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മറ്റൊരർഥത്തിൽ നിക്ഷേപിക്കൽ ഒരു സഹായിയുടെ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെയല്ല സംഭവിക്കുന്നത്. വലിയ ശിലാപദാർഥങ്ങൾ ആദ്യവും ഏറ്റവും നേർത്തതരികൾ അവസാനഘട്ടത്തിലും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. നിക്ഷേപിക്കലിലൂടെ ഗർത്തങ്ങൾ നികത്തപ്പെടുന്നു. ഒഴുകുന്ന ജലം, ഹിമാനികൾ, കാറ്റ്, തിരമാലകൾ, ഭൂഗർഭജലം എന്നീ അപരദനസഹായികൾ നിക്ഷേപിക്കൽ പ്രക്രിയയുടെ സഹാ

യികളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നുണ്ട്. അപരദനം, നിക്ഷേപിക്കൽ എന്നിവയിലൂടെ ഭൂതലത്തിന് എന്തെല്ലാം മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നുവെന്ന് 'ഭൂരൂപങ്ങളും അവയുടെ പരിണാമവും' എന്ന അടുത്ത അധ്യായത്തിൽ വിശദമായി പ്രതിപാദിക്കുന്നുണ്ട്.

> ശിലാദ്രവ്യനീക്കം, അപരദനം എന്നിവമൂലം പദാർത്ഥങ്ങൾ ഒരു സ്ഥലത്തുനിന്നും മറ്റൊരു സ്ഥലത്തേക്ക് നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഈ പ്രവർത്തനങ്ങളെ ഒന്നായി പരിഗണിക്കാമോ? ശിലാ അപക്ഷയങ്ങളുടെ അസാന്നിദ്ധ്യത്തിൽ അപരദനം ശരിയായ രീതിയിൽ സംഭവിക്കുന്നുണ്ടോ?

മണ്ണിന്റെ രൂപീകരണം

മണ്ണും മണ്ണിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വസ്തുക്കളും

സസ്യവളർച്ചയ്ക്ക് മണ്ണ് എത്രമാത്രം പ്രധാനമാണെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. നാം നിരന്തരം മണ്ണുമായി വിവിധരീതിയിൽ സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെടാറുണ്ടല്ലോ. എങ്കിൽ എന്താണ് മണ്ണെന്നു പറയാമോ?

ഒരു മണ്ണുശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ ഭാഷയിൽ മണ്ണിനെ ഇങ്ങനെ നിർവചിക്കാം. ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ജീവീയവും അജീവീയവുമായ വസ്തുക്കളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന സസ്യജാലങ്ങളുടെ നിലനിൽപ്പ് സാധ്യമാക്കുന്നതോ അതിനുശേഷിയുള്ളതോ ആയ പ്രകൃതിദത്തമായ വസ്തുക്കളുടെ സംയുക്തമാണ് മണ്ണ്.

വിവിധ രാസ-ഭൗതിക-ജൈവികപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് തുടർച്ചയായി വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു മാധ്യമമാണ് മണ്ണ്. ജീർണനപ്രക്രിയയുടെ ഉൽപ്പന്നമായ മണ്ണ് വളർച്ചയുടെ മാധ്യമമാണ്. എപ്പോഴും മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഈ മാധ്യമം നിരന്തരം സമ്പുഷ്ടമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. മണ്ണിന്റെ സവിശേഷതകൾ ഋതുഭേദങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഇത് മാറിമാറി തണുപ്പുള്ളതോ ചൂടുള്ളതോ അല്ലെങ്കിൽ വരണ്ടതോ ഈർപ്പമുള്ളതോ ആകാം. ചൂടോ തണുപ്പോ അധികമായി അനുഭവപ്പെടുന്ന കാലാവസ്ഥകളിൽ മണ്ണിലെ ജൈവീകപ്രവർത്തനങ്ങൾ മന്ദഗതിയിലാവുകയോ ഇല്ലാതാകുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഇലകൾ വീണോ പുൽച്ചെടികൾ അഴുകിചേർന്നോ മണ്ണിലെ ജൈവീക പദാർഥങ്ങളുടെ അളവു വർധിക്കുന്നു. മണ്ണിന്റെ രാസഘടന, ജൈവീകപദാർഥങ്ങളുടെ അളവ്, മണ്ണിലെ സസ്യങ്ങളും ജീവികളും, മണ്ണിന്റെ താപനില, മണ്ണിലെ ഈർപ്പം എന്നിവ ഋതുഭേദങ്ങൾക്കനുസരിച്ചും കാലാന്തരത്തിലും മാറിക്കൊണ്ടേയിരിക്കുന്നു. ഒരു പ്രദേശത്തിന്റെ കാലാവസ്ഥ, ഭൂപ്രകൃതി, സസ്യജാലങ്ങൾ എന്നീ ഘടകങ്ങളോട് പൊരുത്തപ്പെടും വിധമായിരിക്കും ആ പ്രദേശത്തെ മണ്ണ്. ഈ ഘടകങ്ങൾ മണ്ണിന്റെ ആന്തരികഘടനയിലും മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തുന്നു.

മണ്ണ് രൂപീകരണപ്രക്രിയ

മണ്ണ് രൂപീകരണം പ്രാഥമികമായി അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. മണ്ണ് രൂപീകരണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ഘടകമാണ് അപക്ഷയവസ്തുക്കളുടെ ആവരണം (അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമായ പൊട്ടിയും പൊടിഞ്ഞും കിടക്കുന്ന ഭൂവൽക്കഭാഗത്തിന്റെ ആഴം). ഘട്ടം ഒന്നിൽ ബാക്ടീരിയ തുടങ്ങിയ ജീവികളും കൽപായൽ, പൂപ്പൽ എന്നീ സൂക്ഷ്മസസ്യവർഗങ്ങളും അപക്ഷയ വസ്തുക്കളുടെ ആവരണത്തിൽ ഇടംപിടിക്കുന്നു. ഇതോടൊപ്പം ചെറുജീവികളും മണ്ണിൽ ചേക്കേറുന്നു. സസ്യജന്തുജാലങ്ങളുടെ മൃതാവശിഷ്ടങ്ങൾ മണ്ണിൽ ജൈവാംശം അടിഞ്ഞുകൂടുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. ചെറുപുൽച്ചെടികളും പായലുകളും മണ്ണിൽ വളർന്നുതുടങ്ങുന്നു. തുടർന്ന് പക്ഷികളിലൂടെയും കാറ്റിലൂടെയും എത്തുന്ന വിത്തുകൾ മണ്ണിൽവീണ് മുളപൊട്ടി കുറ്റിച്ചെടികളും മരങ്ങളുമായി വളർന്നുതുടങ്ങുന്നു. വൃക്ഷങ്ങളുടെയും സസ്യങ്ങളുടെയും വേരുകൾ മണ്ണിൽ ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്നതുമൂലവും തുരക്കുന്ന ജീവികളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായും മണ്ണിൽ ധാരാളം സുഷിരങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ സുഷിരങ്ങൾ മണ്ണിന്റെ ഈർപ്പം നിലനിർത്തുന്നതിനും മണ്ണിനെ വായുസഞ്ചാരയോഗ്യമാക്കുന്നതിനും കാരണമാകുന്നു. ഇങ്ങനെ വിവിധപ്രവർത്തനങ്ങൾക്കു വിധേയമായി കാലാന്തരത്തിൽ മണ്ണ് സമ്പുഷ്ടമായി മാറുന്നു. ഇങ്ങനെ രൂപപ്പെടുന്ന മണ്ണ് ധാതുക്കളുടെയും ജൈവവസ്തുക്കളുടെയും ഒരു സങ്കീർണമിശ്രിതമാണ്.

> മണ്ണ് രൂപീകരണത്തിന്റെ പ്രധാനകാരണം അപക്ഷയമാണോ? അല്ലെങ്കിൽ എന്തുകൊണ്ട്?

> പെഡോളജി-മണ്ണുശാസ്ത്രം, പെഡോളജിസ്റ്റ്-മണ്ണുശാസ്ത്രജ്ഞൻ

മണ്ണ് രൂപീകരണഘടകങ്ങൾ

മണ്ണിന്റെ രൂപീകരണത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ അഞ്ചെണ്ണമാണ്: 1. മാതൃശിലാപദാർഥങ്ങൾ, 2. ഭൂപ്രകൃതി, 3. കാലാവസ്ഥ, 4. ജൈവീകപ്രവർത്തനങ്ങൾ, 5. കാലപ്പഴക്കം. വാസ്തവത്തിൽ ഇവയുടെ കൂട്ടായ പ്രവർത്തനഫലമായാണ് മണ്ണ് രൂപപ്പെടുന്നത്.

മാതൃശിലാപദാർഥങ്ങൾ

മണ്ണ് രൂപീകരണപ്രവർത്തനത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഒരു നിഷ്ക്രിയഘടകമാണ് മാതൃശിലാപദാർഥങ്ങൾ. മാതൃശിലാപദാർഥങ്ങൾ മാതൃശിലകൾ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന അതേ സ്ഥലത്തുതന്നെ കാണപ്പെടുകയോ അപരദനസഹായികളാൽ നീക്കംചെയ്യപ്പെട്ട് മറ്റു സ്ഥലങ്ങളിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയോ ചെയ്യുന്നു. തൽഫലമായി തദ്ദേശീയ മണ്ണിനങ്ങളും (Residual soils) വഹനവിധേയമായ മണ്ണിനങ്ങളും (Transported soils) യഥാക്രമം രൂപപ്പെടുന്നു. ശിലാകഷണങ്ങളുടെ/നിക്ഷേപങ്ങളുടെ വലിപ്പം, ഘടന (ഓരോ തരിയുടേയും/പാറക്കഷ

ണങ്ങളുടേയും നിക്ഷേപിക്കൽ പ്രക്രിയ) അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ധാതുക്കൾ, രാസഘടന എന്നിവയെയൊക്കെ ആശ്രയിച്ചാണ് മണ്ണ് രൂപപ്പെടുന്നത്. അപക്ഷയത്തിന്റെ രീതി, തോത്, അപക്ഷയ പദാർഥങ്ങളുടെ ആവരണത്തിന്റെ ആഴം എന്നിവയും മണ്ണ് രൂപീകരണത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. സമാനമായ മാതൃശിലകളുടെ മുകളിൽ വ്യത്യസ്തങ്ങളായ മണ്ണിനങ്ങളോ വ്യത്യസ്തങ്ങളായ മാതൃശിലകളുടെ മുകളിൽ സമാന മണ്ണിനങ്ങളോ കാണപ്പെടാം. എന്നാൽ വളരെ പഴക്കമില്ലാത്ത മണ്ണിനങ്ങൾ മാതൃശിലയുടെ സമാനസ്വഭാവസവിശേഷതകൾ കാണിക്കാറുണ്ട്. ചില ചുണ്ണാമ്പുകൽപ്രദേശങ്ങളിലെ മണ്ണിനങ്ങൾ മാതൃശിലകളുടെ സവിശേഷതകൾ കാണിക്കുന്നു. കാരണം ഇത്തരം പ്രദേശങ്ങളിൽ അപക്ഷയപ്രക്രിയകൾ നിശ്ചിതവും വിശേഷപ്പെട്ടതുമാകുന്നു.

ഭൂപ്രകൃതി

മണ്ണ് രൂപീകരണ പ്രക്രിയയിലെ മറ്റൊരു പരോക്ഷ ഘടകമാണ് ഭൂപ്രകൃതി. ഭൂപ്രകൃതി മണ്ണ് രൂപീകരണത്തിൽ നിർണായകമാകുന്നത് മാതൃശില ഉൾപ്പെടുന്ന ഉപരിതലത്തിൽ എത്രത്തോളം സൂര്യപ്രകാശം ഏൽക്കുന്നു എന്നതിനേയും, ഉപരിതല നീരൊഴുക്കിനേയും മാതൃശിലയിലൂടെയുള്ള നീരൊഴുക്കിന്റെ അളവിനേയും ആശ്രയിച്ചാണ്. മൺപാളിയുടെ കനം ഭൂപ്രകൃതിയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത് കുത്തനെയുള്ള ചരിവുകളിൽ തീരെ കുറവും സമതലപ്രദേശങ്ങളിൽ കൂടുതലുമായിരിക്കും. അപരദനതോത് കുറവും ജലം നല്ല രീതിയിൽ ഊർന്നിറങ്ങുന്നതുമായ മിതമായ ചരിവുള്ള പ്രദേശങ്ങൾ മണ്ണ് രൂപീകരണത്തിന് ഏറെ അനുയോജ്യമാണ്. സമതലപ്രദേശങ്ങളിൽ ജൈവപദാർഥങ്ങൾ അടിഞ്ഞുചേർന്ന് കനമുള്ള കളിമൺപാളികൾ രൂപപ്പെടാറുണ്ട്. ഇത് മണ്ണിന് ഇരുണ്ടനിറം നൽകുന്നു. മധ്യ അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിലെ തെക്കേ ചരിവുകൾ സൂര്യപ്രകാശത്തിന് അഭിമുഖമായതിനാൽ വടക്കെ ചരിവുകളിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തങ്ങളായ മണ്ണിനങ്ങളും സസ്യങ്ങളും കാണപ്പെടുന്നു. കാരണം തെക്കേചരിവുകളെ അപേക്ഷിച്ച് വടക്കേ ചരിവുകളിൽ ചൂടുകുറവും ഈർപ്പം കൂടുതലുമായിരിക്കും.

കാലാവസ്ഥ

മണ്ണ് രൂപീകരണത്തിലെ ഒരു സജീവഘടകമാണ് കാലാവസ്ഥ. മണ്ണിന്റെ പരിണാമത്തിൽ രണ്ട് കാലാവസ്ഥാഘടകങ്ങൾ നിർണായകമായ സ്വാധീനം ചെലുത്തുന്നു: (i) ഈർപ്പം—വർഷണം, ബാഷ്പീകരണം, ആർദ്രത എന്നിവയുടെ തീവ്രത, ആവൃത്തി, കാലയളവ് എന്നിവയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി, (ii) താപം—കാലികതാപാന്തരം, ദൈനംദിന താപാന്തരം എന്നിവയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി.

വർഷണത്തിലൂടെ മണ്ണിന് ഈർപ്പം ലഭിക്കുന്നു. ഇത് മണ്ണിലെ ജൈവരാസപ്രക്രിയകളെ സാധ്യമാക്കുന്നു. മണ്ണിലെ അധികജലം മണ്ണിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളെ താഴേക്ക് വഹിച്ചുകൊണ്ട് പോകുന്നതിന് സഹായകമാകുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ എലൂവിയേഷൻ അഥവാ നിക്ഷാളനം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഘടകങ്ങൾ മണ്ണിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത് 'ഇലൂവിയേഷൻ' എന്നറിയപ്പെടുന്നു. മഴ വളരെ കൂടുതലുള്ള ആർദ്രഭൂമധ്യരേഖാ മഴപ്രദേശങ്ങൾ പോലുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ കാത്സ്യം, സോഡിയം, മഗ്നീഷ്യം, പൊട്ടാസ്യം എന്നിവയോടൊപ്പം വലിയൊരു അളവിൽ സിലിക്കയും മണ്ണിൽനിന്നും നീക്കംചെയ്യപ്പെടുന്നു. മണ്ണിൽനിന്നും സിലിക്ക നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയെ സിലിക്കാമുക്തമാക്കൽ (Desilication) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. വരണ്ട കാലാവസ്ഥാ പ്രദേശങ്ങളിൽ അമിത താപംമൂലം ബാഷ്പീകരണതോത് വർഷണത്തേക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും. തത്ഫലമായി കേശികത്വപ്രവർത്തനംമൂലം ഭൂഗർഭജലം ഉപരിതലത്തിലേക്കെത്തുന്നു. ഈ ജലം ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ജലത്തിൽ ഉണ്ടായിരുന്ന ലവണം മണ്ണിൽ അവശേഷിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് മണ്ണിന് മുകളിൽ ഒരു ആവരണമായി രൂപപ്പെടുന്നു. ഈ ആവരണത്തെ ഹാർഡ് പാനുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഉഷ്ണമേഖലാപ്രദേശങ്ങളിലും മിതമായി മഴ ലഭിക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളിലും മണ്ണിനു മുകളിൽ ഇത്തരത്തിൽ കാത്സ്യം കാർബണേറ്റ് കണികകൾ (കങ്കർ) രൂപപ്പെടുന്നു.

താപം രണ്ടു രീതിയിലാണ് മണ്ണുരൂപീകരണപ്രക്രിയയെ സ്വാധീനിക്കുന്നത്. താപം ജൈവരാസപ്രക്രിയകളെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുകയോ മന്ദീഭവിപ്പിക്കുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഉയർന്ന താപത്തിൽ രാസപ്രക്രിയകൾ ത്വരിതപ്പെടുകയും കുറഞ്ഞ താപത്തിൽ ഇവ മന്ദീഭവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു (കാർബണീകരണം ഒഴികെ). അതിശൈത്യത്തിൽ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ നിശ്ചലമാകുന്നു. അതുകൊണ്ടാണ് ഉയർന്ന ചൂട് അനുഭവപ്പെടുന്ന ഉഷ്ണമേഖലകളിലെ മണ്ണ് വ്യത്യസ്തപാളികളോടെ ആഴത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നതും അതിശൈത്യം അനുഭവപ്പെടുന്ന തുന്ദ്രാപ്രദേശങ്ങളിലെ മണ്ണിൽ അപക്ഷയത്താൽ പൊട്ടിതകർന്ന പാറക്കഷണങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നതും.

ജൈവീകപ്രവർത്തനങ്ങൾ

മാതൃശിലകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ തുടക്കം മുതലേ കാണപ്പെടുന്ന സസ്യാവരണം, ജീവികൾ എന്നിവ പിൽക്കാലത്ത് മണ്ണിൽ ഈർപ്പം നിലനിർത്തുന്നതിനും നൈട്രജൻ, ജൈവാംശം എന്നിവ മണ്ണിൽ ചേർക്കുന്നതിനും സഹായകമാകുന്നു.

മൃതസസ്യങ്ങൾ സൂക്ഷ്മാണുക്കളായി വിഘടിക്കപ്പെട്ട ജൈവാംശങ്ങൾ (Humus) മണ്ണിൽ ലഭ്യമാക്കുന്നു. ജൈവാംശജീർണനത്തിന്റെ ഫലമായി രൂപപ്പെടുന്ന ജൈവീകഅമ്ലങ്ങൾ മണ്ണിന്റെ മാതൃശിലാ പദാർഥങ്ങളിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതുക്കളെ വിഘടിപ്പിക്കുന്നു. ബാക്ടീരിയകളുടെ പ്രവർത്തനതീവ്രത വളരെ കൂടുതൽ ചൂടുള്ള പ്രദേശങ്ങളിലാണ്. എന്നാൽ തണുപ്പുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ ബാക്ടീരിയകളുടെ വളർച്ച തീരെ കുറവാണ്. ഇത് മണ്ണിന്റെ സ്വഭാവത്തെ ഏറെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. ബാക്ടീരിയകളുടെ പ്രവർത്തനം തീരെ കുറവായതിനാൽ ഉപ ആർട്ടിക്-തുന്ദ്രാപ്രദേശങ്ങളിൽ ജൈവപദാർഥങ്ങൾ വിഘടിക്കപ്പെടാതെ മണ്ണിൽ അടിഞ്ഞുകൂടി

പീറ്റ് എന്നറിയപ്പെടുന്ന ജൈവാവശിഷ്ട നിക്ഷേപപാളികൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ആർദ്ര ഉഷ്ണമേഖലാപ്രദേശങ്ങളിലും ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശങ്ങളിലും ചൂട് കൂടുതലായതിനാൽ ബാക്ടീരിയകളുടെ പ്രവർത്തനം വളരെ കൂടുതലാണ്. തത്ഫലമായി ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങൾ ധ്രുതഗതിയിൽ ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ ഇത്തരം പ്രദേശങ്ങളിൽ ജൈവാംശത്തിന്റെ അളവ് വളരെ കുറവാണ്. കൂടാതെ ബാക്ടീരിയയും മണ്ണിലെ മറ്റു സൂക്ഷ്മജീവികളും വായുവിലെ നൈട്രജൻ വാതകത്തെ വലിച്ചെടുത്ത് സസ്യങ്ങൾക്ക് ഉപയോഗിക്കാൻ ഉതകുന്ന വിധത്തിലുള്ള രാസപദാർഥമാക്കി മാറ്റുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ നൈട്രജൻസ്ഥിരീകരണം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പയറുവർഗത്തിൽപെട്ട ചെടികളുടെ വേരുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന റൈസോബിയം ബാക്ടീരിയകൾ നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണത്തിന് (Nitrogen fixation) കാരണമാകുന്നു. ഉറുമ്പ്, ചിതൽ, മണ്ണിര, തുരപ്പന്മാർ എന്നീ ജീവികൾ മണ്ണിന്റെ ഭൗതിക മാറ്റങ്ങൾക്കു കാരണമാകാറുണ്ടെങ്കിലും മണ്ണിന്റെ രൂപീകരണ പ്രക്രിയയിൽ ഇവയുടെ പ്രാധാന്യം കുറവാണ്. മണ്ണ് ഭക്ഷണമാക്കുന്ന മണ്ണിരകളുടെ ഉള്ളിൽനിന്നും പുറത്തേക്കുവരുന്ന മണ്ണിന്റെ രാസഘടന, ഘടകഗുണവിശേഷങ്ങൾ എന്നിവയിൽ സാരമായ വ്യത്യാസങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു.

കാലപ്പഴക്കം

മണ്ണ് രൂപീകരണത്തിലെ മൂന്നാമത്തെ സജീവഘടകമാണ് കാലപ്പഴക്കം. മണ്ണ് രൂപീകരണപ്രക്രിയയുടെ കാലയളവ് മണ്ണിന്റെ പാകത, മൺപാളികളുടെ സമ്പുഷ്ടീകരണം എന്നിവ കാലദൈർഘ്യത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. മണ്ണ് രൂപീകരണപ്രക്രിയകൾ നീണ്ടകാലയളവിൽ പ്രവർത്തിച്ചാൽ മാത്രമേ പൂർണമായും സമ്പുഷ്ടമായ പാളികളോടു കൂടിയുള്ള പക്വമായ മണ്ണ് രൂപപ്പെടുകയുള്ളൂ. അടുത്തിടെ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട എക്കലിൽനിന്നോ ഹിമാനിനിക്ഷേപങ്ങളിൽനിന്നോ രൂപപ്പെടുന്ന മണ്ണ് ഇളം മണ്ണായി പരിഗണിക്കുന്നു. ഇവയ്ക്ക് വേണ്ടത്ര സമ്പുഷ്ടമായ പാളികൾ ഉണ്ടാകണമെന്നില്ല. മണ്ണിന്റെ രൂപീകരണത്തിനും സമ്പുഷ്ടീകരണത്തിനും എത്ര കാലദൈർഘ്യമാണ് വേണ്ടതെന്ന് കൃത്യമായി നിർണയിക്കാൻ കഴിയില്ല.

> മണ്ണ് രൂപീകരണപ്രക്രിയകൾ, മണ്ണ് രൂപീകരണ നിയന്ത്രണഘടകങ്ങൾ എന്നിവയെ വേർതിരിച്ച് കാണേണ്ടതുണ്ടോ? കാലപ്പഴക്കം, ഭൂപ്രകൃതി, മാതൃപദാർഥങ്ങൾ എന്നിവയെ മണ്ണ് രൂപീകരണ പരോക്ഷഘടകങ്ങളായി കണക്കാക്കുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്?

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയായ ഉത്തരങ്ങൾ തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.
   (i) താഴെ പറയുന്നവയിൽ ഏതാണ് ഒരു നിരപ്പാക്കൽ പ്രക്രിയ?
   (a) നിക്ഷേപിക്കൽ പ്രക്രിയ (b) അഗ്നിപർവജന്യപ്രവർത്തനങ്ങൾ (c) വിരൂപണചലനങ്ങൾ (d) അപരദനം
   (ii) താഴെ നൽകിയിട്ടുള്ളവയിൽ ഏതു പദാർഥമാണ് ജലീകരണപ്രക്രിയയ്ക്കു വിധേയമായി തീരുന്നത്?
   (a) ഗ്രാനൈറ്റ് (b) ക്വാർട്ട്സ് (c) കളിമണ്ണ് (d) ലവണങ്ങൾ
   (iii) താഴെ പറയുന്ന വിഭാഗങ്ങളിൽ ഏതിലാണ് ശിലാവശിഷ്ട അവലാൻഷെ ഉൾപ്പെടുന്നത്?
   (a) ഉരുൾപൊട്ടൽ (c) ദ്രുതഗതിയിലുള്ള ദ്രവ്യനീക്കങ്ങൾ
   (b) സാവധാനത്തിലുള്ള ദ്രവ്യനീക്കങ്ങൾ (d) നിമജ്ജനം (സബ്സിഡൻസ്)
2. താഴെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കുകളിൽ കുറയാതെ ഉത്തരം എഴുതുക:
   (i) ഭൂമിയിലെ ജൈവവൈവിധ്യങ്ങൾക്ക് അപക്ഷയം കാരണമാകുന്നതെങ്ങനെ?
   (ii) ദ്രുതഗതിയിലുള്ളതും ദൃശ്യമായതുമായ ദ്രവ്യനീക്കങ്ങൾ ഏതൊക്കെയെന്ന് പട്ടികപ്പെടുത്തി വിശദീകരിക്കുക.
   (iii) ഏതൊക്കെയാണ് ചലനാത്മകവും ശക്തവുമായ വിവിധ ബാഹ്യജന്യ ഭൂരൂപരൂപീകരണ സഹായികൾ? എന്താണ് ഇവയുടെ പ്രധാന പ്രവർത്തനം?
   (iv) മണ്ണ് രൂപീകരണത്തിന് അത്യന്താപേക്ഷിതമായി അപക്ഷയപ്രക്രിയകൾ മുൻകൂറായി നടന്നിരിക്കേണ്ടതുണ്ടോ? എന്തുകൊണ്ട്?
3. താഴെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കുകളിൽ കുറയാതെ ഉത്തരം എഴുതുക:
   (i) നമ്മുടെ ഭൂമി രണ്ട് വിരുദ്ധ ഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകളുടെ കളിസ്ഥലമാണ്. ചർച്ചചെയ്യുക.
   (ii) ബാഹ്യജന്യ ഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകൾക്കാവശ്യമായ ഊർജ്ജം ലഭിക്കുന്നത് സൂര്യപ്രകാശത്തിൽനിന്നുമാണ്. വിവരിക്കുക?
   (iii) ഭൗതിക അപക്ഷയവും രാസീയ അപക്ഷയവും ഒന്നിനൊന്ന് സ്വതന്ത്രപ്രവർത്തനമാണോ? ഇല്ലെങ്കിൽ എന്തുകൊണ്ട്? ഉദാഹരണസഹിതം വിശദീകരിക്കുക.
   (iv) മണ്ണ് രൂപീകരണ പ്രക്രിയയും മണ്ണ് രൂപീകരണഘടകങ്ങളും തമ്മിൽ എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു? മണ്ണ് രൂപീകരണത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്നതിൽ കാലാവസ്ഥ, ജൈവികപ്രവർത്തനം എന്നീ രണ്ട് പ്രധാന ഘടകങ്ങളുടെ പങ്ക് എന്ത്?

പ്രോജക്ട്

നിങ്ങളുടെ ചുറ്റുപാടുമുള്ള ഭൂപ്രകൃതി, പദാർഥങ്ങൾ, കാലാവസ്ഥ എന്നിവ നിരീക്ഷിച്ചും രേഖപ്പെടുത്തിയും അവിടെയുണ്ടാകാൻ സാധ്യതയുള്ള അപക്ഷയപ്രക്രിയ, മണ്ണിലെ ഘടകങ്ങൾ, മണ്ണിന്റെ സവിശേഷതകൾ എന്നിവ കണ്ടെത്തുക.

അധ്യായം

7

ഭൂരൂപങ്ങളും അവയുടെ പരിണാമവും

C3W9W5

അപക്ഷയപ്രക്രിയകൾ ഭൗമോപരിതല പദാർഥങ്ങൾക്കു മേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നതോടെ ഭൂരൂപരൂപീകരണ കാരകങ്ങളായ നദികൾ, ഭൂഗർഭജലം, കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ, തിരമാലകൾ എന്നിവ അപരദനം ആരംഭിക്കുന്നു. അപരദനം ഭൗമോപരിതലത്തിൽ മാറ്റങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. അപരദനത്തെത്തുടർന്ന് നടക്കുന്ന നിക്ഷേപണ പ്രവർത്തനങ്ങൾമൂലവും ഭൗമോപരിതലത്തിന് മാറ്റങ്ങളുണ്ടാകുന്നുണ്ട്.

ഈ അധ്യായം ഭൂരൂപങ്ങളെയും അവയുടെ പരിണാമത്തെയും കുറിച്ചായതുകൊണ്ടുതന്നെ എന്താണ് 'ഭൂരൂപം' എന്ന ചോദ്യത്തിൽനിന്നും നമുക്കാരംഭിക്കാം. ലളിതമായി പറഞ്ഞാൽ, ചെറുതോ സാമാന്യം വലിപ്പത്തിലോ ഉള്ള ഭൗമോപരിതലപ്രദേശങ്ങളാണ് ഭൂരൂപങ്ങൾ.

> ചെറുതോ സാമാന്യം വലിപ്പമുള്ളതോ ആയ ഭൂഭാഗങ്ങളാണ് ഭൂരൂപങ്ങളെങ്കിൽ എന്താണ് ഭൂപ്രദേശം?

നിരവധി അനുബന്ധഭൂരൂപങ്ങൾ ചേർന്നാണ് ഒരു ഭൂപ്രദേശദൃശ്യം (ഭൗമോപരിതലത്തിലെ വിസ്തൃതമായ പ്രദേശങ്ങൾ) രൂപംകൊള്ളുന്നത്. ഓരോ ഭൂപ്രദേശത്തിനും നിയതമായ ആകൃതി, വലിപ്പം, ശിലാപദാർഥങ്ങൾ എന്നിവയുണ്ടായിരിക്കും. മാത്രവുമല്ല അവയോരോന്നും നിയതമായ ഭൂരൂപരൂപീകരണ പ്രക്രിയകളുടെയും ഭൂരൂപരൂപീകരണകാരകങ്ങളുടെയും പ്രവർത്തനഫലമായി രൂപംകൊണ്ടിട്ടുള്ളവയുമായിരിക്കും. ഇവയുടെ പ്രവർത്തനവേഗത കുറവായതുകൊണ്ടുതന്നെ ഭൂരൂപങ്ങളോരോന്നും രൂപംകൊള്ളുന്നതും സാവധാനമായിരിക്കും. ഏതൊരു ഭൂരൂപത്തിനും ഒരു തുടക്കമുണ്ട്. ഒരിക്കൽ രൂപംകൊണ്ട ഭൂരൂപങ്ങൾക്ക് ഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകളുടെയും കാരകങ്ങളുടെയും നിരന്തരമായ പ്രവർത്തനങ്ങൾമൂലം അവയുടെ ആകൃതി, വലിപ്പം എന്നിവയിൽ വ്യത്യാസങ്ങളുണ്ടാകുന്നു. രൂപമാറ്റത്തിന്റെ വേഗം മേൽപറഞ്ഞ പ്രക്രിയകളുടെയും സഹായകഘടകങ്ങളുടെയും പ്രവർത്തനവേഗത്തിനനുസൃതമായിരിക്കും.

കാലാവസ്ഥാമാറ്റങ്ങളും ഭൂപ്രദേശങ്ങളുടെ ലംബ-തിരശ്ചീന ചലനങ്ങളുംമൂലം പ്രക്രിയകളുടെ തീവ്രതയ്ക്കോ പ്രക്രിയകൾക്കു തന്നെയോ മാറ്റങ്ങളുണ്ടാകാം. ഇത് ഭൂരൂപങ്ങളിലും മാറ്റങ്ങളുണ്ടാക്കും. പരിണാമം എന്നതുകൊണ്ട് ഇവിടെ അർഥമാക്കുന്നത് ഭൂപ്രദേശത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗത്തെ ഭൂരൂപം മറ്റൊന്നായി മാറുന്നതിന്റെ ഘട്ടങ്ങളോ ഒരിക്കൽ രൂപംകൊണ്ട ഭൂരൂപങ്ങൾക്കുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങളോ ആണ്. അതായത്, ഓരോ ഭൂപ്രദേശത്തിന്റെയും വികാസപരിണാമത്തിന് നീണ്ടകാലത്തെ ചരിത്രമുണ്ട്. ഏതൊരു ഭൂപ്രദേശവും കടന്നുപോകുന്ന ഘട്ടങ്ങളെ യൗവനഘട്ടം, മധ്യമഘട്ടം, വാർധക്യഘട്ടം എന്നീ ജീവിതഘട്ടങ്ങളോട് താരതമ്യം ചെയ്യാവുന്നതാണ്.

> ഭൂരൂപങ്ങളുടെ പരിണാമത്തിന്റെ രണ്ട് പ്രധാന വശങ്ങൾ ഏതൊക്കെ?

ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ സന്തുലിതാവസ്ഥയ്ക്ക് ഭംഗം വരുത്താതെയും വരുംകാല ഉപയോഗസാധ്യതയ്ക്കു മങ്ങലേൽപ്പിക്കാതെയും അതിനെ ഫലപ്രദമായി ഉപയോഗിക്കുന്നതിന് നിരന്തരം മാറ്റത്തിനുവിധേയമായ ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ പരിണാമ ചരിത്രം മനസ്സിലാക്കേണ്ടത് അനിവാര്യമാണ്. ഭൂരൂപങ്ങൾ നിർമിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള പദാർഥങ്ങൾ, അവ രൂപപ്പെടുത്തിയ പ്രക്രിയകൾ, അവയുടെ ആകൃതി പ്രത്യേകതകൾ എന്നിവയുടെ പഠനത്തിലൂടെ ഭൗമോപരിതലചരിത്രത്തെ പുനസൃഷ്ടിക്കാനാണ് ഭൂരൂപരൂപീകരണ (Geomorphology) ശാസ്ത്രം ശ്രമിക്കുന്നത്.

വിവിധ ഭൂരൂപരൂപീകരണകാരകങ്ങളുടെ അപരദന പ്രക്രിയകളാണ് ഭൗമോപരിതല മാറ്റങ്ങൾക്കുള്ള മുഖ്യ കാരണം. ഭൗമോപരിതലവും താഴ്വാരങ്ങളും തടങ്ങളും താഴ്ന്നപ്രദേശങ്ങളുമൊക്കെ അവസാദങ്ങൾകൊണ്ട് നിറയ്ക്കുകവഴി നിക്ഷേപിക്കൽ പ്രക്രിയകളും ഭൗമോപരിതലത്തിന് മാറ്റങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നുണ്ട്. അപരദനത്തിനു തുടർച്ചയായി നിക്ഷേപമെത്തുന്നു, നിക്ഷേപപ്രതലങ്ങളും ഒടുവിൽ അപരദനത്തിനു വിധേയമാകാം. അപക്ഷയം, ശിലാദ്രവ്യനീക്കം എന്നീ പ്രക്രിയകളുടെ സഹായത്തോടെ ഭൗമോപരിതലത്തെ രൂപപ്പെടുത്തുന്നതിനും മാറ്റംവരുത്തുന്നതിനും കഴിവുള്ള ശക്തരായ അപരദന, നിക്ഷേപണ സഹായികളാണ് നദികൾ, ഭൂഗർഭജലം, ഹിമാനികൾ, കാറ്റ്, തിരമാല എന്നിവ. ഈ ഭൂരൂപരൂപീ

കരണസഹായികളുടെ ദീർഘകാലമായുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെയുള്ള ക്രമാനുഗതമായ മാറ്റങ്ങൾക്കനുസൃതമായി ഭൂരൂപങ്ങളുണ്ടാകുന്നു. ഓരോ ഭൂരൂപരൂപീകരണസഹായികളും അവ നിർമിക്കുന്ന ഭൂരൂപങ്ങൾക്കുമേൽ വ്യക്തമായ അടയാളങ്ങൾ അവശേഷിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യും. മിക്ക ഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകളും ശ്രദ്ധയിൽപ്പെടുന്നതല്ല. അവയുടെ പ്രവർത്തനഫലത്തിലൂടെ മാത്രമാണ് നമുക്ക് ഇത് കാണാനും അളക്കാനും കഴിയുന്നത്. എന്താണീ ഫലങ്ങൾ? ഭൂരൂപങ്ങളും അവയുടെ സവിശേഷതകളുമാണവ. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ഭൂരൂപങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം ആ ഭൂരൂപങ്ങൾക്കുകാരണമായ പ്രക്രിയയെയും ഭൂരൂപരൂപീകരണസഹായികളെയും നമുക്ക് വെളിവാക്കിത്തരുന്നു.

മിക്ക ഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രക്രിയകളും നമുക്ക് കാണാനാവാത്തവയാണ്. നമുക്ക് കാണാനാവുന്നതും അല്ലാത്തതുമായ ഏതാനും പ്രക്രിയകളെ പട്ടികപ്പെടുത്തുക.

ഭൂരൂപരൂപീകരണശേഷി അപരദനത്തിനും നിക്ഷേപണത്തിനുമുള്ളതുകൊണ്ടുതന്നെ അവ രണ്ടുതരം ഭൂരൂപങ്ങൾ നിർമിക്കുന്നു—അപരദനവിധേയമായ ഭൂരൂപങ്ങളും നിക്ഷേപഫലമായുണ്ടായ ഭൂരൂപങ്ങളും. മടക്കുകൾ, ഭ്രംശങ്ങൾ, സന്ധികൾ, പൊട്ടലുകൾ, കാഠിന്യം, മാർദവം, പ്രവേശനീയത, പ്രവേശനീയതയില്ലായ്മ തുടങ്ങിയ ഘടകങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഓരോ ഭൂരൂപരൂപീകരണ സഹായികളുടെയും പ്രവർത്തനഫലമായി വൈവിധ്യമാർന്ന ഭൂരൂപങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നുണ്ട്. മേൽപ്പറഞ്ഞവയെക്കൂടാതെ ചില സ്വതന്ത്രമായ നിയന്ത്രണങ്ങളും പരിണാമത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നുണ്ട്. അവയാണ്: (i) കടൽനിരപ്പിന്റെ സ്ഥിരത, (ii) ഭൂപ്രദേശങ്ങളുടെ ടെക്ടോണിക് സ്ഥിരത, (iii) കാലാവസ്ഥ. മേൽപറഞ്ഞ മൂന്നു നിയന്ത്രണഘടകങ്ങളിൽ ഏതെങ്കിലുമൊന്നിന് ഏതെങ്കിലും തരത്തിൽ വ്യതിയാനമുണ്ടായാൽ അത് ഭൂരൂപങ്ങളുടെ വികാസപരിണാമങ്ങളുടെ ക്രമാനുഗതഘട്ടങ്ങളെയും തടസപ്പെടുത്തും.

ഓരോ ഭൂരൂപരൂപീകരണസഹായികളും (നദികൾ, ഭൂഗർഭജലം, ഹിമാനികൾ, തിരമാല, കാറ്റ് എന്നിവ) അപരദനഫലമായി ഓരോ ഭൂപ്രദേശത്തെയും ശോഷണവിധേയമാക്കിയതെന്നും അവയുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി രൂപംകൊണ്ട ചില അപരദന, നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങളുടെ വികാസക്രമത്തെക്കുറിച്ചുമാണ് ഈ പാഠഭാഗത്ത് ചർച്ചചെയ്യുന്നത്.

നദികൾ (ഒഴുകുന്ന ജലം)

കനത്ത മഴ ലഭിക്കുന്ന ആർദ്രകാലാവസ്ഥാമേഖലകളിൽ ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ഭൂരൂപങ്ങൾക്ക് തേയ്മാനത്തിലൂടെ ഉയരക്കുറവ് സംഭവിക്കുന്നതിന് (degradation) കാരണമായ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട ഭൂരൂപരൂപീകരണ സഹായിയായി ഒഴുകുന്ന വെള്ളത്തെ കണക്കാക്കുന്നു. ഒഴുകുന്ന വെള്ളത്തിന് രണ്ട് ഘടകങ്ങളുണ്ട്. ഭൗമോപരിതലത്തിലൂടെ ഒരു നേർത്തവിരിപ്പുപോലെയുള്ള മേലൊഴുക്കാണ് ഒന്ന് (Overland flow). താഴ്‌വരകളിലൂടെ ചാലുകളായും നദികളായുമുള്ള നീരൊഴുക്കാണ് മറ്റൊന്ന്. കുത്തനെയുള്ള ചരിവുകളിലൂടെ ആർത്തലച്ചൊഴുകുന്ന യുവനദികൾ രൂപപ്പെടുത്തിയതാണ് ഒട്ടുമിക്ക നദീജന്യ അപരദനഭൂരൂപങ്ങളും. കാലാന്തരത്തിൽ നിരന്തരമായ അപരദനത്തെത്തുടർന്ന് കുത്തനെയുള്ള ചരിവുകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന നീർച്ചാലുകളുടെ ചരിവു കുറയുകയും നിക്ഷേപിക്കൽപ്രക്രിയ സജീവമാകുകയും ചെയ്യും. കുത്തനെയുള്ള ചരിവുകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന നീർച്ചാലുകളോടനുബന്ധിച്ചും നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങളുണ്ടായേക്കാം. എന്നാൽ സാമാന്യമോ നേർത്തതോ ആയ ചരിവുകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന നദികളോട് ബന്ധപ്പെട്ട ഭൂരൂപങ്ങളുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ഈ പ്രതിഭാസങ്ങളുടെ തോത് തുലോം കുറവാണ്. നീർച്ചാലുകളിലെയും നദികളിലെയും ചരിവ് കുറയുന്തോറും നിക്ഷേപവും കൂടുന്നു. നിരന്തരമായ അപരദനം നദിയുടെ അടിത്തട്ടിന്റെ ചരിവ് കുറയ്ക്കുന്നതോടെ നദിയുടെ അടിത്തട്ടിന്റെ അപരദനതോത് കുറയുകയും വശങ്ങളിലേക്കുള്ള (പാർശ്വ അപരദനം) അപരദനം വർധിക്കുകയും ചെയ്യും. ഇതിന്റെ ഫലമായി നദികളുടെ പാർശ്വഅപരദനം സജീവമാവുകയും ക്രമേണ താഴ്‌വരകളും കുന്നുകളും സമതലങ്ങളായി രൂപാന്തരപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഒരു ഉയരമേറിയ ഭൂപ്രദേശം പൂർണമായും നിരപ്പായി മാറുമോ?

ഉപരിതലത്തിലൂടെയുള്ള മേലൊഴുക്ക് പാളികാ അപരദനത്തിനു കാരണമാകുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിലെ നിരപ്പില്ലായ്മയ്ക്കനുസൃതമായി ഉപരിതലത്തിലൂടെയുള്ള മേലൊഴുക്ക് ഇടുങ്ങിയതോ വിസ്തൃതമായതോ ആയ പാതകളിലായി കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടും. ഒഴുകിയെത്തുന്ന ജലത്തിന്റെ കനത്ത ഘർഷണംമൂലം ചെറുതും വലുതുമായ പദാർഥങ്ങൾ ഒഴുക്കിന്റെ ദിശയിൽ നീക്കംചെയ്യപ്പെടുകയും സാവധാനം 'റില്ലുകൾ' എന്നറിയപ്പെടുന്ന ചെറുതും ഇടുങ്ങിയതുമായ ചാലുകൾ രൂപംകൊള്ളുകയും ചെയ്യും. ഇവ സാവധാനം നീളവും വിസ്താരവുമേറിയ 'ഗള്ളി'കളായി വികസിക്കുന്നു; ഗള്ളികളുടെ ആഴവും വ്യാപ്തിയും ദൈർഘ്യവും ക്രമേണ വർധിക്കുകയും അവ കൂടിച്ചേർന്ന് താഴ്‌വരകളുടെ ശൃംഖലകൾ രൂപം കൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. ആദ്യഘട്ടത്തിൽ അടിത്തട്ടിലേക്കുള്ള അപരദനത്തിനാണ് പ്രാമുഖ്യം. അതിന്റെ ഫലമായി വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങൾ, ചെറുവെള്ളച്ചാട്ടങ്ങളുടെ ശൃംഖലകൾ (കാസ്കേഡുകൾ) എന്നിവയും നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. മധ്യഘട്ടമാകുമ്പോഴേക്കും അടിത്തട്ടിലേക്കുള്ള അപരദനത്തിന്റെ വേഗം കുറയുകയും താഴ്‌വരകളുടെ വശങ്ങളിലെ അപരദനം തീവ്രമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി സാവധാനം താഴ്‌വരയുടെ വശങ്ങളുടെ ചരിവ് വീണ്ടും കുറയുന്നു.

നദീതടങ്ങളെ തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന വിഭാജകങ്ങളുടെ ഉയരവും സമാനമായരീതിയിൽ കുറയുകയും ഒടുവിൽ അപരദനത്തെ പ്രതിരോധിച്ച് നിലനിൽക്കുന്ന 'മോണാഡ്നോക്കുകൾ' എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഒറ്റപ്പെട്ട കുന്നുകൾ മാത്രം ശേഷിക്കുന്ന നേരിയ ചരിവുമാത്രമുള്ള സമതലസദൃശമായ ഭൂരൂപങ്ങളായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരം സമതലങ്ങളെ പെനിപ്ലയിനുകൾ (Peneplain) എന്നുവിളിക്കുന്നു. നദികളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി രൂപംകൊള്ളുന്ന ഭൂപ്രദേശദൃശ്യങ്ങളുടെ ഓരോഘട്ടത്തിന്റെയും സവിശേഷതകൾ ചുവടെ ചേർക്കുംപ്രകാരം ചുരുക്കിപറയാവുന്നതാണ്:

യൗവനഘട്ടം

ഈ ഘട്ടത്തിൽ ഏതാനും നീർച്ചാലുകൾമാത്രമെ ഉണ്ടായിരിക്കൂ. ലഭ്യമായ ചരിവുകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന അവ പരിമിതമായിമാത്രമെ കൂടിച്ചേർന്നിട്ടുണ്ടാവുകയുള്ളൂ. ആഴം കുറഞ്ഞ V-രൂപ താഴ്വരയിലൂടെ ഒഴുകുന്ന മുഖ്യനീർച്ചാലിന് പ്രളയസമതലങ്ങളുണ്ടാവില്ല. അഥവാ ഉണ്ടെങ്കിൽത്തന്നെ അവ തീർത്തും ഇടുങ്ങിയവയായിരിക്കും. വിശാലവും നിരന്നതുമായ അരുവി വിഭാജകങ്ങളിൽ ചതുപ്പുകളും തടാകങ്ങളുമുണ്ടായിരിക്കും. മിയാണ്ടറുകൾ ഉണ്ടെങ്കിൽത്തന്നെ അവ ഇത്തരം ഉയർന്ന ഭാഗങ്ങളിലായിരിക്കും. ഇവ ഉയർന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ അപരദനത്തിലൂടെ കാർന്നെടുത്ത മിയാണ്ടറുകളാണ്. പ്രദേശത്തെ കാഠിന്യമേറിയ ശിലകൾ അനാവരണം ചെയ്യപ്പെട്ട ഭാഗങ്ങളിൽ വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങളും ചെറുവെള്ളച്ചാട്ടങ്ങളും രൂപംകൊള്ളുന്നു.

മധ്യമഘട്ടം

നന്നായി യോജിപ്പിക്കപ്പെട്ട നിരവധി നീർച്ചാലുകളോടുകൂടിയ ഘട്ടമാണിത്. താഴ്വരകൾക്ക് V-രൂപമാണെങ്കിലും ആഴം കൂടുതലായിരിക്കും; പ്രധാന നീർച്ചാലുകൾ വിശാലമായ പ്രളയസമതലങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കാൻ തക്കവിസ്തൃതമായിരിക്കും. താഴ്വരയ്ക്കുള്ളിൽ മേൽപ്പറഞ്ഞ സമതലത്തിലൂടെ അവ മിയാണ്ടറുകളിലൂടെ ഒഴുകുന്നു. യൗവനത്തിലുണ്ടായിരുന്ന പരന്നതും വിശാലവുമായ നീർവിഭാജകങ്ങളും ചതുപ്പുകളും ഈ ഘട്ടത്തിൽ അപ്രത്യക്ഷമാവുകയും വിഭാജകങ്ങൾ കൂർത്തുവരികയും ചെയ്യുന്നു. വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങളും ചെറുവെള്ളച്ചാട്ടങ്ങളും ക്രമേണ അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നു.

വാർദ്ധക്യഘട്ടം

വാർദ്ധക്യത്തിൽ ചെറുനീർച്ചാലുകളുടെ എണ്ണം മാത്രമല്ല ചരിവും തീരെ കുറവായിരിക്കും. നദീതീരതടകൾ, ഓക്സ്ബോ തടാകങ്ങൾ എന്നിവയൊക്കെയുള്ള വിശാലമായ പ്രളയസമതലങ്ങളിലൂടെ നദി ഈ ഘട്ടത്തിൽ വളഞ്ഞുപുളഞ്ഞൊഴുകുന്നു. ചതുപ്പുകളും തടാകങ്ങളും നിറഞ്ഞ വിശാലമായ വിഭാജകങ്ങളായിരിക്കും ഈ ഘട്ടത്തിലുണ്ടാവുക. ഭൂപ്രദേശദൃശ്യത്തിന്റെ മിക്കഭാഗങ്ങളും സമുദ്രനിരപ്പിലോ അതിനോടടുത്തോ ആയിരിക്കും.

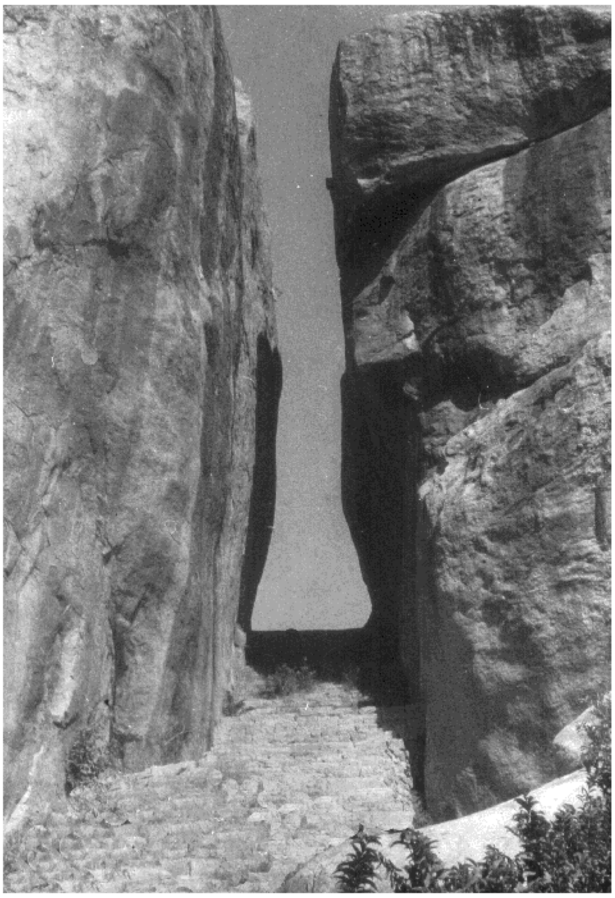
അപരദന ഭൂരൂപങ്ങൾ

താഴ്വരകൾ

ചെറുതും ഇടുങ്ങിയതുമായ ചാലുകളായാണ് താഴ്വരകൾ ആരംഭിക്കുന്നത്; റില്ലുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഈ ചെറുചാലുകളുടെ നീളവും വ്യാപ്തിയും സാവധാനം വർദ്ധിച്ച് ഗള്ളികൾ എന്ന വലിയ ചാലുകളായി മാറുന്നു; അവയുടെ ആഴവും നീളവും പരപ്പും വർദ്ധിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി താഴ്വരകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നു. ആകൃതി പ്രത്യേകതകൾക്കനുസൃതമായി V-രൂപതാഴ്വര, ഗിരികന്ദരം (Gorge), ബൃഹദ്ഗിരികന്ദരം (Canyon) എന്നിങ്ങനെ താഴ്വരകളെ തരംതിരിക്കാവുന്നതാണ്.

വളരെ ആഴമുള്ളതും ചെങ്കുത്തോ ലംബമോ ആയ വശങ്ങളോടുകൂടിയതുമായ താഴ്വരകളാണ് ഗിരികന്ദരങ്ങൾ (Gorges) (ചിത്രം 7.1).

കുത്തനെ പടവുകൾപോലുള്ള വശങ്ങളോടുകൂടിയതും ഗിരികന്ദരങ്ങളോളം ആഴമുള്ളതുമായ താഴ്വരകളെ ബൃഹദ്ഗിരികന്ദരങ്ങൾ (Canyons) എന്നു വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 7.2). ഗിരികന്ദരങ്ങളുടെ മുകൾഭാഗം മുതൽക്ക് ചുവടുഭാഗംവരെ ഏറെക്കുറെ ഒരേ വീതി



ചിത്രം 7.1 : ഹൊഗ്ഗനക്കലിനടുത്ത് കാവേരിനദിയുടെ ഗിരികന്ദര രൂപത്തിലുള്ള താഴ്വര—ധർമപുരി ജില്ല, തമിഴ്നാട്

യായിരിക്കും. എന്നാൽ ബൃഹദ്ഗിരികന്ദരങ്ങളുടെ മുകൾഭാഗത്തിന് ചുവടുഭാഗത്തെ അപേക്ഷിച്ച് വിസ്താരം കൂടുതലായിരിക്കും. ബൃഹദ്ഗിരികന്ദരങ്ങൾ ഗിരികന്ദരങ്ങളുടെ ഒരു വകഭേദമാണെന്നു പറയാം. താഴ്‌വരയുടെ തരം എന്നത് അവ രൂപമെടുക്കുന്ന പ്രദേശത്തെ ശിലകളുടെ തരം, ഘടന എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. ഉദാഹരണമായി, തിരശ്ചീന അവസാദശിലാതൽപങ്ങളിൽ ബൃഹദ്ഗിരികന്ദരങ്ങൾ സാധാരണമാണ്, എന്നാൽ ഗിരികന്ദരങ്ങൾ കാഠിന്യമേറിയ ശിലകളിലാണ് രൂപംകൊള്ളുക.

ചിത്രം 7.2 : ചിത്രം 7.2; യു.എസ്.എ.യിലെ കൊളറാഡോ നദി കാർന്നെടുത്ത വക്രവലയ വളയം, ബൃഹദ്ഗിരികന്ദരങ്ങളുടെ സവിശേഷതയായ പടവുകൾപോലുള്ള വശങ്ങൾ ശ്രദ്ധിക്കൂ

ഉൾക്കുഴികളും ഉരക്കുഴികളും

കുന്നിൻപ്രദേശങ്ങളിലെ നീർച്ചാലുകളുടെ ശിലാതൽപത്തിൽ ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ ഒഴുക്കിന്റെ ശക്തിയിൽ നിരന്തരം ഉരസുന്നതിന്റെ ഫലമായി ഏറെക്കുറെ വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കുഴികൾ രൂപംകൊള്ളുന്നു. ഇവയാണ് ഉൾക്കുഴികൾ. ഒരിക്കൽ ഒരു ചെറുകുഴി രൂപംകൊണ്ടുകഴിഞ്ഞാൽ അവയ്ക്കുള്ളിൽപ്പെട്ടുപോകുന്ന ചെറുശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ വെള്ളത്തിന്റെ ഒഴുക്കിന്റെ ശക്തിയിൽ അതിവേഗം ഈ കുഴികൾക്കുള്ളിൽ വൃത്താകാരത്തിൽ തിരിയുന്നതിന്റെ ഫലമായി കാലാന്തരത്തിൽ കുഴികളുടെ വലിപ്പവും വർധിക്കുന്നു. നിരവധിയായ ഇത്തരം കുഴികൾ കൂടിച്ചേരുന്നതോടെ താഴ്‌വരകൾക്ക് ആഴമേറുന്നു. വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങളുടെ ചുവടുഭാഗങ്ങളിൽ ശക്തമായ ജലപാതത്തിന്റെ ആഘാതംമൂലവും ശിലകൾ വൃത്താകൃതിയിൽ തിരിയുന്നതുമൂലവും വിശാലമായ ഉൾക്കുഴികൾ രൂപംകൊള്ളാറുണ്ട്. വെള്ളച്ചാട്ടത്തിന്റെ ചുവടുഭാഗത്തു രൂപംകൊള്ളുന്ന ഇത്തരം വലിയതും ആഴമേറിയതുമായ കുഴികളാണ് ഉരക്കുഴികൾ (Plunge pools) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഈ ജലാശയങ്ങളും താഴ്‌വരകളുടെ ആഴംകൂട്ടുന്നതിന് സഹായകമാണ്. മറ്റേതൊരു ഭൂരൂപവുമെന്നപോലെ വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങളും സ്ഥിരമല്ല; അവയും സാവധാനം പിൻവാങ്ങുന്നതിന്റെ ഫലമായി വെള്ളച്ചാട്ടത്തിനു മുകളിലുള്ള താഴ്‌വരയുടെ തറയുടെ ഉയരം താഴെയുള്ള ഭൂഭാഗത്തിന്റേതിനു സമാനമായിമാറുന്നു.

ആഴ്ന്നിറങ്ങിയ മിയാണ്ടറുകൾ

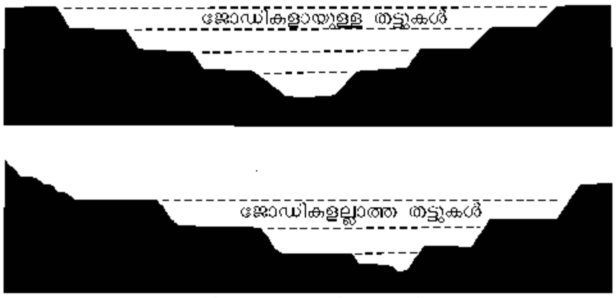
കുത്തനെയുള്ള ചരിവുകളിലൂടെ അതിവേഗം ഒഴുകിയിറങ്ങുന്ന നദികളിലെ അപരദനം വശങ്ങളിലേതിനെ അപേക്ഷിച്ച് അടിത്തട്ടിലായിരിക്കും കൂടുതലായി നടക്കുക. താഴ്ന്നതും നേരിയതുമായ ചരിവുകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന നദികളെ അപേക്ഷിച്ച് ഇത്തരം നദികളിൽ താഴ്‌വരകളുടെ പാർശ്വ അപരദനം അത്രയേറെയൊന്നും നടക്കുന്നില്ല. നേരിയ ചരിവുകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന നദികളിലെ സജീവമായ പാർശ്വ അപരദനംമൂലം നദികൾ വളഞ്ഞുപുളഞ്ഞ് ഒഴുകുന്നു. ഇതാണ് മിയാണ്ടറുകൾ. നേരിയതായ ഡെൽറ്റാസമതലങ്ങളിലും പ്രളയസമതലങ്ങളിലും നദികൾക്ക് മിയാണ്ടർ ഒഴുക്കുഗതി സാധാരണയാണ്. എന്നാൽ കാഠിന്യമേറിയ ശിലകളിൽ രൂപപ്പെടുന്ന ആഴവും വിസ്താരവുമേറിയ മിയാണ്ടറുകളെ ആഴ്ന്നിറങ്ങിയ മിയാണ്ടറുകൾ (Incised meanders) എന്നു വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 7.2). നേരിയ ചരിവോടുകൂടിയ പ്രതലങ്ങളിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന മിയാണ്ടറുകൾ അപരദനമോ ഭൂപ്രദേശത്തിന്റെ തുടർച്ചയായും സാവധാനവുമുള്ള ഉത്ഥാനമോ മൂലം ഒഴുകുന്നതിനിടെ ശിലാഭാഗങ്ങൾ കാർന്നെടുക്കുന്നു. കാലാന്തരത്തിൽ അവയുടെ വിസ്തൃതിയും ആഴവും വർധിക്കുന്നതിന്റെഫലമായി കാഠിന്യമേറിയ ശിലകളിൽ ആഴമേറിയ ഗിരികന്ദരങ്ങളും ബൃഹദ്ഗിരികന്ദരങ്ങളും രൂപംകൊള്ളുന്നു. നദികൾ രൂപംകൊണ്ട യഥാർഥ ഭൂപ്രതലത്തിന്റെ അവസ്ഥയെക്കുറിച്ച് അവ ചില സൂചനകൾ നൽകുന്നു.

പ്രളയസമതലങ്ങളിലെയും ഡെൽറ്റാസമതലങ്ങളിലെയും മിയാണ്ടറുകളും ആഴ്ന്നിറങ്ങിയ മിയാണ്ടറുകളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങളെന്തെല്ലാം?

നദിത്തട്ടുകൾ

മുൻകാല താഴ്‌വരകളുടെ തറകളുടെയോ പ്രളയസമതലനിരപ്പുകളുടെയോ ശേഷിപ്പുകളാണ് നദിത്തട്ടുകൾ. ഇവ എക്കൽനിക്ഷേപങ്ങളൊട്ടുംതന്നെയില്ലാത്ത ശിലാതൽപതലങ്ങളോ (Bed rock) നദികളുടെ എക്കൽനിക്ഷേപത്തട്ടുകളോ ആകാം. അടിസ്ഥാനപരമായി നദികൾ അവയുടെ പ്രളയസമതലങ്ങളിൽ നടത്തുന്ന ലംബതല അപരദനത്തിന്റെ ഉൽപ്പന്നങ്ങളാണ് നദിത്തട്ടുകൾ (Terrace). മുൻകാലങ്ങളിൽ പല ഉയരങ്ങളിലായിരുന്ന നദീതൽപതലങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന നിരവധി ഇത്തരം തട്ടുകൾ ഉണ്ടായേക്കാം. നദിയുടെ ഇരുവശങ്ങളിലും ഒരേ ഉയരങ്ങളിലാണ് തട്ടുകൾ കാണപ്പെടുന്നതെങ്കിൽ അവയെ ജോഡികളായുള്ള നദിത്തട്ടുകൾ (Paired terraces) എന്നു പറയുന്നു (ചിത്രം 7.3).

തട്ടുകൾ നദിയുടെ ഒരു വശത്ത് മാത്രമാണെങ്കിലോ ഇരുവശങ്ങളിലെയും തട്ടുകൾ വ്യത്യസ്ത ഉയരങ്ങളിലാണെങ്കിലോ അവയെ ജോഡികളല്ലാത്ത തട്ടുകൾ



ചിത്രം 7.3 : നദീതട്ടുകൾ

(Unpaired terraces) എന്നു വിളിക്കുന്നു. സാവധാനം ഉത്ഥാനം നടക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളിലും നദിയുടെ ഇരുതീരങ്ങളിലും ജലനിരപ്പ് ഒരുപോലെ അല്ലാത്ത സാഹചര്യത്തിലും ജോഡികളല്ലാത്ത തട്ടുകളാണ് രൂപംകൊള്ളുക. ഇനി പറയുന്ന കാരണങ്ങളാൽ തട്ടുകൾ രൂപപ്പെടാം: (i) ശക്തമായ ഒഴുക്കിനുശേഷം വെള്ളം ഇറങ്ങുമ്പോൾ, (ii) കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനംമൂലം നദീജലവ്യവസ്ഥയിൽ മാറ്റം വരുമ്പോൾ, (iii) കരയുടെ ടെക്ടോണിക് ഉത്ഥാനം, (iv) കടലിനോടടുത്തുള്ള നദികളിൽ സമുദ്രനിരപ്പിലെ വ്യത്യാസം ചെലുത്തുന്ന സ്വാധീനം.

നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങൾ

എക്കൽവിശറികൾ (Alluvial Fans)

ചരിവുകൂടിയ ഉയർന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽനിന്നും അരുവികൾ മലയടിവാരത്തെ നിരന്ന പ്രദേശങ്ങളിലേക്ക് കടക്കുമ്പോഴാണ് എക്കൽവിശറികൾ (ചിത്രം 7.4) രൂപം കൊള്ളുന്നത്. സാധാരണയായി പർവതച്ചരിവുകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന നദികൾ വലിപ്പമേറിയ തരികളുള്ള അവസാദങ്ങളെയാണ് വഹിച്ചുകൊണ്ടു വരിക. എന്നാൽ നദി സമതലത്തിലേക്കു കടക്കുന്നതോടെ ഈ ഭാരം അതിന് താങ്ങാവുന്നതിലുമധികമാവുകയും അവസാദങ്ങൾ വിസ്തൃതമായി താഴ്ന്നതോ ഉയർന്നതോ ആയ കോൺ ആകൃതിയിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് എക്കൽവിശറി. എക്കൽവിശറികളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന നദികൾ മിക്കപ്പോഴും ഏറെദൂരം അവയുടെ യഥാർത്ഥ ചാനലിൽ നിന്നും വിട്ട് ഗതിമാറുകയും പിരിഞ്ഞൊഴുകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവയെ കൈവഴികൾ (Distributaries) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

സാധാരണഗതിയിൽ ആർദ്രകാലാവസ്ഥാമേഖലകളിൽ എക്കൽവിശറികൾക്ക് ഉയരം കുറഞ്ഞ കോണുകളും ശീർഷം മുതൽ പാദംവരെ നേർത്ത ചരിവുമായിരിക്കും. എന്നാൽ വരണ്ട കാലാവസ്ഥകളിലും അർധവരണ്ട കാലാവസ്ഥകളിലും ഇവ കുത്തനെ ചരിവോടു കൂടിയ ഉയർന്ന കോണുകളായാണ് കാണപ്പെടുന്നത്.

ഡെൽറ്റകൾ

എക്കൽവിശറികളെപ്പോലെയാണെങ്കിലും ഡൽറ്റകൾ രൂപംകൊള്ളുന്ന സ്ഥലം വ്യത്യസ്തമാണ്. നദികൾ വഹിച്ചുകൊണ്ടുവരുന്ന അവസാദങ്ങളെ നിക്ഷേപിക്കു

ചിത്രം 7.4: ജമ്മുകാശ്മീരിലെ അമർനാഥിലേക്കുള്ള പാതയിൽ ഒരു മലമ്പ്രദേശ അരുവി നിക്ഷേപിച്ച എക്കൽവിശറി

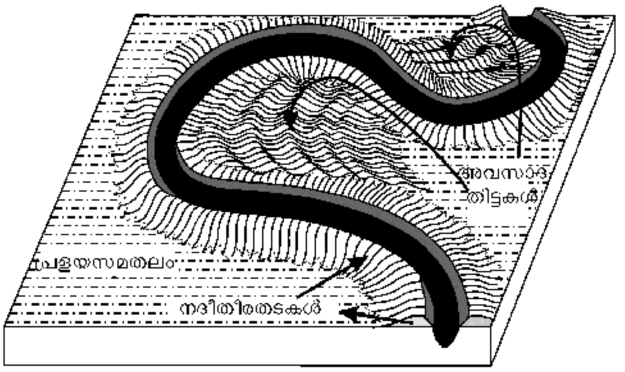
കയും അവ കടലിലേക്ക് വ്യാപിക്കുകയും ചെയ്യും. ഈ അവസാദങ്ങൾ കടലിലേക്ക് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടാത്ത സാഹചര്യങ്ങളിലോ തീരത്തായി വിതരണം ചെയ്യപ്പെടാതിരിക്കുന്ന സാഹചര്യങ്ങളിലോ അവ ഉയരം കുറഞ്ഞ കോണുകളായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. എക്കൽവിശറികളിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമായി, ഡൽറ്റകളിലെ നിക്ഷേപങ്ങൾ നന്നായി തരംതിരിക്കപ്പെട്ടതും പാളികളായി ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടതുമായിരിക്കും. കൂട്ടത്തിൽ വലിപ്പമുള്ള തരികൾ ആദ്യമാദ്യം നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യും. ഡെൽറ്റകൾ വളരുന്നതോടെ നദികളുടെ കൈവഴികൾക്ക് നീളമേറുകയും (ചിത്രം 7.5) ഡൽറ്റ കടലിലേക്ക് വളരുകയും ചെയ്യും.

ചിത്രം 7.5 : ആന്ധ്രാപ്രദേശിലെ കൃഷ്ണാനദീ ഡൽറ്റയുടെ ഒരു ഉപഗ്രഹചായാ ചിത്രം

പ്രളയസമതലങ്ങൾ, നദീതീരതടകൾ, അവസാദതിട്ടുകൾ (Flood plains, Natural levees, Point bars)

അപരദനം താഴ്വരകൾ നിർമിക്കുന്നതുപോലെ നിക്ഷേപപ്രക്രിയ പ്രളയസമതലങ്ങൾ നിർമിക്കുന്നു. നദികളുടെ ഒരു പ്രധാന നിക്ഷേപണഭൂരൂപമാണിവ. നീർച്ചാലുകൾ നേർത്ത ചരിവുകളിലേക്ക് കടക്കുമ്പോൾ

വലിപ്പമേറിയ പദാർഥങ്ങളെ ആദ്യമാദ്യം നിക്ഷേപിക്കുന്നു. അപ്രകാരം മണൽ, നേർത്ത മണൽത്തരികൾ, കളിമണ്ണ് എന്നിവ താരതമ്യേന വേഗംകുറഞ്ഞ നീർച്ചാലുകളുടെ തൽപത്തിലും (അടിത്തട്ടുകളിലും) വെള്ളപ്പൊക്കസമയത്ത് കരകവിഞ്ഞൊഴുകുമ്പോൾ ഇരുകരകളിലുമായും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. നദീനിക്ഷേപങ്ങളാൽ നിർമിതമായ നദീതൽപത്തെ സജീവ പ്രളയസമതലമെന്നും (Active flood plain), തീരത്തിനേക്കാൾ ഉയരത്തിലുള്ള പ്രളയസമതലത്തെ മന്ദപ്രളയസമതലങ്ങൾ (Inactive flood plain) എന്നും പറയുന്നു. മന്ദപ്രളയസമതലങ്ങളിൽ രണ്ടുതരം നിക്ഷേപങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു —പ്രളയനിക്ഷേപങ്ങളും നീർച്ചാൽ നിക്ഷേപങ്ങളും. സമതലങ്ങളിൽ, നീർചാലുകൾ ഗതിമാറിയൊഴുകുന്നതിന്റെ ഫലമായി ചിലപ്പോഴൊക്കെ നീർച്ചാലിൽനിന്നും വേർപെട്ട് ഒഴുക്കു നിലച്ച ഭാഗങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുകയും അവ സാവധാനം അവസാദങ്ങൾകൊണ്ട് നിറയുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉപേക്ഷിക്കപ്പെട്ടതോ വിച്ഛേദിക്കപ്പെട്ടതോ ആയ നീർച്ചാലുകളാൽ നിർമിക്കപ്പെട്ട ഇത്തരം പ്രളയസമതലങ്ങളിൽ വലിപ്പം കൂടിയ അവസാദങ്ങളായിരിക്കും കാണപ്പെടുക. അതേസമയം പ്രളയസമയത്ത് കവിഞ്ഞൊഴുകുന്ന ചാലുകളുടെ നിക്ഷേപങ്ങൾ നേർത്തമണൽത്തരികൾ, കളിമണ്ണ് എന്നിങ്ങനെ തീരെച്ചെറിയ വലിപ്പത്തിലുള്ള പദാർഥങ്ങളായിരിക്കും. ഡൽറ്റകളിലെ പ്രളയസമതലങ്ങളെ ഡൽറ്റാസമതലങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. പ്രളയസമതലങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ചില പ്രധാന ഭൂരൂപങ്ങളാണ് നദീതീരതടകളും (Natural levees) അവസാദതിട്ടകളും (Point bars) (ചിത്രം 7.6).



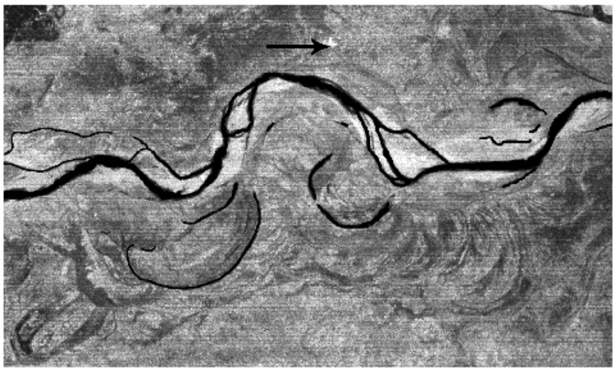
ചിത്രം 7.6 : നദീതീരതടകളും അവസാദതിട്ടകളും

വലിയ നദികളുടെ തീരങ്ങളിലാണ് നദീതീരതടകളും അവസാദതിട്ടകളും കാണപ്പെടുന്നത്. നദികളുടെ തീരങ്ങളിൽ പലപ്പോഴും ഛേദിക്കപ്പെട്ട് ഒറ്റപ്പെട്ട കുന്നുകളുടെ രൂപത്തിൽ തീരത്തിനു സമാന്തരമായി നീളത്തിൽ ഉയരംകുറഞ്ഞ് കാണപ്പെടുന്ന വലിപ്പമേറിയ അവസാദനിക്ഷേപങ്ങളാണിവ. പ്രളയസമയത്ത് നദി കരകവിഞ്ഞൊഴുകുമ്പോൾ അതിന്റെ ഒഴുക്കിന്റെ പ്രവേഗം കുറയുന്നതിനെത്തുടർന്ന് വലിപ്പമേറിയതും ഭാരമേറിയതുമായ പദാർഥങ്ങൾ തീരത്തിനു തൊട്ടടുത്തായി വരമ്പുകൾപോലെ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. തീരത്തോടടുത്ത് ഉയരം കൂടുതലായ ഇവയുടെ ചരിവ് നദിയിൽ നിന്നകലുംതോറും കുറഞ്ഞുവരുന്നു. നദിയിൽ നിന്നകലെയായി പ്രളയസമയത്ത് ഒഴുകിപ്പരക്കുന്ന അവസാദങ്ങളേക്കാൾ പരുക്കനായിരിക്കും നദീതടനിക്ഷേപങ്ങൾ. നദികൾ വശങ്ങളിലേക്ക് മാറിയൊഴുകുംതോറും നിരവധി നദീതീരതടകൾ രൂപംകൊള്ളാം. അവസാദതിട്ടകൾ മിയാണ്ടർതിട്ടകളെന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. വലിയ നദികളുടെ മിയാണ്ടറുകളുടെ ഉത്തലവശങ്ങളിൽ (Convex bank) കാണപ്പെടുന്ന ഇവ നദികൾ അവയുടെ തീരങ്ങളിൽ അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായാണുണ്ടാകുന്നത്. ഉടനീളം ഏതാണ്ട് ഒരേ ഘടനയും വീതിയുമുള്ള ഇവയിൽ വ്യത്യസ്ത വലിപ്പത്തിലുള്ള അവസാദങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കാം. ഒന്നിലധികം വരമ്പുകളുണ്ടെങ്കിൽ അവയ്ക്കിടയിൽ ഇടുങ്ങിയ, നീളത്തിലുള്ള താഴ്ചകൾ കാണപ്പെടും. അവസാദലഭ്യതയും നീരൊഴുക്കുമനുസരിച്ച് നദികൾ നിരവധി അവസാദതിട്ടകൾ നിർമിക്കുന്നു. നദികൾ അവയുടെ ഉത്തലഭാഗത്ത് അവസാദതിട്ടകൾ നിർമിക്കുന്നതോടെ അവയുടെ അവതലഭാഗത്തെ തീരം സജീവ അപരദനത്തിനും വിധേയമാകുന്നു.

നദീതീരതടകൾ അവസാദതിട്ടകളിൽനിന്നും എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു?

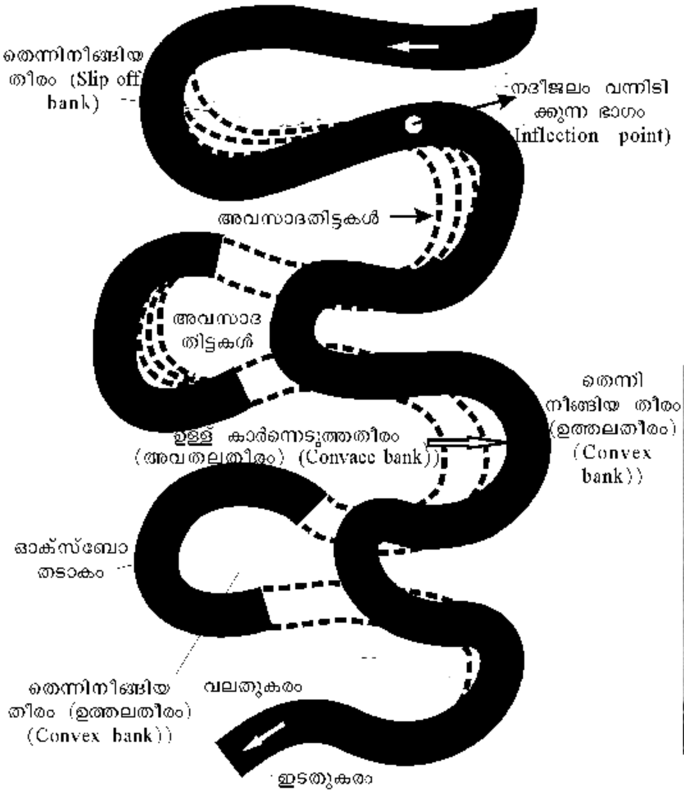
മിയാണ്ടറുകൾ (Meanders)

വലിയ പ്രളയസമതലങ്ങളിലും ഡൽറ്റാസമതലങ്ങളിലും നദികൾ അപൂർവമായേ നേർരേഖയിൽ ഒഴുകുകയുള്ളൂ. മിയാണ്ടറുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന വളയങ്ങൾ പോലുള്ള ഒഴുക്കുഗതിയാണ് പ്രളയസമതലങ്ങളിലും ഡൽറ്റാസമതലങ്ങളിലും രൂപംകൊള്ളുന്നത് (ചിത്രം 7.7).



ചിത്രം 7.7: ബുർഹിഗണ്ഡക് നദിയുടെ നിരവധി ഓക്സ്ബോ തടാകങ്ങളും വിച്ഛേദിക്കപ്പെട്ട ചാലുകളും കാണിക്കുന്ന ഉപഗ്രഹഛായ ചിത്രം — ബിഹാറിനടുത്ത് മുസാഫർപുർ

മിയാണ്ടറുകൾ ഒരു ഭൂരൂപമല്ല; മറിച്ച്, അവ നീരൊഴുക്കിന്റെ ക്രമം മാത്രമാണ്. ഇതിനുള്ള കാരണങ്ങൾ ഇനി പറയുന്നവയാണ്: (i) നേർത്ത ചരിവുകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ജലത്തിന് അതിന്റെ വശങ്ങളിലേക്ക് പ്രവർത്തിക്കാനുള്ള പ്രവണത, (ii) ക്രമരഹിതമായ തീരങ്ങളിലെ ഉറപ്പില്ലാത്ത എക്കൽനിക്ഷേപങ്ങളിൽ സമ്മർദം ചെലുത്തുകവഴി നദികൾക്ക് വശങ്ങളിലേക്ക് വ്യാപിക്കാൻ കഴിയും, (iii) കാറ്റിനെയെന്നപോലെ ദ്രാവകാവസ്ഥയിലുള്ള ജലത്തെ വ്യതിചലിപ്പിക്കുന്ന കൊറിയോലിസ് ബലം. ചരിവ് നന്നേ കുറയുമ്പോൾ വെള്ളത്തിന്റെ ഒഴുക്ക് തീരെക്കുറയുകയും നദി വശങ്ങളിലേക്ക് പ്രവർത്തിക്കാൻ ആരംഭിക്കുകയും സാവധാനം തീരങ്ങൾ ചെറിയ വളവുകളായി മാറുകയും ചെയ്യും. വളവുകളുടെയുള്ളിൽ നിക്ഷേപണവും വെളിയിൽ അപരദനവും നടക്കുന്നതുമൂലം വളവുകളുടെ ആഴം വർധിക്കുന്നു. നിക്ഷേപണമോ അപരദനമോ ഉള്ള് കാർന്നെടുക്കുകയോ ഇല്ലെങ്കിൽ മിയാണ്ടറുകൾ രൂപംകൊള്ളാനുള്ള സാധ്യതയും കുറവാണ്. വലിയ നദികളിലെ മിയാണ്ടറുകളിൽ സാധാരണഗതിയിൽ ഉത്തലതീരത്ത് സജീവനിക്ഷേപണവും അവതലതീരത്ത് ഉള്ള് കാർന്നെടുക്കലും നടക്കുന്നു.

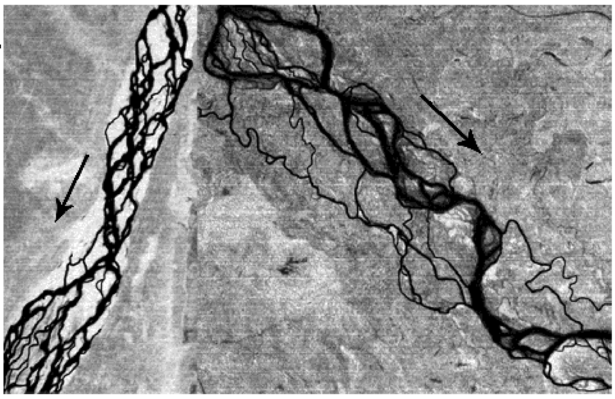


ചിത്രം 7.8: മിയാണ്ടറുകളുടെ വളർച്ച, വിച്ഛേദിക്കപ്പെട്ട വലയങ്ങൾ, തെന്നിനീങ്ങൽ, ഉള്ള് കാർന്നെടുത്ത തീരം എന്നിവ

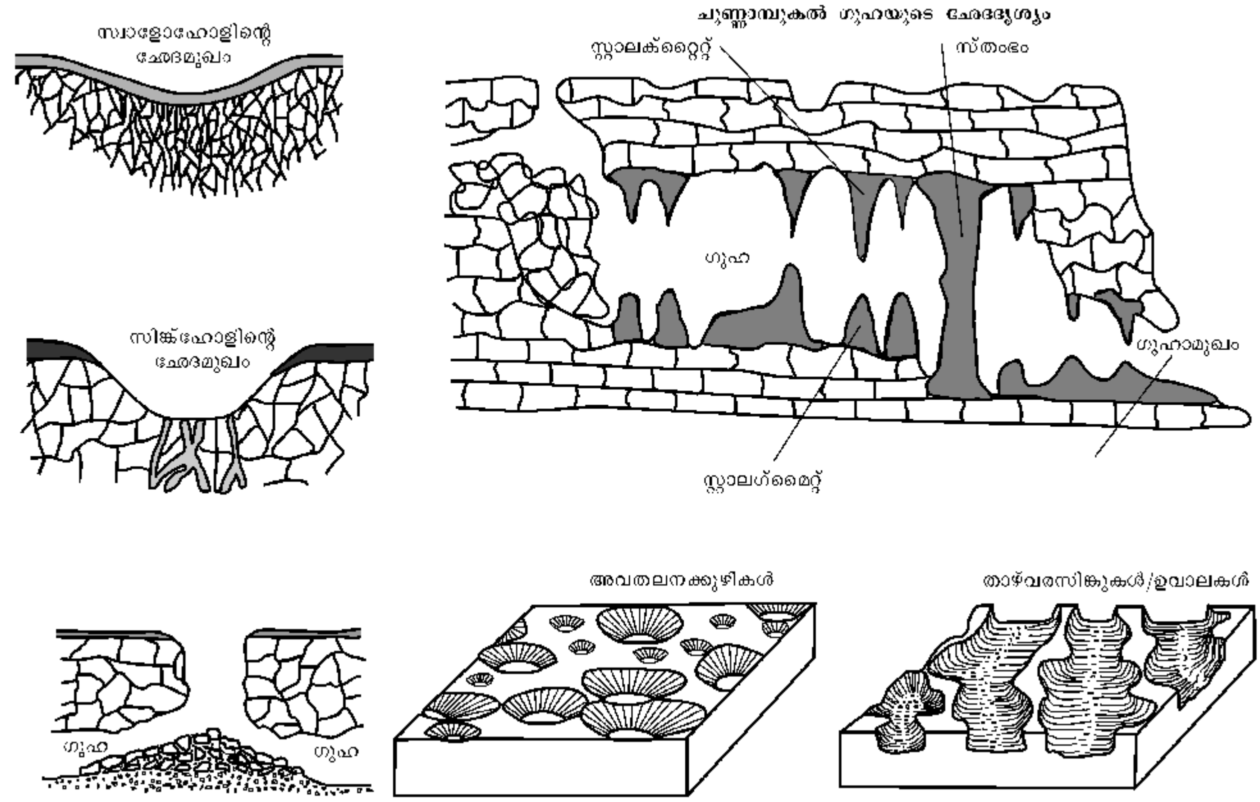
അവതലതീരത്തെ വിച്ഛേദിക്കപ്പെട്ടതീരം എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇവ കുത്തനെ ചരിവോടുകൂടിയതായിരിക്കും. അതേസമയം, ഉത്തലതീരം ദൈർഘ്യമുള്ളതും നേർത്ത ചരിവോടുകൂടിയതുമായിരിക്കും. മിയാണ്ടറുകൾ ആഴമേറിയ വളയങ്ങളായി വികസിക്കുന്നതോടെ ജലം ഒഴുകി വന്നിടിക്കുന്ന (Inflection point) ഭാഗങ്ങളിലെ അപരദനമൂലം അവ വിച്ഛേദിക്കപ്പെടുകയും ഓക്സ്ബോ തടാകങ്ങളായി അവശേഷിക്കുകയും ചെയ്യും.

പിണഞ്ഞൊഴുകുന്ന ചാലുകൾ (Braided channels)

നദികൾ താരതമ്യേന വലിപ്പം കൂടിയ ശിലാകണികകളെകൂടി വഹിച്ചുകൊണ്ടുവരുന്ന സന്ദർഭങ്ങളിൽ അവയെ നദിയുടെ മധ്യത്തിൽത്തന്നെ ഒരു വരമ്പുപോലെ നിക്ഷേപിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി നീരൊഴുക്ക് തീരങ്ങളിലെ പാർശ്വ അപരദനത്തിന്റെ വേഗം കൂട്ടുന്നു. താഴ്വര വിസ്തൃതമാകുന്നതോടെ നദിയുടെ ആഴം കുറയുകയും കൂടുതൽ പദാർഥങ്ങൾ ദ്വീപുകളായും വശങ്ങളിൽ തിട്ടകളായും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും കൂടുതൽ നീരൊഴുക്കിനായി വെവ്വേറെ ചാലുകൾ അവിടെ രൂപംകൊള്ളുകയും ചെയ്യും. നിക്ഷേപണപ്രക്രിയയും തീരങ്ങളിലെ പാർശ്വ അപരദനവും പിണഞ്ഞൊഴുകുന്ന ഒഴുക്കുഗതി രൂപംകൊള്ളുന്നതിന് അനിവാര്യമാണ്. മറ്റൊരുതരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ, താഴ്വരയിൽ നീരൊഴുക്ക് കുറവും അവസാദങ്ങളുടെ അളവ് കൂടുതലുമായാൽ ഉരുളൻ കല്ലുകൾ, ചരൽ, മണൽ എന്നിവ നിറഞ്ഞ നീർച്ചാൽതിട്ടകളും ദ്വീപുകളും നീർച്ചാലിൽത്തന്നെ രൂപംകൊള്ളുകയും അനേകം ചെറുചാലുകളായി പിരിഞ്ഞൊഴുകുകയും ചെയ്യും. ഇത്തരത്തിലുള്ള നീർച്ചാലുകൾ കൂടിച്ചേരുകയും വീണ്ടുംപിരിയുകയും ചെയ്തുകൊണ്ടുള്ള ഒഴുക്കുഗതിയാണ് പിണഞ്ഞ നീരൊഴുക്ക് ക്രമം (ചിത്രം 7.9).



ചിത്രം 7.9: ഗണ്ഡക് (വലത്), സോൺ (ഇടത്ത്) എന്നീ നദികളുടെ പിണഞ്ഞചാലുകൾ സൂചിപ്പിക്കുന്ന ഉപഗ്രഹഛായാ ചിത്രം. അമ്പടയാളം ഒഴുക്കിന്റെ ദിശയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.



ചിത്രം 7.10 : വിവിധ കാർസ്റ്റ് ഭൂരൂപങ്ങൾ

ഭൂഗർഭജലം (Ground Water)

ഇവിടെ ഭൂഗർഭജലത്തെ ഒരു വിഭവമെന്ന നിലയ്ക്കല്ല പരിഗണിച്ചിരിക്കുന്നത്. മറിച്ച് ഭൂഭാഗങ്ങളുടെ അപരദനത്തിനും ഭൂരൂപപരിണാമങ്ങൾക്കും കാരണമാകുന്ന ഭൂഗർഭജലത്തിന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കാണ് ഊന്നൽ നൽകിയിരിക്കുന്നത്. ജലത്തെ കടത്തിവിടാൻ ശേഷിയുള്ള നേരിയ സ്തരങ്ങളോ പൊട്ടലുകളോടുകൂടിയതോ ആയ ശിലകളിൽ ഉപരിതലജലം സുഗമമായി ഊർന്നിറങ്ങുന്നു. ലംബദിശയിൽ താഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന ജലം ഭൂഗർഭത്തിൽ ശിലാതല്പത്തിലൂടെയോ, ശിലാസന്ധികളിലൂടെയോ അല്ലെങ്കിൽ ശിലാപദാർഥങ്ങൾക്കുള്ളിലൂടെയോ തിരശ്ചീനമായും ഒഴുകുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ താഴേക്കും വശത്തേക്കുമുണ്ടാകുന്ന ജലത്തിന്റെ ചലനമാണ് ശിലാ അപരദനത്തിന് കാരണമാകുന്നത്. ഭൂഗർഭജലത്തിന്റെ ചലനത്താൽ ഭൗതികമായോ അഥവാ ബലകൃതമായോ വസ്തുക്കൾക്കുണ്ടാകുന്ന ചലനത്തിന് ഭൂരൂപ വികസനത്തിൽ ഇവിടെ വലിയ പ്രസക്തിയില്ല. അതിനാലാണ് ഭൂഗർഭജലജന്യമായ അടയാളങ്ങൾ എല്ലാത്തരം ശിലകളിലും കാണാൻ കഴിയാത്തത്. എന്നാൽ കാത്സ്യം കാർബണേറ്റ് സമ്പന്നമായ ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്, ഡോളമൈറ്റ് തുടങ്ങിയ ശിലകളിൽ ലയനവും അവഷിപ്തവുംമൂലം (Solution and Precipitation) വൈവിധ്യമാർന്ന ഭൂരൂപങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്, ഡോളമൈറ്റ് എന്നീ ശിലകൾ സ്വതന്ത്രമായോ മറ്റു ശിലകളുമായി ഇടകലർന്നോ സറിതിചെയ്യുന്ന ഇടങ്ങളിൽ ലയനം (Solution), അവഷിപ്തീകരണം (Precipitation) എന്നീ രണ്ട് പ്രക്രിയകൾ സജീവമാകുന്നു. ഭൂഗർഭജലത്തിന്റെ ലയന-നിക്ഷേപണപ്രവർത്തനങ്ങളാണ് വ്യത്യസ്ത ഭൂരൂപങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നത്. ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്, ഡോളമൈറ്റ് മേഖലകളിൽ ഭൂജലത്തിന്റെ പ്രവർത്തനഫലമായി ലയനപ്രക്രിയയിലൂടെയും നിക്ഷേപപ്രക്രിയയിലൂടെയും സവിശേഷ ഭൂരൂപങ്ങൾ ദൃശ്യമാക്കുന്ന മേഖലകളെ 'കാസ്റ്റ് ടോപോഗ്രഫി' (Karst Topography) എന്നു വിളിക്കുന്നു. അഡ്രിയാറ്റിക് കടൽതീരത്തിന് സമീപം ബാൾക്കൻസിലെ കാസ്റ്റ് മേഖലയിൽ ചുണ്ണാമ്പുകല്ലിൽ രൂപപ്പെട്ടിട്ടുള്ള മാതൃകാഭൂരൂപങ്ങളിൽനിന്നാണ് 'കാസ്റ്റ് ടോപ്പോഗ്രഫി' എന്ന പേര് ലഭിച്ചിട്ടുള്ളത്.

കാസ്റ്റ് ടോപ്പോഗ്രാഫിയും അപരദന-നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങളാൽ സവിശേഷമാണ്.

അപരദനഭൂരൂപങ്ങൾ

പൂളുകൾ (Pools), സിങ്ക്ഹോളുകൾ (Sink holes), ലാപീസ് (Lapies), ചുണ്ണാമ്പുകൽപ്രതലങ്ങൾ (Limestone pavements)

ലയനപ്രക്രിയയിലൂടെ ചുണ്ണാമ്പുകല്ല് ശിലാപ്രതലങ്ങളിൽ സ്വാളോഹോളുകൾ (Swallow holes) അഥവാ 'കുരുവിക്കുഴികൾ' എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്ന ചെറുതോ

ഇടത്തരം വലിപ്പമുള്ളതോ ആയ വൃത്താകാരത്തിലും അർധവൃത്താകാരത്തിലുമുള്ള കുഴികൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് അഥവാ കാസ്റ്റ് പ്രദേശങ്ങളിൽ സിങ്ക്ഹോളുകൾ സർവസാധാരണമാണ്. മുകൾഭാഗം ഏറെക്കുറെ വൃത്താകൃതിയിലും താഴേക്ക് ചോർപ്പിന്റെ ആകൃതിയുമുള്ള ഒരു കുഴിഞ്ഞപ്രദേശം സിങ്ക്ഹോൾ (Sink hole) അഥവാ, അവതലന കുഴി ഏതാനും ചതുരശ്രമീറ്റർ മുതൽ ഒരു ഹെക്ടർവരെ വിസ്തൃതിയിലും അര മീറ്റർമുതൽ 30 മീറ്ററിലേറെ താഴ്ചയിലും ഓരോപ്രദേശത്തും വ്യത്യസ്ത വലിപ്പത്തിൽ സിങ്ക്ഹോളുകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. സിങ്ക്ഹോളുകളിൽ ചിലത് പൂർണമായും ലയനപ്രക്രിയയിലൂടെ രൂപമെടുക്കുന്നു (സൊല്യൂഷൻ സിങ്കുകൾ). എന്നാൽ ചിലപ്പോൾ അലിയൽപ്രക്രിയയിൽ തുടങ്ങുന്ന സിങ്ക്ഹോളുകളുടെ അടിഭാഗം ഭൂഗർഭ ഗുഹകളുടെയോ ഭൂഗർഭഅറകളുടെയോ മേൽകൂരകളായി സറിതി ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ അവ തകർന്നടിഞ്ഞ് ഭൂഗർഭഅറകൾ/ഗുഹകൾ വിസ്തൃതമായ കുഴികളായി രൂപാന്തരപ്പെടുന്നു (കൊളാപ്സ് സിങ്ക്).

പൊതുവെ, കുരുവിക്കുഴികൾക്കുമേൽ മണ്ണ് അടിഞ്ഞുകൂടി അവ ആഴംകുറഞ്ഞ ജലാശയങ്ങൾ (കുളങ്ങൾ) പോലെ നിലകൊള്ളുന്നു. ഇത്തരം ജലാശയങ്ങൾക്ക് മുകളിലൂടെ നടക്കുകയാണെങ്കിൽ മരുഭൂമിയിലെ മണ്ണിൽ പുതയുന്നതുപോലെ ഉള്ളിലേക്ക് താഴ്ന്നുപോയേക്കാം. കൊളാപ്സ് സിങ്കുകളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതിന് ഡൊളൈൻ (Doline) എന്ന പദം ഉപയോഗിക്കാറുണ്ട്. സൊല്യൂഷൻ സിങ്കുകളാണ് കൊളാപ്സ് സിങ്കുകളെ അപേക്ഷിച്ച് കൂടുതലായി കണ്ടുവരുന്നത്.

സാധാരണയായി ഉപരിതലത്തിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ജലം കുരുവിക്കുഴികളിലൂടെയും സിങ്ക്ഹോളുകളിലൂടെയും താഴ്ന്നിറങ്ങി ഭൂഗർഭനീർച്ചാലുകളായി കുറേദൂരം ഒഴുകുകയും ഗുഹാമുഖങ്ങളിലെത്തുമ്പോൾ ഉപരിതലത്തിലേക്ക് പുനർജനിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അരികുകൾ ഇടിഞ്ഞുവീഴുന്നതിലൂടെയോ ഗുഹാതലങ്ങൾ തകർന്നടിയുന്നതിലൂടെയോ സിങ്ക്ഹോളുകളും ഡൊളൈനുകളും പരസ്പരം കൂടിച്ചേർന്ന് ഇടുങ്ങിയതോ വിസ്തൃതമായ നീളത്തിലുള്ള കിടങ്ങുകൾ ഉണ്ടാകുന്നതിനെ താഴ്‌വരസിങ്കുകൾ (Valley sinks) അഥവാ ഉവാലകൾ (Uuvalas) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ക്രമേണ ചുണ്ണാമ്പുകൽ പ്രദേശത്തിന്റെ ഏറെഭാഗവും ഇത്തരം കുഴികളും കിടങ്ങുകളും കാർന്നെടുക്കപ്പെടുന്നതിലൂടെ, അങ്ങിങ്ങ് എഴുന്നുനിൽക്കുന്ന ഒറ്റപ്പെട്ട ഭാഗങ്ങളും ചാലുകളും വരമ്പുകളും (ലാപീസ്) അവശേഷിക്കുന്നു. ഇത്തരം വരമ്പുകൾ അഥവാ ലാപീസ് രൂപപ്പെടുന്നത് സമാന്തരശിലാസന്ധികളിൽ നടക്കുന്ന ലയനപ്രവർത്തനംമൂലമാണ്. കാലാന്തരത്തിൽ ഈ ലാപീനിലങ്ങൾ ഏറെക്കുറെ നിരപ്പായ ചുണ്ണാമ്പുശിലാ പ്രതലങ്ങളായി (Limestone pavements) പരിണമിക്കുന്നു.

ഗുഹകൾ

ചുണ്ണാമ്പുകല്ല് അഥവാ ഡോളമൈറ്റ് മറ്റുശിലകളുമായി (ഷെയിൽ, മണൽക്കല്ല്, ക്വാർട്ട്സൈറ്റ്) ഇടവിട്ട് കാണപ്പെടുന്ന പ്രദേശങ്ങളിലോ ചുണ്ണാമ്പുകല്ല് കൂടുതൽ സാന്ദ്രതയിലും വലിയ അളവിലും കനത്ത പാളികളായും കാണപ്പെടുന്ന ഇടങ്ങളിലോ ആണ് ഗുഹാരൂപീകരണം കൂടുതലായി നടക്കുന്നത്. ശിലാപദാർഥങ്ങളിലൂടെയും ശിലാസന്ധികളിലൂടെയും വിള്ളലുകളിലൂടെയും താഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന ജലം ശിലാതൽപ്പങ്ങളിലൂടെ തിരശ്ചീനമായി ചലിക്കുന്നു. ഈ ശിലാതൽപ്പങ്ങളിലാണ് ചുണ്ണാമ്പുകല്ല് ലയിച്ച് ദീർഘമോ ഇടുങ്ങിയതോ വിസ്തൃതമോ ആയ ഗുഹകൾ ജന്മമെടുക്കുന്നത്. ചുണ്ണാമ്പ് ശിലാപാളികൾക്കും അവയ്ക്കിടയിലായി കാണപ്പെടുന്ന ശിലകൾക്കും അനുസൃതമായി വിവിധതലങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്തമായ ഗുഹകളുണ്ടാകാം. നീർച്ചാലുകൾ പുറത്തേക്ക് ഒഴുകുന്ന കവാടങ്ങൾ ഗുഹകളുടെ സവിശേഷതയാണ്. രണ്ടുവശങ്ങളിലും കവാടങ്ങളുള്ള ഗുഹകളെ തുരങ്കങ്ങൾ (Tunnels) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

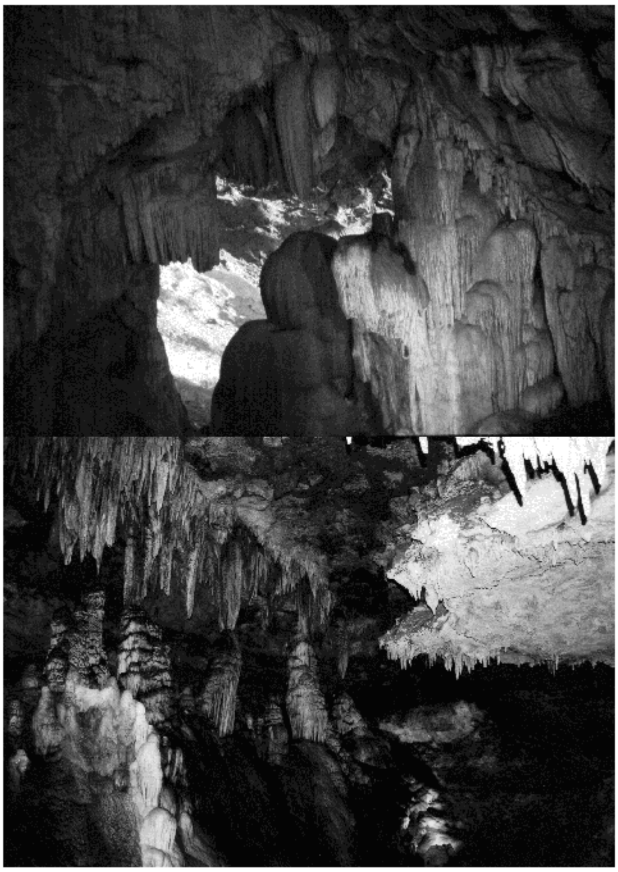
നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങൾ

ചുണ്ണാമ്പുകൽ ഗുഹകൾക്കുള്ളിൽ വിവിധതരം നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങൾ ജന്മമെടുക്കുന്നു. കാർബണീകൃത ജലത്തിന് (കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് കലർന്ന മഴവെള്ളം) എളുപ്പത്തിൽ അലിയിക്കാൻ കഴിയുന്ന കാൽസ്യം കാർബണേറ്റാണ് ചുണ്ണാമ്പുകല്ലിലെ മുഖ്യ രാസഘടകം. പരുക്കൻ ശിലാപ്രതലങ്ങളിൽ ചുണ്ണാമ്പ് ലായനി ജലം ഇറ്റുവീഴുമ്പോൾ അതിലെ ജലാംശം ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുന്നതിലൂടെയും കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് നഷ്ടമാകുന്നതിലൂടെയും കാൽസ്യം കാർബണേറ്റ് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു.

സ്റ്റാലക്റ്റൈറ്റുകൾ (Stalactites), സ്റ്റാലഗ്മൈറ്റുകൾ (Stalagmites), സ്തംഭങ്ങൾ (Pillars)

വ്യത്യസ്ത വ്യാസമുള്ള സൂച്യഗ്രരൂപങ്ങളായി സ്റ്റാലക്റ്റൈറ്റുകൾ തലകീഴായി തൂങ്ങിക്കിടക്കുന്നു. പൊതുവെ വിശാലമായ ചുവടുഭാഗത്തുനിന്നും സ്വതന്ത്രാഗ്രത്തിലേക്ക് കൂർത്തുവരുന്നതുമായ സ്റ്റാലക്റ്റൈറ്റുകൾ വിവിധ രൂപങ്ങളിലുണ്ടാകുന്നു. സ്റ്റാലഗ്മൈറ്റുകൾ ഗുഹകളുടെ അടിത്തറയിൽനിന്നും എഴുന്നുനിൽക്കുന്നു. ഗുഹയുടെ മേൽഭാഗത്ത് നിന്നോ സ്റ്റാലക്റ്റൈറ്റുകളുടെ നേർത്ത നാളികളിലൂടെയോ ഇറ്റിറ്റ് വീഴുന്ന ജലത്തിൽനിന്നാണ് അതിന് നേരെ താഴെയായി സ്റ്റാലഗ്മൈറ്റുകൾ രൂപപ്പെടുന്നത് (ചിത്രം 7.11).

ഒരു സ്തംഭത്തിന്റെയോ ഡിസ്കിന്റെയോ ആകൃതിയിൽ മിനുത്തുരുണ്ട രൂപത്തിലോ ക്രെയ്റ്റർ സമാനമായ ചെറിയ ഗർത്തത്തിന്റെ രൂപത്തിലോ സ്റ്റാലഗ്മൈറ്റുകൾ രൂപപ്പെടാം. സ്റ്റാലക്റ്റൈറ്റുകളും സ്റ്റാലഗ്മൈറ്റുകളും



ചിത്രം 7.11: ചുണ്ണാമ്പുകൽ ഗുഹയിലെ സ്റ്റാലക്റ്റൈറ്റുകളും സ്റ്റാലഗ്മൈറ്റുകളും

ക്രമേണ പരസ്പരം കൂടിച്ചേർന്ന് വ്യത്യസ്ത വ്യാസത്തിലുള്ള സ്തംഭങ്ങൾ (Pillars) രൂപപ്പെടാം.

ഹിമാനികൾ

കരയ്ക്കു മുകളിലൂടെ പാളികളായും (വൻകര ഹിമാനി അഥവാ ഗിരിപാദ ഹിമാനി) പർവതചരിവിലെ വിശാലതാഴ്വരകളിലൂടെ രേഖീയമായും ഒഴുകിയിറങ്ങുന്ന (പർവതഹിമാനിയും താഴ്വരഹിമാനിയും) ഹിമപിണ്ഡമാണ് ഹിമാനികൾ (ചിത്രം 7.12). ജലം ഒഴുകുന്നതിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമായി ഹിമാനികൾ താരതമ്യേന വളരെ സാവധാനത്തിലാണ് ചലിക്കുന്നത്. പ്രതിദിനം ഏതാനും സെന്റിമീറ്റർ മുതൽ ഏതാനും മീറ്റർ വരെ മാത്രമാണ് ഹിമാനികൾ ചലിക്കുന്നത്. ഹിമാനികൾ ചലിക്കുന്നത് പ്രധാനമായും ഭൂഗുരുത്വാകർഷണ ബലം നിമിത്തമാണ്.

ചിത്രം 7.12 : ഒരു താഴ്വരയിലെ ഹിമാനി

> ഹിമാലയപർവത ചെരിവിലൂടെയും താഴ്വരകളിലൂടെയും ചലിച്ചിറങ്ങുന്ന നിരവധി ഹിമാനികൾ നമ്മുടെ രാജ്യത്തുണ്ട്. ഉത്തരാഖണ്ഡ്, ഹിമാചൽപ്രദേശ്, ജമ്മുകാശ്മീർ തുടങ്ങിയ സംസ്ഥാനങ്ങളുടെ ഉയർന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ ഇത്തരം ഹിമാനികളെ കാണാനാകും. ഗംഗോത്രിഹിമാനീമുഖത്തുനിന്നും (ഗോമുഖ്) മഞ്ഞുരുകിയെത്തുന്ന ജലമാണ് മുഖ്യമായും ഭാഗീരഥി നദിയിലെ നീരൊഴുക്ക് എന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാമോ? ഇത്തരത്തിൽ അളകാപുരി ഹിമാനിയിൽനിന്നും അളകനന്ദാ നദിയിലേക്കും ജലമെത്തുന്നു. അളകനന്ദ, ഭാഗീരഥി എന്നീ നദികൾ ദേവപ്രയാഗിൽ സംഗമിച്ച് ഗംഗാനദി ജന്മമെടുക്കുന്നു.

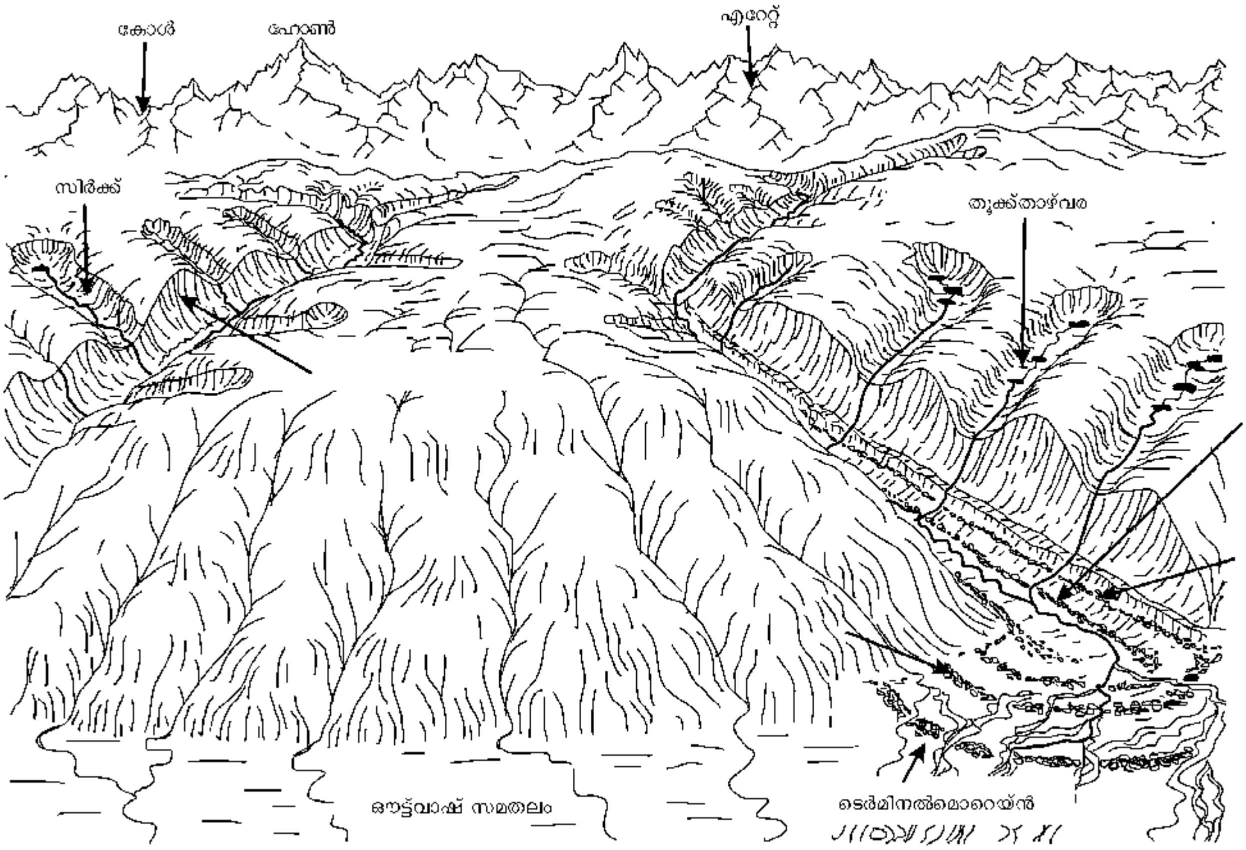
ഹിമപാളികളുടെ ഭാരം സൃഷ്ടിക്കുന്ന ഘർഷണം മൂലം ഹിമാനികളുടെ അപരദനം തീക്ഷ്ണമാണ്. ഭൂമിയിൽനിന്നും ഹിമാനികൾ അടർത്തിയെടുക്കുന്ന ശിലാപദാർഥങ്ങൾ താഴ്വരകളുടെ അടിത്തട്ടിലൂടെയും വശങ്ങളിലൂടെയും വലിച്ചിഴയ്ക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ ഉരസൽ, അടർത്തൽ എന്നിവയിലൂടെ വലിയ നാശമുണ്ടാകുന്നു. അപക്ഷയവിധേയമാകാത്ത ശിലകളിൽപോലും ആഘാതമുണ്ടാക്കാനും വലിയപർവതങ്ങളെ തേയ്മാനത്തിലൂടെ ചെറിയകുന്നുകളോ സമതലമോ ആക്കി പരിവർത്തനം ചെയ്യാനും ഹിമാനികൾക്ക് സാധ്യമാണ്.

ഹിമാനികളുടെ ചലനം തുടരുന്നതിലൂടെ അയഞ്ഞ ശിലാപദാർഥങ്ങൾ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു, വിഭാജകങ്ങൾ താഴ്ത്തപ്പെടുന്നു, ഹിമാനികൾക്ക് മുന്നോട്ടു ചലിക്കാനാകാത്തവിധം ചരിവ് തേഞ്ഞുതീരുന്നു. മറ്റ് നിക്ഷേപരൂപങ്ങൾക്കൊപ്പം ചെറിയ കുന്നുകളും വിശാലമായ ഔട്ട്വാഷ് സമതലങ്ങളും ബാക്കിയാകുന്നു. ചിത്രം 7.13-ഉം ചിത്രം 7.14-ഉം പാഠഭാഗത്ത് പരാമർശിച്ചിട്ടുള്ള വിവിധതരം ഹിമാനീകൃത അപരദന, നിക്ഷേപരൂപങ്ങളുമാണ് നൽകിയിട്ടുള്ളത്.

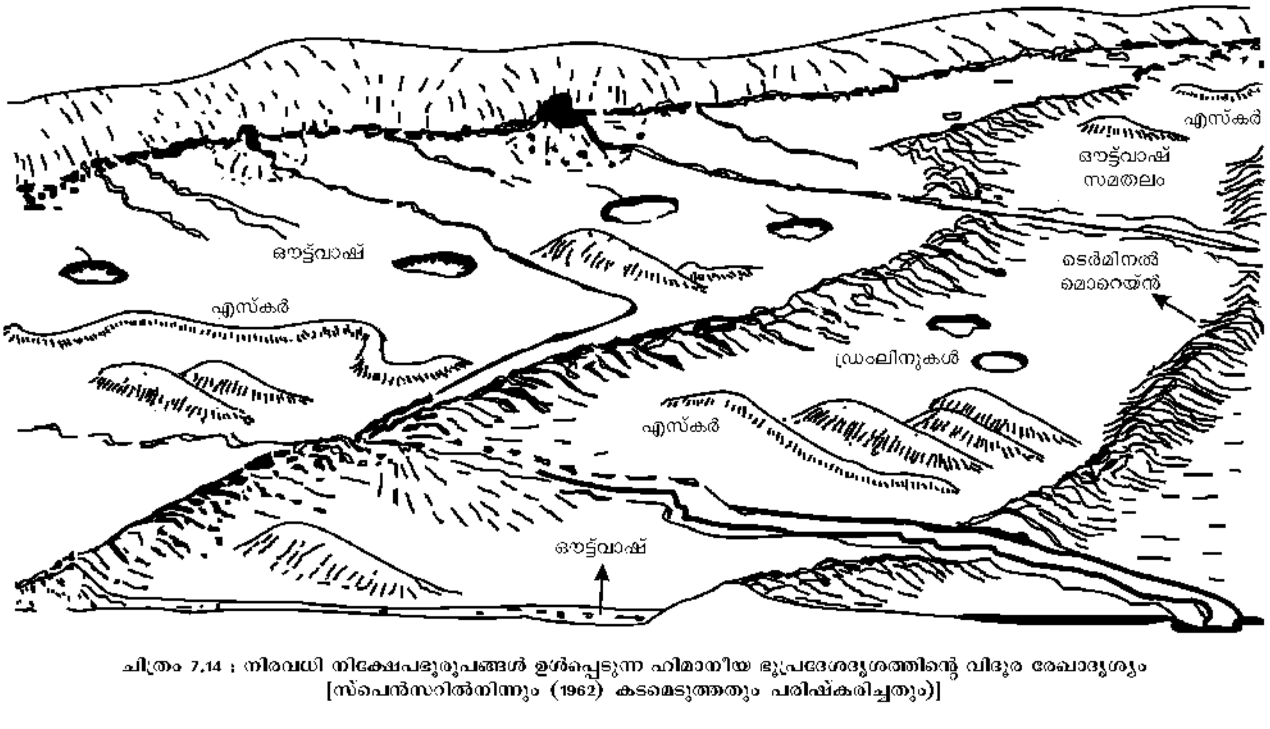
അപരദനഭൂരൂപങ്ങൾ

സിർക്ക്

ഹിമാവൃതപർവതങ്ങളിലെ ഭൂരൂപങ്ങളിൽ സർവസാധാരണമാണ് സിർക്കുകൾ. സിർക്കുകൾ പൊതുവെ ഹിമതാഴ്വരയുടെ ഉപരിഘട്ടത്തിലാണ് രൂപപ്പെടുന്നത്. പർവതമുകളിൽനിന്നും താഴ്വാരത്തേക്കു നീങ്ങുന്ന ഹിമാനികൾ ചരിവുകളെ കാർന്നെടുക്കുന്നതിലൂടെയാണ് സിർക്കുകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. കിഴ്ക്കാംതൂക്കായ ഭിത്തികളോടുകൂടിയ അഗാധവും ദീർഘവും വിസ്തൃതവുമായ അവതല ആകൃതിയിലുള്ള തടങ്ങളാണ് സിർക്കുകൾ. ഹിമാനികൾ അപ്രത്യക്ഷമാകു



ചിത്രം 7.13 : ചില ഹിമാനീയ നിക്ഷേപ അപരദന രൂപങ്ങൾ [സ്പെൻസറിൽനിന്നും (1962) കടമെടുത്തതും പരിഷ്കരിച്ചതും)]



ചിത്രം 7.14 : നിരവധി നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന ഹിമാനീയ ഭൂപ്രദേശദൃശത്തിന്റെ വിദൂര രേഖാദൃശ്യം
[സ്പെൻസറിൽനിന്നും (1962) കടമെടുത്തതും പരിഷ്കരിച്ചതും)]

ന്നതോടെ സിർക്കുകളിൽ ചെറു ജലാശയങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഇത്തരം ജലാശയങ്ങളെ സിർക്ക് ലേക്കുകൾ (Cirque lakes) അഥവാ ടാൺ ലേക്കുകൾ (Tarn lakes) എന്നുവിളിക്കുന്നു. രണ്ടോ അതിലധികമോ സിർക്കുകൾ ഒന്നിനുതാഴെ മറ്റൊന്ന് എന്നവിധത്തിൽ പടിക്കെട്ടുകൾക്ക് സമാനമായി രൂപപ്പെടാറുണ്ട്.

ഹോണുകളും സെറേറ്റഡ് റിഡ്ജുകളും (Horn and Serrated ridges)

സിർക്കുകൾക്കുണ്ടാകുന്ന ശീർഷതല അപരദനത്തിലൂടെയാണ് ഹോണുകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ഒരു കൊടുമുടിയെ ചുറ്റിയുള്ള മൂന്നോ അതിലധികമോ സിർക്കുകൾക്ക് ഇത്തരത്തിൽ ശീർഷതല അപരദനമുണ്ടാകുന്നതിന്റെ ഫലമായി അവ പരസ്പരം കൂടിച്ചേർന്ന് സൃഷ്ടിക്കുന്നതും ഉയർന്നതും മൂർച്ചയേറിയതും ചെങ്കുത്തായ വശങ്ങളോടുകൂടിയതുമായ കൊടുമുടികളാണ് ഹോണുകൾ. സിർക്കുകൾക്കിടയിലെ പാർശ്വ-ശീർഷ ഭിത്തികൾ കൂടുതൽ അപരദനത്തിലൂടെ നേർത്തുവരുന്നതിന്റെ ഫലമായി എറേറ്റുകൾ (Aretes) എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്നതും ഈർച്ചവാൾമുനകൾക്ക് സമാനവുമായ മലനിരകളുണ്ടാകുന്നു.

> സിർക്കുകൾക്ക് ശീർഷതല അപരദനം ഉണ്ടായതിന്റെ ഫലമായി സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ട ഹോണുകളാണ് ആൽപ്സ് പർവതനിരയിലെ ഏറ്റവും ഉയരമുള്ള മാറ്റർഹോൺ കൊടുമുടിയും ഹിമാലയപർവതനിരയിലെ ഏറ്റവും ഉയരമുള്ള എവറസ്റ്റ് കൊടുമുടിയും.

ഹിമാനീകൃതതാഴ്വരകൾ (Glaciated Valleys/Troughs)

ചെങ്കുത്തായ വശങ്ങളോടും താരതമ്യേന മിനുസമാർന്ന വിശാല അടിത്തറയോടും കൂടിയ U -രൂപത്തിലുള്ള തടങ്ങളാണ് ഹിമാനീകൃത താഴ്വരകൾ. അങ്ങിങ്ങായി ചിതറിക്കാണപ്പെടുന്ന ശിലാ അവശിഷ്ടങ്ങളും ഹിമാനീകൃത നിക്ഷേപങ്ങളും ഈ താഴ്വരകൾക്ക് ഒരു ചതുപ്പിന്റെ പരിവേഷം നൽകുന്നു. ഇത്തരം താഴ്വരകളിലെ ശിലാപ്രതലങ്ങളിലോ ശിലാവശിഷ്ടങ്ങൾക്കുള്ളിലായോ തടാകങ്ങൾ രൂപപ്പെടാറുണ്ട്. പ്രധാന ഹിമാനീകൃത താഴ്വരയുടെ വശങ്ങളിൽ നിശ്ചിത ഉയരത്തിൽ തൂക്കുതാഴ്വരകളും ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രധാന താഴ്വരയിലേക്കു വന്നിറങ്ങുന്ന തൂക്കുതാഴ്വരകൾക്കിടയിലുള്ള വിഭാജകങ്ങൾ പരസ്പരം വേറിട്ടു നിൽക്കുന്ന ത്രികോണമുഖങ്ങളായി ദൃശ്യമാകുന്നു.

ഉയർന്ന അക്ഷാംശമേഖലകളിൽ സമുദ്രതീരത്തോടു ചേർന്ന് രൂപപ്പെടുന്ന വളരെ ആഴമുള്ള ഹിമാനീകൃത താഴ്വരകളിൽ കടൽവെള്ളം കെട്ടിനിൽക്കുന്നു. ഇത്തരം ഹിമാനീകൃത താഴ്വരകളെ ഫിജോർഡുകൾ അഥവാ ഫിയോർഡുകൾ (Fjords/Fiords) എന്നുവിളിക്കുന്നു.

> ഹിമാനീകൃതതാഴ്വരകളും നദീതാഴ്വരകളും തമ്മിലുള്ള അടിസ്ഥാനവ്യത്യാസങ്ങളെന്തെല്ലാം?

നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങൾ

ഹിമാനി ഉരുകുന്നതിന്റെ ഫലമായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന വലുതും ചെറുതുമായ സമ്മിശ്ര ശിലാവശിഷ്ടങ്ങളെ ഗ്ലേഷ്യൽ ടിൽ (Glacial till) എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഇവയിലെ ഒട്ടുമിക്ക ശിലാഖണ്ഡങ്ങളും കോണീയരൂപങ്ങളായിരിക്കും. ഹിമാനികളുടെ അടിഭാഗത്തോ, വശങ്ങളിലോ, ഏറ്റവും താഴ്ഭാഗത്തോ മഞ്ഞുരുകുന്നതിന്റെ ഫലമായി നീർച്ചാലുകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ഈ നീർച്ചാലുകൾക്ക് വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകാൻ കഴിയുന്ന ചെറിയ തോതിലുള്ള ശിലാവശിഷ്ടങ്ങളെ താഴേക്ക് ഒഴുക്കിക്കൊണ്ടുപോകുകയും നിക്ഷേപിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരം വിസ്തൃത ഹിമ-ജല നിക്ഷേപങ്ങളെ 'ഔട്ട്വാഷ്' നിക്ഷേപങ്ങൾ (Outwash deposits) എന്നുവിളിക്കുന്നു.

ടിൽ നിക്ഷേപങ്ങളിൽനിന്ന് വ്യത്യസ്തമായി, ഔട്ട്വാഷ് നിക്ഷേപങ്ങൾ ഏറെക്കുറെ പാളികളായും തരികളുടെ വലിപ്പമനുസരിച്ച് തരംതിരിക്കപ്പെട്ട രീതിയിലുമായിരിക്കും. ഔട്ട്വാഷ് സമതലങ്ങളിലെ ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾക്ക് ഏറെക്കുറെ ഉരുണ്ട അരികുകളായിരിക്കും. ഹിമാവൃതമേഖലകളിൽ പൊതുവെ കാണപ്പെടുന്ന ഏതാനും നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങളാണ് ചിത്രം 7.14-ൽ.

മൊറെയ്നുകൾ (Moraines)

ഹിമാനീകൃത ശിലാപദാർഥങ്ങൾ നിക്ഷേപിച്ചുണ്ടാകുന്ന ദീർഘനിരകളാണ് മൊറെയ്നുകൾ. ഒരു ഹിമാനിയുടെ പാദഭാഗത്തുണ്ടാകുന്ന ഇത്തരം നിക്ഷേപങ്ങളാണ് ടെർമിനൽ മൊറെയ്നുകൾ (Terminal Moraines). ഹിമാനീയ താഴ്വരയുടെ വശങ്ങളിൽ സമാന്തരമായി രൂപപ്പെടുന്ന നിക്ഷേപങ്ങളാണ് ലാറ്ററൽ മൊറെയ്നുകൾ (Lateral Moraines), ഇവ ടെർമിനൽ മൊറെയ്നുകളുമായി ചേർന്ന് കുതിരലാടത്തിന്റെ ആകൃതി കൈവരിക്കുന്നു (ചിത്രം 7.13). ഒരു ഹിമാനീയതാഴ്വരയുടെ ഇരുവശങ്ങളിലുമായി നിരവധി ലാറ്ററൽ മൊറെയ്നുകൾ രൂപപ്പെടാം. ഇത്തരം മൊറെയ്നുകൾ രൂപപ്പെടുന്നതിന് പൂർണമായോ ഭാഗികമായോ കാരണമാകുന്നത് വശങ്ങളിലേക്ക് വസ്തുക്കളെ തള്ളിവിടുന്ന ഹിമ-ജല സ്വാധീനമാണ്. പല താഴ്വര ഹിമാനികളും വളരെ വേഗത്തിൽ പിൻവാങ്ങുന്ന സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഹിമാനീകൃതശിലാപദാർഥങ്ങളുടെ ക്രമരഹിതമായ നിക്ഷേപങ്ങൾ ബാക്കിയാക്കുന്നു. കനത്തിലും ആകൃതിയിലും വൈവിധ്യം പുലർത്തുന്ന ഇത്തരം നിക്ഷേപങ്ങളെ ഗ്രൗണ്ട് മൊറെയ്നുകൾ (Ground Moraines) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഹിമാനീയ താഴ്വരയുടെ മധ്യത്തിലായി ലാറ്ററൽ മൊറെയ്നുകളുടെ ചേർച്ചയിലൂടെ രൂപംകൊള്ളുന്ന ഹിമാനീകൃതനിക്ഷേപങ്ങളാണ് മീഡിയൽ മൊറെയ്നുകൾ (Medial Moraines).

ലാറ്ററൽ മൊറെയ്നുകളുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ മീഡിയൽ മൊറെയ്നുകൾക്ക് പൂർണതയുണ്ടാകില്ല. പലയിടങ്ങളിലും മീഡിയൻ മൊറെയ്നുകളെ ഗ്രൗണ്ട് മൊറെയ്നുകളിൽനിന്നും വേർതിരിച്ചറിയാൻ പ്രയാസമാണ്.

എസ്കറുകൾ (Eskers)

ഉഷ്ണകാലത്ത് ഹിമാനി ഉരുകുന്നതിലൂടെ ജലം ഹിമപാളിക്ക് മുകളിലൂടെ ഒഴുകുകയോ അരികുകളിലൂടെ അരിച്ചിറങ്ങുകയോ അല്ലെങ്കിൽ ഹിമപാളിയിലെ തന്നെ സുഷിരങ്ങളിലൂടെ ഒഴുകുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഈ ജലം ഹിമപാളിക്ക് അടിയിലൂടെ നീർച്ചാലായി ഒഴുകുന്നു. ജലം ഭൗമോപരിതലത്തിലൂടെ ഒഴുകുമ്പോൾ ഹിമപാളികൾ ഇരുവശങ്ങളിലും വരമ്പ് തീർക്കുന്നു (ഭൂമിയിൽ കാർന്നെടുത്ത താഴ്വരയായല്ല). ഹിമാനിക്ക് അടിയിലുള്ള ഈ താഴ്വരയിൽ ജലത്തിലൂടെ ഒഴുകിയെത്തുന്ന ശിലാഖണ്ഡങ്ങളും പാറക്കഷണങ്ങളും ചെറിയ വലിപ്പത്തിലുള്ള ശിലാപദാർഥങ്ങളും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. മഞ്ഞ് പൂർണമായും ഉരുകുന്നതോടെ കാണാൻ കഴിയുന്ന വക്രനിരകളായുള്ള നിക്ഷേപങ്ങളെ എസ്കറുകൾ (Eskers) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ഔട്ട്വാഷ് സമതലങ്ങൾ (Outwash plains)

ഹിമാവൃതപർവതങ്ങളുടെ അടിവാരസമതലങ്ങളും വൻകരഹിമാനികളുടെ അതിർവരമ്പിനുപുറത്തുള്ള സമതലങ്ങളും ചരൽ, മണ്ണ്, നേർത്ത മണ്ണുള്ളതരികൾ, കളിമണ്ണ് എന്നിവ കലർന്ന ഹിമ-ജല നിക്ഷേപങ്ങൾ പരസ്പരംചേർന്ന എക്കൽ വിശറികളുടെ രൂപത്തിൽ മൂടപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

> നദീതട എക്കൽസമതലങ്ങളും ഹിമാനീയ എക്കൽ സമതലങ്ങളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?

ഡ്രംലിനുകൾ (Drumlins)

ഹിമാനീകൃതശിലാപദാർഥങ്ങൾ ചരലും മണലുമായി ചേർന്ന് മിനുത്ത ദീർഘവൃത്താകൃതിയിലുണ്ടാകുന്ന നിക്ഷേപനിരകളാണ് ഡ്രംലിനുകൾ. ഹിമാനിയുടെ ചലനദിശയ്ക്കു സമാന്തരമായിട്ടാണ് ഡ്രംലിനുകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. ഏകദേശം ഒരു കിലോമീറ്റർവരെ നീളവും 30 മീറ്ററോളം ഉയരവും ഇവയ്ക്കുണ്ടാകും. ഹിമാനിക്ക് അഭിമുഖമായ വശം (Stoss) പിൻവശത്തെ (Tail) അപേക്ഷിച്ച് കൂടുതൽ ചെങ്കുത്തായിരിക്കും. ഹിമാനിപ്പിളർപ്പുകളിലൂടെ വൻതോതിൽ അടിത്തട്ടിലെത്തി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന ശിലാപദാർഥസഞ്ചയമാണ് ഡ്രംലിനുകളായി രൂപപ്പെടുത്തുന്നത്. ഹിമാനിയുടെ തള്ളൽബലം കാരണം ഹിമാനിക്ക് അഭിമുഖമായവശം തേയ്മാനത്തിലൂടെ ചെങ്കുത്താകുന്നു. ഡ്രംലിനുകളുടെ ആകൃതിയിൽനിന്നും ഹിമാനിയുടെ ചലനദിശ മനസ്സിലാക്കാനാകും.

> ഹിമകൃതശിലാപദാർഥങ്ങളും (Till) എക്കലും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?

തിരമാലകളും സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളും

സമുദ്രതീരഭൗതികപ്രക്രിയകളാണ് ഏറ്റവും ചലനാത്മകവും വിനാശകരവുമായിട്ടുള്ളത്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ തീരദേശപ്രദേശങ്ങളെയും തീരദേശഭൂരൂപങ്ങളെയും കുറിച്ച് പഠിക്കേണ്ടതിന്റെ പ്രാധാന്യം നിങ്ങൾക്ക് ഊഹിക്കാമല്ലോ.

തീരപ്രദേശങ്ങളിലെ ചില മാറ്റങ്ങൾ വളരെ വേഗത്തിലാണ് നടക്കുന്നത്. ഒരു നിശ്ചിത സ്ഥലത്തുതന്നെ വ്യത്യസ്ത ഋതുക്കളിൽ അപരദനവും നിക്ഷേപവും നടക്കാം. തീരദേശമാറ്റങ്ങളിലേറെയും തിരമാലകളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. തിരമുറിയുന്നതോടെ ഏറെ ശക്തമായി തീരത്തേക്ക് ജലം അടിച്ചുകയറുന്നതിനൊപ്പം കടൽത്തറയിൽ അവസാദങ്ങളുടെ കടയൽകൂടി നടക്കുന്നു. തിരമാലകൾ ആവർത്തിച്ച് ചെലുത്തുന്ന ആഘാതം തീരപ്രദേശങ്ങളിൽ പ്രകടമായ മാറ്റങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. സാധാരണ തിരകളെ അപേക്ഷിച്ച് കൊടുങ്കാറ്റുകളുണ്ടാക്കുന്ന തിരമാലകൾക്കും സുനാമി തിരകൾക്കും ചുരുങ്ങിയ സമയംകൊണ്ട് വ്യാപകമായ മാറ്റം സൃഷ്ടിക്കാനാകും. തിരമാലയുടെ പ്രകൃതത്തിന് മാറ്റമുണ്ടാകുന്നതിനനുസരിച്ച് തിരമാലകൾ ചെലുത്തുന്ന ബലത്തിന്റെ തീവ്രതയും മാറുന്നു.

> തിരമാലകളും ജലപ്രവാഹങ്ങളും സൃഷ്ടിക്കുന്ന ബലങ്ങളെക്കുറിച്ച് നിങ്ങൾക്കറിയാമോ? സമുദ്രജല ചലനങ്ങൾ എന്ന അധ്യായം നോക്കുക.

തിരമാലകളെ കൂടാതെ തീരദേശഭൂരൂപങ്ങളെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ എന്തൊക്കെയെന്ന് നോക്കൂ: (i) കരയുടെയും കടൽത്തറയുടെയും ആകൃതി സവിശേഷതകൾ, (ii) പ്രസ്തുത തീരം കടലേറ്റത്തിലൂടെ രൂപംകൊണ്ടതാണോ, കടലിറക്കത്തിലൂടെ രൂപംകൊണ്ടതാണോ എന്നത്.

സമുദ്രനിരപ്പ് സ്ഥിരമാണെന്ന് സങ്കൽപ്പിച്ചാൽ തീരപ്രദേശഭൂരൂപപരിണാമം വിശദമാക്കുന്നതിന് രണ്ടുതരം തീരങ്ങളെ പരിഗണിക്കാം:

(i) ഉയർന്നതും പാറക്കെട്ടുകളുമുള്ളതുമായ തീരം (Submerged coast)

(ii) താഴ്ന്നതും നേരിയ ചെരിവോടുകൂടിയതുമായ അവസാദതീരം (Emerged coast)

ഉയർന്ന പാറക്കെട്ടുകളുള്ള തീരങ്ങൾ (High Rocky Coasts)

ഉയർന്നപാറക്കെട്ടുകളുള്ള തീരപ്രദേശങ്ങളിലെ തികച്ചും ക്രമരഹിതമായ തീരരേഖയിൽ നദികൾ മുങ്ങി മറയുന്നു. ഹിമാനീയതാഴ്വരകൾ തീരത്തോടടുത്ത് സരിതിചെയ്യുന്ന ഇടങ്ങളിൽ (ഫിയോർഡുകൾ) ഉൾവ

ലിഞ്ഞ് കാണപ്പെടുന്ന തീരരേഖയിലൂടെ കടൽവെള്ളം കരയിലേക്ക് വ്യാപിക്കാറുണ്ട്. ഇവിടെ ഇരുഭാഗത്തുമുള്ള കുന്നിൻചരിവുകൾ പൊടുന്നനെ ജലത്തിൽ മുങ്ങുന്ന വിധമായിരിക്കും. നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങൾ തീരെയുണ്ടാകാത്ത ഇത്തരം തീരങ്ങളിൽ അപരദനഭൂരൂപങ്ങളായിരിക്കും കൂടുതലായി ഉണ്ടാകുന്നത്.

ഉയർന്ന പാറക്കെട്ടുകളുള്ള തീരങ്ങളിൽ ആഞ്ഞടിക്കുന്ന തിരമാലകളുടെ ശക്തിയിൽ കുന്നിൻചരിവുകൾക്ക് ക്ലിഫുകളായി (തൂക്കുപാറക്കെട്ടുകൾ) രൂപമാറ്റം വരുന്നു. ആവർത്തിച്ചുള്ള തിരകളുടെ ആഘാതം മൂലം ക്ലിഫുകൾ പിന്നിലേക്ക് നീങ്ങുന്നതിലൂടെ ക്ലിഫുകൾക്ക് മുന്നിലായി ഒരു തിരാകൃതശിലാപ്രതലം (Wavecut platform) അവശേഷിക്കുന്നു. നിമ്നോന്നതികളെ ക്രമേണ തിരമാലകൾ തേയ്മാനത്തിലൂടെ താഴ്ത്തുന്നു.

ക്ലിഫുകളിൽനിന്നും നീക്കംചെയ്യപ്പെടുന്നതും താഴേക്ക് പതിക്കുന്നതുമായ വസ്തുക്കൾ ക്രമേണ പരസ്പരം ഉരസിപ്പൊടിയുകയും തിരമാലകളാൽ പുറംകടലിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

കീഴക്കാംതൂക്കായ ക്ലിഫുകൾ രൂപമെടുക്കുകയും കടലോരം കരഭാഗത്തേക്കു പിൻവലിയുകയും ചെയ്ത് ഏറെക്കാലം കഴിയുമ്പോൾ, കൂടുതൽ അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട്, തിരാകൃത ക്ലിഫുകൾക്ക് മുന്നിലായി ഒരു തിരാകൃതതിട്ട (Wavecut terrace) രൂപമെടുക്കുന്നു. ഇതിനെത്തുടർന്ന് തീരമേഖല കൂടുതൽ അപരദനത്തിന് വിധേയമായി കൂടുതൽ അവസാദങ്ങൾ വന്നടിഞ്ഞ് ക്രമേണ ഒരു വിസ്തൃതകടപ്പുറത്തിന് രൂപം നൽകുവാൻ ആരംഭം കുറിയ്ക്കുന്നു. ഇതോടൊപ്പം 'മണൽത്തിട്ടകൾ' (Bar) എന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്ന മണലിന്റെയോ, ചരൽനിക്ഷേപങ്ങളുടെയോ, തീരസമാന്തരവും ദൈർഘ്യമേറിയതുമായ നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങളായ വരമ്പുകളും ആവിർഭവിക്കുന്നു. ഇത്തരം തീരസമാന്തരവരമ്പുകൾ ജലവിതാനത്തിനടിയിലായിരിക്കുമ്പോൾ മണൽത്തിട്ടകൾ എന്നും ജലവിതാനത്തിന് മുകളിൽ ദൃശ്യമാകുമ്പോൾ 'പ്രാകാരമണൽത്തിട്ട' (Barrier bars) കളെന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. കരയുമായി ബന്ധമുള്ള മണൽത്തിട്ടകൾക്ക് 'സ്പിറ്റ്' (Spit) കൾ എന്നാണ് പേര്. പ്രാകാരമണൽത്തിട്ടകളും സ്പിറ്റുകളും ഉൽക്കടൽ മുഖങ്ങൾക്ക് കുറുകെ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട് കാണുമ്പോൾ ഇവ ഉൾക്കടലിനേയും സമുദ്രത്തേയും പരസ്പരം വേർതിരിക്കുന്ന വിധമായിരിക്കും സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ലഗൂണുകൾ (Lagoons) എന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്ന തീരദേശകായലുകൾ ഇപ്രകാരം ഉണ്ടാകുന്നവയാണ്. ലഗൂണുകളും കാലാന്തരത്തിൽ അവയിൽ അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപ്പിക്കപ്പെട്ട് തീരദേശസമതലത്തിന്റെ ഭാഗമായിത്തീരുകയും ചെയ്യും.

താഴ്ന്ന അവസാദതീരങ്ങൾ

താഴ്ന്ന അവസാദതീരങ്ങളിൽ നദികൾ അവയുടെ നീളംകൂട്ടാൻ ശ്രമിക്കുംവിധം തീരസമതലങ്ങളും ഡെൽറ്റകളും നിർമിക്കുന്നു. പൊതുവെ നിരപ്പായ തീരരേഖയിൽ അങ്ങിങ്ങ് വെള്ളം കയറിക്കിടക്കുന്ന ലഗൂണുകളും വേലിയേറ്റവിടവുകളും കാണാനാകും. കരനേരിയ ചരിവിൽ കടലുമായി കൂടിച്ചേരുന്ന കടലോരത്ത് അങ്ങിങ്ങായി ചതുപ്പുകളും വെള്ളക്കെട്ടുകളും രൂപപ്പെടാം. നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങളാണ് ഇവിടെ കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നത്.

നേരിയ ചരിവുള്ള ഈ അവസാദതീരങ്ങളിൽ തിരയടിക്കുമ്പോൾ അടിത്തട്ടിലായി അവസാദങ്ങൾക്ക് കടയലും നീക്കവും സംഭവിക്കുന്നതിലൂടെ മണൽത്തിട്ടകൾ, ബാരിയർ ബാറുകൾ അഥവാ മണൽമതിലുകൾ, സ്പിറ്റുകൾ, ലഗൂണുകൾ എന്നിവ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. ലഗൂണുകൾ ക്രമേണ ചതുപ്പുകളായും പിന്നീട് തീരസമതലമായും പരിണമിക്കുന്നു. ഈ നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങളുടെ നിലനിൽപ്പ് ശിലാവസ്തുക്കളുടെ തുടർച്ചയായ ലഭ്യതയെ ആശ്രയിച്ചായിരിക്കും. എന്നാൽ കൊടുങ്കാറ്റുകളും സുനാമിതിരമാലകളും വ്യാപകമായ മാറ്റങ്ങൾക്ക് വഴിവച്ചേക്കാം. ധാരാളം അവസാദങ്ങൾ വഹിച്ചെത്തുന്ന വലിയ നദികൾ ഇത്തരം തീരങ്ങളിൽ ഡെൽറ്റകൾ (Deltas) സൃഷ്ടിക്കുന്നു.

> പിൻവാങ്ങൽ പ്രക്രിയയിലൂടെ രൂപപ്പെട്ട ഉയർന്ന പാറക്കെട്ടുകളുള്ള തീരമാണ് നമ്മുടെ രാജ്യത്തിന്റെ പടിഞ്ഞാറൻതീരം. എന്നാൽ ഇന്ത്യയുടെ പൂർവതീരം ഒരു താഴ്ന്ന അവസാദതീരമാണ്. പൂർവതീരത്ത് നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങളാണ് താരതമ്യേന കൂടുതൽ.

> ഉയർന്ന പാറക്കെട്ടുകളുള്ള തീരവും താഴ്ന്ന അവസാദതീരങ്ങളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങളെന്തെല്ലാം?

അപരദനഭൂരൂപങ്ങൾ

ക്ലിഫുകൾ (Cliffs), തിരാകൃത തട്ടുകൾ (Wave terraces), കടൽഗുഹകൾ (Caves), കടൽസ്തംഭങ്ങൾ (Stacks)

അപരദനത്തിന് മുൻതൂക്കമുള്ള തീരങ്ങളിലെ രണ്ടു പ്രധാന ഭൂരൂപങ്ങളാണ് തിരാകൃതമായ ക്ലിഫുകളും തിട്ടകളും. പൊതുവെ, കടൽതീരക്ലിഫുകൾ എല്ലാംതന്നെ ചെങ്കുത്തായതും ഏതാനും മീറ്റർ മുതൽ 30 മീറ്ററോ അതിലധികമോ ഉയരമുള്ളവയുമാണ്. ഈ ക്ലിഫുകളുടെ അടിവാരത്ത് ക്ലിഫുകളിൽനിന്നുതന്നെ അടർന്നുവീണ ശിലാദ്രവ്യങ്ങളാൽ മൂടപ്പെട്ട നിരപ്പാർന്നതോ നേരിയ ചരിവുള്ളതോ ആയ ശിലാതലങ്ങൾ (Platform) ഉണ്ടാകാം. തിരമാലകളുടെ ശരാശരി ഉയരത്തെക്കാൾ ഉയർന്നു കാണപ്പെടുന്ന ഈ ശിലാതലങ്ങളെ തിരാകൃതതട്ടുകൾ (Wave cut terrace) എന്നുവിളിക്കുന്നു.

കടൽത്തീരക്ലിഫുകളുടെ ചുവടുഭാഗത്ത് ആഞ്ഞടിക്കുന്ന തിരമാലകളും ശിലാപദാർഥങ്ങളും അവിടെ വിദരങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഈ പൊത്തുകൾ വിസ്തൃതിയും ആഴവും വർധിച്ച് കടൽഗുഹകൾ (Sea Caves)

രൂപംകൊള്ളുന്നു. ഇത്തരം കടൽഗുഹകളുടെ മേൽത്തട്ട് തകർന്നടിയുന്നതോടെ ക്ലിഫുകൾ ക്രമേണ കരഭാഗത്തേക്ക് ഉൾവലിയുന്നു. ക്ലിഫുകൾ ഉൾവലിയുമെങ്കിലും ചില ഒറ്റപ്പെട്ട ശിലാവശിഷ്ടങ്ങൾ തീരത്തോടടുത്ത് തുരുത്തുകളായി അവശേഷിക്കുന്നു. ക്ലിഫുകളുടെയോ കടൽത്തീരകുന്നുകളുടെയോ ശേഷിപ്പുകളായ ഇത്തരം സവിശേഷതകളെ കടൽസ്തംഭങ്ങളെ (Sea stacks) എന്നു വിളിക്കുന്നു. മറ്റെല്ലാ ഭൂരൂപങ്ങളെയുംപോലെ കടൽസ്തംഭങ്ങളും സ്ഥായിയല്ല. ക്രമേണ ക്ലിഫുകളും കടൽത്തീരകുന്നുകളും തിരാ അപരദനത്തിലൂടെ അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നതോടെ ഒരു ഇടുങ്ങിയ തീരസമതലം രൂപപ്പെടുന്നു. കരയിൽനിന്നും കൂടുതൽ അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതോടെ എക്കലും മണലും ചരലും ഇടകലർന്ന് മൂടപ്പെട്ട വിശാലമായ കടപ്പുറം (Beaches) അവിടെ രൂപംകൊള്ളുന്നു.

നിക്ഷേപണ രൂപങ്ങൾ

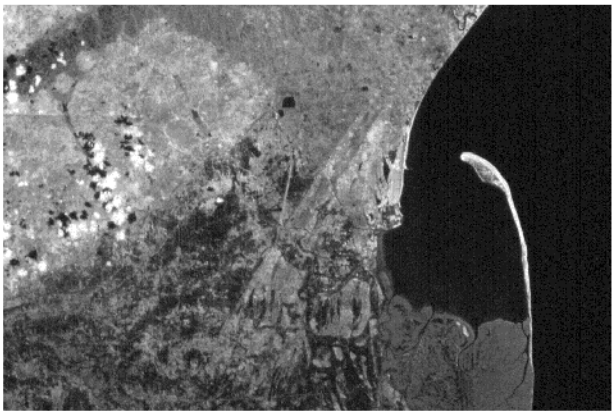
കടപ്പുറവും കടൽതീരമണൽമേടുകളും

നിക്ഷേപണപ്രക്രിയയ്ക്ക് മുൻതൂക്കമുള്ള തീരദേശ സവിശേഷതകളാണ് കടപ്പുറങ്ങൾ. നിരപ്പില്ലാത്ത തീരങ്ങളിലും അങ്ങിങ്ങായി അവ കാണപ്പെടുന്നു. കടപ്പുറങ്ങൾക്ക് രൂപം നൽകുന്ന അവസാദങ്ങളിലേറെയും കരയിൽനിന്നും നദികളിലൂടെ അല്ലെങ്കിൽ തിരാ അപരദനത്തിലൂടെ എത്തിച്ചേരുന്നവയാണ്. കടപ്പുറങ്ങൾ താൽകാലിക സവിശേഷതകളാണ്. സ്ഥിരമെന്ന് തോന്നുന്ന ഇത്തരം മണൽപരപ്പുകൾ മറ്റൊരു ഋതുവിൽ ചിലപ്പോൾ ഉരുളൻ കല്ലുകളുടെ ഇടുങ്ങിയ നിക്ഷേപങ്ങളായിട്ടാകും കാണപ്പെടുന്നത്. കടപ്പുറങ്ങളേറെയും മണൽവലിപ്പത്തിലുള്ള വസ്തുക്കളുടെ നിക്ഷേപങ്ങളാണ്. എന്നാൽ ചരൽ കടപ്പുറങ്ങൾ (Shingle beaches) എന്നറിയപ്പെടുന്ന കടപ്പുറങ്ങളിൽ ചെറിയ ഉരുളൻകല്ലുകളും പാറക്കഷണങ്ങളുമാണ് കാണപ്പെടുന്നത്.

കാറ്റിലൂടെ കടപ്പുറത്തുനിന്നും പറത്തിക്കൊണ്ടുപോകുന്ന മണൽത്തരികൾ തരംതിരിച്ച് കടപ്പുറത്തിന് തൊട്ടുപിന്നിലായി മണൽമേടുകളായി നിക്ഷേപിക്കുന്നു. തീരരേഖയ്ക്കു സമാന്തരമായ ഇത്തരം ദീർഘമണൽമേടുകൾ താഴ്ന്ന അവസാദതീരങ്ങളുടെ പൊതുവായ സവിശേഷതയാണ്.

മണൽത്തിട്ടകൾ (Bars), ബാരിയറുകൾ (Barriers), സ്പിറ്റുകൾ (Spits)

തീരത്തുനിന്നും കടലിനുള്ളിലേക്കുമാറി ഏറെക്കുറെ തീരത്തിനു സമാന്തരമായി മണലുംചരലും കലർന്ന നിരകളെ ആഴക്കടൽ മണൽതിട്ടകൾ (Offshore bows) എന്നു വിളിക്കുന്നു (വേലിയിറക്കനിരപ്പിനും താഴെ). കൂടുതൽ മണൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതിലൂടെ ജലനിരപ്പിനുമുകളിൽ ദൃശ്യമാകുന്ന മണൽത്തിട്ടകളെ മണൽമതിലുകൾ (Barrier bars) എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു. ആഴക്കടൽമണൽതിട്ടകളും മണൽമതിൽ നിക്ഷേപങ്ങളും സാധാരണയായി രൂപപ്പെടുന്നത് നദീമുഖങ്ങൾക്ക് കുറുകെയോ ഉൾക്കടലുകളുടെ പ്രവേശനഭാഗത്തോ ആണ്. മണൽമതിലുകളുടെ ഒരറ്റം ഉൾക്കടലിലൂടെ ഒരു വശവുമായി ചേർന്ന് രൂപപ്പെടുന്ന സാഹചര്യങ്ങളിൽ അവയെ സ്പിറ്റുകൾ (Spits) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. തീരത്തോട് സ്പർശിച്ചു നിൽക്കുന്ന വിധത്തിലും സ്പിറ്റുകൾ രൂപപ്പെടാം. ഉൾക്കടൽ മുഖത്ത് രൂപപ്പെടുന്ന മണൽമതിൽ നിക്ഷേപങ്ങളും മണൽത്തിട്ടകളും സ്പിറ്റുകളും ക്രമേണ വികസിച്ചു വരുന്നതോടെ ഉൾക്കടലിനെ പുറംകടലുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ഭാഗം ഇടുങ്ങിവരുന്നു. ക്രമേണ ഉൾക്കടൽപ്രദേശം ഒരു ലഗൂണായി (കായൽ) പരിണമിക്കുന്നു. കാലാന്തരത്തിൽ കരയിൽനിന്നും കടൽപ്പുറങ്ങളിൽനിന്നും വരുന്ന അവസാദങ്ങളാൽ ലഗൂണുകൾ മൂടപ്പെട്ട് അവിടം അതിവിശാലമായ തീരസമതലമായി വികസിച്ചുവരുന്നു.



ചിത്രം 7.15 : ഗോദാവരി നദീഡൽറ്റയിലെ സ്പിറ്റ് കാണാൻ കഴിയുന്ന ചിത്രം

ശക്തമായ കടൽക്ഷോഭങ്ങളുടെയും സുനാമികളുടെയും വിനാശകബലത്തെ ആഗിരണംചെയ്ത് ആദ്യഘട്ടപ്രതിരോധം തീർക്കാൻ പുറംകടൽ മണൽതിട്ടകൾക്ക് കഴിയുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാമോ? മണൽമതിൽ നിക്ഷേപങ്ങളും കടപ്പുറവും മണൽമേടുകളും കണ്ടൽസസ്യജാലങ്ങളുമെല്ലാം ശക്തമായ കടൽക്ഷോഭങ്ങളെ പ്രതിരോധിക്കാൻ സഹായകമാകുന്നുണ്ട്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ തീരദേശ അവസാദസന്തുലനത്തിനും കണ്ടൽ സസ്യജാലങ്ങൾക്കും ആഘാതമേൽക്കുംവിധമുള്ള മനുഷ്യപ്രവർത്തനങ്ങൾ തീരദേശവാസസ്ഥലങ്ങളെ കടൽക്ഷോഭങ്ങൾക്കും സുനാമിത്തിരകൾക്കും വിധേയമാക്കുന്നതരത്തിൽ തീരപ്രദേശഭൂരൂപങ്ങളുടെ നാശത്തിന് വഴിവയ്ക്കും.

കാറ്റുകൾ

ഉഷ്ണമരുഭൂമികളിലെ രണ്ട് പ്രമുഖ ഭൂരൂപീകരണ സഹായികളിൽ ഒന്നാണ് കാറ്റ്. മരുഭൂമികൾ വരണ്ടതും തരിശുമായതിനാൽ അവിടെ ഭൂതലം വേഗത്തിലും കൂടിയ അളവിലും ചൂടുപിടിക്കുന്നു. ചൂടായ ഭൗമോപ

രിതലം നേർമുകളിലെ അന്തരീക്ഷവായുവിനെ ചൂടാക്കുന്നതിനാൽ വായു വികസിച്ചുയരുന്നതിനും സഞ്ചാരഗതിയിലുണ്ടാകുന്ന തടസ്സങ്ങൾ വാതച്ചുഴികളും ചുഴലിക്കാറ്റുകളും വായുവിന്റെ ലംബചലനങ്ങളും സൃഷ്ടിക്കുന്നു. മരുഭൂമിയിലൂടെ അതിവേഗം നീങ്ങുന്ന കാറ്റിന് തടസങ്ങളുണ്ടാകുമ്പോൾ അത് വായുവിന്റെ തിരിച്ചലിന് ഇടവരുത്തുന്നു. ചിലപ്പോൾ ഏറെ വിനാശകാരികളായ കൊടുങ്കാറ്റുകളുണ്ടാകുന്നു. അപവഹനം (Deflation), അപഘർഷണം (Abrasion) ഇംപാക്ട് എന്നിങ്ങനെ വിവിധ തരത്തിലാണ് കാറ്റിന്റെ പ്രഭാവം. ശിലോപരിതലത്തിൽനിന്നും പൊടിയും നേർത്ത വസ്തുക്കളും എടുത്തുയർത്തുകയും നീക്കംചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നതാണ് അപവഹനം. വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകവേ ചെറുതും വലുതുമായ മണൽത്തരികൾ ആയുധങ്ങളായി പ്രവർത്തിച്ചുകൊണ്ട് ഭൂതലത്തിന് തേയ്മാനമുണ്ടാക്കുന്നതാണ് അപകർഷണം. കാറ്റിലൂടെ വന്നെത്തുന്ന മണൽത്തരികളും മറ്റും ശിലാപ്രതലത്തിലേൽപ്പിക്കുന്ന സമ്മർദബലമാണ് ഇംപാക്ട് (Impact). ഇത് 'സാന്റ്ബ്ലാസ്റ്റിംഗ്' പ്രവർത്തനത്തിന് സമാനമാണ്. കാറ്റിന്റെ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെ നിരവധി അപരദന, നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങളാണ് മരുഭൂമികളിൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നത്.

വാസ്തവത്തിൽ മരുഭൂമികളിലെ പല ഭൂരൂപങ്ങളും രൂപപ്പെടുന്നതിൽ ശിലദ്രവ്യനീക്കത്തിനും ജലത്തിന്റെ പരന്നൊഴുകലിനും പങ്കുണ്ട്. പൊതുവെ വിരളമായി മാത്രം മഴയുള്ള മരുഭൂമികളിൽ അതിവേഗത്തിൽ പേമാരിയായി മഴയെത്തുന്നു. സസ്യാവരണമില്ലാത്ത മരുഭൂമികളിൽ വലിയ തോതിലുള്ള ദൈനിക താപാന്തരംമൂലം ശിലകൾ ഭൗതികവും രാസികവുമായ അപക്ഷയങ്ങൾക്ക് വിധേയമാവുകയും വേഗത്തിൽ വിഘടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിവേഗത്തിൽ സംഭവിക്കുന്ന പേമാരി അപക്ഷയവിധേയമായ പദാർഥങ്ങളെ എളുപ്പത്തിൽ വഹിച്ചുമാറ്റാൻ സഹായിക്കുന്നു. ഇതിനർഥം മരുഭൂമിയിലെ അപക്ഷയവിധേയമായ ശിലാപദാർഥങ്ങളെ നീക്കംചെയ്യുന്നതിൽ കാറ്റുകൾ മാത്രമല്ല മഴയും നീരൊഴുക്കും പങ്കുവഹിക്കുന്നു എന്നതാണ്. നേർത്തവസ്തുക്കൾ കാറ്റിലൂടെയും മറ്റുള്ളവ നീരൊഴുക്കും പ്രളയവും മുഖേനയുമാണ് നീക്കം ചെയ്യുന്നത്. മരുഭൂമികളിലെ നീർച്ചാലുകൾ, വീതിയേറിയതും നിരപ്പായതും നിയതമല്ലാത്തതുമാണ്. മഴയെ തുടർന്ന് ഹ്രസ്വകാലത്തേക്കുമാത്രം ഒഴുകുന്നവയാണ് നീർച്ചാലുകൾ.

അപരദനഭൂരൂപങ്ങൾ

പെഡിമെന്റുകളും പെഡിപ്ലെയിനുകളും (Pediments and Pediplains)

മരുഭൂമികളിലെ ഭൂപ്രദേശപരിണാമം മുഖ്യമായും പെഡിമെന്റുകളുടെ രൂപപ്പെടലും വ്യാപനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടതാണ്. പർവത അടിവാരങ്ങളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന നേരിയ ചരിവുള്ള ശിലാതലങ്ങളാണ് പെഡിമെന്റുകൾ. ഇത് ശിലാപദാർഥങ്ങളാൽ മൂടപ്പെട്ടും അല്ലാതെയും കാണപ്പെടുന്നു. നീർച്ചാലുകളുടെ പാർശ്വ അപരദനം, പ്രളയം എന്നിവയുടെ സംയുക്തപ്രവർത്തനത്താൽ പർവതമുഖങ്ങൾക്കുണ്ടാകുന്ന അപരദനമാണ് ഇത്തരം ശിലാതലങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നത്.

ഭൂരൂപങ്ങളുടെ ചെങ്കുത്തായ വശങ്ങളെയോ വിരൂപണചലനങ്ങളാൽ രൂപപ്പെട്ട് ഭൂരൂപങ്ങൾക്കുള്ളിൽ എഴുന്നുനിൽക്കുന്ന ഭൂസവിശേഷതകളെയോ കേന്ദ്രീകരിച്ചാണ് അപരദനം ആരംഭിക്കുന്നത്. ചെങ്കുത്തായവശങ്ങൾ അതിരാകുന്നവിധം കൂടുതൽ ചരിവോടുകൂടി പെഡിമെന്ററുകൾ രൂപപ്പെട്ടുകഴിഞ്ഞാൽ ക്രമേണ ചെങ്കുത്തായ ചരിവും പിൻവാങ്ങുന്നു. ഈ അപരദനരീതിയെ 'പാരലൽ റിട്രീറ്റ് ഓഫ് സ്ലോപ് ത്രൂ ബാക്ക്‌വേസ്റ്റിംഗ്' (Parallel Retreat of Slops through Backwasting) എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെ പർവതമുഖങ്ങളെ തള്ളിമാറ്റിക്കൊണ്ട് പെഡിമെന്റുകൾ പിന്നിലേക്ക് വ്യാപിക്കുന്നു. പർവതങ്ങൾ തേയ്മാനത്താൽ താഴ്ത്തപ്പെടുന്നതിലൂടെ ഇൻസൽബർഗുകൾ (Inselbergs) എന്ന് അറിയപ്പെടുന്ന പർവതാവശിഷ്ടങ്ങൾ ബാക്കിയാവുന്നു. ഇങ്ങനെയാണ് മരുഭൂമികളിലെ ഉയർന്ന ഭൂപ്രദേശങ്ങൾ തേഞ്ഞു തീർന്ന് പെഡിപ്ലെയിനുകൾ (Pediplains) എന്ന നിരപ്പായ സമതലങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത്.

പ്ലയാസ് (Playas)

സമതലങ്ങളാണ് മരുഭൂമികളിലെ ഏറ്റവും പ്രകടമായ ഭൂരൂപങ്ങൾ. ചുറ്റും പർവതങ്ങളും കുന്നുകളുംകൊണ്ട് വലയം ചെയ്യപ്പെട്ട തടങ്ങളിൽ കേന്ദ്രഭാഗത്തേക്കുള്ള നീരൊഴുക്കും അതിലൂടെ വന്നെത്തുന്ന അവസാദങ്ങളും നിക്ഷേപിച്ച് നിരപ്പായ സമതലം രൂപപ്പെടുന്നു. കൂടുതൽ ജലം എത്തിച്ചേരുന്ന അവസാദങ്ങളിൽ ഇത്തരം സമതലങ്ങളിൽ ജലം കെട്ടിനിന്ന് ആഴം കുറഞ്ഞ ജലാശയങ്ങളുണ്ടാകുന്നു. ആഴം കുറഞ്ഞ ഇത്തരം ജലാശയങ്ങളെ പ്ലയാസ് (Playas) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ബാഷ്പീകരണം നിമിത്തം ജലത്തിന് അധികകാലം നിലനിൽക്കാനാകാത്തതിനാൽ ഇവിടെ സമൃദ്ധമായ ലവണനിക്ഷേപങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ലവണങ്ങളാൽ മൂടപ്പെട്ട പ്ലയാസമതലങ്ങളെ ആൾക്കലി ഫ്ളാറ്റുകൾ (Alkali flats) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

അപവഹന ഗർത്തങ്ങളും (Deflation hollows), ഗുഹകളും (Caves)

ഒരേ ദിശയിൽ സ്ഥിരമായി വീശുന്ന കാറ്റ് അപക്ഷയവിധേയമായ ശിലാപദാർഥങ്ങളും മണ്ണും എടുത്തുയർത്തുന്നതിലൂടെ ആഴം കുറഞ്ഞ ഗർത്തങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ഈ ഗർത്തങ്ങളെ അപവഹന ഗർത്തങ്ങൾ (Deflation hollows) എന്നു വിളിക്കുന്നു. അപവഹനം മൂലം ശിലാപ്രതലങ്ങളിൽ നിരവധിയായ ചെറുകുഴികളും വിടവുകളും രൂപപ്പെടുന്നു. കാറ്റിലൂടെ വന്നെത്തുന്ന മണൽത്തരികൾ ശിലാമുഖങ്ങളിൽ സമ്മർദവും ഉരസലും ഏൽപ്പിക്കുന്നതിനാൽ പൊത്തുകൾ സൃഷ്ടി

ക്കുന്നു. ഇത്തരം പൊത്തുകളെ ബ്ലോഔട്ടുകൾ എന്ന് പറയുന്നു. ഇവ കൂടുതൽ ആഴത്തിലും പരപ്പിലും വികസിക്കുന്നതിലൂടെ ക്രമേണ ഗുഹകൾ (Caves) രൂപപ്പെടുന്നു.

കൂൺശിലകൾ (Mushroom rocks), പീഠശിലകൾ (Table rocks), പെഡസ്റ്റലുകൾ (Pedestals)

കാറ്റിന്റെ അപരദനത്തിന് വിധേയമായി മരുഭൂമികളിലെ പല ശിലാരൂപങ്ങൾക്കും എളുപ്പത്തിൽ തേയ്മാനമുണ്ടാകുന്നു. കൂണിന്റെ ആകൃതിയിൽ കടഞ്ഞ് മിനുസപ്പെടുത്തിയ പ്രതിരോധശേഷിയുള്ള ചില ശിലാശേഷിപ്പുകൾ ബാക്കിയാവുന്നു. ഇത്തരം ഭൂരൂപങ്ങൾക്ക് ഉരുണ്ട പിയർ ആകൃതിയിലുള്ള തലപ്പും താരതമ്യേന ശോഷിച്ച കൽതൂണുകളുമാണുണ്ടായിരിക്കുക. ചില സാഹചര്യങ്ങളിൽ പീഠസമാനമായി പരന്നപ്രതലത്തോടുകൂടിയോ ശിലകൾ എഴുന്നുനിൽക്കുന്നവിധത്തിലോ (പെഡസ്റ്റൽ രൂപത്തിലോ) ശിലാശേഷിപ്പുകൾ കാണാനാകുന്നു.

> കാറ്റിന്റെ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെയും പ്രതലപ്രളയത്തിലൂടെയും സൃഷ്ടിക്കുന്ന ഭൂരൂപങ്ങൾ പട്ടികപ്പെടുത്തുക.

നിക്ഷേപണഭൂരൂപങ്ങൾ

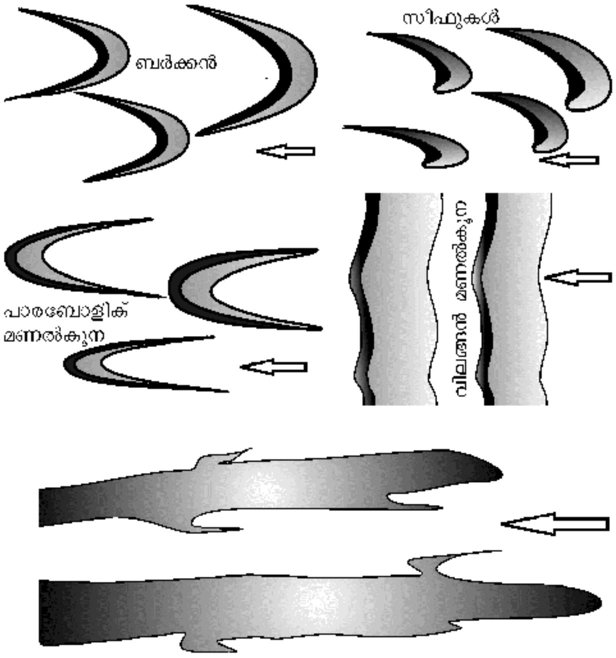
ശിലാപദാർഥങ്ങളെ തരംതിരിക്കാൻ ശേഷിയുള്ള അപരദന സഹായിയാണ് കാറ്റ്. കാറ്റിന്റെ വേഗതയ്ക്കനുസരിച്ച് അവ വ്യത്യസ്ത വലിപ്പത്തിലുള്ള മൺതരികളെ പറത്തിയും ഉരുട്ടിയും കൊണ്ടുപോകുന്നു. ഇങ്ങനെ കൊണ്ടുപോകുന്ന അവസരത്തിൽതന്നെ വസ്തുക്കൾ തരംതിരിക്കപ്പെടുന്നു. കാറ്റിന്റെ വേഗത കുറയാൻ തുടങ്ങുന്നതോടെ വലിപ്പത്തിനനുസരിച്ച് മണൽതരികൾ താഴേയ്ക്കടിയും. അതിനാൽ കാറ്റിന്റെ നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങളിൽ വസ്തുക്കളുടെ വലിപ്പത്തിനനുസരിച്ചുള്ള വ്യക്തമായ തരംതിരിവ് പ്രകടമാണ്. എവിടെയും കാറ്റുള്ളതിനാൽ സമൃദ്ധമായ സ്രോതസ്സും ഒരേ ദിശയിൽ സ്ഥിരമായി കാറ്റുവീശുകയും ചെയ്യുന്ന മറ്റു പ്രദേശങ്ങളിലും മരുഭൂമിയിലെപോലെ നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങളുണ്ടാകാം.

മണൽമേടുകൾ (Sand dunes)

വരണ്ട ഉഷ്ണമരുഭൂമികളാണ് മണൽമേടുകൾ രൂപപ്പെടുന്നതിന് അനുകൂലമായ പ്രദേശങ്ങൾ. മണൽമേടുകൾക്ക് തുടക്കമിടുന്നത് കാറ്റിന്റെ സഞ്ചാരത്തിന് തടസ്സമുണ്ടാകുമ്പോൾ വൈവിധ്യമാർന്നതരത്തിൽ മണൽമേടുകൾ കാണാനാകും (ചിത്രം 7.16).

ബർക്കൻസ് (Barchans)

ചന്ദ്രക്കലയുടെ ആകൃതിയും കാറ്റിന്റെ സഞ്ചാരദിശയിൽ വളരുന്ന ചിറകുകൾപോലെ അഗ്രങ്ങളുമുള്ള മണൽമേടുകളാണ് ബർക്കനുകൾ. ഏറെക്കുറെ നിരപ്പായ തലങ്ങളിൽ മിതവേഗത്തിലും സ്ഥിരദിശയിലും മണൽത്തരികൾ വഹിച്ചുകൊണ്ടു കാറ്റുവീശുമ്പോഴാണ്



അനുദൈർഘ്യ മണൽകുന

ബർക്കനുകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. ഭാഗികമായി സസ്യാവൃതമായ മണൽപ്പരപ്പുകളിൽ പാരബോളിക് (Parabolic dune) മണൽമേടുകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. കാറ്റിന്റെ ദിശയ്ക്കു മാറ്റമില്ലാതെ തന്നെ വിപരീതദിശയിൽ വികസിക്കുന്ന ബർക്കനുകളാണ് പാരബോളിക് മേടുകൾ. ബർക്കനുകളോട് സാമ്യമുണ്ടെങ്കിലും അതിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമായി ഒരു ചിറകുമാത്രമുള്ള മണൽകൂനകളാണ് സീഫുകൾ (Seif). കാറ്റിന്റെ ദിശയിൽ മാറ്റമുണ്ടാകുന്നതിനാലാണ് സീഫുകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. സീഫുകളുടെ ചിറകുകൾ കൂടുതൽ ഉയരത്തിലും നീളത്തിലും വളരുന്നു.

കാറ്റിന്റെ ദിശയിൽ സ്ഥിരതയും മണൽത്തരികളുടെ അളവിൽ കുറവുമുള്ളപ്പോൾ അനുദൈർഘ്യ മണൽമേടുകൾ (Logitudinal dunes) രൂപപ്പെടുന്നു. ഗണ്യമായ നീളത്തിലും ഉയരം കുറഞ്ഞും ഇത്തരം മണൽനിരകൾ കാണപ്പെടുന്നു. കാറ്റിന്റെ ദിശയ്ക്ക് ലംബമായാണ് വിലങ്ങൻ മണൽമേടുകൾ (Transverse dune) രൂപംകൊള്ളുന്നത്. കാറ്റിന്റെ ദിശയ്ക്ക് കുറുകെ നീളത്തിൽ സറിതി ചെയ്യുന്ന മണൽസ്രോതസുകളും സറിരദിശയിലുള്ള കാറ്റുമാണ് ഇത്തരം മണൽകൂനകൾക്ക് കാരണം. ഇത്തരം മണൽകൂനകൾ വളരെ നീളത്തിലും കുറഞ്ഞ ഉയരത്തിലുമായിരിക്കും. ധാരാളം മണൽ ലഭ്യമാകുന്നതോടെ സാധാരണ മണൽമേടുകൾ പരസ്പരം ചേർന്ന് അവയുടെ ആകൃതിയും സ്വാഭാവികസവിശേഷതകളും നഷ്ടമാകുന്നു. മരുഭൂമികളിലെ മിക്കവാറും മണൽമേടുകൾക്ക് സറാനമാറ്റം സംഭവിക്കാറുണ്ട്. എന്നാൽ ഏതാനും ചില മണൽമേടുകൾ മാത്രമാണ് സ്ഥായിയായി കണ്ടുവരുന്നത്, പ്രത്യേകിച്ച് ജനവാസമേഖലകളോടടുത്തുള്ളവ.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.

   (i) ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ഭൂരൂപവികസനത്തിന്റെ ഏത് ഘട്ടത്തിലാണ് താഴ്‌വരയുടെ അടിത്തട്ടിനെ താഴ്ത്തുന്ന വിധത്തിലുള്ള അപരദനം സജീവമാകുന്നത്?

   (a) യുവത്വഘട്ടം (c) യുവത്വമാർന്ന ഘട്ടത്തിന്റെ തുടക്കത്തിൽ

   (b) യുവത്വമാർന്ന ഘട്ടത്തിനൊടുവിൽ (d) വാർധക്യഘട്ടം

   (ii) ചെങ്കുത്തായതും പടികൾക്ക് സമാനവുമായ ചരിവുകളോടുകൂടിയ അഗാധതാഴ്‌വരകളെ എന്ത് പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നു?

   (a) U-രൂപതാഴ്‌വര (c) അന്ധതാഴ്‌വര

   (b) ഗിരികന്ദരം (d) കാന്യൺ

   (iii) ചുവടെ തന്നിട്ടുള്ളവയിൽ ബലകൃത അപക്ഷയപ്രക്രിയകളേക്കാൾ രാസിക അപക്ഷയപ്രക്രിയയ്ക്ക് മുൻതൂക്കമുള്ള പ്രദേശം ഏത്?

   (a) ആർദ്രമേഖല (c) വരണ്ടമേഖല (മരുഭൂമിമേഖല)

   (b) ചുണ്ണാമ്പുകൽമേഖല (d) ഹിമാനീയമേഖല

   (iv) തന്നിട്ടുള്ളവയിൽ 'Lapies' എന്ന പദത്തിന് ശരിയായ നിർവചനമേത്?

   (a) ചെറുതോ ഇടത്തരം വലിപ്പത്തിലുള്ളതോ ആയ ആഴംകുറഞ്ഞ ഗർത്തം

   (b) മുകളിൽ വൃത്താകാരവും താഴേയ്ക്ക് ചോർപ്പിന്റെ ആകൃതിയുമുള്ള മുഖത്തോടുകൂടിയ ഭൂരൂപം

   (c) മുകളിൽനിന്നും തുള്ളികളായി ജലം വീഴുന്നതിലൂടെ രൂപംകൊള്ളുന്ന ഭൂരൂപം

   (d) മൂർച്ചയേറിയ ശിലാതലപ്പുകളോടും നിരകളോടുംകൂടിയ നിരപ്പില്ലാത്ത പ്രതലം

   (v) പിന്നിലും വശങ്ങളിലും അവതലനാകൃതിയോടുകൂടിയ ആഴവും നീളവും വിസ്തൃതിയുമുള്ള തടങ്ങൾ ഏത് പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നു?

   (a) സിർക്ക് (c) ലാറ്ററൽ മൊറെയ്ൻ

   (b) ഹിമാനീയതാഴ്‌വര (d) എസ്കർ

2. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:

   (i) പാറകളിൽ രൂപപ്പെടുന്ന വക്രവലയങ്ങളും എക്കൽ സമതലങ്ങളിലെ വക്രവലയങ്ങളും എന്താണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്?

   (ii) താഴ്‌വര സിങ്കുകൾ അഥവാ ഉവാലകളുടെ രൂപീകരണം വിശദമാക്കുക.

   (iii) ചുണ്ണാമ്പുകൽ പ്രദേശങ്ങളിൽ ഉപരിതലനീരൊഴുക്കിനെക്കാൾ കൂടുതൽ ഭൂഗർഭനീരൊഴുക്കാണുള്ളത്. കാരണമെന്ത്?

   (iv) ഹിമാനീയതാഴ്‌വരകളിൽ നീളത്തിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന ചില നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങൾ കാണാം. അവയുടെ സ്ഥാനവും അറിയപ്പെടുന്ന പേരുകളും എഴുതുക.

   (v) മരുഭൂമിപ്രദേശങ്ങളിൽ കാറ്റ് ഭൂരൂപരൂപീകരണപ്രവർത്തനം നിർവഹിക്കുന്നതെങ്ങനെയാണ്? മരുഭൂമികളിലെ അപരദനഭൂരൂപങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിന് കാരണമായ ശക്തി കാറ്റ് മാത്രമാണോ?

3. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക.

   (i) ആർദ്രമേഖലകളിലും വരണ്ടമേഖലകളിലും ഉപരിതലഭൂരൂപങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിൽ ഒഴുക്ക് വെള്ളം തന്നെയാണ് ഏറ്റവും നിർണായകമായ ശക്തി. വിശദമാക്കുക.

   (ii) ആർദ്രകാലാവസ്ഥാ മേഖലകളിലും വരണ്ടകാലാവസ്ഥാ മേഖലകളിലും ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് തികച്ചും വ്യത്യസ്ത സ്വഭാവം പുലർത്തുന്നു. എന്തുകൊണ്ട്? ചുണ്ണാമ്പുകൽപ്രദേശങ്ങളിലെ ഏറ്റവും പ്രകടവും തനതുമായ ഭൂരൂപീകരണപ്രക്രിയ ഏത്? അതിന്റെ ഫലങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?

   (iii) ഉയർന്ന പർവതങ്ങളെ തേയ്മാനത്തിലൂടെ ഉയരം കുറഞ്ഞ കുന്നുകളും സമതലങ്ങളുമാക്കി താഴ്ത്തുന്ന ഹിമാനികളുടെ പ്രവർത്തനം എപ്രകാരമാണ് നിർവഹിക്കപ്പെടുന്നത്?

പ്രോജക്ട് പ്രവർത്തനം

നിങ്ങളുടെ ചുറ്റുപാടുമുള്ള ഭൂരൂപങ്ങൾ, ഭൗമവസ്തുക്കൾ, ഭൗമപ്രക്രിയകൾ എന്നിവ തിരിച്ചറിയുക.

യൂണിറ്റ്
IV

കാലാവസ്ഥ

ഈ യൂണിറ്റിൽ ചർച്ചചെയ്യുന്നത്:

- അന്തരീക്ഷം — ഉള്ളടക്കവും ഘടനയും; ദിനാവസ്ഥയുടെയും കാലാവസ്ഥയുടെയും ഘടകങ്ങൾ
- സൗരവികിരണം — പതനകോണും വിതരണവും; ഭൂമിയുടെ താപബജറ്റ് — അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ചൂടാകലും തണുക്കലും (സംനയനം, സംവഹനം, ഭൗമവികിരണം, അഭിവഹനം); ഊഷ്മാവ് — ഊഷ്മാവിനെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ; ഊഷ്മാവിന്റെ വിതരണം — തിരശ്ചീനവും ലംബവും; താപവിപര്യയം
- മർദം — മർദമേഖലകൾ; കാറ്റുകൾ, ആഗോളവാതങ്ങൾ — കാലികവാതങ്ങൾ; പ്രാദേശിക വാതങ്ങൾ, വായുസഞ്ചയവും വാതമുഖങ്ങളും, ഉഷ്ണമേഖല — ഉപോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ
- വർഷണം — ബാഷ്പീകരണം; ഘനീകരണം — തുഷാരം — ഹിമം, മൂടൽമഞ്ഞ്, നേർത്ത മൂടൽമഞ്ഞ്, മേഘങ്ങൾ; മഴ — മഴയുടെ വിവിധ തരങ്ങൾ — ആഗോളവിതരണം
- ലോക കാലാവസ്ഥകൾ — വർഗീകരണം (കൊപ്പൻ) ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവം — ആഗോളതാപനവും കാലാവസ്ഥാ മാറ്റങ്ങളും

K6K3E2

അധ്യായം

8

അന്തരീക്ഷം - സംരചനയും ഘടനയും

വായുവില്ലാതെ മനുഷ്യന് ജീവിക്കാനാകുമോ? വിശക്കുമ്പോൾ നാം ഭക്ഷണം കഴിക്കുകയും ദാഹിക്കുമ്പോഴൊക്കെ വെള്ളം കുടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ ഓരോ നിമിഷവും നാം ശ്വസിക്കുന്നു. എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളുടെയും നിലനിൽപിന് വായു അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. മനുഷ്യനുൾപ്പെട്ട ജീവജാലങ്ങൾക്ക് ഭക്ഷണവും ജലവുമില്ലാതെ താരതമ്യേന കൂടുതൽ സമയം ജീവിക്കാനാകുന്നു, എന്നാൽ ശ്വാസവായുവില്ലാതെ ഏതാനും മിനിട്ടുകൾ പോലും ജീവിക്കാനാകില്ല. അതുകൊണ്ട് തന്നെ അന്തരീക്ഷത്തെക്കുറിച്ച് വിശദമായി മനസിലാക്കേണ്ടതുണ്ട്. വ്യത്യസ്ത വാതകങ്ങളുടെ ഒരു മിശ്രിതമായ അന്തരീക്ഷം ഭൂമിയെ ചുറ്റി സറിതി ചെയ്യുന്നു. മനുഷ്യനും മറ്റ് ജന്തുക്കൾക്കും ജീവവായുവായ ഓക്സിജനും സസ്യങ്ങൾക്ക് കാർബൺ ഡൈ ഓക്സസൈഡും ആവശ്യമായ അളവിൽ അന്തരീക്ഷം ഉൾക്കൊള്ളുന്നു.

ഭൂമിയുടെ അവിഭാജ്യഘടകമായ വായുപിണ്ഡത്തിന്റെ 99% -വും ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും 32 കിലോമീറ്ററുകൾക്കുള്ളിലാണ് സറിതി ചെയ്യുന്നത്. അന്തരീക്ഷ വായുവിന്റെ സാന്നിധ്യം നമുക്ക് തിരിച്ചറിയാനാകുന്നത് കാറ്റ് വീശുമ്പോൾ മാത്രമാണ്.

> അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഓസോണിന്റെ അഭാവത്തിൽ നമുക്കെന്തു സംഭവിക്കുമെന്ന് നിങ്ങൾക്ക് ഊഹിക്കാൻ കഴിയുമോ?

അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഉള്ളടക്കം (The Composition of the Atmosphere)

വിവിധ തരത്തിലുള്ള വാതകങ്ങളും ജലബാഷ്പവും പൊടിപടലങ്ങളുമാണ് അന്തരീക്ഷത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന പ്രധാന ഘടകങ്ങൾ. അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉയർന്ന തലങ്ങളിലേക്ക് പോകുംതോറും വാതകങ്ങളുടെ അനുപാതത്തിൽ വ്യത്യാസം കണ്ടുവരുന്നു. അതുപോലെ ഉയരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ഓക്സിജന്റെ അളവ് കുറയുകയും 120 കിലോമീറ്റർ എത്തുമ്പോഴേക്കും വളരെ നിസ്സാരമായ അളവിൽ മാത്രമായിത്തീരുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും ഏകദേശം 90 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിൽവരെ മാത്രമെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡിന്റെയും ജലബാഷ്പത്തിന്റെയും സാന്നിധ്യമുള്ളൂ.

പട്ടിക 8.1 : അന്തരീക്ഷത്തിലെ സ്ഥിരവാതകങ്ങൾ

സറിരവാതകങ്ങൾ	സൂത്രവാക്യം	വ്യാപ്തം (%)
നൈട്രജൻ	N_2	78.08
ഓക്സിജൻ	O_2	20.95
ആർഗൺ	Ar	0.93
കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്	CO_2	0.036
നിയോൺ	Ne	0.002
ഹീലിയം	He	0.0005
ക്രിപ്റ്റോൺ	Kr	0.001
സിനോൺ	Xe	0.00009
ഹൈഡ്രജൻ	II_2	0.00005

വാതകങ്ങൾ (Gases)

അന്തരീക്ഷത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വാതകങ്ങളുടെ 99 ശതമാനവും നൈട്രജനും (78%) ഓക്സിജനും (21%) മാണ്. ചെറിയ അളവിൽമാത്രം (1%) അന്തരീക്ഷത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മറ്റ് വാതകങ്ങളാണ് ആർഗൺ, കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്, നിയോൺ, ഹീലിയം, ഹൈഡ്രജൻ തുടങ്ങിയവ. ഭൂമിയിലെ കാലാവസ്ഥയെ സ്വാധീനിക്കുന്ന പ്രധാന വാതകമാണ് കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്. ഈ വാതകം സൗരവികിരണത്തിന് സുതാര്യവും എന്നാൽ ഭൗമവികിരണത്തിന് അതാര്യവുമാണ്. ഭൗമവികിരണത്തിൽ കുറച്ചുഭാഗം അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് ആഗിരണം ചെയ്യുകയും ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്ക് പ്രതിഫലിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവത്തിന് കാരണമാകുന്നത്.

മേൽപ്പറഞ്ഞ വാതകങ്ങളിൽ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് ഒഴികെ മിക്ക വാതകങ്ങളുടേയും അളവ് അന്തരീക്ഷത്തിൽ സ്ഥായിയായി നിലനിൽക്കുന്നു. കഴിഞ്ഞ ചില ദശകങ്ങളായി ജൈവ ഇന്ധനങ്ങളുടെ അമിതമായ ഉപയോഗം കാരണം അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡിന്റെ അളവ് ക്രമാതീതമായി വർധിച്ചു വരുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡിന്റെ വർധനവ് കൂടുതൽ ഭൗമവികിരണം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നതിനും തന്മൂലം വർദ്ധിച്ച ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവത്തിനും കാരണമാകുന്നു. അന്തരീക്ഷതാപനില വർധിക്കുന്നതിന് ഇത് ഇടയാക്കുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിലെ മറ്റൊരു പ്രധാനഘടകമാണ് ഓസോൺ. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്ന് 10 കിലോമീ

റ്റർ മുതൽ 50 കിലോമീറ്റർ വരെ ഉയരത്തിലുള്ള ഭാഗത്താണ് ഈ വാതകം കണ്ടുവരുന്നത്. സൂര്യനിൽനിന്ന് പ്രസരിക്കുന്ന മാരകമായ അൾട്രാവയലറ്റ് രശ്മികളെ ആഗിരണം ചെയ്ത് ഭൂമിയുടെ ഒരു രക്ഷാകവചമായി വർത്തിക്കുന്നത് ഈ അന്തരീക്ഷപാളിയാണ്.

ജലബാഷ്പം (Water Vapour)

തുടർച്ചയായ മാറ്റത്തിന് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു അന്തരീക്ഷഘടകമാണ് ജലബാഷ്പം. കാലദേശഭേദങ്ങൾക്കനുസൃതമായി അന്തരീക്ഷത്തിലെ ജലബാഷ്പത്തിന്റെ അളവിൽ വ്യത്യാസം കണ്ടുവരുന്നു. അതുപോലെ ഉയരം കൂടുന്തോറും ഇതിന്റെ അളവ് കുറഞ്ഞ് വരുന്നതായി കാണാം. ഉഷ്ണമേഖലാപ്രദേശത്ത് വായുവിൽ ഏകദേശം 4 ശതമാനത്തോളം ജലബാഷ്പമാണ് അടങ്ങിയിട്ടുള്ളതെങ്കിൽ വരണ്ടതും തണുത്തതുമായ മരുഭൂമികളിലും തണുത്ത പ്രദേശങ്ങളിലും വായുവിൽ ജലബാഷ്പത്തിന്റെ അളവ് ഒരു ശതമാനത്തിൽ കുറവാണ്. ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്തുനിന്ന് ധ്രുവങ്ങളിലേക്ക് പോകുംതോറും അന്തരീക്ഷത്തിലെ ജലബാഷ്പത്തിന്റെ അളവ് കുറഞ്ഞുവരുന്നു. സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള വികിരണത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നതോടൊപ്പം ഭൗമവികിരണത്തെ തടഞ്ഞുനിർത്തി ഭൗമോപരിതലത്തിൽ കൂടുതൽ ചൂടോ തണുപ്പോ ഇല്ലാതെ ഒരു പുതപ്പുപോലെ നിലനിർക്കുന്ന അന്തരീക്ഷഘടകമാണ് ജലബാഷ്പം.

പൊടിപടലങ്ങൾ (Dust Particles)

വ്യത്യസ്ത സ്രോതസ്സുകളിൽനിന്ന് എത്തിച്ചേരുന്ന കടലുപ്പ്, ചാരം, പൂമ്പൊടി, ഉൽക്കാശകലങ്ങൾ, നേർത്ത മൺതരികൾ തുടങ്ങിയ ചെറിയ ഖരപദാർഥങ്ങളും അന്തരീക്ഷം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന പൊടിപടലങ്ങൾ സാധാരണയായി കണ്ടുവരുന്നത് അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഭൗമോപരിതലത്തിനോടടുത്ത ഭാഗങ്ങളിലാണ്. താപസംവഹന പ്രക്രിയയിലൂടെ ഈ ധൂളികണങ്ങൾ ഉയരങ്ങളിലെത്തുന്നു. ഉപോഷ്ണമേഖല പ്രദേശങ്ങളിലും മിതോഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശങ്ങളിലും വീശുന്ന വരണ്ട കാറ്റു മൂലം ഈ പ്രദേശങ്ങളിലെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് പൊടിപടലങ്ങൾ കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നു.

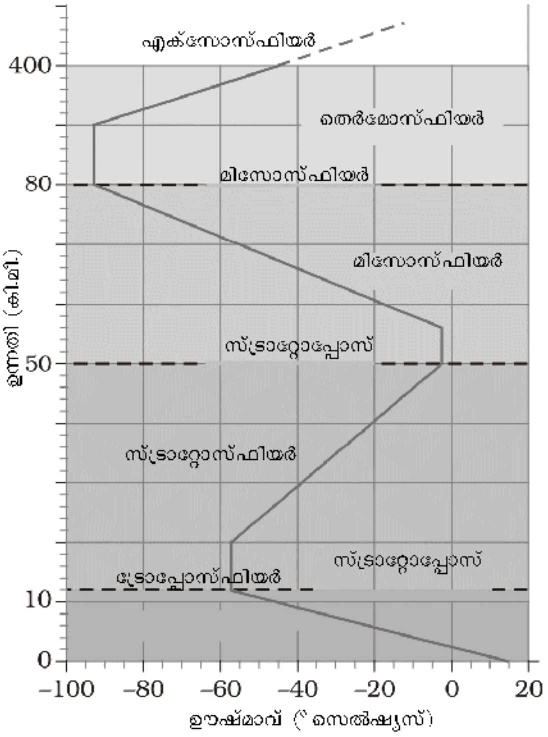
അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഘനീകരണ മർമങ്ങളായി (Hydroscopic nuclei) വർത്തിക്കുന്ന പൊടിപടലങ്ങളെ ചുറ്റി നീരാവി ഘനീഭവിച്ചാണ് മേഘങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്.

അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഘടന (Structure of the Atmosphere)

വ്യത്യസ്ത സാന്ദ്രതയും താപനിലയുമുള്ള പാളികൾ ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് അന്തരീക്ഷം. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്ന് മുകളിലോട്ട് പോകുംതോറും വായുവിന്റെ സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞുവരുന്നു. ഊഷ്മാവിന്റെ വ്യതിയാനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തെ അഞ്ച് വ്യത്യസ്ത പാളികളായി തിരിക്കാം. ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ, സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ, മിസോസ്ഫിയർ, അയണോസ്ഫിയർ, എക്സോസ്ഫിയർ എന്നിവയാണവ.

ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ (Troposhere)

അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഏറ്റവും താഴത്തെ പാളിയാണ് ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ. ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും ശരാശരി 13 കിലോമീറ്ററാണ് ഇതിന്റെ ഉയരം. ഈ പാളിയുടെ വ്യാപ്തി ധ്രുവപ്രദേശത്ത് 8 കിലോമീറ്റർ വരെയും ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്ത് 18 കിലോമീറ്റർ വരെയുമാണ്. ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശങ്ങളിൽ ശക്തമായ സംവഹനപ്രവാഹത്താൽ താപം ഉയരങ്ങളിലേക്കു പ്രസരിക്കുന്നതുകൊണ്ടാണ് ഈ പ്രദേശങ്ങളിൽ ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ വ്യാപ്തി കൂടിയിരിക്കുന്നത്. പൊടിപടലങ്ങളും ജലബാഷ്പവും ഏറ്റവും കൂടുതൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന അന്തരീക്ഷമണ്ഡലമാണിത്. മഞ്ഞ്, മഴ, കാറ്റ് തുടങ്ങിയ എല്ലാ തരത്തിലുമുള്ള അന്തരീക്ഷപ്രതിഭാസങ്ങളും കണ്ടുവരുന്നതും ഈ മണ്ഡലത്തിലാണ്. ഈ അന്തരീക്ഷപാളിയിൽ ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്ന് ഓരോ 165 മീറ്റർ ഉയരത്തിലും 1° സെൽഷ്യസ് എന്ന നിലയിൽ താപനില കുറഞ്ഞുവരുന്നു. ഭൂമിയിലെ എല്ലാ തരത്തിലുമുള്ള ജൈവപ്രവർത്തനങ്ങളും നടക്കുന്നത് ഈ അന്തരീക്ഷ ഭാഗത്താണ്. ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിനെ സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിൽനിന്നും വേർതിരിക്കുന്ന സംക്രമണ മേഖലയാണ് ട്രോപ്പോപ്പാസ്. ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്തിനു മുകളിൽ ട്രോപ്പോപ്പാസിലെ ഏകദേശ താപനില -80°C ഉം ധ്രുവ



ചിത്രം 8.1 : അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഘടന

പ്രദേശത്ത് -45° C ഉം ആണ്. ട്രോപ്പോപ്പോസിലെ താപനില ഏകദേശം സ്ഥിരമാണ്.

സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ (Stratosphere)

ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന് തൊട്ടുമുകളിലുള്ള അന്തരീക്ഷപാളിയാണ് സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ. ഈ പാളി ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്ന് ശരാശരി 50 കിലോമീറ്റർ വരെ വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട പാളിയായ ഓസോൺ പാളി സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിലാണ്. സൂര്യനിൽനിന്ന് പ്രസരിക്കുന്ന ഏറ്റവും അപകടകാരിയായ അൾട്രാവയലറ്റ് രശ്മികളെ ആഗിരണം ചെയ്ത് ഭൂമിയുടെ ഒരു രക്ഷാകവചമായി വർത്തിക്കുന്നത് ഓസോൺ പാളിയാണ്.

മിസോസ്ഫിയർ (Mesosphere)

സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിന് മുകളിൽ 80 കിലോമീറ്റർ ഉയരം വരെ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്ന അന്തരീക്ഷപാളിയാണ് മിസോസ്ഫിയർ. ഉയരം കൂടുംതോറും ഈ പാളിയിലെ താപനില കുറഞ്ഞുവരുന്നതായി കാണാം. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്ന് 80 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിൽ എത്തുമ്പോഴേക്കും താപനില -100°C വരെ താഴുന്നു. മിസോസ്ഫിയറിന്റെ ഏറ്റവും മുകളിലത്തെ ഭാഗം മിസോപാസ് (Mesopause) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. മിസോസ്ഫിയറിന് മുകളിൽ, 80 കിലോമീറ്ററിനും 400 കിലോമീറ്ററിനും ഇടയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന മണ്ഡലമാണ് അയണോസ്ഫിയർ (Ionosphere). വൈദ്യുതിചാർജുള്ള അയോൺ കണികകളുടെ സാന്നിധ്യമുള്ളതുകൊണ്ടാണ് ഈ പാളിയെ അയണോസ്ഫിയർ എന്നു വിളിക്കുന്നത്. ഭൂമിയിൽനിന്നും അയയ്ക്കുന്ന റേഡിയോ തരംഗങ്ങളെ പ്രതിഫലിപ്പിച്ച് ഭൂമിയിലേക്കുതന്നെ തിരിച്ചയയ്ക്കുന്നത് ഈ പാളിയാണ്. ഉയരം കൂടുംതോറും താപനില കൂടിവരുന്ന സ്വഭാവമാണ് ഈ പാളിക്കുള്ളത്.

എക്സോസ്ഫിയർ (Exosphere)

അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഏറ്റവും മുകളിലത്തെ പാളിയാണ് എക്സോസ്ഫിയർ. ഈ പാളിയെക്കുറിച്ച് പരിമിതമായ അറിവുകൾ മാത്രമേ നമുക്ക് ലഭിച്ചിട്ടുള്ളൂ. ഈ പാളിയിലെ വായു തന്മാത്രകളുടെ സാന്നിധ്യം ക്രമേണ നേർത്തുവരികയും ബഹിരാകാശത്തേക്ക് ലയിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. 400 കിലോമീറ്ററിന് മുകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഈ പാളി ബഹിരാകാശത്തോട് ചേർന്നു കിടക്കുന്നു.

കാലാവസ്ഥാ ഘടകങ്ങൾ

ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ജീവന്റെ നിലനിൽപ്പിനേയും കാലാവസ്ഥാമാറ്റങ്ങളെയും സ്വാധീനിക്കുന്ന അന്തരീക്ഷഘടകങ്ങളാണ് ഊഷ്മാവ്, മർദം, കാറ്റ്, ആർദ്രത, മേഘങ്ങൾ, വർഷണം തുടങ്ങിയവ. ഈ ഘടകങ്ങളെക്കുറിച്ച് 9, 10, 11 അധ്യായത്തിൽ വിശദമായി പ്രതിപാദിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയുത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.
   - (i) താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ഏത് വാതകമാണ് അന്തരീക്ഷത്തിൽ കൂടുതലായി അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്?
     (a) ഓക്സിജൻ (c) ആർഗൺ
     (b) നൈട്രജൻ (d) കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്
   - (ii) മനുഷ്യന് ഏറ്റവും ഉപകാരപ്രദമായ അന്തരീക്ഷപാളിയേത്?
     (a) സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ (c) മിസോസ്ഫിയർ
     (b) ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ (d) അയണോസ്ഫിയർ
   - (iii) കടലുപ്പ്, പൂമ്പൊടി, ചാരം, ധൂമം, നേർത്തമണ്ണ് — ഇവ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്?
     (a) വാതകങ്ങൾ (b) ജലബാഷ്പം (c) പൊടിപടലങ്ങൾ (d) ഉൽക്കകൾ
   - (iv) ഓക്സിജന്റെ അളവ് ഏറ്റവും നിസാരമായ തോതിൽ കാണപ്പെടുന്ന അന്തരീക്ഷ ഉയരം
     (a) 90 കി.മീ. (b) 100 കി.മീ. (c) 120 കി.മീ. (d) 150 കി.മീ.
   - (v) താഴെ തന്നിരിക്കുന്നവയിൽ ഏതു വാതകമാണ് സൗരവികിരണത്തിന് സുതാര്യമായതും ഭൂമിയിൽനിന്ന് തിരിച്ച് പോകുന്ന ഭൗമവികിരണത്തിന് അതാര്യമായതും (Opaque)?
     (a) ഓക്സിജൻ (c) ഹീലിയം
     (b) നൈട്രജൻ (d) കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്
2. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക.
   - (i) അന്തരീക്ഷം എന്നതുകൊണ്ട് നിങ്ങൾ എന്താണ് അർത്ഥമാക്കുന്നത്?
   - (ii) ദിനാവസ്ഥയെയും കാലാവസ്ഥയെയും സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?
   - (iii) അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഘടനയെക്കുറിച്ച് വിവരിക്കുക.
   - (iv) ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ അന്തരീക്ഷപാളികളിൽ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ടതായിത്തീരുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
3. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   - (i) അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഘടന വിവരിക്കുക.
   - (ii) അന്തരീക്ഷഘടനയുടെ ചിത്രംവരച്ച് ഭാഗങ്ങൾ അടയാളപ്പെടുത്തി വിവരിക്കുക.

P2L6Z7

അധ്യായം

9

സൗരവികിരണം, താപസന്തുലനം, ഊഷ്മാവ്

ചുറ്റുമുള്ള വായുവിന്റെ സാന്നിധ്യം നിങ്ങൾക്ക് അനുഭവപ്പെടാറുണ്ടോ? നമ്മൾ വായു ശ്വസിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും അതിന്റെ സാന്നിധ്യം തിരിച്ചറിയുന്നത് വായു ചലിക്കുമ്പോൾമാത്രമാണ്. വായു ചലിക്കുമ്പോഴാണ് കാറ്റ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഭൂമിക്കുചുറ്റും വായു ഒരു ആവരണമായി നിലകൊള്ളുന്നുവെന്ന് മുൻ അധ്യായത്തിൽ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. വ്യത്യസ്തവാതകങ്ങൾ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള വായുവിന്റെ കവചമാണ് അന്തരീക്ഷം. ഈ വാതകങ്ങൾ ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ജീവന്റെ നിലനിൽപ്പിന് ഏറെ സഹായകരമാണ്.

സൂര്യനിൽനിന്നാണല്ലോ ഊർജം ഭൂമിയിലേക്കെത്തുന്നത്. സൂര്യനിൽനിന്ന് ഭൂമിയിലേക്കെത്തുന്ന ഊർജത്തെ തിരിച്ച് ശൂന്യാകാശത്തേക്ക് വികിരണം ചെയ്യുന്നു. തൽഫലമായി ഭൂമി ദീർഘകാലം ചൂടാകാതെയോ തണുക്കാതെയോ നിൽക്കുന്നു. അതുപോലെ ഭൂമിയുടെ എല്ലാ പ്രദേശങ്ങളിലും ഒരേപോലെയല്ല ഊഷ്മാവ് അനുഭവപ്പെടുന്നത്. ഊഷ്മാവിലുള്ള ഈ വ്യതിയാനം അന്തരീക്ഷത്തിലെ മർദവ്യത്യാസങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുന്നു. ഇത് കാറ്റിന്റെ രൂപത്തിൽ താപം ഒരു മേഖലയിൽനിന്നും മറ്റൊരു മേഖലയിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടാൻ കാരണമാകുന്നു. അന്തരീക്ഷം ചൂടാകുകയും തണുക്കുകയും ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയകളും തൽഫലമായി ഭൗമോപരിതലത്തിലെ താപവിതരണ പ്രക്രിയയുമാണ് ഈ അധ്യായത്തിൽ വിശദീകരിക്കുന്നത്.

സൗരവികിരണം (Solar Radiation)

സൂര്യനിൽനിന്നും ഭൗമോപരിതലത്തിലെത്തുന്ന ഊർജത്തിന്റെ ഏറിയപങ്കും ഹ്രസ്വതരംഗരൂപത്തിലാണ്. ഇത്തരത്തിൽ ഭൂമിയിലെത്തുന്ന ഊർജത്തെയാണ് സൗരവികിരണം എന്നു പറയുന്നത് (Incoming solar radition or Insolation).

ഭൂമിക്ക് ഗോളസമാനാകൃതിയായതിനാൽ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ മുകൾപ്പരപ്പിൽ സൂര്യരശ്മി ചരിഞ്ഞാണ് പതിക്കുന്നത്. സൗരോർജത്തിന്റെ ചെറിയ ഒരളവുമാത്രമെ ഭൗമോപരിതലത്തിലെത്തുന്നുള്ളൂ. സൗരോർജം ഓരോ മിനിട്ടിലും ഒരോ ചതുരശ്രസെന്റിമീറ്ററിലും ശരാശരി 1.94 കലോറി എന്ന നിരക്കിലാണ് അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ മുകൾപ്പരപ്പിലെത്തുന്നത്. സൂര്യനും ഭൂമിയും തമ്മിലുള്ള അകലത്തിൽ വ്യത്യാസം വരുന്നതിനനുസരിച്ച് ഒരു വർഷത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉപരിഭാഗത്ത് ലഭ്യമാകുന്ന സൗരോർജത്തിൽ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. സൂര്യനുചുറ്റുമുള്ള ഭൂമിയുടെ പരിക്രമണവേളയിൽ ഒരു ദിനം ഭൂമി സൂര്യനിൽനിന്ന് ഏറ്റവും അകലത്തിലായിരിക്കും (152 ദശലക്ഷം കി.മീ. - ജൂലൈ 4). ഭൂമിയുടെ ഈ സ്ഥാനത്തെയാണ് സൂര്യോച്ചം (Aphelion) എന്നു വിളിക്കുന്നത്. ജനുവരി 3-ാം തീയതി ഭൂമി സൂര്യന് ഏറ്റവും അടുത്തായിരിക്കും സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഭൂമിയുടെ ഈ സ്ഥാനത്തെ സൂര്യസമീപകം (Perihelion) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ജൂലൈ 4-ന് ഭൗമോപരിതലത്തിൽ പതിക്കുന്ന സൗരോർജത്തിന്റെ അളവിനേക്കാൾ അൽപം കൂടുതലാണ് ജനുവരി 3-ന് ഉണ്ടാകുന്നത്. കരയുടെയും കടലിന്റെയും വിതരണവും അന്തരീക്ഷചംക്രമണവും ഈ വ്യത്യാസത്തെ മറയ്ക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ദൈനംദിന അന്തരീക്ഷസ്ഥിതിയിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾക്ക് ഈ ഘടകങ്ങൾ വലിയതോതിൽ കാരണമാകാറില്ല.

ഭൗമോപരിതലത്തിലെ സൗരവികിരണത്തിന്റെ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾ (Variability of Insolation at the Surface of the Earth)

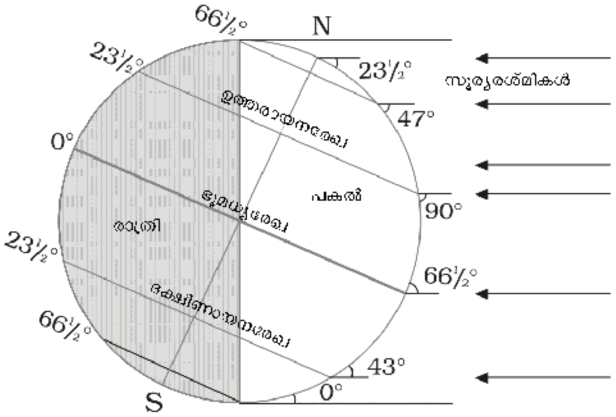
സമകാല സമയഭേദങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് ഭൗമവികിരണത്തിന്റെ അളവിലും തീവ്രതയിലും ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾ ഉണ്ടാകാറുണ്ട്. സൗരവികിരണത്തിലെ ഈ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾക്ക് കാരണമാവുന്ന ഘടകങ്ങൾ താഴെ പറയുന്നവയാണ്: (1) സ്വന്തം അച്ചുതണ്ടിലുള്ള ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണം, (2) സൂര്യരശ്മികളുടെ പതനകോൺ, (3) ദിവസത്തിന്റെ ദൈർഘ്യം, (4) അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ സുതാര്യത, (5) ഭൂപ്രദേശത്തിന്റെ ഘടനയും ചരിവിന്റെ ദിശയും. അവസാനത്തെ രണ്ടു ഘടകങ്ങൾ സൗരവികിരണത്തിന്റെ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾക്ക് ചെറിയതോതിൽ മാത്രമെ കാരണമാകുന്നുള്ളൂ.

സൂര്യനുചുറ്റുമുള്ള ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണപഥത്തിലുള്ള $66^1/_2$ ഡിഗ്രി ചരിവാണ് വിവിധ അക്ഷാംശങ്ങളിൽ പതിക്കുന്ന സൗരവികിരണത്തിന്റെ അളവിനെ വളരെയേറെ സ്വാധീനിക്കുന്നത്. വിവിധ അക്ഷാംശങ്ങളിലെ വിഷുവങ്ങളിലുള്ള പകലിന്റെ ദൈർഘ്യത്തിന്റെ വ്യതിയാനം പട്ടിക 9.1-ൽ നൽകിയിട്ടുള്ളത് ശ്രദ്ധിക്കൂ.

പട്ടിക 9.1 : ഉത്തരാർധഗോളത്തിലെ വസന്ത-ശരത് വിഷുവങ്ങളിലെ പകലിന്റെ ദൈർഘ്യം മണിക്കൂറിലും മിനിറ്റിലും

അക്ഷാംശം	0°	20°	40°	60°	90°
ഡിസംബർ 22	12 മണിക്കൂർ	10 മണിക്കൂർ 48 മിനിറ്റ്	9 മണിക്കൂർ 8 മിനിറ്റ്	5 മണിക്കൂർ 33 മിനിറ്റ്	0
ജൂൺ 21	12 മണിക്കൂർ	13 മണിക്കൂർ 12 മിനിറ്റ്	14 മണിക്കൂർ 52 മിനിറ്റ്	18 മണിക്കൂർ 27 മിനിറ്റ്	6 മാസം

ഭൂമിയിലെ സൗരവികിരണത്തിന്റെ അളവിനെ സ്വാധീനിക്കുന്ന പ്രധാന ഘടകമാണ് സൂര്യരശ്മികളുടെ പതനകോൺ. ഇത് ഒരു സ്ഥലത്തിന്റെ അക്ഷാംശത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അക്ഷാംശം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് സൂര്യരശ്മികൾ ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്നതിന്റെ കോണളവ് കുറഞ്ഞിരിക്കും. അതായത്, സൂര്യരശ്മികളുടെ ചരിവ് കൂടിയിരിക്കും. ചരിഞ്ഞുപതിക്കുന്ന രശ്മികൾ ലംബതലത്തിൽ പതിക്കുന്ന രശ്മികളേക്കാൾ കൂടുതൽ സ്ഥലത്ത് പതിക്കുന്നു. കൂടുതൽ സ്ഥലത്ത് പതിക്കുമ്പോൾ ഊർജം കൂടുതൽ പ്രദേശത്തേക്ക് പ്രസരിക്കുകയും ഒരു യൂണിറ്റ് പ്രദേശത്ത് ലഭിക്കുന്ന ഊർജത്തിന്റെ തോത് കുറയുകയും ചെയ്യും. മാത്രവുമല്ല ചരിഞ്ഞുപതിക്കുന്ന സൂര്യരശ്മികൾക്ക് അന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ കൂടുതൽ ദൂരം സഞ്ചരിക്കേണ്ടിവരുന്നതിനാൽ കൂടുതൽ ഊർജം ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിനും ചിതറിപ്പോകുന്നതിനും വ്യാപിക്കുന്നതിനും കാരണമാകുന്നു.



ചിത്രം 9.1 : ശരത് വിഷുവം (Summer Solstice)

അന്തരീക്ഷത്തിലൂടെയുള്ള സൗരവികിരണം (The Passage of Solar Radiation through the Atmosphere)

അന്തരീക്ഷം ഹ്രസ്വതരംഗരൂപത്തിലുള്ള സൗരവികിരണങ്ങൾക്ക് സുതാര്യമാണ്. ഈ സൗരവികിരണം ഭൗമോപരിതലത്തിലെത്തുന്നതിന് മുമ്പ് അന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ കടന്നുവരികയും ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിൽ എത്തുമ്പോൾ അവിടെയുള്ള ജലബാഷ്പവും ഓസോണും മറ്റു വാതകങ്ങളും ഇൻഫ്രാറെഡിനോടടുത്ത് തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ഒട്ടുമിക്ക കിരണങ്ങളെയും ആഗിരണം ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു.

ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിൽ തങ്ങിനിൽക്കുന്ന അതിസൂക്ഷ്മകണങ്ങൾ ദൃശ്യവർണരാജിയെ (Visible spectrum) ശൂന്യാകാശത്തിലേക്കും ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്കും ചിതറിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തിൽ വച്ച് പ്രകാശം ചിതറുന്നതിനാലാണ് ഉദയസൂര്യന് ചുവന്നനിറവും ആകാശത്തിന് നീലനിറവും കൈവരുന്നത്.

ഭൗമോപരിതലത്തിലെ സൗരവികിരണത്തിന്റെ സ്ഥാനീയവിതരണം (Spatial Distribution of Insolation at the Earth's Surface)

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ പതിക്കുന്ന സൗരവികിരണത്തിന്റെ തോത് സ്ഥാനീയമായി വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇത് ഉഷ്ണമേഖലാപ്രദേശങ്ങളിൽ ചതുരശ്രമീറ്ററിന് 320 വാട്ടും ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിൽ ചതുരശ്രമീറ്ററിന് 70 വാട്ടുമാണ്. മേഘങ്ങൾ തീരെക്കുറവായ ഉപോഷ്ണമേഖലാപ്രദേശത്തെ മരുഭൂമിയിലാണ് പരമാവധി സൗരവികിരണം പതിക്കുന്നത്. ഉഷ്ണമേഖലാപ്രദേശത്തു ലഭിക്കുന്നത്ര സൗരോർജം ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്ത് ലഭിക്കുന്നില്ല. സാധാരണയായി ഒരേ അക്ഷാംശങ്ങളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന സമുദ്രത്തേക്കാൾ വൻകരകളിലാണ് കൂടുതൽ സൗരവികിരണം ലഭിക്കുന്നത്. മധ്യഅക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിലും ഉയർന്ന അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിലും വേനൽക്കാലത്ത് ലഭിക്കുന്നത്ര സൗരവികിരണം ശൈത്യകാലത്ത് ലഭിക്കുന്നില്ല.

അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ചൂടാകലും തണുക്കലും (Heating and Cooling of Atmosphere)

അന്തരീക്ഷം പലവിധത്തിൽ ചൂടാവുകയും തണുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സൗരവികിരണത്താൽ ചൂടുപിടിച്ച ഭൂമിയിൽനിന്നും ദീർഘതരംഗരൂപത്തിൽ താപം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തോട് ചേർന്നുനിൽക്കുന്ന അടുത്ത പാളിയിലേക്ക് കടത്തിവിടുന്നു. താപസംനയനം (conduction), സംവഹനം (convection), അഭിവഹനം (advection) എന്നീ പ്രക്രിയകൾ വഴിയാണ് അന്തരീക്ഷം ചൂടാവുകയും തണുക്കുകയും ചെയ്യുന്നത്.

സംനയനം (Conduction): കരയുമായി സമ്പർക്കത്തിലുള്ള വായു സാവധാനം ചൂടുപിടിക്കുന്നു. ചൂടുപിടിച്ച താഴത്തെ പാളിയിലെ വായുവുമായി സമ്പർക്കത്തിലുള്ള മുകളിലത്തെ പാളിയും ചൂടുപിടിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ സംനയനം എന്നു വിളിക്കുന്നു. വ്യത്യസ്ത ഊഷ്മാവുള്ള രണ്ടു വസ്തുക്കൾ സമ്പർക്കത്തിലാവുമ്പോൾ ചൂടുള്ളതിൽനിന്ന് തണുത്ത വസ്തുവിലേക്ക് ഊർജം പ്രവഹിക്കുമ്പോഴാണ് സംനയനം സാധ്യമാകുന്നത്. രണ്ടു വസ്തുക്കളുടെയും ഊഷ്മാവ് ഒരുപോലെയാകുംവരെയോ, വസ്തുക്കൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം വിഛേദിക്കപ്പെടുന്നതുവരെയോ ഈ താപകൈമാറ്റം തുടരുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ താഴത്തെ പാളി ചൂടുപിടിക്കുന്നത് പ്രധാനമായും സംനയനപ്രക്രിയയിലൂടെയാണ്.

സംവഹനം (Convection): ഭൂമിയുമായി സമ്പർക്കത്തിലുള്ള വായു ചൂടുപിടിച്ച് വായുപ്രവാഹമായി കുത്തനെ മുകളിലോട്ടുയരുന്നതോടൊപ്പം അന്തരീക്ഷത്തിലെ താപവും മുകളിലോട്ടുയരുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ താപം കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയയെയാണ് സംവഹനം എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. സംവഹനപ്രക്രിയ വഴിയുള്ള താപകൈമാറ്റം ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിൽ മാത്രമാണ് നടക്കുന്നത്.

അഭിവഹനം (Advection): തിരശ്ചീനതലത്തിലുള്ള വായുവിന്റെ ചലനത്തിലൂടെ താപം കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയെയാണ് അഭിവഹനം എന്നു വിളിക്കുന്നത്. വായുവിന്റെ ലംബചലനത്തേക്കാൾ താരതമ്യേന പ്രധാനപ്പെട്ടതാണ് തിരശ്ചീനചലനം. മധ്യ അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിലെ ദൈനംദിന കാലാവസ്ഥയിൽ രാത്രിയും പകലുമുള്ള താപവ്യത്യാസത്തിനു കാരണമാകുന്നത് അഭിവഹനമാണ്. ഉഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശങ്ങളിൽ പ്രത്യേകിച്ചും വടക്കേ ഇന്ത്യയിൽ വേനൽക്കാലത്ത് വീശുന്ന പ്രാദേശിക കാറ്റായ 'ലൂ' (Loo) ഉണ്ടാകുന്നത് ഈ പ്രക്രിയയിലൂടെയാണ്.

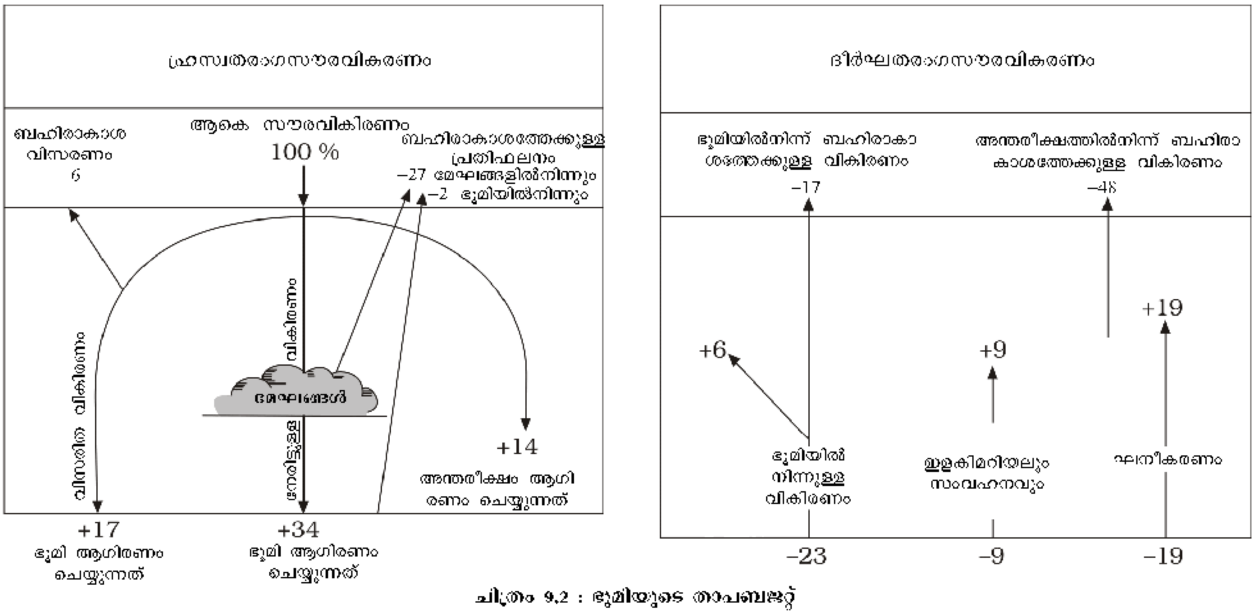
ഭൗമവികിരണം (Terrestrial Radiation)

സൂര്യനിൽനിന്നുള്ള ഹ്രസ്വതരംഗവികിരണം ഭൗമോപരിതലത്തെ ചൂടുപിടിപ്പിക്കുന്നു. ചൂടുപിടിച്ച ഭൂമിയിൽനിന്നും ദീർഘതരംഗരൂപത്തിൽ താപം അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് വ്യാപിക്കുന്നു. ഈ ഊർജം അന്തരീക്ഷത്തെ താഴെനിന്നും മുകളിലേക്ക് ചൂടുപിടിപ്പിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ ഭൗമവികിരണം എന്നു വിളിക്കുന്നു.

അന്തരീക്ഷത്തിലെ വാതകങ്ങൾ, പ്രത്യേകിച്ച്, കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡും ഹരിതഗൃഹവാതങ്ങളും ദീർഘതരംഗരൂപത്തിലുള്ള ഭൗമവികിരണത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. തന്മൂലം ഭൗമവികിരണംവഴി അന്തരീക്ഷം പരോക്ഷമായി ചൂടുപിടിക്കുന്നു. ചൂടുപിടിച്ച അന്തരീക്ഷം താപത്തെ തിരികെ ശൂന്യാകാശത്തേക്ക് പ്രസരിപ്പിക്കുന്നു. സൂര്യനിൽനിന്ന് ഭൂമി സ്വീകരിച്ച താപം തിരികെ ശൂന്യാകാശത്തേക്ക് പ്രക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതുമൂലമാണ് ഭൗമോപരിതലത്തിലും അന്തരീക്ഷത്തിലും സ്ഥായിയായ താപനില കാത്തുസൂക്ഷിക്കപ്പെടുന്നത്.

ഭൂമിയുടെ താപബജറ്റ് (Heat Budget of the Planet Earth)

ഭൂമിയുടെ താപബജറ്റാണ് ചിത്രം 9.2-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഭൂമിയിൽ താപം അമിതമായി കുമിഞ്ഞുകൂടുകയോ നഷ്ടമാവുകയോ ചെയ്യുന്നില്ല. ഭൂമി താപം ക്രമമായി നിലനിർത്തുന്നു. സൗരവികിരണത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ ഭൂമിയിലെത്തുന്ന താപവും ഭൗമവികിര



ചിത്രം 9.2 : ഭൂമിയുടെ താപബജറ്റ്

ണത്തിന്റെ ഫലമായി നഷ്ടമാകുന്ന താപവും തുല്യ മാകുമ്പോഴാണ് ഇത് സംഭവിക്കുന്നത്.

സൂര്യനിൽനിന്നും അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉപരിതല ത്തിൽ പതിക്കുന്ന സൗരവികിരണം 100 ശതമാന മാണെന്ന് സങ്കൽപിക്കുക. അന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ കട ന്നുപോകുമ്പോൾ സൗരോർജത്തിന്റെ കുറച്ചുഭാഗം പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെടുകയും, ചിതറിപ്പോവുകയും ആഗി രണം ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ബാക്കിവരുന്ന ഭാഗം മാത്രമാണ് ഭൗമോപരിതലത്തിലെത്തുന്നത്. ഏതാണ്ട് 35 യൂണിറ്റ് താപം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ എത്തുന്നതിന് മുമ്പുതന്നെ പ്രതിഫലിച്ച് ശൂന്യാകാ ശത്തേക്കുതന്നെ തിരിച്ചുപോകുന്നു. ഇതിൽ 27 യൂണിറ്റ് മേഘങ്ങളുടെ മുകൾ ഭാഗത്തുനിന്നുതന്നെ യും, 2 യൂണിറ്റ് മൂടൽമഞ്ഞിലും ഭൂമിയിലെ ഹിമപാളി കളിൽനിന്നുമാണ് പ്രതിഫലിച്ച് തിരിച്ചുപോകുന്നത്. ഇത്തരത്തിൽ പ്രതിഫലിച്ചുപോകുന്ന വികിരണ ത്തിന്റെ തോതിനെയാണ് ഭൂമിയുടെ പ്രതിഫലനത്വം (Albedo of the Earth) എന്നു വിളിക്കുന്നത്.

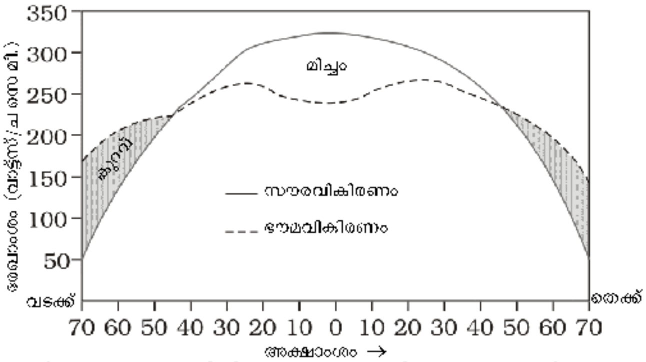
ബാക്കിവരുന്ന 65 യൂണിറ്റിൽ 14 യൂണിറ്റ് താപം അന്തരീക്ഷവും 51 യൂണിറ്റ് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലവും ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഭൗമവികിരണത്തിലൂടെ 51 യൂണിറ്റ് താപം ഭൂമിയിൽനിന്നും തിരിച്ചയയ്ക്കുന്നു. ഇതിൽ 17 യൂണിറ്റ് ഊർജം നേരിട്ട് ശൂന്യാകാശത്തി ലെത്തുമ്പോൾ ബാക്കി 34 യൂണിറ്റ് അന്തരീക്ഷം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. [6 യൂണിറ്റ് അന്തരീക്ഷം നേരിട്ട് ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു, 9 യൂണിറ്റ് സംവഹനത്തിലൂ ടെയും വായുവിന്റെ ഇളകിമറിയലിലൂടെയും (Turbulence) 19 യൂണിറ്റ് ഘനീകരണ ലീനതാപത്തിലൂ ടെയും] അന്തരീക്ഷം ആഗിരണം ചെയ്ത 48 യൂണിറ്റ് (14 യൂണിറ്റ് താപം സൗരവികിരണത്തിലൂടെയും +34 യൂണിറ്റ് ഭൗമവികിരണത്തിലൂടെയും) ശൂന്യാകാശ ത്തേക്ക് തിരിച്ചയയ്ക്കുന്നു. തന്മൂലം ഭൂമിയിൽനിന്നും അന്തരീക്ഷത്തിൽനിന്നും യഥാക്രമം 17 + 48 = 65 യൂണിറ്റും സൂര്യനിൽനിന്നും സ്വീകരിക്കുന്ന 65 യൂണിറ്റും തുല്യമാവുന്നു. ഇതിനെയാണ് താപബ ജറ്റ് അല്ലെങ്കിൽ ഭൂമിയുടെ താപസന്തുലനം (Heat budget or Heat balance of the Earth) എന്നു പറയുന്നത്.

വൻതോതിൽ താപകൈമാറ്റം നടന്നിട്ടും എന്തു കൊണ്ടാണ് ഭൂമി കൂടുതൽ ചൂടുപിടിക്കാതെയോ തണുക്കാതെയോ നിലനിൽക്കുന്നതെന്ന് ഇപ്പോൾ മനസ്സിലായില്ലേ?

ഭൗമോപരിതലത്തിലെ അറ്റതാപബജറ്റിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനങ്ങൾ (Variation in the Net Heat Budget at the Earth's Surface)

മുമ്പ് വിശദീകരിച്ചതുപോലെ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതല ത്തിൽ സ്വീകരിക്കപ്പെടുന്ന ഊർജത്തിന്റെ അളവ് എല്ലായിടത്തും ഒരുപോലെയല്ല. ചില ഭാഗങ്ങളിൽ അത് കൂടുതലും മറ്റുചില ഭാഗങ്ങളിൽ കുറവുമായി രിക്കും. ആയതിനാൽ ഒരുവശത്ത് താപമിച്ചവും മറുവ ശത്ത് താപകമ്മിയും അനുഭവപ്പെടുന്നു.

ഭൂമിയുടെ അറ്റവികിരണസന്തുലനത്തിലെ (Net radiation balance) അക്ഷാംശീയമായ വ്യതിയാന ങ്ങളെയാണ് ചിത്രം 9.3-ൽ സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത്. 40° വടക്കും തെക്കും അക്ഷാംശങ്ങൾക്കിടയിൽ സൗര വികിരണത്തിൽ മിച്ചവും (Surplus) ധ്രുവപ്രദേശങ്ങ ളിൽ കമ്മിയുമാണ് (Deficit) അനുഭവപ്പെടുന്നത്. ഉഷ്ണമേഖലാപ്രദേശത്തുനിന്നും മിച്ചമുള്ള താപോർജം ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിലേക്ക് പുനർവിതരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിനാൽ ഉഷ്ണമേഖലാപ്രദേശങ്ങൾ അത്യുഷ്ണത്താൽ ചുട്ടുപൊള്ളാതെയും ധ്രുവപ്രദേ ശങ്ങൾ അമിത താപനഷ്ടത്താൽ സ്ഥിരമായി തണു ത്തുറയാതെയും നിൽക്കുന്നു.



ചിത്രം 9.3 : അറ്റവികിരണസന്തുലനത്തിലെ അക്ഷാംശീയ വ്യതിയാനം

ഊഷ്മാവ് (Temperature)

സൗരവികിരണം ഭൗമോപരിതത്തിലും അന്തരീക്ഷ ത്തിലും പ്രതിപ്രവർത്തിച്ച് താപം രൂപപ്പെടുന്നു. ഊഷ്മാവിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഇത് കണക്കാക്കു ന്നു. ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചൂട് ആ വസ്തുവിലെ തന്മാ ത്രകളുടെ ചലനം അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ്. താപം അളക്കുന്നത് ഒരു വസ്തുവോ സ്ഥലമോ എത്ര ഡിഗ്രി യിൽ ചൂടാകുന്നു, തണുക്കുന്നു എന്നതിനെ അടിസ്ഥാ നമാക്കിയാണ്.

താപവിതരണത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ (Factors Controlling Temperature Distribution)

ഏതൊരു പ്രദേശത്തെയും വായുവിന്റെ ഊഷ്മാ വിനെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളാണ് (i) ഒരു സ്ഥല ത്തിന്റെ അക്ഷാംശം, (ii) ഒരു സ്ഥലത്തിന്റെ ഉയരം, (iii) സമുദ്രത്തിൽനിന്നുള്ള അകലവും വായു സഞ്ച യചംക്രമണവും, (iv) ഉഷ്ണശീത സമുദ്രജലപ്രവാഹ ങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം, (v) പ്രാദേശിക കാരണങ്ങൾ.

അക്ഷാംശം (Latitude)

ഒരു സ്ഥലത്തിന്റെ ഊഷ്മാവ് അവിടെ ലഭിക്കുന്ന സൗരവികിരണത്തിന്റെ അളവിനെ ആശ്രയിച്ചിരി

ക്കുന്നു. ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്തുനിന്നും ധ്രുവത്തിലേക്ക് പോകുന്തോറും സൗരവികിരണത്തിന്റെ അളവ് കുറയുന്നു. തന്മൂലം ഓരോ അക്ഷാംശങ്ങളിലുമുള്ള ഊഷ്മാവിന്റെ അളവിലും വ്യത്യാസം വരുന്നു.

ഉന്നതി (Altitude)

ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നുള്ള വികിരണമാണ് (Terrestrial radiation) അന്തരീക്ഷത്തെ താഴെനിന്നും മുകളിലോട്ട് ചൂടുപിടിപ്പിക്കുന്നത്. ആയതിനാൽ സമുദ്രനിരപ്പിനോട് ചേർന്നുകിടക്കുന്ന സ്ഥലങ്ങളിൽ ഉയർന്ന ഊഷ്മാവും സമുദ്രനിരപ്പിൽനിന്നും ഉയർന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ ഊഷ്മാവ് കുറവുമായിരിക്കും. അതായത്, സാധാരണയായി ഊഷ്മാവ് ഉയരം കൂടുംതോറും കുറഞ്ഞുവരുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഉയരംകൂടുംതോറും താപനില കുറഞ്ഞുവരുന്ന തോതിനെയാണ് ക്രമമായ താപനഷ്ട നിരക്ക് (Normal lapse rate) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഇത് ഓരോ ആയിരം മീറ്ററിനും 6.5° സെൽഷ്യസ് എന്ന നിരക്കിലാണ്.

കടലിൽനിന്നുള്ള ദൂരം (Distance from the sea)

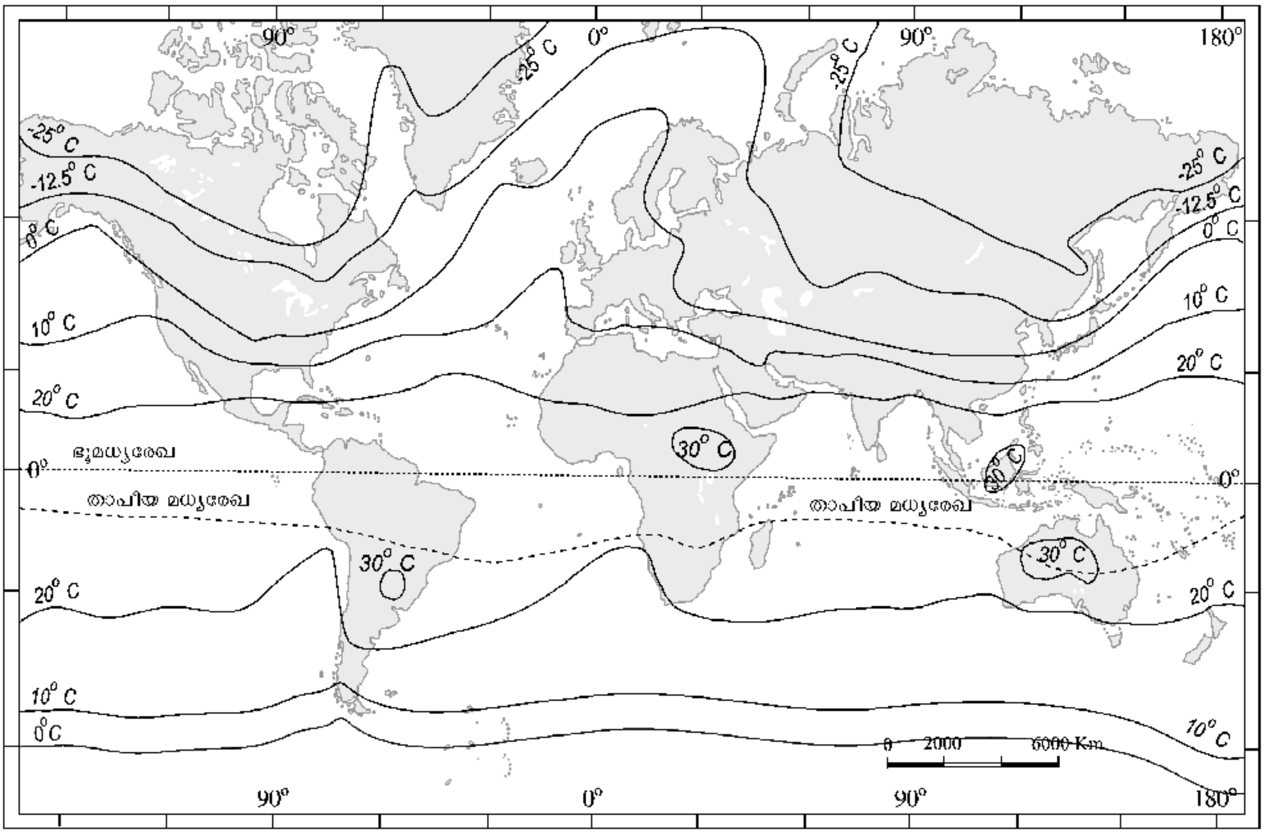
ഒരു സ്ഥലത്തിന്റെ താപനിലയെ സ്വാധീനിക്കുന്ന മറ്റൊരു ഘടകമാണ് കടലിൽനിന്നുള്ള ദൂരം. കരയെ അപേക്ഷിച്ച് കടൽ സാവധാനം ചൂടുപിടിക്കുകയും സാവധാനം ചൂട് നഷ്ടമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. അതേസമയം കര പെട്ടെന്ന് ചൂടുപിടിക്കുകയും തണുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ആയതിനാൽ കരയെ അപേക്ഷിച്ച് കടലിൽ താപവ്യതിയാനങ്ങൾ കുറവാണ്. കടലിനു സമീപത്തുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ കടൽക്കാറ്റും കരക്കാറ്റും മൂലം മിതമായ ഊഷ്മാവ് നിലനിൽക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

വായുസഞ്ചയങ്ങളും ജലപ്രവാഹങ്ങളും (Air masses and ocean currents)

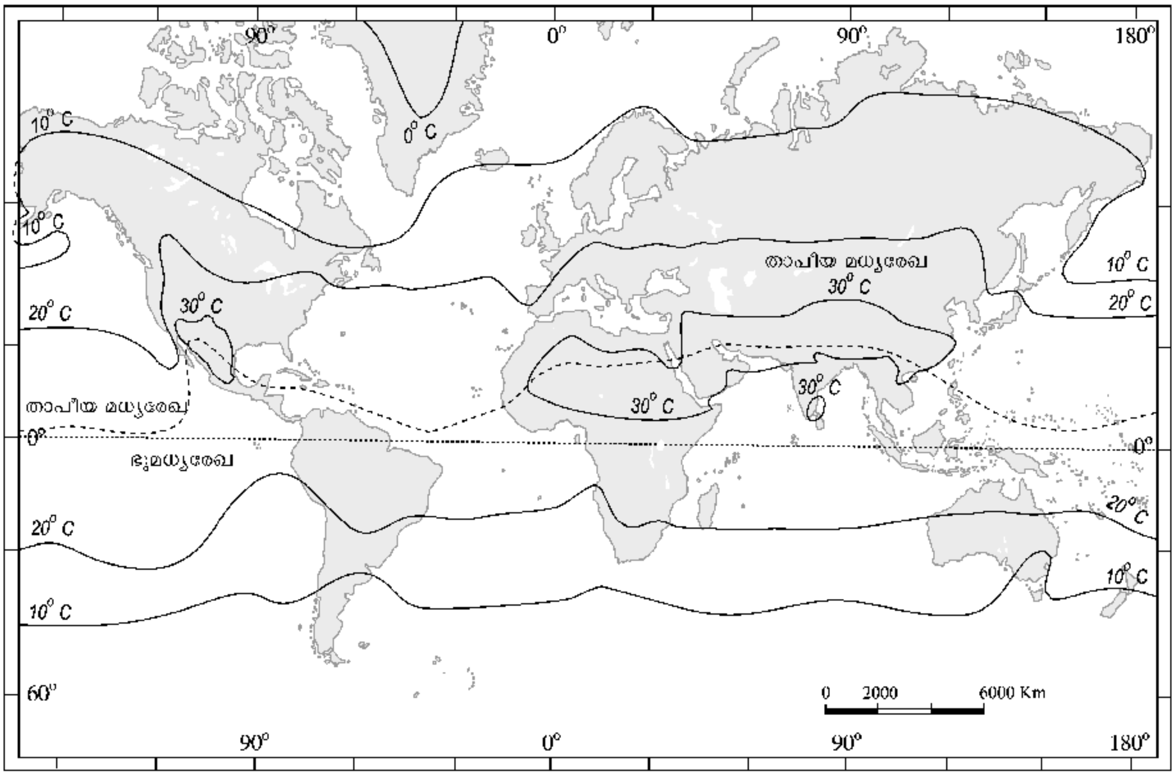
കടൽക്കാറ്റും കരക്കാറ്റുംപോലെ വായുസഞ്ചയങ്ങളും (Airmass) ഒരു പ്രദേശത്തെ താപനിലയെ സ്വാധീനിക്കുന്നുണ്ട്. ചൂടുള്ള വായുസഞ്ചയങ്ങൾ (Warm airmasses) ഉള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ കൂടുതൽ ചൂടും തണുപ്പുള്ള വായുസഞ്ചയങ്ങൾ ഉള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ കുറഞ്ഞ ചൂടും അനുഭവപ്പെടുന്നു. അതുപോലെ ഉഷ്ണജലപ്രവാഹങ്ങളുള്ള സമുദ്രത്തോടടുത്ത സ്ഥലങ്ങളിൽ താപനില കൂടിയിരിക്കും. ശീതജലപ്രവാഹം കടന്നുപോകുന്ന സമുദ്രതീരങ്ങളിൽ താപനില വളരെ കുറഞ്ഞിരിക്കും.

താപവിതരണം

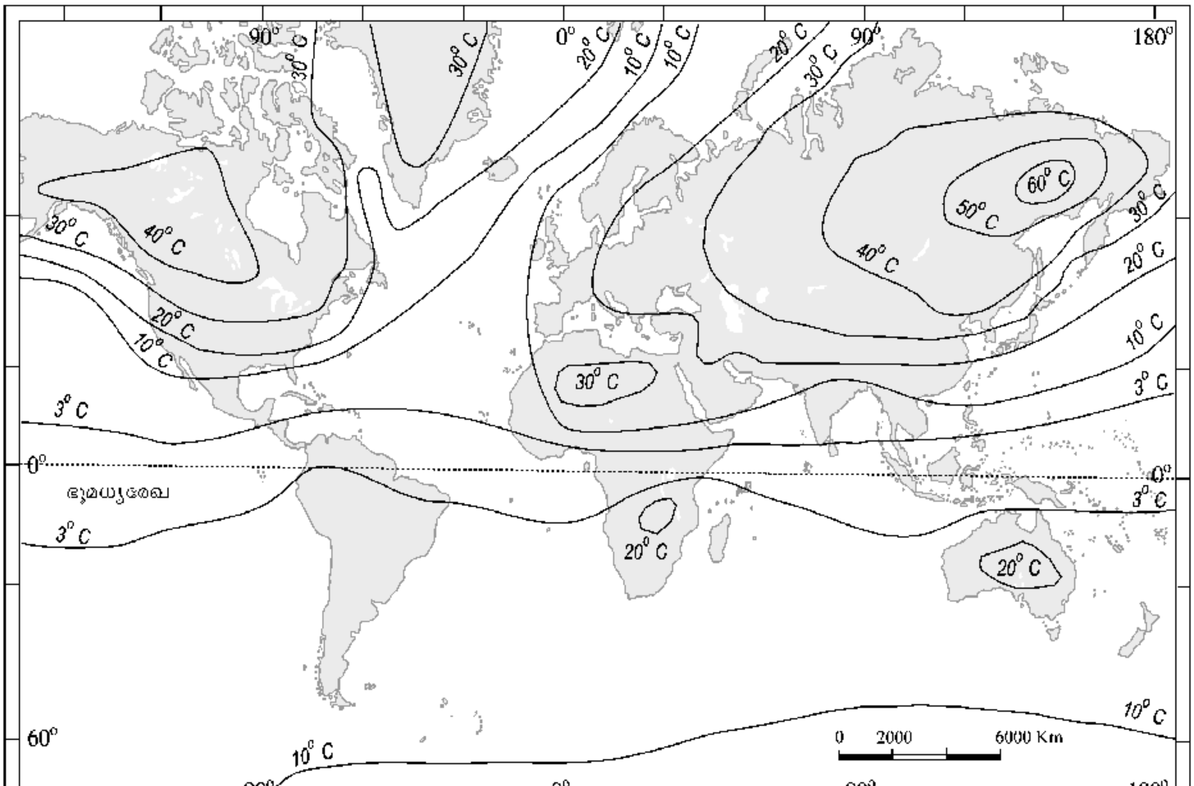
ജനുവരി, ജൂലൈ മാസങ്ങളിലെ താപവിതരണത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനംവഴി ആഗോളതാപവിതരണം വ്യക്തമായി മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയും. താപവിതരണം ഭൂപടത്തിൽ രേഖപ്പെടുത്തുന്നത് സമതാപരേഖ



ചിത്രം 9.4 (a) : ജനുവരിമാസത്തിലെ ഉപരിതല ഊഷ്മാവിന്റെ വിതരണം



ചിത്രം 9.4 (b) : ജൂലൈ മാസത്തിലെ ഭൗമോപരിതല ഊഷ്മാവിന്റെ വിതരണം



ചിത്രം 9.5 : ജനുവരി, ജൂലൈ മാസങ്ങൾക്കിടയിലെ താപാന്തരം

(Isotherm) കളുടെ സഹായത്താലാണ്. തുല്യതാപനില യുള്ള സ്ഥലങ്ങളെ കൂട്ടിയോജിപ്പിക്കുന്ന സാങ്കൽപിക രേഖകളാണ് സമതാപരേഖകൾ. ജനുവരി, ജൂലൈ മാസങ്ങളിലെ ഉപരിതല ഊഷ്മാവിന്റെ വിതരണമാണ് ചിത്രം 9.4 (a) യിലും (b) യിലും കാണിച്ചിരിക്കുന്നത്.

സമതാപരേഖകൾ പൊതുവെ അക്ഷാംശങ്ങൾക്ക് സമാന്തരമായതിനാൽ അക്ഷാംശരേഖകൾക്ക് താപ വിതരണത്തിലുള്ള സ്വാധീനം ഈ ഭൂപടത്തിൽ വ്യക്ത മാണ്. ഈ പൊതുപ്രവണത ജനുവരി മാസത്തിലേ തിനെക്കാൾ ജൂലൈ മാസത്തിലാണ് കൂടുതൽ വ്യക്ത മാകുന്നത്. പ്രത്യേകിച്ചും ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ. ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ കരയുടെ വിസ്തൃതി ദക്ഷി ണാർധ ഗോളത്തിലേതിനേക്കാൾ വളരെ കൂടുതലാണ്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ കരയു ടെയും സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളുടെയും സ്വാധീനം ഏറെയാണ്. ജനുവരി മാസത്തിൽ സമതാപരേഖകൾ സമുദ്രത്തിനുമുകളിൽ വടക്കോട്ടും വൻകരയുടെ മുക ളിൽ തെക്കോട്ടും വ്യതിചലിക്കുന്നു. ഈ പ്രവണത ഉത്തര അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിൽ കാണുവാൻ കഴിയും. ഉഷ്ണജലപ്രവാഹത്തിന്റെ സാന്നിധ്യവും ഗൾഫ്സ്ട്രീമും ഉത്തര അറ്റ്ലാന്റിക് പ്രവാഹവും ഉത്തര അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തെ ചൂടുപിടിപ്പിക്കുകയും സമതാപരേഖയെ വടക്കോട്ട് വളയുന്നതായി കാണ പ്പെടുന്നു. കരയിൽ ഊഷ്മാവ് പെട്ടെന്ന് കുറയുന്ന തിനാൽ സമതാപരേഖകൾ യൂറോപ്പിൽ തെക്കുഭാഗ ത്തേക്ക് വളയുകയും ചെയ്യുന്നു.

മേൽസൂചിപ്പിച്ച പ്രവണത സൈബീരിയൻ സമത ലത്തിൽ വളരെ വ്യക്തമാണ്. 60° കിഴക്കുരേഖാംശ ത്തിൽ 80° വടക്കും 50° വടക്കും അക്ഷാംശങ്ങളിൽ ജനുവരി മാസത്തിൽ ശരാശരി ഊഷ്മാവ് -20° സെൽഷ്യസാണ്. ഇക്കാലയളവിൽ മധ്യരേഖാസമുദ്ര ങ്ങൾക്ക് മുകളിൽ 27° സെൽഷ്യസും ഉഷ്ണമേഖല യിൽ 24° സെൽഷ്യസുമായിരിക്കും. എന്നാൽ മധ്യ അക്ഷാംശങ്ങളിൽ 2° സെൽഷ്യസ് മുതൽ 0° സെൽഷ്യസ്വരെയും യൂറോപ്യൻ വൻകരകളുടെ ഉൾഭാഗങ്ങളിൽ ശരാശരി ഊഷ്മാവ് 18° സെൽഷ്യസ് മുതൽ 48° സെൽഷ്യസ് വരെയുമായിരിക്കും.

ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിൽ സമുദ്രത്തിന്റെ സ്വാധീനം വളരെ വ്യക്തമാണ്. ഇവിടെ സമതാപരേഖകൾ അക്ഷാംശരേഖയ്ക്ക് ഏതാണ്ട് സമാന്തരമാണ്. ഉത്ത രാർധഗോളത്തെ അപേക്ഷിച്ച് ദക്ഷിണാർധഗോള ത്തിൽ താപവ്യതിയാനത്തിന്റെ നിരക്ക് താരതമ്യേന കുറവാണ്. 20° സെൽഷ്യസ്, 10° സെൽഷ്യസ്, 0° സെൽഷ്യസ് എന്നിവയുടെ സമതാപരേഖകൾ യഥാക്രമം 35° തെക്ക്, 45° തെക്ക്, 65° തെക്ക് എന്നീ അക്ഷാംശങ്ങൾക്ക് സമാന്തരമായി കടന്നുപോകുന്നു.

ജൂലൈ മാസത്തിൽ സമതാപരേഖകൾ അക്ഷാംശ രേഖയ്ക്ക് സമാന്തരമായാണ് കടന്നുപോകുന്നത്. ഭൂമ ധ്യരേഖാപ്രദേശത്തെ സമുദ്രഭാഗത്ത് 27° സെൽഷ്യ സിൽ കൂടുതൽ താപനിലയാണ് രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടു ള്ളത്. ഏഷ്യൻ ഭൂഖണ്ഡത്തിലെ ഉപോഷ്ണമേഖല യിലെ 30° വടക്ക് അക്ഷാംശത്തിന് സമാന്തരമായുള്ള കരഭാഗത്തിനുമുകളിൽ 30° സെൽഷ്യസ് താപനില അനുഭവപ്പെടുന്നു. 40° തെക്കുംവടക്കുമുള്ള അക്ഷാംശ ങ്ങളിലൂടെ 10° സെൽഷ്യസുള്ള സമതാപരേഖകളാണ് കടന്നുപോകുന്നത്.

ജനുവരി, ജൂലൈ മാസങ്ങളിലെ ഊഷ്മാവിലുള്ള അന്തരമാണ് ചിത്രം 9.5–ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത്. യൂറേ ഷ്യൻ ഭൂഖണ്ഡത്തിന്റെ വടക്കുകിഴക്കൻ ഭാഗങ്ങളിൽ ഊഷ്മാവിന്റെ ഏറ്റവും ഉയർന്ന അന്തരമായ 60° സെൽഷ്യസാണുള്ളത്. ഭൂഖണ്ഡപരത (Continentality) മൂലമാണിത് സംഭവിക്കുന്നത്. 20° തെക്കും 15° വടക്കും അക്ഷാംശങ്ങൾക്കിടയിലാണ് ഊഷ്മാന്തരം ഏറ്റവും കുറവ് (3° സെൽഷ്യസ്) അനുഭവപ്പെടുന്നത്.

താപവിപര്യയം (Inversion of Temperature)

സാധാരണയായി, ഉയരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ഊഷ്മാവ് കുറഞ്ഞുവരുന്നു. ഇതിനെ ക്രമമായ താപ നഷ്ടനിരക്ക് (Normal lapse rate) എന്നു പറയുന്നു. ചിലപ്പോൾ ഇതിനു നേരെ വിപരീതമായ അവസ്ഥയു മുണ്ടാകാം. ഇതിനെയാണ് താപവിപര്യയം (Inversion of temperature) എന്നു പറയുന്നത്. ഇവ സാധാരണ യായി സംഭവിക്കുന്നതാണെങ്കിലും ചുരുങ്ങിയ സമയ ത്തേക്കുമാത്രമേ അനുഭവപ്പെടാറുള്ളൂ. തെളിഞ്ഞ ആകാശവും നിശ്ചലമായ വായുവുമുള്ള ദീർഘമായ ശൈത്യകാല രാത്രികളാണ് താപവിപര്യയത്തിന് തികച്ചും യുക്തമായ സാഹചര്യം. പകൽസമയത്ത് ലഭിച്ച താപം ഭൂമി രാത്രികാലങ്ങളിൽ പ്രസരിപ്പി ക്കുന്നു. ഇതുമൂലം പുലർകാലമാകുമ്പോഴേക്കും തൊട്ടുമുകളിലുള്ള വായുവിനേക്കാൾ ഭൂമി തണുത്തി രിക്കും. ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിൽ താപവിപര്യയം വർഷ ത്തിലുടനീളം സാധാരണമാണ്.

ഉപരിതലതാപവിപര്യയം താഴ്ന്ന വിതാനങ്ങളിലെ അന്തരീക്ഷസ്ഥിരതയ്ക്കു കാരണമാകുന്നു. പുകയും പൊടിപടലങ്ങളും താപവിപര്യയം അനുഭവപ്പെടുന്ന ഭാഗത്തിനു തൊട്ടുതാഴെയായി തിരശ്ചീനതലത്തിൽ ഭൗമോപരിതലത്തിനോട് ചേർന്ന അന്തരീക്ഷത്തിൽ വ്യാപിക്കുന്നു. ശൈത്യകാലങ്ങളിലെ പ്രഭാതങ്ങളിൽ കനത്ത മൂടൽമഞ്ഞ് സർവസാധാരണമാണ്. സൂര്യൻ ഉദിച്ചുയർന്ന് ഭൂമിക്ക് ചൂടുപിടിക്കുന്നതുവരെയുള്ള ഏതാനും മണിക്കൂറുകൾ മാത്രമേ താപവിപര്യയം നിലനിൽക്കുന്നുള്ളൂ.

പർവതങ്ങളിലും കുന്നുകളിലും താപവിപര്യയം സംഭവിക്കുന്നത് വായു നിർഗമനത്തിലൂടെയാണ്. രാത്രികാലങ്ങളിൽ കുന്നിൻചരിവുകളിലും പർവതചരിവുകളിലും രൂപപ്പെടുന്ന തണുത്തവായു ഭൂഗുരുത്വം മൂലം താഴ്‌വരകളിലേക്ക് പ്രവഹിക്കുന്നു. ഭാരവും സാന്ദ്രതയും കൂടുതലായതുകാരണം ഈ തണുത്ത വായു താഴ്‌വരകളിലെ ചൂടുവായുവിനിടയിലായി കുമിഞ്ഞുകൂടുന്നു. ഇതിനെയാണ് വായുനിർഗമനം (Air drainage) എന്നു വിളിക്കുന്നത്. ഇത് വിളകളെ ഹിമപാതത്തിൽനിന്നും സംരക്ഷിക്കുന്നു.

- ഒരു വസ്തുവിന് ചൂടുകൂടുന്തോറും അതിൽനിന്നും വികിരണം ചെയ്യുന്ന ഊർജത്തിന്റെ അളവ് കൂടുതലും വികിരണത്തിലെ തരംഗദൈർഘ്യം കുറവുമായിരിക്കും എന്നാണ് പ്ലാങ്ക്നിയമം അനുശാസിക്കുന്നത്.
- ഒരു ഗ്രാം പദാർഥത്തിന്റെ ഊഷ്മാവ് ഒരു ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസ് ഉയർത്തുന്നതിനാവശ്യമായ ഊർജത്തിന്റെ അളവാണ് നിർദിഷ്ട താപം (Specific heat).

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയുത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.

(i) ജൂൺ 21-ന് ഉച്ചയ്ക്ക് സൂര്യൻ നേരെ തലയ്ക്ക് മുകളിൽ വരുന്നത്:

(a) ഭൂമധ്യരേഖയിൽ (c) 23.5° വടക്ക്
(b) 23.5° തെക്ക് (d) 66.5° വടക്ക്

(ii) താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ഏത് നഗരത്തിലാണ് ശൈത്യകാലത്ത് പകലിന്റെ ദൈർഘ്യം കൂടുതൽ.

(a) തിരുവനന്തപുരം (c) ഹൈദരാബാദ്
(b) ചണ്ഡിഗഢ് (d) നാഗ്പൂർ

(iii) അന്തരീക്ഷം പ്രധാനമായും ചൂടുപിടിക്കുന്നത്:

(a) ദീർഘതരംഗ സൗരവികിരണം (c) ദീർഘതരംഗ ഭൗമവികിരണം
(b) പ്രതിഫലിച്ച സൗരവികിരണം (d) ചിതറിയ സൗരവികിരണം

(iv) താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന രണ്ട് കളങ്ങളിൽനിന്നുള്ളവ ജോഡികളാക്കുക:

(i)	സൗരവികിരണം	(a)	ചൂടുള്ള മാസങ്ങളിലേയും തണുപ്പുള്ള മാസങ്ങളിലേയും ശരാശരി താപനിലയിലുള്ള വ്യത്യാസം
(ii)	പ്രതിഫലനത്വം	(b)	ഒരേ താപനിലയിലുള്ള പ്രദേശങ്ങളെ കൂട്ടിയോജിക്കുന്ന രേഖകൾ
(iii)	സമതാപരേഖ	(c)	സൂര്യനിൽനിന്നും വരുന്ന വികിരണം
(iv)	വാർഷിക ഊഷ്മാന്തരം	(d)	ഒരു വസ്തുവിൽതട്ടി തിരിച്ചുപോകുന്ന ദൃശ്യപ്രകാശത്തിന്റെ അനുപാതം

(v) ഭൂമധ്യരേഖയേക്കാൾ ഉത്തരാർധഗോളത്തിലെ ഉപോഷ്ണമേഖലാപ്രദേശത്ത് ഉയർന്ന താപനില അനുഭവപ്പെടാനുള്ള പ്രധാന കാരണം:

(a) ഉപോഷ്ണമേഖലാപ്രദേശങ്ങൾക്ക് ഭൂമധ്യരേഖയേക്കാൾ കുറവ് മേഘാവൃതമാകുന്ന പ്രവണതയാണുള്ളത്.
(b) ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്തേക്കാൾ ഉഷ്ണമേഖലാപ്രദേശത്ത് ദിനദൈർഘ്യം കൂടുതലാണ്.
(c) ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്തേക്കാൾ ഉഷ്ണമേഖലാപ്രദേശങ്ങളിൽ ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവം കൂടുതലായി അനുഭവപ്പെടുന്നു.
(d) ഉപോഷ്ണമേഖലാപ്രദേശങ്ങൾ ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശങ്ങളേക്കാൾ സമുദ്രങ്ങൾക്ക് അടുത്തായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു.

2. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:

(i) ഭൗമോപരിതലത്തിൽ പതിക്കുന്ന താപത്തിലുള്ള സ്ഥാനീയവും കാലികവുമായ വ്യതിയാനം ദിനാന്തരീക്ഷസ്ഥിതിയേയും കാലാവസ്ഥയേയും ബാധിക്കുന്നതെങ്ങനെ?

(ii) ഭൗമോപരിതലത്തിലെ താപവിതരണത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?

(iii) ഇന്ത്യയിൽ മേയ് മാസത്തിൽ പകൽച്ചൂട് പരമാവധിയിലെത്തുന്നു. എന്നാൽ ശരത് വിഷുവത്തിൽ ഇത്രയും ചൂട് അനുഭവപ്പെടുന്നില്ല. എന്തുകൊണ്ട്?

(iv) സൈബീരിയൻ സമതലങ്ങളിൽ വാർഷികതാപ അനുപാതം കൂടുതലാണ്. എന്തുകൊണ്ട്?

3. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 100 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:

(i) ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്ന സൗരവികിരണത്തിന്റെ അളവിനെ അക്ഷാംശവും ഭൂമിയുടെ അച്ചുതണ്ടിന്റെ ചരിവും സ്വാധീനിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?

(ii) എന്തൊക്കെ പ്രക്രിയകൾ മുഖേനയാണ് ഭൗമോപരിതലം താപസന്തുലനം സാധ്യമാക്കുന്നതെന്ന് വിവരിക്കുക.

(iii) ജനുവരി മാസത്തിൽ ഉത്തരാർധഗോളത്തിലും ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിലുമുള്ള ആഗോളതാപവിതരണം താരതമ്യം ചെയ്യുക.

പ്രോജക്ട് പ്രവർത്തനം

നിങ്ങളുടെ നഗരത്തിലോ അടുത്തുള്ള നഗരത്തിലോ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഒരു കാലാവസ്ഥാ നിരീക്ഷണകേന്ദ്രം തിരഞ്ഞെടുക്കുക. നിരീക്ഷണകേന്ദ്രത്തിലെ കാലാവസ്ഥാ വിവരപ്പട്ടികയിൽനിന്നും ഊഷ്മാവിന്റെ വിതരണ പട്ടിക തയാറാക്കുക.

(i) ശരാശരി നിർണയിച്ചിരിക്കുന്ന കാലം, നിരീക്ഷണകേന്ദ്രത്തിന്റെ ഉയരം, അക്ഷാംശം എന്നിവ കുറിച്ചെടുക്കുക.

(ii) പട്ടികയിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള ഊഷ്മാവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട വാക്കുകൾ നിർവചിക്കുക.

(iii) ദൈനിക ഊഷ്മാവിന്റെ മാസിക ശരാശരി കണക്കാക്കുക.

(iv) ഏറ്റവും കുറഞ്ഞത്, കൂടിയത്, ശരാശരി എന്നീ ദൈനിക ഊഷ്മാവിനെ കാണിക്കുന്ന ഗ്രാഫ് തയാറാക്കുക.

(v) വാർഷിക താപാന്തരം കണക്കാക്കുക.

(vi) ദൈനിക താപാന്തരം കൂടിയതും കുറഞ്ഞതുമായ മാസങ്ങൾ കണ്ടെത്തുക.

(vii) ഒരു സ്ഥലത്തെ ഊഷ്മാവിനെ നിർണയിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ എടുത്തെഴുതുക. കൂടാതെ ജനുവരി, മേയ്, ജൂലൈ, ഒക്ടോബർ മാസങ്ങളിലെ താപവ്യതിയാനത്തിനു കാരണമാകുന്ന ഘടകങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുക.

ഉദാഹരണം:

നിരീക്ഷണകേന്ദ്രം : ന്യൂഡൽഹി (സഫ്ദർജങ്ങ്)

അക്ഷാംശം : 28°35′ N

നിരീക്ഷണകാലം : 1951-1980

സമുദ്ര നിരപ്പിൽനിന്നുള്ള ഉയരം : 216 മീറ്റർ

മാസം	ദൈനിക ഉച്ചതാപത്തിന്റെ ശരാശരി (°C)	ദൈനിക നീചതാപത്തിന്റെ ശരാശരി (°C)	രേഖപ്പെടുത്തിയ ഏറ്റവും ഉയർന്ന (°C)	രേഖപ്പെടുത്തിയ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ (°C)
ജനുവരി	21.1	7.3	29.3	0.6
മേയ്	39.6	25.9	47.2	17.5

ദൈനിക ശരാശരി, മാസിക ഊഷ്മാവ്

ജനുവരി $\frac{21.1+7.3}{2} = 14.2°C$

മേയ് $\frac{39.6+25.9}{2} = 32.75°C$

വാർഷിക താപാന്തരം

മേയിലെ ശരാശരി കൂടുതൽ ഊഷ്മാവ് – ജനുവരിയിലെ ശരാശരി ഊഷ്മാവ്

വാർഷിക താപാന്തരം = 32.75°C – 14.2°C = 18.55°C

K8N5S8

അധ്യായം

10

അന്തരീക്ഷചംക്രമണങ്ങളും ദിനാന്തരീക്ഷവ്യൂഹങ്ങളും

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ഊഷ്മാവ് എല്ലായിടത്തും ഒരുപോലെയല്ല അനുഭവപ്പെടുന്നത്. വായു ചൂടാകുമ്പോൾ വികസിക്കുകയും തണുക്കുമ്പോൾ ചുരുങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് അന്തരീക്ഷമർദത്തിൽ വ്യതിയാനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഈ വ്യതിയാനങ്ങളാണ് കാറ്റുകൾക്ക് നിദാനം. മർദംകൂടിയ പ്രദേശത്തുനിന്നും മർദം കുറഞ്ഞ പ്രദേശത്തേക്കുള്ള വായുവിന്റെ തിരശ്ചീന ചലനമാണ് കാറ്റ് എന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. വായു എപ്പോൾ ഉയരണം എപ്പോൾ താഴണം എന്ന് നിശ്ചയിക്കപ്പെടുന്നത് അന്തരീക്ഷമർദത്തിന്റെ അളവിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ്. ഭൂമിയിൽ എല്ലായിടത്തും ഊഷ്മാവിനേയും ആർദ്രതയേയും പുനർവിതരണം ചെയ്യുന്നതിലൂടെ സ്ഥിരമായ താപക്രമീകരണത്തിലും കാറ്റുകൾ പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. ചൂടുപിടിച്ചുയരുന്ന ഈർപ്പം നിറഞ്ഞ വായു തണുത്ത് മേഘരൂപീകരണത്തിനും വർഷണത്തിനും കാരണമാകുന്നു. അന്തരീക്ഷ മർദവ്യതിയാനത്തിനുള്ള കാരണങ്ങൾ, അന്തരീക്ഷചംക്രമണങ്ങൾ, കാറ്റിന്റെ ഇളകിമറിഞ്ഞുള്ള ഗതി, വായു സഞ്ചയങ്ങളുടെ രൂപീകരണം, വായുസഞ്ചയങ്ങളുടെ സമ്പർക്കത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന അസ്ഥിരകാലാവസ്ഥ, കൊടുങ്കാറ്റുകൾ തുടങ്ങിയ ചില വസ്തുതകളാണ് ഈ പാഠഭാഗം വിശദീകരിക്കുന്നത്.

അന്തരീക്ഷമർദം (Atmospheric Pressure)

ഉയരങ്ങളിലേക്ക് പോകുന്തോറും വായുവിന്റെ അളവ് കുറഞ്ഞുവരികയും പ്രാണവായു ലഭിക്കാത്ത അവസ്ഥയുമുണ്ടാകുന്നു. എല്ലാ പദാർഥങ്ങൾക്കും ഭാരമുള്ളതുപോലെ വായുവിനും ഭാരമുണ്ട്. ഭൗമോപരിതലം മുതൽ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ മുകൾപരപ്പുവരെ ഒരു നിശ്ചിതസ്ഥലത്ത് ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന വായുവിന്റെ ഭാരമാണ് അന്തരീക്ഷമർദം (Atmospheric pressure). അന്തരീക്ഷമർദം രേഖപ്പെടുത്തുന്ന ഏകകമാണ് മില്ലീബാർ (mb). സമുദ്രനിരപ്പിലെ ശരാശരി അന്തരീക്ഷമർദം 1013.2 mb ആണ്. ഭൂഗുരുത്വം കാരണം ഭൗമോപരിതലത്തിനോടടുത്ത് വായുവിന്റെ സാന്ദ്രത കൂടുതൽ ആയതിനാൽ ഉയർന്നമർദം അനുഭവപ്പെടുന്നു. രസബാരോമീറ്റർ, അനിറോയ്ഡ് ബാരോമീറ്റർ തുടങ്ങിയ ഉപകരണങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചാണ് അന്തരീക്ഷമർദം അളക്കുന്നത്. ഈ ഉപകരണങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള വിശദാംശങ്ങൾ പ്രാക്ടിക്കൽ വർക്ക് ഇൻ ജിയോഗ്രഫി – പാർട്ട് 1 (എൻസിഇആർടി 2016) എന്ന പുസ്തകത്തിൽ നൽകിയിട്ടുണ്ട്. ഉയരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് അന്തരീക്ഷമർദം കുറഞ്ഞുവരുന്നു. മുകളിലേക്ക് പോകുന്തോറും വായുവിന്റെ അളവ് കുറയുന്നതുകൊണ്ടാണ് വായുമർദം കുറയുന്നത്. ഓരോ പ്രദേശങ്ങളിലും ഉയരത്തിനനുസരിച്ച് മർദത്തിലും വ്യത്യാസം വരുന്നു. അന്തരീക്ഷമർദത്തിലുണ്ടാകുന്ന ഈ വ്യതിയാനങ്ങളാണ് വായുവിന്റെ ചലനത്തെ പ്രധാനമായും നിയന്ത്രിക്കുന്നത്. ഉച്ചമർദമേഖലയിൽനിന്നും ന്യൂനമർദമേഖലയിലേക്കാണ് കാറ്റുകൾ വീശുന്നത്.

മർദത്തിന്റെ ലംബതലവ്യതിയാനം (Vertical Variation of Pressure)

അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ താഴ്ന്നതലങ്ങളിൽ ഉയരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് മർദം അതിവേഗം കുറയുന്നു. ഏകദേശം 10 മീറ്റർ ഉയരത്തിന് 1 മില്ലിബാർ (mb) എന്ന തോതിലാണ് മർദം കുറയുന്നത്. എന്നാൽ മർദത്തിലുണ്ടാകുന്ന ഈ വ്യതിയാനം എല്ലായ്പ്പോഴും ഇതേ തോതിൽ ആയിരിക്കണമെന്നില്ല. അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉയരത്തിനനുസരിച്ച് ശരാശരി ഊഷ്മാവിലും മർദത്തിലും വ്യതിയാനം സൂചിപ്പിക്കുന്ന പട്ടിക (പട്ടിക 10.1) നൽകിയിട്ടുള്ളത് നിരീക്ഷിക്കൂ.

പട്ടിക 10.1: നിശ്ചിതതലങ്ങളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ഊഷ്മാവും മർദവും

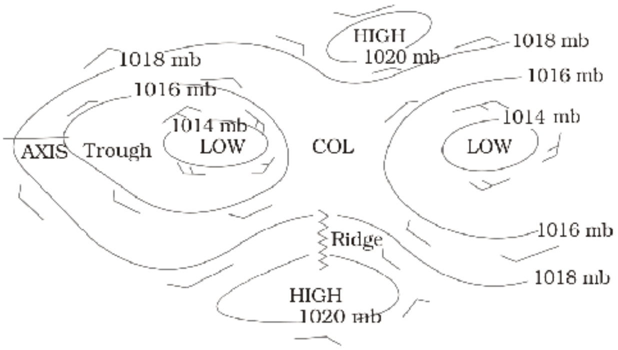
തലം	മർദം (mb)	ഊഷ്മാവ് (°C)
സമുദ്രനിരപ്പ്	1,013.25	15.2
1 കി.മീ.	898.76	8.7
5 കി.മീ.	540.48	17. 3
10 കി.മീ.	265.00	49.7

ലംബതലത്തിലുള്ള മർദചരിവുമാനബലം തിരശ്ചീനതലത്തിലുള്ള മർദചരിവുമാനത്തേക്കാൾ കൂടുതലാണ്. എന്നിരുന്നാലും വിപരീതവും ഏകദേശം തുല്യവുമായ ഭൂഗുരുത്വബലം ഇതിനെ സന്തുലനപ്പെടുത്തുന്നു. ലംബ

തലത്തിൽ ശക്തമായ വായുപ്രവാഹം അനുഭവപ്പെടാത്തതിന് കാരണമിതാണ്.

മർദത്തിന്റെ തിരശ്ചീനതലവിതരണം (Horizontal Distribution of Pressure)

അന്തരീക്ഷമർദത്തിലുണ്ടാകുന്ന വളരെ ചെറിയ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾപോലും കാറ്റിന്റെ ദിശയേയും വേഗതയേയും സംബന്ധിച്ച് പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു. നിശ്ചിതവിതാനങ്ങളിലെ സമമർദരേഖകൾ നിരീക്ഷി



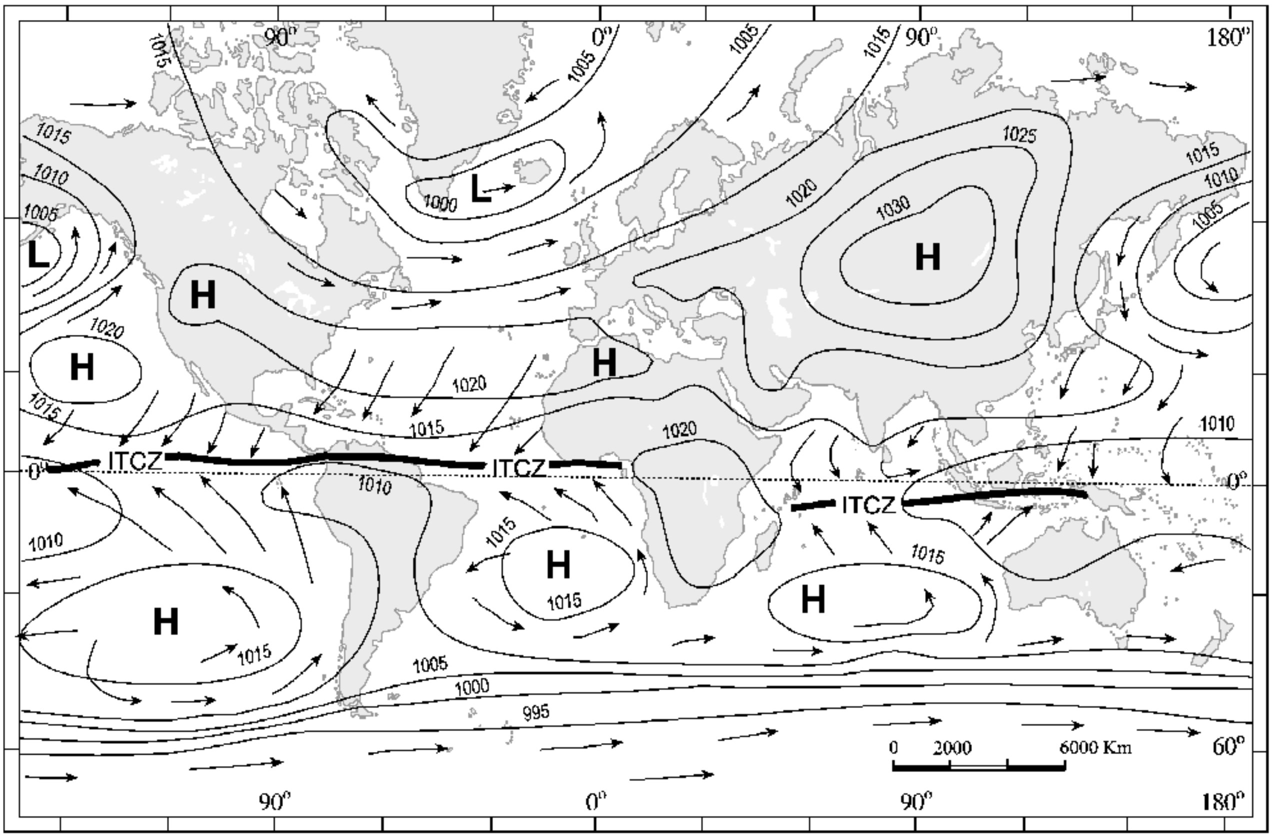
ചിത്രം 10.1 ഉത്തരാർധഗോളത്തിലെ സമമർദരേഖകൾ, അന്തരീക്ഷമർദം, കാറ്റിന്റെ വ്യതിയാനം

ച്ചാണ് മർദത്തിന്റെ തിരശ്ചീനതലവിതരണക്രമം മനസ്സിലാക്കുന്നത്. ഒരേ അന്തരീക്ഷമർദമുള്ള സ്ഥലങ്ങളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് വരയ്ക്കുന്ന സാങ്കല്പിക രേഖകളാണ് സമ മർദരേഖകൾ (Isobars). ഉയരത്തിനനുസരിച്ച് മർദത്തിലുണ്ടായേക്കാവുന്ന വ്യതിയാനം ഒഴിവാക്കുന്നതിനും വിവിധ സ്ഥലങ്ങളിലെ മർദമൂല്യം താരതമ്യം ചെയ്യുന്നതിനുമായി ഏത് കേന്ദ്രത്തിലേയും മർദമൂല്യത്തെ സമുദ്രനിരപ്പിലേതിന് തത്തുല്യമാക്കിയാണ് രേഖപ്പെടുത്തുന്നത്. ഭൂപടങ്ങളിൽ സാധാരണയായി സമുദ്രനിരപ്പിലെ അന്തരീക്ഷമർദമാണ് ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്.

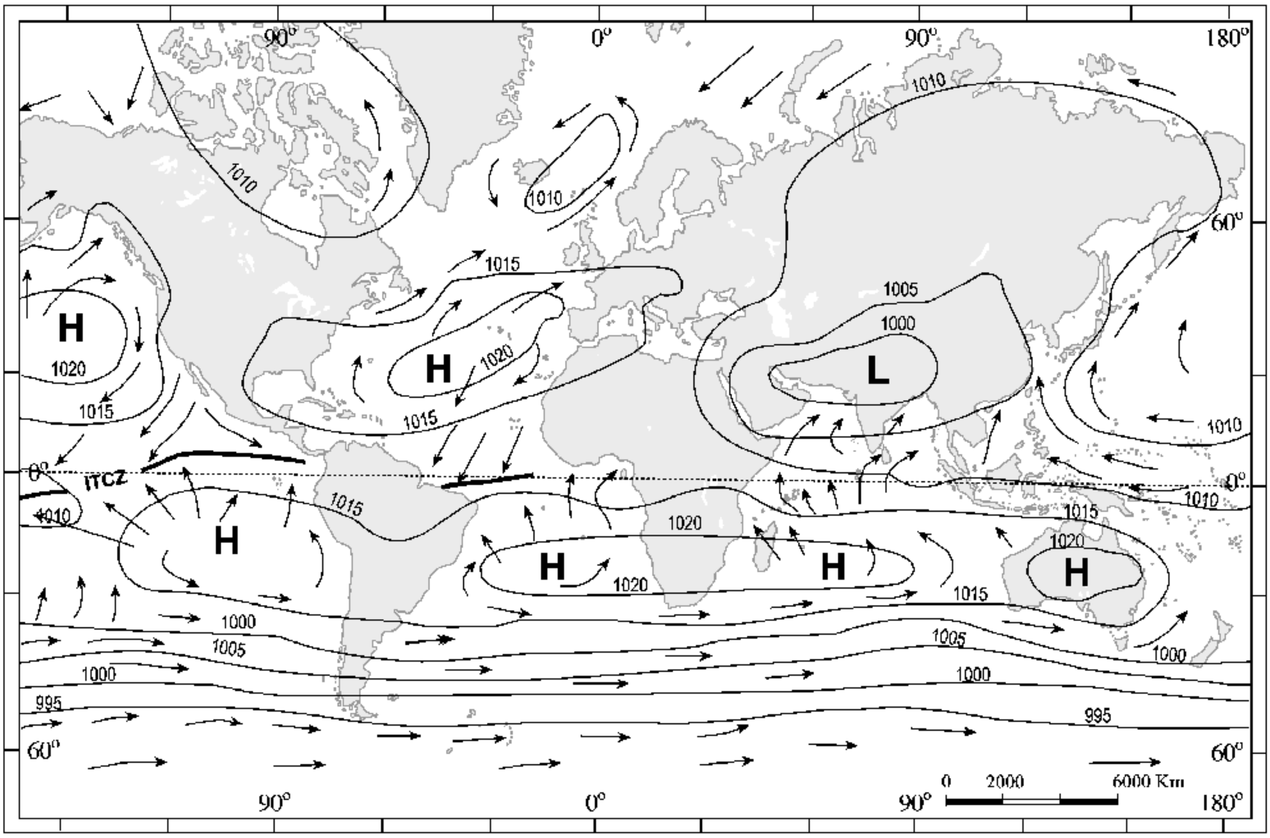
ചിത്രം 10.1 ഓരോ മർദവ്യൂഹങ്ങൾക്കും അനുസരിച്ചുള്ള സമമർദരേഖകളുടെ വിതരണം ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു ന്യൂനമർദവ്യൂഹത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞമർദവും അതിനെച്ചുറ്റി ഒന്നിലധികം സമമർദരേഖകളും ഉണ്ടായിരിക്കും. ഉച്ചമർദമേഖലക്ക് ചുറ്റുമായി ഒന്നിലധികം സമമർദരേഖകളുണ്ടായിരിക്കും. ഇതിന്റെ കേന്ദ്രഭാഗത്തായിരിക്കും ഏറ്റവും ഉയർന്ന മർദം അനുഭവപ്പെടുക.

സമുദ്രതല അന്തരീക്ഷമർദത്തിന്റെ ആഗോളവിതരണം (World Distribution of Sea Level Pressure)

ചിത്രം 10.2, 10.3 എന്നിവ ആഗോളതലത്തിൽ ജനുവരി, ജൂലൈയ് മാസങ്ങളിലെ സമുദ്രനിരപ്പിലെ മർദത്തിന്റെ വിതരണം സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഭൂമധ്യരേഖയ്ക്കു



ചിത്രം 10.2: ജനുവരി മാസത്തിലെ അന്തരീക്ഷമർദത്തിന്റെ വിതരണം (മില്ലീബാറിൽ)



ചിത്രം 10.3: ജൂലൈ മാസത്തിലെ അന്തരീക്ഷമർദത്തിന്റെ വിതരണം (മില്ലീബാറിൽ)

സമീപം സമുദ്രനിരപ്പിലെ മർദം കുറവായമേഖല ഭൂമധ്യരേഖാന്യൂനമർദമേഖല (Equatorial low) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. മധ്യരേഖാപ്രദേശത്തു നിന്ന് 30° വടക്കു മുതൽ 30° തെക്കുവരെ ഉയർന്ന അന്തരീക്ഷമർദം അനുഭവപ്പെടുന്ന പ്രദേശമാണ് ഉപോഷ്ണ ഉച്ചമർദമേഖല (Subtropical high). ധ്രുവത്തിന് അടുത്തായി 60° വടക്കും 60° തെക്കുമായി കാണുന്ന ന്യൂനമർദമേഖലയാണ് ഉപധ്രുവീയന്യൂനമർദമേഖല (Sub polar low). ഇരുധ്രുവങ്ങളിലും മർദം വളരെ കൂടുതലായി അനുഭവപ്പെടുന്ന മേഖലയാണ് ധ്രുവീയഉച്ചമർദമേഖല (Polar high). ഈ മർദമേഖലകളുടെ ഒന്നുംതന്നെ സ്ഥാനം സ്ഥിരമല്ല. സൂര്യന്റെ ആപേക്ഷികസ്ഥാനമാറ്റമനുസരിച്ച് അവ മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ അവ ശൈത്യകാലത്ത് തെക്കോട്ടും ഉഷ്ണകാലത്ത് വടക്കോട്ടും മാറുന്നു.

കാറ്റിന്റെ ദിശയേയും വേഗതയേയും സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ (Forces affecting the Velocity and Direction of Wind)

അന്തരീക്ഷമർദത്തിലെ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകളാണ് വായുവിന്റെ ചലനത്തിനു കാരണമെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. വായുവിന്റെ തിരശ്ചീനതലത്തിലുള്ള ചലനമാണ് കാറ്റ്. ഉച്ചമർദം അനുഭവപ്പെടുന്ന മേഖലയിൽനിന്നും ന്യൂനമർദം അനുഭവപ്പെടുന്ന മേഖലയിലേക്കാണ് കാറ്റ് വീശുന്നത്. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ കാറ്റിന് ഘർഷണം അനുഭവപ്പെടുന്നു, മാത്രവുമല്ല ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണവും കാറ്റിന്റെ ചലനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നുണ്ട്. ഭ്രമണം ചെലുത്തുന്ന ബലമാണ് കോറിയോലിസ് ബലം. മർദചരിവുമാന ബലം, ഘർഷണബലം, കോറിയോലിസ് ബലം എന്നീ മൂന്നു ബലങ്ങളുടെ സംയുക്തപ്രഭാവം ഭൗമോപരിതലത്തിനടുത്ത് കാറ്റിന്റെ വേഗതയേയും ദിശയേയും സ്വാധീനിക്കുന്നു. ഇതിനുപുറമെ ഗുരുത്വാകർഷണബലവും താഴേക്ക് അനുഭവപ്പെടുന്നു.

മർദചരിവുമാനബലം (Pressure Gradient Force)

അന്തരീക്ഷമർദത്തിലെ വ്യതിയാനങ്ങൾ ഒരു ബലം രൂപപ്പെടുത്തുന്നു. ദൂരത്തിനനുസൃതമായി ഉണ്ടാകുന്ന മർദവ്യത്യാസത്തിന്റെ നിരക്കാണ് മർദചരിവുമാനം (Pressure gradient). സമമർദരേഖകൾ അടുത്തടുത്തായി കാണപ്പെടുന്ന ഇടങ്ങളിൽ മർദചരിവ് കൂടുതലും സമമർദരേഖകൾ ഒന്നിനൊന്ന് അകന്ന് സ്ഥിതിചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ മർദചരിവ് കുറവുമായിരിക്കും.

ഘർഷണബലം (Frictional Force)

ഘർഷണബലം കാറ്റിന്റെ വേഗതയെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിനടുത്ത് ഘർഷണം ഏറ്റവും കൂടുതലായിരിക്കും. ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും

ഒരു കിലോമീറ്റർ മുതൽ മൂന്ന് കിലോമീറ്റർവരെയാണ് ഘർഷണബലം പൊതുവെ അനുഭവപ്പെടാറുള്ളത്. സമുദ്രോപരിതലം, നിരപ്പായ ഭൂപ്രദേശങ്ങൾ എന്നിവിടങ്ങളിൽ ഘർഷണം കുറവായതിനാൽ കാറ്റിന് വേഗം കൂടുതലായിരിക്കും.

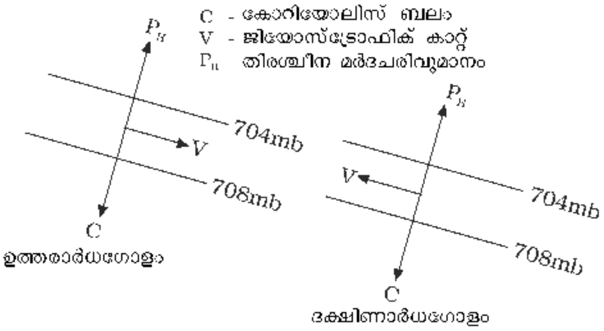
കോറിയോലിസ് ബലം (Coriolis Force)

ഭൂമിയുടെ അച്ചുതണ്ടിന്മേലുള്ള ഭ്രമണവും കാറ്റിന്റെ ദിശയെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. 1844-ൽ കോറിയോലിസ് ബലത്തെക്കുറിച്ച് ആദ്യമായി വിശദീകരിച്ച ഫ്രഞ്ച് ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞനായ കോറിയോലിസിന്റെ പേരിൽ ഈ ബലം അറിയപ്പെടുന്നു. ഈ ബലം ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ കാറ്റിന്റെ സഞ്ചാരദിശയ്ക്ക് വലത്തോട്ടും ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിൽ സഞ്ചാരദിശയ്ക്ക് ഇടത്തോട്ടും വ്യതിചലനമുണ്ടാക്കുന്നു. കാറ്റിന്റെ വേഗം കൂടുന്തോറും വ്യതിചലനത്തിന്റെ അളവും കൂടുതലായിരിക്കും. ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്തുനിന്നും ധ്രുവങ്ങളിലേക്ക് പോകുന്തോറും കോറിയോലിസ് ബലത്തിൽ ആനുപാതികമായ വർധന ഉണ്ടാകുന്നു. ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശങ്ങളിൽ കോറിയോലിസ് ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നില്ല. ധ്രുവങ്ങളിലാണ് ഇത് ഏറ്റവും കൂടുതൽ അനുഭവപ്പെടുന്നത്.

മർദചരിവുമാനബലത്തിന് ലംബമായിട്ടാണ് കോറിയോലിസ് ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നത്. കോറിയോലിസ് ബലം സമമർദരേഖകൾക്ക് ലംബമായിരിക്കും. മർദചരിവുമാനബലം കൂടുന്തോറും കാറ്റിന്റെ വേഗതയും ദിശാവ്യതിയാനവും കൂടും. പരസ്പരം ലംബമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന മേൽപ്പറഞ്ഞ രണ്ട് ബലങ്ങളുടെയും ഫലമായി ന്യൂനമർദമേഖലകളിൽ കാറ്റ് അവയ്ക്ക് ചുറ്റുമായി വീശുന്നു. ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്ത് കോറിയോലിസ് ബലം പൂജ്യമായതിനാൽ കാറ്റ് സമമർദരേഖകൾക്ക് ലംബമായി വീശുന്നു. ഇത് ന്യൂനമർദം ശക്തിപ്രാപിക്കുന്നതിന് പകരം വായുകൊണ്ട് നിറയാൻ കാരണമാവുന്നു. ഇതാണ് ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശങ്ങളിൽ ഉഷ്ണമേഖലാ ചുഴലിക്കാറ്റുകൾ രൂപംകൊള്ളാതിരിക്കാൻ കാരണം.

മർദവും കാറ്റും (Pressure and Wind)

കാറ്റ് രൂപംകൊള്ളുന്നതിന് കാരണമായ ബലങ്ങളുടെ ആകെ ഫലമാണ് കാറ്റിന്റെ വേഗതയും ദിശയും. ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും 2 മുതൽ 3 കിലോമീറ്റർ വരെ ഉയരത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉയർന്ന വിതാനങ്ങളിലെ കാറ്റുകളെ ഘർഷണബലം സ്വാധീനിക്കുന്നില്ല. ഈ മേഖലയിൽ കോറിയോലിസ് ബലവും മർദചരിവുമാനബലവുമാണ് കാറ്റിനെ പ്രധാനമായും നിയന്ത്രിക്കുന്നത്. സമമർദരേഖകൾ നേർരേഖകളാകുകയും ഘർഷണം ഇല്ലാതിരിക്കുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ മർദ



ചിത്രം 10.4: ഭൂവിക്ഷേപവാതങ്ങൾ (Geostrophic winds)

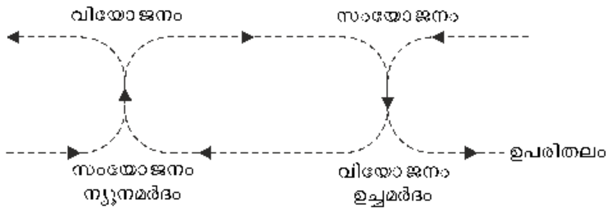
ചരിവുമാനബലവും കോറിയോലിസ് ബലവും സന്തുലിതമാകുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി കാറ്റുകൾ സമ മർദരേഖകൾക്ക് സമാന്തരമായി വീശുന്നു. ഈ കാറ്റുകളാണ് ഭൂവിക്ഷേപവാതങ്ങൾ (Geostrophic winds) എന്നറിയപ്പെടുന്നത് (ചിത്രം 10.4).

ഒരു ന്യൂനമർദത്തിന് ചുറ്റുമായി വായുവിന്റെ ചംക്രമണത്തെയാണ് ചക്രവാതചംക്രമണം (Cyclonic Circulation) എന്നു പറയുന്നത്. ഇത് ഒരു ഉച്ചമർദത്തിന് ചുറ്റുമാണെങ്കിൽ അതിനെ പ്രതിചക്രവാതചംക്രമണം (Anticyclonic circulation) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ വ്യൂഹങ്ങളിലെ കാറ്റുകളുടെ ദിശ ഓരോ അർധഗോളത്തിലും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും (പട്ടിക 10.2).

ഭൗമോപരിതലത്തിനടുത്ത് ഉച്ചമർദത്തിനും ന്യൂനമർദത്തിനും ചുറ്റുമുള്ള കാറ്റിന്റെ ചംക്രമണത്തിന് പലപ്പോഴും അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉയർന്ന വിതാനങ്ങളിലെ കാറ്റിന്റെ ചംക്രമണവുമായി അടുത്ത ബന്ധമുണ്ട്. പൊതുവെ ന്യൂനമർദമേഖലകളിൽ വായു സംഗമിക്കുകയും ഉയരുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉച്ചമർദമേഖലയിൽ വായു താഴുകയും ഉപരിതലത്തിൽ വ്യാപിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 10.5). ഇതിന് പുറമെ ചില ചുഴികൾ (Eddiies) സംവഹനപ്രവാഹങ്ങൾ, പർവതചരിവുകൾ എന്നിവയിലൂടെയും വാതമുഖ (Fronts) ങ്ങളിലൂടെയുമുള്ള വായുവിന്റെ ഉത്ഥാനം (Uplift) ഇവയൊക്കെ മേഘങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിനും വർഷണത്തിനും അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്.

പട്ടിക 10.2: ചക്രവാതങ്ങളിലും പ്രതിചക്രവാതങ്ങളിലും കാറ്റിന്റെ ദിശാഘടന

മർദവ്യൂഹം	കേന്ദ്രത്തിലെ മർദാവസ്ഥ	കാറ്റിന്റെ ദിശാഗതി	
		ഉത്തരാർധഗോളം	ദക്ഷിണാർധഗോളം
ചക്രവാതം	കുറവ്	എതിർഘടികാരദിശ	ഘടികാരദിശ
പ്രതിചക്രവാതം	കൂടുതൽ	ഘടികാരദിശ	എതിർഘടികാരദിശ

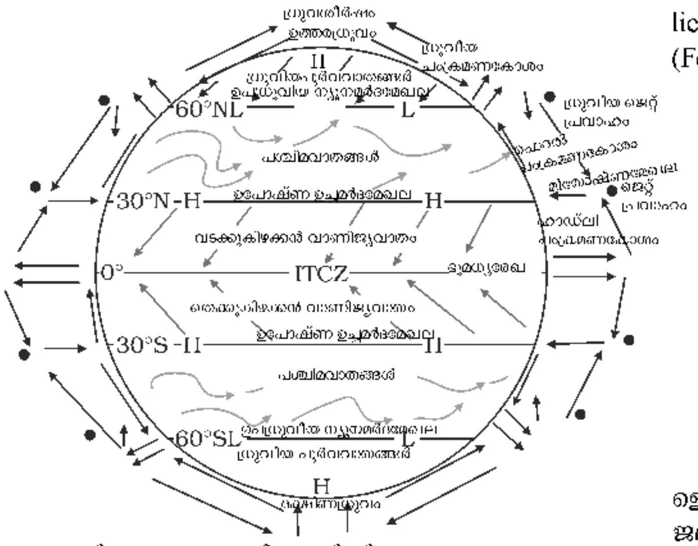


ചിത്രം 10.5: കാറ്റുകളുടെ സംയോജനവും വിയോജനവും

അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ പൊതുചംക്രമണം (General circulation of the atmosphere)

ആഗോളവാതങ്ങളുടെ ക്രമം താഴെ പറയുന്ന ഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു: (i) വിവിധ അക്ഷാംശങ്ങളിൽ അന്തരീക്ഷം ചൂടുപിടിക്കുന്നതിലെ ഏറ്റക്കുറച്ചിൽ, (ii) മർദമേഖലകളുടെ ആവിർഭാവം, (iii) സൂര്യന്റെ ആപേക്ഷികമാറ്റത്തിനനുസരിച്ച് മർദമേഖലകൾക്കുണ്ടാകുന്ന സ്ഥാനമാറ്റം, (iv) വൻകരകളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും വിതരണം, (v) ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണം.

ആഗോളവാതങ്ങളുടെ സഞ്ചാരക്രമത്തെ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ പൊതുചംക്രമണം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ പൊതുചംക്രമണം സമുദ്രജലചലനങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുന്നു. അത് ആഗോളകാലാവസ്ഥയെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ പൊതുചംക്രമണവ്യൂഹങ്ങളെ വിശദമാക്കുന്ന ചിത്രം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 10.6)



ചിത്രം 10.6: അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ പൊതുചംക്രമണം

ഉയർന്ന സൗരവികിരണംമൂലം അന്തർ ഉഷ്ണമേഖലാ സംക്രമണമേഖല (Inter Tropical Convergence Zone - ITCZ) യിലെ വായു സംവഹനത്താൽ ഉയരാൻ ഇടയാകുകയും അവിടെ ന്യൂനമർദം രൂപംകൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉഷ്ണമേഖലയിൽ നിന്നുള്ള വായു ഈ ന്യൂനമർദമേഖലയിൽ സംഗമിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ സംഗമിച്ച വായു സംവഹനകോശത്തോടൊപ്പം ഉയരുകയും ഏതാണ്ട് 14 കിലോമീറ്ററോളം ഉയരത്തിൽ ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ മുകൾപരപ്പിൽ എത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. തുടർന്ന് ഇത് ധ്രുവങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നതുമൂലം ഏകദേശം 30° വടക്ക് 30° തെക്ക് അക്ഷാംശങ്ങളിൽ വായു കുന്നുകൂടുന്നതിന് കാരണമാവുന്നു. ഇതിലൊരുഭാഗം തറനിരപ്പിലേക്ക് താഴുകയും ഉപോഷ്ണ ഉച്ചമർദം ആവുകയും ചെയ്യുന്നു. 30° വടക്കുതെക്ക് അക്ഷാംശങ്ങളിൽ എത്തുമ്പോഴേക്കും വായു തണുക്കുന്നതാണ് മേൽപ്പറഞ്ഞ താഴ്ന്നിറങ്ങലിന് മറ്റൊരു കാരണം. ഇങ്ങനെ വൻതോതിൽ ഭൗമോപരിതലത്തേക്ക് താഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന വായു അവിടെനിന്നും പൂർവവാതങ്ങളായി മധ്യരേഖാപ്രദേശത്തേക്ക് വീശുന്നു. മധ്യരേഖയ്ക്ക് ഇരുവശത്തുനിന്നും എത്തുന്ന പൂർവവാണിജ്യവാതങ്ങൾ അന്തർ ഉഷ്ണമേഖലാ സംക്രമണമേഖല (ITCZ) യിൽ സംഗമിക്കുന്നു.

ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും മുകളിലേക്കും തിരികെയുമുള്ള വായുവിന്റെ ചാക്രികഗതിയെ ചംക്രമണകോശങ്ങൾ (Cells) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഉഷ്ണമേഖലയിലെ ചംക്രമണകോശമാണ് ഹാഡ്‌ലിചംക്രമണകോശം (Hadley Cell). ഉപോഷ്ണ ഉച്ചമർദമേഖലയിൽനിന്നും വീശി ഉയരുന്ന ചൂടുവായുവും ധ്രുവങ്ങളിൽനിന്നും വീശിതാഴുന്ന ശീതവായുവും സൃഷ്ടിക്കുന്ന ചംക്രമണമാണ് മധ്യ അക്ഷാംശമേഖലയിൽ ഉള്ളത്. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ഈ കാറ്റുകളെ പശ്ചിമവാതങ്ങൾ (Westerlies) എന്നും ചംക്രമണകോശത്തെ ഫെറൽസെൽ (Ferrel Cell) എന്നും വിളിക്കുന്നു.

ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിൽ താഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന തണുത്തുറഞ്ഞ സാന്ദ്രത കൂടിയ വായു മധ്യഅക്ഷാംശപ്രദേശത്തിലേക്ക് ധ്രുവീയപൂർവവാതങ്ങളായി വീശുന്നു. ഇതാണ് ധ്രുവീയചംക്രമണകോശം (Polar Cell). മേൽപറഞ്ഞ മൂന്ന് ചംക്രമണകോശങ്ങളും ചേർന്ന് അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ പൊതുചംക്രമണക്രമം നിശ്ചയിക്കുന്നു. താഴ്ന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിൽനിന്നും ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലേക്കുള്ള താപകൈമാറ്റം നിലനിർത്തുന്നത് അന്തരീക്ഷത്തിലെ പൊതുചംക്രമണമാണ്.

അന്തരീക്ഷത്തിലെ പൊതുചംക്രമണം സമുദ്രങ്ങളെയും സ്വാധീനിക്കുന്നുണ്ട്. ആഗോളവാതങ്ങൾ സമുദ്രജലം സാവധാനം ഒരിടത്തുനിന്നും മറ്റൊരിടത്തേക്ക് വൻതോതിൽ നീങ്ങുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. പകരമായി സമുദ്രങ്ങൾ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് ഊർജ്ജവും ഈർപ്പവും പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. അതിവിസ്തൃതമായ സമുദ്രത്തിൽ ഈ കൈമാറ്റങ്ങൾക്ക് താരതമ്യേന വേഗത കുറവാണ്.

അന്തരീക്ഷത്തിലെ പൊതുചംക്രമണവും അവ സമുദ്രങ്ങളിൽ ഉണ്ടാക്കുന്ന പ്രഭാവങ്ങളും

അന്തരീക്ഷ ചംക്രമണത്തിന്റെ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട ഫലമാണ് പസഫിക് സമുദ്രത്തിന്റെ ചൂടാകലും തണുക്കലും. മധ്യപസഫിക് സമുദ്രത്തിലെ ഉഷ്ണജലം, സാവകാശം തെക്കേ അമേരിക്കൻ തീരത്തേക്കു നീങ്ങുകയും തണുത്ത പെറുവിയൻ പ്രവാഹങ്ങളെ തള്ളിമാറ്റുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി പെറുവിന്റെ തീരത്ത് ഉഷ്ണജലം എത്തുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസമാണ് എൽനിനോ (El Nino) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഇതിന് മധ്യപസഫിക് സമുദ്രത്തിലേയും ആസ്ട്രേലിയയിലേയും മർദസാഹചര്യങ്ങളുമായി അടുത്ത ബന്ധമുണ്ട്. പസഫിക് സമുദ്രത്തിലെ മർദസാഹചര്യത്തിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റമാണ് ദക്ഷിണ ആന്ദോളനം (southern oscillation) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ദക്ഷിണ ആന്ദോളനം, എൽനിനോ എന്നീ പ്രതിഭാസങ്ങളുടെ സംയോജിതഫലമാണ് ENSO. ENSO ശക്തമാകുന്ന വർഷങ്ങളിൽ ആഗോളതലത്തിൽ വലിയതോതിൽ കാലാവസ്ഥാ വ്യതിയാനങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. തെക്കേ അമേരിക്കയുടെ വരണ്ട പടിഞ്ഞാറൻ തീരത്ത് ശക്തമായ മഴ ലഭിക്കുന്നതും ആസ്ട്രേലിയയിലും ചില സമയത്ത് ഇന്ത്യയിലും വരൾച്ച അനുഭവപ്പെടുന്നതും ചൈനയിൽ വെള്ളപ്പൊക്കമുണ്ടാകുന്നതുമെല്ലാം ഇതിന്റെ ഫലമായാണ്. ഈ പ്രതിഭാസങ്ങളെ സൂക്ഷ്മമായി നിരീക്ഷിച്ചാണ് ലോകത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലെ പ്രധാന മേഖലകളിലെ ദീർഘകാല കാലാവസ്ഥാപ്രവചനം നടത്തുന്നത്.

കാലികവാതങ്ങൾ (Seasonal Winds)

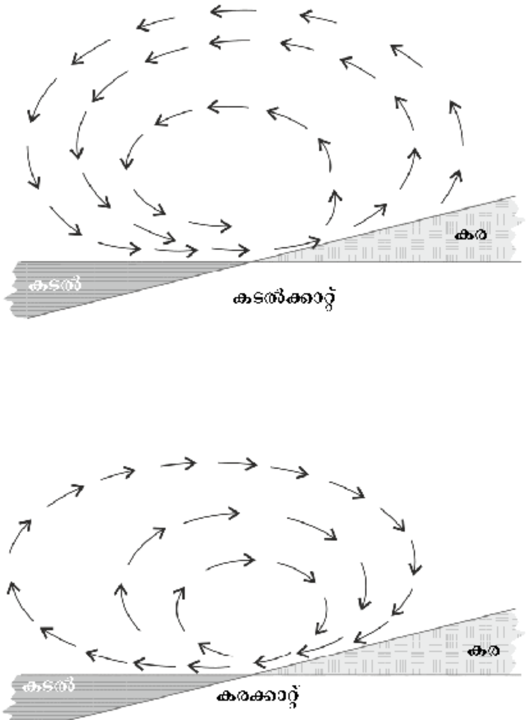
ഏറ്റവും കൂടുതൽ ചൂടാകുന്ന പ്രദേശം, മർദം, കാറ്റിന്റെ മേഖലകൾ എന്നിവയിൽ ഋതുഭേദങ്ങൾക്കനുസൃതമായി ഉണ്ടാകുന്ന സ്ഥാനമാറ്റം കാറ്റിന്റെ ചംക്രമണഗതിയെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. ഈ മാറ്റത്തിന്റെ ഏറ്റവും പ്രകടമായഫലം തെക്കുകിഴക്കൻ ഏഷ്യയിലെ മൺസൂണുകളിലാണ്. അതിന്റെ വിശദാംശങ്ങൾ നിങ്ങൾ, ഇന്ത്യ: ഭൗതികപരിസ്ഥിതി (എൻസിഇആർടി, 2006) എന്ന പുസ്തകത്തിൽനിന്നും മനസ്സിലാക്കുക. പൊതുചംക്രമണവ്യൂഹങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള മറ്റ് പ്രാദേശിക വ്യതിയാനങ്ങൾ ചുവടെ ചേർക്കുന്നു.

പ്രാദേശിക വാതങ്ങൾ (Local Winds)

ദൈനികമായോ കാലികമായോ ഭൗമോപരിതലം ചൂടാകുന്നതിലെയും തണുക്കുന്നതിലെയും വ്യത്യാസങ്ങൾ നിരവധി പ്രാദേശികവാതങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുന്നു.

കരക്കാറ്റും കടൽക്കാറ്റും (Land and Sea Breezes)

കരയും കടലും താപം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നതും കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നതും വ്യത്യസ്തരീതിയിലാണ്. പകൽസമയത്ത് കര വേഗം ചൂട് പിടിക്കുകയും കടലിനേക്കാൾ ചൂടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. അപ്പോൾ കരയുടെ മുകളിലെ വായു ചൂടായി ഉയരുകയും അവിടെ ഒരു ന്യൂനമർദം രൂപംകൊള്ളുകയും ചെയ്യും. അതേസമയം താരതമ്യേന തണുത്ത കടലിനുമുകളിൽ ഉയർന്ന മർദമായിരിക്കും. അതിന്റെ ഫലമായി മർദചരിവുമാനം കടലിൽനിന്നും കരയിലേക്കാവുകയും കടലിൽനിന്നും കരയിലേക്കു കാറ്റ് വീശുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് കടൽക്കാറ്റ് (Sea Breeze). രാത്രിയിൽ ഇതിനുനേർ വിപരീതമായ സാഹചര്യമാണ്. കര കടലിനേക്കാൾ വേഗത്തിൽ താപം നഷ്ടപ്പെടുത്തുകയും തണുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മർദചരിവുമാനം കരയിൽനിന്നും കടലിലേക്കാകുകയും അതിനെതുടർന്ന് കരയിൽനിന്നും കടലിലേക്ക് കാറ്റ് വീശുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് കരക്കാറ്റ് (Land Breeze) (ചിത്രം 10.7).



ചിത്രം 10.7 : കരക്കാറ്റും കടൽക്കാറ്റും

പർവതക്കാറ്റും താഴ്വരക്കാറ്റും (Mountain and Valley Winds)

പകൽസമയത്ത് പർവതചരിവുകളിലെ വായു ചൂടുപിടിച്ച് ഉയരുന്നു. അപ്പോൾ അവിടെ ഉണ്ടാകുന്ന വായുവിന്റെ കുറവ് നികത്തുന്നതിനായി താഴ്വരകളിൽനിന്നും കാറ്റ് വീശിയെത്തുന്നു. ഇതാണ് താഴ്വരക്കാറ്റ് (Valley breeze). രാത്രികാലങ്ങളിൽ പർവതചരിവുകളിലെ വായു തണുക്കുന്നു. ഭാരംകൂടിയ ഈ വായു താഴ്വരകളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നതാണ് പർവതക്കാറ്റ് (Mountain breeze). ഹിമപാളികളിലെയും ഉയർന്ന പീഠഭൂമികളിലെയും തണുത്ത വായു താഴ്വരകളിലേക്ക് ഒഴുകി ഇറങ്ങുന്നതിനെ

കാറ്റബാറ്റിക് (Katabatic) കാറ്റ് എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പർവതചരിവുകളിലൂടെ ഉയരുന്ന വായു തണുക്കുകയും അതിലെ ഈർപ്പം ഘനീഭവിച്ച് മഴ പെയ്യുകയുംചെയ്യുന്നു. തുടർന്ന് പർവതങ്ങളുടെ മറുചരിവിലേക്ക് കടക്കുന്ന വരണ്ട വായു അഡിയാബാറ്റിക് (Adiabatic) പ്രക്രിയയിലൂടെ (വായു ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്ക് താഴുന്നതിനെ തുടർന്ന് ചൂടുപിടിക്കുന്ന പ്രക്രിയ) ചൂടാകുന്നു. ചുരുങ്ങിയ സമയംകൊണ്ട് ഈ വരണ്ട കാറ്റ് പർവതച്ചരിവുകളിലെ മഞ്ഞുരുക്കുന്നു.

വായുസഞ്ചയങ്ങൾ (Air Masses)

സമാനസവിശേഷതകൾ പുലർത്തുന്ന ഒരു പ്രദേശത്തിനുമുകളിൽ വായു വേണ്ടത്ര സമയം നിലകൊള്ളുകയാണെങ്കിൽ ആ പ്രദേശത്തിന്റെ സവിശേഷതകൾ ആ വായുവിലേക്ക് പകരുന്നു. അതിവിശാലമായ സമുദ്രോപരിതലം, വിസ്തൃതമായ സമതലങ്ങൾ ഇവയൊക്കെ ഒരേ സവിശേഷതകളുള്ള പ്രദേശങ്ങളാണ്. താപം, ആർദ്രത ഇവയിലൊക്കെ സവിശേഷത പ്രകടിപ്പിക്കുന്നതാണ് ഓരോ വായുസഞ്ചയങ്ങളും. താപം, ആർദ്രത ഇവ തിരശ്ചീനതലത്തിൽ ഒരേപോലെയുള്ള ബൃഹത്തായ വായുപിണ്ഡങ്ങളാണിവ. ഈ വായുപിണ്ഡങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്ന ഐകരൂപ്യമുള്ള പ്രദേശങ്ങളെ ഉത്ഭവപ്രദേശങ്ങൾ (Source regions) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

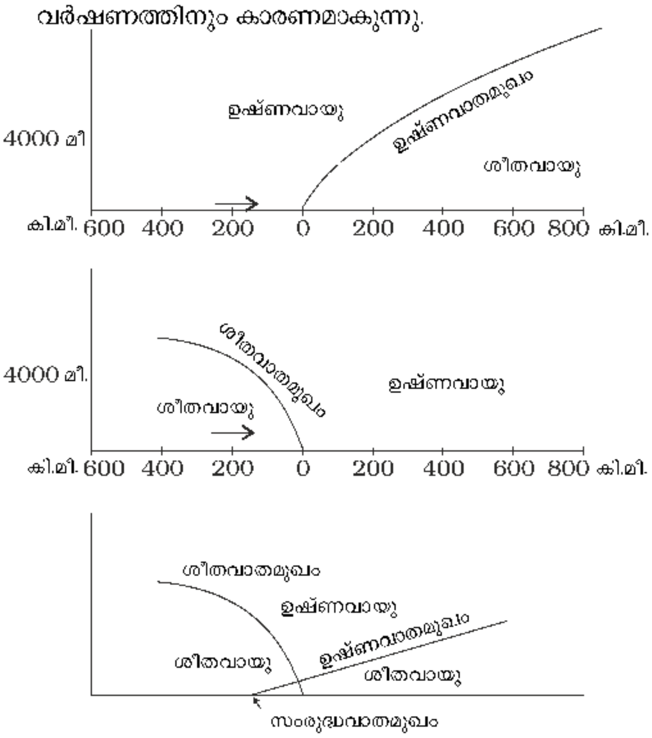
വായുസഞ്ചയങ്ങളെ അവയുടെ ഉത്ഭവപ്രദേശങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അഞ്ചായി തരംതിരിക്കാം. അവ: (i) ചൂടേറിയ ഉഷ്ണമേഖലയിലെയും ഉപോഷ്ണമേഖലയിലെയും സമുദ്രങ്ങൾ, (ii) ഉപോഷ്ണമേഖലയിലെ ഉഷ്ണമരുഭൂമികൾ, (iii) ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലെ താരതമ്യേന തണുപ്പുള്ള സമുദ്രങ്ങൾ, (iv) ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലെ മഞ്ഞ് മൂടിയ തണുപ്പേറിയ വൻകരകൾ, (v) ആർട്ടിക്-അന്റാർട്ടിക് പ്രദേശങ്ങളിലെ മഞ്ഞ് മൂടിയ വൻകരകൾ. അതിൻപ്രകാരം ചുവടെ ചേർക്കുന്ന തരം വായുസഞ്ചയങ്ങൾ (Airmasses) ഉള്ളതായി തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്: (i) ഉഷ്ണമേഖലാ സമുദ്രവായുസഞ്ചയം (Maritime tropical) (mT); (ii) ഉഷ്ണമേഖലാ വൻകരവായുസഞ്ചയം (Continental tropical) (cT); (iii) ധ്രുവീയ സമുദ്രവായുസഞ്ചയം (Maritime polar) (mP); (iv) ധ്രുവീയ വൻകരാവായുസഞ്ചയം (Continental polar) (cP); (v) ആർട്ടിക് വൻകരവായുസഞ്ചയം (Continental arctic) (cA).

ഉഷ്ണമേഖലാ വായുസഞ്ചയങ്ങൾ ചൂടുള്ളവയും ധ്രുവീയവായുസഞ്ചയങ്ങൾ തണുപ്പുള്ളവയുമായിരിക്കും.

വാതമുഖങ്ങൾ (Fronts)

അഭിമുഖമായി നിൽക്കുന്ന രണ്ട് വ്യത്യസ്ത വായുസഞ്ചയങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അതിർവരമ്പാണ് വാതമുഖം എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. വാതമുഖങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്ന പ്രക്രിയയാണ് വാതമുഖോൽപ്പത്തി (Frontogenesis) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. വാതമുഖങ്ങൾ നാലുതരമുണ്ട്: (a) ശീതവാതമുഖം (Cold front); (b) ഉഷ്ണവാതമുഖം (Warm front); (c) നിശ്ചലവാതമുഖം (Stationary front); (d) സംരുദ്ധവാതമുഖം (Occluded front).

സ്ഥിരമായി നിൽക്കുന്ന വായുസഞ്ചയ അതിർവരമ്പാണ് നിശ്ചലവാതമുഖം (Stationary front) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. തണുത്ത വായുസഞ്ചയം ഉഷ്ണവായുസഞ്ചയത്തിനടുത്തേക്ക് നീങ്ങുന്ന സന്ദർഭത്തിൽ അവ തമ്മിൽ സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെടുന്ന മേഖലയാണ് ശീതവാതമുഖം (Cold front) എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്നത്. ഉഷ്ണവായുസഞ്ചയം ശീതവായുസഞ്ചയത്തിനടുത്തേക്കാണ് നീങ്ങുന്നതെങ്കിൽ അവിടത്തെ സമ്പർക്കമേഖല ഉഷ്ണവാതമുഖ (Warm front) മായിരിക്കും. ഒരു വായുസഞ്ചയം ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും പൂർണമായും ഉയർത്തപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ അത് സംരുദ്ധവാതമുഖം (Occluded front) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. മധ്യ അക്ഷാംശ പ്രദേശങ്ങളിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന വാതമുഖങ്ങളിലെ താപം, മർദം എന്നിവയിൽ കുത്തനെയുള്ള ചരിവുമാനം നിലനിൽക്കുന്നു. താപനിലയിൽ പൊടുന്നനെ മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്ന ഇവ ഉയർന്ന് മേഘരൂപീകരണത്തിനും വർഷണത്തിനും കാരണമാകുന്നു.



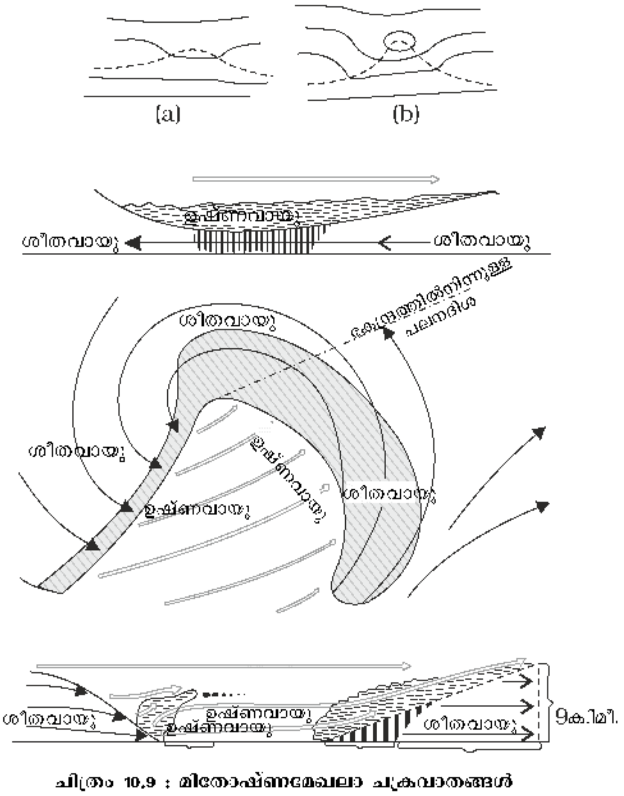
ചിത്രം 10.8 : (a) ഉഷ്ണവാതമുഖം, (b) ശീതവാതമുഖം, (c) സംരുദ്ധ വാതമുഖം എന്നിവയുടെ ലംബതലഛേദദൃശ്യം

മിതോഷ്ണ മേഖലാചക്രവാതങ്ങൾ (Extra Tropical Cyclones)

ഉഷ്ണമേഖലക്കപ്പുറത്ത് മധ്യ അക്ഷാംശങ്ങളിലും ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലും രൂപംകൊള്ളുന്ന ന്യൂനമർദ

വ്യൂഹങ്ങളാണ് മിതോഷ്ണമേഖലാചക്രവാതങ്ങൾ. വാതമുഖങ്ങൾ കടന്നുപോകുന്നത് മധ്യഅക്ഷാംശങ്ങളിലെയും ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലെയും കാലാവസ്ഥയിൽ പ്രകടമായ മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുവാൻ ഇടയാക്കുന്നു.

നിശ്ചലമായ ധ്രുവീയവാതമുഖങ്ങളിലാണ് മിതോഷ്ണമേഖല ചക്രവാതങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. വ്യത്യസ്ത ഊഷ്മാവ് അനുഭവപ്പെടുന്ന വാതമുഖങ്ങൾ തമ്മിൽ കൂടിച്ചേരുമ്പോഴാണ് ഇത്തരം ചക്രവാതങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ ഉഷ്ണവായു വാതമുഖത്തിന് വടക്കുനിന്നുമാണ് വീശുന്നത്. വാതമുഖത്തിൽ മർദം കുറയുന്നതോടുകൂടി ഉഷ്ണവായു വീണ്ടും വടക്കോട്ടും ശീതവായു തെക്കോട്ടും നീങ്ങുന്നു. ഇത് ഒരു എതിർഘടികാര ചക്രവാതചംക്രമണം (Anti-clockwise cyclonic circulation) രൂപംകൊള്ളുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. തുടർന്ന് ഇത് ഉഷ്ണവാതമുഖവും ശീതവാതമുഖവുമുള്ള മിതോഷ്ണമേഖലാചക്രവാതമായി വികാസം പ്രാപിക്കുന്നു. പൂർണവികാസം പ്രാപിച്ച മിതോഷ്ണമേഖലാചക്രവാതത്തിന്റെ രൂപരേഖയും ഛേദമുഖവും ചിത്രം 10.9-ൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.9 : മിതോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ

ശീതവായുമേഖലയുടെ മുൻഭാഗത്തിനും പിൻഭാഗത്തിനും ഇടയിലായി ഉഷ്ണവായു അകപ്പെട്ടുകിടക്കുന്നുണ്ട്. ഈ ഉഷ്ണവായു ശീതവായുവിന് മുകളിലേക്ക് തെന്നിക്കയറുന്നതോടെ ഉഷ്ണവാതമുഖത്തിന് മുന്നിലായി ആകാശത്ത് മേഘങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുകയും വർഷണമുണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. അതേസമയം ശീതവാതമുഖം ഉഷ്ണവായുവിനെ പിന്നിൽനിന്നും തള്ളിനീക്കുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി ശീതവാതമുഖത്ത് ക്യുമുലസ് മേഘങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നു. തുടർന്ന് ശീതവാതമുഖം ഉഷ്ണവാതമുഖത്തെ മറികടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് ഉഷ്ണവായു ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും പൂർണമായും ഉയർത്തപ്പെടാൻ ഇടയാക്കുകയും സംരുദ്ധ (Occluded) വാതമുഖം രൂപംകൊള്ളുകയും ചക്രവാതം ദുർബലമാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഭൗമോപരിതലത്തിലും ഉയരങ്ങളിലുമുള്ള കാറ്റിന്റെ ചംക്രമണപ്രക്രിയകൾക്ക് തമ്മിൽ അടുത്തബന്ധമുണ്ട്. മിതോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങളിൽനിന്നും വളരെയധികം വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മിതോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾക്ക് വ്യക്തമായ വാതമുഖവ്യവസ്ഥയുണ്ട്. ഇത് ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങളിൽ ഉണ്ടായിരിക്കുകയില്ല. മിതോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ കരയുടെയും കടലിന്റെയും മുകളിൽ രൂപംകൊള്ളാം. ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ കടലിന് മുകളിൽമാത്രമെ രൂപംകൊള്ളാറുള്ളൂ, ഇവ കരയിലെത്തുന്നതോടെ ദുർബലമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. മിതോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങളെക്കാൾ കൂടുതൽ സ്ഥലത്ത് വ്യാപിക്കുന്നു. ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങളിൽ കാറ്റിന് തീവ്രത കൂടുതലായതിനാൽ നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ അളവും കൂടുതലായിരിക്കും.

മിതോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ പടിഞ്ഞാറുനിന്നും കിഴക്കോട്ട് സഞ്ചരിക്കുന്നു. അതേസമയം ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങളുടെ സഞ്ചാരഗതി കിഴക്കുനിന്നും പടിഞ്ഞാറോട്ടാണ്.

ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ
(Tropical Cyclones)

ഉഷ്ണമേഖലയിലെ സമുദ്രങ്ങൾക്ക് മുകളിൽ രൂപംകൊണ്ട് തീരത്തേക്ക് വീശുന്ന അതിതീവ്രമായ കൊടുങ്കാറ്റുകളാണ് ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ. ഇവ തീവ്രതയോടെ വീശുന്നതിനാൽ അതിശക്തമായ മഴയ്ക്കും കടലേറ്റത്തിനും വൻതോതിൽ നാശനഷ്ടങ്ങൾക്കും കാരണമാകുന്നു. ഏറ്റവും വിനാശകാരികളായ പ്രകൃതിദുരന്തങ്ങളിലൊന്നാണിത്. ഇന്ത്യൻ മഹാസമുദ്രത്തിൽ സൈക്ലോൺ (Cyclones), അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രപ്രദേശങ്ങളിൽ ഹരികെയ്ൻസ് (Hurricanes), പശ്ചിമ ശാന്തസമുദ്രപ്രദേശത്തും തെക്കൻ ചൈനാകടലിലും ടൈഫൂൺ (Typhoons), പശ്ചിമ ആസ്ട്രേലിയിൽ വില്ലിവില്ലീസ് (Willy-Willies) എന്നിങ്ങനെ വിവിധ രാജ്യങ്ങളിൽ വിവിധ പേരുകളിലാണ് ഇവ അറിയപ്പെടുന്നത്.

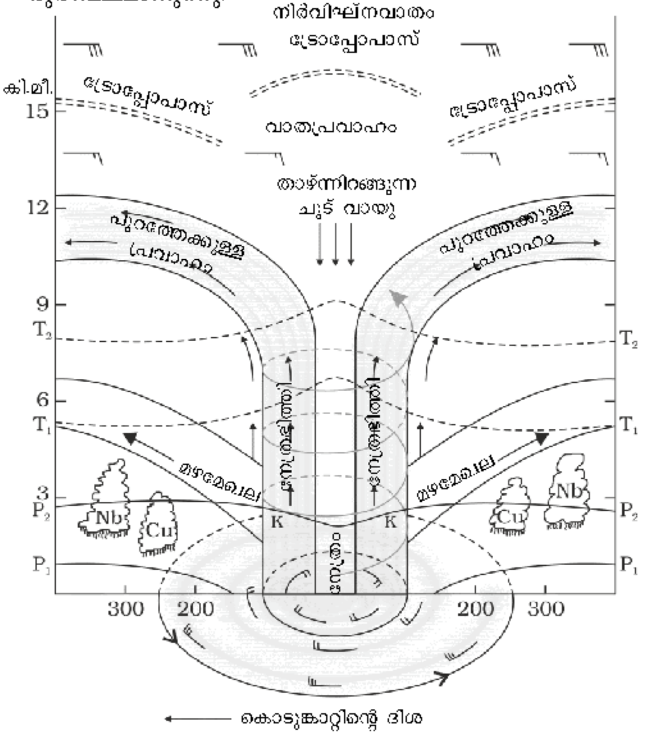
ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതും ശക്തിപ്രാപിക്കുന്നതും ചൂടേറിയ ഉഷ്ണമേഖലാ സമുദ്രങ്ങളുടെ മുകളിലാണ്. ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതിനും ശക്തിപ്രാപിക്കുന്നതിനും അനുകൂലമായ സാഹചര്യങ്ങൾ: (i) 27°C-ൽ കൂടുതൽ ഊഷ്മാവുള്ള വിശാലസമുദ്രോപരിതലം; (ii) കൊറിയോലിസ് പ്രഭാവത്തിന്റെ സാമീപ്യം; (iii) കാറ്റിന്റെ ലംബതലവേഗതയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന നേരിയ വ്യത്യാസങ്ങൾ; (iv) നേരത്തെതന്നെ നിലനിന്നിരുന്ന ഒരു ദുർബല ന്യൂനമർദമേഖല; (v) സമുദ്രനിരപ്പിന് മുകളിലായി ഉയർന്നതലത്തിലെ വായുവിന്റെ വിയോജനം.

ചക്രവാതകേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റുമായി ഉയരങ്ങളിലേക്ക് വ്യാപിച്ചിട്ടുള്ള ക്യുമുലോനിംബസ് മേഘങ്ങളുടെ രൂപീകരണപ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് ഇവയ്ക്ക് വേണ്ടത്ര ഊർജം ലഭിക്കുന്നത്. സമുദ്രത്തിൽനിന്നും തുടർച്ചയായി ലഭിക്കുന്ന ഈർപ്പം ചക്രവാതത്തിന്റെ തീവ്രത വർധിപ്പിക്കുന്നു. കരയിലെത്തുന്നതോടുകൂടി ഇവയ്ക്ക് ഈർപ്പം ലഭിക്കാതാവുകയും ചക്രവാതങ്ങൾ ദുർബലമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ കരയിലേക്ക് കടക്കുന്ന പ്രദേശത്തെ ചക്രവാതത്തിന്റെ ലാന്റ് ഫാൾ (Land fall) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. 20° ഉത്തര അക്ഷാംശം മറികടക്കുന്ന ഇത്തരം ചക്രവാതങ്ങൾക്ക് ദിശാവ്യതിയാനം സംഭവിച്ച് കൂടുതൽ വിനാശകാരിയായി മാറുന്നു.

പൂർണവികാസം പ്രാപിച്ച ഒരു ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതത്തിന്റെ ലംബതല ഛേദദൃശ്യം ചിത്രം 10.10-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റുമായി അതിശക്തിയിൽ സർപ്പിളാകൃതിയിൽ കാറ്റ് കറങ്ങികൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഈ ഭാഗത്തിനെ ചക്രവാതനേത്രം (eye of cyclone) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ചുഴറ്റിവീശുന്ന ഈ വായുവ്യൂഹത്തിന്റെ വ്യാസം 150 കിലോമീറ്റർ മുതൽ 250 കിലോമീറ്റർവരെയാണ്.

വായു താഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന ശാന്തമായ മേഖലയാണ് ചക്രവാതനേത്രം. ചക്രവാതനേത്രത്തിന് ചുറ്റുമായി നേത്രഭിത്തി (eye wall) യുണ്ട്. ഇവിടെ അതീവവേഗത്തിൽ ശക്തമായി ചുഴറ്റിവീശുന്ന വായു ഉയർന്ന് ട്രോപ്പോപ്പാസിലെത്തുന്നു. കാറ്റിന് ഏറ്റവും വേഗം കൂടിയ മേഖലയാണിത്. ശക്തമായി മഴ ലഭിക്കുന്ന ഇവിടെ കാറ്റിന്റെ വേഗം മണിക്കൂറിൽ 250 കിലോമീറ്ററിലും അധികമാണ്. നേത്രഭിത്തിയിൽനിന്നും മഴമേഖല (Rain bands) ചുറ്റിലും വ്യാപിക്കുകയും ക്യുമുലസ്, ക്യുമുലോ-നിംബസ് മേഘങ്ങൾ പുറത്തേക്ക് നീങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. ബംഗാൾ ഉൾക്കടലിലും അറബിക്കടലിലും ഇന്ത്യൻ മഹാസമുദ്രത്തിലും രൂപംകൊള്ളുന്ന ഈ ചക്രവാതങ്ങൾക്ക് 600 മുതൽ 1200 കിലോമീറ്റർവരെ വ്യാസമുണ്ടായിരിക്കും. ഈ ചക്രവാതവ്യൂഹം ദിവസേന 300–500 കിലോമീറ്റർ ദൂരംവരെ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇവ കടലേറ്റം (ചക്രവാതങ്ങൾ കാരണം സമുദ്രനിരപ്പിലുണ്ടാകുന്ന അസാധാരണ ഉയർച്ച) ഉണ്ടാക്കുകയും തീരപ്രദേശങ്ങളെ വെള്ളത്തിലാഴ്ത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. കരയിലെത്തിച്ചേരുന്നതോടെ ഉഷ്ണമേഖലാചക്രവാതങ്ങൾ ദുർബലമാകുന്നു.



ചിത്രം 10.10: ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതത്തിന്റെ ലംബതല ഛേദദൃശ്യം (രാമശാസ്ത്രിയുടെ അഭിപ്രായപ്രകാരം)

ഇടിമിന്നലോടുകൂടിയ കൊടുങ്കാറ്റുകളും ടൊർണാഡോകളും
(Thunderstorms and Tornadoes)

ശക്തിയേറിയ മറ്റു പ്രദേശിക കൊടുങ്കാറ്റുകളാണ് ഇടിമിന്നലോടുകൂടിയ കൊടുങ്കാറ്റുകളും ടൊർണാഡോകളും. താരതമ്യേന ചെറിയ പ്രദേശങ്ങളിൽ ഹ്രസ്വനേരത്തേക്കുമാത്രം നിലനിൽക്കുന്ന ഇവ അതിശക്തമായി വീശുന്നു. ആർദ്രതയും അത്യുഷ്ണവും അനുഭവപ്പെടുന്ന ദിവസങ്ങളിലെ ശക്തമായ സംവഹനപ്രക്രിയ (convection) യിലൂടെയാണ് ഇവ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. യഥാർഥത്തിൽ ഇടിയും മിന്നലുമുണ്ടാക്കുന്ന പൂർണവികാസം പ്രാപിച്ച ക്യുമുലോ-നിംബസ് മേഘങ്ങളാണിവ. ഈ മേഘങ്ങൾ വളർന്ന് പൂജ്യം ഡിഗ്രി ഊഷ്മാവിലും താഴെയുള്ള ഉയരങ്ങളിലെത്തുമ്പോൾ അത് ആലിപ്പഴം (Hails) രൂപംകൊള്ളാൻ കാരണമാവുകയും ആലിപ്പഴവീഴ്ച (Hail storms) യുണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മേഘപാളികളിൽ വേണ്ടത്ര ഈർപ്പമില്ലാതെവരുമ്പോൾ ഇവ പൊടിക്കാറ്റു (Dust stroms) കളുണ്ടാക്കുന്നു. ശക്തമായി ചൂടുപിടിച്ച വായു കൂടുതൽ ഈർപ്പം ആഗിരണം ചെയ്ത്

ഉയരുന്നതിലൂടെ മേഘങ്ങൾ വലുതാവുകയും വർഷണ ത്തിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. മേഘം ഘനീഭ വിച്ച് താഴേക്ക് മഴയായി പെയ്തിറങ്ങുന്നു.

ഇടിമിന്നലോടുകൂടിയ ഈ കൊടുങ്കാറ്റുകളിൽനിന്നും ചില സമയങ്ങളിൽ കാറ്റ് ഒരു ചുഴിപോലെ കറങ്ങി തുമ്പി ക്കൈയുടെ ആകൃതിയിൽ അതീവശക്തിയോടെ ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്ക് താഴ്ന്നിറങ്ങി വരാറുണ്ട്. സഞ്ചാരപാതയിൽ അത്യധികം നാശനഷ്ടങ്ങളുണ്ടാക്കു ന്നതും കേന്ദ്രസ്ഥാനത്ത് അതീവ ന്യൂനമർദമുള്ളതുമായ ഈ പ്രതിഭാസം ടൊർണാഡോ (Tornado) എന്നറിയ പ്പെടുന്നു. മധ്യ-അക്ഷാംശ പ്രദേശങ്ങളിലാണ് ഇവ സാധാരണയായി ഉണ്ടാകുന്നത്. കടലിനുമുകളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ടൊർണാഡോകളാണ് വാട്ടർസ്പ്രൗട്ടുകൾ (Water sprouts).

താപവിതരണത്തിലെ അസന്തുലിതാവസ്ഥയോട് താദാത്മ്യം പ്രാപിക്കാനുള്ള അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ശ്രമ മാണ് കൊടുങ്കാറ്റുകളുടെ രൂപത്തിൽ പ്രകടമാവുന്നത്. ഈ കൊടുങ്കാറ്റുകളിലെ താപോർജവും സ്ഥിതി കോർജവും ഗതികോർജമായി മാറ്റപ്പെടുകയും, അസ്ഥി രമായ അന്തരീക്ഷം അതിന്റെ സുസ്ഥിരസ്ഥിതി (Stable state) യിലേക്ക് തിരികെ എത്തിച്ചേരുകയും ചെയ്യുന്നു.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയുത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.
   (i) ഭൗമോപരിതലത്തിലെ അന്തരീക്ഷമർദം 1000 മില്ലീബാർ ആണെങ്കിൽ ഉപരിതലത്തിന് 1 കിലോമീറ്റർ മുകളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന അന്തരീക്ഷ മർദം:
   (a) 700 മില്ലീബാർ (b) 900 മില്ലീബാർ (c) 1100 മില്ലീബാർ (d) 1300 മില്ലീബാർ
   (ii) അന്തർ ഉഷ്ണമേഖലാ സംക്രമണമേഖല (ITCZ) സാധാരണ കാണപ്പെടുന്നത്:
   (a) ഭൂമധ്യരേഖയ്ക്ക് സമീപം (c) ഉത്തരായനരേഖയ്ക്ക് സമീപം
   (b) ദക്ഷിണായനരേഖയ്ക്ക് സമീപം (d) ആർട്ടിക് വൃത്തത്തിന് സമീപം
   (iii) ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ ന്യൂനമർദകേന്ദ്രത്തിനു ചുറ്റുമുള്ള കാറ്റിന്റെ ദിശ:
   (a) ഘടികാരദിശ (c) എതിർഘടികാര ദിശ
   (b) സമ മർദരേഖകൾക്ക് ലംബം (d) സമ മർദരേഖകൾക്ക് സമാന്തരം
   (iv) താഴെപ്പറയുന്നവയിൽ വായുസഞ്ചയങ്ങളുടെ ഉത്ഭവപ്രദേശം ഏതാണ്?
   (a) ഭൂമധ്യരേഖാ വനപ്രദേശം (c) സൈബീരിയൻ സമതലം
   (b) ഹിമാലയം (d) ഡക്കാൻ പീഠഭൂമി
2. താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കിൽ കുറയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   (i) മർദം അളക്കുന്ന ഏകകമേതാണ്? കാലാവസ്ഥാ ഭൂപടങ്ങൾ നിർമിക്കുമ്പോൾ ഓരോ കേന്ദ്രങ്ങളിലെയും അന്തരീക്ഷമർദത്തെ സമുദ്രനിരപ്പിലേക്ക് ക്രമീകരിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
   (ii) മർദചരിവുമാന ബലം വടക്കുനിന്ന് തെക്കോട്ടാണെങ്കിൽ അതായത്, ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ ഉപോഷ്ണ ഉച്ചമർദ മേഖലയിൽനിന്നും ഭൂമധ്യരേഖയിലേക്കാണെങ്കിൽ എന്തുകൊണ്ട് കാറ്റുകൾ ഉഷ്ണമേഖലയിൽ വടക്കുകിഴക്ക് ദിശയിൽ വീശുന്നു?
   (iii) ഭൂവിക്ഷേപവാതങ്ങൾ എന്നാലെന്ത്?
   (iv) കരക്കാറ്റിനെയും കടൽക്കാറ്റിനെയും കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുക.
3. താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കിൽ കുറയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   (i) കാറ്റിന്റെ ദിശയേയും വേഗതയെയും നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളെക്കുറിച്ച് ചർച്ചചെയ്യുക.
   (ii) ഭൗമോപരിതലത്തിലെ അന്തരീക്ഷവായുവിന്റെ പൊതുചംക്രമണത്തെ കാണിക്കുന്ന ചിത്രം വരയ്ക്കുക. 30° വടക്കും തെക്കും അക്ഷാംശങ്ങളിൽ ഉപോഷ്ണ ഉച്ചമർദമേഖല രൂപംകൊള്ളാനുള്ള കാരണങ്ങൾ എന്തൊക്കെയാണ്?
   (iii) ഉഷ്ണമേഖലാചക്രവാതങ്ങൾ കടലിനുമുകളിൽ രൂപംകൊള്ളുന്നതെന്തുകൊണ്ട്? ഇത്തരം ചക്രവാതങ്ങ ളുടെ ഏത് ഭാഗത്താണ് ശക്തമായ മഴയും തീവ്രവേഗതയോടുകൂടിയ കാറ്റുകളും ഉണ്ടാകുന്നത്? എന്തുകൊണ്ട്?

പ്രോജക്ട് പ്രവർത്തനം

(i) കാലാവസ്ഥാ പ്രതിഭാസങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കുന്നതിനായി വർത്തമാനപത്രം, ടെലിവിഷൻ, റേഡിയോ തുട ങ്ങിയവയിൽനിന്നും കാലാവസ്ഥയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട വിവരങ്ങൾ ശേഖരിക്കുക.

(ii) വർത്തമാന പത്രങ്ങളിൽനിന്നും വിശേഷിച്ചും ഉപഗ്രഹചിത്രങ്ങൾസഹിതം നൽകിയിട്ടുള്ള കാലാവസ്ഥാ വാർത്തകൾ വായിക്കുക. അതിൽ മേഘാവൃതമായപ്രദേശങ്ങൾ അടയാളപ്പെടുത്തുക. മേഘങ്ങളുടെ വിതരണം നിരീക്ഷിച്ച് അന്തരീക്ഷചംക്രമണം മനസ്സിലാക്കുക. നിങ്ങൾക്ക് ടെലിവിഷൻ ഉണ്ടെങ്കിൽ അതിലും ഇല്ലെങ്കിൽ പത്രങ്ങളിൽ വരുന്നതുമായ കാലാവസ്ഥാപ്രവചനങ്ങൾ നിങ്ങളുടെ നിഗമനങ്ങളുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുക. എത്ര ദിവസങ്ങളിൽ പ്രവചനം ശരിയായിരുന്നു എന്ന് വിലയിരുത്തുക.

അധ്യായം

11

B7J5K9

അന്തരീക്ഷത്തിലെ ജലം

അന്തരീക്ഷവായുവിൽ ജലബാഷ്പം അടങ്ങിയിട്ടുണ്ടെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. അന്തരീക്ഷ വ്യാപ്തത്തിന്റെ പൂജ്യം മുതൽ നാല് ശതമാനംവരെ ജലബാഷ്പമാണ്. കാലാവസ്ഥാപ്രതിഭാസങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിൽ ജലബാഷ്പത്തിന് വലിയ പങ്കുണ്ട്. അന്തരീക്ഷജലം മൂന്ന് അവസ്ഥകളിലാണുള്ളത് – വാതകം, ദ്രാവകം, ഖരം. അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഈർപ്പം ചേർക്കപ്പെടുന്നത് ബാഷ്പീകരണംമൂലവും സസ്യലതാദികളിൽ നിന്നുള്ള സ്വേദനംമൂലവുമാണ്. ബാഷ്പീകരണം, സ്വേദനം, ഘനീഭവിക്കൽ, വർഷണം തുടങ്ങിയ പ്രക്രിയകളിലൂടെ അന്തരീക്ഷവും വൻകരകളും സമുദ്രങ്ങളും തമ്മിൽ തുടർച്ചയായ ജലകൈമാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു.

അന്തരീക്ഷവായുവിലെ ജലബാഷ്പത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തെ ആർദ്രത (Humidity) എന്നു പറയുന്നു. വിവിധ തരത്തിൽ ആർദ്രത അളന്നുതിട്ടപ്പെടുത്താം. അന്തരീക്ഷവായുവിൽ യഥാർഥത്തിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ജലബാഷ്പത്തിന്റെ അളവിനെ കേവല ആർദ്രത (Absolute humidity) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത് ഒരു നിശ്ചിതവ്യാപ്തം വായുവിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ജലബാഷ്പത്തിന്റെ ഭാരം ആണ്. ഒരു ഘനമീറ്റർ വായുവിൽ എത്ര ഗ്രാം ജലബാഷ്പം ഉണ്ട് എന്ന തോതിലാണ് ഇത് കണക്കാക്കുന്നത്. വായുവിന് ജലബാഷ്പം വഹിക്കാനുള്ള കഴിവ് പൂർണമായും വായുവിന്റെ ഊഷ്മാവിനെ ആശ്രയിച്ചാണ്. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ കേവല ആർദ്രതയുടെ അളവ് സ്ഥാനീയമായി വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഒരു നിശ്ചിത ഊഷ്മാവിലുള്ള വായുവിന് പരമാവധി ഈർപ്പം ഉൾക്കൊള്ളാനുള്ള കഴിവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ എത്ര ശതമാനം ഈർപ്പം നിലവിലുണ്ട് എന്നതാണ് ആപേക്ഷിക ആർദ്രത (Relative humidity). അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഊഷ്മാവിന്റെ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾക്ക് അനുസൃതമായി ഈർപ്പത്തിന്റെ അളവിലും വ്യതിയാനമുണ്ടാകുന്നു. ഇത് ആപേക്ഷിക ആർദ്രതയെയും ബാധിക്കും. ആപേക്ഷിക ആർദ്രത സമുദ്രത്തിന്റെ മുകളിൽ കൂടുതലും വൻകരകളുടെ മുകളിൽ കുറവുമാണ് അനുഭവപ്പെടുന്നത്.

ഒരു നിശ്ചിത ഊഷ്മാവിൽ പരമാവധി ഈർപ്പം ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന വായുവിനെ പൂരിതവായു (saturated air) എന്നു പറയുന്നു. നിശ്ചിത ഊഷ്മാവിൽ പൂരിതമായ വായുവിൽ ഈർപ്പം അധികമായി കൂട്ടിച്ചേർക്കുക സാധ്യമല്ല. ഏത് ഊഷ്മാവിലാണോ വായു പൂരിതമായത് ആ ഊഷ്മാവിനെ തുഷാരാങ്കം (dew point) എന്ന് പറയുന്നു.

ബാഷ്പീകരണവും ഘനീകരണവും (Evaporation and Condensation)

ബാഷ്പീകരണത്തിന്റെയും ഘനീകരണത്തിന്റെയും ഫലമായി അന്തരീക്ഷവായുവിൽ ഈർപ്പത്തിന്റെ അളവ് യഥാക്രമം കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെടുകയും നഷ്ടപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ദ്രാവകാവസ്ഥയിലുള്ള ജലം വാതകാവസ്ഥയിലേക്ക് മാറുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ബാഷ്പീകരണം (Evaporation). ബാഷ്പീകരണത്തിന്റെ പ്രധാന കാരണം താപമാണ്. ജലം നീരാവിയായി മാറാൻ തുടങ്ങുന്ന ഊഷ്മാവിനെ ബാഷ്പീകരണ ലീനതാപം (Latent Heat of Vapourisation) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ഊഷ്മാവ് കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് അന്തരീക്ഷവായുവിന്റെ ഈർപ്പം ആഗിരണം ചെയ്യുവാനും നിലനിർത്താനുമുള്ള കഴിവ് വർധിക്കുന്നു. അന്തരീക്ഷവായുവിൽ നിലവിൽ ഈർപ്പത്തിന്റെ അളവ് കുറവാണെങ്കിൽ കൂടുതൽ ഈർപ്പം ആഗിരണം ചെയ്യുവാനും നിലനിർത്താനും കഴിയും. വായുവിന്റെ ചലനഫലമായി പൂരിതവായുവിന്റെ സ്ഥാനത്ത് അപൂരിതവായു വന്നുചേരും. ഇതിനാൽ വായുവിന്റെ ചലനം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ബാഷ്പീകരണതോതും കൂടുന്നു.

നീരാവി ജലമായി മാറുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ഘനീഭവിക്കൽ. ഘനീഭവിക്കലിനുകാരണം താപനഷ്ടമാണ്. ഈർപ്പം നിറഞ്ഞ വായു തണുക്കുന്നതിനോടൊപ്പം അതിന് ഈർപ്പം നിലനിർത്താനുള്ള കഴിവും നഷ്ടപ്പെടുന്നു. കൂടുതലായി അടങ്ങിയ ജലബാഷ്പം ഘനീഭവിച്ച് ദ്രാവകരൂപത്തിലേക്ക് മാറുന്നു. ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ ജലബാഷ്പം നേരിട്ട് ഖരാവസ്ഥയിലേക്കുംമാറാം. ഇതിനെ സബ്ലിമേഷൻ (Sublimation) എന്നു പറയുന്നു. അന്ത

രീക്ഷവായുവിലെ ധൂളികളും പുകയും സമുദ്രജലത്തിൽനിന്നും ഉയരുന്ന ഉപ്പുകണികകളും ജലബാഷ്പത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുകയും ഇതിനുചുറ്റും ഘനീഭവിക്കൽ നടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഘനീഭവിക്കലിനു കാരണമാകുന്ന ഇത്തരം വളരെ ചെറിയ പദാർഥങ്ങളെ അതിസൂക്ഷ്മ ഘനീകരണ മർമങ്ങൾ (Hygroscopic Condensation Nuclei) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഈർപ്പം നിറഞ്ഞ വായു കൂടുതൽ തണുപ്പുള്ള വസ്തുക്കളുമായി സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെടുമ്പോഴും ഘനീഭവിക്കൽ സംഭവിക്കാം. ഊഷ്മാവ് തുഷാരാങ്കത്തിനടുത്തെത്തുമ്പോൾ ഘനീഭവിക്കൽ തുടങ്ങുന്നു. വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം, ഊഷ്മാവ്, മർദം, ആർദ്രത എന്നിവ ഘനീഭവിക്കലിനെ സ്വാധീനിക്കുന്നു.

ഘനീഭവിക്കൽ സംഭവിക്കുന്നത്: (1) വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം സ്ഥിരമാവുകയും ഊഷമാവ് തുഷാരാങ്കത്തിലേക്ക് താഴുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ, (2) വായുവിന്റെ വ്യാപ്തവും ഊഷ്മാവും കുറയുമ്പോൾ, (3) ബാഷ്പീകരണത്തിലൂടെ കൂടുതൽ ഈർപ്പം വായുവിൽ കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെടുമ്പോൾ. ഘനീഭവിക്കലിന് ഏറ്റവും അനുയോജ്യമായ സാഹചര്യം വായുവിന്റെ ഊഷ്മാവ് കുറയുന്നതുതന്നെയാണ്.

ഘനീഭവിച്ച ജലബാഷ്പം അല്ലെങ്കിൽ ഈർപ്പം താഴെപ്പറയുന്ന ഏതെങ്കിലും ഒരവസ്ഥയിലേക്ക് മാറുന്നു: മഞ്ഞു തുള്ളി (dew), ഹിമം (frost), മൂടൽമഞ്ഞ് (fog), മേഘങ്ങൾ (cloud). ഊഷ്മാവിന്റെയും സ്ഥാനത്തിന്റെയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഘനീകരണരൂപങ്ങളെ വർഗീകരിക്കാം. തുഷാരാങ്കം ഖരാങ്കത്തിനേക്കാളും ഉയർന്നിരിക്കുമ്പോഴും താഴ്ന്നിരിക്കുമ്പോഴും ഘനീഭവിക്കൽ നടക്കാം.

തുഷാരം (dew)

തണുത്ത ഖരരൂപത്തിലുള്ള കല്ലുകൾ, പുൽനാമ്പുകൾ, സസ്യങ്ങളുടെ ഇലകൾ മുതലായവയുടെ മുകളിൽ (അന്തരീക്ഷവായുവിലല്ലാതെ) കാണപ്പെടുന്ന മഞ്ഞുതുള്ളികളാണ് തുഷാരം. മേഘരഹിതമായ ആകാശം, ശാന്തമായ വായു, ഉയർന്ന ആപേക്ഷിക ആർദ്രത, നീണ്ട തണുപ്പുള്ള രാത്രികൾ തുടങ്ങിയവ തുഷാരരൂപീകരണത്തിന് അനുയോജ്യമാണ്. തുഷാരരൂപീകരണത്തിന് തുഷാരാങ്കം ഖരാങ്കത്തിന് മുകളിലായിരിക്കേണ്ടതുണ്ട്.

ഹിമം (frost)

തുഷാരാങ്കം ഖരാങ്കത്തിന് ഒപ്പമോ അതിൽ താഴെയോ ആകുമ്പോൾ തണുത്ത പ്രതലത്തിൽ ഘനീകരണം നടന്നു രൂപംകൊള്ളുന്നതാണ് ഹിമം (frost). കൂടുതലായി ഉണ്ടാകുന്ന ഈർപ്പം ജലതുള്ളികളായല്ലാതെ നേർത്ത് ഹിമപരലുകളായി (ice crystals) നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. വെളുത്ത ഹിമരൂപീകരണത്തിന്റെ സാഹചര്യം തുഷാരരൂപീകരണത്തിനുള്ള സാഹചര്യംതന്നെയാണ്; എന്നാൽ അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവ് ഖരാങ്കത്തിന് തുല്യമോ താഴെയോ ആയിരിക്കണം.

മൂടൽമഞ്ഞും നേർത്ത മൂടൽമഞ്ഞും (fog and mist)

ജലബാഷ്പത്താൽ നിബിഢമായ വായുസഞ്ചയത്തിൽ ഊഷ്മാവ് പെട്ടെന്ന് താഴുമ്പോൾ അതിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന നേർത്ത പൊടിപടലങ്ങളിൽ ജലകണികകൾ പറ്റിപ്പിടിച്ച് ഘനീഭവിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തോട് ചേർന്ന് രൂപംകൊള്ളുന്ന മേഘങ്ങളാണ് മൂടൽമഞ്ഞ് (fog). മൂടൽമഞ്ഞും (fog) നേർത്ത മൂടൽമഞ്ഞും (mist) കാരണം ദൂരക്കാഴ്ച കുറയുകയോ തീരെ ഇല്ലാതാവുകയോ ചെയ്യും. നഗര-വ്യാവസായിക മേഖലകളിൽനിന്നും ഉയരുന്ന പുകയിൽ ധാരാളം സൂക്ഷ്മഘനീകരണമർമങ്ങൾ ഉണ്ടാവുകയും ഇത് മൂടൽമഞ്ഞിന്റെയും നേർത്ത മൂടൽമഞ്ഞിന്റെയും രൂപീകരണത്തിനു കാരണമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ മൂടൽമഞ്ഞ് പുകയുമായി കൂടിച്ചേർന്ന് രൂപംകൊള്ളുന്നതാണ് പുകമഞ്ഞ് (smog). മൂടൽമഞ്ഞും നേർത്ത മൂടൽമഞ്ഞും തമ്മിലുള്ള ഏകവ്യത്യാസം മൂടൽമഞ്ഞിൽ നേർത്ത മൂടൽമഞ്ഞിനേക്കാളും ഈർപ്പം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു എന്നതാണ്. മൂടൽമഞ്ഞിന്റെ ഘനീകരണ മർമങ്ങളിൽ ഈർപ്പത്തിന്റെ കട്ടി കൂടുതലാണ്. ചൂടുവായു മുകളിലേക്കുയർന്ന് പർവതങ്ങളിലെ തണുത്ത പ്രതലങ്ങളിൽ ചെന്നെത്തുന്നതിനാൽ പർവതപ്രദേശങ്ങളിൽ നേർത്ത മൂടൽമഞ്ഞ് സാധാരണമാണ്. മൂടൽമഞ്ഞ് നേർത്ത മൂടൽമഞ്ഞിനേക്കാളും വരണ്ടതും ഉഷ്ണ-ശീത വായുപ്രവാഹങ്ങൾ കൂടിച്ചേരുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ രൂപംകൊള്ളുന്നവയുമാണ്.

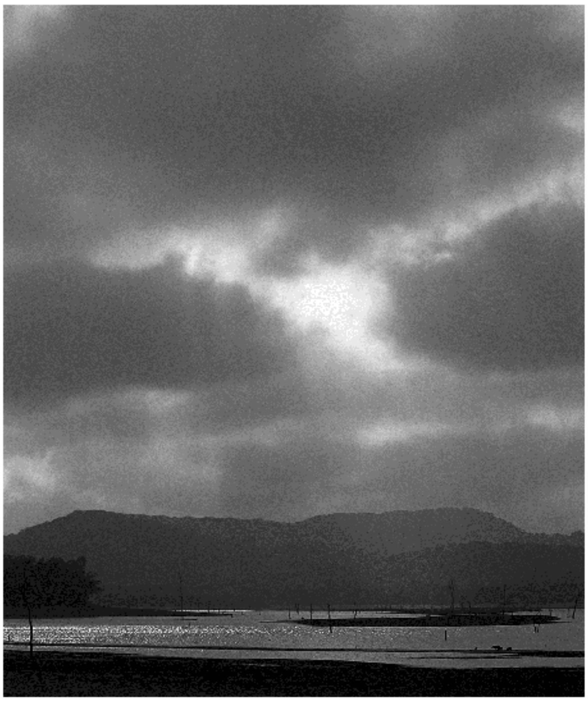
മേഘങ്ങൾ (clouds)

അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഉയർന്ന തലങ്ങളിൽ ജലബാഷ്പം ഘനീഭവിച്ച് രൂപംകൊള്ളുന്ന നേർത്ത ജലകണികകളുടെയോ ഹിമകണികകളുടെയോ സഞ്ചയമാണ് മേഘങ്ങൾ. ഭൂമുഖത്തുനിന്നും ഉയരങ്ങളിൽ രൂപംകൊള്ളുന്നതിനാൽ മേഘങ്ങൾ വിവിധ ആകൃതിയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഉയരം, വിസ്തൃതി, സാന്ദ്രത, സുതാര്യത എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മേഘങ്ങളെ: (i) സിറസ്, (ii) ക്യുമുലസ്, (iii) സ്ട്രാറ്റസ്, (iv) നിംബസ് എന്നിങ്ങനെ തരംതിരിക്കാം.

സിറസ് (cirrus)

8000 മീറ്റർ മുതൽ 12000 മീറ്റർവരെ ഉയരത്തിൽ രൂപപ്പെടുന്നു. നേർത്ത തൂവലുകൾക്ക് സമാനമായി കാണപ്പെടുന്ന മേഘങ്ങളാണിത്. എല്ലായ്പ്പോഴും ഇവയ്ക്ക് വെളുപ്പു നിറമായിരിക്കും.

ചിത്രം 11.1



ചിത്രം 11.2

ചിത്രം 11.1, 11.2 എന്നിവയിൽ തന്നിട്ടുള്ള മേഘങ്ങൾ ഏതെന്ന് കണ്ടെത്തുക.

ക്യൂമുലസ് (cumulus)

കാഴ്ചയിൽ ക്യുമുലസ് മേഘങ്ങൾ പഞ്ഞിക്കെട്ടു പോലെ തോന്നും. 4000 മീറ്റർ മുതൽ 7000 മീറ്റർവരെ ഉയരത്തിൽ രൂപംകൊള്ളുന്നു. പരന്ന അടിഭാഗത്തോടു കൂടി അങ്ങിങ്ങായി ചിതറിക്കിടക്കുന്ന രീതിയിൽ ഈ മേഘങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു.

സ്ട്രാറ്റസ് (stratus)

പേര് സൂചിപ്പിക്കുന്നതുപോലെ ആകാശത്തിന്റെ സിംഹഭാഗവും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന അടുക്കുകളായി കാണപ്പെടുന്നു. താപനഷ്ടംമൂലമോ വ്യത്യസ്ത ഊഷ്മാവിലുള്ള വായുസഞ്ചയങ്ങളുടെ സങ്കലനംമൂലമോ ആണ് ഇവ രൂപം കൊള്ളുന്നത്.

നിംബസ് (nimbus)

കറുപ്പ് അഥവാ ഇരുണ്ടചാരനിറമാണ് നിംബസ് മേഘങ്ങൾക്ക്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനോട് വളരെയടുത്താണ് ഇവ കാണുന്നത്. സാന്ദ്രത കൂടിയ അതാര്യമായ ഈ മേഘങ്ങൾ സൂര്യപ്രകാശത്തെ കടത്തിവിടുന്നില്ല. ചിലപ്പോൾ ഈ മേഘങ്ങൾ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ സ്പർശിക്കുംവിധം വളരെ താഴെയായി കാണപ്പെടുന്നു. പ്രത്യേക ആകൃതിയൊന്നുമില്ലാതെ കാണുന്ന ജലകണികകളുടെ കൂമ്പാരമാണ് നിംബസ് മേഘങ്ങൾ.

മുകളിൽ സൂചിപ്പിച്ച നാലുതരം അടിസ്ഥാനമേഘങ്ങളും കൂടിക്കലർന്ന് താഴെ പറയുന്ന മേഘങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നു: (i) ഉന്നതതലമേഘങ്ങൾ (high clouds) - സിറസ്, സിറോസ്ട്രാറ്റസ്, സിറോക്യുമുലസ് (ii) മധ്യതലമേഘങ്ങൾ (middle clouds) – അൾട്ടോസ്ട്രാറ്റസ്, അൾട്ടോക്കൂമുലസ്, (iii) താഴ്ന്നതല മേഘങ്ങൾ (low clouds) - സ്ട്രാറ്റോക്യുമുലസ്, നിംബോ സ്ട്രാറ്റസ്, (iv) വിശാല ലംബതല വികാസമുള്ള മേഘങ്ങൾ (clouds with extensive vertical development) – ക്യുമുലസ്, ക്യുമുലോനിംബസ്.

വർഷണം (precipitation)

അന്തരീക്ഷത്തിലെ വായുവിൽ തുടർച്ചയായ ഘനീകരണപ്രക്രിയമൂലം ഘനീഭവിക്കപ്പെട്ട പദാർഥങ്ങളുടെ വലിപ്പം വർദ്ധിക്കുന്നു. ഭൂഗുരുത്വാകർഷണബലത്തെ ചെറുത്തുനിൽക്കാൻ കഴിയാതെവരുമ്പോൾ ഇവ ഭൂമുഖത്തേക്ക് പതിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ ജലബാഷ്പം ഘനീഭവിച്ച് ഈർപ്പത്തിന്റെ പല രൂപങ്ങളായി ഭൂമിയിലേക്ക് പതിക്കുന്നതിനെയാണ് വർഷണം എന്നു പറയുന്നത്. വർഷണം ദ്രാവകാവസ്ഥയിലും ഖരാവസ്ഥയിലും സംഭവിക്കാം. ജലരൂപത്തിലുള്ള വർഷണമാണ് മഴ. ഊഷ്മാവ് പൂജ്യം ഡിഗ്രിയിലും താഴ്ന്നാൽ നേർത്ത മഞ്ഞുപാളികളായാണ് വർഷണം നടക്കുക. ഇതിനെ മഞ്ഞുവീഴ്ച (snow fall) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഈർപ്പം ഷഡ്ഭുജപരലുകളായി രൂപപ്പെടുന്നു. ഈ പരലുകളിൽനിന്നും മഞ്ഞുപാളി രൂപംകൊള്ളുന്നു. മഴയും മഞ്ഞുംകൂടാതെ മറ്റു വർഷണരൂപങ്ങളാണ് sleet-ഉം ആലിപ്പഴവും (hail stone). ആലിപ്പഴവീഴ്ച ചില പ്രത്യേക സ്ഥലങ്ങളിലും സാഹചര്യങ്ങളിലും മാത്രം സംഭവിക്കുന്നു.

തണുത്തുറഞ്ഞ മഴത്തുള്ളിയും, വീണ്ടും തണുത്തുറഞ്ഞ് ഉരുകിയ മഞ്ഞുവെള്ളവുമാണ് sleet. ഭൂമുഖത്തിനടുത്തായി ഖരാങ്കത്തി (freezing point) ൽതാഴെ ഊഷ്മാവുള്ള ഒരു വായുപാളിയുടെ മുകളിലായി, ഖരാങ്കത്തിന് മുകളിൽ ഊഷ്മാവുള്ള മറ്റൊരുപാളി വായു വന്നുചേരുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന വർഷണമാണ് sleet. മുകളിലുള്ള ഊഷ്മാവുകൂടിയ പാളിയിൽനിന്നും താഴേയ്ക്കു പതിക്കുന്ന മഴത്തുള്ളികൾ താഴെയുള്ള

ശൈത്യം കൂടിയ വായുവുമായി കൂടിച്ചേരുന്നു. തൽഫലമായി ഖരാവസ്ഥയിലാവുകയും മഴത്തുള്ളികളുടെ അത്രയും വലിപ്പത്തിലുള്ള ഹിമക്കട്ടകൾ ഭൂമിയിൽ പതിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ചില സമയങ്ങളിൽ കാർമേഘങ്ങളിൽനിന്നും വരുന്ന മഴത്തുള്ളികൾ ഖരരൂപംപൂണ്ട് ഉരുണ്ട ചെറിയ കഷണങ്ങളായി ഭൂമുഖത്ത് പെയ്തിറങ്ങാറുമുണ്ട്. ഇതാണ് ആലിപ്പഴം (hail stone). മഴവെള്ളം അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ തണുത്ത പാളികളിലൂടെ താഴേയ്ക്ക് പതിക്കുമ്പോഴാണ് ഇത് രൂപംകൊള്ളുന്നത്. അനേകം സകേന്ദ്രീയ ഹിമപാളികൾ ആലിപ്പഴങ്ങളിൽ ഒന്നിനുമുകളിൽ ഒന്നായി കാണുന്നു.

വിവിധതരം മഴകൾ

ഉത്ഭവത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മഴയെ മൂന്നായി വർഗീകരിക്കാം – സംവഹനവൃഷ്ടി (convectional), പർവതവൃഷ്ടി (orographic), ചക്രവാതവൃഷ്ടി (cyclonic or frontal).

സംവഹനവൃഷ്ടി (Convectional Rain)

വായു ചൂടാകുമ്പോൾ ഭാരംകുറഞ്ഞ് സംവഹനപ്രവാഹമായി മുകളിലേക്കുയരുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ ഉയരുന്ന വായുവിന്റെ താപം നഷ്ടപ്പെട്ട് ഘനീഭവിച്ച് ക്യുമുലസ് മേഘങ്ങളായി രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഇടിയുടെയും മിന്നലിന്റെയും അകമ്പടിയോടെ കുറച്ച് സമയത്തേക്ക് ശക്തമായ മഴയുണ്ടാകുന്നു. ഇത്തരം മഴ ചൂടേറിയ വേനൽകാലങ്ങളിൽ സാധാരണമാണ്. ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശങ്ങളിലും ഉത്തരാർദ്ധഗോളത്തിലെ വൻകരകളുടെ ഉൾപ്രദേശങ്ങളിലും ഇത്തരം മഴ സാധാരണയാണ്.

പർവതവൃഷ്ടി (Orographic Rain)

ജലപൂരിതമായ വായുപിണ്ഡം പർവതങ്ങൾക്ക് അഭിമുഖമായിവരുമ്പോൾ പർവതചരിവിൽതട്ടി ഉയരുകയും തുടർന്ന് വികസിക്കുകയും താപനില കുറയുകയും ചെയ്യുന്നതിലൂടെ ജലബാഷ്പം ഘനീഭവിക്കുന്നു. കാറ്റിന് അഭിമുഖമായ ചരിവുകളിൽ കൂടുതൽ മഴ ലഭിക്കുന്നു എന്നതാണ് ഇത്തരം മഴയുടെ പ്രത്യേകത. പർവതത്തിന്റെ വാതാഭിമുഖവശത്ത് മഴ നൽകി മുന്നേറുന്ന വായു മറുചരിവിൽ താഴ്ന്നിറങ്ങുമ്പോൾ താപനില ഉയരുന്നു. ഈ പർവതചരിവുകൾ വരണ്ടതായി നിലകൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. കാറ്റിന് എതിർവശത്തായി മഴ ലഭിക്കാതെ വരണ്ട് കിടക്കുന്ന പർവതഭാഗത്തെ മഴനിഴൽപ്രദേശം (rain shadow region) എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. പർവതമഴകളെ ശൈലവൃഷ്ടി (relief rainfall) എന്നും വിളിക്കാറുണ്ട്.

ചക്രവാതവൃഷ്ടി (Cyclonic Rain)

മിതോഷ്ണ ചക്രവാതങ്ങളെ (extra tropical cyclone) ക്കുറിച്ച് പ്രതിപാദിക്കുന്ന പത്താം അധ്യായത്തിൽ ചക്രവാതവൃഷ്ടിയെക്കുറിച്ച് വായിച്ചുവല്ലോ. പത്താം അധ്യായം വായിച്ച് ചക്രവാതവൃഷ്ടി മനസ്സിലാക്കുക.

മഴയുടെ ആഗോളവിതരണം

ഭൂമുഖത്ത് മഴയുടെ ലഭ്യതയിൽ സ്ഥലകാലവ്യത്യാസമുണ്ട്. മഴലഭ്യത ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്ത് നിന്നും ധ്രുവപ്രദേശത്തേക്ക് പോകുംതോറും ക്രമാനുഗതമായി കുറയുന്നു. തീരപ്രദേശങ്ങളിൽ വൻകരകളുടെ ഉൾഭാഗങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് കൂടുതൽ മഴ ലഭിക്കുന്നു. സമുദ്രങ്ങൾ ജലത്തിന്റെ പ്രധാന ഉറവിടങ്ങളായതിനാൽ സമുദ്രങ്ങളിൽ കരയെ അപേക്ഷിച്ച് മഴ കൂടുതലാണ്. ഭൂമധ്യരേഖയിൽനിന്നും 35 ഡിഗ്രി മുതൽ 40 ഡിഗ്രിവരെ വടക്കും തെക്കും അക്ഷാംശങ്ങൾക്ക് ഇടയിലുള്ള പ്രദേശങ്ങളുടെ പൂർവതീരങ്ങളിൽ മഴ കൂടുതലും പശ്ചിമ ദിശയിൽ മഴ കുറഞ്ഞുവരികയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ ഭൂമധ്യരേഖയിൽനിന്നും 45 ഡിഗ്രി മുതൽ 65 ഡിഗ്രിവരെ വടക്കും തെക്കും ഭാഗങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ മഴ ആദ്യം ലഭിക്കുന്നത് വൻകരകളുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരങ്ങളിലും പിന്നീട് പൂർവദിശയിൽ കുറഞ്ഞുവരികയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിനുകാരണം പശ്ചിമവാതങ്ങളാണ്. സമുദ്രതീരത്തിന് സമാന്തരമായി പർവതങ്ങളുള്ളപ്പോൾ തീരമേഖലകളിൽ മഴ കൂടുതലും പർവതത്തിന്റെ വാതപ്രതിമുഖവശങ്ങളിൽ മഴ കുറഞ്ഞുവരികയും ചെയ്യുന്നു.

വാർഷികവർഷണത്തിന്റെ അളവിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ലോകത്തെ പ്രധാന വർഷണ മേഖലകൾ ഇനി പറയുന്നവയാണ്.

മധ്യരേഖാപ്രദേശം, ശീതമിതോഷ്ണമേഖലകളിലെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരത്തുള്ള പർവതങ്ങളുടെ വാതാഭിമുഖവശങ്ങൾ, മൺസൂൺമേഖലയിലെ കരകളുടെ തീരപ്രദേശങ്ങൾ എന്നിവിടങ്ങളിൽ കനത്ത മഴ ലഭിക്കുന്നു (200 സെന്റിമീറ്ററിൽ കൂടുതൽ വാർഷിക വർഷപാതം). വൻകരകളുടെ ഉൾപ്രദേശങ്ങളിൽ മിതമായി മഴ ലഭിക്കുന്നു (100 മുതൽ 200 സെന്റിമീറ്റർവരെ). വൻകരകളുടെ തീരമേഖലകളിൽ മിതമായി മഴ ലഭിക്കുന്നു.

ഉഷ്ണമേഖലാ വൻകരകളുടെ മധ്യഭാഗങ്ങളിലും മിതോഷ്ണമേഖലകളുടെ പൂർവഭാഗങ്ങളിലും ഉൾപ്രദേശങ്ങളിലും 50 മുതൽ 100 സെന്റിമീറ്റർവരെ വാർഷിക മഴ ലഭിക്കുന്നു. വൻകരകളുടെ ഉള്ളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന മഴനിഴൽ പ്രദേശങ്ങളിലും, ഉയർന്ന അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിലും കുറഞ്ഞ അളവിൽ മഴ ലഭിക്കുന്നു (50 സെന്റിമീറ്ററിൽതാഴെ).

മധ്യരേഖപ്രദേശങ്ങൾ ശീതമിതോഷ്ണമേഖലകൾ തുടങ്ങി ചില മേഖലകളിൽ വർഷം മുഴുവൻ ഒരേ അളവിൽ മഴ ലഭിക്കുന്നു.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.

   (i) താഴെ തന്നിട്ടുള്ളതിൽ അന്തരീക്ഷത്തിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഏത് ഘടകമാണ് മനുഷ്യന് ഏറ്റവും പ്രയോജനപ്രദമായിട്ടുള്ളത്?

   (a) ജലബാഷ്പം (c) പൊടിപടലങ്ങൾ

   (b) നൈട്രജൻ (d) ഓക്സിജൻ

   (ii) താഴെ പറയുന്നതിൽ ഏത് പ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് ദ്രാവകം നീരാവിയായി മാറ്റപ്പെടുന്നത്?

   (a) ഘനീഭവിക്കൽ (c) ബാഷ്പീകരണം

   (b) സ്വേദനം (d) വർഷണം

   (iii) ഉൾക്കൊള്ളാൻ കഴിയുന്ന ജലാംശം പൂർണമായും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന വായു:

   (a) ആപേക്ഷിക ആർദ്രത (c) പൂർണ ആർദ്രത

   (b) കേവല ആർദ്രത (d) പൂരിതവായു (saturated air)

   (iv) തന്നിട്ടുള്ളതിൽ ഏറ്റവും ഉയരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന മേഘങ്ങൾ ഏത്?

   (a) സിറസ് (c) നിംബസ്

   (b) സ്ട്രാറ്റസ് (d) ക്യുമുലസ്

2. താഴെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കുകളിൽ കുറയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:

   (i) മൂന്നുതരം വർഷണങ്ങളുടെ പേരെഴുതുക.

   (ii) ആപേക്ഷിക ആർദ്രത വിശദമാക്കുക.

   (iii) ഉയരത്തിനനുസരിച്ച് അന്തരീക്ഷത്തിൽ ജലബാഷ്പത്തിന്റെ അളവ് ത്വരിതഗതിയിൽ കുറയുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?

   (iv) എങ്ങനെയാണ് മേഘങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്? അവയെ വർഗീകരിക്കുക.

3. താഴെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കുകളിൽ കുറയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:

   (i) ലോകത്തെ വർഷണത്തിന്റെ വിതരണക്രമത്തെക്കുറിച്ച് ചർച്ച ചെയ്ത് സവിശേഷതകൾ രേഖപ്പെടുത്തുക.

   (ii) വിവിധ ഘനീകരണരൂപങ്ങൾ ഏതൊക്കെ? മഞ്ഞ്, മൂടൽമഞ്ഞ് എന്നിവയുടെ രൂപീകരണ പ്രക്രിയ വിശദമാക്കുക

പ്രവർത്തനം

ജൂൺ ഒന്നുമുതൽ ഡിസംബർ 31 വരെയുള്ള പത്രങ്ങളിൽനിന്നും രാജ്യത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന തീവ്രമായ മഴയെ സംബന്ധിച്ച വാർത്തകൾ ശേഖരിക്കുക.

I1B2J7

അധ്യായം

12

ലോക കാലാവസ്ഥയും കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനവും

കാലാവസ്ഥാ സംബന്ധമായ വിവരങ്ങൾ എളുപ്പത്തിൽ മനസ്സിലാക്കാൻ, വിശദീകരണ-വിശകലനങ്ങൾക്ക് വിധേയമാക്കാൻ കഴിയുംവിധം ചെറിയ യൂണിറ്റുകളായി മാറ്റുന്നതിലൂടെ ലോക കാലാവസ്ഥാപഠനം സാധ്യമാക്കാം. കാലാവസ്ഥയെ വർഗീകരിക്കാൻ മൂന്നുതരം സമീപനങ്ങൾ സ്വീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ സമീപനങ്ങൾ അനുഭവസിദ്ധാന്തം (Empirical), ജനിതകം (Genetic), പ്രായോഗികം (Applied) എന്നിവയാണ്. ഊഷ്മാവ്, വർഷണം തുടങ്ങിയ വിവരങ്ങളെ ആധാരമാക്കിയാണ് അനുഭവസിദ്ധ (Emperical) വർഗീകരണം സാധ്യമാകുന്നത്. വിവിധ കാലാവസ്ഥകൾക്കുള്ള കാരണങ്ങളെ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നരീതിയിലാണ് ജനിതക വർഗീകരണം സാധ്യമാകുന്നത്. പ്രത്യേക ഉദ്ദേശ്യത്തിനുവേണ്ടിയുള്ള തരംതിരിക്കലാണ് പ്രായോഗിക വർഗീകരണം.

കെപ്പന്റെ കാലാവസ്ഥാ വർഗീകരണ പദ്ധതി (Koeppen's Scheme of Classification of Climate)

അനുഭവസിദ്ധ (Emperical) രീതിയിൽ കെപ്പൻ വികസിപ്പിച്ച കാലാവസ്ഥാ വർഗീകരണരീതിയാണ് ഇന്ന് ലോകത്ത് പരക്കെ ഉപയോഗിക്കുന്നത്. സസ്യജാലങ്ങളുടെ വിതരണവും കാലാവസ്ഥയും തമ്മിൽ അടുത്ത ബന്ധമുണ്ടെന്ന് കെപ്പൻ കണ്ടെത്തി. ഊഷ്മാവിന്റെയും വർഷണത്തിന്റെയും തോതും സസ്യജാലങ്ങളുടെ വിതരണക്രമവും ബന്ധപ്പെടുത്തി അദ്ദേഹം കാലാവസ്ഥാവർഗീകരണം നടത്തി. വാർഷികവും മാസികവുമായ ശരാശരി ഊഷ്മാവിനെയും വർഷണത്തിനെയും അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള അനുഭവജ്ഞാനപരമായ വർഗീകരണമാണിത്. കാലാവസ്ഥാവിഭാഗങ്ങളെയും തരത്തിനെയും സൂചിപ്പിക്കാൻ അദ്ദേഹം ഇംഗ്ലീഷ് അക്ഷരമാലയിലെ വലിയ അക്ഷരങ്ങളും ചെറിയ അക്ഷരങ്ങളും ചിഹ്നങ്ങളായി ഉപയോഗിച്ചു. 1918-ൽ വികസിപ്പിച്ച് കാലാകാലങ്ങളായി മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമാക്കുകയും ചെയ്യപ്പെട്ടെങ്കിലും കെപ്പന്റെ ഈ രീതി ഇന്നും പരക്കെ അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടതും ഉപയോഗത്തിലുള്ളതുമാണ്.

അഞ്ച് പ്രധാന കാലാവസ്ഥാവിഭാഗങ്ങളിൽ നാലെണ്ണം ഊഷ്മാവിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലും ഒരെണ്ണം വർഷണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലും കെപ്പൻ തിരിച്ചറിഞ്ഞു. താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന പട്ടികയിൽ കെപ്പന്റെ കാലാവസ്ഥാവിഭാഗങ്ങളും അതിന്റെ സവിശേഷതകളും നൽകിയിട്ടുണ്ട്. A, C, D, E എന്നീ വലിയ അക്ഷരങ്ങൾ ആർദ്രകാലാവസ്ഥകളെയും (humid), B വരണ്ട (dry) കാലാവസ്ഥയെയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു (പട്ടിക 12.1).

വർഷണത്തിന്റെയും ഊഷ്മാവിന്റെയും സവിശേഷതകളെ ആസ്പദമാക്കി കാലാവസ്ഥാവിഭാഗങ്ങളെ വീണ്ടും തരംതിരിക്കാം. ഇങ്ങനെ തരംതിരിക്കുന്ന കാലാവസ്ഥയുടെ ഉപവിഭാഗങ്ങളെ ഇംഗ്ലീഷ് അക്ഷരമാലയിലെ ചെറിയ അക്ഷരങ്ങൾകൊണ്ട് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഇംഗ്ലീഷ് അക്ഷരമാലയിലെ ചെറിയ അക്ഷരങ്ങളായ f, m, w, s എന്നിവ വരൾച്ചാകാലങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഇതിൽ f — വരണ്ടകാലത്തിന്റെ അഭാവം, m— മൺസൂൺ കാലാവസ്ഥ, w--വരണ്ടശൈത്യകാലം, s—വരണ്ട വേനൽക്കാലം എന്നിവയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. a, b, c, d എന്നീ അക്ഷരങ്ങൾ ഊഷ്മാവിന്റെ തീവ്രതയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. വരണ്ട കാലാവസ്ഥയെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന B—എന്ന അക്ഷരത്തിന്റെ ഉപവിഭാഗങ്ങളായി വലിയ അക്ഷരങ്ങളായ S—പുൽപ്രദേശം (steppe) അല്ലെങ്കിൽ അർദ്ധവരണ്ട കാലാവസ്ഥയും W—മരുഭൂമികാലാവസ്ഥയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു. കാലാവസ്ഥാവിഭാഗങ്ങൾ, വിതരണം, സവിശേഷതകൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള വിവരങ്ങൾ പട്ടിക 12.2.-ൽ നൽകിയിട്ടുണ്ട്.

വിഭാഗം (A): ഉഷ്ണമേഖലാ ആർദ്രകാലാവസ്ഥകൾ [Group (A): Tropical Humid Climates]

ഉത്തരായനരേഖയ്ക്കും ദക്ഷിണായനരേഖയ്ക്കും ഇടയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. വർഷംമുഴുവൻ സൂര്യരശ്മിയും കുത്തനെ പതിക്കുന്ന അന്തർ ഉഷ്ണമേഖല സംക്രമണ പ്രദേശത്തിന്റെ (ITCZ) സാന്നിധ്യവും ഈ പ്രദേശത്തെ ചൂടേറിയതും ആർദ്രതയുള്ളതുമാക്കി മാറ്റുന്നു. ഈ പ്രദേശത്ത് വർഷപാതം കൂടുതലും വാർഷിക

പട്ടിക 12.1 — കെപ്പന്റെ കാലാവസ്ഥ വിഭാഗങ്ങൾ

വിഭാഗങ്ങൾ	സവിശേഷതകൾ
A-ഉഷ്ണമേഖലാ കാലാവസ്ഥ	തണുപ്പുള്ള മാസത്തെ ശരാശരി ഉഷ്മാവ് 18° C ഉം അതിനു മുകളിലും
B-വരണ്ട കാലാവസ്ഥ	വർഷണത്തെ ബാഷ്പീകരണം അധികരിക്കുന്നു.
C-ഉഷ്ണസമശീതമേഖല	മധ്യ അക്ഷാംശിയ മേഖലയിലെ ഏറ്റവും തണുപ്പുള്ള മാസത്തെ ശരാശരി ഊഷ്മാവ് −3°C നു മുകളിലും 18°C നു താഴെയും ആയിരിക്കും
D-ശീതഹിമവന കാലാവസ്ഥ	ഏറ്റവും തണുപ്പുള്ള മാസത്തെ ശരാശരി ഊഷ്മാവ് −3° C നു താഴെ
E-ശീതകാലാവസ്ഥ	എല്ലാ മാസങ്ങളിലെയും ശരാശരി ഊഷ്മാവ് 10° C നു താഴെ
H-പർവതകാലാവസ്ഥ	ഉയരംമൂലം തണുപ്പേറുന്നു

പട്ടിക 12.2

വിഭാഗം	ഉപവിഭാഗം	അടയാളം	സവിശേഷതകൾ
A-ഉഷ്ണമേഖല ആർദ്രകാലാവസ്ഥ	ഉഷ്ണമേഖല ഈർപ്പമുള്ളത്	Af	വരണ്ടകാലാവസ്ഥയില്ല
	ഉഷ്ണമേഖല മൺസൂൺ	Am	മൺസൂൺ, ഹ്രസ്വമായ വരണ്ടകാലാവസ്ഥ
	ഈർപ്പമുള്ളതും വരണ്ടതുമായ ഉഷ്ണമേഖല	Aw	വരണ്ട ശൈത്യകാലം
B-വരണ്ട കാലാവസ്ഥ	ഉപോഷ്ണ സ്റ്റെപ്പി (പുൽമേട്)	BSh	താഴ്ന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലെ അർധവരണ്ട അഥവാ വരണ്ട കാലാവസ്ഥ
	ഉപോഷ്ണ മരുപ്രദേശം	BWh	താഴ്ന്ന അക്ഷാംശ വരണ്ട കാലാവസ്ഥ
	മധ്യഅക്ഷാംശ സ്റ്റെപ്പി (പുൽമേട്)	BSk	മധ്യഅക്ഷാംശ അർധവരണ്ട അഥവാ വരണ്ട കാലാവസ്ഥ
	മധ്യഅക്ഷാംശ മരുപ്രദേശം	BWk	മധ്യഅക്ഷാംശ വരണ്ട കാലാവസ്ഥ
C-ഉഷ്ണസമശീത (മധ്യ അക്ഷാംശം) കാലാവസ്ഥ	ഉപോഷ്ണ ആർദ്രമേഖല	Cfa	വരണ്ട കാലമില്ലാത്ത, ചൂടുള്ള വേനൽ
	മെഡിറ്ററേനിയൻ	Cs	വരണ്ടചൂടുള്ള വേനൽ
	സമുദ്രപശ്ചിമതീരം	Cfb	വരണ്ട അവസ്ഥയില്ല, മിതമായ ചൂടും തണുപ്പുമുള്ള വേനൽ
D-ശൈത്യഹിമ-വനകാലാവസ്ഥ	ആർദ്രഭൂഖണ്ഡപര കാലാവസ്ഥ	Df	അതിശൈത്യം, വരണ്ട കാലാവസ്ഥയില്ല
	ഉപ ആർട്ടിക്	Dw	വരണ്ടതും അതിശീതവുമായ ശൈത്യകാലം
E-ശൈത്യകാലാവസ്ഥ	തുന്ദ്ര	ET	വേനൽക്കാലമില്ല
	ധ്രുവഹിമഛത്ര കാലാവസ്ഥ	EF	സ്ഥിരമായി മഞ്ഞ് മൂടിയിരിക്കുന്നു
H-പർവതപ്രദേശ കാലാവസ്ഥ	പർവതപ്രദേശ കാലാവസ്ഥ	H	മഞ്ഞുമൂടിയ പർവതപ്രദേശങ്ങൾ

ഊഷ്മാവിന്റെ അന്തരം വളരെ കുറവുമാണ്. ഉഷ്ണമേഖല വിഭാഗങ്ങളെ മൂന്നായി തരംതിരിക്കാം. (i) Af – ഉഷ്ണമേഖല ആർദ്രപ്രദേശങ്ങൾ, (ii) Am–ഉഷ്ണമേഖലാ മൺസൂൺ കാലാവസ്ഥ, (iii) Aw–ഈർപ്പം കൂടിയതും വരണ്ടതുമായ ഉഷ്ണമേഖല കാലാവസ്ഥ.

ഉഷ്ണമേഖലാ ഈർപ്പമുള്ളത് (Af)

ഭൂമധ്യരേഖയോട് ചേർന്നുള്ള പ്രദേശങ്ങൾ, തെക്കേ അമേരിക്കയിലെ ആമസോൺ തടം, ഭൂമധ്യരേഖയ്ക്കടുത്തുള്ള പശ്ചിമ ആഫ്രിക്ക, ഈസ്റ്റിൻഡീസ് ദ്വീപുകൾ എന്നിവയാണ് പ്രധാന പ്രദേശങ്ങൾ. ഇവിടെ വൈകുന്നേരങ്ങളിൽ ഇടിയോടുകൂടിയ മഴ പതിവാണ്. ക്രമീകൃതമായ ഉയർന്ന ഊഷ്മാവും കുറഞ്ഞ വാർഷിക അന്തരവും അനുഭവപ്പെടുന്നത്. ദിവസങ്ങളിലെ ഉയർന്ന ചൂട് ഏതാണ്ട് 30° സെൽഷ്യസും കുറഞ്ഞ ചൂട് 20° സെൽഷ്യസുമാണ്. ഈ കാലാവസ്ഥാപ്രദേശം നിബിഢമായ ഉഷ്ണമേഖല നിത്യഹരിതവനങ്ങളാലും ബൃഹത് ജൈവവൈവിധ്യങ്ങളാലും സമ്പുഷ്ടമാണ്.

ഉഷ്ണമേഖല മൺസൂൺ (Am)

ഇന്ത്യൻ ഉപഭൂഖണ്ഡം, തെക്കേ അമേരിക്കയുടെ വടക്കുകിഴക്കു ഭാഗം, വടക്കൻ ആസ്ട്രേലിയ തുടങ്ങിയ പ്രദേശങ്ങളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്നു. കനത്ത മഴയുള്ള വേനൽക്കാലവും വരണ്ട ശൈത്യകാലവും സവിശേഷതകളാണ്. ഇന്ത്യ: ഭൗതികപരിസ്ഥിതി നാലാം അധ്യായത്തിൽ മൺസൂണിനെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ഈർപ്പമുള്ളതും വരണ്ടതുമായ ഉഷ്ണമേഖലാ കാലാവസ്ഥ (Aw)

ഉഷ്ണമേഖല ഈർപ്പമുള്ള (Af) കാലാവസ്ഥാപ്രദേശങ്ങളുടെ വടക്കും തെക്കും ഭാഗങ്ങളിൽ ഇത്തരം കാലാവസ്ഥ അനുഭവപ്പെടുന്നു. വൻകരയുടെ പടിഞ്ഞാറു ഭാഗത്തെ വരണ്ടപ്രദേശങ്ങളുമായി ഈ കാലാവസ്ഥാമേ

ഖല അതിർത്തി പങ്കിടുന്നു. കിഴക്കുഭാഗത്തെ Cf/Cw പ്രദേശങ്ങൾ ബ്രസീലിലെ ആമസോൺ വനമേഖലയുടെ വടക്കും-തെക്കും ഭാഗങ്ങൾ, തെക്കേ അമേരിക്കയിലെ ബൊളീവിയയുടെയും പരാഗ്വയുടെയും സമീപ പ്രദേശങ്ങൾ, മധ്യആഫ്രിക്കയുടെ തെക്കുഭാഗം, സുഡാൻ എന്നിവിടങ്ങളിൽ ഈ കാലാവസ്ഥ വ്യാപകമായി അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഈ കാലാവസ്ഥയിൽ Af, Am എന്നീ കാലാവസ്ഥകളെ അപേക്ഷിച്ച് ശരാശരി വാർഷിക മഴകുറവും മഴയിലെ അന്തരം കൂടുതലുമാണ്. മഴക്കാലം കുറവും ദൈർഘ്യമേറിയ കടുത്ത വരൾച്ചയുള്ള വരണ്ടകാലവും അനുഭവപ്പെടുന്നു. ദൈനംദിന ഊഷ്മാവിന്റെ അന്തരം വരണ്ടകാലങ്ങളിൽ കൂടുതലും വർഷം മുഴുവൻ കടുത്ത ചൂടുമാണ്. ഇലപൊഴിക്കും വനങ്ങളും വൃക്ഷരഹിത പുൽമേടുകളും ഇവിടത്തെ പ്രത്യേകതകളാണ്.

വരണ്ട കാലാവസ്ഥ (B) (Dry Climates: B)

സസ്യവളർച്ചയ്ക്ക് ആവശ്യമായ മഴ ലഭിക്കാത്ത കാലാവസ്ഥയാണിത്. ഭൂമധ്യരേഖയ്ക്ക് വടക്കും തെക്കുമായി അക്ഷാംശം 15 ഡിഗ്രിക്കും 60 ഡിഗ്രിക്കും ഇടയിൽ വിശാല അക്ഷാംശവ്യാപ്തിയിൽ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്നു. 15° മുതൽ 30° വരെയുള്ള അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിൽ ഉപോഷ്ണ ഉച്ചമർദമേഖലയിൽ ഈ കാലാവസ്ഥയാണ്. ഇവിടെ വായു താഴ്ന്നിറങ്ങുന്നതും താപത്തിന്റെ ക്രമവൈപരീത്യവും കാരണം മഴയുണ്ടാകുന്നില്ല.

വൻകരകളുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരങ്ങളിൽ വിശേഷിച്ചും ശീതജലപ്രവാഹ സാമീപ്യമുള്ള തെക്കേ അമേരിക്കയുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരങ്ങളിൽ മധ്യരേഖയോടടുത്ത് വരണ്ട കാലാവസ്ഥ അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഭൂമധ്യരേഖയിൽനിന്നും 35 ഡിഗ്രി മുതൽ 60 ഡിഗ്രിവരെ തെക്കും-വടക്കുമായി വൻകരകളുടെ ഉൾഭാഗങ്ങളിൽ കടലിൽനിന്നുള്ള നീരാവി കലർന്ന വായു എത്താത്ത പർവതാവൃതപ്രദേശങ്ങളിൽ ഇത്തരം കാലാവസ്ഥ നിലനിൽക്കുന്നു.

വരണ്ട കാലാവസ്ഥയെ സ്റ്റെപ്പി/അർദ്ധവരണ്ട കാലാവസ്ഥ (BS) എന്നും മരുഭൂമി കാലാവസ്ഥ (BW) എന്നും തരംതിരിക്കുന്നു. ഈ കാലാവസ്ഥയുടെ ഉപവിഭാഗങ്ങളാണ് ചുവടെ ചേർത്തിരിക്കുന്നത്.

(i) ഉപോഷ്ണ സ്റ്റെപ്പി കാലാവസ്ഥ (BSh)

(ii) ഉപോഷ്ണ മരുഭൂമി (BWh)
(ഇവ രണ്ടും അക്ഷാംശം 15 ഡിഗ്രിക്കും 35 ഡിഗ്രിക്കും ഇടയിൽ അനുഭവപ്പെടുന്നു)

(iii) മധ്യ-അക്ഷാംശ സ്റ്റെപ്പി (BSk)

(vi) മധ്യ-അക്ഷാംശ മരുഭൂമി (BWk)
(ഇവ രണ്ടും അക്ഷാംശം 35 ഡിഗ്രിക്കും 60 ഡിഗ്രിക്കും ഇടയിൽപ്പെടുന്നു)

ഉപോഷ്ണമേഖല സ്റ്റെപ്പിയും (BSh), ഉപോഷ്ണ മരുഭൂമി (BWh) കാലാവസ്ഥയും

ഈ രണ്ടു കാലാവസ്ഥയിലും വർഷണത്തിന്റെ തോതും ഊഷ്മാവിന്റെ അളവും ഒരുപോലെയാണ്. ആർദ്രകാലാവസ്ഥയിലും വരണ്ട കാലാവസ്ഥയിലും സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതിനാൽ ഉപോഷ്ണ സ്റ്റെപ്പി മേഖലയിൽ മരുഭൂമിയെ അപേക്ഷിച്ച് അൽപം കൂടുതൽ മഴ ലഭിക്കുന്നു. ഇത് അങ്ങിങ്ങായി പുൽമേടുകൾക്ക് കാരണമാകുന്നു. രണ്ട് കാലാവസ്ഥയിലും മഴയുടെ അളവിൽ വലിയ അന്തരമുണ്ട്. മഴയിലുള്ള ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾ സ്റ്റെപ്പി കാലാവസ്ഥയിലുള്ള ജനജീവിതത്തെ സാരമായി ബാധിക്കുകയും പലപ്പോഴും ഭക്ഷ്യക്ഷാമത്തിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇടിയോടുകൂടിയ കനത്ത മഴ ചുരുങ്ങിയ സമയത്തേക്ക് മരുഭൂമികളിൽ പെയ്യാറുണ്ട്. ഇത് മണ്ണിനെ ഈർപ്പമുള്ളതാക്കാൻമാത്രം പ്രാപ്തമല്ല. ശീതജലപ്രവാഹം കടന്നുപോകുന്ന മരുഭൂമികളുടെ തീരപ്രദേശങ്ങളിൽ മൂടൽമഞ്ഞ് സാധാരണമാണ്. വേനൽക്കാലത്ത് ഊഷ്മാവ് ഉച്ചസ്ഥായിയിൽ ആയിരിക്കും.1922 സെപ്റ്റംബർ 13-ാം തീയതി ലിബിയയിലെ അൽഅസീസിയ എന്ന സ്ഥലത്താണ് ഏറ്റവും ഉയർന്ന ഊഷ്മാവായ 58° സെൽഷ്യസ് രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളത്. ഊഷ്മാവിന്റെ ദൈനിക-വാർഷിക അന്തരങ്ങളും വളരെ കൂടുതലാണ്.

ഉഷ്ണസമശീത (മധ്യ-അക്ഷാംശം) കാലാവസ്ഥകൾ - C [Warm Temperature (Mid-Latitude) Climates]

30 ഡിഗ്രി മുതൽ 50 ഡിഗ്രി അക്ഷാംശങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള വൻകരകളുടെ പടിഞ്ഞാറും കിഴക്കും ഈ കാലാവസ്ഥ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്നു. ഇവിടെ മിതമായ ചൂടും നേരിയ ശൈത്യവും അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഈ കാലാവസ്ഥയെ നാലായി തരംതിരിക്കാം:

(i) ആർദ്ര ഉപോഷ്ണകാലാവസ്ഥ (Cwa) [വരണ്ട ഉഷ്ണ കാലവും ചൂടുള്ള ഉഷ്ണകാലവും]

(ii) മെഡിറ്ററേനിയൻ (Cs)

(iii) ആർദ്ര ഉപോഷണകാലാവസ്ഥ (Cfa) [വരണ്ടകാലമില്ല, ഇളം ശൈത്യകാലം]

(iv) പശ്ചിമതീര സമുദ്രകാലാവസ്ഥ (Cfb)

(i) ആർദ്ര ഉപോഷ്ണ കാലാവസ്ഥ (CWa)

ഈ കാലാവസ്ഥ അനുഭവപ്പെടുന്നത് ഉത്തരായനരേഖയ്ക്കും ദക്ഷിണായനരേഖയ്ക്കും ധ്രുവാഭിമുഖമായ പ്രദേശങ്ങളിലാണ്. ഉത്തരേന്ത്യൻ സമതലങ്ങൾ, ദക്ഷിണ ചൈനയിലെ ഉൾപ്രദേശസമതലങ്ങൾ എന്നിവ ഈ കാലാവസ്ഥയുടെ ഭാഗമാണ്. Aw കാലാവസ്ഥ ഈ കാലാവസ്ഥയോട് സാദൃശ്യമുള്ളതാണെങ്കിലും അവിടെ ശൈത്യകാലത്ത് ഊഷ്മാവ് കൂടുതലാണ്.

ii) മെഡിറ്ററേനിയൻ കാലാവസ്ഥ (Cs)

പേര് സൂചിപ്പിക്കുന്നതുപോലെ മെഡിറ്ററേനിയൻ കടലിനുചുറ്റും കൂടാതെ അക്ഷാംശം 30 ഡിഗ്രിക്കും 40 ഡിഗ്രിക്കും ഇടയിൽ ഉപോഷ്ണമേഖലയിലുള്ള പടിഞ്ഞാറൻ തീരങ്ങളിലും മധ്യകാലിഫോർണിയ, മധ്യചിലി, ആസ്ട്രേലിയയുടെ തെക്കുകിഴക്കൻ തീരങ്ങളിലും-തെക്കുപടിഞ്ഞാറൻ തീരങ്ങളിലും ഈ കാലാവസ്ഥ അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രദേശം വേനൽകാലത്ത് ഉപോഷ്ണ ഉച്ചമർദത്തിനും ശൈത്യകാലത്ത് പശ്ചിമ വാതത്തിനും വിധേയമാകുന്നു. ആയതിനാൽ ചൂടുള്ള വരണ്ട വേനലും മഴയുള്ള മിതമായ ശൈത്യകാലവും അനുഭവപ്പെടുന്നു. വേനൽക്കാലത്ത് മാസികശരാശരി ഊഷ്മാവ് 25 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസും ശൈത്യകാലത്ത് 10 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസുമാണ്. വാർഷിക വർഷണത്തിന്റെ അന്തരം 35 സെന്റിമീറ്റർ മുതൽ 90 സെന്റിമീറ്റർ വരെയാണ്.

iii) ആർദ്ര ഉപോഷ്ണ കാലാവസ്ഥ (Cfa)

ഉപോഷ്ണ അക്ഷാംശങ്ങളിലെ വൻകരകളുടെ കിഴക്കൻപ്രദേശങ്ങളിൽ ഈ കാലാവസ്ഥ അനുഭവപ്പെടുന്നു. വായുസഞ്ചയം ഈ പ്രദേശത്ത് പൊതുവെ അസ്ഥിരമായതിനാൽ വർഷം മുഴുവൻ മഴ ലഭിക്കാൻ കാരണമാകുന്നു. കിഴക്കൻ യു.എസ്.എ., ചൈനയുടെ കിഴക്കും തെക്കും ഭാഗങ്ങൾ, ദക്ഷിണ ജപ്പാൻ, അർജന്റീനയുടെ വടക്കുകിഴക്കൻ ഭാഗം, ദക്ഷിണാഫ്രിക്കയുടെ തീരദേശം, ആസ്ട്രേലിയയുടെ കിഴക്കൻ തീരം എന്നിവിടങ്ങളിൽ ഇത്തരം കാലാവസ്ഥയാണ് അനുഭവപ്പെടുന്നത്. വാർഷിക ശരാശരി വർഷണത്തിന്റെ തോത് 75 സെന്റിമീറ്റർ മുതൽ 150 സെന്റിമീറ്റർവരെയാണ്. വേനൽക്കാലത്ത് ഇടിയോടുകൂടിയ മഴയും ശൈത്യകാലത്ത് ചക്രവാതവൃഷ്ടിയും സാധാരണയാണ്. വേനൽക്കാലത്ത് മാസികശരാശരി ഊഷ്മാവ് 27 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസും ശൈത്യകാലത്ത് 5 ഡിഗ്രി മുതൽ 12 ഡിഗ്രിവരെയുമാണ്. ഊഷ്മാവിന്റെ ദൈനികാന്തരം കുറവാണ്.

(iv) പശ്ചിമതീര സമുദ്ര കാലാവസ്ഥ (Cfb)

വൻകരകളുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരത്ത് മെഡിറ്ററേനിയൻ കാലാവസ്ഥയുടെ ധ്രുവാഭിമുഖ വശത്താണ് ഈ കാലാവസ്ഥ കാണപ്പെടുന്നത്. വടക്കുപടിഞ്ഞാറൻ യൂറോപ്പ്, വടക്കെ അമേരിക്കയുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരം, വടക്കൻ കാലിഫോർണിയ, ദക്ഷിണ ചിലി, തെക്കുകിഴക്കൻ ആസ്ട്രേലിയ, ന്യൂസിലാന്റ് എന്നിവയാണ് ഈ കാലാവസ്ഥയുള്ള പ്രധാന പ്രദേശങ്ങൾ. സമുദ്രസാമീപ്യം ഇവിടത്തെ ഊഷ്മാവ് മിതമാക്കുന്നു. ശൈത്യകാലത്ത് ഈ അക്ഷാംശത്തിലെ മറ്റിടങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് ഉയർന്ന താപം അനുഭവപ്പെടുന്നു. വേനൽക്കാലത്ത് ശരാശരി ഊഷ്മാവിന്റെ അന്തരം 15 മുതൽ 20° സെൽഷ്യസ്വരെയും ശൈത്യകാലത്ത് ഇത് 4° മുതൽ 10° സെൽഷ്യസ് വരെയുമാണ്. വാർഷിക ദൈനിക ഊഷ്മാവിന്റെ വ്യതിയാനം വളരെ കുറവാണ്. വർഷം മുഴുവൻ വർഷണം ലഭിക്കുന്നു. വർഷണം 50 സെന്റിമീറ്റർമുതൽ 250 സെന്റിമീറ്റർവരെയാണ്.

ശൈത്യഹിമവന കാലാവസ്ഥകൾ (D) (Cold Snow Forest Climates)

ഉത്തരാർദ്ധഗോളത്തിലെ അക്ഷാംശം 40 ഡിഗ്രിക്കും 70 ഡിഗ്രിക്കും ഇടയിലുള്ള യൂറോപ്പ്, ഏഷ്യ, വടക്കേ അമേരിക്ക എന്നീ വൻകരകളുടെ ഉൾപ്രദേശങ്ങളിലാണ് ഈ കാലാവസ്ഥ അനുഭവപ്പെടുന്നത്. ഈ കാലാവസ്ഥയെ രണ്ടു വിഭാഗങ്ങളായി തിരിക്കുന്നു:

(i) Df — ആർദ്രമായ ശൈത്യകാലമുള്ള ശീതകാലാവസ്ഥ

(ii) Dw — വരണ്ട ശൈത്യകാലമുള്ള ശീതകാലാവസ്ഥ

പടിഞ്ഞാറൻ തീരസമുദ്ര കാലാവസ്ഥയുടെയും മധ്യ അക്ഷാംശ സ്റ്റെപ്പി കാലാവസ്ഥയുടെയും ധ്രുവാഭിമുഖ പ്രദേശങ്ങളിലാണ് ഈ കാലാവസ്ഥ അനുഭവപ്പെടുന്നത്. ശൈത്യകാലം അതികഠിനവും മഞ്ഞുനിറഞ്ഞതുമാണ്. മഞ്ഞുവീഴ്ചയില്ലാത്ത കാലം കുറവായിരിക്കും. ഊഷ്മാവിന്റെ വാർഷിക അന്തരം വളരെ കൂടുതലാണ്. ദിനാവസ്ഥയിൽ ഹ്രസ്വവും ത്വരിതവുമായ മാറ്റമുണ്ടാകുന്നു. ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിൽ ശൈത്യകാലം അതികഠിനമാണ്.

വരണ്ടശൈത്യകാലമുള്ള ശീതകാലാവസ്ഥ (Dw)

വടക്കുകിഴക്കനേഷ്യയിലാണ് ഈ കാലാവസ്ഥ പ്രധാനമായും കാണുന്നത്. ശൈത്യകാലത്ത് രൂപപ്പെടുന്നതും വേനൽക്കാലത്ത് ദുർബലപ്പെടുന്നതുമായ പ്രതിചക്രവാതങ്ങൾ മൺസൂൺ കാലാവസ്ഥയിലെന്നപോലെ കാറ്റിന്റെ വിപരീതദിശയിലുള്ള ഗതിമാറ്റത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ധ്രുവാഭിമുഖവശങ്ങളിൽ വേനൽകാലതാപം വളരെ കുറവും ശൈത്യകാലത്ത് അതിശൈത്യവുമാണ്. പല പ്രദേശങ്ങളിലും വർഷത്തിൽ ഏഴുമാസത്തോളം ഊഷ്മാവ് ഖരാങ്കത്തിലും (freezing point) താഴെയായിരിക്കും. 12 സെന്റിമീറ്ററിനും 15 സെന്റിമീറ്ററിനും ഇടയിൽ വാർഷിക വർഷണം കുറഞ്ഞ തോതിലാണ്.

ധ്രുവീയ കാലാവസ്ഥകൾ (E)

ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളോട് ചേർന്ന് 70 ഡിഗ്രി അക്ഷാംശത്തിനപ്പുറം ഈ കാലാവസ്ഥ അനുഭവപ്പെടുന്നു. രണ്ടുതരം ധ്രുവകാലാവസ്ഥയാണുള്ളത്:

(i) തുന്ദ്രകാലാവസ്ഥ (ET) (Tundra)

(ii) ഹിമഛത്രം (EF) (Ice cap)

തുന്ദ്രകാലാവസ്ഥ (ET)

പായലുകൾ, കൽപായലുകൾ, പൂച്ചെടികൾ തുടങ്ങിയ സസ്യങ്ങൾ കണ്ടുവരുന്നതിനാലാണ് തുന്ദ്ര

എന്ന് ഈ കാലാവസ്ഥയെ നാമകരണം ചെയ്തിരിക്കുന്നത്. മണ്ണിന്റെ അധോതലം സ്ഥിരമായി തണുത്തുറഞ്ഞ് കിടക്കുന്ന ഈ പ്രദേശം ഒരു സ്ഥിരഹിമാവൃത മേഖലയാണ്. വെള്ളക്കെട്ടും ചുരുങ്ങിയ വളർച്ചാകാലവും നിലത്തോടു ചേർന്നുവളരുന്ന സസ്യങ്ങളെ മാത്രമായി പരിമിതപ്പെടുത്തുന്നു. ഈ പ്രദേശത്ത് വേനൽകാല പകലുകൾക്ക് ദൈർഘ്യം വളരെ കൂടുതലാണ്.

ഹിമഛത്രം (EF)

ഗ്രീൻലാന്റിന്റെയും അന്റാർട്ടിക്കയുടെയും ഉൾഭാഗങ്ങളിലാണ് ഇത്തരം കാലാവസ്ഥ കാണുന്നത്. വേനൽക്കാലത്തുപോലും ഊഷ്മാവ് ഖരാങ്കത്തിലും (freezing point) താഴെയായിരിക്കും. വർഷണം വളരെ കുറവാണ്. മഞ്ഞും ഐസും കുമിഞ്ഞുകൂടുന്നതിന്റെ സമ്മർദഫലമായി ഹിമപാളികൾ പൊട്ടിപോകാറുണ്ട്. ഇത്തരത്തിൽ പൊട്ടിമാറുന്ന മഞ്ഞുമലകൾ (Ice bergs) ആർട്ടിക്, അന്റാർട്ടിക് സമുദ്രങ്ങളിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്നത് പതിവാണ്. 79 ഡിഗ്രി ദക്ഷിണഅക്ഷാംശത്തിലുള്ള അന്റാർട്ടിക്കയിലെ പീഠഭൂമി ഗവേഷണകേന്ദ്രം ഈ കാലാവസ്ഥയുടെ നേർചിത്രം വെളിവാക്കുന്നു.

പർവതകാലാവസ്ഥ (H) (Highland Climate)

ഭൂപ്രകൃതിക്കനുസരിച്ചാണ് പർവതകാലാവസ്ഥ നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്നത്. ഉയർന്ന പർവതമേഖലകളിൽ ഹ്രസ്വദൂരത്തിൽതന്നെ ശരാശരി ഊഷ്മാവിൽ വലിയ മാറ്റങ്ങൾ പ്രകടമാണ്. വർഷണത്തിന്റെ രീതിയിലും തീവ്രതയിലും ഉയരത്തിനനുസരിച്ച് വ്യത്യസ്തതയുണ്ട്. പർവതപ്രദേശങ്ങളുടെ വിവിധ ഉയരത്തിനനുസരിച്ച് ലംബതലത്തിൽ കാലാവസ്ഥ വ്യതിയാനം ദൃശ്യമാണ്.

കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനം (Climate Change)

കാലാവസ്ഥയെക്കുറിച്ച് മുമ്പ് പരാമർശിച്ച പാഠഭാഗങ്ങളിൽനിന്നും ഇന്നുള്ള കാലാവസ്ഥയെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് ധാരണയുണ്ട്. നേരിയ വ്യതിയാനങ്ങളോടെ കഴിഞ്ഞ 10000 വർഷങ്ങളായി ഇന്ന് നാം അനുഭവിക്കുന്ന കാലാവസ്ഥതന്നെയാണ് തുടരുന്നത്. തുടക്കം മുതൽ ഭൂമി പല കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനങ്ങൾക്കും സാക്ഷ്യം വഹിച്ചു. ഹിമയുഗ-ഹിമാനിയുഗ കാലഘട്ടങ്ങളിലെ കാലാവസ്ഥാ മാറ്റങ്ങൾ ഭൂവിജ്ഞാനീയ രേഖകളിൽ പ്രതിപാദിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഉയർന്ന പ്രദേശങ്ങളിലും ഉയർന്ന അക്ഷാംശ പ്രദേശങ്ങളിലും അവശേഷിക്കുന്ന ഭൂരൂപങ്ങളിൽ ഹിമാനീകൃത അടയാളങ്ങൾ ദൃശ്യമാണ്. ഹിമതടാകങ്ങളിലെ നിക്ഷേപങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ ഉഷ്ണ-ശൈത്യകാലഘട്ടങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. വൃക്ഷങ്ങളിലെ തായ്ത്തടിയിലുള്ള വലയങ്ങൾ മഴക്കാലത്തിന്റെയും വരണ്ടകാലത്തിന്റെയും സൂചനകളുടെ ഏടുകളാണ്. ചരിത്രരേഖകൾ കാലാവസ്ഥാമാറ്റങ്ങൾ വിശദമാക്കുന്നുണ്ട്. സ്വാഭാവികമായ ഒരു തുടർപ്രക്രിയയാണ് കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനമെന്ന് ഈ തെളിവുകൾ ചൂണ്ടിക്കാണിക്കുന്നു.

ഇന്ത്യ വരണ്ടതും ആർദ്രവുമായ കാലാവസ്ഥകൾ മാറിവരുന്നതിന് സാക്ഷ്യം വഹിച്ചിട്ടുണ്ട്. ബിസി 8000-ൽ ഈർപ്പവും തണുപ്പുമുള്ള കാലാവസ്ഥ രാജസ്ഥാനിൽ ഉണ്ടായിരുന്നതായി പുരാവസ്തുരേഖകൾ വെളിവാക്കുന്നു. ബി.സി. 3000-നും 1700-നുമിടയിൽ ഇവിടെ ഉയർന്ന തോതിൽ മഴയുണ്ടായിരുന്നു. ബിസി 2000 - 1700 കാലഘട്ടത്തിൽ ഹരപ്പൻ സംസ്കാരത്തിന്റെ കേന്ദ്രബിന്ദുവായിരുന്നു രാജസ്ഥാൻ. അതുകഴിഞ്ഞ് കടുത്ത വരൾച്ച അനുഭവപ്പെട്ടു. ഭൂവിജ്ഞാനീയ ചരിത്രത്തിൽ ഏകദേശം 500 മുതൽ 300 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പ്, അതായത് കാമ്പ്രിയൻ ഒർഡോവിഷ്യൻ, സൈല്യൂറിയൻ കാലങ്ങളിൽ ഭൂമി ചൂടുള്ളതായിരുന്നു. പ്ലീസ്ടോസീൻ കാലഘട്ടം ഹിമ-ഹിമാന്തരയുഗങ്ങൾക്കുവേദിയായി. 18000 വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പായിരുന്നു ഏറ്റവും ഒടുവിലായി ഭൂമി സാക്ഷ്യം വഹിച്ച ഹിമയുഗം. നിലവിലെ ഹിമാന്തരകാലം ഏകദേശം 10000 വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പാണ് ആരംഭിച്ചത്.

സമീപഭൂതകാല കാലാവസ്ഥ

കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനം എക്കാലത്തുമുണ്ട്. കഴിഞ്ഞ നൂറ്റാണ്ടിൽ തൊണ്ണൂറുകളിലാണ് ഇത് കൂടുതലായി അനുഭവപ്പെട്ടത്. ഏറ്റവും കൂടിയ താപനിലയും ഭയാനകമായ വെള്ളപ്പൊക്കവും ആയിരത്തി തൊള്ളായിരത്തി തൊണ്ണൂറുകളിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിരുന്നു. 1967-77 കാലഘട്ടത്തിൽ സഹാറ മരുഭൂമിക്ക് തെക്കുള്ള സഹേൽപ്രദേശത്ത് ഉണ്ടായ ഭയാനകമായ വരൾച്ച അത്തരത്തിലുള്ളതാണ്. ആയിരത്തി തൊള്ളായിരത്തി മുപ്പതുകളിൽ അമേരിക്കൻ ഐക്യനാടുകളിലെ തെക്കുപടിഞ്ഞാറൻ സമതലങ്ങളിലുണ്ടായ കടുത്ത വരൾച്ചയെ 'ഡസ്റ്റ് ബൗൾ' (Dust bowl) എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു. വിളവിന്റെയും വിളനാശത്തിന്റെയും പ്രളയ-കുടിയേറ്റങ്ങളുടെയും ചരിത്രരേഖകൾ (നേർചിത്രങ്ങൾ) കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനത്തിന്റെ ഫലങ്ങൾ വെളിവാക്കുന്നു. എത്രയോ തവണ യൂറോപ്പ് ചൂടും മഴയും ശൈത്യവും വരൾച്ചയുമുള്ള കാലഘട്ടങ്ങളിലൂടെ കടന്നുപോയിരിക്കുന്നു. ഇതിലേറ്റവും പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നത് പത്തും പതിനൊന്നും നൂറ്റാണ്ടുകളിൽ, വൈക്കിങ്സിന്റെ ഗ്രീൻലാൻഡ് അധിനിവേശകാലത്തുണ്ടായ വരണ്ട ഉഷ്ണകാലാവസ്ഥയാണ്. 1550 മുതൽ 1850 വരെ യൂറോപ്പ് 'ചെറുഹിമയുഗ' ത്തിന് സാക്ഷ്യം വഹിച്ചു. 1885 മുതൽ 1940 വരെ ആഗോളതാപം ഉയർന്നുകൊണ്ടിരുന്നു. 1940-നുശേഷം ഇതിന്റെ തോത് ക്രമാനുഗതമായി താഴ്ന്നു.

കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനത്തിന്റെ കാരണങ്ങൾ

കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനത്തിന് പല കാരണങ്ങളുണ്ട്. ഇക്കാരണങ്ങളെ നമുക്ക് ജ്യോതിശാസ്ത്രജന്യമെന്നും ഭൗമജന്യമെന്നും തരംതിരിക്കാം. സൂര്യകളങ്കപ്രവർത്തനങ്ങളോട് അനുബന്ധമായ സൗരോർജവ്യതിയാനമാണ് ജ്യോതിശാസ്ത്രജന്യകാരണങ്ങൾക്ക് ആധാരം.

സൂര്യനിലുള്ള കറുത്തതും തണുത്തതുമായ കളങ്കശകലങ്ങളാണ് സൂര്യകളങ്കങ്ങൾ. ഇവ ചാക്രികമായി കുറയുകയും കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. കാലാവസ്ഥാശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ നിരീക്ഷണമനുസരിച്ച് സൂര്യകളങ്കങ്ങൾ കൂടുമ്പോൾ മഴയും തണുപ്പും ഏറുകയും കൊടുങ്കാറ്റ് ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. നേരെമറിച്ച്, സൂര്യകളങ്കങ്ങൾ എണ്ണത്തിൽ കുറയുമ്പോൾ വരണ്ട ചൂടുള്ള കാലാവസ്ഥയാകുംഫലം. എന്നാൽ ഈ കണ്ടെത്തലുകൾക്ക് സ്ഥിതിവിവര പ്രാധാന്യമില്ല.

ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണപഥത്തിന്റെ സവിശേഷതകളുടെ വ്യതിയാനത്തിലുള്ള ആവർത്തനം, ഭൂമിയുടെ ഉലച്ചിൽ, ഭൂമിയുടെ അച്ചുതണ്ടിന്റെ ചരിവിലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനങ്ങൾ എന്നിവ അനുമാനിച്ചുകൊണ്ടുള്ള മറ്റൊരു ജ്യോതിശാസ്ത്ര സിദ്ധാന്തമാണ് മിലൻകോവിച്ച് ആന്ദോളനങ്ങൾ. ഇവ ഭൂമിയിലേക്കുള്ള സൗരവികിരണത്തിന്റെ അളവിനെയും തൽഫലമായി കാലാവസ്ഥയേയും സ്വാധീനിക്കുന്നു.

അഗ്നിപർവതസ്ഫോടനങ്ങളാണ് കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനത്തിന് മറ്റൊരു കാരണം. സൂക്ഷ്മധൂളികൾ അഗ്നിപർവതസ്ഫോടന സമയത്ത് അന്തരീക്ഷത്തിലെത്തുന്നു. ഇവ അന്തരീക്ഷത്തിൽ തങ്ങിനിൽക്കുമ്പോൾ സൗരവികിരണം ഭൂമിയിലെത്തുന്നതിനെ തടയുന്നു. അടുത്തിടെയുണ്ടായ പിനാതോബ, എൽസിയോൺ അഗ്നിപർവതസ്ഫോടനങ്ങൾക്കുശേഷം ഏതാനും വർഷം ശരാശരി ഊഷ്മാവിൽ കുറവുണ്ടായി.

ആഗോളതാപനത്തിന് ഹേതുവാകുംവിധം ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് തള്ളിവിടുന്നു എന്നതാണ് കാലാവസ്ഥയിൽ മാറ്റംവരുത്തുന്നതിൽ ഏറ്റവും പ്രാധാന്യമുള്ള മനുഷ്യസ്വാധീനം.

ആഗോളതാപനം

ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യംമൂലം അന്തരീക്ഷം ഹരിതഗൃഹംപോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. സൗരവികിരണത്തെ അന്തരീക്ഷം കടത്തിവിടുകയും ദീർഘതരംഗരൂപത്തിലുള്ള ഭൗമവികിരണത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൗമവികിരണത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന വാതകങ്ങളെയാണ് ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവിനെ കൂട്ടുന്ന എല്ലാ പ്രക്രിയകളെയും ഉൾപ്പെടുത്തി ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവമെന്ന് പറയുന്നു.

> 'ഹരിതഗൃഹം' എന്ന വാക്ക് ആവിർഭവിച്ചത് ശൈത്യമേഖലകളിൽ ചൂട് നിലനിർത്താനുതകുന്ന ഹരിതഗൃഹങ്ങളിൽ നിന്നാണ്. ഹരിതഗൃഹം ഗ്ലാസ് നിർമിതമാണ്. സൂര്യനിൽനിന്നും വരുന്ന ഹ്രസ്വതരംഗവികിരണങ്ങൾക്ക് സുതാര്യമായ ഗ്ലാസ് പുനർവികിരണത്തിലൂടെ പുറത്തുപോകുന്ന ദീർഘതരംഗങ്ങൾക്ക് അതാര്യമാണ്. അതിനാൽ ഗ്ലാസ്ഹൗസുകൾക്കുള്ളിൽ പുറത്തുള്ളതിനേക്കാൾ കൂടിയ താപനില നിലനിർത്താൻ കഴിയുന്നു. ചില്ല് ജനാലകൾ അടച്ചിട്ട കാറിലോ ബസ്സിലോ വേനൽകാലത്ത് കയറിയാൽ നമുക്ക് കൂടുതൽ ചൂട് അനുഭവപ്പെടുന്നത് ഇതിനാലാണ്. അതുപോലെതന്നെ, ശീതകാലത്തും അടച്ചിട്ട വാഹനത്തിനുള്ളിൽ പുറത്തുള്ളതിനേക്കാൾ ചൂട് അനുഭവപ്പെടുന്നു.

ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ

ഇന്ന് ഏറെ ചർച്ചചെയ്യുന്ന പ്രാഥമിക ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങളാണ് കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡും (CO_2), ക്ലോറോ ഫ്ളൂറോ കാർബണുകൾ (CFC), മീഥെയ്ൻ (CH_4), നൈട്രസ് ഓക്സൈഡ് (N_2O), ഓസോൺ (O_3) എന്നിവ. നൈട്രിക് ഓക്സൈഡ് (NO), കാർബൺ മോണോക്സൈഡ് (CO) തുടങ്ങിയ വാതകങ്ങൾ വേഗത്തിൽ ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങളുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിച്ച് അവയുടെ അന്തരീക്ഷകേന്ദ്രീകരണത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു.

ഹരിതഗൃഹവാതക തന്മാത്രയുടെ പ്രഭാവത്തിന്റെ സാന്ദ്രീകരണത്തിന്റെ തോത്, അന്തരീക്ഷത്തിൽ തങ്ങിനിൽക്കുന്ന കാലയളവ്, ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന വികിരണത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ ഏറ്റവും പ്രഭാവമുള്ളത് ക്ലോറോ ഫ്ളൂറോ കാർബണുകൾക്കാണ്. സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിൽ അൾട്രാവയലറ്റ് രശ്മികളെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന ഓസോൺ, ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ താഴ്ന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ ഭൗമവികിരണത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. GHG തന്മാത്രകൾ അന്തരീക്ഷത്തിൽ തങ്ങിനിൽക്കുന്നിടത്തോളം അന്തരീക്ഷം ഈ വാതകങ്ങൾമൂലമുണ്ടായ മാറ്റത്തിൽനിന്നും പൂർവസ്ഥിതിയിലേക്ക് മാറാൻ കൂടുതൽ സമയമെടുക്കും.

അന്തരീക്ഷത്തിലുള്ള ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങളിൽ ഏറ്റവുമധികമുള്ളത് കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡാണ്. ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ (പെട്രോളിയം, കൽക്കരി, പ്രകൃതിവാതകം) കത്തിക്കുന്നതിലൂടെയാണ് പ്രധാനമായും കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് അന്തരീക്ഷത്തിൽ എത്തുന്നത്. കാടുകളും സമുദ്രങ്ങളും കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡിന്റെ ആഗിരണകേന്ദ്രങ്ങളാണ് (Sink). വനങ്ങൾ CO_2 നെ അവയുടെ വളർച്ചയ്ക്ക് പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നു. അതിനാൽ ഭൂവിനിയോഗ മാറ്റങ്ങൾമൂലമുള്ള വനനശീകരണം അന്തരീക്ഷത്തിലെ CO_2 ന്റെ അളവ് കൂട്ടുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിലെ മാറ്റങ്ങളുമായി CO_2 സമന്വയിക്കാൻ ഏതാണ്ട് 20–50 വർഷങ്ങൾ വേണ്ടിവരും. പ്രതിവർഷം ഇത് ഏകദേശം 0.5% എന്ന നിരക്കിൽ വർധിക്കുന്നു.

വ്യവസായവൽക്കരണത്തിന് മുമ്പുണ്ടായിരുന്ന നിരക്കിൽനിന്നും CO_2 ന്റെ അളവിലുണ്ടായ ഇരട്ടിപ്പ് കാലാവസ്ഥാമോഡലുകളിൽ കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനം നിർണയിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന സൂചികയാണ്.

ക്ലോറോ ഫ്ളൂറോ കാർബൺ മനുഷ്യപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഉൽപ്പന്നമാണ്. അൾട്രാവയലറ്റ് രശ്മികൾ ഓക്സിജനെ ഓസോണാക്കി പരിവർത്തനം ചെയ്യുന്ന സ്ട്രാറ്റസ്ഫിയറിൽ ഓസോൺ വാതകം കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ അൾട്രാവയലറ്റ് രശ്മികൾ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ എത്തുന്നില്ല. സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിൽ എത്തുന്ന ക്ലോറോ ഫ്ളൂറോ കാർബണുകൾ ഓസോണിനെ ഉന്മൂലനം ചെയ്യുന്നു. അന്റാർട്ടിക്കൻ പ്രദേശങ്ങളിൽ വൻതോതിൽ ഓസോൺ ശോഷണം ഉണ്ടാക്കുന്നു. അങ്ങനെ സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിൽ ഓസോണിന്റെ അളവിലുണ്ടാകുന്ന ശോഷണത്തെ ഓസോൺസുഷിരം എന്നുപറയുന്നു. അൾട്രാവയലറ്റ് രശ്മികൾ ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിലൂടെ കടന്നുവരുന്നതിന് ഇത് കാരണമാകുന്നു.

ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങളുടെ പ്രസരണം അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഒഴിവാക്കുന്നതിനായി ആഗോളതലത്തിൽ ശ്രമങ്ങൾ ആരംഭിച്ചിട്ടുണ്ട്. അവയിൽ ഏറ്റവും പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്ന ഒന്നാണ് 1997-ൽ വിളംബരം ചെയ്ത ക്യോട്ടോ പ്രോട്ടോക്കോൾ. 2005-ൽ നിലവിൽവന്ന ക്യോട്ടോ പ്രോട്ടോക്കോൾ 141 രാഷ്ട്രങ്ങൾ അംഗീകരിച്ചു. 35 വ്യാവസായികരാഷ്ട്രങ്ങളോട് ഹരിതഗൃഹവാതക പ്രസരണം 2012-ാമാണ്ട് ആകുമ്പോൾ 1990-ലെ നിരക്കിൽനിന്നും അഞ്ച് ശതമാനം കുറയ്ക്കാൻ ആവശ്യപ്പെട്ടു. ആഗോളതാപനത്തിന്റെ ഫലങ്ങൾ എല്ലായിടത്തും ഒരുപോലെയാകണമെന്നില്ല.

ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങളുടെ സാന്ദ്രത അന്തരീക്ഷത്തിൽ നാൾക്കുനാൾ കൂടുന്നത് ഭൂമിയുടെ താപനില ഉയർത്തും. ഒരിക്കൽ ആഗോളതാപനത്തിന് വിധേയമായാൽ പൂർവസ്ഥിതിയിലാകാൻ പ്രയാസമത്രെ. ആഗോളതാപനത്തിന്റെ ദൂഷ്യവശങ്ങൾ ഭൂമിയിലെ ജീവരാശിയെ പ്രതികൂലമായി ബാധിക്കും. ഹിമഫലകങ്ങളിലെയും ഹിമാനികളിലേയും മഞ്ഞുരുകുന്നതിനാലും സമുദ്രജലത്തിന്റെ താപീയവികാസംമൂലവും സമുദ്രനിരപ്പ് ഉയരുന്നത് തീരപ്രദേശങ്ങളും ദ്വീപുകളും മുങ്ങുന്നതിനും കാരണമാകുന്നു. ഇത് സാമൂഹ്യപ്രശ്നങ്ങൾക്കും ഇടയാക്കാം. ഹരിതഗൃഹവാതക പ്രസരണം കുറയ്ക്കുന്നതിനും ആഗോളതാപനം ചെറുക്കുന്നതിനുമുള്ള ശ്രമങ്ങൾ നേരത്തെ തുടങ്ങിക്കഴിഞ്ഞു. ലോകസമൂഹം ഈ വെല്ലുവിളി ഏറ്റെടുത്ത് വരുംതലമുറകൾക്കും ജീവിക്കാൻ യോഗ്യമായ ഒരു ലോകം ബാക്കിവയ്ക്കാൻ ഉതകുന്ന ജീവിതശൈലി കൈക്കൊള്ളും എന്ന് പ്രത്യാശിക്കാം.

സമകാലികലോകത്തെ ഒരു പ്രധാന ആശങ്ക ആഗോളതാപനമാണ്. താപനില സംബന്ധിച്ച രേഖകൾ പരിശോധിച്ച് ഭൂമിക്ക് എത്രത്തോളം ചൂടേറിയിട്ടുണ്ടെന്ന് ഉറപ്പുവരുത്താം.

19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ മധ്യകാലം മുതൽ പടിഞ്ഞാറൻ യൂറോപ്പിന്റെ താപവിവരങ്ങൾ ലഭ്യമാണ്. ഈ പഠനത്തിന്റെ പ്രസ്താവിതകാലം 1961 മുതൽ 1990 വരെയാണ്. 1961-90 കാലഘട്ടത്തിലെ ശരാശരി താപനിലയിൽനിന്ന് ഈ കാലഘട്ടത്തിന് മുമ്പും പിൻപുമുള്ള താപവ്യതിചലനം കണ്ടെത്താനാകും. ഭൗമോപരിതലത്തിനോടടുത്ത് ലോകവാർഷിക ശരാശരി ഊഷ്മാവ് ഏതാണ്ട് 14°C എന്ന് കണക്കാക്കുന്നു. 1961-90 കാലഘട്ടത്തിലെ ആഗോള ശരാശരി ഊഷ്മാവിൽ 1856-2000 കാലയളവിലെ പൊതു ഊഷ്മനിലയിൽനിന്നും വ്യതിയാനങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

താപനില ഉയരുന്ന പ്രവണത 20-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ

പ്രത്യക്ഷമാണ്. ഏറ്റവുമധികം ഉയർന്നത് രണ്ടു കാല ഘട്ടങ്ങളിലാണ്; 1901-44 ലും, 1977-99 ലും. ഈ രണ്ടു കാലഘട്ടത്തിലും ആഗോളതാപനില 0.4°C ആയി ഉയർന്നിട്ടുണ്ട്. ഇതിനിടയിൽ താപനില ചെറുതായി താഴുകയും ഉത്തരാർദ്ധഗോളത്തിൽ ഇത് കൂടുതൽ പ്രകടമാകുകയും ചെയ്തു.

ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനത്തിലെ ആഗോള വാർഷിക ശരാശരി താപനില 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിനൊടു വിലെ താപനിലയെക്കാൾ 0.6°C കൂടിയിട്ടുണ്ട്. 1856 - 2000 കാലഘട്ടത്തിൽ ഏറ്റവുമധികം താപനില ഉയർന്ന ഏഴു വർഷങ്ങൾ കഴിഞ്ഞ ദശകത്തിലാണ് രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്. 20-ാം നൂറ്റാണ്ടിലെ മാത്ര മല്ല ആ സഹസ്രാബ്ദത്തിലെതന്നെ ഏറ്റവും ഉയർന്ന താപനില രേഖപ്പെടുത്തിയത് 1998-ലാണ്.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയുത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.
   (i) താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ കെപ്പന്റെ "A" ടൈപ്പ് കാലാവസ്ഥയ്ക്ക് ചേർന്നത് ഏത്?
   (a) എല്ലാ മാസവും ഉയർന്ന മഴ
   (b) ഏറ്റവും തണുപ്പുള്ള മാസത്തെ ശരാശരി ഊഷ്മാവ് ഖരാങ്കത്തിന് മുകളി ലായിരിക്കും
   (c) എല്ലാ മാസങ്ങളിലെയും ശരാശരി ഊഷ്മാവ് 18°C ന് മുകളിലായിരിക്കും
   (d) എല്ലാ മാസങ്ങളിലെയും ശരാശരി താപനില 10° C നു താഴെയായിരിക്കും
   (ii) കെപ്പന്റെ കാലാവസ്ഥാ വർഗീകരണരീതി അറിയപ്പെടുന്നത് ഏത് പേരിലാണ്?
   (a) പ്രായോഗികവർഗീകരണം (b) വ്യവസ്ഥാപിതവർഗീകരണം
   (c) ജനിതകവർഗീകരണം (d) അനുഭവസിദ്ധവർഗീകരണം
   (iii) കെപ്പന്റെ വ്യവസ്ഥപ്രകാരം ഇന്ത്യൻ ഉപദ്വീപിൽ മിക്കഭാഗങ്ങളും ഉൾപ്പെടുന്നത് ഏത് കാലാവസ്ഥ വിഭാഗത്തിലാണ്?
   (a) Af (b) BSh (c) Cfb (d) Am
   (iv) ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ളവയിൽ ആഗോളതലത്തിൽ ഏറ്റവുമധികം ഊഷ്മാവ് രേഖപ്പെടു ത്തിയ വർഷമേത്?
   (a) 1990 (b) 1998 (c) 1885 (d) 1950
   (v) ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള നാല് കാലാവസ്ഥാവിഭാഗങ്ങളിൽ ആർദ്ര സാഹചര്യങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ളതേത്?
   (a) A—B—C—E
   (b) A—C—D—E
   (c) B—C—D—E
   (d) A—C—D—F
2. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   (i) കാലാവസ്ഥാവർഗീകരണത്തിന് കെപ്പൻ ഉപയോഗിച്ച കാലാവസ്ഥാഘടകങ്ങൾ ഏതൊക്കെ?
   (ii) പ്രായോഗികവർഗീകരണവും അനുഭവസിദ്ധ വർഗീകരണവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങ ളെന്തെല്ലാം?
   (iii) താപാന്തരം വളരെകുറഞ്ഞ കാലാവസ്ഥാ ഇനങ്ങൾ ഏതൊക്കെ?
   (iv) സൂര്യകളങ്കങ്ങൾ വർധിച്ചാൽ ഏതുതരം കാലാവസ്ഥാസാഹചര്യങ്ങളാണ് നിലനിൽക്കുക?
3. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   (i) "A" ടൈപ്പ്, "B" ടൈപ്പ് എന്നീ കാലാവസ്ഥകളെ താരതമ്യം ചെയ്യുക.
   (ii) "C" ടൈപ്പ്, "A" ടൈപ്പ് കാലാവസ്ഥകളിലെ സസ്യജാലങ്ങൾ ഏതൊക്കെ?
   (iii) ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ എന്നാലെന്ത്? ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങളുടെ പട്ടിക തയാറാക്കുക.

പ്രോജക്ട് പ്രവർത്തനങ്ങൾ

ആഗോള കാലാവസ്ഥാമാറ്റവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ക്യോട്ടോ വിളംബരത്തെക്കുറിച്ച് വിവരങ്ങൾ ശേഖരി ക്കുക.

യൂണിറ്റ്
V

ജലം (സമുദ്രങ്ങൾ)

ഈ യൂണിറ്റിൽ ചർച്ചചെയ്യുന്നത്:

- **ജലചക്രം**

  സമുദ്രങ്ങൾ — സമുദ്രാന്തർ ഭൂപ്രകൃതി; താപവിതരണവും ലവണതത്വത്തിന്റെ വിതരണവും; സമുദ്രജല ചലനങ്ങൾ — തിരമാലകൾ; വേലികൾ; പ്രവാഹങ്ങൾ

E7D1C8

അധ്യായം

13

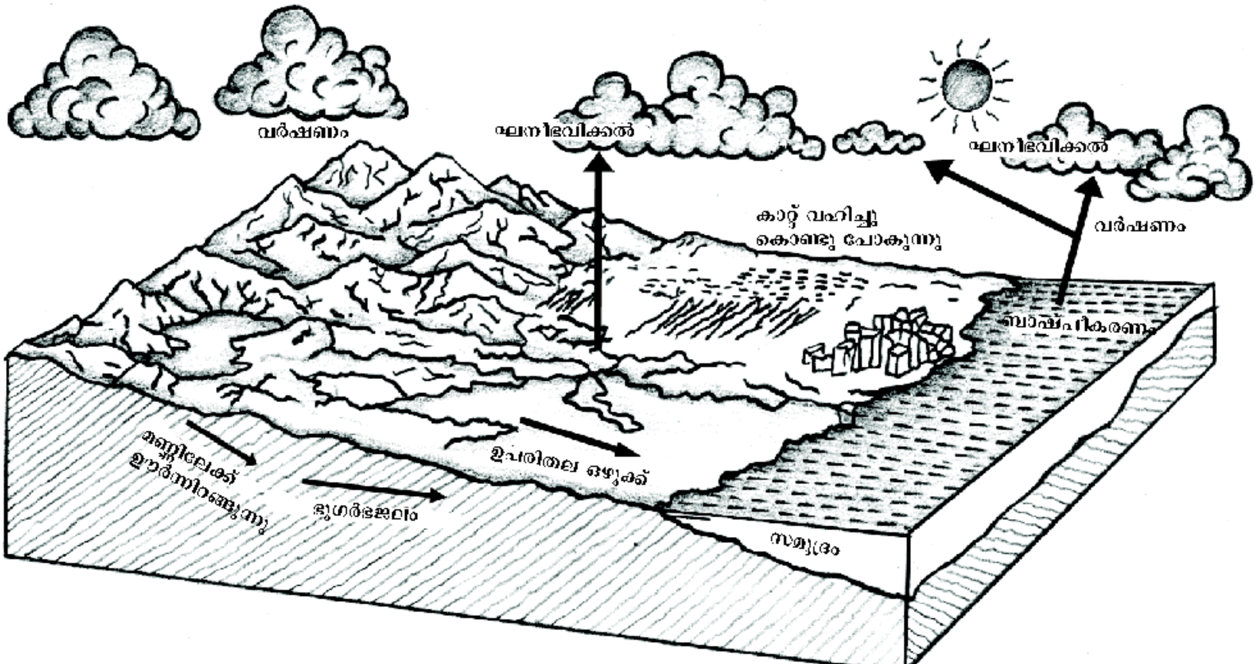
ജലം (സമുദ്രങ്ങൾ)

ജലമില്ലാതെ ജീവന്റെ നിലനില്പിനെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് ചിന്തിക്കുവാൻ കഴിയുമോ? ഇല്ല; കാരണം ജലം ജീവനാണ്. ഭൗമോപരിതലത്തിലെ സർവജീവജാലങ്ങൾക്കും ജലം അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. ജലമില്ലെങ്കിൽ ജീവനില്ല. സൗരയൂഥത്തിൽ ഭൂമിയിൽ കാണുന്ന അവസ്ഥയിൽ മറ്റൊരിടത്തും ജലമില്ല. നമ്മുടെ ഭൂമിയിൽ ജലം സമൃദ്ധമായുണ്ട്. അതുകൊണ്ട് ഭൂമിയെ നീലഗ്രഹം എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

ജലചക്രം (Hydrological Cycle)

ജലം ഒരു ചാക്രികവിഭവമാണ്. ജലത്തെ നാം വിവിധ ആവശ്യങ്ങൾക്കായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഉപയോഗിച്ച ജലം നമുക്കു വീണ്ടും ഉപയോഗിക്കുവാൻ കഴിയും. ജലം സമുദ്രത്തിൽനിന്നും അന്തരീക്ഷത്തിലേക്കും അവിടെനിന്നും കരയിലേക്കും ചലിച്ച് വീണ്ടും സമുദ്രത്തിൽത്തന്നെ എത്തിച്ചേരുന്നു. ജലത്തിന്റെ ഈ ചാക്രികചലനമാണ് ജലചക്രം. ജലചക്രം ഭൂമിക്കുള്ളിലും ഭൗമോപരിതലത്തിലും ഭൗമോപരിതലത്തിനു മുകളിലുമുള്ള ജലത്തിന്റെ ചലനത്തെ വിശദീകരിക്കുന്നു. ഇത് കോടിക്കണക്കിന് വർഷങ്ങളായി നിരന്തരം ഭൂമിയിൽ സംഭവിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഭൂമിയിലെ സകല ജീവജാലങ്ങളും ജലചക്രത്തെ ആശ്രയിച്ചാണ് നിലനിൽക്കുന്നത്.

വായുപോലെ ഭൂമിയിൽ ജീവന്റെ നിലനിൽപിന് അത്യന്താപേക്ഷിതമായ ഒരു പ്രധാനഘടകമാണ് ജലം. എന്നാൽ ജലത്തിന്റെ വിതരണം ഭൂമിയിൽ എല്ലായിടത്തും ഒരുപോലെയല്ല. ചിലയിടങ്ങളിൽ ധാരാളം ജലം ഉള്ളപ്പോൾ മറ്റു ചിലയിടങ്ങളിൽ ജലത്തിന്റെ അളവ് കുറവായിരിക്കും. ഭൂമിയുടെ ജലമണ്ഡലത്തിനുള്ളിൽ ജലത്തിന്റെ വാതക, ദ്രാവക, ഖരരൂപത്തിലുള്ള ചാക്രികസഞ്ചാരമാണ് ജലചക്രം. സമുദ്രങ്ങളി



ചിത്രം 13.1 : ജലചക്രം

പട്ടിക 13.1: ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ജലം

ജലസംഭരണം	വ്യാപ്തി (ദശലക്ഷം ഘന കി.മീ.)	മൊത്തം ശതമാനം
സമുദ്രങ്ങൾ	1,370	97.25
ഹിമപാളികളും ഹിമാനികളും	29	2.05
ഭൂഗർഭജലം	9.5	0.68
തടാകങ്ങൾ	0.125	0.01
മണ്ണിലെ ഈർപ്പം	0.065	0.005
അന്തരീക്ഷജലം	0.013	0.001
അരുവികളും നദികളും	0.0017	0.0001
ജൈവമണ്ഡലം	0.0006	0.00004

പട്ടിക 13.2: ജലചക്രത്തിലെ പ്രക്രിയകളും ഘടകങ്ങളും

ഘടകങ്ങൾ	പ്രക്രിയകൾ
സമുദ്രത്തിലെ ജലസംഭരണം	ബാഷ്പീകരണം, സസ്യസ്വേദനം, സബ്ലിമേഷൻ
അന്തരീക്ഷത്തിലെ ജലം	ഘനീഭവിക്കൽ, വർഷണം
മഞ്ഞ്, ഹിമപാളികൾ എന്നിവയിലെ ജലം	മഞ്ഞുരുകി അരുവികളായി ജലം ഒഴുകുന്നു
ഉപരിതല ജലഒഴുക്ക്	ശുദ്ധജലത്തെ അരുവികൾ ഒഴുകിക്കൊണ്ട് പോകുന്നു. ജലം ഭൂമിയിലേക്ക് ഊർന്നിറങ്ങുന്നു
ഭൂഗർഭജലസംഭരണം	ഭൂഗർഭജല ഉറവകൾ

ലൂടെയും അന്തരീക്ഷത്തിലൂടെയും ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലൂടെയും ഉപരിതലത്തിനടിയിലൂടെയും ജീവജാലങ്ങളിലൂടെയും ജലം നിരന്തരം കൈമാറ്റംചെയ്തുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു എന്നതാണ് ഇതിന്റെ അർഥം.

പട്ടിക 13.1 ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ജലത്തിന്റെ വിതരണത്തെ കാണിക്കുന്നു. ഭൂമിയിലെ ആകെ ജലത്തിന്റെ 71% സമുദ്രത്തിലാണ് ഉള്ളത്. അവശേഷിക്കുന്ന 29% ജലം ശുദ്ധജലമായി ഹിമാനികളിലും ഹിമപാളികളിലും ഭൂഗർഭജല സ്രോതസ്സുകളിലും തടാകങ്ങളിലും മണ്ണിലും അന്തരീക്ഷത്തിലും അരുവികളിലും ജീവജാലങ്ങളിലുമായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. മഴയായി ജലത്തിന്റെ ഏകദേശം 59% ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്നു. സമുദ്രങ്ങളിൽനിന്നും മറ്റു പ്രദേശങ്ങളിൽനിന്നുമുള്ള ബാഷ്പീകരണത്തിലൂടെ നീരാവിയായി അന്തരീക്ഷത്തിലേക്കു മടങ്ങുന്നു. ബാക്കി ജലം ഭൗമോപരിതലത്തിലൂടെ ഒഴുകിപ്പോകുന്നു. കുറച്ചുഭാഗം ഭൂമിക്കുള്ളിലേക്ക് ഊർന്നിറങ്ങി ഭൂഗർഭജലമാകുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ കുറച്ചു ഭാഗം തണുത്തുറഞ്ഞ് ഹിമാനികളാകുന്നു (ചിത്രം 13.1).

പുനരുപയോഗിക്കാവുന്ന ജലത്തിന്റെ അളവ് ഭൂമിയിൽ സ്ഥിരമാണ്. അതേസമയം ജലത്തിന്റെ ആവശ്യം ദിനംപ്രതി വർദ്ധിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഇത് ലോകത്ത് പലയിടങ്ങളിലും സ്ഥാനീയമായും കാലികമായും ജലദൗർലഭ്യത്തിനും പ്രതിസന്ധികൾക്കും വഴിതെളിക്കുന്നു. കൂടാതെ ജലമലിനീകരണം ഇത്തരം ജലദൗർലഭ്യത്തെയും പ്രതിസന്ധിക്കളയും കൂടുതൽ രൂക്ഷമാക്കുന്നു. ജലത്തിന്റെ ലഭ്യത വർധിപ്പിക്കുന്നതിനും ഗുണമേന്മ മെച്ചപ്പെടുത്തുന്നതിനും നിങ്ങൾക്ക് എങ്ങനെയൊക്കെ ഇടപെടാൻ കഴിയും?

സമുദ്രതട ഭൂപ്രകൃതി (Relief of the Ocean Floor)

ഭൂവൽക്കപാളിയിലെ മഹാഗർത്തങ്ങളാണ് സമുദ്രങ്ങളായി രൂപപ്പെട്ടത്. ഈ പാഠഭാഗത്തിലൂടെ നാം പരിചയപ്പെടുന്നത് സമുദ്രത്തിന്റെ അടിത്തട്ടും അതിന്റെ ഭൂപ്രകൃതിയുമാണ്. വൻകരകളിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമായി സമുദ്രങ്ങൾ സ്വാഭാവികമായും പരസ്പരം ലയിച്ചു ചേർന്നിരിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ഇവയുടെ അതിരുകൾ നിർണയിക്കുക എന്നത് വളരെ പ്രയാസമേറിയതാണ്. ഭൗമശാസ്ത്രജ്ഞർ ഭൂമിയിലെ സമുദ്രഭാഗത്തെ അഞ്ച് സമുദ്രങ്ങളായി വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. അവ പസഫിക് സമുദ്രം, അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രം, ഇന്ത്യൻമഹാസമുദ്രം, തെക്കൻസമുദ്രം, ആർട്ടിക് സമുദ്രം എന്നിങ്ങനെ അറിയപ്പെടുന്നു. വിവിധ കടലുകൾ, ഉൾക്കടലുകൾ, കടലിടുക്കുകൾ എന്നിവ ഈ മഹാസമുദ്രങ്ങളുടെ ഭാഗങ്ങളാണ്. സമുദ്രോപരിതലത്തിൽനിന്നും 3 കിലോമീറ്റർ ആഴത്തിനും 6 കിലോമീറ്റർ ആഴത്തിനും ഇടയിലാണ് സമുദ്ര അടിത്തട്ടിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ വിവിധ ഭൂരൂപങ്ങൾ ഉൾപ്പെട്ട വളരെ സങ്കീർണമായ ഭൂപ്രകൃതിയാണ് സമുദ്രത്തിന്റെ അടിത്തട്ടിനുള്ളത്. (ചിത്രം 13.2) ലോകത്തിലെതന്നെ ഏറ്റവും വിശാലമായ പർവതനിരകൾ, അഗാധഗർത്തങ്ങൾ, വിശാലസമതലങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെട്ടതാണ് സമുദ്രത്തിന്റെ അടിത്തട്ട്. ഫലകചലനപ്രവർത്തനങ്ങൾ, അഗ്നിപർവതജന്യ പ്രവർത്തനങ്ങൾ, അവസാദനിക്ഷേപപ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നിവയുടെ ഫലമായാണ് ഈ വ്യത്യസ്തഭൂരൂപങ്ങൾ രൂപപ്പെട്ടത്.

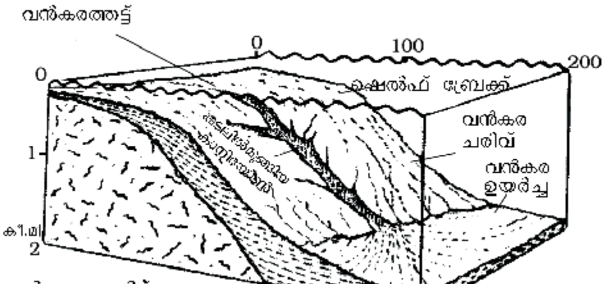
സമുദ്രതടത്തിന്റെ വിവിധവിഭാഗങ്ങൾ (Divisions of the Ocean Floor)

സമുദ്രത്തിന്റെ അടിത്തട്ടിനെ നാലു പ്രധാനവിഭാഗങ്ങളായി തരംതിരിക്കാം:1. വൻകരത്തട്ട്, 2. വൻകരചരിവ്, 3. അഗാധസമുദ്രസമതലങ്ങൾ, 4. സമുദ്രാന്തർഗർത്ത

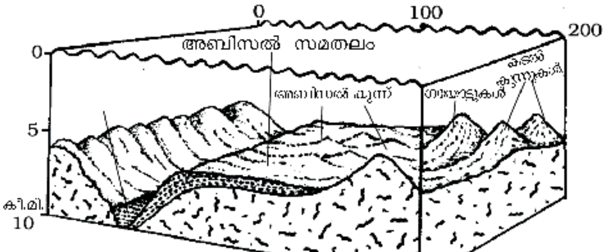
ങ്ങൾ. ഇതോടൊപ്പം പർവതനിരകൾ, കടൽക്കുന്നുകൾ, ഗയോട്ടുകൾ, കിടങ്ങുകൾ, ബൃഹദ്കന്ദരങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ നിരവധി മറ്റു രൂപങ്ങളും സമുദ്രത്തിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു.

വൻകരത്തട്ട് (Continental Shelf)

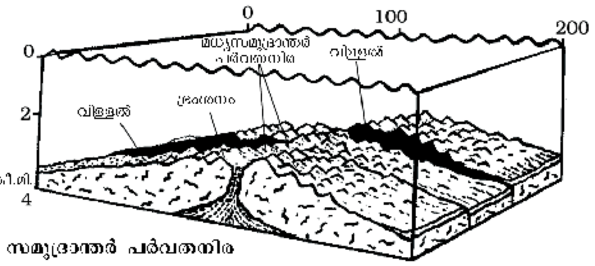
വൻകരകളും സമുദ്രങ്ങളും തമ്മിൽ ചേരുന്ന ഭാഗത്ത് കടലിനടിയിലേക്കു നീളുന്ന വൻകരകളുടെ അതിരുകളാണ് വൻകരത്തട്ട്. വൻകരത്തട്ടിനു മുകളിൽ ആഴം കുറഞ്ഞ കടലുകളോ കടലിടുക്കുകളോ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. സമുദ്രത്തിലെ ഏറ്റവും ആഴംകുറഞ്ഞ ഭാഗമാണിത്. ഈ ഭാഗത്ത് വൻകരത്തട്ടിന്റെ ചരിവ് ശരാശരി ഒരു ഡിഗ്രിയോ അതിൽ താഴെയോ ആണ്. സമുദ്രത്തിലേക്ക് ചെങ്കുത്തായി ചരിഞ്ഞിറങ്ങിയാണ് വൻകരത്തട്ട് അവസാനിക്കുന്നത്. ചെങ്കുത്തായുള്ള ഈ ഭാഗം ഷെൽഫ് ബ്രേക്ക് എന്നറിയപ്പെടുന്നു.



വൻകര അതിര്



അഗാധ സമുദ്രതടം



സമുദ്രാന്തർ പർവതനിര

ചിത്രം 13.2: സമുദ്രതറയുടെ ഭൂപ്രകൃതി

വൻകരത്തട്ടിന്റെ വീതി എല്ലാ സമുദ്രത്തിലും ഒരുപോലെയല്ല. വൻകരത്തട്ടിന്റെ ശരാശരി വീതി ഏകദേശം 80 കിലോമീറ്ററാണ്. ചിലിയുടെ തീരങ്ങൾ, സുമാത്രയുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരങ്ങൾ എന്നിവിടങ്ങളിൽ വളരെ വീതികുറഞ്ഞ വൻകരത്തട്ടുകളോ ചിലപ്പോൾ വൻകരത്തട്ടുകൾ ഇല്ലാത്ത സമുദ്ര അതിരുകളോ കാണാം. എന്നാൽ ഇതിനു വിഭിന്നമായി ആർട്ടിക്സമുദ്രത്തിലെ സൈബീരിയൻ വൻകരത്തട്ടിന് ഏകദേശം 1500 കിലോമീറ്റർ വീതിയുണ്ട്. ലോകത്തിലെ തന്നെ ഏറ്റവും വീതിയേറിയ വൻകരത്തട്ടും ഇതാണ്. വൻകരത്തട്ടിന്റെ മുകളിലുള്ള സമുദ്രത്തിന്റെ ആഴവും വ്യത്യസ്തമാണ്. ചില ഭാഗങ്ങളിൽ ആഴം 30 മീറ്റർ ആണെങ്കിൽ മറ്റു ചില ഇടങ്ങളിൽ ഇത് 600 മീറ്റർവരെയാകാം.

നദികൾ, ഹിമാനികൾ, കാറ്റ് എന്നിവ കരയിൽനിന്നും വഹിച്ചുകൊണ്ടുവരുന്ന അവസാദങ്ങൾ വിവിധ കനത്തിൽ വൻകരത്തട്ടിനു മുകളിൽ നിക്ഷേപിക്കുന്നു. തിരമാലകൾ, സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ എന്നിവയും ഇത്തരം നിക്ഷേപങ്ങളുടെ വിതരണത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. കാലാകാലങ്ങളായി അടിഞ്ഞുകൂടി രൂപപ്പെടുന്ന ഇത്തരം വൻ അവസാദനിക്ഷേപങ്ങൾ കാലാന്തരത്തിൽ ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളുടെ ഉറവിടമായി മാറുന്നു.

വൻകരചരിവ് (Continental Slope)

വൻകരത്തട്ടിനെ അഗാധസമുദ്രസമതലങ്ങളുമായി ബന്ധിക്കുന്ന ചരിവാണ് വൻകരചരിവ്. വൻകരത്തട്ട് ചെങ്കുത്തായി അവസാനിക്കുന്ന ഭാഗത്തുനിന്നും വൻകരചരിവ് ആരംഭിക്കുന്നു. ഈ ഭാഗത്തിന്റെ സാധാരണ ചരിവ് 2 ഡിഗ്രിമുതൽ 5 ഡിഗ്രിവരെയാണ്. ഈ ഭാഗത്ത് സമുദ്രത്തിന്റെ ആഴം ഏകദേശം 200 മീറ്ററിനും 3000 മീറ്ററിനും ഇടയിലാണ്. വൻകരചരിവിന്റെ അതിര് വൻകരകളുടെ അവസാനഭാഗത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഈ ഭാഗത്ത് കിടങ്ങുകളും താഴ്വരകളും കാണപ്പെടുന്നു.

അഗാധ സമുദ്രസമതലങ്ങൾ (Deep Sea Plain)

സമുദ്രഅടിത്തട്ടിൽ വളരെ നേരിയ ചരിവുള്ള വിശാല സമതലങ്ങളാണ് അഗാധസമുദ്രസമതലങ്ങൾ. ഇവ ലോകത്തിൽവച്ചേറ്റവും നിരപ്പാർന്നതും മിനുസമാർന്നതുമായ പ്രദേശങ്ങളാണ്. ഈ ഭാഗത്ത് സമുദ്രത്തിന് 3000 മീറ്റർ മുതൽ 6000 മീറ്റർവരെ ആഴമുണ്ടാകും. സൂക്ഷ്മകണികകളായി പൊടിഞ്ഞ കളിമണ്ണിന്റെയും മണലിന്റെയും ആവരണം ഈ സമതലങ്ങൾക്ക് മുകളിലായി കാണപ്പെടുന്നു.

സമുദ്രാന്തർഗർത്തങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ സമുദ്രാന്തർ കിടങ്ങുകൾ (Oceanic Deeps or Trenches)

സമുദ്രത്തിലെ ഏറ്റവും ആഴമേറിയ ഭാഗങ്ങളാണിവ. താരതമ്യേന ചെങ്കുത്തായ ചരിവുകളോടുകൂടിയതും

അടിത്തട്ടു പരന്നതുമായ ഗർത്തങ്ങളാണ് സമുദ്രാന്തർ കിടങ്ങുകൾ. ചുറ്റുമുള്ള സമുദ്രതറയിൽനിന്നും ഇവയ്ക്ക് ഏകദേശം 3 കിലോമീറ്റർ മുതൽ 5 കിലോമീറ്റർ വരെ ആഴമുണ്ടാകും. സമുദ്രാന്തർകിടങ്ങുകൾ സാധാരണ യായി കാണപ്പെടുന്നത് വൻകര ചരിവുകൾ അവസാ നിക്കുന്നിടത്തോ കമാനാകൃതീയ ദ്വീപസമൂഹങ്ങളോടു ചേർന്നോ ആണ്. സജീവ അഗ്നിപർവതങ്ങൾ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന പ്രദേശങ്ങളിലും ശക്തമായ ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രദേശങ്ങളിലുമാണ് ഇത്തരം ഗർത്തങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നത്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ഫലകചലനങ്ങളെ പ്പറ്റിയുള്ള പഠനങ്ങളിൽ ഇത്തരം ഗർത്തങ്ങൾക്ക് വള രെയധികം പ്രാധാന്യമുണ്ട്. ഇതുവരെ 57 സമുദ്രാ ന്തർഗർത്തങ്ങൾ നാം കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഇതിൽ 32 എണ്ണം പസഫിക് സമുദ്രത്തിലും 19 എണ്ണം അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിലും 6 എണ്ണം ഇന്ത്യൻ മഹാസമുദ്രത്തിലും സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു.

മറ്റു ചെറു ഭൂരൂപങ്ങൾ

മുകളിൽ പ്രസ്താവിച്ച പ്രധാന സമുദ്രാന്തർ ഭൂരൂപ ങ്ങളെ കൂടാതെ ചില ചെറിയ ഭൂരൂപങ്ങളും സമുദ്ര ത്തിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയ്ക്ക് സമുദ്രാ ന്തർഭൂപ്രകൃതിയിൽ വളരെയധികം പ്രാധാന്യമുണ്ട്.

മധ്യസമുദ്രാന്തർ പർവതനിരകൾ (Mid Oceanic Ridges)

ഒരു വിശാലഗർത്തത്താൽ വേർതിരിക്കപ്പെട്ട രണ്ടു പർവതശൃംഖലകൾ ഉൾപ്പെട്ടതാണ് ഒരു മധ്യസമു ദ്രാന്തർ പർവതനിര. ഈ പർവതനിരകളിൽ 2500 മീറ്റർ വരെ ഉയരമുള്ള കൊടുമുടികളുണ്ട്. ഉയരമേറിയ ചില പർവതശിഖരങ്ങൾ സമുദ്രോപരിതലത്തിന് മുകളിലായി കാണപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണം മധ്യ അറ്റ്ലാന്റിക് പർവതനിരയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഐസ്‌ലാന്റ്.

കടൽക്കുന്ന് (Seamount)

സമുദ്രതറയിൽനിന്നും ഉയർന്നുനിൽക്കുന്ന കുന്നുക ളാണിവ. കൂർത്ത ശിഖരങ്ങളോടുകൂടിയ ഇത്തരം കുന്നു കൾ സമുദ്രോപരിതലത്തിന് താഴെയായി കാണപ്പെ ടുന്നു. ഇവ അഗ്നിപർവതജന്യങ്ങളാണ്. ഇവയ്ക്ക് മൂവായിരം മുതൽ നാലായിരത്തി അഞ്ഞൂറ് മീറ്റർവരെ ഉയരമുണ്ടാകും. പസഫിക്സമുദ്രത്തിലെ ഹവായിയൻ ദ്വീപുകളുടെ തുടർച്ചയായ എംബറർ കടൽക്കുന്ന് ഇവയ്ക്ക് ഉത്തമ ഉദാഹരണമാണ്.

സമുദ്രാന്തർ ബൃഹത്കന്ദരങ്ങൾ (Submarine Canyons)

ഇവയെ നമുക്ക് കൊളറാഡോ നദിയിലെ ഗ്രാന്റ് കാനിയോണുമായി താരതമ്യം ചെയ്യാം. വിശാലമായ നദികളുടെ മുഖത്തുനിന്നും വൻകരത്തട്ടുകളേയോ ചരിവുകളേയോ മുറിച്ചുകൊണ്ട് സമുദ്രത്തിലേക്ക് നീളുന്ന ആഴമേറിയ താഴ്‌വരകളാണിവ. സമുദ്രാന്തർ ബൃഹദ്കന്ദരത്തിന് ഏറ്റവും നല്ല ഉദാഹരണമാണ് ഹഡ്സൺ കാനിയോൺ.

ഗയോട്ടുകൾ (Guyots)

മുകൾഭാഗം പരന്ന കടൽക്കുന്നുകളാണ് ഗയോട്ടു കൾ. പല ഘട്ടങ്ങളിലൂടെ ക്രമേണയുള്ള അവതലന ത്തിന്റെ ഫലമമായി പരന്ന കുന്നുകളായി രൂപപ്പെടുന്ന തിന് ഉത്തമ തെളിവാണ് ഗയോട്ടുകൾ. പസഫിക് സമുദ്രത്തിൽമാത്രം പതിനായിരത്തിലേറെ കടൽക്കുന്നു കളും ഗയോട്ടുകളും സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതായി കണക്കാ ക്കുന്നു.

അറ്റോൾ (Atoll)

ഉഷ്ണമേഖലാ സമുദ്രങ്ങളിൽ ഒരു ഗർത്തത്തിനു ചുറ്റുമായി കാണപ്പെടുന്ന ഉയരംകുറഞ്ഞ പവിഴദ്വീപു കളാണ് അറ്റോളുകൾ. ഒന്നുകിൽ അറ്റോളുകൾ ലഗൂണു കളുടെ ഭാഗമായി കാണപ്പെടാം അല്ലെങ്കിൽ അറ്റോളു കൾക്കുള്ളിൽ ശുദ്ധജലമോ ഉയർന്ന ലവണത്വമുള്ള സമുദ്രജലമോ കാണപ്പെടാം.

സമുദ്രജലതാപം (Temperature of Ocean Water)

വിവിധ സമുദ്രങ്ങളിലെ സ്ഥാനീയവും ലംബവുമായ താപവ്യതിയാനങ്ങളെക്കുറിച്ചാണ് ഈ പാഠഭാഗം വിശ ദീകരിക്കുന്നത്. കര ചൂടുപിടിക്കുന്നതുപോലെ സൗരോർജ്ജത്താലാണ് സമുദ്രജലവും ചൂടുപിടി ക്കുന്നത്. എന്നാൽ കരയെ അപേക്ഷിച്ച് സമുദ്രം വളരെ സാവധാനത്തിലാണ് ചൂടു പിടിക്കുന്നതും തണുക്കു ന്നതും.

സമുദ്രജല താപവിതരണത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ

സമുദ്രജല താപവിതരണത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘട കങ്ങളാണ് ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ളത്:

(i) **അക്ഷാംശം:** ഭൂമധ്യരേഖയിൽനിന്നും ധ്രുവങ്ങളി ലേക്കു പോകുന്തോറും ഉപരിതല സമുദ്രജല താപം കുറഞ്ഞുവരുന്നു. ധ്രുവങ്ങളിലേക്കു പോകു ന്തോറും സൗരോർജവികിരണത്തിന്റെ അളവു കുറയുന്നതാണ് ഇതിനു കാരണം.

(ii) **കരയുടേയും കടലിന്റെയും തുല്യമല്ലാത്ത വിതരണം:** ദക്ഷിണാർദ്ധഗോളത്തിലെ സമുദ്ര ങ്ങളിൽനിന്നും ഭിന്നമായി ഉത്തരാർദ്ധഗോള ത്തിലെ സമുദ്രങ്ങൾ വിശാലമായ വൻകരകളെ തൊട്ടു കിടക്കുന്നതുകൊണ്ട് അവയ്ക്ക് താരതമ്യേന കൂടുതൽ ചൂടു ലഭിക്കുന്നു.

(iii) **സ്ഥിരവാതങ്ങൾ:** കരയിൽനിന്നും കാറ്റ് കടലി ലേക്കു വീശുമ്പോൾ സമുദ്രോപരിതലത്തിലെ ചൂടുപിടിച്ച ജലം തീരത്തുനിന്ന് ദൂരേയ്ക്കു നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. തൽഫലമായി അടിയിൽനിന്നു

മുള്ള തണുത്തജലം മുകളിലേക്കു പൊന്തിവരുന്നു. ഇത് സമുദ്രജലത്തിലെ ലംബമായുള്ള താപവ്യതിയാനത്തിനു കാരണമാകുന്നു. എന്നാൽ കടലിൽനിന്നും കാറ്റ് കരയിലേക്കു വീശുമ്പോൾ ചൂടുപിടിച്ച സമുദ്രജലം തീരത്തേക്ക് എത്തിച്ചേരുന്നു. ഇത് താപവർദ്ധനവിനു കാരണമാകുന്നു.

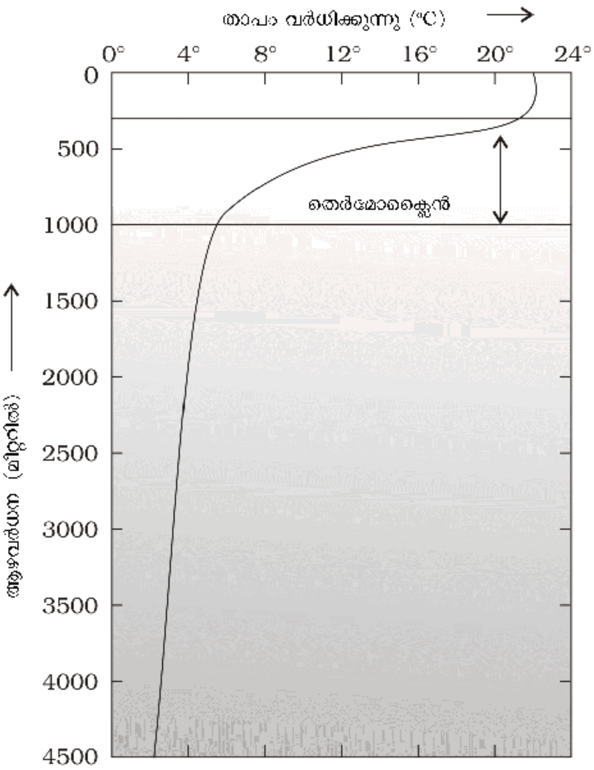
(iv) **സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ:** ഉഷ്ണസമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ ശൈത്യമേഖലകളിലെ താപം വർദ്ധിപ്പിക്കുകയും ശീതസമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ ചൂടുള്ള പ്രദേശങ്ങളിലെ താപം കുറയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉഷ്ണജലപ്രവാഹമായ ഗൾഫ് സ്ട്രീം വടക്കേ അമേരിക്കയുടെ കിഴക്കൻ തീരപ്രദേശത്തിനോടും യൂറോപ്പിന്റെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരപ്രദേശത്തിനോടും ചേർന്നുള്ള സമുദ്രഭാഗങ്ങളിലെ താപം വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു. അതേസമയം ഒരു ശീതജലപ്രവാഹമായ ലാബ്രഡോർ പ്രവാഹം വടക്കേ അമേരിക്കയുടെ വടക്കുകിഴക്ക് തീരപ്രദേശത്തിനോടു ചേർന്നുള്ള സമുദ്രഭാഗങ്ങളിലെ താപം കുറയുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു.

മുകളിൽ പറഞ്ഞ ഘടകങ്ങൾ സമുദ്രജലത്തിന്റെ പ്രാദേശിക താപവ്യതിയാനങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുന്നു. താഴ്ന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിൽ കരയാൽ ചുറ്റപ്പെട്ട കടലുകളിലെ താപം തുറന്ന കടലുകളിലെ താപത്തേക്കാൾ താരതമ്യേന കൂടുതലാണ്. എന്നാൽ ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിൽ കരയാൽ ചുറ്റപ്പെട്ട കടലുകളിലെ താപം തുറന്ന കടലുകളിലെ താപത്തെക്കാൾ കുറവായിരിക്കും.

ലംബതല സമുദ്രജല താപവിതരണവും തിരശ്ചീനതല സമുദ്രജല താപവിതരണവും

സമുദ്രജലത്തിന്റെ 'താപം/ആഴം രൂപരേഖ' സമുദ്രത്തിന്റെ ആഴം വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് സമുദ്രജല താപം കുറയുന്നത് എങ്ങനെ എന്ന് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. സമുദ്രത്തിന്റെ ഉപരിതല ജലത്തിനും ആഴക്കടൽ ജല പാളികൾക്കുമിടയിൽ ഒരതിർത്തിപ്രദേശമുണ്ടെന്ന് ഈ രൂപരേഖപ്രകാരം നാം കണക്കാക്കുന്നു. സമുദ്രോപരിതലത്തിൽനിന്നും ഏകദേശം നൂറുമീറ്റർ മുതൽ നാനൂറു മീറ്റർ വരെ ആഴത്തിൽ ആണ് ഈ അതിർത്തിപ്രദേശം സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ചില പ്രദേശങ്ങളിൽ ഇതിന്റെ ആഴം വീണ്ടും നൂറുകണക്കിന് മീറ്റർ അധികമായി വർധിക്കാം (ചിത്രം 13.3). ഈ അതിർത്തിപ്രദേശം മുതൽ സമുദ്രജലതാപം ആഴം വർധിക്കുന്നതനുസരിച്ച് കുത്തനെ ഇടിയുന്നു. ഈ അതിർത്തി പ്രദേശം തെർമോക്ലൈൻ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. സമുദ്രജലത്തിന്റെ ഏകദേശം 90 ശതമാനവും കാണപ്പെടുന്നത് തെർമോക്ലൈയിന്റെ താഴെയാണ്. ഇവിടെ താപം കുറഞ്ഞ് 0° യോടടുക്കുന്നു.

മധ്യ അക്ഷാംശങ്ങളിലേയും താഴ്ന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലേയും സമുദ്രങ്ങളിലെ താപഘടന സമുദ്രോപരിതലം മുതൽ അഗാധതലംവരെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന മൂന്നുപാളീ വ്യവസ്ഥകളായി വിവരിക്കാം.

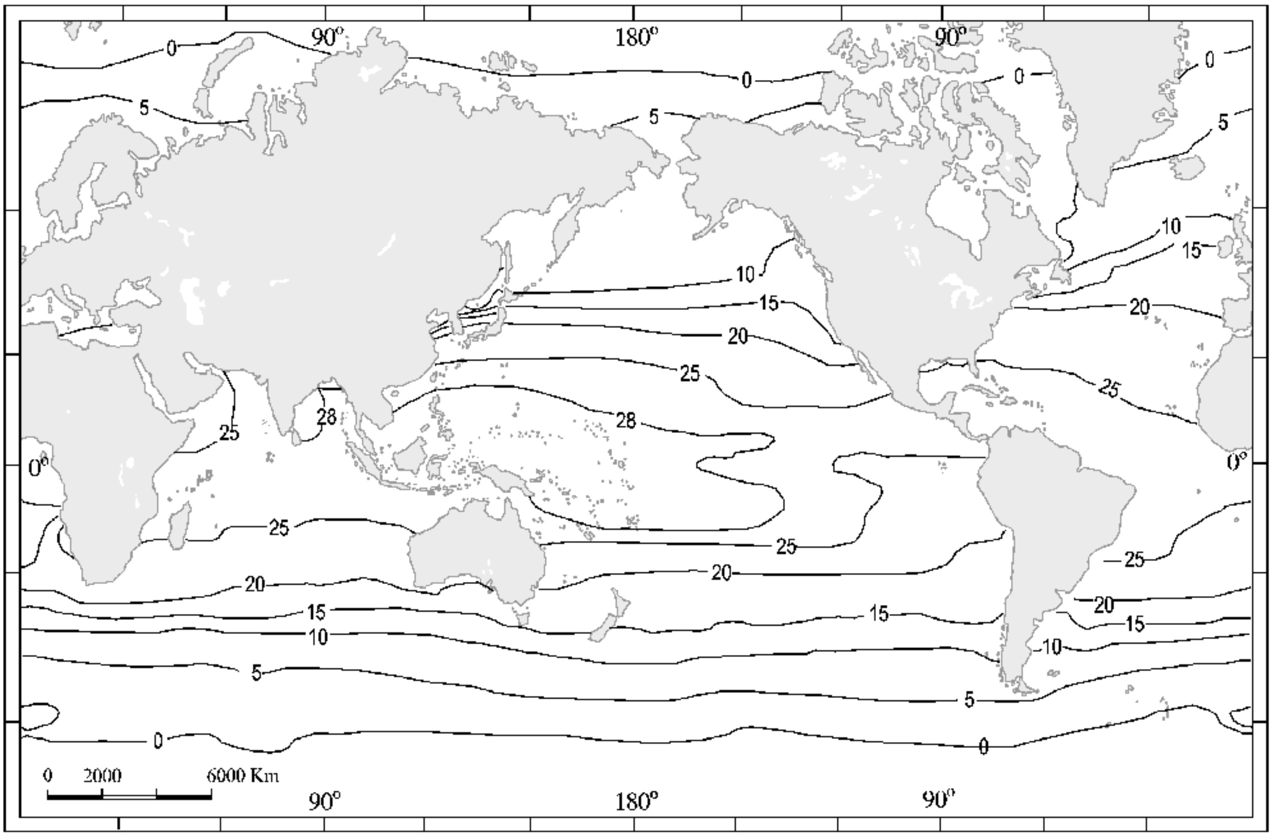


ചിത്രം 13.3 : തെർമോക്ലൈൻ

ഒന്നാമത്തെ പാളി: സമുദ്രോപരിതല ഉഷ്ണജലപാളിയാണിത്. ഇതിന് ഏകദേശം 500 മീറ്റർ കനമുണ്ടാകും. ഈ പാളിയിലെ താപം 20 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസിനും 25 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസിനും ഇടയിലാണ്. ഉഷ്ണമേഖലയിലെ സമുദ്രങ്ങളിൽ ഈ പാളി വർഷം മുഴുവനും കാണപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ മധ്യ അക്ഷാംശങ്ങളിൽ ഈ പാളി വേനൽക്കാലത്തുമാത്രമാണ് രൂപപ്പെടുന്നത്.

രണ്ടാമത്തെ പാളി: ഒന്നാമത്തെ പാളിയുടെ താഴെയായി കാണപ്പെടുന്ന ഈ സമുദ്ര പാളി തെർമോക്ലൈൻ പാളി എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇവിടെ ആഴം വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് താപം കുത്തനെ കുറയുന്നു. ഈ പാളിക്ക് 500 മീറ്റർ മുതൽ 1000 മീറ്റർവരെ കനമുണ്ടാകും.

മൂന്നാമത്തെ പാളി: വളരെ ശൈത്യമേറിയ ഈ പാളി അഗാധസമുദ്രതലംവരെ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നു. ആർട്ടിക് അന്റാർട്ടിക് വൃത്തങ്ങളിൽ സമുദ്രോപരിതല ജലതാപം 0 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസിന് അടുത്താണ്. അതുകൊണ്ട് ഇവിടെ ആഴം വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ചുള്ള താപവ്യതിയാനം നേരിയ തോതിൽ ആകുന്നു. ഈ പ്രദേശങ്ങളിലെ സമുദ്രങ്ങൾക്ക് വ്യത്യസ്ത പാളികൾ ഉണ്ടാകാ



ചിത്രം 13.4 : സമുദ്രോപരിതല താപത്തിന്റെ സ്ഥാനീയ വിതരണക്രമം

റില്ല. ഉപരിതലംമുതൽ അഗാധസമുദ്രതലംവരെ ഒരു ശീതജല പാളിമാത്രമാണ് കാണപ്പെടുന്നത്.

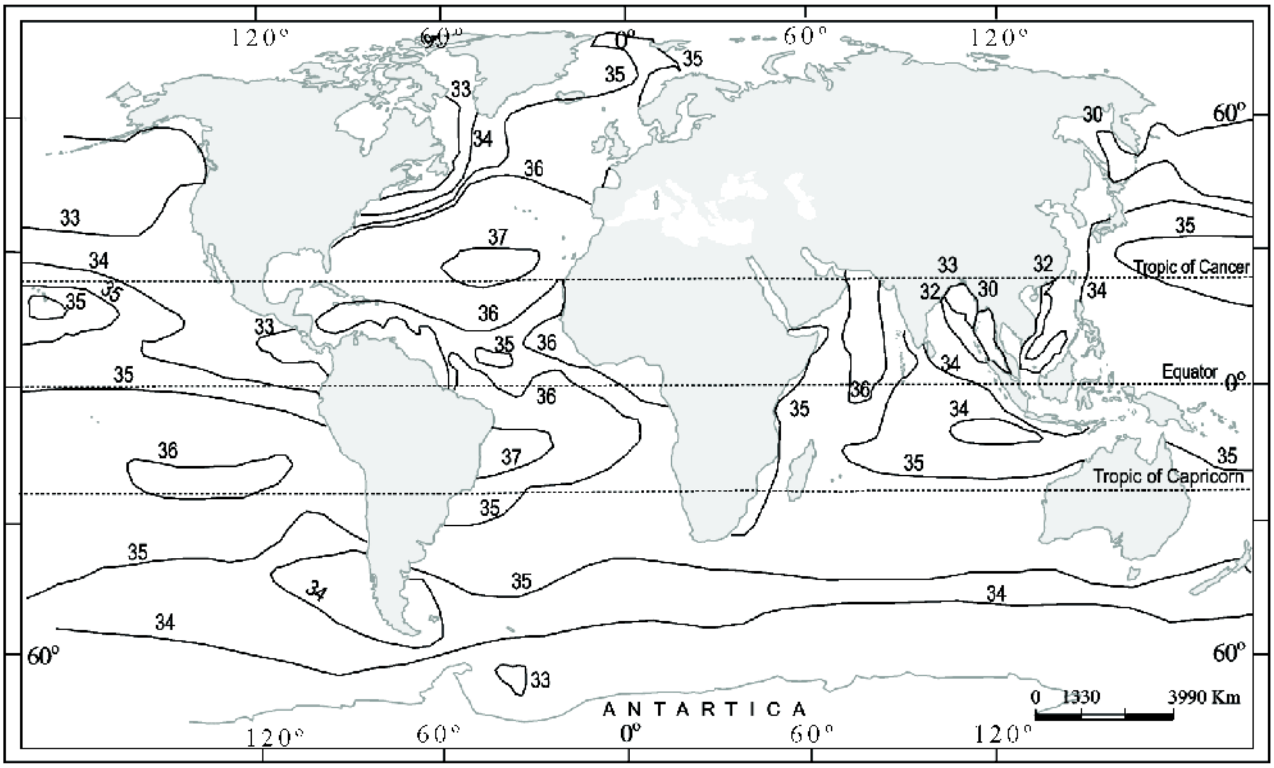
സമുദ്രോപരിതല ജലത്തിന്റെ ശരാശരി ഊഷ്മാവ് 27 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസാണ്. ഇത് ഭൂമധ്യരേഖയിൽനിന്നും ധ്രുവങ്ങളിലേക്കു പോകുന്തോറും ക്രമേണ കുറഞ്ഞു വരുന്നു. ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലേക്കു പോകുന്തോറും താപം കുറയുന്നത് ഒരു അക്ഷാംശത്തിന് 0.5 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസ് എന്ന നിരക്കിലാണ്. 20 ഡിഗ്രി അക്ഷാംശങ്ങളിൽ ശരാശരി സമുദ്രജലതാപം 22 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസാണ്. 40 ഡിഗ്രി അക്ഷാംശങ്ങളിൽ ഇത് 14 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസും ധ്രുവങ്ങളോടടുത്ത് ഇത് 0 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസുമാകുന്നു.

ഉത്തരാർധഗോളത്തിലെ സമുദ്രങ്ങളിലെ താപനില ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിലെ സമുദ്രങ്ങളിലേതിനേക്കാൾ താരതമ്യേന കൂടുതലാണ്. ഏറ്റവും ഉയർന്ന സമുദ്രജല താപം രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത് ഭൂമധ്യരേഖയിലല്ല. ഭൂമധ്യരേഖയിൽനിന്നും അൽപം വടക്കുമാറിയാണ് ഇത് രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്. ഉത്തരാർധഗോളത്തിലേയും ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിലേയും ശരാശരി വാർഷിക സമുദ്രജലതാപം യഥാക്രമം 19 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസും 16 ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസുമാകുന്നു. വാർഷികതാപത്തിലുള്ള ഈ വ്യത്യാസത്തിനു കാരണം ഉത്തരാർധഗോളത്തിലും ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിലും സമുദ്രത്തിന്റേയും കരയുടേയും തുല്യമല്ലാത്ത വിതരണംമൂലമാണ്. ചിത്രം 13.4-ൽ സമുദ്രജല താപത്തിന്റെ സ്ഥാനീയവിതരണരീതി കാണിക്കുന്നു.

സൂര്യപ്രകാശം നേരിട്ടു പതിക്കുന്നതുകൊണ്ട് സമുദ്രോപരിതലങ്ങളിൽ ഏറ്റവും കൂടുതൽ ചൂട് ലഭിക്കുന്നു. ഇവിടെനിന്നും സംവഹനപ്രക്രിയയിലൂടെ ചൂട് താഴേക്കു വ്യാപിക്കുന്നു. തൽഫലമായി സമുദ്രത്തിന്റെ ആഴം വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് താപം കുറഞ്ഞുവരുന്നു. എന്നാൽ ആഴത്തിനനുസരിച്ച് താപം കുറയുന്നതിന്റെ തോത് ഏകീകൃതമല്ല. സമുദ്രോപരിതലത്തിൽനിന്നും 200 മീറ്റർ ആഴം വരെ താപം കുത്തനെ കുറയുന്നു. അതിനുശേഷം താപം കുറയുന്നത് മന്ദഗതിയിലാണ്.

സമുദ്രജല ലവണത്വം (Salinity of Ocean Waters)

മഴവെള്ളം, സമുദ്രജലം തുടങ്ങിയ പ്രകൃതിയിലെ എല്ലാവിധ ജലത്തിലും ധാതുലവണങ്ങൾ അലിഞ്ഞുചേർന്നിരിക്കുന്നു. സമുദ്രജലത്തിൽ അലിഞ്ഞുചേർന്നിട്ടുള്ള എല്ലാ ധാതുലവണങ്ങളുടെയും മൊത്തം അളവാണ് സമുദ്രജലത്തിന്റെ ലവണത്വം എന്നതു



ചിത്രം 13.5 : ലോകസമുദ്രങ്ങളുടെ ലവണത്വം

കൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നത്. സമുദ്രജലത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ലവണാംശം ആണ് ലവണത്വം. 1000 ഗ്രാം (1 കിലോഗ്രാം) സമുദ്രജലത്തിൽ എത്ര ഗ്രാം ലവണം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു എന്ന രീതിയിലാണ് ലവണത്വം കണക്കാക്കുന്നത്. ആയിരത്തിന് ഇത്രഭാഗം (parts/1000) or ppt (%) എന്ന ഏകകത്തിലാണ് ലവണത്വം സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. സമുദ്രജലത്തിന്റെ ഒരു സവിശേഷതയാണ് ലവണത്വം. ഉപ്പുരസമുള്ള (ബ്രാക്കിഷ് ജലം) ജലമായി ജലത്തെ കണക്കാക്കുന്നതിനുള്ള ഏറ്റവും ഉയർന്ന പരിധി 24.7‰ ലവണത്വമാണ്.

ലവണത്വത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ എന്തൊക്കെയെന്ന് നമുക്ക് നോക്കാം:

(i) സമുദ്രജലത്തിന്റെ ഉപരിതലപാളിയുടെ ലവണത്വം പ്രധാനമായും ബാഷ്പീകരണം, വർഷണം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

(ii) നദികളിൽനിന്നും ശുദ്ധജലം കടലിലേക്കൊഴുകിയെത്തുന്നതുമൂലം നദീമുഖങ്ങളിൽ ലവണത്വം താരതമ്യേന കുറവായിരിക്കും. അതുപോലെ ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിൽ മഞ്ഞുരുകി കടലിലേക്കെത്തുന്ന ജലവും ലവണത്വം കുറയുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു.

(iii) കാറ്റ് വീശുമ്പോൾ സമുദ്രജലം ഒരിടത്തുനിന്നും മറ്റൊരിടത്തേക്കു നീങ്ങുന്നതും ലവണത്വത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു.

(iv) സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളും ലവണത്വവ്യതിയാനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. ശീതജലപ്രവാഹങ്ങളും ഉഷ്ണജലപ്രവാഹങ്ങളും തമ്മിൽ കൂടിച്ചേരുന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ ലവണത്വം താരതമ്യേന കുറവായിരിക്കും. ലവണത്വം, സമുദ്രജലതാപം, ജലസാന്ദ്രത എന്നിവ പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ താപം അല്ലെങ്കിൽ സാന്ദ്രത എന്നിവയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം ലവണത്വത്തെയും സ്വാധീനിക്കുന്നു.

ഉയർന്ന ലവണാംശമുള്ള ജലാശയങ്ങൾ
ടർക്കിയിലെ ലേയ്ക് വാൻ (330‰)
ചാവുകടൽ (Dead Sea) (238‰)
ഗ്രേറ്റ് സാൾട്ട് ലേയ്ക് (220‰)

സമുദ്രജലലവണത്വത്തിന്റെ തിരശ്ചീനതല വിതരണം

സമുദ്രജലത്തിന്റെ സാധാരണ ലവണത്വം 33‰ മുതൽ 37‰ വരെയാണ്. എന്നാൽ കരയാൽ ചുറ്റപ്പെട്ട ചെങ്കടലിൽ (Dead Sea) ലവണത്വം 41‰ ആണ്.

പട്ടിക 13.4 : 1000 ഗ്രാം സമുദ്രജലത്തിൽ അലിഞ്ഞു ചേർന്നിട്ടുള്ള ലവണങ്ങൾ

ക്ലോറിൻ	18.97
സോഡിയം	10.47
സൾഫേറ്റ്	2.65
മഗ്നീഷ്യം	1.28
കാത്സ്യം	0.41
പൊട്ടാസ്യം	0.38
ബൈകാർബണേറ്റ്	0.14
ബ്രോമിൻ	0.06
ബോറേറ്റ്	0.02
സ്റ്റോർഷ്യം	0.01

അതേസമയം നദീമുഖങ്ങളിലും ആർട്ടിക് പ്രദേശങ്ങളിലും 0 മുതൽ $35^{0}/_{00}$ വരെയാണ് ലവണത്വത്തിലെ ഈ കാലിക വ്യതിയാനം. ചൂടുള്ള വരണ്ട പ്രദേശങ്ങളിൽ ബാഷ്പീകരണം കൂടുതലായതിനാൽ ചില അവസരങ്ങളിൽ ലവണത്വം $70^{0}/_{00}$ വരെ ഉയരുന്നു. പസഫിക്സമുദ്രത്തിലെ ലവണത്വത്തിൽ വലിയ വ്യതിയാനങ്ങൾ കാണുന്നു. ഇതിന്റെ പ്രധാനകാരണം ഈ സമുദ്രത്തിന്റെ വലിപ്പവും ആകൃതിയുമാണ്. ആർട്ടിക് പ്രദേശത്തുനിന്നും മഞ്ഞുരുകി ഉണ്ടാകുന്ന ജലം പസഫിക്സമുദ്രത്തിൽ പ്രവേശിക്കുന്നതുമൂലം ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ ഈ സമുദ്രത്തിന്റെ പടിഞ്ഞാറുഭാഗത്തെ ലവണത്വം $35^{0}/_{00}$ യിൽനിന്നും $31^{0}/_{00}$ ആയി കുറയുന്നു. ഇതേ രീതിയിൽ 15°–20° തെക്ക് അക്ഷാംശങ്ങൾക്ക് ശേഷം ലവണത്വം $33^{0}/_{00}$ ആയി കുറയുന്നു.

അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിലെ ശരാശരി ലവണത്വം ഏകദേശം $36^{0}/_{00}$ ആകുന്നു. 15° അക്ഷാംശങ്ങൾക്കും 20° അക്ഷാംശങ്ങൾക്കും ഇടയിലാണ് ഏറ്റവും ഉയർന്ന ലവണത്വം രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്. 20° മുതൽ 30° വരെയുള്ള വടക്ക് അക്ഷാംശങ്ങൾക്കിടയിലും 20° മുതൽ 60° വരെയുള്ള പടിഞ്ഞാറ് രേഖാംശങ്ങൾക്കിടയിലുമായാണ് പരമാവധി ലവണത്വം ($37^{0}/_{00}$) രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്. ഇത് വടക്കോട്ടു പോകുന്തോറും ക്രമേണ കുറഞ്ഞുവരുന്നു. നോർത്ത് സീ ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതെങ്കിലും ലവണത്വം താരതമ്യേന കൂടുതലാണ്. ഉത്തര അറ്റ്ലാന്റിക് പ്രവാഹംമൂലം ഈ ഭാഗത്തേക്ക് എത്തിച്ചേരുന്ന ലവണാംശം കൂടിയ സമുദ്രജലമാണ് ഇതിനുകാരണം. എന്നാൽ ബാൾട്ടിക് കടലിൽ വന്നുചേരുന്ന നദീജലം അവിടത്തെ ലവണത്വത്തിൽ കുറവുവരുത്തുന്നു. മെഡിറ്ററേനിയൻ കടലിൽ ലവണത്വം കൂടുതലാണ്. ഉയർന്നതോതിലുള്ള ബാഷ്പീകരണമാണ് ഇതിനു കാരണം. എന്നാൽ കരിങ്കടലിൽ ലവണത്വം കുറവാണ്. നദികളിലൂടെ കടലിലേക്ക് ധാരാളമായി എത്തിച്ചേരുന്ന ശുദ്ധജലമാണ് കരിങ്കടലിൽ ലവണത്വത്തിൽ കുറവുവരുത്തുന്നത്. അറ്റ്ലസ് പരിശോധിച്ച് കരിങ്കടലിൽവന്നുചേരുന്ന നദികൾ ഏതൊക്കെ എന്ന് കണ്ടെത്തു.

ഇന്ത്യൻ സമുദ്രത്തിലെ ശരാശരി ലവണത്വം $35^{0}/_{00}$ ആകുന്നു. നദികളിലൂടെ ധാരാളം ശുദ്ധജലം ഒഴുകി എത്തുന്നതുകൊണ്ട് ബംഗാൾ ഉൾക്കടലിൽ ലവണത്വം കുറവാണ്. എന്നാൽ അറബിക്കടലിൽ ലവണത്വം കൂടുതലാണ്. ഉയർന്ന തോതിലുള്ള ബാഷ്പീകരണമാണ് ഇതിനു കാരണം. അതുപോലെ നദികളിലൂടെ അറബിക്കടലിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന ശുദ്ധജലത്തിന്റെ അളവും താരതമ്യേന കുറവാണ്. ചിത്രം 15.3 നിരീക്ഷിച്ച് സമുദ്രങ്ങളിലെ ലവണത്വവിതരണം മനസ്സിലാക്കൂ.

ലവണത്വത്തിന്റെ ലംബതലവിതരണം

സമുദ്രത്തിന്റെ ആഴത്തിന് ആനുപാതികമായി ലവണത്വത്തിന് വ്യതിയാനം ഉണ്ടാകുന്നു. എന്നാൽ ഈ വ്യതിയാനം കടലിന്റെ സ്ഥാനത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ബാഷ്പീകരണംമൂലവും ജലം ഖനീഭവിക്കുന്നതുമൂലവും ജലനഷ്ടം സംഭവിക്കുന്നതുകൊണ്ട് സമുദ്രോപരിതലത്തിലെ ലവണത്വം കൂടുന്നു. എന്നാൽ നദികളിലൂടെ ധാരാളം ശുദ്ധജലം സമുദ്രത്തിലേക്ക് എത്തിച്ചേരുന്നതുമൂലം സമുദ്രോപരിതല ലവണത്വം കുറയുന്നു. കൂടുതൽ ആഴങ്ങളിൽ ബാഷ്പീകരണംമൂലം ജലനഷ്ടമോ നദികളിലൂടെ ശുദ്ധജലം എത്തിച്ചേരുന്ന അവസ്ഥയോ ഇല്ലാത്തതിനാൽ ലവണാംശത്തിന് കാര്യമായ വ്യതിയാനമില്ലാതെ ഏറെക്കുറെ സ്ഥിരമായി നിലനിൽക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് സമുദ്രത്തിന്റെ ഉപരിതലമേഖലയിലെയും ആഴക്കടൽ മേഖലയിലേയും ലവണത്വത്തിൽ കാര്യമായ വ്യത്യാസമുണ്ടാകുന്നു. ലവണാംശം കൂടുമ്പോൾ സമുദ്രജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത വർധിക്കുന്നു. ലവണാംശവും സാന്ദ്രതയും കുറഞ്ഞ സമുദ്രജലം ലവണാംശവും സാന്ദ്രതയും കൂടിയ സമുദ്രജലത്തിനു മുകളിലായാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. സാധാരണയായി സമുദ്രത്തിന്റെ ആഴം വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ലവണത്വവും ക്രമേണ വർധിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഒരു നിശ്ചിത ആഴം മുതൽ ലവണത്വം കുത്തനെ ഉയരുന്നു. ഈ മേഖലയെ ഹാലോക്ലൈൻ എന്നു പറയുന്നു. മറ്റു ഘടകങ്ങൾ സ്ഥിരമായിരിക്കുന്ന അവസ്ഥയിലും ലവണത്വം വർധിക്കുന്നത് സമുദ്രജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത വർധിക്കുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. തത്ഫലമായി ഉയർന്ന ലവണത്വമുള്ള സമുദ്രജലം ലവണത്വം കുറഞ്ഞ സമുദ്രജലത്തിന് അടിയിലേക്ക് താഴുന്നു. ലവണത്വത്തിന് അനുസരിച്ച് സമുദ്രജലത്തിന്റെ പാളികളായുള്ള വേർതിരിവിന് ഇത് കാരണമാകുന്നു.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയായ ഉത്തരങ്ങൾ തിരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.

   (i) ജലചക്രത്തിന്റെ ഭാഗമല്ലാത്ത ഘടകം ഏതെന്ന് തിരിച്ചറിയുക.

   (a) ബാഷ്പീകരണം (c) വർഷണം

   (b) ഹൈഡ്രേഷൻ (ജലീകരണം) (d) ഘനീഭവിക്കൽ

   (ii) വൻകര ചരിവിന്റെ ശരാശരി ആഴം

   (a) 2-20 മീറ്റർ (c) 20-200 മീറ്റർ

   (b) 200-2000 മീറ്റർ (d) 2000-20000 മീറ്റർ

   (iii) താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ളവയിൽ ഒരു ചെറുസമുദ്രാന്തർ ഭൂരൂപമല്ലാത്തത് ഏത്?

   (a) കടൽക്കുന്ന് (c) സമുദ്രാന്തർഗർത്തം

   (b) അറ്റോൾ (d) ഗയോട്ട്

   (iv) എത്ര അളവ് സമുദ്രജലത്തിൽ ലയിച്ചിരിക്കുന്ന ലവണങ്ങളുടെ ഗ്രാം അളവിനെയാണ് സമുദ്രജല ലവണത്വം സൂചിപ്പിക്കുന്നത്?

   (a) 10 ഗ്രാം (c) 100 ഗ്രാം

   (b) 1000 ഗ്രാം (d) 10000 ഗ്രാം

   (v) താഴെ തന്നിരിക്കുന്നവയിൽ ഏറ്റവും ചെറിയ സമുദ്രമേത്?

   (a) ഇന്ത്യൻമഹാസമുദ്രം (c) അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രം

   (b) ആർട്ടിക് സമുദ്രം (d) പസഫിക് സമുദ്രം

2. താഴെ തന്നിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഏകദേശം 30 വാക്കുകളിൽ ഉത്തരം എഴുതുക:

   (i) ഭൂമി ഒരു 'നീലഗ്രഹം' എന്നറിയപ്പെടുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?

   (ii) വൻകര അതിര് എന്നാലെന്ത്?

   (iii) വിവിധ സമുദ്രങ്ങളിലെ ഏറ്റവും ആഴംകൂടിയ ഗർത്തങ്ങൾ പട്ടികപ്പെടുത്തുക

   (iv) തെർമോക്ലൈൻ എന്നാലെന്ത്?

   (v) നിങ്ങൾ സമുദ്രോപരിതലത്തിൽനിന്നും ആഴങ്ങളിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുകയാണെന്ന് സങ്കൽപ്പിക്കുക. എന്നാൽ നിങ്ങൾ ആദ്യം കടന്നുപോകുന്ന 'സമുദ്രജലതാപ പാളി' ഏത്? എന്തുകൊണ്ട് ആഴത്തിനനുസൃതമായി സമുദ്രജല താപത്തിൽ വ്യതിയാനമുണ്ടാകുന്നു?

   (vi) എന്താണ് സമുദ്രജല ലവണത്വം?

3. താഴെ തന്നിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കുകളിൽ കവിയാതെ ഉത്തരം എഴുതുക:

   (i) ജലചക്രത്തിന്റെ ഘടകങ്ങൾ പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് എങ്ങനെയെന്ന് വിശദീകരിക്കുക.

   (ii) സമുദ്രജലതാപവിതരണത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ ഏതൊക്കെയെന്ന് പരിശോധിക്കുക.

പ്രോജക്ട്

(i) അറ്റ്ലസിന്റെ സഹായത്തോടെ സമുദ്രാന്തർ ഭൂപ്രകൃതി ഒരു ലോകഭൂപടരൂപരേഖയിൽ വരച്ചു കാണിക്കുക.

(ii) ഇന്ത്യൻസമുദ്രത്തിലെ മധ്യസമുദ്രാന്തർപർവതനിരകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന പ്രദേശങ്ങൾ തിരിച്ചറിയുക.

H6I8I7

അധ്യായം

14

സമുദ്രജല ചലനങ്ങൾ

സമുദ്രങ്ങൾ വ്യത്യസ്തവിധത്തിൽ ചലനാത്മകമാണെന്നത് നിങ്ങൾക്ക് ബോധ്യമുള്ളതാണല്ലോ. സമുദ്രങ്ങൾ ഏതെല്ലാം വിധത്തിലാണ് ചലിക്കുന്നതെന്നും ഓരോതരം സമുദ്രചലനത്തിനും കാരണങ്ങളെന്തെല്ലാമെന്നും ഈ ചലനങ്ങൾ നമ്മെ ഏതെല്ലാം വിധത്തിൽ സ്വാധീനിക്കുന്നുവെന്നും ഈ അധ്യായത്തിലൂടെ വിശദമായി മനസ്സിലാക്കാം.

സമുദ്രജലത്തിന്റെ ഭൗതികസവിശേഷതകളായ താപം, ലവണത്വം, സാന്ദ്രത എന്നീ ഘടകങ്ങൾക്കൊപ്പം കാറ്റ്, സൂര്യ-ചന്ദ്രന്മാരുടെ സ്വാധീനം തുടങ്ങിയ ബാഹ്യബലങ്ങളും സമുദ്രജലചലനങ്ങൾക്ക് ഹേതുവാകാറുണ്ട്. ലംബദിശയിലും തിരശ്ചീനദിശയിലും സമുദ്രജലം ചലിക്കുന്നു. സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളും തിരമാലകളുമാണ് തിരശ്ചീനമായ സമുദ്രചലനങ്ങൾ. ലംബചലനം എന്നതുകൊണ്ട് വേലികളെയാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. സമുദ്രജലം വൻതോതിൽ നിശ്ചിതദിശയിലേക്ക് തുടർച്ചയായി ഒഴുകുന്നതാണ് സമുദ്രജല പ്രവാഹങ്ങൾ. എന്നാൽ സമുദ്രജല ഉപരിതലത്തിലുണ്ടാകുന്ന നിമ്നോന്നതികളാണ് തിരമാലകൾ. സമുദ്രജല പ്രവാഹങ്ങളിൽ സമുദ്രജലം മുന്നോട്ടു ചലിച്ചു നീങ്ങുന്നു. എന്നാൽ തിരമാലകളിൽ ജലം ആപേക്ഷികമായി ചലിക്കുന്നില്ല, മറിച്ച് തരംഗങ്ങൾ ചലിക്കുന്നതായി ദൃശ്യമാകുന്നു.

സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും ആകർഷണത്താൽ സമുദ്രനിരപ്പ് ദിവസേന രണ്ടുനേരം ഉയരുകയും താഴുകയും ചെയ്യുന്നതിനെയാണ് വേലികൾ എന്നു വിളിക്കുന്നത്. കൂടാതെ സമുദ്രത്തിന്റെ അടിത്തട്ടിൽനിന്നും പുറത്തേക്ക് ശീതജലം ഉയരുന്നതും (Upwelling) ഉപരിതലത്തിലെ ജലം അടിയിലേക്ക് താഴ്ന്നിറങ്ങുന്നതും (Sinking) ലംബദിശയിലുള്ള സമുദ്രജല ചലനങ്ങളിൽപ്പെടുന്നു.

തിരമാലകൾ (Waves)

തിരമാലകളെന്നാൽ ജലത്തിന്റെ ചലനമല്ല, മറിച്ച് സമുദ്രോപരിതലത്തിലൂടെ ചലിച്ചുനീങ്ങുന്ന ഊർജപ്രവാഹമാണ്. ഓരോ തിരയും കടന്നുപോകുമ്പോൾ ജലം ചെറുവൃത്താകൃതിയിൽ ചലിക്കുക മാത്രമാണ് ചെയ്യുന്നത്. കാറ്റിൽനിന്നും ഊർജം ഉൾക്കൊണ്ട് സമുദ്രത്തിലൂടെ ചലിക്കുന്ന തിരകൾ തീരരേഖയിലെത്തുമ്പോൾ ഊർജം മോചിപ്പിക്കുന്നു. ഉപരിതലത്തിലുണ്ടാകുന്ന ഈ ചലനം നിശ്ചലമായ അഗാധസമുദ്രജലത്തെ ബാധിക്കുന്നില്ല. ചലനാത്മകമായ ജലത്തിനും കടൽത്തറയ്ക്കുമിടയിൽ ഘർഷണമുണ്ടാകുന്നതിനാലാണ് തീരത്തോടടുക്കുമ്പോൾ തിരമാലയുടെ വേഗത കുറയുന്നത്. ജലത്തിന്റെ ആഴം തിരാദൈർഘ്യത്തിന്റെ പകുതിയിലും താഴെയാകുന്ന സാഹചര്യത്തിൽ തിരമുറിയുന്നു. പുറംകടലിലാണ് വലിയ തിരമാലകൾ രൂപപ്പെടുന്നത്. കാറ്റിൽനിന്നും കൂടുതൽ ഊർജം ഉൾക്കൊള്ളുന്നതോടെ തിരമാലയുടെ വലിപ്പം കൂടുന്നു.

തിരമാലകളേറെയും രൂപപ്പെടുന്നത് ജലോപരിതലത്തിൽ തട്ടിവീശുന്ന കാറ്റുമൂലമാണ്. രണ്ടോ അതിൽതാഴയോ നോട്ട് (knot) വേഗമുള്ള (knot = 0.514 മീറ്റർ/സെക്കന്റ്) ഇളംകാറ്റ് നിശ്ചലമായ ജലോപരിതലത്തിൽ വീശിയാൽ ചെറിയ ഓളങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടും. കാറ്റിന്റെ വേഗത വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് തിരമാലയുടെ വലിപ്പവും കൂടിവരുന്നു. തിരമുറിയുമ്പോൾ ഉപരിതലത്തിൽ വെളുത്തനുര പ്രത്യക്ഷപ്പെടും. സമുദ്രതീരത്തെത്തി നുരഞ്ഞുപൊങ്ങുന്നതിന് മുമ്പ് ഒരു തിരമാല ആയിരക്കണക്കിന് കിലോമീറ്റർ സഞ്ചരിച്ചിട്ടുണ്ടാകും.

ഒരു തിരയുടെ ആകൃതിയും വലിപ്പവും കണ്ടാൽ അതിന്റെ ഉത്ഭവത്തെപ്പറ്റി നമുക്ക് ധാരണയിലെത്താം. ഉയരംകൂടിയ തിരമാലകൾ പ്രാദേശിക കാറ്റുകളിൽനിന്നും രൂപംകൊണ്ടവയാണെന്ന് അനുമാനിക്കാം.

ചിത്രം 14.1: തിരമാലകളുടെയും ജലതന്മാത്രകളുടെയും ചലനം

എന്നാൽ സാവധാനത്തിലും സ്ഥിരസ്വഭാവത്തിലും കാണുന്ന തിരകൾ വിദൂരസ്ഥലങ്ങളിൽ രൂപപ്പെട്ടവയാകാം; വിപരീത അർധഗോളത്തിൽ നിന്നാകാനും സാധ്യതയുണ്ട്. കാറ്റിന്റെ ശക്തിയാണ് തിരയുടെ ഉയരം നിർണയിക്കുന്നത്. അതായത് ഒരു പ്രദേശത്തുകൂടി കാറ്റ് ഒരേദിശയിൽ എത്രനേരം സഞ്ചരിക്കുന്നു എന്നത് തിരമാലയുടെ ഉയരത്തെയും വലിപ്പത്തെയും സ്വാധീനിക്കുന്നു.

കാറ്റ് അതിന്റെ സഞ്ചാരദിശയിൽ ജലത്തെ തള്ളുന്നതിനാലാണ് തിരയ്ക്ക് ചലനമുണ്ടാകുന്നത്. ഗുരുത്വാകർഷണത്താൽ തിരാശിഖരത്തെ താഴേക്ക് വലിക്കുകയും ജലം താഴേക്ക് പതിക്കുമ്പോൾ തിരാതടത്തെ മുകളിലേക്കുയർത്തുകയും ചെയ്യുന്നതുമൂലം തിരയ്ക്ക് സ്ഥാനമാറ്റമുണ്ടാകുന്നു (ചിത്രം 14.1). ഒരു തിരയിലെ യഥാർഥ ജലചലനം വൃത്താകൃതിയിലാണ്. ഒരു തിര അടുക്കുമ്പോൾ ജലം മുകളിലേക്കും മുന്നോട്ടും ചലിക്കുകയും തിര കടന്നുപോകുന്നതോടെ അത് വിപരീതദിശയിലാകുകയും ചെയ്യുന്നു.

തിരമാലകളുടെ സവിശേഷതകൾ

- **തിരാശിഖരവും തിരാതടവും (crest and trough)**: ഒരു തിരയുടെ ഏറ്റവും ഉയർന്ന ഭാഗത്തെ തിരാശിഖരമെന്നും അതിന്റെ ഏറ്റവും താഴ്ന്ന ഭാഗത്തെ തിരാതടമെന്നും വിളിക്കുന്നു.
- **തിരോന്നതി (wave height)**: ഒരു തിരാശിഖരത്തിനും തിരാതടത്തിനുമിടയിലെ ലംബദൂരമാണ് തിരോന്നതി.
- **തിരാ ആയതി (wave amplitute)**: തിരോന്നതിയുടെ നേർപകുതിയാണിത്.
- **തിരാകാലം (wave period)**: സമീപസ്ഥങ്ങളായ രണ്ട് തിരാശിഖരങ്ങളോ തിരാതടങ്ങളോ ഒരു നിശ്ചിതസ്ഥാനം പിന്നിടാനെടുക്കുന്ന സമയമാണിത്.
- **തിരാദൈർഘ്യം (wave length)**: രണ്ട് സമീപതിരാശിഖരങ്ങൾക്കിടയിലെ തിരശ്ചീന ദൂരമാണിത്.
- **തിരാവേഗം (wave speed)**: ഒരു തിര ജലത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന വേഗമാണിത്; knots എന്ന യൂണിറ്റിലാണിത് രേഖപ്പെടുത്തുന്നത്.
- **തിരാ ആവൃത്തി (wave frequency)**: ഒരു സെക്കന്റ് സമയത്തിൽ ഒരു നിശ്ചിതസ്ഥാനം കടന്നുപോകുന്ന തിരകളുടെ എണ്ണമാണിത്.

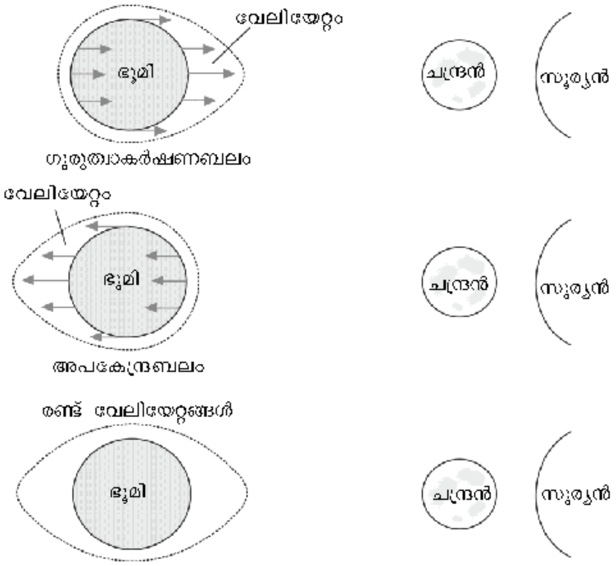
വേലികൾ (Tides)

മുഖ്യമായും സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും ആകർഷണഫലമായി ദിവസേന കടൽനിരപ്പ് ഒന്നോ രണ്ടോ തവണ കാലികമായി ഉയരുകയും താഴുകയും ചെയ്യുന്നതാണ് വേലികൾ. എന്നാൽ കാലാവസ്ഥ നിയന്ത്രിതമായി (കാറ്റുകളും അന്തരീക്ഷമർദത്തിലെ മാറ്റങ്ങളും) ഉണ്ടാകുന്ന ഇത്തരം ചലനങ്ങൾക്ക് സർജസ് (Surges) എന്നാണ് പേര്. വേലികൾക്ക് ആവൃത്തിയിലും വ്യാപ്തിയിലും ഉയരത്തിലുമെല്ലാം വ്യത്യാസങ്ങളുള്ളതിനാൽ വേലികളെ സംബന്ധിച്ച സ്ഥാനീയവും കാലികവുമായ പഠനങ്ങൾ ഏറെ സങ്കീർണമാണ്.

ഭൂമിയിൽ വേലികൾക്ക് മുഖ്യകാരണം ചന്ദ്രന്റെയും ഒരളവുവരെ സൂര്യന്റെയും ഗുരുത്വാകർഷണബലമാണ്. ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് എതിരെ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന അപകേന്ദ്രബലമാണ് (Centrifugal force) മറ്റൊരു ഘടകം.

ഗുരുത്വാകർഷണബലവും അപകേന്ദ്രബലവുംമൂലം ഭൂമിയിൽ ഒരേസമയം രണ്ടിടങ്ങളിൽ വേലിയേറ്റങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. അതായത് ഭൂമിയിൽ ചന്ദ്രന് അഭിമുഖമായ വശത്ത് ഗുരുത്വാകർഷണബലത്താലും വിപരീതവശത്ത് അപകേന്ദ്രബലത്താലും വേലിയേറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു (ചിത്രം 14.2).

ഗുരുത്വാകർഷണ–അപകേന്ദ്രബലങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമാണ് വാസ്തവത്തിൽ വേലികൾക്ക് കാരണം. ചന്ദ്രന് ഏറ്റവുമടുത്തുള്ള ഭൗമഭാഗത്ത് ഗുരുത്വാകർഷണബലം അപകേന്ദ്രബലത്തേക്കാൾ കൂടുതലായതിനാൽ



ചിത്രം 14.1: ഗുരുത്വാകർഷണബലവും അപകേന്ദ്രബലവും

അവിടെ ചന്ദ്രന് അഭിമുഖമായി സമുദ്രജലം ഉയരുന്നതിലൂടെ വേലിയേറ്റം സൃഷ്ടിക്കുന്നു. അതേസമയം ചന്ദ്രന് പ്രതിമുഖമായ ഭൗമഭാഗത്ത് ഗുരുത്വാകർഷണം കുറവും അപകേന്ദ്രബലം കൂടുതലുമായതിനാൽ അവിടെ സമുദ്രജലത്തിന് ചന്ദ്രനിൽനിന്ന് അകന്നുമാറാനുള്ള പ്രവണതയാണുള്ളത്. തന്മൂലം അവിടെ സമുദ്രജലം ഉയരുന്നത് രണ്ടാമത്തെ വേലിയേറ്റം സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഭൂമുഖത്ത് തിരശ്ചീനതലത്തിലുള്ള വേലിയേറ്റബലങ്ങളാണ് ലംബദിശയിലുള്ള വേലിയേറ്റ ബലങ്ങളെക്കാൾ പ്രധാനം.

വിശാലമായ വൻകരത്തട്ടുകളിൽ വേലിയേറ്റങ്ങൾ കൂടുതൽ ഉയരത്തിൽ രൂപപ്പെടുന്നു. സമുദ്രാന്തർ പർവതനിരകളെത്തട്ടിയുള്ള വേലിയേറ്റങ്ങൾക്ക് പൊതുവെ ഉയരം കുറവാണ്.

വേലിയേറ്റങ്ങളുടെ വലിപ്പത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന മറ്റ് ഘടകങ്ങൾ തീരരേഖയോടു ചേർന്നുള്ള ഉൾക്കടലുകളുടെ ആകൃതിയും അഴിമുഖങ്ങളുമാണ്. ചോർപ്പിന്റെ (Funnel) ആകൃതിയിലുള്ള ഉൾക്കടലുകളിൽ വേലിയേറ്റവ്യാപ്തി കൂടുതലായിരിക്കും. ദ്വീപുകൾക്കിടയിലൂടെയോ ഉൾക്കടലുകളിലേക്കോ അഴിമുഖങ്ങളിലേക്കോ വേലിയേറ്റജലം ഒഴുകുന്നതിനെ വേലിയേറ്റപ്രവാഹങ്ങൾ (Tidal Currents) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

> **കാനഡയിലെ ഫൺഡി ഉൾക്കടലിലെ വേലികൾ**
>
> കാനഡയിൽ നോവസ്കോഷ്യയിലെ ഫൺഡി ഉൾക്കടലിലാണ് ലോകത്തിലെ ഏറ്റവും ഉയരമുള്ള വേലിയേറ്റങ്ങൾ സംഭവിക്കുന്നത്. ഇവിടെ വേലിയേറ്റം 15 മുതൽ 16 മീറ്റർവരെ ഉയരത്തിലെത്തുന്നു. ഒരേ ദിവസത്തിൽ (24 മണിക്കൂറിനുള്ളിൽ) ഇവിടെ രണ്ട് വേലിയേറ്റങ്ങളും രണ്ട് വേലിയിറക്കങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നതിനാൽ ഓരോ വേലികൾക്കിടയിലും 6 മണിക്കൂർ ഇടവേളയേ ഉണ്ടാകൂ. ഓരോ മണിക്കൂറിലും ഇവിടെ 240 സെന്റിമീറ്റർ എന്ന തോതിൽ ജലനിരപ്പ് ഉയരുന്നുവെന്നാണ് ഏകദേശ കണക്ക്. ഒരുവശം ക്ലിഫുകളോടുകൂടിയ ഇവിടത്തെ ബീച്ചുകളിലൂടെ നിങ്ങൾ നടക്കുകയാണെങ്കിൽ ഉറപ്പായും വേലിയേറ്റങ്ങൾ വീക്ഷിക്കാനാകും. നിങ്ങൾ ഒരു മണിക്കൂർ സമയം നടന്നപ്പോഴാണ് വേലിയേറ്റം വരുന്നതായി കാണാൻ കഴിയുന്നതെങ്കിൽ നിങ്ങൾ നടത്തമാരംഭിച്ച സ്ഥലത്ത് തിരിച്ചെത്തുംമുമ്പ് വേലിയേറ്റം തലയ്ക്ക് മുകളിലെത്തിയിട്ടുണ്ടാകും.

വിവിധതരം വേലിയേറ്റങ്ങൾ

വേലികളുടെ ആവൃത്തി, ദിശ, ചലനം എന്നിവ എല്ലായിടത്തും എല്ലായ്പ്പോഴും ഒരുപോലല്ല. ഒരു ദിവസത്തിലെ (24 മണിക്കൂർ) വേലികളുടെ ആവർത്തനം, ഉയരം എന്നിവ അടിസ്ഥാനമാക്കി വേലികളെ തരംതിരിക്കാം.

ആവർത്തനത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള വിവിധതരം വേലികൾ

അർധദൈനികവേലികൾ (Semidiurnal tides)

പ്രതിദിനം രണ്ടുവീതം വേലിയേറ്റങ്ങളും വേലിയിറക്കങ്ങളും എന്നവിധമാണ് സാധാരണമായ വേലികൾ. തുടർച്ചയായ വേലികൾക്ക് ഏതാണ്ട് ഒരേ ഉയരമായിരിക്കും എന്നതാണ് ഇതിന്റെ സവിശേഷത.

ദൈനികവേലികൾ (Diurnal tides)

പ്രതിദിനം ഒരു വേലിയേറ്റവും ഒരു വേലിയിറക്കവും മാത്രമുണ്ടാകുന്നു. തുടർച്ചയായ വേലികൾക്ക് ഏതാണ്ട് ഒരേ ഉയരമായിരിക്കും.

മിശ്രവേലികൾ (Mixed tides)

ഉയരത്തിൽ വ്യതിയാനങ്ങളുള്ള വേലികളാണ് മിശ്രവേലികൾ. വടക്കേ അമേരിക്കയുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരത്തും പസഫിക് സമുദ്രത്തിലെ പല ദ്വീപുകളിലും പൊതുവെയുണ്ടാകുന്ന വേലികൾ മിശ്രവേലികളാണ്.

സൂര്യൻ, ചന്ദ്രൻ, ഭൂമി എന്നിവയുടെ സ്ഥാനം അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള വിവിധതരം വേലികൾ

ഭൂമിക്ക് ആപേക്ഷികമായി സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും സ്ഥാനത്തെ ആശ്രയിച്ച് വേലിയേറ്റങ്ങളുടെ ഉയരത്തിൽ ഗണ്യമായ മാറ്റമുണ്ടാകുന്നു. വാവുവേലികളും സപ്തമിവേലികളും (Spring tides and Neap tides) ഈ വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നു.

വാവുവേലികൾ (Spring tides)

ഭൂമിക്ക് ആപേക്ഷികമായുള്ള സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും സ്ഥാനം പ്രത്യക്ഷത്തിൽ വേലികളുടെ ഉയരത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. സൂര്യനും ചന്ദ്രനും ഭൂമിയും നേർരേഖയിലെത്തുമ്പോൾ വേലിയേറ്റങ്ങളുടെ ഉയരം കൂടുതലാകുന്നു. വാവുവേലികൾ എന്ന് വിളിക്കുന്ന ഇത്തരം വേലികൾ അമാവാസി, പൗർണമി ദിവസങ്ങളിലായി മാസത്തിൽ രണ്ടുതവണ ആവർത്തിക്കുന്നു.

സപ്തമിവേലികൾ (Neap tides)

വാവുവേലികൾക്കും സപ്തവേലികൾക്കുമിടയിൽ പൊതുവെ ഏഴു ദിവസത്തിന്റെ ഇടവേളയുണ്ടാകും. ഭൂമിക്കാപേക്ഷികമായി സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും സ്ഥാനം മട്ടകോണിലാകുമ്പോൾ സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും ബലങ്ങൾ ഒന്നിനൊന്ന് എതിരായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. സൂര്യന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണം ചെലുത്തുന്ന എതിർബലംമൂലം ചന്ദ്രൻ സൃഷ്ടിക്കുന്ന വേലിയേറ്റങ്ങൾ ദുർബലമാക്കപ്പെടുന്നു.

മാസത്തിലൊരിക്കൽ ചന്ദ്രന്റെ ഭ്രമണപഥം ഭൂമിയോട് ഏറ്റവും അടുത്തെത്തുമ്പോൾ (Perigee) സാധാരണയിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമായി വേലിയേറ്റ-വേലിയിറങ്ങൾ കൂടുതൽ ശക്തമാകുന്നു. ഈ അവസരത്തിൽ വേലിയേറ്റ-വേലിയിറക്ക നിരപ്പുകൾ തമ്മിലുള്ള അന്തരം വർധിക്കുന്നു. രണ്ടാഴ്ച പിന്നിടുമ്പോൾ ചന്ദ്രൻ ഭൂമിയിൽനിന്നും ഏറ്റവും അകലത്തിലെത്തുന്നു (Apogee). ഈ അവസരത്തിൽ ചന്ദ്രൻ ചെലുത്തുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണബലം കുറയുകയും വേലിയേറ്റ-വേലിയിറക്ക നിരപ്പുകൾ തമ്മിലുള്ള അന്തരം കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു.

എല്ലാ വർഷവും ഏതാണ്ട് ജനുവരി മാസം 3-ാംതീയതിയോടെ ഭൂമിയുടെ സ്ഥാനം സൂര്യന് ഏറ്റവും അടുത്താകുന്നു (Perihelion). ഈ ദിവസങ്ങളിൽ സാധാരണയിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമായി വേലിയേറ്റങ്ങൾ കൂടുതൽ ഉയരത്തിലും വേലിയിറക്കങ്ങൾ കൂടുതൽ താഴ്ചയിലും ഉണ്ടാകുന്നു. എന്നാൽ ഏതാണ്ട് ജൂലൈ മാസം

4-ഓടെ ഭൂമി സൂര്യനിൽനിന്ന് ഏറ്റവും അകലത്തിലാകുന്നു (Aphelion). ഈ ദിനങ്ങളിൽ വേലിയേറ്റ-വേലിയിറക്ക അന്തരം ഏറ്റവും കുറവായിരിക്കും. ഒരു വേലിയേറ്റത്തിൽനിന്നും വേലിയിറക്കത്തിലേക്ക് ജലനിരപ്പ് താഴുന്ന കാലയളവിനെ എബ് (Ebb) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഒരു വേലിയിറക്കത്തിൽനിന്ന് വേലിയേറ്റത്തിലേക്ക് ജലനിരപ്പ് ഉയരുന്ന കാലയളവിനെ ഫ്ളോ അഥവാ ഫ്ളഡ് (Flow or flood) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

വേലികളുടെ പ്രാധാന്യം

നമുക്ക് ഏറെ കൃത്യതയുള്ള ഭൂമിയുടെയും സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും സ്ഥാനമാറ്റങ്ങളാണ് വേലികൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നത് എന്നതിനാൽ വേലികളെ മുൻകൂട്ടി പ്രവചിക്കാനാകുന്നു. ഇത് നാവികർക്കും മത്സ്യബന്ധനതൊഴിലാളികൾക്കും അവരുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ആസൂത്രണം ചെയ്യാൻ സഹായകമാണ്. വേലിയേറ്റജലപ്രവാഹങ്ങൾ സമുദ്രസഞ്ചാരത്തിന് ഏറെ പ്രധാനമാണ്. വേലിയേറ്റം നിമിത്തം നദികൾക്കും അഴിമുഖങ്ങൾക്കുമുള്ളിലായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന തുറമുഖങ്ങളിലേക്ക് കപ്പലുകൾക്ക് പ്രവേശിക്കാൻ കഴിയാത്തവിധം മണൽത്തിട്ടകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നത് ചില തുറമുഖങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനത്തെ ബാധിക്കും.

അഴിമുഖങ്ങളിൽനിന്നും അവസാദങ്ങളും മലിനജലവും നീക്കംചെയ്യുന്നതിനും വേലികൾ സഹായകമാകുന്നു. വൈദ്യുതോൽപാദനത്തിനായി വേലികളെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നു (പ്രത്യേകിച്ച് കാനഡ, ഫ്രാൻസ്, റഷ്യ, ചൈന എന്നിവിടങ്ങളിൽ).

പശ്ചിമബംഗാളിൽ സുന്ദർബനിലെ ദുർഗാധുനിയിൽ ഒരു 3 മെഗാവാട്ട് ശേഷിയുള്ള വേലിയോർജപദ്ധതി നിർമാണഘട്ടത്തിലാണ്.

സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ (Ocean Currents)

സമുദ്രത്തിനുള്ളിലെ നദികൾ എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കാനാകുംവിധം സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ നിശ്ചിതദിശയിൽ നിശ്ചിതപാതയിലൂടെ കൃത്യമായ അളവിലുള്ള നീരൊഴുക്കിനെയാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്.

രണ്ടുതരത്തിലുള്ള ബലങ്ങളാണ് സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളെ സ്വാധീനിക്കുന്നത്: (i) ജലത്തിന്റെ ചലനത്തിന് കാരണമാകുന്ന പ്രാഥമികബലങ്ങൾ, (ii) ജലപ്രവാഹങ്ങളുടെ ഒഴുക്കിനെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ദ്വിതീയബലങ്ങൾ.

സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളെ സ്വാധീനിക്കുന്ന പ്രാഥമിക ബലങ്ങൾ താഴെ പറയുന്നവയാണ്:

(i) സൗരോർജത്താലുള്ള താപനം

(ii) കാറ്റുകൾ

(iii) ഗുരുത്വാകർഷണം

(iv) കൊറിയോലിസ് ബലം

സൗരോർജമേറ്റ് സമുദ്രജലം വികസിക്കുന്നു. അതിനാലാണ് മധ്യ അക്ഷാംശമേഖലകളെ അപേക്ഷിച്ച് മധ്യരേഖാപ്രദേശത്തെ സമുദ്രനിരപ്പ് 8 സെന്റിമീറ്ററോളം ഉയർന്നു കാണുന്നത്. ഇത്തരത്തിൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന നേരിയ ചരിവിലൂടെ ജലം ഒഴുകുന്നു. സമുദ്രോപരിതലത്തിലൂടെ വീശുന്ന കാറ്റുകൾ സമ്മർദ്ദത്താൽ ജലത്തെ ചലനവിധേയമാക്കുന്നു. കാറ്റിനും ജലോപരിതലത്തിനുമിടയിലെ ഘർഷണം ഒഴുക്കിനെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണംമൂലം ജലം താഴേക്കടിയുന്നതും ജലനിരപ്പിലെ ചരിവിന് കാരണമാകാം. കൊറിയോലിസ് പ്രഭാവം നിമിത്തം ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ വലത്തോട്ടും ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിൽ ഇടത്തോട്ടും ജലപ്രവാഹങ്ങൾക്ക് ദിശാവ്യതിചലനമുണ്ടാകുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ അതിവിശാല സമുദ്രഭാഗങ്ങളെ ചുറ്റിയുണ്ടാകുന്ന ചാക്രികജലപ്രവാഹങ്ങളെ ഗയേഴ്സ് (Gyres) എന്നു വിളിക്കുന്നു. എല്ലാ സമുദ്രതടങ്ങളിലും വൃത്താകൃതിയിൽ വിശാലജലപ്രവാഹങ്ങളുണ്ടാകുന്നു.

> **സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ**
>
> സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളെ അവയുടെ ഒഴുക്കിന്റെ സ്വഭാവം അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് തിരിച്ചറിയുന്നത്. പൊതുവെ ജലപ്രവാഹങ്ങൾ ശക്തമാകുന്നത് സമുദ്രോപരിതലത്തിലാണ് (0.5 knots-ൽ കൂടുതൽ വേഗത കൈവരിക്കുന്നു). ഒരു ജലപ്രവാഹത്തിന്റെ വേഗതയെ 'Drift' എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു. 'Drift' അളക്കുന്നത് knots എന്ന യൂണിറ്റിലാണ്. ഒരു ജലപ്രവാഹത്തിന്റെ ശക്തിയെന്നാൽ അതിന്റെ വേഗതയെയാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഏറ്റവും വേഗത്തിലുള്ള പ്രവാഹങ്ങളാണ് ഏറ്റവും ശക്തം. ജലോപരിതലത്തിൽ ജലപ്രവാഹങ്ങൾ കൂടുതൽ ശക്തമായിരിക്കും. എന്നാൽ ആഴത്തിനനുസരിച്ച് ശക്തിയും വേഗവും കുറഞ്ഞുവരുന്നു. മിക്കവാറും ജലപ്രവാഹങ്ങളുടെ വേഗത knots എന്ന യൂണിറ്റിൽ അഞ്ചോ അതിൽ താഴെയോ ആയിരിക്കും.

സമുദ്രജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയിലെ വ്യത്യാസങ്ങൾ ലംബദിശയിലുള്ള ജലപ്രവാഹങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ലവണത്വം കൂടിയ ജലത്തിന് ലവണത്വം കുറഞ്ഞ ജലത്തേക്കാൾ സാന്ദ്രത കൂടുതലായിരിക്കും. സാന്ദ്രത കൂടിയ ജലം താഴേക്ക് ഇറങ്ങാനും സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ ജലം മുകളിലേക്ക് ഉയരാനും പ്രവണത കാണിക്കുന്നു. ധ്രുവീയമേഖലകളിലെ ശീതജലം താഴ്ന്നിറങ്ങുകയും സാവധാനം മധ്യരേഖാപ്രദേശത്തേക്ക് നീങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നതിലൂടെയാണ് ശീതജലപ്രവാഹങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ധ്രുവീയമേഖലകളിൽ താഴ്ന്നിറങ്ങിയ ശീതജലത്തിന്റെ സ്ഥാനം കൈയടക്കുന്നതിനായി മധ്യരേഖപ്രദേശത്തുനിന്നും ഉപരിതലത്തിലൂടെ ഉഷ്ണജലം ധ്രുവാഭിമുഖമായി സഞ്ചരിക്കുന്നു.

വിവിധതരം സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ

സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളെ അവയുടെ ആഴം അടിസ്ഥാനമാക്കി ഉപരിതലജലപ്രവാഹങ്ങളെന്നും (Sur-

face currents), അഗാധസമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളെന്നും (Deep water currents) തരംതിരിക്കാം.

(i) ആകെ സമുദ്രജലത്തിന്റെ 10%-വും ഉപരിതലജലപ്രവാഹങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഇത് ഏകദേശം സമുദ്രോപരിതലത്തിൽനിന്നും ആദ്യ 400 മീറ്റർ താഴ്ചവരെയാണ്. (ii) അഗാധസമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളാണ് ബാക്കി 90 ശതമാനത്തോളം സമുദ്രജലം ഉൾക്കൊള്ളുന്നത്. സാന്ദ്രതയിലും ഗുരുത്വാകർഷണത്തിലുമുള്ള വ്യത്യാസംമൂലം ഈ ജലം സമുദ്രത്തിൽ ചുറ്റിക്കറങ്ങുന്നു. സമുദ്രജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത ഉയരുന്നതിന് പ്രാപ്തമായ കുറഞ്ഞ താപനിലയുള്ള ഉയർന്ന അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിൽ ജലം അഗാധസമുദ്രതടത്തിലേക്ക് താഴ്ന്നിറങ്ങുന്നു.

താപനിലയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ജലപ്രവാഹങ്ങളെ ശീതലപ്രവാഹങ്ങൾ (Cold currents), ഉഷ്ണജലപ്രവാഹങ്ങൾ (Warm currents) എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം:

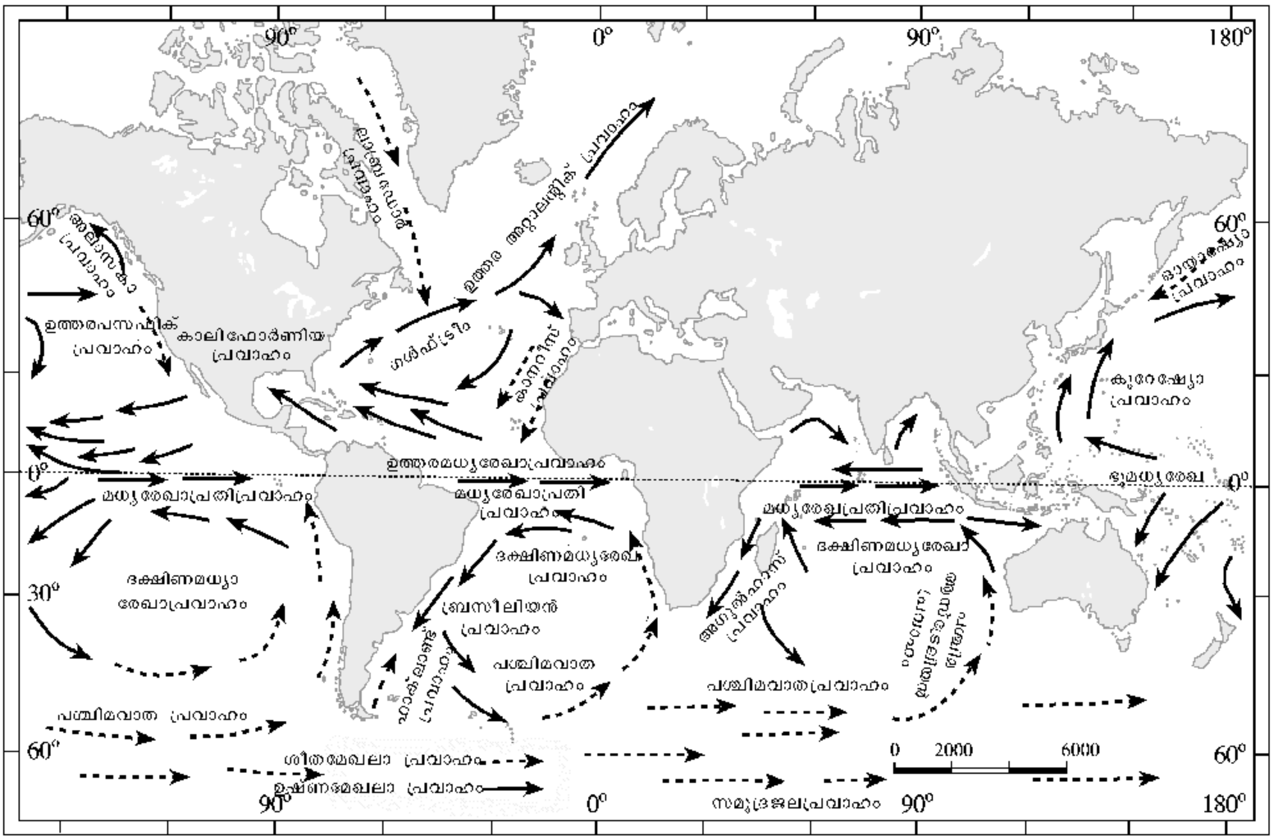
(i) ശീതജലപ്രവാഹങ്ങളിലൂടെ ഉഷ്ണമേഖലകളിലേക്ക് ശീതജലം എത്തിച്ചേരുന്നു. ശീതജലപ്രവാഹങ്ങൾ പൊതുവെ താഴ്ന്ന അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിലും മധ്യ അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിലും വൻകരകളുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരങ്ങൾ സമീപിച്ച് ഒഴുകുന്നു (രണ്ട് അർധഗോളങ്ങളിലും). കൂടാതെ ഉത്തരാർധഗോളത്തിലെ ഉയർന്ന അക്ഷാംശമേഖലകളിലെ വൻകരകളുടെ കിഴക്കൻ തീരത്തും ശീതജലപ്രവാഹങ്ങൾ സാധാരണമാണ്.

(ii) ഉഷ്ണജലപ്രവാഹങ്ങളിലൂടെ ശീതജലമേഖലകളിലേക്ക് ഉഷ്ണജലമെത്തിച്ചേരുന്നു. താഴ്ന്ന അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിലും മധ്യ അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിലും വൻകരകളുടെ കിഴക്കൻതീരം സമീപിച്ച് ഉഷ്ണജലപ്രവാഹങ്ങൾ സാധാരണമാണ് (രണ്ട് അർധഗോളങ്ങളിലും). ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ ഉയർന്ന അക്ഷംശങ്ങളിലെ വൻകരകളുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരത്തും ഉഷ്ണജലപ്രവാഹങ്ങളുണ്ടാകുന്നു.

പ്രധാന സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ

നിരന്തരവാതങ്ങളും കൊറിയോലിസ് ബലവും ചെലുത്തുന്ന സമ്മർദബലം പ്രധാന സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളെ ഏറെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിലെ വായുചംക്രമണ മാതൃകയ്ക്ക് ഏറെക്കുറെ സമാനമാണ് സമുദ്രത്തിലെ ജലചംക്രമണവ്യവസ്ഥയും.

ഉദാഹരണത്തിന്, മൺസൂൺ കാലാവസ്ഥ മേഖലകളിൽ സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളെ മൺസൂൺ കാറ്റുകൾ സ്വാധീനിക്കുന്നു. കൊറിയോലിസ് ബലത്താൽ



ചിത്രം 14.3: പസഫിക്, അറ്റ്ലാന്റിക്, ഇന്ത്യൻ മഹാസമുദ്രങ്ങളിലെ പ്രധാന ജലപ്രവാഹങ്ങൾ

ഉത്തരാർധഗോളത്തിലെ താഴ്ന്ന അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിൽ ജലപ്രവാഹങ്ങൾക്ക് വലത്തോട്ടും ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിൽ ഇടത്തോട്ടും വ്യതിചലിക്കാൻ പ്രവണതയുണ്ട്.

അന്തരീക്ഷത്തിലെ പൊതുചംക്രമണത്തിലൂടെ താപവ്യാപനമുണ്ടാകുന്നതുപോലെ സമുദ്രജലചംക്രമണത്തിലൂടെയും വിവിധ അക്ഷാംശമേഖലകൾക്കിടയിൽ താപവ്യാപനമുണ്ടാകുന്നു. ആർട്ടിക്-അന്റാർട്ടിക് മേഖലകളിൽനിന്നുള്ള ശീതജലം ഉഷ്ണമേഖലയിലേക്കും മധ്യരേഖപ്രദേശത്തേക്കും ഒഴുകുമ്പോൾ താഴ്ന്ന അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിൽനിന്നുള്ള ഉഷ്ണജലം ധ്രുവാഭിമുഖമായി പ്രവഹിക്കുന്നു. വിവിധ സമുദ്രങ്ങളിലെ പ്രധാന ജലപ്രവാഹങ്ങൾ ചിത്രം 14.3-ൽ രേഖപ്പെടുത്തി നൽകിയിട്ടുണ്ട്.

? പസഫിക്, അറ്റ്ലാന്റിക്, ഇന്ത്യൻ മഹാസമുദ്രം എന്നീ സമുദ്രങ്ങളിലെ ജലപ്രവാഹങ്ങളെ തരംതിരിച്ച് പട്ടിക തയാറാക്കുക.

? സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളെ ആഗോളവാതങ്ങൾ സ്വാധീനിക്കുന്നതെങ്ങനെ? ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ ചിത്രം 14.3-ൽനിന്നും കണ്ടെത്തുക.

സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങളുടെ ഫലങ്ങൾ

സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾക്ക് മനുഷ്യജീവിതത്തിൽ പ്രത്യക്ഷവും പരോക്ഷവുമായ സ്വാധീനമുണ്ട്. ഉഷ്ണ-ഉപോഷ്ണ അക്ഷാംശമേഖലകളിൽ വൻകരകളുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരത്ത് പൊതുവെ ശീതജലമായിരിക്കും (മധ്യരേഖാപ്രദേശങ്ങൾ ഒഴികെ). ഇവിടെ ദൈനിക-വാർഷിക താപാന്തരവും ശരാശരി താപനിലയും പൊതുവെ കുറവാണ്. മൂടൽമഞ്ഞ് രൂപപ്പെടാറുണ്ടെങ്കിലും പൊതുവെ വരണ്ടപ്രദേശങ്ങളാണിത്. മധ്യ അക്ഷാംശമേഖലകളിലും ഉയർന്ന അക്ഷാംശമേഖലകളിലുമുള്ള വൻകരകളുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരങ്ങളിൽ ഉഷ്ണജലത്താൽ വ്യത്യസ്തതരം സമുദ്രകാലാവസ്ഥ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. നേരിയ വാർഷികതാപാന്തരം മാത്രമുള്ള ശീതമായ ഗ്രീഷ്മകാലവും താരതമ്യേന മിതമായ ശൈത്യകാലവും ഇവിടത്തെ സവിശേഷതകളാണ്. ഉഷ്ണ-ഉപോഷ്ണ വൻകരകളുടെ പൂർവതീരത്തിന് സമാന്തരമായി ഉഷ്ണജലപ്രവാഹങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതുമൂലം മഴയേറിയ ഉഷ്ണകാലാവസ്ഥ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. ഉഷ്ണ-ശീതജലപ്രവാഹങ്ങൾ കൂടിക്കലരുന്നതിലൂടെ സമുദ്രജലം ഓക്സിജൻ സമൃദ്ധമാകുന്നതിനാൽ ഇത് പ്ലവകവളർച്ചയ്ക്ക് അനുകൂല സാഹചര്യം സൃഷ്ടിക്കുന്നു. മത്സ്യ ഇനങ്ങൾക്ക് പ്ലവകങ്ങൾ ഭക്ഷണമാകയാൽ ജലപ്രവാഹങ്ങൾ കൂടിച്ചേരുന്നയിടങ്ങളിൽ പ്രധാന മത്സ്യബന്ധനമേഖലകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നു.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.

(i) സമുദ്രജലം ഉയരുകയും താഴുകയും ചെയ്യുന ചലനത്തെ എന്ത് വിളിക്കുന്നു?

(a) വേലികൾ (c) തിരകൾ

(b) സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ (d) ഇവയൊന്നുമല്ല

(ii) വാവുവേലികൾക്കുള്ള കാരണമെന്ത്?

(a) സൂര്യനും ചന്ദ്രനും ഭൂമിക്കുമേൽ ഒരേദിശയിൽ ഗുരുത്വാകർഷണബലം പ്രയോഗിക്കുന്നത്

(b) സൂര്യനും ചന്ദ്രനും ഭൂമിയിൽ വിപരീതദിശകളിൽ ഗുരുത്വാകർഷണബലം പ്രയോഗിക്കുന്നത്

(c) തീരരേഖയിലെ മടക്കുകൾ

(d) ഇവയൊന്നുമല്ല

(iii) ചന്ദ്രൻ ഏത് സ്ഥാനത്തെത്തുമ്പോഴാണ് ഭൂമിയോട് ഏറ്റവും അടുക്കുന്നത്?

(a) അപ്ഹീലിയൻ (c) പെരിഹീലിയൻ

(b) പെരിജീ (d) അപോജീ

(iv) ഭൂമി സൂര്യസമീപക (Perihelion) സ്ഥാനത്തെത്തുന്നതെപ്പോൾ?

(a) ഒക്ടോബർ (c) ജൂലൈ

(b) സെപ്റ്റംബർ (d) ജനുവരി

2. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   (i) തിരകൾ എന്നാലെന്ത്?
   (ii) സമുദ്രതിരമാലകൾക്ക് എവിടെ നിന്നും ഊർജം ലഭിക്കുന്നു?
   (iii) വേലികൾ എന്നാലെന്ത്?
   (iv) വേലികൾ ഉണ്ടാകുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
   (v) വേലികൾ സമുദ്രസഞ്ചാരത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നതെങ്ങനെ?
3. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   (i) സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ താപനിലയെ സ്വാധീനിക്കുന്നതെങ്ങനെ? വടക്കുപടിഞ്ഞാറൻ യൂറോപ്പിന്റെ തീരദേശതാപനിലയെ ഇത് എങ്ങനെ ബാധിക്കുന്നു?
   (ii) സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾക്കുള്ള കാരണങ്ങളെന്തെല്ലാം?

പ്രോജക്ട് പ്രവർത്തനം

(i) ഒരു കുളമോ തടാകമോ സന്ദർശിച്ച് തിരയുടെ (ഓളങ്ങളുടെ) ചലനം നിരീക്ഷിക്കുക. ജലാശയത്തിലേക്ക് ഒരു കല്ലെറിഞ്ഞ് തിരമാല/ഓളങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നതെങ്ങനെയെന്ന് കാണുക. ഒരു തിരയുടെ ചിത്രം വരച്ച് തിരാദൈർഘ്യം, തിരോന്നതി, ആയതി എന്നിവ അളന്ന് നോട്ടുബുക്കിൽ കുറിക്കുക.

(ii) സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ കാണിക്കുന്ന ഒരു ഗ്ലോബും ഭൂപടവും എടുത്ത് പരിശോധിക്കുക. ഉഷ്ണ-ശീതജലപ്രവാഹങ്ങൾ, ജലപ്രവാഹങ്ങളുടെ ദിശാവ്യതിചലനം എന്നിവ നിരീക്ഷിച്ച് കാരണങ്ങൾ ചർച്ചചെയ്യുക.

യൂണിറ്റ്
VI

ഭൂമിയിലെ ജീവൻ

ഈ യൂണിറ്റിൽ ചർച്ചചെയ്യുന്നത്:

- ജൈവമണ്ഡലം — സസ്യങ്ങളുടെയും മറ്റു ജീവജാലങ്ങളുടെയും പ്രാധാന്യം; ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ — ജൈവഭൗമരാസചക്രവും ആവാസവ്യവസ്ഥ സമതുലനവും; ജൈവവൈവിധ്യവും സംരക്ഷണവും

അധ്യായം 15

ഭൂമിയിലെ ജീവൻ

പരിസ്ഥിതിയിലെ നാലു പ്രധാന മണ്ഡലങ്ങളിൽ അന്തരീക്ഷം, ശിലാമണ്ഡലം, ജലമണ്ഡലം എന്നിവയെക്കുറിച്ച് വിവിധ പാഠഭാഗങ്ങളിലൂടെ നാം മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ. ഇതുപോലെ മറ്റൊരു പ്രധാന മണ്ഡലമാണ് ജീവമണ്ഡലം. ഭൂമിയിലെ സർവജീവജാലങ്ങളേയും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ജൈവമണ്ഡലം മറ്റു മണ്ഡലങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. നിങ്ങൾക്കറിയാമോ ജൈവമണ്ഡലത്തിലുൾപ്പെട്ട സകല സസ്യജന്തുജാലങ്ങളെയും, സൂക്ഷ്മജീവികളും അവയ്ക്ക് ചുറ്റുപാടുമുള്ള പരിസ്ഥിതിയുമായി നിരന്തരം സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെടുന്നു. പല

> ഭൂമിയിൽ എല്ലായിടത്തും ജീവനുണ്ട്. ധ്രുവങ്ങൾ മുതൽ ഭൂമദ്ധ്യരേഖവരെയും; സമുദ്രത്തിന്റെ അഗാധതലംമുതൽ അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഒരു നിശ്ചിത ഉയരം വരെയും; തണുത്തുറഞ്ഞ ജലാശയങ്ങൾ മുതൽ വരണ്ട താഴ്വരകൾവരെയും; കടലിന്റെ അടിതട്ട് മുതൽ ഭൗമോപരിതലത്തിന് താഴെ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഭൂഗർഭജലത്തിൽവരെയും ജീവിവർഗങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു.

ജീവിവർഗങ്ങളും ഒരു മണ്ഡലത്തിൽനിന്നും മറ്റു മണ്ഡലങ്ങളിലേക്ക് സ്വതന്ത്രമായി സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ജൈവമണ്ഡലവും അവയുടെ ഘടകങ്ങളും പരിസ്ഥിതിയുടെ പ്രധാന ഭാഗങ്ങളാണ്. ഇവ പ്രകൃതിയിലെ ഘടകങ്ങളായ കര, ജലം, മണ്ണ് എന്നിവയുമായി നിരന്തരം സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അന്തരീക്ഷഘടകങ്ങളായ ചൂട്, മഴ, ഈർപ്പം, സൂര്യപ്രകാശം എന്നിവയും ഇവയിൽ ഏറെ സ്വാധീനം ചെലുത്തുന്നു. ജീവജാലങ്ങളുടെ വളർച്ച, വികാസം, പരിണാമം എന്നിവയിൽ ജൈവമണ്ഡലത്തിന് കര, വായു, ജലം എന്നിവയുമായുള്ള ഇടപെടലുകൾക്ക് പ്രാധാന്യമുണ്ട്.

ആവാസശാസ്ത്രം (Ecology)

പത്രവാർത്തകളിലും മാസികകളിലും മറ്റും നിങ്ങൾ വിവിധതരം ആവാസ–പരിസറിതി പ്രശ്നങ്ങളെക്കുറിച്ച് വായിച്ചിട്ടുണ്ടാകുമല്ലോ. എന്താണ് ആവാസശാസ്ത്രം? ജീവിയവും അജീവിയവുമായ ഘടകങ്ങൾ കൂടിച്ചേരുതാണ് പരിസറിതി എന്നു നാം മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ജീവിയ അജീവിയ ഘടകങ്ങളുടെ പരസ്പര സ്വാധീനം മൂലമുള്ള സന്തുലനമാണ് ഭൂമിയിൽ നിലനിർത്തപ്പെടുന്ന ജൈവ വൈവിധ്യങ്ങൾക്ക് ആധാരം. ജീവിയ അജീവിയ ഘടകങ്ങൾ സഹവർത്തിത്വത്തോടുകൂടി ഭൂമിയിൽ നിലനിൽക്കുന്നത് ഇവയുടെ ആനുപാതികമായ തുലനം പരിപാലിക്കപ്പെടുന്നതിലൂടെയാണ്.

ഒരു നിശ്ചിത ആവാസസ്ഥലത്ത് ഒരു പ്രത്യേക ജീവിവർഗം തങ്ങളുടെ ചുറ്റുപാടുള്ള അജീവീയഘടകങ്ങളുമായി പരസ്പരം സമ്പർക്കത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നതിന്റെ ഫലമായി കര, ജലം, വായു എന്നീ മണ്ഡലങ്ങളിൽ നിയതമായ ഊർജ–ദ്രവ്യ ചാക്രിയപ്രവാഹങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നതാണ് ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ. (Ecological System).

> ഗ്രീക്ക് ഭാഷയിലെ 'വീട്' എന്നർത്ഥം വരുന്ന ഓയികോസ് (Oikos), 'ശാസ്ത്രം' എന്നർഥം വരുന്ന ലോജി (logy) എന്നീ പദങ്ങൾ ചേർന്നാണ് ഇക്കോളജി അഥവാ ആവാസശാസ്ത്രം എന്ന പദം രൂപപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. സസ്യങ്ങളുടെയും മനുഷ്യരുടെയും മൃഗങ്ങളുടെയും മറ്റ് സൂക്ഷ്മജീവികളുടെയും വീട് എന്ന നിലയിൽ ഭൂമിയെപ്പറ്റിയുള്ള പഠനമാണ് ആവാസശാസ്ത്രം. അവയെല്ലാം പരസ്പരം ആശ്രയിച്ചുള്ള ഘടകങ്ങളായി ഭൂമിയിൽ ജീവിക്കുന്നു. ജർമ്മൻ ജന്തുശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഏണെസ്റ്റ് ഹിക്കെൽ ആണ് 1869–ൽ ആദ്യമായി ഓയിക്കോളജി (Oekologie) എന്ന പദം ഉപയോഗിച്ചത്. ഇദ്ദേഹമാണ് ഇക്കോളജി എന്ന പദവും ആദ്യമായി ഉപയോഗിച്ച് തുടങ്ങിയത്. അജീവിയ ജീവിയ ഘടകങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര വർത്തിത്വത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനമാണ് ആവാസശാസ്ത്രം (Ecology). അതായത് ആവാസ ശാസ്ത്രത്തെ നമുക്ക് ഇങ്ങനെ നിർവചിക്കാം. "ജീവജാലങ്ങളും അവയുടെ ഭൗതികപരിസറിതിയും തമ്മിലുള്ള സഹവർത്തിത്വത്തിനെക്കുറിച്ചും ജീവജാലങ്ങൾ തമ്മിൽത്തന്നെ നിലനിൽക്കുന്ന പരസ്പര സഹവർത്തിത്വത്തെക്കുറിച്ചുമുള്ള ശാസ്ത്രീയപഠനമാണ് ആവാസശാസ്ത്രം".

ആവാസം (Habitat) എന്നാൽ ആവാസശാസ്ത്രത്തിന്റെ വീക്ഷണത്തിൽ ഒരു ജീവിവർഗത്തിന് അനുഗുണമായ എല്ലാ ഭൗതിക രാസഘടകങ്ങളും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഒരു പൊതുപരിസ്ഥിതിയാണ്. ജീവിയഘടകങ്ങളും അജീവിയഘടകങ്ങളും ചേർന്ന് രൂപംകൊള്ളുന്ന വ്യവസ്ഥയാണ് ആവാസവ്യവസ്ഥ (Ecosystem). ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ എല്ലാ ഘടകങ്ങളും പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടും ആശ്രയിച്ചുമാണ് നിലനിൽക്കുന്നത്. വിവിധ പരിസ്ഥിതികളോട് ഇണങ്ങിച്ചേർന്ന് വൈവിധ്യങ്ങളായ ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ ഭൂമിയിൽ നിലനിൽക്കുന്നു. ഓരോ പരിസ്ഥിതിക്കും അനുയോജ്യമായ രീതിയിൽ പരിണാമങ്ങൾക്ക് വിധേയമായി ജീവജാലങ്ങൾ പൊരുത്തപ്പെടാറുണ്ട്. ഇതിനെ ആവാസ അനുരൂപീകരണം എന്നറിയപ്പെടുന്നു (Ecological adaptation).

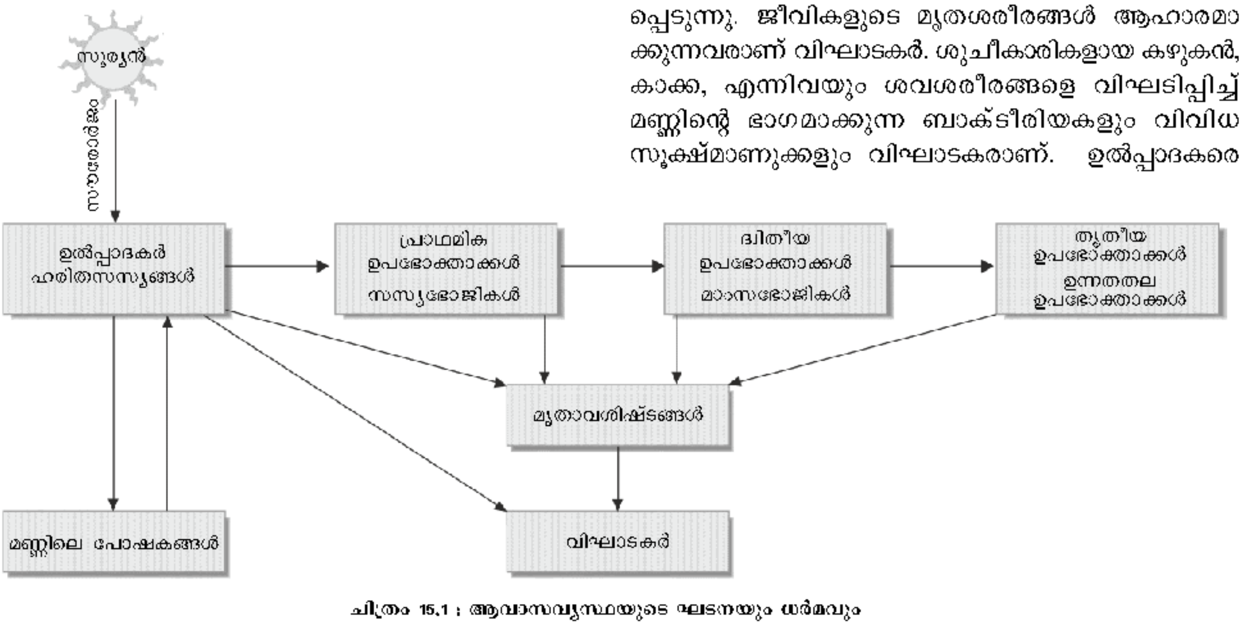
വിവിധതരം ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ

കര ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ, ജല ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ എിങ്ങനെ രണ്ടുതരം ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ ഉണ്ട്. കര ആവാസവ്യവസ്ഥകളെ വീണ്ടും വിവിധ ജൈവസമൂഹങ്ങളായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. വളരെ വിശാലമായ പ്രദേശത്ത് വ്യാപകമായി കാണപ്പെടുന്ന സസ്യജീവിസമൂഹമാണ് ജൈവസമൂഹം (Biome) കാലാവസ്ഥയാണ് ജൈവസമൂഹങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അതിരുകൾ നിർണയിക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ട് ഒരു നിശ്ചിത പരിസ്ഥിതിയിൽ പരസ്പരവർത്തിത്വത്തോടെ നിലനിൽക്കുന്ന സസ്യജന്തുസമൂഹങ്ങളാണ് ജൈവസമൂഹങ്ങൾ. മണ്ണിന്റെ സ്വഭാവം, കാലാവസ്ഥാഘടകങ്ങളായ മഴ, ചൂട്, ഈർപ്പം എന്നിവ ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. വനങ്ങൾ, പുൽമേടുകൾ, മരുഭൂമി, തുന്ദ്ര എന്നിവ ചില പ്രധാന ജൈവസമൂഹങ്ങളാണ്. ജല ആവാസവ്യവസ്ഥകളെ ശുദ്ധജല ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ, സമുദ്ര ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ എന്നിങ്ങനെ വീണ്ടും രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം. സമുദ്രങ്ങൾ, തീരദേശ അഴിമുഖങ്ങൾ, പവിഴപ്പുറ്റുകൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് സമുദ്ര ആവാസവ്യവസ്ഥ. തടാകങ്ങൾ, കുളങ്ങൾ, അരുവികൾ, ചതുപ്പുനിലങ്ങൾ, പായൽ പ്രദേശങ്ങൾ എന്നിവ ശുദ്ധജല ആവാസവ്യവസ്ഥകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

ആവാസവ്യവസ്ഥകളുടെ ഘടനയും ധർമവും

ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥ ഘടനാപരമായി ഒരു പ്രദേശത്തെ സസ്യജന്തുവർഗങ്ങളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. അതായത്, ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥ എന്നത് അജീവിയ-ജീവിയഘടകങ്ങൾ ചേർന്നതാണ്. മഴ, ചൂട്, സൂര്യപ്രകാശം ആർദ്രത, മണ്ണിന്റെ സ്വഭാവം, അജൈവപദാർഥങ്ങൾ (കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്, ജലം, കാൽസ്യം, നൈട്രജൻ, ഫോസ്ഫറസ്, പൊട്ടാസ്യം) എന്നിവ അജീവിയഘടകങ്ങളാണ്. ഉൽപ്പാദകർ, ഉപഭോക്താക്കൾ, (പ്രാഥമിക, ദ്വിതീയ, തൃതീയ ഉപഭോക്തക്കൾ), വിഘാടകർ എന്നിവ ജീവിയഘടകങ്ങളാണ്.

ഹരിതസസ്യങ്ങൾ തങ്ങൾക്ക് ആവശ്യമായ ആഹാരം പ്രകാശസംശ്ലേഷണം വഴി സ്വയം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നതിനാൽ അവയെ ഉല്പാദകർ (Producers) എന്നു വിളിക്കുന്നു. മാൻ, ആട്, എലി തുടങ്ങിയ സസ്യഭോജികളായ ജന്തുക്കളാണ് പ്രാഥമിക ഉപഭോക്താക്കൾ (Primary consumers). മറ്റ് ജന്തുക്കളെ ആഹാരമാക്കുന്ന പാമ്പ്, കടുവ, സിംഹം തുടങ്ങിയ മൃഗങ്ങൾ ഉൾപ്പെട്ടതാണ് മാംസഭോജികൾ (Carnivores). മാംസഭോജികളെയും ഭക്ഷിക്കുന്ന കീരി, പ്രാപ്പിടിയൻ തുടങ്ങിയവ തൃതീയ ഉപഭോക്താക്കൾ അഥവാ ഉന്നത മാംസഭോജികൾ (Tertiary Carnivores) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ജീവികളുടെ മൃതശരീരങ്ങൾ ആഹാരമാക്കുന്നവരാണ് വിഘാടകർ. ശുചീകാരികളായ കഴുകൻ, കാക്ക, എന്നിവയും ശവശരീരങ്ങളെ വിഘടിപ്പിച്ച് മണ്ണിന്റെ ഭാഗമാക്കുന്ന ബാക്ടീരിയകളും വിവിധ സൂക്ഷ്മാണുക്കളും വിഘാടകരാണ്. ഉൽപ്പാദകരെ



ചിത്രം 15.1 : ആവാസവ്യവസ്ഥയുടെ ഘടനയും ധർമവും

ആഹാരമാക്കി പ്രാഥമിക ഉപഭോക്താക്കളും അവയെ ആഹാരമാക്കി ദ്വിതീയ ഉപഭോക്താക്കളും ദ്വിതീയ ഉപഭോക്താക്കളെ ആഹാരമാക്കി തൃതീയ ഉപഭോക്താക്കളും ഭൂമിയിൽ നിലനിൽക്കുന്നു. വിഘാടകർ എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളുടെയും ശവശരീരങ്ങളെ വിഘടിപ്പിച്ച് മണ്ണിന്റെ ഫലപുഷ്ടിക്ക് അനിവാര്യമായ ജൈവ അജൈവ പദാർഥങ്ങളാക്കി മണ്ണിനോടു ചേർക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ ആവാസവ്യവസ്തയിൽ വിവിധ ഭക്ഷ്യശൃംഖലകൾ (ചിത്രം 15.1) രൂപപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന്, നെൽച്ചെടിയെ ഭക്ഷിക്കുന്ന സസ്യഭോജിയായ ചെറുപ്രാണികളെ ഒരു തവണ ഭക്ഷണമാക്കുന്നു. ആ തവളയെ പാമ്പ് ഭക്ഷിക്കുന്നു. ആ പാമ്പിനെ ഒരു പ്രാപ്പിടിയൻ ഭക്ഷിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ ജീവജാലങ്ങൾ ആഹാരം ഉൽപ്പാദിപ്പിച്ചും ആഹരിച്ചും മറ്റുള്ളവയ്ക്ക് ആഹാരമായും ഒരു തലത്തിൽനിന്നും മറ്റൊരു തലത്തിലേക്കുള്ള ഊർജ്ജകൈമാറ്റത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ഇതാണ് ഭക്ഷ്യശൃംഖല (Food chain). ഒരു തലത്തിൽനിന്ന് മറ്റൊരു തലത്തിലേക്കുള്ള ഈ ഊർജകൈമാറ്റം ഊർജ പ്രവാഹം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഭക്ഷ്യശൃംഖലകൾ പരസ്പരം വേറിട്ടുനിൽക്കുന്നവയല്ല. അവ അന്യോന്യം കോർത്തിണക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണമായി, ധാന്യങ്ങൾ ഭക്ഷിക്കുന്ന ഒരു എലിയെ ദ്വിതീയ (മാംസഭോജികൾ) ഉപഭോക്താക്കൾ ആഹാരമാക്കാം. ഈ മാസംഭോജിയെ തൃതീയ ഉപഭോക്തക്കൾ ഭക്ഷിക്കാം (ഉന്നത മാംസഭോജികൾ). ഇങ്ങനെയുള്ള സാഹചര്യത്തിൽ ഓരോ മാംസഭോജികളും വിവിധയിനം ഇരകളെ ഭക്ഷണമാക്കുന്നു.

ഇത്തരത്തിൽ ഭക്ഷ്യശൃംഖലകൾ പരസ്പരം കോർത്തിണക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇതാണ് ഭക്ഷ്യശൃംഖലാജാലികകൾ (Food web). പൊതുവിൽ രണ്ടുതരം ഭക്ഷ്യശൃംഖലാ ജാലികകൾ ഉണ്ട്. 1. ജൈവഭക്ഷ്യശൃംഖല, 2. ജൈവാവശിഷ്ട ഭക്ഷ്യശൃംഖല. ജൈവഭക്ഷ്യ ശൃംഖലാജാലിക ഉൽപ്പാദകരായ സസ്യങ്ങളിൽനിന്നും ആരംഭിക്കുന്നു. സസ്യഭോജികൾ മധ്യതലത്തിലും അവസാനതലത്തിൽ മാംസഭോജികളും നിലനിൽക്കുന്നു. ശ്വസനം, വിസർജനം, വിഘടനം എന്നിവയിലൂടെ ഓരോ തലത്തിലും ഊർജനഷ്ടം സംഭവിക്കുന്നു. ഭക്ഷ്യശൃംഖലയിൽ മൂന്നുമുതൽ അഞ്ചു തലങ്ങൾ വരെയുണ്ടാകും. ഓരോ തലത്തിലും ഊർജനഷ്ടം സംഭവിക്കുന്നു.

സസ്യങ്ങളെ ആഹാരമാക്കുന്ന ജീവികൾ സ്വീകരിക്കുന്ന ഊർജം അവയുടെ മൃതശരീരങ്ങൾ വിഘടിക്കുന്നതിലൂടെ കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി നിലനിൽക്കുന്ന ഭക്ഷ്യശൃംഖലയാണ് ജൈവാവശിഷ്ട ഭക്ഷ്യശൃംഖല. ഇത്തരം ഭക്ഷ്യശൃംഖലയുടെ നിലനിൽപ്പിന് ആവശ്യമായ ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങൾ ലഭിക്കുന്നത് ജൈവഭക്ഷ്യശൃംഖലയിൽ നിന്നാണ്.

വിവിധതരം ജൈവസമൂഹങ്ങൾ

ജൈവസമൂഹങ്ങൾ എന്നാലെന്തെന്ന് മുൻപാഠഭാഗത്തിൽനിന്നും നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ. വനങ്ങൾ, മരുഭൂമി, പുൽമേട്, ജലജന്യജൈവവ്യവസ്ഥ, ഉയരക്രമ ജൈവവ്യവസ്ഥ, എന്നിങ്ങനെ പ്രധാനമായും അഞ്ചുതരം ജൈവസമൂഹങ്ങൾ ഭൂമിയിലുണ്ട്. ഇത്തരം ജൈവസമൂഹങ്ങളുടെ ചില സവിശേഷതകൾ പട്ടിക 15.1-ൽ നൽകിയിട്ടുണ്ട്.

ജൈവഭൗമരാസചക്രം

സർവജീവജാലങ്ങളുടെയും നിലനിൽപിനാധാരമായ അടിസ്ഥാന ഊർജ ഉറവിടമാണ് സൂര്യൻ. ജീവമണ്ഡലത്തിലെ ജീവൽപ്രവർത്തനങ്ങൾ ആരംഭിക്കുന്നത് ഹരിതസസ്യങ്ങളുടെ ആഹാര-ഊർജ ഉൽപ്പാദനമാർഗമായ പ്രകാശസംശ്ലേണത്തിലൂടെയാണ്. പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിലൂടെ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് ജൈവസംയുക്തങ്ങളും ഓക്സിജനുമായി മാറുന്നു. ഭൂമിയിലെത്തിച്ചേരുന്ന സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ ചെറിയയൊരു അളവുമാത്രമാണ് (0.1 ശതമാനം) സസ്യങ്ങൾ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിനായി ഉപയോഗിക്കുന്നത്. പകുതിയിലേറെ ശ്വസനത്തിനായി സസ്യങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ബാക്കിയുള്ളവ താൽക്കാലികമായി ശേഖരിച്ച് വയ്ക്കുകയോ സസ്യത്തിന്റെ മറ്റുഭാഗങ്ങളിലേക്കു മാറ്റുകയോ ചെയ്യുന്നു. വൈവിദ്ധ്യങ്ങളായ ജീവിവർഗങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് ഭൂമിയിലെ ജീവവ്യവസ്ഥ. ഊർജം, ജലം, പോഷകങ്ങൾ എന്നിവയുടെ വ്യവസ്ഥാപിതമായ കൈമാറ്റത്തിലൂടെയാണ് ഓരോ ജീവിവർഗങ്ങളും ഭൂമിയിൽ നിലനിൽക്കുന്നത്. പ്രാദേശിക സാഹചര്യങ്ങൾ, ഋതുഭേദങ്ങൾ എന്നിവ ഊർജ-ജല-പോഷക കൈമാറ്റങ്ങളിൽ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾക്ക് കാരണമാകുന്നു. ഏതാണ്ട് ഒരു ശതകോടി വർഷങ്ങളായി അന്തരീക്ഷ-ജലമണ്ഡലങ്ങളിലെ രാസസംയുക്തങ്ങളുടെ അനുപാതത്തിൽ വ്യത്യാസങ്ങളില്ലാതെ നിലനിൽക്കുന്നുവെന്ന് പഠനങ്ങൾ തെളിയിക്കുന്നു. ഇവയുടെ അനുപാതം മാറ്റമില്ലാതെ നിലനിൽക്കുന്നതിനുകാരണം ജീവജാലങ്ങളുടെ കോശങ്ങളിലൂടെയുള്ള രാസസംയുക്തങ്ങളുടെ ചാക്രികഗതി ആണ്. ആരംഭത്തിൽ ജന്തുവർഗങ്ങളാൽ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന രാസമൂലകങ്ങൾ അവയുടെ വിഘാടനത്തിലൂടെ വായു, ജലം, മണ്ണ് എന്നിവയിലേക്ക് തിരിച്ചെത്തുന്നു. ഈ ചാക്രികപ്രവാഹങ്ങൾ സൗരോർജത്താൽ സമ്പുഷ്ടമാക്കപ്പെടുന്നു. ജന്തുവർഗങ്ങൾക്കും പരിസ്ഥിതിക്കുമിടയിൽ നിലനിൽക്കുന്ന രാസമൂലകങ്ങളുടെ ഇത്തരത്തിലുള്ള ചാക്രിക കൈമാറ്റത്തെ ജൈവഭൗമരാസചക്രം (Biogeochemical cycle) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇതിൽ ജൈവം എന്നത് ജീവജാലങ്ങളെയും ഭൗമം എന്നത് ശില, മണ്ണ്, വായു, ജലം എന്നിവയേയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

പട്ടിക 15.1 : ലോക ജൈവസമൂഹങ്ങൾ

ജീവ സമൂഹങ്ങൾ	ഉപസമൂഹം	പ്രദേശം	കാലാവസ്ഥ സവിശേഷതകൾ	മണ്ണ്	സസ്യങ്ങളും ജീവികളും
വനങ്ങൾ	A. ഉഷ്ണമേഖല 1. ഭൂമധ്യരേഖ 2. ഡെസിഡ്യൂസ് (ഇലപൊഴിയും കാടുകൾ) B. ഉപോഷ്ണ മേഖല C. ബോറിയൽ	A1. 10° N-S A2. 10°-25° N-S B. വടക്കേ അമേരിക്കയുടെ കിഴക്കൻ പ്രദേശം, വടക്കുകിഴക്ക് ഏഷ്യ, പടിഞ്ഞാറൻ യൂറോപ്പും മധ്യയൂറോപ്പും C. യൂറേഷ്യയിലെ വിശാലപ്രദേശവും വടക്കേ അമേരിക്കയും (സൈബീരിയ, അലാസ്ക, കാനഡ എന്നിവയുടെ ഭാഗങ്ങളും സ്കാൻഡിനേവിയയും)	A1. താപം 20-25°C (തുല്യമായ വിതരണം) A2. താപം 25-30°C. മഴ — (ശരാശരി വാർഷികമഴ). 1000 മി.മീ., കാലിക B. താപം 20-30° C, മഴയുടെ തുല്യമായ വിതരണം 750-1500 മി.മീ., കൃത്യമായ ഋതുക്കൾ C. ഹ്രസ്വ ആർദ്ര മിതോഷ്ണ വേനൽക്കാലവും ദീർഘശൈത്യ വരണ്ട ശൈത്യ കാലവും; വളരെ കുറഞ്ഞ ഊഷ്മാവും 400-1000 മി.മീ.	A1. അമ്ലസ്വഭാവം, പോഷക ദൗർലഭ്യം A2. പോഷക സമ്പന്നം B. വളക്കൂറ് കൂടുതൽ — അഴുകിയ ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം C. അമ്ല സ്വഭാവം, പോഷക ദൗർലഭ്യം, മണ്ണിന്റെ നേർത്ത ആവരണം	A1. വിവിധ പാളികളായി മേലാപ്പുള്ള ഉയരമേറിയ വലിയ മരങ്ങൾ A2. നിബിഡമല്ലാത്ത, മിതമായ ഉയരമുള്ള മരങ്ങൾ; വിവിധ ഇനങ്ങൾ ചേർന്ന് നിലനിൽക്കുന്നു. പ്രാണികൾ, വാവൽ, പക്ഷികൾ, സസ്തനികൾ എന്നിവ ഇവിടെ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്നു B. മിതമായ നിബിഡ വിസ്തൃതിയുള്ള ഇലകളോടുകൂടിയ മരങ്ങൾ — വൈവിധ്യങ്ങളായ സസ്യവർഗങ്ങൾ, ഓക്ക്, ബിച്ച്, മേപ്പിൾ തുടങ്ങിയവ ഇവിടെ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്നു. അണ്ണാൻ, മുയലുകൾ, കുട്ടിസ്രാങ്ക്, പക്ഷികൾ, കരിങ്കരടികൾ, പർവതസിംഹങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ C. നിത്യഹരിതസൂചിതലക്കാടുകൾ, മരങ്ങൾ പൈൻ, ഫർ, സ്പ്രൂസ് എന്നിവ. മരംകൊത്തികൾ, പ്രാപ്പിടിയൻ, കരടികൾ, ചെന്നായകൾ, മാനുകൾ, മുയലുകൾ, വാവലുകൾ എന്നിവ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്നു.
മരുഭൂമി	A. വരണ്ട മരുഭൂമി B. അർധ ഊഷര മരുഭൂമി C. തീരദേശ മരുഭൂമി D. ശീതമരുഭൂമി	A. സഹാറ, കലഹാരി, മരുസ്ഥലി, റബ്-അൽ-ഖാലി B. ഉഷ്ണമരുഭൂമികളുടെ പ്രാന്ത പ്രദേശങ്ങൾ C. അറ്റക്കാമ D. തുന്ദ്രാകാലാവസ്ഥ പ്രദേശം	A. താപം 20-45°C. B. 21-38°C. C. 15-35°C. D. 2-25°C A-D മഴ 50 മി.മീ.-ൽതാഴെ	പോഷകസമ്പന്നം, എന്നാൽ ജൈവിക പദാർഥങ്ങൾ ഒട്ടുമില്ലാത്തതോ കുറഞ്ഞ അളവിൽ മാത്രം ഉള്ളതോ	A-C. വിരളമായ സസ്യജാലങ്ങൾ, സസ്തനികൾ, പ്രാണികൾ, ഉരഗങ്ങൾ, പക്ഷികൾ D. മുയലുകൾ, എലികൾ, മാനുകൾ, അണ്ണാൻ
പുൽമേടുകൾ	A. ഉഷ്ണമേഖലാ സാവന്ന B. മിതോഷ്ണ മേഖലാ സ്റ്റെപ്പി	A. ആഫ്രിക്കയിലും ഓസ്ട്രേലിയയിലും തെക്കേ അമേരിക്കയിലും ഇന്ത്യയിലുമുള്ള വിസ്തൃതപ്രദേശങ്ങൾ B. യുറേഷ്യയുടെയും വടക്കേ അമേരിക്കയുടെയും ഭാഗങ്ങൾ	A. ഉഷ്ണകാലാവസ്ഥ, മഴ — 500-1250 മി.മീ. B. ചൂടുള്ള വേനൽക്കാലങ്ങളും തണുപ്പേറിയ ശൈത്യകാലവും, മഴ 500-900 മി.മീ.	A. ജൈവാംശങ്ങൾ കുറവായതും ജലം വാർന്നു പോകുന്നതും B. ക്ഷാരസമ്പന്നവും ചെറുമൺകട്ടകളോടു കൂടിയതുമായ മണ്ണ്	A. പുൽച്ചെടികൾ: മരങ്ങളും വലിയ കുറ്റിച്ചെടുകളും കാണപ്പെടുന്നില്ല, ജിറാഫ്, വരയൻ കുതിര, എരുമ, പുള്ളിപ്പുലികൾ, കഴുതപ്പുലികൾ, ആന, എലി, പെരുച്ചാഴി, പാമ്പുകൾ, പുഴുക്കൾ എന്നിവ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്നു. B. പുൽച്ചെടികൾ; ഇടവിട്ട് കാണപ്പെടുന്ന

					മരങ്ങൾ — പരുത്തി, ഓക്ക്, വില്ലോസ്, ചെറുമാൻ, വരയൻ കുതിര, കാണ്ടാമൃഗം, കുതിര, സിംഹം, വിവിധയിനം പക്ഷികൾ, പാമ്പുകൾ എന്നിവ ഇവിടെ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്നു.
ജലജന്യം	A. ശുദ്ധജല ആവാസ വ്യവസ്ഥ B. സമുദ്രജല ആവാസ വ്യവസ്ഥ	A. തടാകങ്ങൾ, അരുവികൾ, നീർത്തടങ്ങൾ B. സമുദ്രങ്ങൾ, പവിഴപ്പുറ്റുകൾ, ലഗൂണുകൾ, അഴിമുഖങ്ങൾ	A-B ശീതവായു, ഊഷ്മാവ്, ആർദ്രത എന്നിവ അടിസ്ഥാനമാക്കി ഊഷ്മാവ് വലിയതോതിൽ വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു	A. ജലം, ചതുപ്പുകൾ B. ജലം, വേലിചതുപ്പുകളും ചതുപ്പുകളും	ആൽഗകൾ, മറ്റുജലജന്യ സമുദ്രസസ്യ സമൂഹങ്ങൾ, വിവിധ ജലവാസികളായ മൃഗങ്ങൾ
ഉയരക്രമം		ഹിമാലയം, ആൻഡീസ്, റോക്കീസ് തുടങ്ങിയ ഉയർന്ന പർവതങ്ങളുടെ ചരിവുകൾ	അക്ഷാംശീയ മേഖലകൾക്കനുസൃതമായി താപം, വർഷണം എന്നിവ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു	ചരിവുകളിൾ കാണപ്പെടുന്ന പൊടിഞ്ഞ ശിലാവസ്തുക്കൾ (റിഗോലിത്ത്)	ഉയരത്തിനനുസൃതമായി ഇലപൊഴിയുന്നവ മുതൽ തുന്ദ്രാവരെ സസ്യജാലങ്ങൾ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

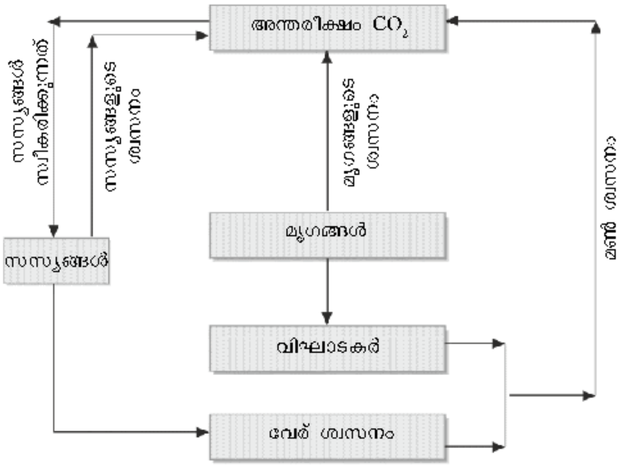
രണ്ടുതരം ഭൗമരാസചക്രങ്ങളുണ്ട്. വാതകചക്രവും അവസാദചക്രവും. ഇതിൽ വാതകചക്രത്തിന്റെ പ്രധാന പോഷകസംഭരണികൾ അന്തരീക്ഷവും സമുദ്രങ്ങളുമാണ്. എന്നാൽ അവസാദചക്രത്തിന്റെ പ്രധാന പോഷകസംഭരണികൾ ഭൂവൽക്കത്തിലെ മണ്ണും അവസാദശിലകളുൾപ്പെടെയുള്ള ശിലകളുമാണ്.

ജലചക്രം

ജൈവമണ്ഡലം, അന്തരീക്ഷം, ശിലാമണ്ഡലം എന്നീ മണ്ഡലങ്ങളിലൂടെ ജലം, ഖര-ദ്രാവ-വാതക അവസ്ഥകളിൽ ചംക്രമണം ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് ജലചക്രം (ഈ പുസ്തകത്തിന്റെ 13-ാംഅധ്യായം കാണുക).

കാർബൺ ചക്രം

എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളുടെയും അടിസ്ഥാനമൂലകങ്ങളിൽ ഒന്നാണ് കാർബൺ. എല്ലാ ജൈവസംയുക്തങ്ങളുടെയും അടിസ്ഥാന ഘടകവും കാർബൺ ആകുന്നു. അഞ്ചുലക്ഷത്തിലേറെ കാർബൺ സംയുക്തങ്ങൾ ജൈവമണ്ഡലത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നുവെന്ന് കണക്കാക്കുന്നു. പ്രധാനമായും കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡിന്റെ പരിവർത്തനമാണ് കാർബൺ ചക്രം. പ്രകാശസംശ്ലേഷണം വഴി അന്തരീക്ഷത്തിൽനിന്നുള്ള കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡിന്റെ സ്ഥിരീകരണം കാർബൺ പരിവർത്തനത്തിന് തുടക്കം കുറിക്കുന്നു. കാർബൺ പരിവർത്തനത്തിലൂടെ രൂപപ്പെടുന്ന കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകളും ഗ്ലൂക്കോസും ജൈവസംയുക്തങ്ങളായ സുക്രോസ്, അന്നജം, സെല്ലുലോസ് എന്നിവയായി മാറുന്നു. എന്നാൽ സസ്യങ്ങൾ ചെറിയൊരളവിൽ കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകൾ നേരിട്ട് ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിലൂടെ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന അധിക കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് പകൽ സമയങ്ങളിൽ ഇലകളിലൂടെയും വേരുകളിലൂടെയും പുറംതള്ളപ്പെടുന്നു. അവശേഷിക്കുന്ന കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകൾ സസ്യങ്ങൾ അവയുടെ കോശങ്ങളിൽ സംഭരിക്കുന്നു. ഇവ പിന്നീട് സസ്യഭോജികൾ ഭക്ഷണമാക്കുന്നു. സസ്യഭോജികൾ സ്വീകരിച്ച കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകളുടെ ഒരു ഭാഗം കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡായി നിശ്വാസത്തിലൂടെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ എത്തിക്കുന്നു. ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങളിൽ സൂക്ഷ്മാണുക്കൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നതുമൂലം മിച്ചമുള്ള കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകൾ വിഘടിക്കപ്പെടുന്നു. ഇങ്ങനെ സൂക്ഷ്മാണുകൾ വിഘടിപ്പിച്ച കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകൾ ഓക്സീകരണത്തിനു വിധേയമായി കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡായി മാറുകയും അന്തരീക്ഷത്തിൽ തിരിച്ചെത്തുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 15.2).



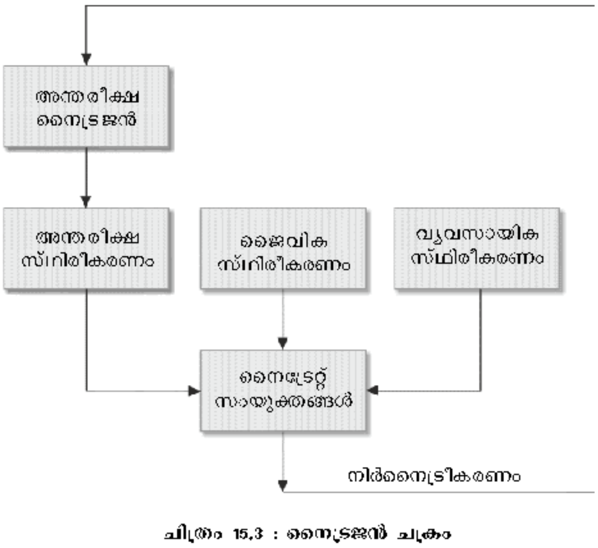
ചിത്രം 15.2 : കാർബൺ ചക്രം

ഓക്സിജൻ ചക്രം

പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിലൂടെ രൂപപ്പെടുന്ന പ്രധാന ഉപോൽപ്പന്നമാണ് ഓക്സിജൻ. കാർബോഹൈഡ്രേറ്റുകളിൽനിന്ന് ഊർജം, കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്, ജലം എന്നിവ മോചിക്കപ്പെടുന്ന ഓക്സീകരണത്തിൽ ഓക്സിജൻ പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. ഓക്സിജൻചംക്രമണം ഒരു സങ്കീർണപ്രക്രിയയാണ്. പ്രകൃതിയിൽ ഓക്സിജൻ അനേകം രാസരൂപങ്ങളായും മിശ്രിതങ്ങളായും കാണപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണം: ഓക്സിജൻ നൈട്രജനുമായി ചേർന്ന് നൈട്രേറ്റുകളായും ഇരുമ്പ്, അലൂമിനിയം തുടങ്ങിയ ധാതുക്കളുമായി ചേർന്ന് ഇരുമ്പ് ഓക്സൈഡ്, അലൂമിനിയം ഓക്സൈഡ് തുടങ്ങിയ വിവിധതരം ഓക്സൈഡുകളായും കാണപ്പെടുന്നു. ഓക്സിജൻ ഏറിയപങ്കും ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നത് പ്രകാശസംശ്ലേഷണവേളയിൽ സൂര്യപ്രകാശം ജലതന്മാത്രകളെ വിഘടിപ്പിക്കുന്നതിലൂടെയാണ്. തുടർന്ന് സസ്യങ്ങൾ നിശ്വസിക്കുമ്പോഴും ഇലകളിലെ ഈർപ്പം ആവിയായി പുറംതള്ളുമ്പോഴും ഓക്സിജൻ അന്തരീക്ഷത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു.

നൈട്രജൻ ചക്രം

അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഏറ്റവും കൂടുതൽ അളവിലുള്ള വാതകമാണ് നൈട്രജൻ എന്ന് നമുക്കറിയാം. അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങളിൽ ഏകദേശം 78 ശതമാനവും നൈട്രജനാണ്. അമിനോ അമ്ലങ്ങൾ. ന്യൂക്ലിക് അമ്ലങ്ങൾ, മാംസ്യം, ജീവകം, പിഗ്മെന്റുകൾ തുടങ്ങിയ വിവിധ ജൈവസംയുക്തങ്ങളിലെ പ്രധാന ഘടകമാണ് നൈട്രജൻ. മണ്ണിലെ ചില ബാക്ടീരിയകൾ നീല-ഹരിത ആൽഗേകൾ എന്നിങ്ങനെ വളരെ ചുരുക്കം ജീവിവർഗങ്ങൾക്കുമാത്രമാണ് വാതകരൂപത്തിലുള്ള നൈട്രജനെ നേരിട്ടു സ്വീകരിക്കുവാൻ കഴിയുന്നത്. നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണത്തിനുശേഷംമാത്രമാണ് മറ്റു ജീവജാലങ്ങൾക്ക് നൈട്രജൻ ഉപയോഗയോഗ്യമാകുന്നത്. നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണത്തിന്റെ 98 ശതമാനവും ജൈവീകമാണ്. മണ്ണിലെ സൂക്ഷ്മാണുക്കളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി രൂപപ്പെടുന്ന നൈട്രജൻ മണ്ണിലെ സുഷിരങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന അന്തരീക്ഷനൈട്രജൻ എന്നിവ നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണത്തിനുശേഷം വേരുകളിലൂടെ സസ്യങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. കൂടാതെ മിന്നൽ, കോസ്മിക്വികരണങ്ങൾ എന്നിവയും അന്തരീക്ഷത്തിലെ നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണത്തിന് കാരണമാകുന്നു. സമുദ്രത്തിലെ ചില ജീവികൾക്ക് നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണ ശേഷിയുണ്ട്. സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെട്ട രൂപത്തിൽ സസ്യങ്ങൾ നൈട്രജൻ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ചില സസ്യഭോജികൾ, സസ്യങ്ങൾ ഭക്ഷിക്കുന്നതിലൂടെ നൈട്രജൻ സ്വീകരിക്കുന്നു. സസ്യങ്ങളുടേയും ജീവികളുടെയും അവശിഷ്ടങ്ങൾ, ജീവജാലങ്ങൾ പുറംതള്ളുന്ന അവശിഷ്ടങ്ങൾ എന്നിവ മണ്ണിലെ ബാക്ടീരിയകളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി നൈട്രൈറ്റുകളായി മാറുന്നു. ചില ബാക്ടീരിയകൾ നൈട്രൈറ്റുകളെ നൈട്രേറ്റുകളാക്കി മാറ്റുകയും അവയെ വീണ്ടും ഹരിതസസ്യങ്ങൾക്ക് ഉപയോഗിക്കാനാകുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ ചില ബാക്ടീരിയകൾക്ക് മണ്ണിലെ നൈട്രേറ്റുകളെ സ്വതന്ത്ര നൈട്രജൻ വാതകമാക്കി മാറ്റുന്നതിന് കഴിയും (ചിത്രം 15.3). ഈ പ്രക്രിയ നിർനൈട്രീകരണം (Denitrification) എന്നറിയപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 15.3 : നൈട്രജൻ ചക്രം

മറ്റു ധാതുചക്രങ്ങൾ

ജൈവമണ്ഡലത്തിലെ പ്രധാന ഭൗമരാസ ഘടകങ്ങളായ കാർബൺ, ഓക്സിജൻ, നൈട്രജൻ, ഹൈഡ്രജൻ എന്നിവ കൂടാതെ ജീവന്റെ നിലനിൽപിന് അത്യന്താപേക്ഷിത പോഷകഘടകങ്ങളായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന ചില ധാതുക്കളുമുണ്ട്. ജീവജാലങ്ങൾ ഇത്തരം ധാതുക്കളെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത് ഫോസ്ഫറസ്, സൾഫർ, കാൽസ്യം, പൊട്ടാസ്യം എന്നീ അകാർബണിക ഉറവിടങ്ങളിൽനിന്നുമാണ്. ഇവ സാധാരണയായി ജലത്തിൽ ലയിച്ച് ലവണങ്ങളായി മണ്ണിലോ ജലാശയങ്ങളിലോ കാണപ്പെടുന്നു (തടാകങ്ങൾ. അരുവികൾ, കടൽ). അപക്ഷയപ്രക്രിയയിലൂടെ ഭൂവൽക്കത്തിലെ ഇത്തരം ധാതുലവണങ്ങൾ ജലത്തിൽ അലിഞ്ഞ് നേരിട്ട് ജലചക്രത്തിൽ പ്രവേശിക്കുന്നു. ഇവ ഒടുവിൽ സമുദ്രജലത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. എന്നാൽ അവസാദങ്ങൾ അടിഞ്ഞുകൂടുന്നതിലൂടെ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ തിരികെ എത്തിച്ചേരുന്ന ധാതുലവണങ്ങൾ അപക്ഷയപ്രക്രിയയിലൂടെ വീണ്ടും ജലചക്രത്തിൽ പ്രവേശിക്കുന്നു. എല്ലാ ജീവജാലങ്ങൾക്കും അവയ്ക്ക് ആവശ്യമായ ധാതുക്കൾ ലഭിക്കുന്നത് ഇത്തരം ലവണലായനികളിൽ നിന്നുമാണ്. എന്നാൽ ചില ജീവികൾക്ക് അവയ്ക്ക് ആവശ്യമായ ധാതുക്കൾ ലഭിക്കുന്നത് അവ ഭക്ഷിക്കുന്ന സസ്യങ്ങ

ളിൽനിന്നും മറ്റു ജീവികളിൽനിന്നുമാണ്. ജീവജാലങ്ങൾ നശിക്കുമ്പോൾ വിഘടനത്തിലൂടെ അവയുടെ ശരീരത്തിലുള്ള ധാതുക്കൾ വീണ്ടും മണ്ണിലും ജലത്തിലും എത്തിച്ചേരുന്നു.

ആവാസവ്യവസ്ഥാ സന്തുലനം

ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ ജൈവസമൂഹങ്ങൾ തമ്മിൽ വളരെ ചലനാത്മകമായ ഒരു സന്തുലിതാവസ്ഥ നിലനിർത്തപ്പെടുന്നു. ക്രമാനുഗതമായ മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നുവെങ്കിലും ഇത് നൈസർഗിക പിൻതുടർച്ചയിലൂടെ മാത്രമാണ്. ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ജൈവവൈവിദ്ധ്യം ആപേക്ഷികമായി നിലനിർത്തപ്പെടുമ്പോഴാണ് ഈ സന്തുലനം സാധ്യമാകുന്നത്. ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ഓരോ ജീവിവർഗങ്ങളുടെയും എണ്ണത്തിലുള്ള സ്ഥിരമായ സന്തുലിതാവസ്ഥയെന്നും ഇതിനെ വിശേഷിപ്പിക്കാൻ കഴിയും. ജീവിവർഗങ്ങൾ പരസ്പരം മത്സരിച്ചും ആശ്രയിച്ചും ഈ സന്തുലിതാവസ്ഥ നിലനിർത്തുന്നു. ഇതിലൂടെ അവയുടെ ജനസംഖ്യ സ്ഥിരമായി നിലനിർത്തപ്പെടുന്നു. ജീവിവർഗങ്ങൾ പരസ്പരം മത്സരിക്കുമ്പോൾ പ്രകൃതി നിരന്തര ഇടപെടലുകളിലൂടെ ഇവയുടെ എണ്ണം നിയന്ത്രിച്ച് ഈ സന്തുലിതാവസ്ഥ നിലനിർത്തുന്നു. നിലനിൽപ്പിനായും ഭക്ഷണത്തിനായും ചില ജീവിവർഗങ്ങൾ മറ്റു ജീവികളെ ആശ്രയിക്കുന്നതിലൂടെ ഈ സന്തുലിതാവസ്ഥ നിലനിർത്തപ്പെടേണ്ടതാണ്.

ഉദാഹരണം വിശാലപുൽമേടുകളിൽ ധാരാളം സസ്യഭോജികളായ മൃഗങ്ങൾ (മാനുകൾ, വരയൻ കുതിരകൾ, എരുമകൾ തുടങ്ങിയവ) കാണപ്പെടുന്നു. മാംസഭോജികളുടെ (കടുവ, സിംഹം തുടങ്ങിയവ) എണ്ണം കുറവാണ്. മാംസഭോജികൾ സസ്യഭോജികളായ മൃഗങ്ങളെ വേട്ടയാടി ഭക്ഷിക്കുന്നതിലൂടെ സസ്യഭോജികളായ മൃഗങ്ങളുടെ എണ്ണം നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. സസ്യങ്ങളുടെ കാര്യമെടുത്താൽ, സ്ഥാനാന്തരകൃഷിക്കും മറ്റുമായി വനങ്ങൾ വെട്ടിനശിപ്പിക്കുന്നതിലൂടെ വനത്തിലെ സസ്യവർഗങ്ങളുടെ വിതരണത്തിൽ പ്രകടമായ മാറ്റങ്ങളുണ്ടാകുന്നു.

സസ്യവർഗങ്ങൾ തമ്മിൽ നിലനിൽക്കുന്ന മത്സരം മൂലം നാശംസംഭവിച്ച വനപ്രദേശങ്ങളിൽ ദ്വിതീയ സസ്യവർഗങ്ങളായ പുൽച്ചെടികൾ, മുളകൾ എന്നിവ വളർന്നുവരികയും അങ്ങനെ വനപ്രദേശത്തിന്റെ ഘടനതന്നെ മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെ നാം ദ്വിതീയ അനന്തരവനങ്ങൾ (Succession) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ പുതിയ ജീവിവർഗങ്ങൾ കടന്നുവരുന്നതുകൊണ്ടോ മനുഷ്യന്റെ അനിയന്ത്രിതമായ ഇടപെടലുകൾമൂലമോ പ്രകൃതിദുരന്തങ്ങൾമൂലമോ സന്തുലിതാവസ്ഥ നഷ്ടപ്പെടാം. സസ്യവർഗത്തിന്റെ സന്തുലിതാവസ്ഥയ്ക്ക് കോട്ടംവരികയും അത് ആവാവസവ്യവസ്ഥകളുടെ നാശത്തിന് വഴിതെളിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ആവാസവ്യവസ്ഥയ്ക്കുണ്ടാക്കുന്ന ഇത്തരത്തിലുള്ള അസ്വസ്ഥതകൾ ധാരാളം ദ്വിതീയ അനന്തരവനങ്ങളുണ്ടാകൻ കാരണമകുന്നു. വിഭവങ്ങൾക്കായി മനുഷ്യൻ പ്രകൃതിയിൽ ചെലുത്തുന്ന കടുത്ത സമ്മർദവും ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ വലിയ ആഘാതങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള മനുഷ്യ ഇടപെടലുകൾ പ്രകൃതിയുടെ തനിമ നഷ്ടപ്പെടുത്തുകയും പൊതുപരിസ്ഥിതിയെ പ്രതികൂലമായി ബാധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നുണ്ട്. വെള്ളപ്പൊക്കം, ഉരുൾപൊട്ടൽ, രോഗങ്ങൾ, കൃത്യതയില്ലാത്ത കാലാവസ്ഥ എന്നിങ്ങനെ പല ദുരന്തങ്ങൾക്കും കാരണമാകുന്നു.

ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ ജൈവസസ്യസമൂഹങ്ങൾ തമ്മിൽ വളരെ അടുത്ത ബന്ധം നിലനിർത്തുന്നു. ഒരു ആവാസ ഇടത്തിന്റെ പ്രധാന സൂചകമാണ് അവിടെ നിലനിൽക്കുന്ന ജൈവവൈവിധ്യം. ഇത്തരം ഘടകങ്ങളെ പറ്റിയുള്ള നമ്മുടെ ശരിയായ അറിവും ധാരണയുമാണ് പ്രകൃതി സംരക്ഷണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനം.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.

   (i) താഴെ പറയുന്നവയിൽ ജൈവമണ്ഡലത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ടതേത്?

   (a) സസ്യങ്ങൾ മാത്രം (c) ജന്തുക്കൾമാത്രം

   (b) എല്ലാ ജീവിയ അജീവിയ ഘടകങ്ങളും (d) എല്ലാ ജീവിയ ഘടകങ്ങളും

   (ii) ഉഷ്ണമേഖലാ പുൽമേടുകളുടെ മറ്റൊരു പേരെന്ത്?

   (a) പ്രയറീസ് (c) സ്റ്റെപ്പിസ്

   (b) സാവന്നാ (d) ഇതൊന്നുമല്ല

   (iii) ശിലകളിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഇരുമ്പുമായി ഓക്സിജൻ രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നതിന്റെ ഫലമായി രൂപപ്പെടുന്നത്:

   (a) അയൺ കാർബണേറ്റ് (c) അയൺ ഓക്സൈഡ്

   (b) അയൺ നൈട്രേറ്റ് (d) അയൺ സൾഫേറ്റ്

   (iv) പ്രകാശ സംശ്ലേഷണ വേളയിൽ സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ സാന്നിദ്ധ്യത്തിൽ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് ജലവുമായി സംയോജിച്ചുണ്ടാകുന്നത്?

   (a) മാംസ്യങ്ങൾ (പ്രോട്ടീനുകൾ) (c) അന്നജം (കാർബോ ഹൈഡ്രേറ്റ്സ്)

   (b) അമിനോ അമ്ലങ്ങൾ (d) വിറ്റാമിനുകൾ

2. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കിൽ ഉത്തരമെഴുതുക:

   (i) ആവാസശാസ്ത്രം എന്നതുകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നതെന്ത്?

   (ii) ആവാസവ്യവസ്ഥ എന്നാലെന്ത്? ലോകത്തിലെ പ്രധാന ആവാസ വ്യവസ്ഥകൾ ഏതൊക്കെയെന്ന് തിരിച്ചറിയുക?

   (iii) ഒരു ആഹാരശൃംഖല എന്നാലെന്ത്? വിവിധ തലങ്ങൾ വ്യക്തമാക്കുന്ന തരത്തിൽ ജൈവഭക്ഷ്യ ആഹാരശൃംഖലയ്ക്ക് ഒരു ഉദാഹരണം എഴുതുക

   (iv) ഭക്ഷ്യശൃംഖലജാലിക എന്നാലെന്ത്? ഉദാഹരണങ്ങൾ എഴുതുക

   (v) ഒരു ജൈവസമൂഹം എന്നാലെന്ത്?

3. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കിൽ ഉത്തരമെഴുതുക:

   (i) എന്താണ് ജൈവ-ഭൗമരാസചക്രങ്ങൾ? അന്തരീക്ഷത്തിൽ നൈട്രജൻ സ്ഥിരീകരണം നടക്കുന്നതെങ്ങനെയെന്ന് വിശദീകരിക്കുക.

   (ii) ആവാസവ്യവസ്ഥയുടെ സന്തുലിതാവസ്ഥ എന്നാലെന്ത്? ആവാസ വ്യവസ്ഥയുടെ അസന്തുലിതാവസ്ഥ തടയുന്നതിനുള്ള പ്രധാന മാർഗങ്ങളെപ്പറ്റി ചർച്ചചെയ്യുക.

പ്രോജക്ട്

(i) ജൈവസമൂഹങ്ങളുടെ വിതരണത്തെ ഒരു ലോകഭൂപടരൂപരേഖയിൽ അടയാളപ്പെടുത്തുക. അവ ഓരോന്നിന്റേയും പ്രധാന സ്വഭാവ സവിശേഷതകൾ എഴുതിച്ചേർക്കുക.

(ii) നിങ്ങളുടെ സ്കൂളിന്റെ പരിസരത്തുള്ള വിവിധതരം മരങ്ങൾ, ചെടികൾ, കുറ്റിച്ചെടികൾ എന്നിവയെപ്പറ്റി ഒരു കുറിപ്പു തയാറാക്കുക. രാവിലെ മുതൽ ഉച്ചവരെയുള്ള സമയം ചെലവഴിച്ച് സ്കൂളിന്റെ ഉദ്യാനത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന വിവിധ പക്ഷികളെ നിരീക്ഷിക്കുക. പക്ഷികളിലെ വൈവിധ്യത്തെപ്പറ്റി നിങ്ങൾക്ക് വിവരിക്കുവാൻ കഴിയുമോ?

അധ്യായം

16

Y8Q8X9

ജൈവവൈവിധ്യവും സംരക്ഷണവും

വിവിധ കാലാവസ്ഥാ മേഖലകളിൽ നടക്കുന്ന ഭൗമപ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ച്, വിശേഷിച്ച് അപക്ഷയത്തെക്കുറിച്ച് അവയുടെ വ്യാപ്തിയെക്കുറിച്ച് നിങ്ങൾ ഇതിനകം പഠിച്ചുകഴിഞ്ഞു. നിരന്തരമായ അപക്ഷയത്തിലൂടെ രൂപപ്പെട്ട ഭൂഭാഗത്താണ് സസ്യങ്ങൾ വളരാൻ തുടങ്ങിയത്. ഇത് ക്രമേണ സസ്യവൈവിധ്യങ്ങൾക്കും തുടർന്ന് ജന്തുവൈവിധ്യത്തിനും കളമൊരുക്കിയെന്നും അറിയേണ്ടതുണ്ട്.

അപക്ഷയത്തിലെ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകളുടെയും തൽഫലമായുള്ള ജൈവവൈവിധ്യത്തിന്റെയും അടിസ്ഥാന കാരണം സൗരോർജലഭ്യതയും ജലലഭ്യതയുമാണ്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ഈ ഘടകങ്ങൾ ധാരാളമായി ലഭിക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ സമൃദ്ധമായ ജൈവവൈവിധ്യമാണുള്ളത്.

> 2.5–3.5 ശതകോടി വർഷങ്ങളായി നടക്കുന്ന പരിണാമത്തിന്റെ ഫലമാണ് നാമിന്നുകാണുന്ന ജൈവവൈവിധ്യം. മനുഷ്യന്റെ ആവിർഭാവത്തിനുമുമ്പ് ജൈവവൈവിധ്യം ഭൂമിയിൽ ഏറെയുണ്ടായിരുന്നു. എന്നാൽ മനുഷ്യന്റെ വരവോടെ ജീവിവർഗങ്ങൾക്ക് ഒന്നൊന്നായി വംശനാശം സംഭവിക്കുന്നതിനും ജൈവവൈവിധ്യം അതിവേഗം കുറയുന്നതിനും തുടക്കമിട്ടു. ലോകത്തിൽ 2 മുതൽ 100 ദശലക്ഷം വരെ ജീവിവർഗങ്ങൾ ഉണ്ടായിരുന്നു എന്നു കരുതുന്നുണ്ടെങ്കിലും 10 ദശലക്ഷം എന്നതാണ് ഏറെക്കുറെ കൃത്യമായ അനുമാനം. ഇനിയും തരംതിരിക്കപ്പെടാത്ത പുതിയ ജീവിവർഗങ്ങളെ കണ്ടെത്തിക്കൊണ്ടേയിരിക്കുന്നു (തെക്കേ അമേരിക്കയിലെ ശുദ്ധജലമത്സ്യങ്ങളിൽ 40 ശതമാനത്തോളം ഇപ്പോഴും തരംതിരിക്കപ്പെട്ടിട്ടില്ല എന്നാണ് കണക്കുകൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്). ഉഷ്ണമേഖലാവനങ്ങൾ ജൈവവൈവിധ്യത്താൽ സമ്പന്നമാണ്.

ജൈവവൈവിധ്യം നിരന്തരമായ പരിണാമത്തിനു വിധേയമായ ഒരു വ്യവസ്ഥയാണ്. ഒരു ജീവിവർഗത്തിന്റെ അർധായുസ്സായി കണക്കാക്കിയിട്ടുള്ളത് ഒന്നു മുതൽ 4 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങളാണ്. ഭൂമുഖത്ത് ഇന്നോളം ഉണ്ടായിട്ടുള്ള ജീവിവർഗങ്ങളിൽ 99 ശതമാനത്തിനും ഇന്ന് വംശനാശം സംഭവിച്ചു കഴിഞ്ഞു. ജൈവവൈവിധ്യം ഭൂമിയിൽ എല്ലായിടത്തും ഒരുപോലെയല്ല. ഉഷ്ണമേഖലയിലാണ് ഏറ്റവും സമൃദ്ധമായ ജൈവവൈവിധ്യമുള്ളത്. ധ്രുവങ്ങളിലേക്കു പോകുംതോറും ജീവിവർഗങ്ങളുടെ ഇനത്തിൽ കുറവും എണ്ണത്തിൽ വർധനയുമാണ് കാണാൻ കഴിയുക.

'ബയോ' (ജീവൻ), 'ഡൈവേഴ്സിറ്റി' (വൈവിധ്യം) എന്നിങ്ങനെ രണ്ടുപദങ്ങൾ ചേർന്നതാണ് ജൈവവൈവിധ്യം (Biodiversity). ഒരു നിശ്ചിത ഭൂപ്രദേശത്ത് കാണപ്പെടുന്ന സസ്യജന്തുജാലങ്ങളുടെ ഇനങ്ങളും എണ്ണവുമാണ് ജൈവവൈവിധ്യം എന്നതുകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നത്. അതായത്, ജൈവവൈവിധ്യത്തിൽ സസ്യങ്ങൾ, ജന്തുക്കൾ, സൂക്ഷ്മജീവികൾ, അവയിലൊക്കെ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ജീനുകൾ, അവ സൃഷ്ടിക്കുന്ന ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു (വിവിധ ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ തമ്മിലും അവയ്ക്കുള്ളിലുമുള്ള ജീവിവർഗങ്ങളിലെ വ്യത്യാസങ്ങളും ജൈവവൈവിധ്യത്തിന്റെ ഭാഗമാണ്). അവ നമ്മുടെ ജീവിക്കുന്ന സമ്പത്താണ്. ദശലക്ഷക്കണക്കിനു വർഷങ്ങളായി നടക്കുന്ന പരിണാമപ്രക്രിയയുടെ ഫലമാണവ.

ജൈവവൈവിധ്യത്തെ മൂന്നുതലങ്ങളിലായി ചർച്ച ചെയ്യാം:

(i) ജനിതകവൈവിധ്യം

(ii) വർഗവൈവിധ്യം

(iii) ആവാസവ്യവസ്ഥാവൈവിധ്യം

ജനിതകവൈവിധ്യം (Genetic Diversity)

വിവിധ ജീവരൂപങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാന നിർമാണഘടകങ്ങളാണ് ജീനുകൾ. ഓരോ ജീവിവർഗത്തിലെയും ജീനുകളിലെ വ്യത്യാസമാണ് ജനിതകജൈവവൈവിധ്യം. ചില ഭൗതിക സവിശേഷതകളിൽ സമാനതകളുള്ള ജീവികളുടെ കൂട്ടങ്ങളെയാണ് വർഗം (സ്പീഷീസ്) എന്നു വിളിക്കുന്നത്. ജനിതകമായി ഹോമോസാപ്പിയൻസ് എന്ന വർഗത്തിൽപ്പെട്ട മനുഷ്യർ തമ്മിൽ ഉയരം, നിറം, ഭൗതികമായ രൂപഭാവം എന്നിവയിൽ വ്യത്യാസങ്ങളുണ്ട്. ഇതിനുകാരണം ജനി

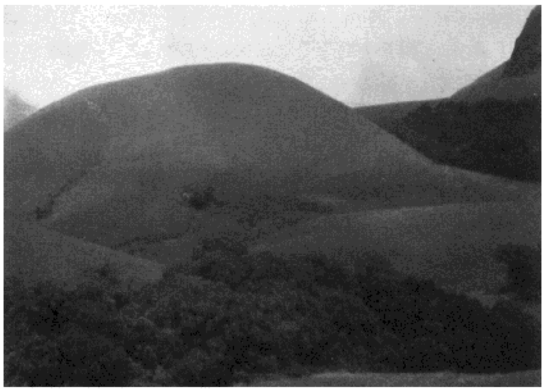
തകവൈവിധ്യമാണ്. ആരോഗ്യമുള്ള പുതുതലമുറയുടെ ജനനത്തിന് ജനിതകവൈവിധ്യം അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്.

വർഗവൈവിധ്യം (Species Diversity)

ഒരു നിശ്ചിത പ്രദേശത്തെ ജീവിവർഗങ്ങളിലെ വൈവിധ്യമാണിത്. ജീവിവർഗങ്ങളുടെ സമൃദ്ധി, ഇനങ്ങളിലെ വൈവിധ്യം എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് വർഗവൈവിധ്യം നിർണയിക്കുന്നത്. ചില പ്രദേശങ്ങളിൽ മറ്റുള്ളവയെ അപേക്ഷിച്ച് വർഗവൈവിധ്യം കൂടുതലായിരിക്കും. വർഗവൈവിധ്യം വളരെക്കൂടുതലുള്ള പ്രദേശങ്ങളെ അതീവപ്രാധന്യമുള്ള ജൈവമേഖലകൾ (Hot spots) എന്നു വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 16.5).

ആവാസവ്യവസ്ഥാവൈവിധ്യം (Ecosystem Diversity)

ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ, ഓരോ ആവാസവ്യവസ്ഥയ്ക്കുള്ളിലും നടക്കുന്ന ജൈവപ്രക്രിയകളിലെയും വാസസ്ഥാനങ്ങളിലെയും വൈവിധ്യങ്ങൾ എന്നിവ ചേർന്നതാണ് ആവാസവ്യവസ്ഥാവൈവിധ്യം. ആവാസവ്യവസ്ഥകളുടെയും അവയി



ചിത്രം 16.1 — പശ്ചിമഘട്ടത്തിലെ ഇന്ദിരാഗാന്ധി ദേശീയോദ്യാനത്തിലെ പുൽമേടുകളും ചോലവനങ്ങളും. ആവാസവ്യവസ്ഥാവൈവിധ്യത്തിനൊരു ഉദാഹരണം

ലുൾപ്പെടുന്ന സസ്യ-ജന്തുസമൂഹങ്ങളുടെയും അതിരുകൾ കൃത്യമായി നിർണയിക്കപ്പെട്ടിട്ടില്ല. ആവാസവ്യവസ്ഥകളുടെ അതിർത്തി നിർണയിക്കൽ അതീവസങ്കീർണവും ബുദ്ധിമുട്ടുള്ളതുമായ പ്രക്രിയയാണ്.

ജൈവവൈവിധ്യത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം

മനുഷ്യസംസ്കാരത്തിന്റെ വികാസത്തിൽ ജൈവവൈവിധ്യം ഏറെ സംഭാവനകൾ നൽകിയിട്ടുണ്ട്. ജനിതക, വർഗ, ആവാസതലങ്ങളിൽ പ്രകൃതിയുടെ വൈവിധ്യം രൂപപ്പെടുന്നതിൽ മനുഷ്യസമൂഹങ്ങളും ഗണ്യമായ പങ്കുവഹിച്ചിട്ടുണ്ട്. ജൈവവൈവിധ്യത്തിന് താഴെപ്പറയുന്ന പ്രാധാന്യങ്ങളുണ്ട്:

ആവാസശാസ്ത്രപരമായ പ്രാധാന്യം, സാമ്പത്തികപ്രാധാന്യം, ശാസ്ത്രീയപ്രാധാന്യം.

ജൈവവൈവിധ്യത്തിന്റെ പാരിസ്ഥിതിക (ആവാസശാസ്ത്രപരമായ) പ്രാധാന്യം

ഓരോ ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെയും ജീവജാലങ്ങൾക്ക് അതിന്റേതായ ധർമം നിർവഹിക്കാനുണ്ട്. വ്യക്തമായ കാരണങ്ങളില്ലാതെ ഒരു ജീവിവർഗവും ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ ഉരുത്തിരിയുകയോ നിലനിൽക്കുകയോ ചെയ്യുന്നില്ല. അതായത്, ഓരോ ജീവിയും അതിനാവശ്യമായവ പ്രകൃതിയിൽ നിന്നെടുക്കുന്നതോടൊപ്പം മറ്റുജീവികൾക്ക് ഉപകാരപ്രദമായ എന്തെങ്കിലുമൊക്കെ സംഭാവന ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു. നാം മനുഷ്യർ ആവാസവ്യവസ്ഥകളുടെ നിലനിൽപ്പിന് എന്തു സംഭാവനയാണ് നൽകുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടോ? ജീവിവർഗങ്ങൾക്ക് ഊർജം സ്വീകരിക്കുവാനും സംഭരിക്കുവാനും ജൈവാംശം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കാനും മാത്രമല്ല അഴുകുവാനും കഴിയും. ആവാസവ്യവസ്ഥയിലുടനീളം ജലചംക്രമണത്തിനും പോഷകങ്ങളുടെ ചംക്രമണത്തിനും ഇവ സഹായിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. വാതകങ്ങളുടെ ആഗിരണത്തിലും കാലാവസ്ഥാനിയന്ത്രണത്തിലും ജീവജാലങ്ങൾ നിർണായക പങ്കുവഹിക്കുന്നുണ്ട്.

ആവാസവ്യവസ്ഥയുടെയും മനുഷ്യന്റെയും നിലനിൽപ്പിന് മേൽപ്പറഞ്ഞ പ്രക്രിയകൾ അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ വൈവവിധ്യം എത്രമാത്രം ഉണ്ടായിരിക്കുന്നുവോ അത്രമാത്രം അവയ്ക്ക് പ്രതികൂല സാഹചര്യങ്ങളെയും ആക്രമണങ്ങളെയും അതിജീവിക്കാനുള്ള ശേഷി കൂടുതലായിരിക്കും. അവ കൂടുതൽ ഉൽപാദനക്ഷമവുമായിരിക്കും. ജീവിവർഗങ്ങളുടെ നാശം ആവാസവ്യവസ്ഥയ്ക്ക് സ്വയംനിലനിൽക്കാനുള്ള ശേഷി കുറയ്ക്കുന്നു. ജനിതകവൈവിധ്യം ഏറെയുള്ള ജീവിവർഗത്തെപ്പോലെ തന്നെ ജൈവവൈവിധ്യം ഏറെയുള്ള ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയ്ക്ക് പാരിസ്ഥിതികമാറ്റങ്ങളോട് താദാത്മ്യം പ്രാപിക്കാനുള്ള സാധ്യതയും കൂടുതലായിരിക്കും. അതായത്, വർഗവൈവിധ്യം ഏറെയുള്ള ആവാസവ്യവസ്ഥയ്ക്ക് സ്ഥിരതയും ഏറെയായിരിക്കും.

ജൈവവൈവിധ്യത്തിന്റെ സാമ്പത്തിക പ്രാധാന്യം

ജൈവവൈവിധ്യമെന്നത് മനുഷ്യരെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം നിത്യജീവിതത്തിലെ ഒരു പ്രധാനപ്പെട്ട വിഭവമാണ്. ജൈവവൈവിധ്യത്തിന്റെ ഒരു പ്രധാന ഭാഗമാണ് 'വിളവൈവിധ്യം'. ഇത് കാർഷികവൈവിധ്യം എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ആഹാരം, മരുന്ന്, മറ്റ് സൗന്ദര്യസംവർധക ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ എന്നിവയൊക്കെ ഉൽപാദിപ്പിക്കാനാവശ്യമായ വിഭവങ്ങളുടെ ഭണ്ഡാരമായി ജൈവവൈവിധ്യത്തെ കാണാം. ജൈവവൈവിധ്യശോഷണത്തിനു

കാരണം ജൈവവിഭവങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള ഈയൊരു കാഴ്ചപ്പാടാണ്. അതേസമയം ഇത് പ്രകൃതിവിഭവങ്ങളുടെ പങ്കുവയ്ക്കൽ, അതുസംബന്ധമായ നിയമങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ നിരവധി പ്രശ്നങ്ങൾക്ക് തുടക്കമിടുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഭക്ഷ്യവിളകൾ, കന്നുകാലികൾ, വനങ്ങൾ, മത്സ്യം, ഔഷധവിഭവങ്ങൾ എന്നിവ ജൈവവൈവിധ്യം മനുഷ്യരാശിക്ക് പ്രദാനം ചെയ്യുന്ന നിരവധിയായ വിഭവങ്ങളിൽ ചിലതു മാത്രമാണ്.

ജൈവവൈവിധ്യത്തിന്റെ ശാസ്ത്രീയമായ പ്രാധാന്യം

ഓരോ ജീവിവർഗത്തിനും ജീവൻ എങ്ങനെ ആവിർഭവിച്ചു എന്നതിനെയും ജീവപരിണാമം ഇനിയെങ്ങനെയാണ് പുരോഗമിക്കുക എന്നതിനെയും സംബന്ധിച്ച ചില പ്രധാന സൂചനകൾ നൽകാനാവും എന്നതിനാൽ ജൈവവൈവിധ്യത്തിന് ഏറെ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. നാമുൾപ്പെടുന്ന ആവാസവ്യവസ്ഥകൾ നിലനിൽക്കുന്നതിൽ ഓരോ ജീവിവർഗത്തിന്റെയും പങ്ക്, ജീവൻ എങ്ങനെയാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത് എന്നിവ മനസ്സിലാക്കുന്നതിനും ജൈവവൈവിധ്യം സഹായകമാണ്. ഈ വസ്തുതകൾ എല്ലാ മനുഷ്യരിലും എത്തിക്കുന്നതിലൂടെ ഏവരും ഈ ഭൂമിയിൽ ജീവിക്കുന്നതോടൊപ്പം മറ്റു ജീവജാലങ്ങളെ ജീവിക്കാനനുവദിക്കുകയുംവേണം എന്ന ചിന്ത ഓരോരുത്തരിലും രൂപപ്പെടാനുതകും.

ഓരോ ജീവിവർഗത്തിനും നമ്മെപ്പോലെതന്നെ ജീവിക്കാനുള്ള അവകാശമുണ്ടെന്നു ചിന്തിക്കുക എന്നത് നമ്മുടെ ധാർമികമായ ഉത്തരവാദിത്തമാണ്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ഏതെങ്കിലുമൊരു ജീവിവർഗത്തിന്റെ നാശത്തിന് ബോധപൂർവമായ കാരണമാകുക എന്നതും അധാർമികമാണ്; തെറ്റാണ്. ജൈവവൈവിധ്യത്തിന്റെ നില എന്നത് മറ്റു ജീവിജാലങ്ങളോടുള്ള നമ്മുടെ ബന്ധത്തിന്റെ ഒരു പ്രധാന സൂചകമാണ്. വാസ്തവത്തിൽ മനുഷ്യസംസ്കാരങ്ങളുടെ അവശ്യഘടകമാണ് ജൈവവൈവിധ്യം എന്ന ആശയം.

ജൈവവൈവിധ്യത്തിന്റെ നാശം

കഴിഞ്ഞ ഏതാനും ദശാബ്ദങ്ങളായി ഉണ്ടായിട്ടുള്ള ജനസംഖ്യാവർദ്ധന പ്രകൃതിവിഭവ ഉപഭോഗനിരക്കിൽ വർധനയുണ്ടാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഇത് ലോകത്തിന്റെ പലഭാഗങ്ങളിലും ജീവിവർഗങ്ങളുടെയും അവയുടെ ആവാസകേന്ദ്രങ്ങളുടെയും നാശത്തിന് ആക്കം കൂട്ടിയിട്ടുണ്ട്. ലോകത്തിന്റെ ആകെ ഭൂവിസ്തൃതിയുടെ നാലിലൊരു ഭാഗംമാത്രമുള്ള ഉഷ്ണമേഖലയിലാണ് ലോകത്തിലെ ആകെ ജനസംഖ്യയുടെ നാലിൽമൂന്നും ജീവിക്കുന്നത്. ഈ ജനതയുടെ ആവശ്യങ്ങൾ നിറവേറ്റാനായി അമിതമായ വിഭവചൂഷണവും വനനശീകരണവും ഇന്ന് വ്യാപകമാണ്. ഭൂമുഖത്തെ 50 ശതമാനം ജീവികളും കാണപ്പെടുന്നത് ഉഷ്ണമേഖലാമഴക്കാടുകളിലായതുകൊണ്ടുതന്നെ അവിടത്തെ സ്വാഭാവിക ആവാസകേന്ദ്രങ്ങളുടെ നാശം ജൈവമണ്ഡലത്തിനൊന്നാകെതന്നെ ദുരന്തമാണ്.

ഭൂകമ്പങ്ങൾ, വെള്ളപ്പൊക്കം, അഗ്നിപർവതസ്ഫുടനങ്ങൾ, കാട്ടുതീ, വരൾച്ച തുടങ്ങിയ പ്രകൃതിക്ഷോഭങ്ങളൊക്കെ സസ്യ-ജന്തുജാലങ്ങളുടെ നാശത്തിനും അതുമൂലം അതാതിടങ്ങളിലെ ജൈവവൈവിധ്യശോഷണത്തിനും കാരണമാകുന്നു. കീടനാശിനികളും ഹൈഡ്രോകാർബണുകൾ, വിഷലിപ്തമായ ഘനലോഹങ്ങൾ തുടങ്ങിയ മറ്റ് മലിനീകാരികളും ദുർബലവും ലോലവുമായ ജീവിവർഗങ്ങളെ നശിപ്പിക്കുന്നു.

ഒരു പ്രദേശത്തെ സ്വാഭാവിക ആവാസവ്യവസ്ഥയുടെ ഭാഗമല്ലാത്തതും എന്നാൽ മറ്റെവിടെനിന്നോ എത്തിയതുമായ സസ്യ-ജന്തുവർഗങ്ങളെയാണ് വൈദേശിക ജീവജാതി (Exotic Species) എന്നു വിളിക്കുന്നത്. പ്രാദേശിക ആവാസവ്യവസ്ഥകളിലേക്ക് ഇത്തരത്തിൽ എത്തുന്ന വർഗങ്ങൾ പലപ്പോഴും അതാതിടങ്ങളിലെ തനതു ജൈവസമൂഹങ്ങളുടെ കനത്ത നാശത്തിനു കാരണമാകുന്നുണ്ട്. ഉദാ: ആഫ്രിക്കൻ പായൽ (Water Hyacinth) നമ്മുടെ ജലാശയങ്ങളിൽ വ്യാപിച്ചത് കായലുകളുടെ അടിത്തട്ടിലേക്ക് സൂര്യപ്രകാശമെത്തുന്നത് കുറയ്ക്കുന്നതിന് കാരണമായിട്ടുണ്ട്. ഇത് നിരവധി സൂക്ഷ്മജീവികളെയും അവയെ ആശ്രയിക്കുന്ന മറ്റു ജീവിവർഗങ്ങളെയും ദോഷകരമായി ബാധിച്ചിട്ടുണ്ട്. അതുപോലെതന്നെ ആഫ്രിക്കൻ ഒച്ച്, പാർത്തീനിയം പുല്ല്, ... ഉദാഹരണങ്ങൾ ഇനിയും കണ്ടെത്താൻ ശ്രമിക്കുമല്ലോ.

കഴിഞ്ഞ ഏതാനും ദശാബ്ദങ്ങളായി കടുവ, ആന, കാണ്ടാമൃഗം, മുതല, മിങ്ക് (ഒരിനം നീർനായ), നിരവധിയായ പക്ഷികൾ ഇവയെയൊക്കെയും വൻതോതിലാണ് നായാട്ടുകാർ നിർദയം കൊന്നൊടുക്കിയത്. കൊമ്പ്, തുകൽ, നഖങ്ങൾ, തൂവൽ എന്നിവയ്ക്കൊക്കെ വേണ്ടിയാണ് ഈ ക്രൂരതകളൊക്കെയും. പല ജീവിവർഗങ്ങളെയും വംശനാശഭീഷണിയിലേക്ക് തള്ളിവിടുന്നതിന് ഇത് കാരണമായിട്ടുണ്ട്.

പ്രകൃതിയെയും പ്രകൃതിവിഭവങ്ങളെയും സംരക്ഷിക്കുന്നതിനുവേണ്ടിയുള്ള അന്താരാഷ്ട്ര സംഘടന – ഇന്റർനാഷണൽ യൂണിയൻ ഓഫ് നേച്ചർ ആന്റ് നാചറൽ റിസോഴ്സ് IUCN വംശനാശഭീഷണി നേരിടുന്ന സസ്യങ്ങളുടെയും ജന്തുക്കളുടെയും സംരക്ഷണാർഥം അവയെ മൂന്നു വിഭാഗങ്ങളായി തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

വംശനാശഭീഷണി നേരിടുന്ന ജീവിവർഗങ്ങൾ

ഭൂമുഖത്തുനിന്നും തുടച്ചുനീക്കപ്പെടാൻ സാധ്യതയുള്ള/അന്യംനിന്നുപോകാൻ സാധ്യതയുള്ള ജീവിവർഗങ്ങളാണ് ഈ വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്. IUCN ആഗോളതലത്തിൽ വംശനാശ ഭീഷണിനേരിടുന്ന ജീവിവർഗങ്ങളുടെ വിവരങ്ങൾ ചെംപട്ടികയായി (Red List) പ്രസിദ്ധീകരിക്കുന്നു.

ചിത്രം 16.2 — ചുവന്ന പാൻഡ — വംശനാശഭീഷണി നേരിടുന്ന ഒരു ജീവി

ചിത്രം 16.3 — സെൻകേരിയ സെബാസ്റ്റിനെയ് അഗസ്ത്യകൂടത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന അതീവവംശനാശ ഭീഷണി നേരിടുന്ന ഒരിനം പൂവ്

വംശനാശസാധ്യതയുള്ള ജീവിവർഗങ്ങൾ

സംരക്ഷണത്തിനുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങൾ കൈക്കൊണ്ടില്ലെങ്കിൽ അനതിവിദൂരഭാവിയിൽ വംശനാശം സംഭവിച്ചേക്കാവുന്ന ജീവിവർഗങ്ങളാണ് ഈ വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്. ഇവയുടെ എണ്ണം തീരെ കുറഞ്ഞുപോയിട്ടുള്ളതിനാൽ സംരക്ഷണം കൂടാതെ ഇവ നിലനിൽക്കാൻ സാധ്യത കുറവാണ്.

അപൂർവജീവിവർഗങ്ങൾ

ലോകത്ത് ഈ ജീവിവർഗങ്ങളുടെ എണ്ണം തീരെക്കുറവാണ്; പരിമിതമായ പ്രദേശങ്ങളിലോ അതിവിസ്തൃതമായ പ്രദേശങ്ങളിൽ അങ്ങിങ്ങായോമാത്രം കാണപ്പെടുന്ന ജീവിവർഗങ്ങളെയാണ് ഈ വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളത്.

ജൈവവൈവിധ്യ സംരക്ഷണം

മനുഷ്യന്റെ നിലനിൽപ്പിന് ജൈവവൈവിധ്യം ഏറെ പ്രധാനമാണ്. എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും തമ്മിൽ ഏറെ

ചിത്രം 16.4 : ഹംബോഡ്ട്ടിയ ഡിക്കാൻസ് ബെഡ്ഡ് — പശ്ചിമഘട്ടത്തിലെ ഒരു തനത് അപൂർവ വൃക്ഷയിനം

അടുത്ത ബന്ധമാണുള്ളത്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ഒരു ജീവവർഗത്തിനുണ്ടാകുന്ന ആഘാതം മറ്റുള്ളവരുടെ സന്തുലിതാവസ്ഥയെ ബാധിക്കും. സസ്യജന്തുവർഗങ്ങളുടെ വംശനാശം പരിസ്ഥിതിയുടെ അപചയത്തിനും അതുവഴി മനുഷ്യന്റെ നിലനിൽപ്പുതന്നെ അപകടത്തിലാകുന്നതിനും കാരണമാകും. നമ്മുടെ ദൈനംദിനപ്രവർത്തനങ്ങളും വികസന പദ്ധതികളുമൊക്കെ സുസ്ഥിരവും പരിസ്ഥിതി സൗഹൃദപരവുമായി പുനക്രമീകരിക്കാനും പരിസ്ഥിതി സൗഹാർദ്ദപരമായ പ്രവർത്തനങ്ങൾ സ്വീകരിക്കാനും ജനങ്ങളെ അടിയന്തിരമായി പഠിപ്പിക്കേണ്ടതുണ്ട്. തദ്ദേശവാസികളായ ജനസമൂഹങ്ങളുടെയും വ്യക്തികളുടെയും സഹകരണത്തോടെയും പങ്കാളിത്തത്തോടെയും മാത്രമേ ഇത്തരത്തിൽ സുസ്ഥിരസംരക്ഷണ മാർഗങ്ങൾ അവലംബിക്കാൻ കഴിയൂ എന്ന് ഇന്ന് ഏറെക്കുറെ എല്ലാവർക്കും ബോധ്യപ്പെട്ട കാര്യമാണ്. ഇതിന് പ്രാദേശികമായ സംവിധാനങ്ങൾ വികസിപ്പിക്കേണ്ടതുണ്ട്. ജീവജാലങ്ങളുടെയോ അവയുടെ വാസസ്ഥാനങ്ങളുടെയോ സംരക്ഷണത്തേക്കാൾ പ്രധാനപ്പെട്ട പ്രശ്നമാണ് സംരക്ഷണപ്രക്രിയയുടെ തുടർച്ച.

1992 ജൂണിൽ ബ്രസീലിലെ റിയോ ഡി ജനൈറോയിൽവച്ച് നടന്ന ഉച്ചകോടിയിൽ മറ്റ് 155 രാഷ്ട്രങ്ങളോടൊപ്പം ഇന്ത്യയും ഒരു കരാറിൽ ഒപ്പുവയ്ക്കുകയുണ്ടായി. ഇതുപ്രകാരം ജൈവവൈവിധ്യസംരക്ഷണത്തിനായി താഴെ പറയുന്ന മാർഗങ്ങൾ അവലംബിക്കേണ്ടതാണെന്ന് നിർദേശിക്കുകയുണ്ടായി:

(i) വംശനാശഭീഷണി നേരിടുന്ന ജീവിവർഗങ്ങളുടെ സംരക്ഷണത്തിനായുള്ള നടപടികൾ കൈക്കൊള്ളണം.

(ii) ജീവജാലങ്ങൾ അന്യംനിന്നുപോകുന്നതു തടയുന്നതിന് കൃത്യമായ ആസൂത്രണവും പരിപാലനവും ആവശ്യമാണ്.

(iii) വൈവിധ്യമാർന്ന ഭക്ഷ്യവിളകൾ, കാലിമേയ്ക്കലിനാവശ്യമായ സസ്യങ്ങൾ, തടി ആവശ്യങ്ങൾക്കുള്ള വൃക്ഷങ്ങൾ, കന്നുകാലികൾ, അവയുടെ വന്യബന്ധുക്കൾ എന്നിവയെ സംരക്ഷിക്കണം.

(iv) ഓരോ രാജ്യവും അവിടത്തെ ജീവിവർഗങ്ങളുടെ വന്യബന്ധുക്കളുടെ ആവാസകേന്ദ്രങ്ങൾ കണ്ടെത്തുകയും അവയുടെ സംരക്ഷണം ഉറപ്പുവരുത്തുകയും ചെയ്യണം.

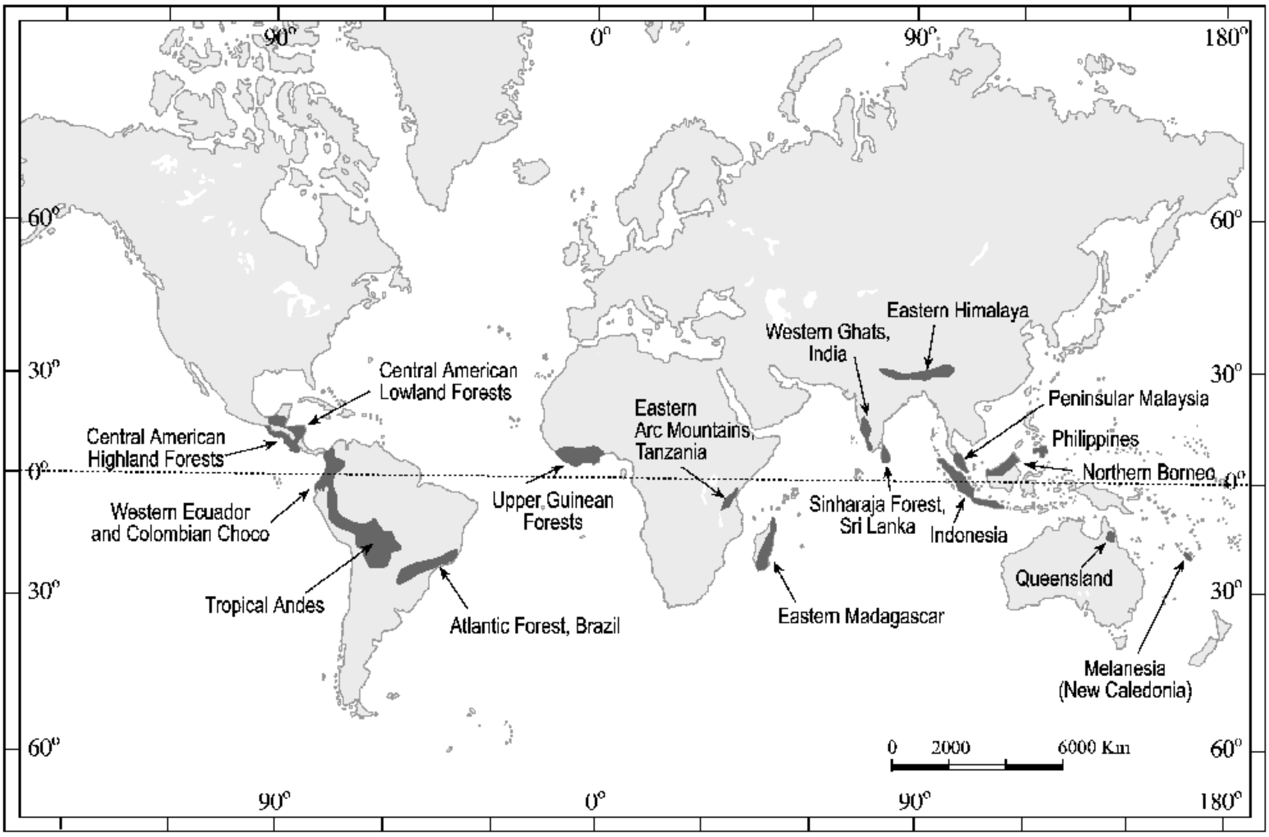
(v) ജീവിവർഗങ്ങൾ വളരുകയും പ്രജനനം നടത്തുകയും കുഞ്ഞുങ്ങളെ പോറ്റിവളർത്തുകയും വിശ്രമിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന സ്വാഭാവിക ആവാസകേന്ദ്രങ്ങളെ സംരക്ഷിക്കേണ്ടതാണ്.

(vi) വന്യജീവികളുടെയും വനസസ്യങ്ങളുടെയും അന്താരാഷ്ട്രവ്യാപനം നിയന്ത്രിക്കുക.

പ്രാകൃതിക അതിരുകൾക്കുള്ളിൽ ജീവിവർഗങ്ങളുടെ സംരക്ഷണവും വ്യത്യസ്തജീവിവർഗങ്ങളുടെ വ്യാപനവും ലക്ഷ്യമാക്കിയാണ് ഇന്ത്യാ ഗവൺമെന്റ് 1972-ൽ വന്യജീവി ആക്ട് (സംരക്ഷണം) പാസാക്കിയത്. ഇതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് രാജ്യത്തിന്റെ തിരഞ്ഞെടുക്കപ്പെട്ട ഭാഗങ്ങളിൽ ദേശീയോദ്യാനങ്ങളും, വന്യജീവിസങ്കേതങ്ങളും ജൈവമണ്ഡല റിസർവുകളും പ്രഖ്യാപിച്ചിട്ടുള്ളത്. ജൈവമണ്ഡലങ്ങളുടെ വിശദാംശങ്ങൾ ഇന്ത്യ: ഭൗതിക പരിസ്ഥിതി (NCERT, 2006) എന്ന പുസ്തകത്തിൽ നൽകിയിട്ടുണ്ട്.

ഉഷ്ണമേഖലയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ചില രാജ്യങ്ങൾ ജൈവവൈവിധ്യത്താൽ സമൃദ്ധമാണ്. മെഗാ ഡൈവേഴ്സിറ്റി സെന്ററുകൾ എന്നാണീ രാജ്യങ്ങൾ അറിയപ്പെടുന്നത്. ഇത്തരത്തിൽ 12 രാജ്യങ്ങളുണ്ട്. മെക്സിക്കോ, കൊളംബിയ, ഇക്വഡോർ, പെറു, ബ്രസീൽ, കോംഗോ ഡെമോക്രാറ്റിക് റിപ്പബ്ലിക്, മഡഗാസ്കർ, ചൈന, ഇന്ത്യ, മലേഷ്യ, ഇൻഡോനേഷ്യ, ആസ്ട്രേലിയ എന്നിവിടങ്ങളിലാണ് ഈ കേന്ദ്രങ്ങൾ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്.

വംശനാശഭീഷണി ഏറ്റവുമധികം നിലനിൽക്കുന്ന പ്രകൃതിലോല പ്രദേശങ്ങളിലെ വിഭവങ്ങളുടെ സംരക്ഷണം മുൻനിർത്തി ഇന്റർനാഷണൽ യൂണിയൻ ഫോർ ദി കൺസർവേഷൻ ഓഫ് നേച്ചർ ആന്റ് നാചറൽ റിസോഴ്സസ് (IUCN) ചില പ്രദേശങ്ങളെ 'ജൈവവൈവിധ്യ അതീവപ്രാധാന്യമുള്ള ജൈവമേഖലകൾ' (Biodiversity hot spots) ആയി കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട് (ചിത്രം 16.5). സസ്യജാലങ്ങളുടെ ഇനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് അതിവൃദ്ധിമേഖലകളെ നിർവചിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 16.5: ലോകത്തിലെ അതീവപ്രാധാന്യമുള്ള ആവാസമേഖലകൾ

ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ പ്രാഥമികമായ ഉൽപാദനം നിശ്ചയിക്കുന്നവ എന്ന നിലയിൽ സസ്യങ്ങൾ ഏറെ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു. ഒട്ടുമിക്ക അതീവപ്രാധാന്യമുള്ള ജൈവമേഖലകളിലും സമ്പന്നമായ വർഗവൈവിധ്യം, വാണിജ്യപ്രാധാന്യമുള്ള തടി, വിറക്, കൃഷിയിടങ്ങൾ, ആഹാരം എന്നിവയുണ്ട്. ഉദാഹരണത്തിന്, മഡഗാസ്കറിലെ സസ്യജന്തുവർഗങ്ങളിൽ 85 ശതമാനത്തോളവും ലോകത്തിന്റെ ഇതരഭാഗങ്ങളിലെങ്ങും ഇല്ലാത്തവയാണ്. സമ്പന്നരാജ്യങ്ങളിലെ അതിവൃദ്ധിമേഖലകൾ പലതരം സമ്മർദങ്ങൾ അഭിമുഖീകരിക്കുന്നുണ്ട്. ഹവായ് ദ്വീപുകളിലെ സവിശേഷമായ പല സസ്യജന്തുജാലങ്ങളും വികസനപ്രവർത്തനങ്ങൾമൂലവും പുതിയ വർഗങ്ങളെ വ്യാപിപ്പിച്ചതുമൂലവും ഇന്ന് ഭീഷണിയിലാണ്.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയുത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.
   - (i) ജൈവവൈവിധ്യസംരക്ഷണം എന്തിനുവേണ്ടി?
     - (a) മൃഗങ്ങൾ
     - (b) ജന്തുക്കളും സസ്യങ്ങളും
     - (c) സസ്യങ്ങൾ
     - (d) എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും
   - (ii) നാശോന്മുഖമായ ജീവിവർഗങ്ങൾ എന്നത്:
     - (a) മറ്റുള്ളവയ്ക്ക് ഭീഷണിയായവ
     - (b) കടുവയും സിംഹവും
     - (c) ധാരാളം എണ്ണമുള്ളവ
     - (d) വംശനാശം സംഭവിക്കാൻ സാധ്യതയുള്ളവ
   - (iii) ദേശീയോദ്യാനങ്ങളും വന്യജീവിസങ്കേതങ്ങളും ആരംഭിച്ചതിന്റെ ഉദ്ദേശം:
     - (a) വിനോദം
     - (b) വേട്ടയാടൽ
     - (c) വളർത്തുമൃഗങ്ങൾ
     - (d) സംരക്ഷണം
   - (iv) സമൃദ്ധമായ ജൈവവൈവിധ്യമുള്ളത്:
     - (a) ഉഷ്ണമേഖല
     - (b) ധ്രുവപ്രദേശങ്ങൾ
     - (c) മിതോഷ്ണമേഖല
     - (d) സമുദ്രങ്ങൾ
   - (v) 1992–ലെ ഭൗമ ഉച്ചകോടി നടന്ന രാജ്യമേത്?
     - (a) യു.കെ.
     - (b) മെക്സിക്കോ
     - (c) ബ്രസീൽ
     - (d) ചൈന
2. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കുകളിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   - (i) എന്താണ് ജൈവവൈവിധ്യം?
   - (ii) ജൈവവൈവിധ്യത്തിന്റെ വിവിധ തലങ്ങളേവ?
   - (iii) 'അതിവൃദ്ധിമേഖല' എന്നതുകൊണ്ട് നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കുന്നതെന്ത്?
   - (iv) മനുഷ്യരാശിക്ക് മൃഗങ്ങളുടെ പ്രാധാന്യമെന്ത്?
   - (v) 'വൈദേശിക ജീവിവർഗങ്ങൾ' എന്നതുകൊണ്ട് നിങ്ങൾ അർഥമാക്കുന്നതെന്ത്?
3. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കുകളിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   - (i) പ്രകൃതിയുടെ ക്രമം രൂപപ്പെടുന്നതിൽ ജൈവവൈവിധ്യത്തിന്റെ പങ്കെന്ത്?
   - (ii) ജൈവവൈവിധ്യത്തിന്റെ നാശത്തിനുള്ള മുഖ്യകാരണങ്ങൾ എന്തൊക്കെ? അവ തടയുന്നതിനായി കൈക്കൊള്ളാവുന്ന നടപടികളെന്തൊക്കെ?

പ്രോജക്ട് പ്രവർത്തനം

നിങ്ങളുടെ സംസ്ഥാനത്തിലെ ജൈവമണ്ഡലങ്ങൾ, വന്യജീവി സങ്കേതങ്ങൾ, ജൈവമണ്ഡല റിസർവുകൾ എന്നിവയുടെ സ്ഥാനം ഇന്ത്യയുടെ രൂപരേഖയിൽ അടയാളപ്പെടുത്തി പേര് നൽകുക.

പദസഞ്ചയം (Glossary)

അജൈവികം (Abiotic): ജീവനില്ലാത്ത വസ്തുക്കൾ. പ്രധാനമായും ഒരു ജീവിയുടെ ചുറ്റുപാടിലെ രാസഭൗതികഘടകങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

അഡയാബാറ്റിക് താപനഷ്ടനിരക്ക് (Adiabatic Lapse Rate): വായുസഞ്ചയം ഉയരുകയോ താഴുകയോ ചെയ്യുന്നതിന്റെ ഫലമായി അതിന്റെ താപനിലയിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റത്തിന്റെ നിരക്ക്. അഡയാബാറ്റിക്കിതരപ്രക്രിയകളില്ലെങ്കിൽ വായുവിന്റെ വികാസം കാരണം ഓരോ 100 മീറ്ററിനും 0.98° C എന്ന നിരക്കിൽ താപം കുറയുന്നു. അന്തരീക്ഷവായു താഴ്ന്നിറങ്ങുമ്പോൾ ഇതിനു വിപരീതമാണ് സംഭവിക്കുക. താഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന വായു ഞെരുക്കപ്പെടുന്നു. ഈ സമ്മർദം വായുവിന്റെ താപനില ഓരോ മീറ്ററിനും 0.98° എന്ന തോതിൽ വർധിക്കുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു.

വായുസഞ്ചയം (Air Mass): ഉത്ഭവപ്രദേശം മുതൽ 100–1000 കിലോമീറ്റർവരെ തിരശ്ചീനതലത്തിൽ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്നതും താപം, ആർദ്രത തുടങ്ങിയവയിൽ സമാനസവിശേഷതകൾ പുലർത്തുന്നതുമായ വായുപിണ്ഡങ്ങളാണിവ. ഉത്ഭവപ്രദേശത്ത് കുറച്ച് കാലയളവിൽ സ്ഥിരാവസ്ഥയിൽ നിലനിൽക്കുന്നതിലൂടെയാണ് വായുസഞ്ചയങ്ങൾ അവയുടെ കാലാവസ്ഥാസവിശേഷതകൾ വികസിപ്പിക്കുന്നത്. ഊഷ്മാവിന്റേയും ആർദ്രതയുടെയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ വായുസഞ്ചയങ്ങളെ തരംതിരിക്കാവുന്നതാണ്.

സൂര്യോച്ചം (Aphelion): ഭൂമി അതിന്റെ ഭ്രമണപഥത്തിൽ സൂര്യനിൽനിന്നും ഏറ്റവും അകന്നിരിക്കുന്ന അവസ്ഥ (152.5 ദശലക്ഷം കിലോമീറ്റർ). ജൂലൈ 3–നോ 4–നോ ആണ് സൂര്യോച്ചം സംഭവിക്കുന്നത്.

അസ്തനോസ്ഫിയർ (Asthenosphere): മാന്റിലിന്റെ ഭാഗമായ അർധദ്രവാവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടുന്ന പാളി. ശിലാമണ്ഡലത്തിന് തൊട്ടുതാഴെയായി 100–200 കിലോമീറ്ററിന് ഇടയിലായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു.

അന്തരീക്ഷമർദം (Atmospheric Pressure): അന്തരീക്ഷം ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ചെലുത്തുന്ന ഭാരം. സമുദ്രനിരപ്പിലെ ശരാശരി അന്തരീക്ഷമർദം 1013.25 മില്ലീബാറാണ്. മർദം അളക്കാനുള്ള ഉപകരണമാണ് ബാരോമീറ്റർ.

ധ്രുവദീപ്തി (Aurora): മധ്യ ഉന്നത അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിൽനിന്നും നോക്കുമ്പോൾ ധ്രുവപ്രദേശങ്ങൾക്ക് മുകളിലായി അയണോസ്ഫിയറിൽ കാണപ്പെടുന്ന വിവിധ വർണങ്ങളിലുള്ള പ്രകാശം. സൗരവാതം അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഓക്സിജനും നൈട്രജനുമായി സമ്പർക്കത്തിലാകുന്നതാണ് ധ്രുവദീപ്തി രൂപപ്പെടാൻ കാരണം. ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ ഇത് ഉത്തര ധ്രുവദീപ്തി (aurora borealis) എന്നും ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിൽ ദക്ഷിണ ധ്രുവദീപ്തി (aurora australis) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു.

ബാത്തോലിത്ത് (Batholith): മാന്റിലിൽനിന്നും പുറത്തേക്കുവരുന്ന ശിലാദ്രവം ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ ഉള്ളിലായി തണുത്തുറഞ്ഞ് രൂപപ്പെടുന്ന ഏറ്റവും വലിയ ആന്തരാഗ്നേയ രൂപങ്ങളാണ് ബാത്തോലിത്തുകൾ

മഹാവിസ്ഫോടനം (Big Bang): പ്രപഞ്ചോൽപ്പത്തിയെ സംബന്ധിച്ച സിദ്ധാന്തം. ഏകദേശം 15 ശതകോടി വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പ് പ്രപഞ്ചത്തിലെ എല്ലാ ദ്രവ്യവും ഊർജവും ആറ്റത്തേക്കാൾ ചെറിയ ഒരു കണികയിൽ കേന്ദ്രീകരിച്ചിരുന്നു. ഈ സമയം സ്ഥല, കാല, ദ്രവ്യ സങ്കൽപ്പങ്ങൾ ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. ഈ കണികയ്ക്ക് പെട്ടെന്നുണ്ടായ ഒരു മഹാവിസ്ഫോടനത്തിലൂടെ അതിവേഗം പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുകയും സ്ഥല, കാല, ദ്രവ്യ, ഊർജ സങ്കൽപ്പങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുകയും ചെയ്തു. പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ദ്രവ്യം കൂടിച്ചേർന്ന് വാതകമേഘങ്ങളും നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും രൂപംകൊണ്ടു. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഈ വികാസപ്രക്രിയയ്ക്ക് പരിധിയുണ്ടെന്നും ഇത് ഒരുനാൾ നിലയ്ക്കുമെന്നും തുടർന്ന് പ്രപഞ്ചം ചുരുങ്ങാൻ തുടങ്ങുകയും മഹാസങ്കോചമെന്ന അവസ്ഥയിലേക്കെത്തുമെന്നുമാണ് ചില ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ നിഗമനം.

ജൈവവൈവിധ്യം (Biodiversity): ജീവിവർഗങ്ങളുടെ വൈവിധ്യം, ഓരോ ജീവിവർഗത്തിലെയും അംഗങ്ങളിലെ ജനിതകവൈവിധ്യം, ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ വൈവിധ്യം.

ജൈവപിണ്ഡം (Biomass): ഒരു നിശ്ചിതസ്ഥലത്തെ ഒരു നിശ്ചിത സമയത്തുള്ള ജീവകലകളുടെ ആകെ ഭാരമാണ് ജൈവപിണ്ഡം. ജീവികളുടെ മൃതഭാഗങ്ങളായ മുടി, നഖം, സസ്യങ്ങളുടെ തൊലി എന്നിവയും ഇതിലുൾപ്പെടുത്താം.

ജൈവസമൂഹം (Biome): ഭൂമിയിലെ സസ്യങ്ങളും അവയോട് ബന്ധപ്പെട്ട മൃഗങ്ങളെയും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന വലിയ സമൂഹമാണ് ജൈവസമൂഹം. കാലാവസ്ഥയാണ് ജൈവസമൂഹങ്ങളുടെ വിതരണത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത്.

കാൽസീകരണം (Calcification): വരണ്ട പരിസ്ഥിതിയിലെ മണ്ണ് രൂപീകരണപ്രക്രിയ. ഇതിന്റെ ഫലമായി ഉപരിതലമൺപാളികളിൽ ചുണ്ണാമ്പ് അടിഞ്ഞുകൂടുന്നു.

കാൽഡെറ അഗ്നിപർവതം (Caldera Volcano): ഏറ്റവും വിസ്ഫോടകമായ അഗ്നിപർവതങ്ങളാണിവ. അഗ്നിപർവതമുഖം തകർന്നടിഞ്ഞ് രൂപംകൊള്ളുന്ന വിശാലഗർത്തങ്ങളാണ് കാൽഡെറകൾ. ഈ ഗർത്തങ്ങൾക്ക് ചിലപ്പോൾ 40 കിലോമീറ്ററിലധികം വ്യാസമുണ്ടാകും. ഗ്രാനൈറ്റ് കലർന്ന ഈർപ്പമുള്ള മാഗ്മ ഉപരിതലത്തിലേക്ക് അതിവേഗം എത്തിച്ചേരുമ്പോഴാണ് ഇത്തരം അഗ്നിപർവതങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്.

ക്ലോറോഫ്ളൂറോ കാർബണുകൾ (Chlorofluoro carbons-CFCs): കൃത്രിമമായി രൂപംകൊള്ളുന്ന ഒരു വാതകം. ഈ വാതകം ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ കേന്ദ്രീകരിച്ച് കാണപ്പെടുന്നു. അതിശക്തമായ ഹരിതഗൃഹവാതകമായ ഇത് സ്പ്രേ, റഫ്രിജറേറ്ററുകൾ, പെയിന്റ്, പുകപടലങ്ങൾ എന്നിവയിൽനിന്നും ധാരാളമായി പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു.

സിറോക്യുമുലസ് മേഘങ്ങൾ (Cirrocumulus Clouds): ഐസ് പരലുകൾചേർന്ന് രൂപംകൊള്ളുന്നതും വേർപെട്ട് അങ്ങിങ്ങായി ചിതറി വെളുപ്പ് നിറത്തിൽ കാണുന്നതുമായ ഉന്നതതല മേഘങ്ങളാണിവ. 500 മുതൽ 1800 മീറ്റർവരെ ഉയരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

സിറോസ്ട്രാറ്റസ് മേഘങ്ങൾ (Cirrostratus Clouds): ഷീറ്റുപോലെ കാണപ്പെടുന്ന ഉന്നതതല മേഘങ്ങളായ ഇവ കുമിഞ്ഞ് പലപ്പോഴും ആകാശം മുഴുവൻ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്നു. 5000 മുതൽ 18000 മീറ്റർവരെ ഉയരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

ശീതവാതമുഖം (Cold Front): ഒരു ശീതവായു സഞ്ചയം ഉഷ്ണവായുസഞ്ചയത്തിനടുത്തേക്ക് നീങ്ങുകയും ഉഷ്ണവായു സഞ്ചയത്തിനെ പൂർണമായും മാറ്റുകയും ചെയ്യുന്ന അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഒരു സംക്രമണമേഖലയാണിത്.

വൻകരാഭൂവൽക്കം (Continental Crust): വൻകരകൾക്ക് രൂപംകൊടുക്കുന്ന ഭൂവൽക്കത്തിലെ ഗ്രാനൈറ്റ് നിറഞ്ഞഭാഗം. വൻകരാഭൂവൽക്കത്തിന്റെ വ്യാപ്തി 20 മുതൽ 75 കിലോമീറ്റർവരെയാണ്.

കോറിയോലിസ് ബലം (Coriolis Force): ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ മുകളിലൂടെ ചലിക്കുന്ന വസ്തുക്കളിന്മേൽ ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണംമൂലം അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം. ഇതിന്റെ ഫലമായി വസ്തുക്കൾ ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ സഞ്ചാരദിശയുടെ വലത്തോട്ടും ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിൽ സഞ്ചാരദിശയുടെ ഇടത്തോട്ടും വ്യതിചലിക്കപ്പെടുന്നു. ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്ത് കോറിയോലിസ് ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നില്ല. മിതോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ, ഹരിക്കെയ്നുകൾ, പ്രതിചക്രവാതങ്ങൾ എന്നിവയുടെ സഞ്ചാരദിശയെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ബലമാണിത്.

ക്യുമുലസ് മേഘങ്ങൾ (Cumulus Cloud): പരന്ന ചുവട് ഭാഗത്തോടുകൂടി കാണുന്ന വലിയ മേഘക്കൂട്ടങ്ങളാണിവ. 300 മുതൽ 2000 മീറ്റർ ഉയരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

ക്യുമുലോ നിംബസ് മേഘം (Cumulonimbus Cloud): ലംബതലത്തിൽ വികാസം പ്രാപിച്ച് മുകൾഭാഗം പരന്ന മേഘങ്ങളാണിവ. ഉപരിതലത്തിൽനിന്നും 100 മീറ്റർ മുതൽ 12000 മീറ്റർവരെ ഉയരത്തിൽ ഇവ വ്യാപിച്ച് കിടക്കാറുണ്ട്.

മരുത്തറ (Desert Pavement): കാറ്റിന്റെ അപരദനപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായി നേർത്ത തരികൾ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിനെത്തുടർന്ന് ഉപരിതലത്തിൽ അവശേഷിക്കുന്ന പരുക്കൻ ശിലാവശിഷ്ടങ്ങളുടെ നേർത്തപാളിയാണ് മരുത്തറ.

ഭൂകമ്പം (Earthquake): ഭൂമിക്ക് പെട്ടെന്നുണ്ടാകുന്ന ഒരു ചലനമോ കമ്പനമോ ആണ് ഭൂകമ്പം. തരംഗങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയിലെ ഊർജം മോചിപ്പിക്കപ്പെടുകയും പുറത്തേക്ക് അതിവേഗം പ്രസരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതാണ് ഈ കമ്പനത്തിന് കാരണം.

ഭൂകമ്പ പ്രഭവകേന്ദ്രം (Earthquake Focus): ഭൂകമ്പം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ഭൂവൽക്കത്തിനുള്ളിൽനിന്നും ഊർജം മോചിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന കേന്ദ്രമാണ് ഭൂകമ്പപ്രഭവകേന്ദ്രം (ഹൈപ്പോസെന്റർ എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു).

വേലിയിറങ്ങൽ (Ebb Tide): ഒരു വേലിയേറ്റത്തിൽനിന്നും വേലിയിറക്കത്തിലേക്ക് കടലിലെ ജലനിരപ്പ് താഴുന്ന കാലയളവാണ് വേലിയിറങ്ങൽ.

ആവാസവ്യവസ്ഥ (Ecosystem): ജീവനുള്ളതും ജീവനില്ലാത്തതുമായ ഘടകങ്ങളുടെ പരസ്പരബന്ധത്തിലൂടെയും പരസ്പര ആശ്രയത്വത്തിലൂടെയും ഒരു നിശ്ചിത ആവാസസ്ഥലത്ത് നിലനിൽക്കുന്ന വ്യവസ്ഥ.

എൽനിനോ (El Nino): ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ ഇക്വഡോർ, പെറു തീരപ്രദേശങ്ങളിലെ സമുദ്രോപരിതലത്തിൽ ചൂടുള്ള ഉഷ്ണജലം രൂപപ്പെടാറുള്ള ഒരു പ്രതിഭാസമാണ് എൽനിനോ. ലോകത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലെ കാലാവസ്ഥാപ്രവചനം ഈ പ്രതിഭാസത്തെ നിരീക്ഷിച്ച് നടത്താറുണ്ട്. ക്രിസ്തുമസിനോടടുത്ത സമയങ്ങളിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന ഈ പ്രതിഭാസം ഏതാനും ആഴ്ചകളിലും ചിലപ്പോൾ മാസങ്ങളോളവും നിലനിൽക്കുന്നു.

അധികേന്ദ്രം (Epicentre): ഭൂകമ്പ ഊർജതരംഗങ്ങൾ ഉത്ഭവിക്കുന്ന ഭൂകമ്പപ്രഭവകേന്ദ്രത്തിന് ഏറ്റവും അടുത്തായി ഭൗമോപരിതലത്തിലുള്ള ബിന്ദുവാണ് അധികേന്ദ്രം.

ആഗോളതാപനം (Global Warming): ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങളുടെ വർധനവുകാരണം ഭൂമിയുടെ ശരാശരി താപനിലയിലുണ്ടാകുന്ന വർധനവ്.

ഭൗമകാന്തികത (Geomagnetism): ശിലാരൂപീകരണസമയത്ത് കാന്തികസ്വഭാവമുള്ള ധാതുക്കൾ ഭൂമിയുടെ കാന്തികമണ്ഡലത്തിനനുകൂലമായി ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്ന സവിശേഷത.

ഭൂവിക്ഷേപവാതം (Geostrophic Wind): അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉയർന്ന വിതാനങ്ങളിൽ സമ മർദരേഖകൾക്ക് സമാന്തരമായി വീശുന്ന തിരശ്ചീനതലത്തിലുള്ള കാറ്റുകളാണിവ. കൊറിയോലിസ് ബലവും മർദചരിവുമാന ബലവും സന്തുലിതമാക്കപ്പെടുന്നതിന്റെ ഫലമായാണിവ രൂപംകൊള്ളുന്നത്.

ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവം (Greenhouse Effect): ദീർഘതരംഗങ്ങളുടെ വികിരണത്തിലൂടെയും ആഗിരണത്തിലൂടെയും ഭൗമോപരിതലത്തിലും അന്തരീക്ഷത്തിനുള്ളിലും താപോർജത്തെ തടഞ്ഞുനിർത്താൻ ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവം കാരണമാകുന്നു.

ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ (Greenhouse Gases): ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവത്തിനു കാരണമാകുന്ന വാതകങ്ങൾ. കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് (CO_2); മീഥേയ്ൻ (CH_4); നൈട്രസ് ഓക്സൈഡ് (N_2O); ക്ലോറോഫ്ളൂറോ കാർബണുകൾ (CFC); ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിലെ ഓസോൺ (O_3) തുടങ്ങിയവയാണ് പ്രധാന ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ.

ആവാസം (Habitat): ഒരു സസ്യമോ, ജന്തുവോ ജീവിക്കുന്ന ഇടം.

ആലിപ്പഴം (Hail): ഉരുണ്ട ചെറിയ ഐസ് കഷണങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ ഭൂമിയിൽ പെയ്തിറങ്ങുന്ന വർഷണത്തിന്റെ ഒരു രൂപമാണ് ആലിപ്പഴം. ഇവയ്ക്ക് 5 മില്ലിമീറ്റർ മുതൽ 190 മില്ലിമീറ്റർവരെ വ്യാസമുണ്ടാകാറുണ്ട്.

ഹാലോക്ലൈൻ (Halocline): ആഴം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ലവണാംശത്തിന്റെ തോത് കുത്തനെ വർധിച്ചുവരുന്ന സമുദ്രത്തിലെ ഒരു പ്രത്യേക മേഖല.

ജലാംശീകരണം (Hydration): ഒരുതരം രാസീയ അപക്ഷയം. ഒരു ധാതുവിലെ ആറ്റത്തിനോടും തന്മാത്രകളോടും H^+, OH^- എന്നീ അയോണുകൾ ദൃഢമായി കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെടുന്ന പ്രവർത്തനം.

ഹൈഡ്രോളിസിസ് (Hydrolysis): ശിലാധാതുക്കളിലെ അയോണുകളും ജലത്തിലെ അയോണുകളും (H^-, OH^-) തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായി പുതിയ സംയുക്തങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതിലൂടെ ശിലയ്ക്ക് വിഘടനം സംഭവിക്കുന്ന രാസീയ അപക്ഷയപ്രവർത്തനം.

അരിച്ചിറങ്ങൽ (Infiltration): ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ലഭിക്കുന്ന വർഷണത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗം ഭൂമിയുടെ ഉള്ളിലേക്ക് സുതാര്യമായ പാളികളിലൂടെ ഊർന്നിറങ്ങുന്ന പ്രവർത്തനം.

സൗരവികിരണം (Insolation): സൂര്യനിൽനിന്നും ഭൂമിയിലേക്കുവരുന്ന ഹ്രസ്വതരംഗ രൂപത്തിലുള്ള സൗരോർജപ്രവാഹം.

അന്തർ ഉഷ്ണമേഖലാ സംക്രമണമേഖല (Inter Tropical Convergence Zone - ITCZ): ഭൂമധ്യരേഖയോടടുത്ത് വായു ചൂടുപിടിച്ചുയരുന്നതിലൂടെ രൂപപ്പെടുന്ന ന്യൂനമർദമേഖല. വാണിജ്യവാതങ്ങളുടെ സംഗമവും ഉയർന്ന താപനംമൂലമുള്ള സംവഹനവുമാണ് വായു പ്രവാഹങ്ങൾ ചൂടുപിടിച്ചുയരാൻ കാരണം.

കാറ്റബാറ്റിക് കാറ്റ് (Katabatic Wind): പർവതചരിവുകളിൽനിന്നും താഴ്‌വരകളിലേക്കു വീശുന്ന കാറ്റുകളാണിവ.

കരക്കാറ്റ് (Land Breeze): കരയ്ക്കും കടലിനും ഇടയിലായി രൂപംകൊള്ളുന്ന പ്രാദേശിക താപസംക്രമണ വ്യവസ്ഥ. ഈ വ്യവസ്ഥയിൽ രാത്രികാലങ്ങളിൽ കാറ്റ് കരയിൽനിന്നും കടലിലേക്ക് വീശുന്നു.

ലാനിന (La Nina): എൽനിനോയുടെ വിപരീതപ്രതിഭാസമാണ് ലാനിന. ലാനിനയിൽ പസഫിക് സമുദ്രത്തിലെ ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്ത് വാണിജ്യവാതങ്ങൾ കൂടുതൽ ശക്തമാവുകയും പസഫിക്കിന്റെ മധ്യ-കിഴക്കൻ ഭാഗങ്ങളിൽ ശീതജലം അസാധാരണമായി കുമിഞ്ഞുകൂടുകയും ചെയ്യുന്നു.

ലീനതാപം (Latent Heat): ഒരു പദാർഥത്തെ അതിന്റെ ഉയർന്ന ദ്രവ്യാവസ്ഥയിലേക്കു (ഖരം > ദ്രാവകം > വാതകം) മാറ്റുന്നതിനാവശ്യമായ ഊർജം. പദാർഥം അതിന്റെ പൂർവ അവസ്ഥയിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുമ്പോൾ മോചിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതും (വാതകം > ദ്രാവകം > ഖരം) ഇതേ ഊർജം തന്നെയാണ്.

സപ്തമിവേലി (Neap Tide): ചന്ദ്രന്റെ ഒന്നാംപദത്തിലും അവസാനപാദത്തിലും 14-15 ദിവസങ്ങളുടെ ഇടവേളയിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന വേലിയാണ് സപ്തമിവേലി. സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും ആകർഷണബലം ഒന്നിനൊന്ന് ലംബമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനാൽ വേലികളുടെ അന്തരം കുറവായിരിക്കും.

നിംബോസ്ട്രാറ്റസ് മേഘങ്ങൾ (Nimbostratus Clouds): ഇരുണ്ട ചാരനിറത്തിലുള്ളതും ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനോടടുത്ത് താഴ്ന്നതലങ്ങളിൽ രൂപംകൊള്ളുന്നതുമായ ഈ മേഘങ്ങൾ മഴയുടേയോ മഞ്ഞിന്റേയോ രൂപത്തിൽ വർഷണത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ഭൗമോപരിതലം മുതൽ 3000 മീറ്റർ ഉയരംവരെയാണിവ കാണപ്പെടുന്നത്.

സംരുദ്ധ വാതമുഖം (Occluded Front): മുന്നേറുന്ന ശീതവായുസഞ്ചയം ഉഷ്ണവായുസഞ്ചയത്തെ മറ്റൊരു ശീതവായുസഞ്ചയത്തിനിടയിലേക്ക് തള്ളിക്കയറ്റുകവഴി ഉഷ്ണവായുവിനെ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉയർന്ന തലങ്ങളിലേക്കുയർത്തപ്പെടുന്ന സംക്രമണ മേഖല.

ഓസോൺ (Ozone): ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണുന്നതും മൂന്ന് ഓക്സിജൻ ആറ്റങ്ങൾ ചേർന്നതുമായ ഒരു വാതകമാണ് ഓസോൺ. സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിലാണ് ഓസോണിന്റെ സാന്നിധ്യം കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നത് (10-50 കിലോമീറ്റർ). സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള അൾട്രാവയലറ്റ് വികിരണങ്ങളെ ഇവ നേരിട്ട് ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിൽ ഓസോൺ പ്രകൃത്യാരൂപപ്പെടുകയും ഹാനികരമായ അൾട്രാവയലറ്റ് രശ്മികളിൽനിന്നും ജീവജാലങ്ങളെ സംരക്ഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഓസോൺ സുഷിരം (Ozone Hole): ഋതുഭേദങ്ങൾക്കനുസൃതമായി സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിലെ ഓസോണിലുണ്ടാകുന്ന വൻകുറവാണ് ഓസോൺസുഷിരം. ഇത് അന്റാർട്ടിക്കയിൽ വസന്തകാലത്ത് കൂടുതലായി സംഭവിക്കുന്നു. 1970–കളുടെ അവസാനത്തിലാണ് ഇത് ആദ്യമായി കണ്ടെത്തിയത്. CFC-പോലുള്ള വാതകങ്ങളുടെ സങ്കീർണരാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായാണ് ഓസോൺസുഷിരം രൂപംകൊള്ളുന്നത്.

പ്രാചീനകാന്തികത (Palaeomagnetism): ശിലകൾ രൂപംകൊള്ളുന്ന സമയത്ത് അവയിലെ കാന്തികഗുണമുള്ള ധാതുക്കൾ ഭൂമിയുടെ അപ്പോഴത്തെ കാന്തികധ്രുവത്തിനനുസൃതമായി ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്ന പ്രതിഭാസം.

പ്രകാശസംശ്ലേഷണം (Photosynthesis): സസ്യങ്ങളും ചിലയിനം ബാക്ടീരിയകളും, സൗരോർജം ആഗീരണം ചെയ്ത് ജൈവികസ്ഥിരീകരണം നടത്തുന്ന രാസപ്രക്രിയയാണ് പ്രകാശസംശ്ലേഷണം.

ഫലകചലനം (Plate Tectonics): ശിലാമണ്ഡലം അനേകം സമുദ്ര വൻകരാഫലകങ്ങളാൽ നിർമിതമാണെന്ന് ഈ സിദ്ധാന്തം അഭിപ്രായപ്പെടുന്നു. മാന്റിലിനുള്ളിലെ സംവഹന പ്രവാഹങ്ങളുടെ ഫലമായി ഈ ഫലകങ്ങൾക്ക് അസ്തനോസ്ഫിയറിനു മുകളിലൂടെ സാവകാശം തിരശ്ചീനമായി നീങ്ങാനുള്ള കഴിവുണ്ട്.

വർഷണം (Precipitation): മഴത്തുള്ളികൾ, മഞ്ഞ്, ആലിപ്പഴം തുടങ്ങിയ രൂപത്തിൽ മേഘങ്ങളിലെ ജലബാഷ്പം ഘനീഭവിച്ച് ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്ക് പതിക്കുന്നതാണ് വർഷണം. മഴ, മഞ്ഞുവീഴ്ച, മേഘവിസ്ഫോടനം, ആലിപ്പഴ വീഴ്ച തുടങ്ങിയവ വർഷണത്തിന്റെ വിവിധരൂപങ്ങളാണ്.

നീരൊഴുക്ക് (Runoff): വിവിധ ചാലുകളായി ഭൂപ്രതലത്തിലൂടെ ജലം ഒഴുകിയിറങ്ങുന്നതാണ് നീരൊഴുക്ക്.

സൗരവാതം (Solar Wind): സൂര്യനിൽനിന്ന് ശൂന്യാകാശത്തിലേക്ക് വിന്യസിക്കപ്പെടുന്ന അയോണീകൃത വാതകങ്ങൾ. ധ്രുവദീപ്തി രൂപംകൊള്ളുന്നതിൽ പ്രധാന പങ്കുവഹിക്കുന്നു.

അധോതല ഒഴുക്ക് (Subsurface flow): ഭൗമോപരിതലത്തിന് തൊട്ടുതാഴെക്കൂടിയുള്ള ജലത്തിന്റെ ഒഴുക്കാണിത്. മഴപെയ്യുമ്പോഴും മറ്റും ഭൂമിക്കുള്ളിലേക്കു അരിച്ചിറങ്ങുന്ന ജലം നദികളിലൂടെയും നീരുറവകളിലൂടെയും ഭൗമോപരിതലത്തിലെത്തി സമുദ്രങ്ങളിലേക്ക് ഒഴുകുന്നു. കരയുടെ ചരിവ്, മഴ, ഭൂഗർഭ ജലവിനിയോഗം എന്നിവ അധോതല ഒഴുക്കിനെ സ്വാധീനിക്കുന്നു.

തെർമോക്ലൈൻ (Thermocline): ജലാശയങ്ങളിൽ ലംബതലത്തിൽ ഏറ്റവുംമധികം താപവ്യതിയാനമുണ്ടാകുന്ന മേഖല. ഉഷ്ണജലമുള്ള ഉപരിതല പാളിയും അടിത്തട്ടിലെ ശീതജലമുള്ള പാളിയും കൂടിച്ചേരുന്ന ഒരു സംക്രമണമേഖലയാണിത്.