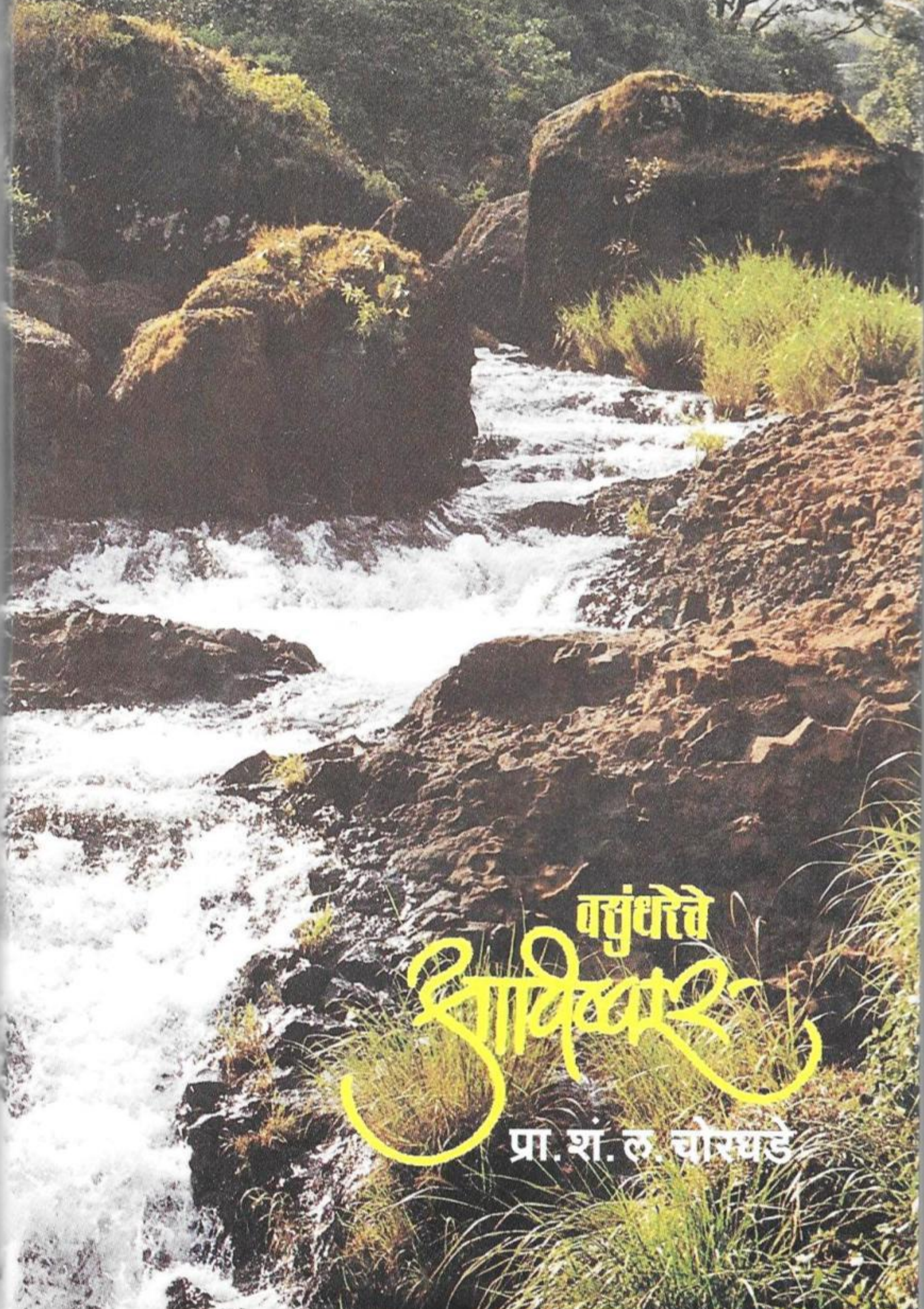

वसुंधरेचे
शिल्पकार
प्रा. शं. ल. चोरघडे

वसुंधरेचे

आविष्कार

प्रा. शं. ल. चोरघडे

अनिरुद्ध साहित्य

प्रकाशक/पुणे विद्यापीठ/लेखक
[illegible]
पुणे विद्यापीठ जयकर ग्रंथालयास भेट

AXB V:2
155 N3
358794

अनिरुद्ध साहित्य

वसुंधरेचे आविष्कार / प्रा. शं. ल. चोरघडे

■ © सुहासिनी चोरघडे

■ प्रकाशन सहकार्य
डॉ. मुकुंद चोरघडे
14, Carlson Circle,
Natick, MA 01760
U. S. A.

■ अक्षरजुळणी
अभिषेक टाइपसेटर्स
पुणे

■ मुद्रणस्थळ
मुद्रेखा
८३, शिवाजीनगर,
पुणे ४११ ००५

■ प्रकाशक
गजानन क्षीरसागर
अनिरुद्ध साहित्य
३२/९, अनुपम पार्क,
राहुलनगर जवळ.
कोथरूड, पुणे ४११ ०३८.

■ मुखपृष्ठ छायाचित्र
मदन तलाठी

■ मुखपृष्ठ रचना
सीगल ग्राफिक्स

■ प्रथमावृत्ती
२ एप्रिल २००३, गुढीपाडवा

■ मूल्य २५० रुपये

अखिल मानवजात प्रगत व्हावी.
मानवी जीवनात अनिर्बंध आनंद पसरावा
हेच विज्ञान संवर्धनाचे उद्दिष्ट असावे.
भोगात तृप्ती नाही; अतृप्तीतून अशांतता निर्माण होते.
वैज्ञानिक प्रगती ही कुठल्याही राष्ट्राची मक्तेदारी होऊ नये.
मानवी सुखदुःखांची त्यामुळे विषम वाटणी होते.
विज्ञान सर्वत्र पोहोचले पाहिजे. विज्ञानाने सर्वांचे जीवन
सुखाने व आनंदाने भरून निघाले पाहिजे.
मरण येत नाही म्हणून केवळ जगण्याऐवजी
मानवी आयुष्याच्या प्रत्येक क्षणात जीव ओतला पाहिजे.
आनंदाने आपले जीवन उजळून निघाले पाहिजे.
मानवी दुःखांचा भागाकार करून आनंदाचा गुणाकार करावा.
हेच वैज्ञानिकांचे आणि त्यांच्या संशोधनाचे ध्येय असावे.
जागतिक विश्वबंधुत्त्वाची आणि सहकार्याची कल्पना
साकार करण्याचा तोच एक मार्ग आहे...

समृद्ध भारताच्या विकासाचे स्वप्न उराशी बाळगून
त्या दिशेने पावलं टाकणाऱ्या
सर्व युवक-युवतींना.

पुरस्कार

सहज चाळायला म्हणून एखादे पुस्तक घ्यावे आणि त्यातच गुंगून जाऊन ते हातावेगळे केल्याशिवाय राहू नये असे प्रसंग क्वचितच येतात. अशा पुस्तकात हाताळले गेलेले विषय आपल्या स्वतःच्या विचारांवर खोल परिणाम घडवून आणतात. त्या पुस्तकातील आशय, पुस्तकात जागोजागी आढळणारे, विचारांना खाद्य पुरविणारे संदेशवजा लेखन मनात सतत घोळत रहाते. प्रा. चोरघडे यांचा 'वसुंधरेचे आविष्कार' हा ग्रंथ ह्याच योग्यतेचा आणि म्हणूनच क्वचितच आढळणारा आहे.

प्रा. चोरघडे उत्तम शास्त्रज्ञ होते. भारतीय हवामानशास्त्राच्या शाखेत त्यांनी खूप निरनिराळे उपक्रम केले. आणि कितीतरी उपक्रमांत सहभागी होऊन त्यांनी महत्त्वपूर्ण योगदानही दिले. प्रा. चोरघडे नुसते शास्त्रज्ञच नव्हते तर आपल्या जवळील ज्ञानसंचय सोप्या शब्दांत सर्वसामान्य वाचकांपर्यंत पोहोचविण्यासाठी अविरत धडपडणारे महान विचारवंतही होते. अवघडातला अवघड विषय अतिशय चपखल उदाहरणं आणि उपमा देऊन सर्वसामान्य वाचकांना खूप सोपा वाटावा अशा शैलीत मांडण्याची त्यांची हातोटी या ग्रंथात जागोजागी आढळेल.

या ग्रंथात प्रा. चोरघडे यांनी हाताळलेले विषय राष्ट्रीय तसेच जागतिक दृष्टीनेही महत्त्वाचे आहेत. पाणी, हवामान, वादळे, लोकसंख्येचा विस्फोट, भूकंप अशा विषयांची ते सोप्या शब्दांत परंतु शास्त्रीय पद्धतीने मांडणी करतात आणि त्याच वेळी या विषयांवर पूर्वी झालेल्या संशोधनाचा मागोवाही ते घेतात.

पाण्याचेच उदाहरण घ्या. जलचक्र, ढगांची निर्मिती, कृत्रिम पाऊस, पाणी साठविण्याची तंत्रे, पाण्याचा काळजीपूर्वक वापर करून पाण्याचा थेंब न् थेंब

वाचविण्यासाठी काय करायला हवे याची माहिती अतिशय तपशिलात आणि सुरस निवेदन पद्धतीने त्यांनी दिलेली आहे. एकविसाव्या शतकातील युद्धे तेलासाठी नव्हे तर पाण्यासाठी होतील असे ते सुचवितात. भारताने पाण्याच्या सुनियोजित वापराच्या दृष्टीने काय करायला हवे याची प्रखर जाणीव ते आपल्या लेखनातून करून देतात.

भारताची वाढती लोकसंख्या देशाचे कसे नुकसान करणार आहे याचे सुस्पष्ट चित्र अतिशय समर्थपणे प्रा. चोरघडे यांनी रेखाटलेले आहे. हे लेखन १९७० ते १९८० या दशकातील आहे. इ.स. २००० च्या सुमाराला या देशाची लोकसंख्या शंभर कोटींचा आकडा ओलांडेल हे भाकीत प्रा. चोरघडे यांनी त्याच वेळी केलेले होते हे पाहिल्यावर मन आश्चर्याने थक्क होते. 'प्रत्येकाची गरज भागेल एवढी तरतूद निसर्गाने केलेली आहे, पण प्रत्येकाला सुटलेली हाव पुरी करण्यास मात्र निसर्ग असमर्थ आहे' असे महात्मा गांधी म्हणत असत. त्यांचे हे म्हणणे किती यथार्थ होते याची प्रचिती आज आपल्याला येत आहे. पृथ्वीवरील वनसंपत्ती आणि खनिज संपत्तीचे साठे प्रगतीच्या, औद्योगिक विकासाच्या नावाखाली आपण भरमसाठ प्रमाणात नष्ट करीत आहोत याची जाणीव संबंधितांना होऊ लागलेली आहे. पृथ्वीला सहन होईल एवढ्याच प्रमाणात तिच्या साधनसंपत्तीचा उपभोग घेण्याचा विचार गेल्या काही वर्षांत झपाट्याने पुढे येऊ लागलेला आहे. या विचाराचा अधिक उहापोह करण्यासाठी दहा बारा आंतरराष्ट्रीय चर्चासत्रेही गेल्या दोन-तीन वर्षांत पार पडलेली आहेत. प्रा. चोरघडे यांनी हाच विचार सुमारे पंचवीस वर्षांपूर्वी केलेल्या त्यांच्या लेखनात स्पष्टपणे मांडलेला आहे; त्यांच्या द्रष्टेपणाची साक्ष त्यातून आपल्याला मिळते आणि भविष्यात दूरवर डोकावणाऱ्या त्यांच्या प्रज्ञेचे दर्शनही या लेखनातून होते.

वातावरण विज्ञानाचा अभ्यास करण्यासाठी आणि बदलत्या वातावरणाची पूर्वसूचना देण्यासाठी कृत्रिम उपग्रहांच्या वापराचा त्यांनी घेतलेला ऐतिहासिक मागोवाही खूप महत्त्वाचा आहे. प्रा. चोरघडे यांनी केलेल्या या लेखनानंतर भारताने गेल्या दोन दशकात कृत्रिम उपग्रह विज्ञानात खूपच प्रगती केलेली आहे. दीड वर्षापूर्वी भारताने अवकाशात केवळ स्वतःचाच नव्हे तर विज्ञानात प्रगत अशा जर्मनीचाही उपग्रह अंतराळात प्रक्षेपित करण्याची कामगिरी यशस्वीपणे पार पाडलेली आहे. भारतीय वैज्ञानिकांनी मिळविलेले हे अपूर्व यश पहाण्यासाठी प्रा. चोरघडे आज आपल्यात असते तर त्यांची छाती निश्चितच आभिमानाने फुलून आली असती. प्रा. चोरघडे यांचे कृत्रिम उपग्रहासंबंधीचे हे लेखन या क्षेत्रातील वाटचालीचा ऐतिहासिक

मागोवा म्हणून आपल्याला खूपच उपयोगाचे ठरेल.

भूकंपांचा प्रा. चोरघडे यांचा अभ्यासही खूप मोठा होता. या ग्रंथात कोयना भूकंपाची सविस्तर माहिती, या भूकंपाची कारणे, परिणाम, भूकंपाची पूर्वसूचना, भूकंपामुळे झालेली हानी, भूकंपमापन आदि शास्त्रीय माहिती त्यांनी खूप तपशिलात दिलेली आहे. या भूकंपाचा सर्वांगीण अभ्यास करणाऱ्या तज्ज्ञांत प्रा. चोरघडे यांचा महत्त्वाचा सहभाग होता. एक तज्ज्ञ या नात्याने त्यांनी भूकंपाविषयक केलेल्या सूचना किती महत्त्वाच्या आहेत याची प्रचिती गुजरातमध्ये अगदी अलिकडे झालेल्या भूकंपाच्या निमित्ताने सर्वांनाच येईल.

ध्वनी प्रदूषणाचा अतिशय सखोल अभ्यास प्रा. चोरघडे यांनी केलेला होता. या अभ्यासावर आधारित त्यांचे लेखन या ग्रंथात समाविष्ट केलेले आहे. दिवाळीच्या दिवसांत रस्त्यावर फटाकड्यांचे मोठे मोठे आवाज येत असतात आणि त्यामुळे आपण करीत असलेल्या कामात मन एकाग्र करणं खूप अवघड असतं याचा अनुभव बहुधा प्रत्येक दिवाळीतच मी घेत असतो. ध्वनी प्रदूषणावरचे प्रा. चोरघडे यांचे लेखन म्हणूनच मला खूप प्रत्ययकारी वाटते. दरवर्षी दिवाळी जवळ आली की प्रमुख वृत्तपत्रांनी या लेखनाला नेहमी प्रसिद्धी देत जावी आणि ध्वनी प्रदूषणाचा मानवी स्वास्थ्य आणि आरोग्य यावर होणारा परिणाम केवढा भयानक आहे याची जाणीव वाचकाच्या मनात सतत जागी ठेवावी.

प्रा. चोरघडे यांच्यामध्ये निसर्गावर प्रेम करणारं कविमन दडलेलं आहे. निसर्गाबद्दल त्यांना वाटणारा आपलेपणा आणि आदर त्यांच्या लेखनातून ठायीठायी आपल्याला जाणवतो. निसर्गाच्या प्रचंड सामर्थ्याची ते ओळख करून देतात आणि अशा या महाशक्तिशाली निसर्गावर काबू मिळवू पहाणाऱ्या मानवाची शक्ति किती खुजी आहे याची जाणीवही ते करून देतात.

विज्ञान संशोधनाचा हेतू कोणता असावा या विषयी या ग्रंथाच्या अखेरच्या प्रकरणात प्रा. चोरघडे आपले विचार मांडतात तेव्हा त्यांच्या व्यक्तिमत्त्वात दडलेल्या तत्त्वज्ञाचीही आपल्याला ओळख होते. या प्रकरणाची आणि ग्रंथाचीही अखेर करताना ते लिहितात -

''मानवी दुःखांचा भागाकार करून आनंदाचा गुणाकार करावा हेच वैज्ञानिकाचे आणि त्याच्या संशोधनांचे ध्येय असावे. जागतिक विश्वबंधुत्वाची आणि सहकार्याची कल्पना साकार करण्याचा तोच एक मार्ग आहे.''

हा ग्रंथ म्हणजे एका सहृदयी, द्रष्ट्या विद्वानाच्या विचारांची निर्मिती आहे असे

मला वाटते. आपल्याला आज ज्यांची खूप काळजी वाटत आहे अशा समस्यांचा ऊहापोह करूनच प्रा. चोरघडे थांबलेले नाहीत तर भविष्यकालीन वाटचालीची दिशाही विशेषत: भारताच्या संदर्भात त्यांनी दाखविलेली आहे.

प्रा. शंकरराव चोरघडे यांचा हा ग्रंथ अतिशय माहितीपूर्ण आणि महत्त्वाचा आहे. या ग्रंथाचे इंग्रजीत तर भाषांतर व्हावेच पण त्याचबरोबर इतर भारतीय भाषांतही त्याचे अनुवाद प्रकाशित व्हावेत असे मला मनापासून वाटते. प्रा. चोरघडे यांचे या विषयांवरील प्रभुत्त्व आणि त्यांनी मांडलेले विचार केवळ वैज्ञानिकांनाच नव्हे तर भारतीय नागरिकांनाही मार्गदर्शन करणारे आणि प्रेरणा देणारे ठरतील याची मला खात्री वाटते.

कौन्सिल ऑफ सायंटिफिक अँड
इंडस्ट्रियल रीसर्च
नवी दिल्ली

डॉ. रघुनाथ ए. माशेलकर
डायरेक्टर जनरल

बाबांविषयी

माझे वडील डॉ. शंकर लक्ष्मण चोरघडे यांच्या विविध विज्ञान लेखांना लाभत असलेले हे ग्रंथरूप पाहून मला अतिशय आनंद होत आहे. पृथ्वीवर नित्यश: घडणाऱ्या आविष्कारांचे अतिशय लालित्यपूर्ण शैलीत बाबांनी केलेले हे लेखन पुस्तकरूपात प्रकाशित करण्याची कल्पना त्यांच्या निधनानंतर माझ्या मनात दीर्घकाळ रेंगाळत होती परंतु या ना त्या कारणाने हे लेखन प्रकाशित होण्यास विलंब झाला एवढं खरं.

बाबा निरनिराळ्या विज्ञान संस्थांचे क्रियाशील सभासद होते. मातृभाषेतून विज्ञान प्रसार करणाऱ्या या संस्थांशी, त्यांच्या कार्याशी ते तनमनाने एकरूप झालेले होते. सामान्य माणसाला विज्ञान-सुसंस्कृत करण्याचा वसा घेणाऱ्या मंडळीत ते अग्रभागी होते. ते विपुल लेखन करीत असत. आपल्याजवळ जमा झालेली शास्त्रीय माहिती सामान्यातल्या सामान्य माणसालाही सहजपणे समजेल अशा पद्धतीने ते अशा लेखनातून देत असत. या शिवाय राष्ट्रीय/आंतरराष्ट्रीय परिषदांतून तसेच आकाशवाणीवरून त्यांनी अनेक व्याख्याने दिली आणि विज्ञान प्रसाराच्या कार्यात मोलाची भर घातली. शिकवणं हा त्यांचा छंदच होता. आपल्या मित्रांना तसेच जिज्ञासू विद्यार्थ्यांना विषय समजावून देत असताना त्यांच्या डोळ्यांत एक वेगळीच चमक आम्हाला आढळून येई.

'वसुंधरेचे आविष्कार' या ग्रंथात बाबांच्या अभ्यासू वृत्तीची, विषय सोप्या पद्धतीनं मांडण्याच्या त्यांच्या प्रयत्नांची वाचकांना सहज ओळख होईल. हे सर्व लेखन वाचकांच्या ज्ञानात भर घालणारे तर ठरेलच पण त्याशिवाय या विषयांची अधिक ओळख करून घेण्याची प्रेरणा त्यांच्या मनात निर्माण करण्यासही ते हातभार लावील याची मला खात्री वाटते. हा ग्रंथ म्हणजे त्यांच्या अविरत कष्टांचे, अभ्यासाचे आणि तळमळीचे एक स्मारकच ठरावा.

ह्या ग्रंथाच्या प्रकाशनात सहभागी होताना बाबांबद्दलच्या माझ्या भावना व्यक्त करण्याची संधीही मी घेत आहे.

बाबांनी आम्हा भावंडांना ज्या पद्धतीने वाढविले, ज्या मोकळेपणाने ते आमच्या विद्यार्जनाशी

एकरूप झाले, ज्या आकर्षक संवाद पद्धतीने त्यांची आमच्या मनात ज्ञानाचा, विवेचा स्फुलिंग चेतवला त्या सगळ्यांचे स्मरण या प्रसंगी माझ्या मनात फेर घालत आहे. सुनीति आणि गायत्री या माझ्या बहिणी आणि नुकताच दिवंगत झालेला माझा भाऊ कै. विजय अशा आम्हा सर्वांच्या वाढीकडे पूर्ण लक्ष देऊन, आम्हाला वेळोवेळी धीर देऊन, निरनिराळी ज्ञानदालने त्यांनी आमच्यासमोर खुली केली. आमची जीवने घडविणारे शिल्पकार म्हणून बाबांची स्मृती आमच्या मनात सदैव टवटवीतच राहील.

तीर्थरूप बाबा हे आमचे नुसते वडीलच नव्हते तर ते आमचे गुरू, मार्गदर्शक, हितचिंतक, आम्हाला घडविणारे तत्त्वज्ञानी आणि सदैव आमच्या स्फूर्तीचा खळाळता झराच होते. आमच्यावर जिवापाड प्रेम करून, मायेची पाखर घालून, जगात यशस्वी होण्यासाठी जे जे आवश्यक ते सर्व आमच्या व्यक्तिमत्त्वांत अगदी सहजपणे निर्माण करून त्यांनी आम्हाला आकार दिला. विज्ञाननिष्ठा, प्रामाणिकपणा, आपल्या ध्येयाशी बांधिलकी, व्यवसायातील कठोर शिस्त, कुटुंबवत्सलता हे सर्व तर त्यांनी आम्हाला शिकवलंच पण त्याचबरोबर सतत हसत खेळत राहून अगदी सहजपणे जगात कसं वावरावं याचे धडेही आम्ही त्यांच्यापासूनच घेतले.

माझे बाबा एका दीपस्तंभासारखे होते. आजही त्यांच्या आठवणी मनात टवटवीत ठेवून मी त्यांच्यापासून प्रेरणा घेत आलेलो आहे.

आई-बाबांनी आमच्यासाठी उबदार घर दिलं. संकटात, निराशेच्या प्रसंगात आम्हाला पंखांखाली घेऊन आधार दिला आणि पुढं पावलं टाकण्यासाठी बळही दिलं. घरात आनंद भरभरून वाटला आणि एक सुखी, समृद्ध, मनाला विशाल बनवणारं, काहीतरी करण्यासाठी धडपडण्याची प्रेरणा जिवंत ठेवणारं असं सुखनिधान दिलं.

या सगळ्या शिदोरीवरच आम्ही सर्व भावंडं आपापल्या क्षेत्रात काहीतरी वैशिष्टयपूर्ण घडवू शकलो.

हे सगळं बाबांचंच नाही का ?

हा ग्रंथ तुम्ही जेव्हा वाचून पूर्ण कराल त्यावेळी तुमच्याही मनात बाबांबद्दल- डॉ. शंकर लक्ष्मण चोरघडे यांच्याबद्दल असंच चित्र निर्माण होईल असा मला विश्वास आहे.

- मुकुंद चोरघडे

प्रेसिडेंट, चोरघडे एंटरप्रायजेस.
१४, कार्लसन सर्कल, नॅटिक,
मॅसॅच्युसेटस ०१७६० (यू. एस. ए.)

प्रकाशकीय

'वसुंधरेचे आविष्कार' हा प्रा. शं.ल. चोरघडे यांचा ग्रंथ आपणापुढे सादर करताना मला अतिशय आनंद होत आहे.

विपुल विज्ञान लेखन करूनही प्रा. चोरघडे यांच्या नावावर एकही पुस्तक अद्याप प्रकाशित झालेले नाही. त्यांच्याकडून शास्त्रीय विषयांवरील पुस्तके लिहवून घेऊन ती प्रकाशित करण्याचा माझा विचार होता. 'मला तुम्ही सुचविलेली पुस्तके लिहायचीच आहेत आणि ती मी जरूर लिहीन' असे ते नेहमी म्हणत, पण दुखण्यानं त्यांच्या शरीराचा ताबा घ्यायला सुरुवात केली होती आणि शरीर आणि मनही थकत चाललं होतं. त्यामुळे हे संकल्प शेवटी अपूर्णच राहिले. १७ जून १९८८ रोजी त्यांची प्राणज्योत मालवली.

ग्रंथ प्रकाशनाची त्यांची अपूर्ण इच्छा करण्यासाठी त्यांचे सुपुत्र विजय आणि मुकुंद चोरघडे या दोघांनीही उचल खाल्ली आणि 'वसुंधरचे आविष्कार' हा ग्रंथ प्रकाशित करण्यासाठी त्यांनी सहकार्य दिले. मध्यंतरीच्या काळात श्री. विजय चोरघडे यांचेही निधन झाले आणि डॉ. मुकुंद चोरघडे यांनी ग्रंथ सिद्धीसाठी सर्वतोपरी सहाय्य दिले.

प्रा. चोरघडे ह्यांच्या वेळोवेळी लिहिलेल्या विविध लेखांची सूत्रबद्ध मांडणी करून हा ग्रंथ साकारलेला आहे. १९६५ ते १९८८ पर्यंतचा कालखंड हा या लेखांचा लेखनकाल आहे; त्यामुळे या ग्रंथाचे संपादन करीत असताना काही कालबाह्य आणि पुन्हा पुन्हा येणारी उदाहरणे व माहिती वगळलेली आहेत. तसेच काही ठिकाणी आधीच्या प्रकरणात दिलेली आकडेवारी विषय स्पष्टिकरणासाठी आणि विषयाचे महत्त्व वाचकाच्या मनावर ठसावे या हेतूने पुन्हा देण्यात आलेली आहे.

प्रा. चोरघडे यांचा हा ग्रंथ पृथ्वीवरील आविष्कारांचे स्वरूप स्पष्ट करण्यासाठी अभ्यासू वाचकांना मार्गदर्शक ठरेल याचा विश्वास वाटतो. विख्यात वैज्ञानिक डॉ. रघुनाथ माशेलकर यांनी वेळात वेळ काढून या ग्रंथासाठी अभ्यासपूर्ण प्रस्तावना लिहून दिली या बद्दल त्यांचे मनःपूर्वक आभार.

- गजानन क्षीरसागर

प्रा. शं. ल. चोरघडे

'वसुंधरेचे आविष्कार' या ग्रंथाचे लेखक प्रा. शंकर लक्ष्मण चोरघडे यांचा जन्म नागपूर येथे ३ जानेवारी १९१३ रोजी झाला. त्यांचं शालेय शिक्षण अकोल्याला पूर्ण झालं आणि सायन्स कॉलेज नागपूर येथे पदार्थ विज्ञान विषय घेऊन एम्.एस्सी. पर्यंतचा टप्पा त्यांनी पूर्ण केला.

पुढील अभ्यासासाठी महेंद्रलाल सरकार शिष्यवृत्ती आणि किंग एडवर्ड मेमोरियल शिष्यवृत्ती मिळवून कलकत्त्याच्या असोसिएशन फॉर दी कल्टिव्हेशन ऑफ सायन्स या संस्थेत त्यांनी प्रवेश घेतला. त्याचप्रमाणे अलाहाबाद विद्यापीठात डॉ. के. एस्. कृष्णन, एफ्.आर.एस्. यांच्या मार्गदर्शनाखाली काही काळ संशोधनही केले. या काळात त्यांनी जवळजवळ ५० महत्त्वाचे शोधनिबंध लिहिले आणि ते निरनिराळ्या आंतरराष्ट्रीय वैज्ञानिक नियतकालिकांतून प्रसिद्धही झाले.

प्रा. चोरघडे यांनी भौतिकीतील विषयांवर अनेक चर्चासत्रांमध्ये व्याख्याने दिली. 'इंडियन सायन्स काँग्रेस' मध्ये त्यांनी भाग घेतला. 'स्फटिक विज्ञान' शाखेतील त्यांच्या कामाला जागतिक मान्यता मिळाली. 'पोलीश ॲकॅडेमी ऑफ सायन्स' या जगप्रसिद्ध विज्ञान संस्थेने प्रकाशित केलेल्या 'स्फटिक विज्ञानातील नामांकित व्यक्ती' या ग्रंथामध्ये प्रा. चोरघडे यांच्या नावाचा आणि कामाचा समावेश झालेला आहे.

भारतीय हवामान खात्यामध्ये १९४६ साली त्यांनी प्रवेश केला आणि १९७१ मध्ये सेवानिवृत्त होईपर्यंतच्या २५ वर्षांच्या काळात या खात्यातील अनेक महत्त्वाची पदे भूषविली. भारतातील प्रमुख विमानतळांवर हवामानाचा अंदाज वर्तविण्याचे कामही त्यांनी केले. १९६७ साली कोयनेचा भूकंप झालेला असताना त्याच्या कारणांचा अभ्यास करण्यासाठी शासनाने तज्ञ म्हणून त्यांची नेमणूक केलेली होती. भूकंपाच्या कारणांविषयी त्यांनी सादर केलेला अहवाल खूपच महत्त्वाचा ठरला. या त्यांच्या कामगिरीची अनेक मान्यवर वृत्तपत्रांनी त्यावेळी भरपूर प्रशंसा केलेली होती.

१९७१ साली सेवानिवृत्त झाल्यानंतर प्रा. चोरघडे यांनी आपला सर्व वेळ विज्ञान लोकप्रिय करण्याच्या व्रताला वाहिला. 'विज्ञानयुग' मासिकाचे सल्लागार म्हणून अखेरपर्यंत त्यांनी काम पाहिले. निरनिराळ्या शास्त्रीय विषयांवर, विशेषतः हवा, तपमान, प्रदूषण या विषयांवर त्यांनी सुमारे ३० लेख लिहिले. या शिवाय ठिकठिकाणच्या सभा-संमेलनांमध्ये विज्ञान विषयक व्याख्याने, आकाशवाणीच्या पुणे केंद्रावरून सुमारे २०० वैज्ञानिक भाषणे एवढी प्रचंड कामगिरी त्यांच्या नावावर जमा आहे. 'मराठी विश्वकोशा'चे अभ्यागत संपादक म्हणूनही दीर्घकाळ त्यांनी काम पाहिले. त्यांनी लिहिलेल्या बऱ्याच विषयांचा समावेश विश्वकोशात आढळून येईल.

साधी सोपी शैली, वाचकांना विश्वासात घेऊन त्याला आकर्षक वाटेल अशा पद्धतीने विषयाची मांडणी यामुळे त्यांचे लेखन खूपच लक्षवेधी ठरले.

प्रा. चोरघडे यांचे पुणे येथे १७ जून १९८८ रोजी निधन झाले.

■ ■

अनुक्रम

१.	वातावरणीय पाण्याची विविध रूपे	१
२.	उद्याचा ऊन-पाऊस	१०
३.	उद्याचे हवामान आणि जलवायुमान	१८
४.	ढग आणि पाऊस	२०
५.	कृत्रिम पर्जन्य	२६
६.	महाराष्ट्राचे जलवायुमान	३५
७.	सह्याद्रीच्या परिसरातील हवामान आणि जलवायुमान	४२
८.	हवामानाचा अभ्यास : वेधशाळांची उभारणी आणि कार्य	४८
९.	अंतरीक्ष वेधशाळा	६८
१०.	कृत्रिम उपग्रहांच्या सहाय्याने जागतिक हवामानावर देखरेख	७२
११.	गडगडाटी वादळ	८८
१२.	गारा आणि झाकळ	९६
१३.	उष्णकटिबंधीय चक्रीवादळे	९९
१४.	वातावरणीय प्रदूषण	१११
१५.	प्रदूषणाने झाकळलेले विसावे शतक	१२१
१६.	एकविसावे शतक आणि पर्यावरण	१३१
१७.	ध्वनी प्रदूषण	१३६

१८.	झाडे वाचवा ! देश वाचवा !	१५५
१९.	आपला परिसर : आपल्या नद्या आणि ओढे	१६१
२०.	कीटकनाशकापासून सावधान	१६७
२१.	कोयनेचा भूकंप	१७१
२२.	भारतीय द्वीपकल्पातील भूकंप	१८०
२३.	जीववातावरण विज्ञान	१८४
२४.	पृथ्वीचे जीवावरण	१९४
२५.	पृथ्वीभोवतालचे वातावरण	२०३
२६.	हवामानाचे विघातक आविष्कार	२२२
२७.	जीव जलवायुविज्ञान	२२८
२८.	कृषि-वातावरण विज्ञान	२४६
२९.	तारे	२५३
३०.	तारे का लुकलुकतात ?	२६०
३१.	सौर ऊर्जा	२६५
३२.	भाग्यविधाता अणु	२७२
३३.	भारतीय भूमीवर अणुऊर्जा	२७८
३४.	शास्त्रीय संशोधनाचे अंतिम उद्दिष्ट काय असावे ?	२८५

वसुंधरेचे आविष्कार

१

■■

वातावरणीय पाण्याची विविध रूपे

पृथ्वीच्या परिसरात अमाप पाणी आहे. भूपृष्ठावरील विस्तीर्ण जलाशय, तलाव, सरोवरे, पाझरतलाव, असंख्य नद्या, नाले आणि ओहोळ आपण प्रत्यही पाहतोच. अथांग महासागरातील पाणीही आपण नेहमी पाहतो. सहजासहजी दिसत नाही असे भूमिअंतर्गत जल कधीतरी भूपृष्ठावर येतेच. अनेक ठिकाणच्या कारंजी-विहिरी (आर्टेशियन वेल्स), उष्ण पाण्याचे झरे व गायझर आपण कुतुहलाने न्याहाळतो. अत्युच्च हिमशिखरांवरील हिम आणि बर्फ व हिमनद्या पाहण्याची सर्वांना जिज्ञासा असते. ध्रुवीय प्रदेशांतील गोठलेल्या आर्टिक आणि अंटार्क्टिक महासागराबद्दलची आणि हिमाच्छादित भूपृष्ठाबद्दलची वर्णने आपण आत्यंतिक उत्कंठेने वाचतो, हिवाळ्यात सकाळी सकाळी उगवत्या सूर्याच्या कोवळ्या उन्हात नद्यांच्या किंवा सरोवरांच्या पाण्यावरून किंवा मोठ्या जलाशयांच्या पृष्ठभागावरून दृश्य वाफेचे मंदगती उर्ध्व आवर्त किंवा उदग्र प्रवाह आपण उत्सुकतेने पाहतो आणि निसर्गात पाणी घनरूप, द्रवरूप व वायुरूप अशा तीन अवस्थांत आढळते असे आपण अनुमान काढतो.

कृत्रिम उपायांनीसुद्धा आपण आपल्या सभोवतालच्या परिसरात पाण्याच्या घन-द्रव-वायू या अवस्थात्रयींचा अनुभव घेतो. त्या प्रत्यक्ष पाहतो. आपण त्यांचे अवस्थांतर करू शकतो. गरमागरम चहाच्या कपातून किंवा आंघोळीच्या गरम पाण्यातून निघणारी वाफ आपण आनंदाने पाहतो. प्रेस्टिज कुकरमधून निघणारे ध्वनियुक्त वाफेचे संदेश आपण ऐकतो. रेफ्रिजरेटरमध्ये ठेवलेल्या पाण्याचे समघन किंवा घनाकृति बर्फाचे खडे आपण खातो, ते उसाच्या रसात किंवा उच्च-भ्रू लोकांच्या पेयांत टाकून पितो, बर्फाच्या खड्यांच्या साहाय्याने आपण कुल्फी तयार करतो किंवा आजारी माणसांचा ताप उतरवितो. कृत्रिम उपायांनी कूपनलिकांच्या साहाय्याने आपण भूमिगत-जल भूपृष्ठावर आणतो. त्यासाठी आपण विहीरसुद्धा खणतो, सखान

पंपासारख्या अभिशोषण यंत्राच्या मदतीने आपण भूमि-अंतर्गत जल आपल्या परिसरातील भूपृष्ठावर आणतो. पाण्याच्या वाफेवर तर विविध औद्योगिक प्रकल्प उभारले गेले आहेत. पाण्याच्या वाफेमुळे मोठ्या प्रमाणावर वीजनिर्मिती होते. प्रवास व जेवण प्रिय असल्यामुळे, रेल्वे-इंजिनांतून निघालेल्या वाफेचे फूत्कार व स्वयंपाकगृहात काही पदार्थ शिजत असताना भांड्यांतून धुसफूस करीत बाहेर पडणारी वाफ आपण नेहमी आवडीने पाहतो. द्रवरूप पाण्याला आपण जीवन असे नाव दिले आहे. संपूर्ण जीवसृष्टी पाण्यावर अवलंबून आहे.

अतिसुलभ दृष्टिगोचर निरीक्षणांमुळे मानवी जीवनात वाफ, पाणी व बर्फ अशा पाण्याच्या तीन अवस्थांना फार महत्त्व प्राप्त झाले आहे, परंतु भौमिक पाण्याच्या अवस्थांच्या गुणधर्माबद्दल स्तुतिसुमने उधळताना आपल्याला पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणाचा विसर पडतो, त्यात विविध अवस्थांत वातावरणाच्या असीम जलांशाकडे आपले संपूर्णतया दुर्लक्ष होते. हा जलांश सहजगत्या दृष्टिगोचर नसला तरी ह्याच वातावरणात त्या जलांशामुळे जलबाष्प, मेघकण, संद्रवित जलबाष्प, पर्जन्यबिंदू, अतिशीतित जलबिंदू, हिम व बर्फकण, हिमगोल, हिमतुषार, गार, हिमसूचिका, हिमस्फटिक, हिमशल्कले तयार होतात व विविध वातावरणीय अविष्कारांमुळे कालांतराने ती पृथ्वीपृष्ठावर येऊन पडतात.

पृथ्वीवरील एकंदर पाण्यापैकी सुमारे ९५ टक्के पाणी समुद्रात आहे. त्या पाण्याची अखंडितपणे वाफ होत असते. वातावरणात शिरणाऱ्या वाफेचा हा मोठा व मुख्य हिस्सा (भाग) आहे. त्यामुळे अनेक प्रकारचे मेघ तयार होतात आणि अनेक वातावरणवैज्ञानिक आविष्कारांमुळे ते पृथ्वीपृष्ठावर वर्षण करू लागतात. वातावरणीय जलबाष्पापैकी १२ टक्के बाष्प प्रतिदिनी पर्जन्य किंवा हिमवृष्टीच्या रूपाने पृथ्वीवर पडते. समुद्रावरून वातावरणात शिरणारे जलबाष्प साधारणपणे ८ दिवसांच्या कालावधीत पृथ्वीवर परत येते, असे अनेक प्रयोगांती अनुमान काढले गेले आहे. पृथ्वीपृष्ठावर पडणाऱ्या पर्जन्यापैकी बरेचसे पाणी शेवटी महासागरांना अनेक मार्गांनी जाऊन मिळते.

वातावरणात शिरणाऱ्या जलबाष्पाबद्दल मला अधिक कुतूहल, जिज्ञासा, जिव्हाळा, आस्था, निष्ठा व प्रेम वाटते. त्याच्या अभ्यासात मी माझे जीवन व्यतीत केले आहे. मला त्यातील असीमित सौंदर्य प्रत्यही जाणवते.

जलस्थित्यंतर चक्र :

महासागरांवरून वातावरणात जाणाऱ्या, वातावरणातून जमिनीवर येणाऱ्या व

जमिनीवरून पुनः महासागरात जाणाऱ्या पाण्याचे परिवहन वर्णन करण्यासाठी 'जलावर्तन' किंवा 'जलस्थित्यंतर चक्र' ह्या संज्ञा वापरतात. महासागरावरील पाण्याची वाफ होऊन ती वाऱ्यांमुळे जमिनीवरील वातावरणात शिरते व तेथून हिम किंवा पाऊस या रूपाने पुनः जमिनीवर कोसळते. ह्या पाण्यापैकी १/३ पाणी महासागराकडे पृष्ठभागीय व भूमिगत प्रवाहांकरवी परत जाते. उरलेले २/३ पाणी बाष्पीभवनामुळे व वनस्पतींच्या बाष्पोच्छ्वासामुळे पुनः वातावरणात प्रवेश करते, असे स्थूल मानाने पाण्याचे स्थित्यंतर चक्र सतत चालू असते. या चक्राची चेतनाशक्ती म्हणजे मुख्यत्वेकरून सूर्य, थोड्या फार प्रमाणात चंद्र, पृथ्वीचे स्वतःभोवती व सूर्याभोवती होणारे भ्रमण, तिचे गुरुत्वाकर्षण व थोड्याफार प्रमाणात ग्रहमालाही आहे. सागरी पाण्याचे ऊर्ध्वपातन होणे व वनस्पती आणि मानव व मानवेतर प्राण्यांची गरज भागविण्यासाठी त्या शुद्ध गोड्या पाण्याचे वितरण होणे हे कार्य सौर ऊर्जेमुळे शक्य होते.

समुद्रावरून वातावरणात शिरणाऱ्या वाफेमुळे ढग बनतात. काही ढग जरी समुद्रावर वृष्टी करीत असले, तरी बरेच ढग वाऱ्यामुळे जमिनीकडे वाहत जाऊन तेथे अन्य ढगांबरोबर जमिनीवर वृष्टी करतात. पृथ्वीवर वृष्टी करणाऱ्या ढगातील पाण्याचा काही भाग वर्षण होत असतानाच आर्द्रतेच्या रूपाने वातावरणात प्रवेश करतो, काही भाग हिम व गारांच्या वर्षावाच्या स्वरूपात पृथ्वीपृष्ठावर पडतो. त्याचेही बाष्पीभवन लगोलग चालूच असते. झाडाझुडपांवर पडणाऱ्या काही पाण्याचे बाष्पोत्सर्जन ते पाणी जमिनीवर पोहोचण्यापूर्वीच होते. जमिनीवर पडणारे पावसाचे पाणी किंवा बर्फ वितळून वाहणाऱ्या पाण्यापैकी बरेचसे पाणी जमिनीत झिरपते, अशा रीतीने भूमिजलाचे साठे निर्माण होतात. त्यापैकी जो भाग वरच्या थरात केशाकर्षणाने कोंडला जातो त्याचे बाष्पीभवन तेथूनच त्वरित होत असते. वरील सर्व पाणी प्राणिमात्राला उपयुक्त होण्यापूर्वी किंवा त्याचा उपद्रव पोहोचण्यापूर्वी बाष्परूपाने वातावरणात परत जाते. जमिनीत मुरणारे पाणी झऱ्याच्या रूपाने जमिनीबाहेर येते व जमिनीवर वाहणाऱ्या इतर पाण्याबरोबर तळी, नद्या, दलदलीचे प्रदेश व समुद्र यात शिरते व तेथून त्याचे बाष्पीभवन होते. ह्या सर्व वाफेचे वातावरणात संद्रवण होऊन तिचे ढग बनतात. व त्या ढगातून ती वाफ हिम, गारा व पाऊस या रूपाने पुनः पृथ्वीच्या पाठीवर कोठेतरी पडते. हा हिमवर्षाव आणि हे झिरपलेले, मुरलेले किंवा वाहून गेलेले पाणी वाफेच्या रूपाने पुनः वातावरणात शिरते व पुनः पृथ्वीवरील सागरपृष्ठावर व भूमिपृष्ठावर येते. असा हा अनादिअंत चाललेला सृष्टिक्रम

म्हणजे '**जलस्थित्यंतर चक्र**' होय.

निसर्गातील हे जलस्थित्यंतर चक्र कोट्यवधी वर्षे चालू आहे. त्यामुळे निर्माण झालेल्या महासागरांच्या, नद्यांच्या, ओहोळांच्या, तलावांच्या असंख्य जलाशयांच्या पाण्यातच हळूहळू विविध प्रकारच्या सूक्ष्म जीवांची उत्पत्ती होऊ लागली. डायअॅटम, अल्गी, अमीबा यासारख्या आद्य सूक्ष्म जीवांपासून उत्क्रांतीचे अनेक टप्पे गाठल्यानंतर परिणामी मानव निर्माण झाला. उत्क्रांतीच्या विशाल सोपानावरील सर्व प्रकारच्या जीवसृष्टीला अन्न आवश्यक असते. ते वनस्पतींपासून आणि वनस्पतींवर वाढणाऱ्या प्राण्यांपासून मिळविले जाते. या सर्वांना पाणी हवे असते. हेच ते जीवनाधार पाणी होय!

विविध वातावरणीय आविष्कारांच्या साह्याने निसर्गाकडून आपल्याला पाणी मिळते. 'पाणी हे वातावरणीय एंजिनाचे पेट्रोल होय' असे अनेकदा म्हटले जाते ते पूर्णांशाने खरे आहे.

दोन्ही गोलार्धांतील जलबाष्पाचे वितरण :

आपल्या पृथ्वीच्या दहा अंशांच्या प्रत्येक अक्षवृत्तीय पट्ट्यात तापमान, बाष्पीभवन, अवक्षेपणक्षम (वर्षणाच्या स्वरूपात भूपृष्ठावर येणारे) जलबाष्प, मेघावरण आणि पर्जन्याचे प्रमाण वेगवेगळे असते असे विस्तृत प्रमाणावर केलेल्या निरीक्षणांनी दिसून आले आहे. दक्षिण गोलार्धात ८१ टक्के पृष्ठभाग समुद्रव्याप्त आहे तर उत्तर गोलार्धात फक्त ६१ टक्के पृष्ठभाग समुद्रव्याप्त आहे. तौलनिकदृष्ट्या उत्तर गोलार्धाचा पृष्ठभाग दक्षिण गोलार्धातील पृष्ठभागापेक्षा १.८° सें. ने अधिक उष्ण आहे. दोन्ही गोलार्धात माध्यवार्षिक पर्जन्य सरासरीने जवळजवळ सारख्याच प्रमाणात म्हणजे सुमारे १०० सें.मी. इतका पडतो; उत्तर गोलार्धात १००.९ सें.मी. तर दक्षिण गोलार्धात १०० सें.मी. इतका पाऊस सरासरीने वर्षातून पडतो. उत्तर गोलार्धातील २०° से ७०° अक्षवृत्तातील भागात दक्षिण गोलार्धातील तत्सम कटिबंधीय पट्ट्यापेक्षा कमीच पाऊस पडतो. दोन्ही गोलार्धात विषुववृत्ताजवळील प्रदेशात आणि जेथे उपोष्ण कटिबंधीय चक्रवात बहुसंख्येने परिभ्रमण करतात अशा ४०° ते ५०° अक्षवृत्तीय पट्ट्यात अधिकतम पाऊस पडतो. ध्रुवीय प्रदेशात आणि उपोष्ण कटिबंधातील २०° ते ३०° या अक्षवृत्तीय पट्ट्यात अल्पतम पाऊस पडतो. विषुववृत्तावर वसलेल्या पूर्व आफ्रिकेतील (इटालियन) सोमालीलँडच्या काही भागांत वर्षातून २० सें.मी. पेक्षाही कमी पाऊस पडतो, तर जगातील अधिकतम सरासरी वार्षिक पर्जन्य (१२०० सें.मी.) उपोष्ण कटिबंधात हवाई बेटातील २५.५° उ. या अक्षवृत्तावर वसलेल्या 'माऊंट

वाईआलेआले' येथे पडतो.

दोन्ही गोलार्धात शुष्क उपोष्ण कटिबंधीय प्रदेशांत बाष्पीभवनाची अधिकतम त्वरा आढळते. उपोष्ण कटिबंधाच्या दोन्ही बाजूंस-ध्रुवीय आणि वैषुव प्रदेशाकडे ती कमी कमी होत जाते. उत्तर गोलार्धापेक्षा दक्षिण गोलार्धातच मुबलक पाणी असल्यामुळे तेथे अधिक बाष्पीभवन होऊन ते त्वरेचा परमोच्च बिंदू गाठते. अंटार्क्टिक आणि ग्रीनलंडसारख्या हिमाच्छादित प्रदेशांत अतिशीत तापमान परिस्थितीमुळे बाष्पीभवनाच्या त्वरेचा प्रश्न गौण ठरतो.

दोन्ही गोलार्धांत ४०° अक्षवृत्तानंतर ध्रुवाकडील प्रदेशांत बाष्पीभवनापेक्षा वर्षण अधिक असते. उष्ण कटिबंधातील १०° उ. १०° द. या अक्षवृत्तांमधील पट्ट्यांतही हाच प्रकार आढळतो. जेथे वर्षणापेक्षा बाष्पीभवन अधिक असते, अशा उपोष्ण कटिबंधीय प्रदेशांतून वैषुव आणि ध्रुवीय प्रदेशांकडे मोठ्या प्रमाणावर जलबाष्पाचे निर्गमन होते. याशिवाय, वर्षणापेक्षा बाष्पीभवन अधिक होते अशा दक्षिण गोलार्धातून जेथे बाष्पीभवनापेक्षा वर्षण अधिक होते अशा उत्तर गोलार्धाकडे जलबाष्पाचे नक्त निर्गमन होत असले पाहिजे. उत्तर गोलार्धातील नैर्ऋत्य मान्सूनच्या ऋतूत दक्षिण गोलार्धातून हिंदी महासागरात उल्लेखनीय प्रमाणावर जलबाष्पाचे आगमन होते हे आता 'मोनेक्स' प्रयोगमालिकांमुळे सिद्ध झाले आहे (Inter-hemisphereic Moisture Transfer).

पुढील कोष्टकांत पृथ्वीच्या दोन्ही गोलार्धातील महत्त्वाच्या वातावरणीय घटकांची वार्षिक माध्य मूल्ये दिली आहेत.

	तापमान (सें.)	माध्यवार्षिक पर्जन्य (सें.मी.)	बाष्पीभवन (सें.मी.)	माध्य मेघावरण %	अवक्षेपणक्षम जलबाष्प (सें.मी.)
०° - ९०° उ.	१३.४	१००.९	९४.४	५२	२.३८५
०° - ९०° द.	११.६	१००.०	१०.६.४	५७	२.५४९
पृथ्वी	१२.५	१००.४	१००.४	५४	२.४६७

एका चौरस सें.मी. क्षेत्रफळाच्या अनुप्रस्थ (आडव्या) छेदावर उभारलेल्या जमिनीच्या पृष्ठभागापासून वातावरणाच्या अंतिम टोकापर्यंत उंची असलेल्या उदग्र स्तंभात जितके जलबाष्प सामावू शकेल त्याला 'अवक्षेपणक्षम जलबाष्प' असे म्हणतात. उष्ण वैषुव कटिबंधात आढळणारे ४ सेंमी. पेक्षा अधिक असलेले

अवक्षेपणक्षम जलबाष्पाचे प्रमाणा शीत ध्रुवीय प्रदेशांकडे ०.५ सेंमी. पेक्षाही कमी होते. अतिशीत ध्रुवीय क्षेत्राकडे जाताना तापमान कमी होत असल्यामुळे बहुतेक बाष्प पर्जन्यरूपाने गळून गेलेले असते आणि अवक्षेपणक्षम जलबाष्पाचे प्रमाणही अतिशय कमी होत जाते.

ध्रुवीय प्रदेश सोडल्यास उत्तर गोलार्धापेक्षा दक्षिण गोलार्धातच आकाश अधिक अभ्राच्छादित असते. तौलनिकदृष्ट्या दक्षिण गोलार्धात कमी तापमान, बाष्पीभवनाची अधिक त्वरा, सागरी पृष्ठभागाचे अधिक प्रमाण आणि वातावरणातील जलबाष्पाचे अधिक प्रमाण आणि वातावरणातील जलबाष्पाचे प्रमाणाधिक्य आढळत असल्यामुळे दक्षिण गोलार्धातच मेघावरणाची व्याप्ती अधिक असणे क्रमप्राप्त ठरते. सर्वसाधारणपणे, दक्षिण गोलार्धातील वारे अधिक वेगवान असतात.

वर्षण-यंत्रणा

केवळ जलबाष्प-वितरणावरून भूपृष्ठावरील पर्जन्यवृष्टीच्या वितरणाचे स्पष्टीकरण देता येत नाही. वातावरणातील बाष्प पर्जन्यरूपाने काढून घेणाऱ्या यंत्रणांचा किंवा हवामानविषयक घडामोडींचाही विचार करावा लागतो. भरपूर वृष्टीसाठी वातावरणातील अस्थिर हवेत उदग्र प्रवाह निर्माण होणे आवश्यक असते. चक्रवात, चक्रीवादळे, गडगडाटी वादळे, शीत सीमापृष्ठे यांसारख्या आविष्कारांमुळे मोठ्या प्रमाणावर आर्द्र व अस्थिर हवेचे उत्थापन होते, पर्जन्यदाते मेघ निर्माण होतात आणि विस्तृत क्षेत्रावर मुबलक पाऊस पडतो.

साधारणपणे, मेघकणांचा व्यास, ०.०२ ते ०.०४ मिमी. किंवा २० μ ते ४० μ (१ μ = १० $^{-३}$ मिमी.) असतो आणि त्यांचा पतनवेग (वातावरणातून खाली येण्याचा वेग) ०.०३ ते ७.६० सें.मी/सेकंद असतो. हे कण पर्जन्यरूपाने खाली पडू शकत नाहीत. मंदतुषार वृष्टीत जलबिंदूंचा व्यास साधारणपणे २०० μ किंवा ०.२ मि.मी. असतो. हे कण साधारणपणे हवेच्या मंद प्रवाहाबरोबर भ्रमण करीत असताना दिसतात. पर्जन्यबिंदूंचा व्यास १ ते ६ मिमी. या अभिसीमेत पण सरासरीने २ मिमी. असतो. मोठ्या पर्जन्यबिंदूंचा व्यास ६०००μ (०.६ सें.मी) एवढा असू शकतो. आणि त्यांचा पतनवेग ७० सेंमी./सेकंद ते ९. मी./ सेकंद असा असतो. वर्षण होत नसताना बहुतेक सर्व ढगांत १ घन मीटर आकारमानात १ ग्रॅम पाणी असते. वर्षणक्षम ढगातील १ घनमीटर आकारमानात सुमारे १०^{८} (दहा कोटी) जलबिंदू असतात. अशा ढगात ३,००,००० टनांपर्यंत पाणी असू शकते. उष्ण कटिबंधांत १८५० मी. पेक्षा कमी जाडी असलेल्या ढगांतून पाऊस पडत नाही. ढगांची जाडी जसजशी

वाढते तसतशी त्यांची वर्षणक्षमता वाढते. ३६५० मी. पेक्षा अधिक जाडी असलेल्या ढगांतून पाऊस नक्की पडतोच.

पावसाच्या एका थेंबात १० ते ५० लक्ष मेघकण सामाविले जाऊ शकतात. मेघकण वाढून मोठा झाला की, पाऊस पडणे शक्य होते. आर्द्रतम हवा वर जाऊ लागल्यास मेघकणही वर खेचले जातात. ते एकमेकांवर आदळू लागतात, कधीकधी ते फुटतात, तर कधीकधी त्यांचे संमीलन होते, अशा 'आघात आणि संमीलन' क्रियेने परिणामी थेंबांचे आकारमान वाढते, त्यांचा पतनवेगही वाढतो. हा पतनवेग ढगातील ऊर्ध्वप्रवाहाच्या वेगापेक्षा अधिक झाला की ते थेंब पर्जन्यरूपाने खाली पडू लागतात. खाली पडताना ते थेंब लगतची हवाही ओढतात. त्यामुळे जोरदार अधःप्रवाह निर्माण होतात. कधी कधी त्यांना द्रुतप्रवेगी चंडवातांचे स्वरूप येते, काही शीत ढग हिमरेषेपेक्षा (वातावरणात ०° सें. तापमान असलेल्या पातळीपेक्षा) उंच वाढतात. त्यांत बर्फकण आणि अतिशीतित पाण्याचे थेंब निर्माण झालेले असतात. ते समोरासमोरआले की, बर्फकणांवर अतिशीतित जलबिंदूंचे आक्रमण होते. बर्फकण आकारमानाने वाढू लागतात. ते फार मोठे व जड झाले की, खाली पडू लागतात. बर्फाच्या स्वरूपात जमिनीकडे येणाऱ्या घनीभूत जलबिंदूंचे खालील हवेच्या अधिकतर तापमानामुळे पाण्यात रूपांतर होते आणि पाऊस पडू लागतो. हिमरेषेच्या खाली असलेल्या उष्णतर ढगांतील पर्जन्यबिंदू 'आघात आणि संमीलन' क्रियेनेच मोठे होतात आणि पाऊस पडतो. पाऊस पडण्यास ढगातील ऊर्ध्वप्रवाह विशेषेकरून कारणीभूत होतात. अभिसारी चक्रवात आणि उग्र चक्रीवादळात विस्तृत प्रमाणावर द्रुतगतीने आर्द्र हवा वर नेली जाते.

पृथ्वीच्या २९ टक्के भूपृष्ठावरील वार्षिक पर्जन्यमान सुमारे ६७ सें.मी. आहे. उर्वरित ७१ टक्के जलाच्छादित भागावरील वार्षिक पर्जन्यमान सुमारे ११४ सेंमी. आहे. सबंध पृथ्वीवरील पर्जन्याची वार्षिक सरासरी १००.४ सेंमी. आहे. संपूर्ण भारताचे वार्षिक सरासरी पर्जन्यमान ११० सें.मी. आहे. प्रादेशिक सरासरी पर्जन्यमान याहून वेगळे आहे. पश्चिम राजस्थानमध्ये वर्षातून सुमारे ३१ सेंमी. पाऊस पडतो, तर आसाम व केरळमध्ये वर्षातून अनुक्रमे २५० व ३०० सेंमी. पडतो. भूतल स्वरूप, पर्वतांचे दिक्स्थापन, अभिसारी चक्रवात, सीमापृष्ठांचे आगमन ही त्या पर्जन्यविषमतेची कारणे होत. शास्त्रज्ञांच्या अंदाजाप्रमाणे पृथ्वीवर विपुल पाणी आहे. ते विविध स्वरूपांत उपलब्ध होते. केवळ जमिनीवर पडणाऱ्या पावसाच्या पाण्याचे जगातील सध्याच्या ३६० कोटी लोकांत वाटप केले तर दररोज ७४, २५० लिटर्स

पाणी प्रत्येकाच्या वाट्याला येईल. पावसाचे सर्वच पाणी माणसांना पाहिजे तसे मिळविता येत नाही. अनेक प्रकारांनी ते वाया जाते आणि अशुद्ध होते, व अधूनमधून अवर्षण उद्भवते.

विविध वातावरण वैज्ञानिक आविष्कारांमुळे वातावरणातील जलबाष्पाचे द्रवरूप जलबिंदूंच्या किंवा गोठलेल्या घनरूप जलकणांच्या रूपाने आकाशातून पृथ्वीपृष्ठावर अवपातन होणे (पडणे) म्हणजे वर्षण. द्रवरूप वर्षणाला पाऊस (रेन) किंवा मंदतुषारवृष्टी (ड्रिझल) असे म्हटले जाते. घनरूप वर्षणात अपारदर्शक हिमवृष्टी (हिमकण, लहान हिमगोल आणि हिमशल्कले यांनी युक्त असलेला पाऊस), करकापात (मोठ्या गारांचा वर्षाव) आणि क्षुद्र गारा, पारदर्शक कठीण बर्फाचे कण, स्फटिक व गुलिका (लहान गोळ्या) आणि पारदर्शक हिमसूचिका (सुईच्या आकाराचे पारदर्शक बर्फाचे लहान दंडगोल किंवा आईस-नीडल्स) यांच्या वर्षावाचा समावेश केला जातो. कधीकधी दव, तुहिन (फ्रॉस्ट किंवा पारदर्शक हिमतुषार), वायुमिश्रित हिमतुषार आणि धुके यामुळे अल्पांशाने जे जल उपलब्ध होते त्यालाही वर्षण या संज्ञेत सामाविले जाते. एकाच वेळी वर्षण घनरूपात व द्रवरूपात होऊ शकते.

सर्व प्रकारच्या हिमवृष्टिकणांत असीमित सौंदर्य सामाविलेले असते. त्यांची संरचना विलोभनीय असते. सहा बिंदूंनी बनलेल्या शाखांनी युक्त अशी तारकाकृती हिमशल्कले किंवा हिमस्फटिक, एकांतराने पारदर्शक बर्फ आणि अपारदर्शक हिम यांच्या अनेक थरांनी बनलेल्या गारा, अपारदर्शक हिमगोल, बर्फाच्या पट्टिका आणि शलाका उच्च वातावरणातून खाली भूपृष्ठावर पडत असलेल्या पाहताना सौंदर्यासक्त मन रमून जाते. ध्रुवीय प्रदेशात किंवा उंच पर्वतशिखरांजवळ हवेचे तापमान बरेच कमी असताना आणि आकाश जवळजवळ निरभ्र असताना अतिशीत आणि स्थिरवातावरणीय थरांतून लहान लहान षट्कोनी पट्टिका (प्लेट्स) किंवा शलाका (रॉड्स) यांच्या स्वरूपात पारदर्शक बर्फाच्या स्फटिकांचे वर्षण होते. पारदर्शक हिमसूचिका व हिमस्फटिक हवेतून मंदगतीने भ्रमण करीत असताना सूर्यप्रकाशाच्या उपस्थितीत सौंदर्यपूर्ण तेजाने चमकतात व एखाद्या सूर्यस्तंभाचा (सन-पिलरचा) आभास उत्पन्न करतात. अशा मनोवेधक स्फटिक पुंजाला 'हिऱ्यांची धूळ' (डायमंड डस्ट) अशी अर्थपूर्ण संज्ञा दिली गेली आहे.

काही रंगीत पदार्थांचे कण मेघात शिरल्यास त्यांतून होणाऱ्या वर्षणास तो रंग प्राप्त होतो. इटलीमधील व दक्षिण युरोपातील काही ठिकाणी क्वचित प्रसंगी लाल रंगाचा पाऊस पडतो. त्याला रक्त-वर्षा (ब्लड-रेन) अशी संज्ञा दिली आहे. उत्तर

आफ्रिकेच्या वाळवंटातील लाल रंगाची धूळ जोरदार वाऱ्यांमुळे पर्जन्याच्या थेंबांत किंवा हिमकणांत मिसळल्यामुळे दक्षिण युरोपातील काही ठिकाणी लाल रंगाचे वर्षण होते. क्वचित प्रसंगी वर्षणाबरोबर सूक्ष्म जंतू, लहान कीटक व मासेही भूपृष्ठावर पडल्याच्या नोंदी आहेत. व्हिएटनामच्या युद्धात काही प्रगत राष्ट्रांनी अनेक विषारी पदार्थांचे कण मेघांत विखरून व्हिएटनामवर 'पीतवर्षा' पाडल्याचे व शत्रूला नामोहरम करण्याचे प्रयत्न केले असे आता उघडकीला आले आहे.

एका बाजूला सूर्यप्रकाश व दुसऱ्या बाजूला मंदवृष्टी अशी परिस्थिती असताना सात रंगांनी प्रत्ययास येणारे इंद्रधनुष्य, उच्चस्तरीय मेघांनी आकाश आच्छादिलेले असताना चंद्रसूर्याभोवताली दिसणारी प्रभामंडळे किंवा तेजोवलये, ध्रुवीय प्रकाश, (ऑरोरा पोलॅरिस), यांसारखे मनोवेधक आविष्कार वातावरणीय पाण्याच्या विविध रूपांमुळे उद्‌भवतात. ह्या जीवनाधार पाण्याने मानवी परिसराला सौंदर्यही दिले आहे. सध्याच्या प्रदूषणग्रस्त जगात ते चिरकाल टिकावे हीच इच्छा !

❑ ❑ ❑

२

■■

उद्याचा ऊन-पाऊस

लोकसंख्येच्या वाढीचा वेग

गेल्या काही वर्षांपासून एका अत्यंत बिकट समस्येने मानव जातीला त्रस्त केले आहे. वेळीच जर तीवर उपाययोजना केली नाही तर भविष्यकाळातील अखिल मानवजातीचं जीवन धोक्यात येईल. ही समस्या म्हणजे वाढती लोकसंख्या. ही समस्या जितकी नाजूक, कोमल भावनांना दुखवणारी, हळुवार अंतःकरणांना हलवणारी, तितकीच ती वादग्रस्त आणि विलक्षण गुंतागुंतीची आहे. जितकी धार्मिक तितकीच धर्मातीत. जितकी खाजगी तितकीच ती सार्वजनिक स्वरूपाचीही आहे. जितकी वैयक्तिक मताची तितकीच सामाजिक हिताची अशी ही समस्या आहे. आपल्याला मुलं किती व्हावीत, केव्हा व्हावीत या बाबतीत चर्चा करताना माणसाला नेहमी संकोच वाटतो. संतती संवर्धन-नियमन-निरोधन यांबद्दल बोलण्याचे तो टाळतो. पण हे मौन सोडण्याची वेळ आली आहे. अनिर्बंधपणे वाढणाऱ्या लोकसंख्येच्या बाबतीत खरी वस्तुस्थिती आणि भावी परिणाम समजून घेऊन ह्या भावनाविरोधी रूपविकारी समस्येबद्दल खुल्या दिलानं, अगदी मनमोकळेपणानं चर्चा करून आपलं धोरण स्पष्टपणे आखण्याची आता वेळ येऊन ठेपली आहे. सरकारी दडपण आणून ही समस्या सुटण्यासारखी नाही, पण सरकारनं दुर्लक्ष, दिरंगाई आणि टाळाटाळ केली तर परिस्थिती आपोआपच आटोक्यात येऊन निवेळल अशीही ती समस्या नाही.

लोकसंख्या किती झपाट्यानं वाढते आहे ते पाहा. इसवी सनाच्या पहिल्या शतकात जागतिक लोकसंख्या फक्त २५ कोटी होती. स. १६५० मध्ये ती दुप्पट झाली. ही दुप्पट व्हायला १६०० वर्षे लागली. स. १८५० मध्ये लोकसंख्या १२४ कोटी झाली. स. १९५० मध्ये २५२ कोटी, स. १९६५ मध्ये ३३६ कोटीपर्यंत ती

वाढली. स. १९८० मध्ये ती ४५१ कोटीपर्यंत गेली तर स. २००० मध्ये पृथ्वीच्या पाठीवर ६६३ कोटी लोक अत्यंत हालअपेष्टात आपलं जीवन कंठीत असल्याचे दिसून येईल.

लोकसंख्येच्या बेसुमार वाढीचं आणखी एक उदाहरण देता येईल. "आता किती वाजले आहेत?" असं जर कुणी आपल्याला विचारलं तर आपण चटकन् घड्याळात पाहून उत्तर द्याल. "सहा वाजून आठ मिनिटे !" केवळ एक मिनिट लागेल ह्या प्रकाराला. पण तेवढ्यात ८५ बालकांनी ह्या पृथ्वीवर जन्म घेतलेला असेल. आपण कदाचित म्हणाल, "त्यात काय एवढं ? ८५ बालकं म्हणजे काही फार नाही." पण एका मिनिटात ८५ बालकं जन्मतात, याचा अर्थ असा की दर तासाला पृथ्वीची लोकसंख्या ५००० व्यक्तींनी वाढते. प्रतिदिवशी एक लक्ष वीस हजार बालकं जन्म घेतात. आता ह्या आकड्याला आपण ३६५ नी गुणा. आणि पुढील शंभर वर्षांत काय होईल ते पाहा. लोकसंख्या प्रचंड वेगानं वाढते आहे. हे आपल्या प्रत्ययाला येईल.

केवळ २५ वर्षांनी

प्रोफेसर हाईटझ् फॉन फोएर्स्टर यांनी संख्यावाढीच्या सूक्ष्म अभ्यासानंतर असा निष्कर्ष काढला आहे की लोकसंख्येची ही वाढ अशाच विस्फोटक वेगानं चालू राहिली तर शुक्रवार दि. १३ नोव्हेंबर स. २०२६ ला जगाचा विनाश होईल. उपासमारीनं किंवा खायला मिळणार नाही म्हणून नव्हे, तर पृथ्वीच्या पाठीवर लोक इतके खच्चून भरलेले असतील की त्यांना हालता येणार नाही, चालता येणार नाही, एकमेकांच्या भाराखाली ते दबले जातील, गुदमरतील आणि शेवटी त्यांना मृत्यू येईल. सबंध वातावरणाची रचना आणि स्वरूप बदलेल. ते दूषित होईल. कोठल्याही प्रकारचं जीवित पृथ्वीवर वृद्धिंगत होणार नाही.

स. २०२६ म्हणजे फार दूरचा काळ नाही. अगदी नजीकच्या भविष्यकाळात, अवघ्या २५ वर्षांनी ही दुर्घटना घडून यायची आहे. आपली वयोवृद्ध मुलं आणि आपली नातवंडं यांच्याच नशिबी हा दुर्योग संभवनीय आहे. ही संभाव्य दुर्घटना टाळावयाची असेल तर आपण आतापासूनच ती उद्‌भवू न देण्याचा प्रयत्न केला पाहिजे. आपल्या मुलांना सुखाचं जीवन मिळवून देण्याचं उत्तरदायित्व आपल्यावरच नाही का?

मानवी जीवनात ऊन आणि पाणी यांना अत्यंत महत्त्वाचं स्थान आहे. वनस्पतींच्या आणि इतर प्राण्यांच्या जीवनातही ऊन आणि पाण्याला तितकंच महत्त्वाचं स्थान

आहे. जिवंत राहण्यासाठी मानवाला खाद्यपदार्थांची आवश्यकता आहे. त्याचं अन्न त्याला वनस्पती आणि प्राण्यांपासून मिळतं. अशा रीतीनं माणसाला आणि त्याच्या भक्ष्य वस्तूंना भरपूर पाणी पाहिजे असतं. मानवांची संख्या फार झपाट्यानं वाढते आहे. ह्या शतकाच्या शेवटी ती द्विगुणित होणार. तेव्हा त्यांना आणि त्यांच्या खाद्य वस्तूंना दुप्पटीपेक्षाही जास्त पाणी लागणार. हे पाणी कोठून आणायचं? सध्याच्या परिस्थितीत जगातील शंभर ते दीडशे कोटी लोकांना पुरेसं खायला मिळत नाही. पुढील तीस वर्षात लोकसंख्या दुप्पट झाली तर तीनशे कोटी अधिक लोकांच्या खाण्याची काय व्यवस्था करायची ? उपासमारीतून त्यांना कसं वाचवायचं ? स्वयंपाकासाठी तरी त्यांना कोळसा, इंधन, लाकूड, पाणी मिळेल का? यांत्रिक कारखाने, गिरण्या, मोटारी, विमानं, जहाजं, आगगाड्या, रेडिओ, तारायंत्रे, टेलिफोन, दिवे, पंखे, लघु-उद्योगधंदे, शाळा-कॉलेजातील प्रयोगशाळा, पाण्याचे पंप्स, बर्फ तयार करण्याची यंत्रे, वातानुकूलनासाठी लागणारी साधनं, शास्त्रीय उपकरणं वगैरेंसाठी माणसाला भरपूर शक्ती उपलब्ध होईल का? प्रकृती स्वास्थ्याला आवश्यक, भरपूर प्राणवायू असलेली स्वच्छ हवा त्यांना सतत उपलब्ध होईल का? यांसारखे अनेक प्रश्न अफाट लोकसंख्यावाढीमुळं निर्माण होणार आहेत.

शक्तीची सोय

सामान्य माणसाला आपलं स्वयंपाकपाणी, दिवाबत्ती, पंखे, आंघोळीचं पाणी, इस्त्री वगैरेंसारखे दैनंदिन कार्यक्रम पार पाडायला पुष्कळ शक्ती लागते. ती त्याला पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर वाढणाऱ्या लाकडांपासून, ज्वालाग्राही वायूंपासून, पृथ्वीच्या उदरात दडलेल्या पेट्रोलियम केरोसिनसारख्या खनिज तेलांपासून, आणि इतर खनिज द्रव्यांपासून आणि विजेपासून मिळते. आता त्याला अणुशक्तीही उपलब्ध झाली आहे. सध्या जरी ह्या वस्तूंची टंचाई भासत नसली तरी वाढत्या लोकसंख्येच्या गरजा भागविण्यासाठी सतत कराव्या लागणाऱ्या वापरांमुळे ह्या वस्तू पुढील १००-२०० वर्षांत संपुष्टात येतील. आणि अधिक शक्ती मिळविण्यासाठी काय करावं हा प्रश्न मानवाला त्रस्त करील. आणि त्यासाठी मानव आकाशाकडे, अत्यंत तेजानं तळपणाऱ्या सूर्यकुलाच्या स्वामीकडे, दैदिप्यमान रविराजाकडे मोठ्या आशेनं पाहील. भविष्यकाळात ह्याच सौरशक्तीवर त्याला संपूर्णतया अवलंबून राहावे लागणार आहे. पृथ्वीवरील जीवन तगवून ठेवायला शेवटी तीच मूलभूत शक्ती कारणीभूत होईल.

प्रतिदिवशी प्रत्येक चौरस सें.मी. गणिक ३६७० परार्ध ओष उष्णता सूर्यापासून पृथ्वीला मिळते. वरवर पाहणाऱ्याला ह्या अमाप औष्णिकशक्तीची कल्पना येत

नाही. सबंध जगात प्रत्येक दिवशी मनुष्य वापरतो त्यापेक्षा शेकडो पटींनी सूर्य पृथ्वीवर औष्णिक शक्तीचा वर्षाव करतो. दर दिवशी आपल्या घराच्या छप्परावर पडणारी सौरशक्ती, आपण वापरतो तेवढ्या विद्युत्‌शक्तीपेक्षा हजारो पटींनी जास्त असते. भारतातील थरच्या वाळवंटावरील १०० चौरस मैल जमिनीच्या वालुकामय पृष्ठभागावर एका दिवसात जेवढी औष्णिकशक्ती आढळते तेवढ्या शक्तीवर सबंध भारतातील सर्व औद्योगिक कारखाने संपूर्ण महिनाभर रात्रंदिवस चालू शकतील. भविष्यकाळात ह्या विनामूल्य उपलब्ध होणाऱ्या शक्तीचा वापर मानवानं करून घेतला पाहिजे. दिवसा पृथ्वीवर येणाऱ्या सौरशक्तीचा स्वल्पसा भाग जर योग्य ठिकाणी ठेवलेल्या बीजघटांत साठवून ठेवला आणि गरजेप्रमाणे तिचा काटकसरीने वापर केला तर माणसाला उष्णतेसाठी आणि कार्यशक्तीसाठी खनिज किंवा वन्य इंधनाकडे धाव घ्यावी लागणार नाही; किंवा कधीकाळी ते संपलं तर त्याबद्दल काळजी वाटणार नाही. पण हे उद्दिष्ट साध्य करून घेण्यासाठी खूप संशोधनाची आणि कल्पकतेनं तयार केलेल्या यंत्रांची आणि उपकरणांची आवश्यकता आहे. ह्या संशोधनासाठी कितीही पैसे खर्च करावे लागले तरी तो खर्च अटळ आहे. बीजघटांत सौरशक्ती साठवून ठेवण्याचं तंत्र एकदा अवगत झालं की मानवाला सतत कार्यशक्ती मिळत राहील. कधीहि न संपणारी अशी ही सौरशक्ती आहे.

अनेक प्रकारांनी सौरशक्तीचा वापर करायला माणसानं नुकतीच सुरुवात केली आहे. अंतर्गोलीय किंवा निम्न आरशांच्या योगानं सूर्यकिरण एका छोट्याशा जागेत संहत केले तर त्या क्षेत्राचं तपमान १६०० शतक्रमी अंशापर्यंत वाढवलं जाऊ शकतं. असल्या उष्णतेत अनेक कठीण धातू वितळवून त्यांचं शुद्धीकरण करणं सोपं जाईल.

सौरशक्तीवर चालणाऱ्या शेगड्या किंवा चुली अजून उपयोगात आल्या नाहीत. शक्य तितक्या लवकर त्या उपयोगात आणाव्या हेच श्रेयस्कर आहे. त्यामुळं पुष्कळसं इंधन किंवा सरपण वाचवून ते गिरण्या, कारखाने, उद्योगधंदे, शेतीव्यवसाय, विद्युत निर्मितीकेंद्रे, प्रयोगशाळा इत्यादिकांच्या गरजा पुरविण्यासाठी वळविलं जाऊ शकेल. सौरशक्तीवर चालणारे पंप जमिनीत दडलेलं पाणी पृष्ठभागापर्यंत आणू शकतील आणि कालव्यांच्या योजना फलद्रूप करू शकतील. शीतकटिबंधात राहणाऱ्या लोकांची घरं सौरशक्तीवर चालणाऱ्या साधनांनी ऊबदार ठेवली जाणं आता शक्य झालं आहे. सौरशक्तीच्या वापरानं समुद्राच्या खाऱ्या पाण्याचं पिण्याच्या गोड पाण्यात रूपांतर करता येईल आणि सध्याच जाणवू लागलेली गोड पाण्याची जागतिक टंचाई दूर करता येईल. सौरशक्तीपासून विद्युत् निर्मितीहि करायला अमेरिकेत काही ठिकाणी

सुरुवात झाली आहे. टेलीफोनसाठी लागणाऱ्या विजेऱ्यांचं सतत नूतनीकरण सौरशक्तीमुळं शक्य होत आहे.रेंजर, मरिनर, निंबस आणि सर्व्हेयर या कृत्रिम उपग्रहांतील आणि आधुनिक चंद्रविजयी अवकाशयानातील बहुतेक सर्व उपकरणांची कामं सौरशक्तीवर चालणाऱ्या वीजघटांतून उपलब्ध होणाऱ्या विद्युतशक्तीमुळंच शक्य झाली आहेत.

मानवानं गेल्या चाळीस वर्षांत नेत्रदीपक प्रगती केली आहे. त्यानं चांद्रपृष्ठावर पदार्पण केलं आणि चंद्रानंतर तो मंगळावर, मंगळानंतर बुधावर स्वारी करणार आहे. अवकाश प्रवासाचं युग आता सुरू होत आहे. ह्या प्रवासाला लागणारी सर्व शक्ती सूर्यापासूनच मिळवावी लागणार आहे. ती कशी मिळवावी यावरच आता संशोधनाचा भर राहणार आहे. हे संशोधन यशस्वी झालं तर खनिज तेलावर आणि इंधनावर अवलंबून राहाणारा मानव मुक्त होईल. अखंड, अमाप, अमर्याद आणि अतुलनीय अशा शक्तिभांडाराचं द्वार मोकळं होईल. लोकसंख्या मग कितीही वाढली तरी त्यांना हवी तितकी कार्यशक्ती सूर्यापासून उपलब्ध होऊ शकेल.

पण वाढत्या लोकसंख्येला आळा बसणार असेल तर तो पाण्याच्या अभावामुळं बसणार आहे.

पाण्याची जागतिक टंचाई

सबंध पृथ्वीवरील ३१ कोटी घनमैल पाण्यापैकी प्रतिशत ९७ टक्के किंवा ३० कोटी घनमैल पाणी पृथ्वीवरील महासागरात आणि बाकीचं ३ टक्के पाणी जमिनीवर आढळतं. जमिनीवरील पाण्याचा तीन चतुर्थांश भाग ध्रुवीय विभागातील हिमनद्यांत आणि हिमाच्छादित प्रदेशात आढळतो. बाकीचा एक चतुर्थांश भाग पाणी पृष्ठभागावर आणि पृथ्वीच्या उदरात दडलेलं असतं. प्रतिशत तीन दशांश टक्के पाणी पृथ्वीवरील तलाव, सरोवरं आणि जमिनीनं वेष्टिलेल्या जलाशयांत साठवलेलं असतं. प्रतिशत तीन शतांश टक्के पाणी पृथ्वीवरील नद्यांतून खळखळत असतं. सहा शतांश पाणी जमिनीत मुरलेलं असतं, तर वातावरणात प्रतिशत फक्त पस्तीस सहस्रांश टक्के पाणी खेळत असतं. पृथ्वीवरील सर्व नद्यांत जितकं पाणी सामावलेलं असतं त्यापेक्षा जास्त पाणी वातावरणातून इतस्ततः भ्रमण करीत असतं.

पृथ्वीच्या परिसरात अव्याहतपणे फिरणाऱ्या बृहत् जलचक्राच्या सिद्धांतान्वये आपल्या पृथ्वीवरील पाण्याचा संग्रह मर्यादित आहे. तेच ते पाणी पुनः पुनः वापरलं जातं. हे पाणी पृथ्वीवरील तीन अवस्थांत आढळतं. १) समुद्र, सरोवरे, नदी-नाले आणि भूमि-अंतर्गत जलाशयातील पाणी. २) जमिनीनं शोषिलेलं पाणी, आणि ३)

वातावरणातील बाष्परूप पाणी. ह्या तीनही प्रकारच्या पाण्याची एकंदर गोळाबेरीज कायम असते. एका जागेतील पाण्याचा व्यय झाला की लगेच दुसऱ्या जागेतील पाण्यात वाढ झालेली दिसून येते. जमिनीवरच्या पाण्याचा अंशभाग वाढतो तो वातावरणातून पडणाऱ्या हिमवर्षावामुळं आणि पर्जन्यामुळं. समुद्रावरील पाणी वाढतं ते वातावरणातून समुद्रात पडणाऱ्या हिम किंवा पर्जन्य वृष्टीमुळं, आणि जमिनीवरील नदी-नाले आणि भूकवचांतील असंख्य जलवाहिन्या समुद्राला मिळतात त्यामुळं जमिनीवर आणि समुद्रावर पडलेल्या पर्जन्यामुळं वातावरणातील जलांशात उणीव पडते, ती पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील जलाशयाच्या बाष्पीकरणांमुळं आणि वनस्पतींच्या बाष्पोच्छ्वासामुळं भरून निघते. अशा रीतीनं पृथ्वीवरील पाण्याचं प्रमाण केव्हाही कमी न होता आपल्या जलचक्राचे फेरे अव्याहतपणे चालू असतात. जल वैज्ञानिकांनी केलेल्या अनुमानाप्रमाणं प्रतिवर्षी पृथ्वीवर ९६००० घनमैल पाणी, पर्जन्यरूपानं आकाशातून परत येतं. त्यापैकी २४,००० घनमैल पाणी जमिनीच्या पृष्ठभागावर आणि ७२,००० धनमैल पाणी समुद्रावर पडतं. हे पाणी बाष्परूपानं वातावरणात परत जातं. ८१,००० घनमैल पाणी समुद्रावरून आणि १५,००० घनमैल पाणी जमिनीवरील जलाशयांतून आणि वनस्पतींच्या उच्छ्वासामुळं वातावरणात मिसळतं. म्हणजे समुद्रावर जितका पाऊस पडतो त्यापेक्षा ९०० घनमैल जास्त पाणी बाष्पीकरणामुळे वातावरणात जातं. समुद्रावरील पाण्याची ही उणीव जमिनीवरील नद्यांच्या महापुरांमुळं आणि भूमिगत प्रवाहांमुळं भरून निघते. याचा अर्थ असा की जमिनीला प्रतिवर्षी पावसापासून मिळणाऱ्या २४,००० घनमैल पाण्यापैकी १५,००० घनमैल पाणी वातावरणाकडे आणि ९००० घन मैल पाणी समुद्राकडे धाव घेतं. माणसाची पाण्याची गरज दिवसेंदिवस वाढत आहे. ती भागवावयाची असेल तर त्याला समुद्राकडे धाव घेणाऱ्या ९००० घनमैल पाण्याला धरबंध घातला पाहिजे. जमिनीवर दरवर्षी जितका पाऊस पडतो त्याचा योग्य ठिकाणी संचय करून, धरणे आणि तलाव बांधून कालव्यांच्या रूपानं पर्जन्यरहित दिवसांत ह्या पाण्याचा काटकसरीनं वापर करून पाण्याची वाढती गरज भागविली पाहिजे. ह्या कामासाठी जल वैज्ञानिकांची, हवामान शास्त्रज्ञांची, भूशास्त्रज्ञांची आणि समुद्रविज्ञान शास्त्रज्ञांची मदत घेणं जरूर आहे.

कृत्रिम रीतीनं पर्जन्यवृष्टी करून माणसाला पृथ्वीवरील पाण्याचं प्रमाण वाढविता येणं शक्य आहे. पण आतापर्यंत केलेले सर्वच प्रयोग काही यशस्वी झाले नाहीत. काही शास्त्रज्ञांनी ढगात पालाश आयोडदची बीजके पेरून उष्णकटिबंधीय विध्वंसक

चक्रीवादळांची प्रखरता कमी करण्याच्या आणि त्यांच्या आक्रमणाचा मार्ग बदलण्याच्या वल्पना केल्या होत्या. पण अनुभव वेगळाच आला. कधी तर इच्छित ठिकाणी पाऊसच पडला नाही. जिथं ढगावर काहीच उपचार केले नव्हते तिथंच पाऊस खूप पडला आणि प्रसंगी वादळांची तीव्रता कमी न होता ती वाढली आणि वादळ समुद्रावरून दुसरीकडे जाण्याऐवजी किनाऱ्याकडेच वळलं. काही ठिकाणी मात्र हवा तितका पाऊस पडला. या बाबतीत अजून पुष्कळ संशोधन व्हायचं आहे आणि ते चालू आहे. ह्या संशोधनासाठी रडार, विमानं, फुगे, क्षेपणास्त्रं, अग्निबाण, कृत्रिम उपग्रह आणि त्यांवरील स्वयंचलित वेधशाळा यांसारखी यंत्रं आणि उपकरणं उपलब्ध झाली आहेत. तथापि मनोवांच्छित वृष्टी हे मानवाचं स्वप्न अजून तरी साकार झालेलं नाही.

वाढत्या लोकसंख्येच्या वास्तव्याच्या, अन्नाच्या आणि पाण्याच्या गरजा भागविण्यासाठी अनेक मार्ग सुचविले गेले आहेत. पृथ्वीवर जलाशयातील बरंचसं पाणी बाष्पीकरणामुळं हवेत निघून जातं. ते पाणी पृथ्वीवर अधिक काळ टिकून राहावं म्हणून जलाशयांच्या पृष्ठभागावर काही रासायनिक द्रव्यांचा पातळ थर पसरवून बाष्पीकरणाच्या वेगाला आळा बसवावा म्हणजे पाणी जलाशयात अधिक वेळ टिकून राहील. दुसरी सूचना अशी की, उत्तुंग पर्वतांची शिखरं अणुस्फोटाचा वापर करून जमीनदोस्त करायची. या प्रयोगांमुळं हिमाच्छादित डोंगरी प्रदेशांवरील बर्फाचं आवरण वितळेल आणि वातावरणातील वायूप्रवाहाचं सध्याचं स्वरूप बदलेल. एका शास्त्रज्ञानं तर असंही सुचविलं आहे की समुद्राच्या पृष्ठभागावर ज्वालाग्राही तेल पसरून ते पेटवावं, म्हणजे वातावरणात उदग्र प्रवाह निर्माण होतील. त्यांच्याबरोबर समुद्राचं पुष्कळ पाणी वर जाऊन ढग निर्माण होतील. त्यामुळं पाहिजे तिथं कृत्रिम पर्जन्यवृष्टी पाडणं शक्य होईल.

रशिया आणि अमेरिकेच्या काही शास्त्रज्ञांनी असं सुचविलं आहे की हिवाळ्यात काजळाचे थर हिमाच्छादित भूमिखंडावर पसरून ठेवले तर सूर्यकिरणांची उष्णता अधिक प्रमाणात शोषिली जाईल. त्यामुळं तेथील बर्फ वितळू लागेल. आणि खालची जमीन शेतीच्या कामासाठी नेहमीपेक्षा लवकर उपयोगात आणता येईल.

बृहत्-जलचक्राच्या सिद्धांताप्रमाणे दरवर्षी जे ९००० घन मैल पाणी पृथ्वीवरून नद्या आणि भूमि-अंतर्गत वाटांनी समुद्राकडे पळत असतं, केवळ त्या ९००० घनमैल पाण्यावर वाढत्या मानवजातीचं भवितव्य अवलंबून असावं हे एक सहजासहजी न पटणारं विचित्र सत्य आहे. ह्या पाण्याच्या उपयोगालाही काही मर्यादा आहेत.

सर्वच पाणी समुद्राकडे न जाता मध्येच अडवून ठेवलं तर कदाचित् समुद्र आटू लागेल. जमिनीचा पृष्ठभाग वाढेल. बृहत्-जलचक्राची रचना आणि स्वरूप बदलेल आणि तिथूनच मानवजातीच्या संहारास सुरुवात होईल !

भारतातील समस्या

भारतात लोकसंख्या वाढीच्या समस्येनं उग्र स्वरूप धारण केलं आहे. दर महिन्यात भारताची लोकसंख्या १२ लाखांनी वाढते आहे. आग्नेय आशियात कुटुंब नियोजन सुरू करणाऱ्या देशांत भारत पहिला देश असला तरी वाढत्या लोकसंख्येला आळा घालणं भारताला अजून शक्य झालं नाही. कितीही योजना यशस्वी करून दाखविल्या तरी त्याचं दृश्य फळ सामान्य माणसापर्यंत पोहोचविणं, त्याचं जीवनमान वाढविणं भारताला अजून जमलं नाही.

कारण लोकसंख्यावाढ. सन २००० मध्ये भारताची लोकसंख्या १०० कोटींचे पुढे गेली आहे. सध्याच लोकांना पुरेसं सकस अन्न नाही. राहायला चांगली घरं नाहीत. शिक्षणाची नीट सोय नाही. दारिद्र्य सारखं वाढतंच आहे. पुरेशा नोकऱ्या नाहीत.

या प्रचंड लोकसंख्यावाढीमुळे विस्तृत प्रमाणावर उपासमार, पाण्याची टंचाई, घरांची दुर्मिळता, स्वार्थी स्वैराचारी आणि हिंसक प्रवृत्तीत वाढ, दारूण जीवनकलह, सत्तास्पर्धा, राजकीय गोंधळ आणि अराजक आपल्याला दिसून येईल. प्रसिद्ध ब्रिटिश शास्त्रज्ञ कादंबरीकार लॉर्ड सी.पी. स्नो यांनी स्पष्टपणे इशारा दिला आहे, 'या शतका अखेरपासून गरीब अविकसित देशांत लक्षावधी लोक उपासमारीनं मरत आहेत हे आपण आपल्या हयातीत आपल्या डोळ्यांनी आपल्या टेलिव्हिजन सेट्सवर पाहू शकू.'

यावर आता उपाय एकच. लोकसंख्या वाढ थोपविणं. सर्व जातींच्या, सर्व धर्मांच्या, सर्व पंथांच्या लोकांनी एकत्र येऊन मानवता जगावी, माणुसकी जिवंत राहावी म्हणून मनुष्यवाढ ताबडतोब थांबविली पाहिजे.

❑ ❑ ❑

३

उद्याचे हवामान आणि जलवायुमान

उद्याचे हवामान आणि जलवायुमान कसे असेल, याचा जेव्हा मी विचार करतो, तेव्हा माझ्या दृष्टीसमोर मानवनिर्मित असंख्य औद्योगिक प्रकल्प आणि त्यांची धुराडी उभी राहतात, त्यातून उत्सर्जित होणारे विविध विषारी कणसमूह, धूम्रकण, धूलिकण, मानवी आरोग्याला अपायकारक अशा पदार्थांचे रेणू, विविध धातूंचे सूक्ष्मकण, वालुकाकण माझ्या दृष्टीसमोर येतात. हे कण पृथ्वीच्या उच्च वातावरणीय थरांत जाऊन पश्चिमी वाऱ्यांच्या अक्षवृत्तीय पट्ट्यांत पृथ्वीभोवती फिरत राहणार आहेत. दरवर्षी उत्तरोत्तर या कण संख्येत लक्षणीय भर पडणार आहे. ह्या कणांच्या उपस्थितीमुळे पृथ्वीपृष्ठाला नेहमीपेक्षा कमी उष्णता मिळेल. पृथ्वी हळूहळू थंड होत जाईल आणि पृथ्वीवर हिमयुग अवतरेल. इ.स. १९०० ते १९४० पर्यंतच्या कालावधीत उत्तर गोलार्धाचे सरासरी तापमान ०.६° से नी वाढले, तर पुढील तीस वर्षांत ते ०.३° से. नी कमी झाले, आता मनात विचार येतो : हिमयुगाची हीच सुरुवात असेल का ? इ.स. १९७४ मध्ये नायगेल काल्डर यांनी स्पष्ट इशारा दिला होता : "मानवी ज्वालामुखी वातावरणात धूर आणि धूळ यांचे अगणित कण फेकून पृथ्वी थंड होण्यास मदत करीत आहे !"

पण आता हिमयुगाची कल्पना थोडी मागे पडत चालली आहे असे मला वाटते. पृथ्वी तापून गरम होईल, असे प्रकर्षाने प्रतिपादन केले जात आहे. लोकसंख्या त्वरेने वाढत आहे. प्रचंड प्रमाणावर इंधन आणि पर्यायी ऊर्जा-साधने वापरली जात आहेत. वातावरणात प्रचंड प्रमाणावर कार्बन डाय ऑक्साइड, कार्बन मोनॉक्साईड मिसळत आहेत. जगात अनेक ठिकाणी वृक्षसंहार, जंगलतोड होत आहे. वाळवंटांचा विस्तार आणि निष्पर्णीकरण वाढत आहे. थ्री माईल-आयलंड (१९७९) आणि चेर्नोबिल (१९८६) सारखे आण्विक अपघात घडून येत आहेत. स्तरावरणात आवाजाच्या

वेगापेक्षा अधिक त्वरेने जाणारी स्वनातीत विमाने फिरू लागली आहेत. ह्या सर्व घटनांचा परिणाम म्हणजे पृथ्वीसंरक्षक ओझोनच्या थराची जाडी कमी होऊन पृथ्वीला अधिकतर लघुतरंगयामी सौरप्रारण मिळत आहे, पृथ्वी खूपच तापत आहे !

गेल्या शंभर वर्षात वातावरणातील कार्बन डाय ऑक्साइडचे प्रमाण १५ ते २० टक्क्यांनी वाढले आहे. नुसता कार्बनडाय ऑक्साइड वायू लघुतरंगायामी सौरप्रारण अधिक प्रमाणात शोषून पृथ्वीचे तापमान १.५° से. ते २.५° से. नी वाढवू शकतो. पृथ्वीचे तापमान २° सें. नी वाढले तर ध्रुवीय हिमाच्छादित क्षेत्रांवरील बर्फ वितळेल. समुद्राची पातळी १८ मी, किंवा ६० फुटांपेक्षा अधिक वाढेल. आणि त्यामुळे समुद्रकाठची बहुतेक सर्व शहरे व महानगरे समुद्रात गडप होतील. मानवी संस्कृती "समुद्रास्तृप्यन्तु" होईल, अशी रास्त शंका व्यस्त केली जात आहे.

प्रोफेसर हाइन्ट्झ फॉन फोएर्स्टर यांच्या मताप्रमाणे जगाचा अंत दिनांक १३ नोव्हेंबर २०२६ शुक्रवारी घडून येईल !

आधुनिक संशोधनाप्रमाणे, इ.स. १९०० मध्ये हवेच्या दशलक्ष भागात ३०० भाग कार्बन डाय ऑक्साइडचे होते. इ.स. १९८५ मध्ये हे प्रमाण ३४५ भाग असे झाले, तर इ.स. २१०० च्या सुमारास हवेच्या दशलक्ष भागात सुमारे ६०० भाग कार्बन डाय ऑक्साइडचे असतील. बर्न येथील प्रयोगशाळेतील मुख्य संशोधक डॉ. स्टॅनफर यांच्या मते, इ.स. २०२५ मध्ये हवेच्या दशलक्ष भागात ४६० भाग कार्बन डाय ऑक्साइडचे असतील, अशा परिस्थितीत पृथ्वीचे तापमान ३०° से. नी वाढेल, हिमक्षेत्रे वितळतील, अंटार्क्टिकावर ३-४ मीटर्सपर्यंत पाणी चढेल. गोवा केरळ-मुंबईच्या महाराष्ट्राच्या किनारपट्ट्या पाण्याखाली येतील. रशिया, उत्तर चीन, पश्चिम अमेरिकेचे मध्यभाग शुष्कतर होतील, तर उत्तर आफ्रिका, पश्चिम ऑस्ट्रेलिया, दक्षिण भारत, बांगला देश या भागांत पर्जन्याचे प्रमाण वाढेल असा अंदाज आहे. वाढत्या प्रमाणावर इंधनाचा वापर हवामानात व जलवायुमानात हे बदल घडवून आणू शकतो.

हवामानाचे असे अपेक्षित बदल लक्षात घेऊन, कार्बन डाय-ऑक्साइडच्या वाढत्या प्रमाणाचा फायदा घेणाऱ्या व वाढत्या तापमानाला, न जुमानणाऱ्या गहू-तांदूळ-डाळी-कडधान्यांच्या निरनिराळ्या संकरित जातींची शेती भारताने पुढील शतकात करावी, असे ख्यातनाम कृषितज्ज्ञ डॉ. एम्.एस्. स्वामीनाथन् ह्यांनी सुचविले आहे.

शेवटी "मानवा ! आपत्तींचं शतक येत आहे, सावध रहा !" असे म्हटल्याशिवाय राहवत नाही !

□ □ □

४

ढग आणि पाऊस

पाण्याला आपण जीवन म्हणतो. कारण, माणसाला जगण्यासाठी पाणी आवश्यक असतं. तो ज्या अन्नावर जगतो, वाढतो, ते अन्न देणाऱ्या वनस्पतींना आणि प्राण्यांनाही पाणी आवश्यक असतं. आपल्याला हवं असणारं पाणी आपण मुख्यत्वेकरून वातावरणातील ढगातून पडणाऱ्या पावसापासून आणि त्यामुळे निर्माण झालेल्या नद्या, विस्तीर्ण जलाशय, विहिरी, कालवे, भूमि-अंतर्गत पाण्याचे साठे, इत्यादींपासून मिळवितो. परिणामी, पर्जन्यदाते ढग हेच आपले जीवितसंवर्धक, जीवितरक्षक ठरतात.

अनेक मार्गांनी पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणात जलबाष्प शिरतं. पृथ्वीवरील एकंदर पाण्यापैकी सुमारे ९५ टक्के पाणी समुद्रात आहे. त्या पाण्याची अखंडितपणे वाफ होत असते. वाऱ्यांमुळे भूपृष्ठावरील वातावरणात शिरणाऱ्या वाफेचा हा मोठा आणि मुख्य हिस्सा आहे. त्यात भूपृष्ठावरील वनस्पतींचा बाष्पोच्छ्वास आणि जमिनीवरील जलाशयांतील पाण्याच्या बाष्पीभवनामुळे तयार झालेलं जलबाष्प मिसळलं जातं. या जलबाष्पाचं वातावरणात संद्रवण होऊन त्याचे ढग बनतात. त्यातून काही विशिष्ट प्रक्रियांमुळे या मेघकणांच्या जलबाष्पाचं अवस्थांतर होऊन ते हिमगारा, दव, तुहिन किंवा पर्जन्यरूपानं समुद्रावर आणि भूपृष्ठाकडे परत येतं. पृथ्वीवर वृष्टी करणाऱ्या ढगांतील पाण्याचा काही भाग वर्षण होत असतानाच आर्द्रतेच्या रूपानं वातावरणात शिरतो. काही भाग हिम आणि गारांच्या वर्षावाच्या स्वरूपात पडतो. त्याचंही बाष्पीभवन लगोलग चालू असतं. झाडांझुडपांवर पडणाऱ्या काही पाण्याचं बाष्पोत्सर्जन ते पाणी जमिनीपर्यंत पोहोचण्यापूर्वीच होतं. जमिनीवर पडणाऱ्या पावसाच्या किंवा बर्फ वितळून वाहणाऱ्या पाण्यापैकी बरंचसं पाणी जमिनीत झिरपतं. अशा रीतीनं भूमिप्रवाह आणि भूमिजलाचे साठे निर्माण होतात. पर्जन्यरूपानं भूमिपृष्ठावर पडणाऱ्या पाण्यापैकी १/३ पाणी महासागराकडे पृष्ठभागीय किंवा भूमिगत प्रवाहांकरवी परत जातं. उरलेलं २/३ पाणी बाष्पीभवनामुळे आणि वनस्पतींच्या बाष्पोच्छ्वासामुळे पुनः वातावरणात प्रवेश करतं. ते जलबाष्प पर्जन्यरूपानं पृथ्वीपृष्ठावर

परत येतं आणि एक अति विशाल जलचक्र पूर्ण होतं. महासागरावरून वातावरणात जाणाऱ्या, वातावरणातून जमिनीवर येणाऱ्या आणि जमिनीवरून पुनः महासागरात जाणाऱ्या पाण्याच्या परिवहनाचे वर्णन करण्यासाठी 'जलावर्तन' किंवा 'जलस्थित्यंतर चक्र' ह्या संज्ञा वापरतात.

या जलस्थित्यंतर चक्राचे वातावरणातील मेघ आणि त्यातून विविध प्रक्रियांनी मुक्त होणारं जलीय वर्षण, किंवा 'ढग आणि पाऊस' हे अत्यंत महत्त्वाचे घटक आहेत.

वातावरणातील जलबाष्पापैकी १२ टक्के बाष्प प्रतिदिनी पर्जन्यरूपानं पृथ्वीवर पडतं, आणि समुद्रावरून वातावरणात शिरणारं जलबाष्प साधारणपणे ८ दिवसांच्या कालावधीत पृथ्वीवर परत येतं, अशी अनुमानं काढली गेली आहेत. वातावरणात शिरणाऱ्या जलबाष्पाचं आकारमान सुमारे १३ घनकिलोमीटर्स इतकं भरेल. हे सर्व जलबाष्प एकदम एकाच क्षणी संद्रवित होऊन पृथ्वीवर पर्जन्यरूपानं पडलं तर त्या पाण्याच्या थराची जाडी फक्त १ इंच किंवा अडीच सें.मी. इतकी असेल!

वातावरणात शिरलेलं जलबाष्प खूप थंड झाल्यानंतर आर्द्रताग्राही कणांवर संद्रवणक्रियेनं त्याचं सूक्ष्म जलबिंदूत आणि हिम व बर्फ कणांत रूपांतर झाल्यामुळे, निलंबित अवस्थेत वातावरणात इतस्ततः भ्रमण करणारे, जल-हिम-किंवा बर्फकणांचे दृश्य पुंजके म्हणजे मेघ किंवा ढग. हे ढग कसे निर्माण होतात ते आता पाहू या.

वातावरणात शिरणारं जलबाष्प किंवा आर्द्रतायुक्त हवा ऊर्ध्व प्रवाहाबरोबरं वर जात गेली, तर क्रमाक्रमानं दर किलोमीटर गणिक प्रथम १०° से. अशा त्वरेनं तिचं तापमान कमी होतं. तिची सापेक्ष आर्द्रता वाढते. विशिष्ट उंचीवर ते जलबाष्प खूप थंड होऊन संतृप्त बिंदू गाठतं. यानंतर हवा वर गेल्यास ती दर किलोमीटर गणिक ६.५° से. अशा त्वरेने थंड होते. साधारणपणे वातावरणात विविध क्षारांचे, धुळीचे, धुराचे, साध्या मिठाचे किंवा लाकडांच्या भुशाचे असंख्य अदृश्य सूक्ष्म कण इतस्ततः संचार करीत असतात. त्यात अनेक आर्द्रताग्राही पदार्थांचेही सूक्ष्म कण असतात. वर चढणाऱ्या आणि क्रमानं थंड होणाऱ्या हवेचं तापमान दवबिंदू तापमानाच्या बरंच खाली गेल्यास ह्या सूक्ष्म कणांवर जलबाष्पाचं संद्रवण होतं. हे सूक्ष्म कण आर्द्रताग्राही असल्यास संद्रवणक्रिया सुलभतेनं होते. अशा रीतीनं विशिष्ट उंचीनंतर थंड हवेतील जलबाष्प संद्रवीत होऊन ते आर्द्रताग्राही वस्तुकणांवर किंवा संद्रवण केंद्रकांवर जमतं आणि पाण्याचे थेंब किंवा जलबिंदू तयार होतात. अशा असंख्य अदृश्य जलबिंदूंमुळे एक दृश्य मेघ निर्माण होतो. मेघातील द्रवीभूत पाण्याची एकंदर गाढता व जलबिंदूंची संख्या मेघाचं तापमान, आर्द्रताग्राही सूक्ष्म कणांचे गुणधर्म आणि त्यांची संख्या, हवा, थंड होण्याची त्वरा व संतृप्तबिंदूच्या किती खाली तापमान गेलं, यांसारख्या

घटकांमुळे नियंत्रित केली जाते. सर्वसाधारणपणे, मेघातील एक घनमीटर हवेत १ ग्रॅम पाणी असं प्रमाण बहुतेक सर्व प्रकारच्या ढगांत, वर्षण होत नसताना, आढळतं. साधारणपणे एक घनमीटर आकारमानात सुमारे दहा कोटी (म्हणजे १०^८) जलबिंदू असतात. मेघकण अतिसूक्ष्म आणि हलके असतात. मेघकणांचा व्यास २० ते ४० मायक्रॉन्स किंवा ०.०२ ते ०.०४ मिलिमीटर असतो. त्यांचा पतनवेग सेकंदाला ०.०१ सेंमी. ते ५ सेंमी. असतो. हे कण पर्जन्यरूपानं खाली पडू शकत नाहीत. मेघात ते निलंबित अवस्थेत इतस्ततः सहजगत्या संचार करीत असतात. वर चढणारी हवा हिमरेषेच्या पातळी पलीकडे (म्हणजे ०° सें. तापमानाच्या उंचीच्या पलीकडे) गेल्यास तिच्यात हिमकण निर्माण होतात. ऊर्ध्व दिशेने अत्युच्च वाढलेल्या मेघांचा सर्वात वरचा किंवा शेवटचा भाग बव्हंशी हिमकणांचाच बनलेला असतो.

साधारणपणे, १०,००० मीटर्ससारख्या अत्युच्च पातळीवर आढळणारे विरल, शुभ्र, तंतुमेघासारखे लहान मेघ संपूर्णपणे हिमकणांचे व विविध प्रकारच्या हिमस्फटिकांचे बनलेले असतात. ते अत्यंत सौंदर्यपूर्ण आणि आकर्षक असतात. याच्या उलट, अगणित जलबिंदूंनी समृद्ध असलेले, उंच पातळीपर्यंत वाढलेले ढग दाट, थोडेसे काळसर असून त्यांची किनार आणि कडा सुस्पष्ट आणि रेखीव असते. त्यांची उंची तीन किलोमीटर्सपेक्षा अधिक असते. त्यांत सातत्यानं ऊर्ध्व प्रवाह वाहात असतात आणि त्यांचा आकार सारखा बदलत असतो. अशाच मेघांतून पर्जन्य मुक्त होऊ शकतो. ऊर्ध्व प्रवाह क्षीण झाले किंवा अधः प्रवाह बलवत्तर झाले तर मेघाचं तापमान वाढतं, त्यांतील हवा असंपृक्त होते. मेघ कोलमडतो, नाहीसा होतो.

पृथ्वीच्या उष्णता संतुलनात मेघांचा महत्त्वाचा भाग असतो. प्रारणक्रियेनं उच्चतर वातावरणातून उष्णता अवकाशात निसटते. उष्णतेची ही उणीव भरून काढण्यासाठी भूपृष्ठाजवळ निर्माण होणारे हवेचे ऊर्ध्वप्रवाह भूपृष्ठाजवळील उष्णता वरील वातावरणात पोहोचवितात. तिथं निर्माण होणारे मेघ दिवसा प्रखर सूर्यकिरणांपासून पृथ्वीचं रक्षण करतात. तिला ते फार तापू देत नाहीत. रात्री पृथ्वीपृष्ठापासून निघालेल्या प्रारणाचा काही भाग हेच ढग पृथ्वीकडे परावर्तित करून तिला ते प्रमाणाबाहेर थंड होऊ देत नाहीत.

दृश्य स्वरूपावरून, भिन्न आकारावरून आणि पृथ्वी पृष्ठापासूनच्या भिन्न उंचीवरून व इतर ढगांशी केलेल्या संयोगानुरूप मेघांचं वर्गीकरण केलं जातं, ढगांचे १० मुख्य वंश (जेनेरा Genera) मानले जातात. ५००० ते १४००० मीटर्स उंचीच्या वातावरणीय थरांत तंतुमेघ (सीरस), तंतुराशिमेघ (सीरोक्युम्युलस), तंतुस्तरमेघ (सीरोस्ट्रॅटस) आढळतात. २००० ते ७००० मीटर्सच्या उंचीच्या थरात मध्यराशिमेघ, (अल्टोक्युम्युलस), मध्यस्तरीमेघ (अल्टोस्ट्रॅटस), वर्षास्तरी मेघ (निंबोस्ट्रॅटस)

आढळतात. सरासरीनं शून्य ते २००० मीटर्स अशा उंचीच्या थरांत स्तरराशिमेघ (स्ट्रॅटोक्युम्युलस) आणि स्तरमेघ (स्ट्रॅटस) आढळतात. या आठ प्रकारच्या मेघांशिवाय, राशिमेघ (क्युम्युलस) आणि गर्जन्मेघ (क्युमुलोनिंबस) ह्या ऊर्ध्व दिशेनं विकास पावणाऱ्या मेघांचे दोन प्रकार मानले जातात. धुकी म्हणजे भूपृष्ठावरचे स्तरीय मेघ मानले जातात. त्यामुळे दृश्यमानता मंदावते, विमान वाहतूक धोक्यात येते.

एखाद्या छोट्या राशिमेघात १ किलोटन जलबाष्प असतं. गर्जन्मेघासारख्या उंच वाढणाऱ्या ढगात ५० हजार किलोटन जलबाष्प असतं.

आपल्याला पाऊस फक्त मध्यस्तरी मेघ, वर्षास्तरी मेघ, स्तरमेघ, राशिमेघ आणि गर्जन्मेघ या पाच प्रकारच्या मेघांतूनच मिळतो. त्यातील मेघकणांचं पर्जन्यात रूपांतर कसं होतं ते आता पाहू या.

मेघकण, तुषारकण आणि वृष्टिकण यात फरक फक्त आकारमानाचाच असतो. निलंबित अवस्थेत असलेल्या मेघकणांचा व्यास २० मायक्रॉन्स म्हणजे २ शतांश मिमी. असतो. मंद तुषारवृष्टीत जलकणांचा व्यास २०० ते ५०० मायक्रॉन्स म्हणजे दोन दशांश ते पाच दशांश (०.२ ते ०.५) मिमी. असतो. पावसाच्या थेंबांचा व्यास १००० ते ६००० मायक्रॉन्स किंवा १ ते ६ मिमी. या अभिसीमेत पण सरासरीनं २ मिमी. असतो. त्यांचा पतनवेग प्रतिसेकंदाला ७० सेंमी. ते ९ मीटर्स इतका असतो. पर्जन्यबिंदू आणि मेघकण वाढून मोठा झाला की पाऊस पडणं शक्य होतं.

पावसाळी ढगातील आर्द्रतम हवा वर जाऊ लागल्यास मेघकणही वर खेचले जातात. ते एकमेकांवर आदळू लागतात. कधी कधी ते फुटतात, तर कधीकधी त्यांचं संमीलन होतं. अशा 'आघात व संमीलन' क्रियेनं परिणामी थेंबांचं आकारमान वाढतं, त्यांचा पतनवेगही वाढतो. हा पतनवेग ढगांतील ऊर्ध्व प्रवाहांच्या वेगापेक्षा अधिक झाला की ते थेंब पर्जन्यरूपानं खाली पडू लागतात. खाली पडताना ते थेंब लगतची हवाही ओढतात. त्यामुळे अधःप्रवाह निर्माण होतात. कधी कधी त्यांना द्रुतप्रवेगी चंडवाताचं स्वरूप येतं. काही शीत ढग हिमरेषेपेक्षा उंच वाढतात. त्यात बर्फकण आणि अतिशीतित पाण्याचे थेंब निर्माण झालेले असतात. ते समोरासमोर आले की बर्फकणावर अतिशीतित जलबिंदूंचं आक्रमण होतं. बर्फकण आकारमानानं वाढू लागतात. ते फार मोठे झाले की खाली पडू लागतात. बर्फाच्या स्वरूपात जमिनीकडे येणाऱ्या घनीभूत जलबिंदूंचं खालील हवेच्या अधिकतर तापमानामुळे पाण्यात रूपांतर होतं. हिमरेषेच्या खाली असलेल्या उष्णतर ढगांतील पर्जन्यबिंदू 'आघात व संमीलन' क्रियेनेच मोठे होतात आणि पाऊस पडतो. पाऊस पडण्यास ढगांतील ऊर्ध्व प्रवाह विशेषेकरून कारणीभूत होतात.

वर्षण त्वरेचा हवेच्या ऊर्ध्व दिशेनं जाणाऱ्या वेगाशी फार निकटचा संबंध आहे. १ ते २ तास कालावधीच्या गडगडाटी वादळात किंवा पावसाच्या जोरदार सरीत हा ऊर्ध्वप्रवाह प्रतिसेकंदाला १० मीटर्स इतका बलवान असू शकतो, तर ३००० किलोमीटर्सचं विशाल क्षेत्र अनेक दिवस प्रभावित करणाऱ्या अभिसारी चक्रवातात ऊर्ध्व वेग प्रति सेकंदास ५ ते १० सेंमी. इतका कमी असतो. उष्मीयदृष्ट्या अस्थिर आर्द्र हवेला पृथ्वीपृष्ठावरून अल्पशी चालना मिळाली तरी विस्तृत प्रमाणावर गतिमान ऊर्ध्व प्रवाह निर्माण होतात, आर्द्र हवा वर नेली जाते आणि अल्पावकाशात प्रचंड राशिमेघ व अधूनमधून उत्तुंग गर्जन्मेघ वातावरणात तयार होतात आणि मुसळधार पर्जन्यवृष्टीस प्रारंभ होतो. पुरेशा जलबाष्पयुक्त हवेचा सतत पुरवठा झाल्यास काही तास जोरदार पावसाच्या सरीवर सरी कोसळतात. अभिसारी चक्रवातात किंवा उग्र चक्रीवादळात विस्तृत प्रमाणात दीर्घकालपर्यंत द्रुतगतीनं जलबाष्पयुक्त अस्थिर हवा वर नेली जाते. त्यामुळे विपुल प्रमाणात विस्तृत क्षेत्रावर पाऊस पडून महापूर येतात. भारताला अशा अनैसर्गिक आपत्ती अपरिचित नाहीत. दरवर्षी कुठे ना कुठे त्याची प्रचीती येतेच.

जगात वर्षातून ११६८ सें.मी. सारखा सर्वाधिक पर्जन्य हवाई बेटांतील माऊंट वाइआलेआले (Mount Waialeale) इथं पूर्वेकडील समुद्रावरून येणाऱ्या आर्द्रतायुक्त वाऱ्यांच्या प्रभावामुळे पडतो. आसाममधील चेरापुंजी या ठिकाणचा दुसरा क्रमांक लागतो. तिथं वर्षातून ११४३ सें.मी. इतका पाऊस पडतो.

पृथ्वीच्या २९ टक्के भूपृष्ठावरील वार्षिक पर्जन्यमान सुमारे ६७ सेंमी. आहे. ऊर्वरित ७१ टक्के जलाच्छादित भागावरील वार्षिक पर्जन्यमान सुमारे ११४ सें.मी. आहे. सबंध पृथ्वीवरील पर्जन्याची वार्षिक सरासरी १००.४ सें.मी आहे. नैर्ऋत्य मान्सूनच्या ऋतूत भारतातील एका 'लाक्षणिक पर्जन्यमय दिवसा' त पंचवीसशे कोटी टन जलबाष्पाचं पावसात रूपांतर होतं, तर सबंध वर्षाऋतूत याच्या हजारपट जलबाष्प भारतात येतं, असा वातावरणविज्ञांनी अंदाज केला आहे. जागतिक भूपृष्ठावरील ६७ सें.मी. या वार्षिक सरासरी पर्जन्यमानाच्या तुलनेनं भारतातील ११७ सें.मी. हे वार्षिक सरासरी पर्जन्यमान विक्रमी स्वरूपाचं आहे. तथापि, प्रादेशिक सरासरी पर्जन्यमान याहून फार वेगळं आहे. एकीकडे पश्चिम राजस्थानसारख्या सुमारे ३१ सेमी. इतक्या कमी सरासरी वार्षिक पर्जन्यमान असणाऱ्या प्रदेशापासून तो २५२ सेंमी. वार्षिक पर्जन्यमान असणारा आसाम आणि ३०० सेंमी. सारखं सरासरी वार्षिक पर्जन्यमान असणारा केरळ यांसारखे अतिपर्जन्ययुक्त प्रदेश भारतात आहेत. सह्याद्रीच्या रांगा पर्जन्यवाहक वातप्रवाहांच्या भागांस प्रलंब दिशेनं येत असल्यामुळे वाताभिमुख बाजूला

काही ठिकाणी वर्षातून २०० सेंमी. तर डोंगरमाथ्यावर ६०० सेंमी. पाऊस पडतो, तर वातविमुख क्षेत्रावर केवळ १५ ते ३० सेंमी. इतपत पाऊस पडतो. त्यामुळे सह्याद्रीच्या पूर्वेला अवर्षणप्रवण पर्जन्यछाया निर्माण झाली आहे. दुष्काळाचा फटका या वातविमुख क्षेत्रालाच वारंवार बसतो. भारताच्या विषम पर्जन्य वितरणास अनेकविध भूतल स्वरूप, पर्वतांचं दिक्स्थापन, भूपृष्ठाचा चढ उतार, अभिसारी आणि अपसारी चक्रवातांचं आगमन, सीमापृष्ठे (फ्रंट्स), इत्यादी घटक कारणीभूत होतात. पावसाचं प्रमाण दरवर्षी सारखंच असतं, असं नाही. पुष्कळदा पाऊस अस्थानी, अवेळी पडतो. त्यामुळे अवर्षण किंवा महापूर यांसारख्या नैसर्गिक आपत्ती नेहमी कुठेतरी उद्भवतात.

समुद्रावरून जमिनीकडे येणाऱ्या शुद्ध हवेत १ घन सेंमी. आकारमानात सुमारे १०० वायुकलिलं (म्हणजे ज्यावर वर जाणारी आर्द्रतायुक्त हवा संद्रवित होऊ शकते असे कण) असतात. औद्योगिक शहरांवरील हवेच्या १ घन सेंमी. आकारमानात १० लक्ष प्रदूषणकारी कण असू शकतात. अशा हवेत मेघनिर्मिती झाल्यास त्यातून मुक्त होणारं वर्षण अम्लीय असतं. आरोग्याला ते विघातक असतं. त्या वर्षणात बेन्झो-आल्फा-पायरीन नावाचं विषारी द्रव्य सह्य मर्यादेपेक्षा अधिक प्रमाणात आढळलं आहे. या द्रव्यामुळे प्राणिमात्राला कर्करोग जडू शकतो.

शास्त्रज्ञांच्या अंदाजाप्रमाणे पृथ्वीवर पाणी प्रचंड प्रमाणात व विविध स्वरूपात उपलब्ध आहे. केवळ जमिनीवर पडणाऱ्या पावसाच्या पाण्याचं जगातील सध्याच्या ६०० कोटी लोकांत वाटप केलं तर प्रत्येकाच्या वाट्यास ४४,५०० लिटर्स पाणी येईल ! पाण्याच्या उपलब्धतेच्या दृष्टीनं ढग आणि पाऊस फार महत्त्वाचे आविष्कार आहेत. पावसाचं सर्वच पाणी माणसांना पाहिजे तसं मिळविता येत नाही. अनेक प्रकारांनी ते वाया जातं. अधूनमधून दुष्काळी परिस्थिती उद्भवतेच. अशा समस्या सोडविण्यासाठी पावसाचं पाणी साठवण, भूमि-अंतर्गत पाण्याचा शोध घेणं, बाष्पीभवनाची त्वरा मंदावणं, समुद्राच्या खाऱ्या पाण्याचं सौर ऊर्जेकरवी गोड्या पाण्यात रूपांतर करणं, मेघबीजन करून कृत्रिम पर्जन्य पाडणं, इत्यादि उपायांचा अवलंब करावा लागतो. देशाच्या कुठल्या ना कुठल्या भागात नेहमी आढळणारी दुष्काळी परिस्थिती पाहता, भारतानं ह्या दिशेनं पावलं उचलायला हवीत !

❑ ❑ ❑

५

कृत्रिम पर्जन्य

माणसाला जगण्यासाठी पाणी आवश्यक असते. तो ज्या अन्नावर जगतो ते अन्न देणाऱ्या वनस्पतींना आणि प्राण्यांनाही पाणी आवश्यक असते. पाण्याला आपण जीवन म्हणतो ते याच कारणामुळे. आपल्याला हवे असणारे पाणी आपण मुख्यत्वेकरून पावसापासून आणि त्यामुळे निर्माण झालेल्या नद्या, विस्तीर्ण जलाशय, विहिरी, कालवे, भूमि-अंतर्गत पाण्याचे साठे इत्यादींपासून मिळवितो.

पाण्यासाठी आपण निसर्गावर अवलंबून असतो. निसर्ग अत्यंत लहरी आहे. नैर्ऋत्य मान्सूनचा पाऊस हा निसर्गाचाच एक आविष्कार आहे. तोही तितकाच लहरी आहे. आगमन किंवा निर्गमन यांच्या बाबतीत नियमितपणा, पर्जन्य वितरणाच्या बाबतीत समप्रमाणता, तीव्रतेच्या बाबतीत सुसंगती यांसारखे गुण मान्सूनमध्ये नाहीत. कधी तो अत्यंत प्रभावी बनून सर्वत्र मुसळधार पाऊस पाडतो, कधी दुर्बल होऊन पर्जन्यदानात कृपण व्यक्तीसारखा वागतो, तर कधी तो आपले कर्तव्यच विसरतो व नैर्ऋत्य मान्सूनच्या पावसात दीर्घ कालावधीचे खंड निर्माण करतो. ह्या सर्वांचे परिणाम म्हणजे दरवर्षी भारताच्या काही क्षेत्रांवर पर्जन्याधिक्यामुळे महापूर तर काही क्षेत्रांवर अवर्षणामुळे दुष्काळ उद्‌भवतात. पुरेशा पाण्याचा अभाव म्हणजे एक दारुण संकटच ! पावसाळ्यात पाऊस जर कमी पडला तर जलाशयांत पुरेसे पाणी साठत नाही. ऊर्जा निर्मितीचे प्रमाण घटते, पिके खुरटतात, वाळतात, नाश पावतात. जलसिंचनाच्या योजनी निकामी ठरतात, गोड पाण्याचे पूर्वीचे साठे रिकामे होतात.

आणि मग माणूस पाणी मिळविण्यासाठी नवनवीन उपाय शोधू लागतो !

पाण्यासाठी नाना उपाय

काही लोक सामुदायिक धार्मिक विधी करतात, देवांना साकडे घालतात, पर्जन्यसूक्त-पठण, पर्जन्ययज्ञ, महारुद्र स्वाहाकार करतात. संगीततज्ञ संगीत महोत्सव

करून वरुणदेवतेचे वरदान मागणारे, ढगांना ढवळणारे, वाऱ्यांना वळविणारे, आर्द्रतेला आळविणारे राग गातात. काही लोक बेडकांची मिरवणूक काढतात. अडला नारायण गाढवाचे पाय धरी; क्वचित् प्रसंगी गाढवांचीही पूजा करण्यात येते.

शास्त्रज्ञ मात्र ढगांवर काही क्रिया-प्रक्रिया-विक्रिया करून ढगांतील पाणी काढून घेता येते का ते पाहतात.

नैर्ऋत्य मान्सूनच्या ऋतूत भारतातील एका लाक्षणिक पर्जन्यमय दिवसात पंचवीसशे कोटी टन जलबाष्पाचे पावसात रूपांतर होते व सबंध वर्षाऋतूत याच्या हजारपट जलबाष्प भारतात येते असा अंदाज वातावरणविज्ञांनी केला आहे. सर्वत्र सारख्या प्रमाणात पाऊस पडत नाही हा निसर्गाच्या पर्जन्य वितरण यंत्रणेचा दोष आहे. त्यात पर्वतरांगांच्या दिक्‌स्थितीचा बराच वाटा आहे. सह्याद्री पर्वताच्या रांगा पर्जन्यवाहक वातप्रवाहांच्या मार्गात प्रलंब दिशेने येत असल्यामुळे अनुवात पार्श्वावरील काही ठिकाणी वर्षातून २०० ते ५०० सेंमी. इतका पाऊस पडतो. तर वातविमुख क्षेत्रावर केवळ १० ते ३० सेंमी. इतका पाऊस पडतो. दुष्काळाचा फटका वातविमुख किंवा पर्जन्यछायेत असलेल्या क्षेत्रांनाच बसतो. पाण्याची खरी गरज तेथेच जास्त प्रमाणात भासते.

भारतासारख्या कृषिप्रधान देशाचे भवितव्य सर्वस्वी नैर्ऋत्य मान्सूनवर अवलंबून असते. गेली काही वर्षे भारताच्या अनेक भागांत कमी अधिक प्रमाणात पाऊस पडत आहे. त्याच्यातही एक आवर्तन निर्माण झाल्याचे आढळले आहे. पाण्याची उणीव भरून काढण्यासाठी कृत्रिम पर्जन्याचे प्रयोग भारतात करता येतील का, ते सफल होतील का, या प्रश्नांना तामिळनाडू, कर्नाटक, उत्तर प्रदेश, बिहार, कच्छ, मध्यप्रदेश व मध्य महाराष्ट्र या भागातील अवर्षणजन्य परिस्थितीने वाचा फोडली आहे.

न वर्षणाऱ्या ढगांतून पाऊस काढून घेणे कसे शक्य आहे ते आता आपण पाहू या.

कृत्रिम पर्जन्याचे तंत्र

आकाशात अनेक ढग आले तरी सर्वच वेळी सर्वच ढगांतून पाऊस पडत नाही हे आपण प्रत्यही पाहतोच. असंख्य आर्द्रताग्राही (जलशोषक) पदार्थांच्या कणांवर जलबाष्पाचे संद्रवण झाल्यामुळे ढग निर्माण होतात. एखाद्या छोट्या राशिमेघात १ किलोटन जलबाष्प असते. गर्जन्मेघासारख्या उंच वाढणाऱ्या ढगात ५०,००० किलो-टन जलबाष्प असते. मेघकणांचा व्यास साधारणपणे २० मायक्रॉनपेक्षा कमी असतो

आणि त्यांचा पतनवेग प्रतिसेकंदाला एक शतांश ते ५ सेंमी. इतका अल्पसा असतो. हे कण पर्जन्यरूपाने पृथ्वीपृष्ठावर पडू शकत नाहीत. वाऱ्यांच्या ऊर्ध्व व क्षैतिज प्रवाहाबरोबर ते ढगात इतस्ततः भ्रमण करीत असतात. मंद तुषारवृष्टीत जलकणांचा व्यास २०० मायक्रॉनपेक्षा अधिक असतो. पावसाच्या थेंबांचा व्यास ६ मिमी. किंवा ६००० मायक्रॉन एवढा असू शकतो. त्यांचा पतनवेग प्रतिसेकंदाला ७० सेंमी. ते ९ मीटर इतका असतो. मेघकण, तुषार वृष्टिकण व मोठा वृष्टिकण यात फरक फक्त आकारचाच असतो. पावसाच्या एका थेंबात १० लक्ष मेघकण सामावलेले असतात. मेघकण वाढवून मोठा केला की पाऊस पाडणे शक्य होते. त्यासाठी शीतित बर्फाचे कण (म्हणजे गोठलेले कार्बन डाय ऑक्साइडचे कण), सिल्व्हर आयोडाइडचे स्फटिक कण, पोटॅश आयोडाइड किंवा संगजिरा व मीठ यांचे मिश्रण ढगात सोडतात. ह्या कणांमुळे ढगात संक्षोभ - विक्षोभ - प्रक्षोभ वाढतो. ढगांचे स्वरूप बदलते. ते अस्थिर होतात. थेंब इतस्ततः फिरू लागतात. एकमेकांवर आदळू लागतात. कधी कधी ते फुटतात, तर कधी कधी त्यांचे संमीलन होते. अशा 'आघात व संमीलन' क्रियेने परिणामी थेंबाचा आकार वाढतो. त्यांचा पतनवेगही वाढतो. हा पतनवेग ढगातील उदग्र प्रवाहाच्या वेगापेक्षा अधिक झाला की ते थेंब पर्जन्यरूपाने खाली पडू लागतात. खाली पडताना ते थेंब लगतची हवाही ओढतात. त्यामुळे अधःप्रवाह निर्माण होतात. कधीकधी त्यांना द्रुतप्रवेगी चंडवातांचे स्वरूप येते.

ढगांचे प्रकार

ऊष्मीयदृष्टचा ढग दोन प्रकारचे असतात. शीत मेघ आणि उष्णतर मेघ. हिमरेषेच्या पलीकडे जाणारे. अत्युच्च वाढणारे मेघ शीतमेघ असतात. अशा ढगांत जेथे ऊर्ध्व प्रवाह बलवान असतात त्या ठिकाणीच कणबीजन केले पाहिजे. त्यामुळे जलबाष्पाचे संद्रवण होते. अवस्थांतर झाल्यामुळे अप्रकट संद्रवण-उष्णता मुक्त होते. त्यामुळे ढगांची उंची व जाडी वाढते. ढग हिमरेषेपेक्षा बराच उंच झाला की त्यात हिमकण व अतिशीतित पाण्याचे जलबिंदू निर्माण होतात. ते समोरासमोर आले की बर्फकणांवर अतिशीतित जलबिंदूंचे आक्रमण होते. बर्फकण आकाराने वाढू लागतात ते फार मोठे झाले की खाली पडू लागतात. बर्फाच्या स्वरूपात जमिनीकडे येणाऱ्या घनीभूत जलबिंदूंचे खालील हवेच्या उष्णतर तापमानामुळे पाण्यात रूपांतर होते व पाऊस पडू लागतो. हाच तो कृत्रिम पर्जन्य. हिमरेषेच्या खालीच वृद्धी झालेल्या उष्णतर ढगांतील जलबिंदू 'आघात व संमीलन' क्रियेने मोठे केले जाऊन पाऊस पाडण्यात येतो.

हवामानाचे रूपांतरण, कृत्रिम पर्जन्याचे काही प्रयोग

मेघबीजन करून हवामानात बदल घडवून आणण्याच्या प्रयोगांना खरी सुरुवात इ.स. १९४० मध्ये झाली. प्रा. आयर्व्हिंग लँगमूर यांच्या मार्गदर्शनाखाली डॉ. व्ही. जे. शेफर यांनी विमानातून अतिशीतित ढगात - ७८° से. तापमान असलेले शुष्क बर्फाचे म्हणजे गोठलेले कार्बन-डायऑक्साइडचे कण विखुरले. अल्पावधीत शीत हिमाचे असंख्य कण ढगातून बाहेर पडून ढग वितळू लागले. डॉ. फोनेगुट यांनी -५° से. तापमानाचे सिल्व्हर आयोडाइडचे कण ढगात पेरून हाच प्रयोग यशस्वी करून दाखविला.धुके म्हणजे जमिनीवरचे स्तरमेघच. त्यांच्यामुळे विमान वाहतूक धोक्यात येते. जगात सर्वत्र विमानतळावरील अतिशीतित धुके वितळविण्यासाठी गोठलेल्या कार्बन डाय ऑक्साइडच्या किंवा सिल्व्हर आयोडाइडच्या कणांचा वापर करण्यात येतो. फ्रान्समध्ये द्रवीभूत प्रोपेन तर रशियात लेड आयोडाइड वापरण्यात येते. अशा प्रयोगांमुळे अतिशीतित धुकी वितळविण्यात हमखास यश येते, असा अनुभव आहे. उष्णतर धुक्यांच्या बाबतीत अशी खात्री देता येत नाही. हिमतुषारांकापेक्षा अधिक तापमान असलेली उष्णतर धुकी म्हणजे आत्यंतिक स्थिरावस्था प्राप्त झालेले स्तरमेघ. ऊर्जा-समुपयोजन करून त्यात सहजासहजी अस्थिरता निर्माण करून ते नष्टप्राय करता येत नाहीत. अनेक ठिकाणी जाळ करून धुकी तापविणे, आर्द्रताग्राही पदार्थांचे कण विस्तृत प्रमाणावर धुक्यांत विखरणे, परिचालकांकरवी (प्रॉपेलर्सकरवी) ऊर्ध्व दिशेने हवेचे झोत फेकून धुक्याखाली असलेल्या हवेचे नीचतम थर ढवळणे, विमानतळाच्या धावपट्टीवर जेट विमाने ओळीने उभी करून जेट इंजिनांकरवी उष्ण हवेचे फवारे धुक्याने ग्रासलेल्या हवेत सोडणे, द्रुत गतीने जलसंयोग साधणाऱ्या अनेक विद्युत-विच्छेद्य (इलेक्ट्रोलाइट) पदार्थांचे कण धुक्यांत विखुरणे, इत्यादी प्रक्रियांनी उष्ण धुकी वितळविण्याचे अनेक प्रयोग केले गेले, पण समाधानकारक असा एकही मार्ग अजून सापडला नाही.

काही स्तिमित करणाऱ्या घटना

इतर प्रकारच्या मेघांत परिवर्तक पदार्थांचे बीजकण पेरून त्या मेघांचे रूपांतर करण्याच्या सर्वच प्रयोगात अपेक्षित यश आले नसले तरी काही प्रसंगी बुद्धीला स्तिमित करून टाकणाऱ्या घटना प्रत्ययास आल्या. एका प्रयोगात उत्तर अमेरिकेत अतिशीतित स्तरराशिमेघांनी व्यापलेल्या १०० चौरस किमी. क्षेत्रात ५ किमी. अंतर असलेल्या १६ किमी. लांबीच्या तीन रेषांत प्रत्येकी १०० पौंड (सुमारे ४८ कि.ग्रॅ) अतिशीतिल कार्बन डाय ऑक्साइडचे म्हणजे शुष्क बर्फाचे कण विखुरले. पण त्यामुळे

पर्जन्य किंवा हिमवृष्टी न होता सर्व ढग पांगू लागले. ढगांत बीजकण पेरून त्यातून जलबिंदू काढून घेण्याच्या उद्देशाने केलेल्या अनेक प्रयोगांत ढगच वितळून गेले व जमीन कोरडी राहिली. काही ठिकाणी मात्र हिवाळ्यात निरुत्साही करणाऱ्या ढगाळलेल्या आकाशात मेघबीजन करण्यात आले व ढग वितळवून सुखद सूर्यप्रकाशाची देणगी लोकांना बहाल करण्यात आली. याच्या उलट, मिशिगन सरोवरातील ढग पांगविण्यासाठी केलेल्या प्रयोगात एक राशिमेघ अनपेक्षितपणे अत्युच्च पातळीपर्यंत वाढला. त्यात द्रुतप्रवेगी चंडवात निर्माण झाले आणि सतत एक तासपर्यंत जोरदार शीत पर्जन्य व हिमवृष्टी करून लोकांना त्रस्त केले ! दुसऱ्या एका प्रयोगात -८° से. तापमानाच्या उच्च पातळीपर्यंत वाढलेल्या गर्जन्मेघात विमानाकरवी गरजेपेक्षा अत्याधिक प्रमाणात सिल्व्हर आयोडाइडचे कण पेरले गेले. ह्या कणाधिक्यामुळे हिमानी क्रिया (ग्लेसिएशन) विवर्धित झाली. ढगातील पाण्याचे अल्पावधीत अगणित हिमकण तयार झाल्यामुळे त्यांनी मुक्त केलेली किंवा उत्सर्जित झालेली अप्रकट संद्रवण उष्णता ढगातील हवेला मिळाली. त्यामुळे ढगाची उप्लावकता (बॉयन्सी) अतिरेकी प्रमाणात वाढली. अवघ्या २० मिनिटांत ढग उंच वाढला. त्याची जाडीही वाढू लागली. ४० मिनिटांनी प्रचंड मेघविस्फोट होऊन अतोनात वर्षण व्हावयाला सुरुवात झाली. आणखी एका प्रयोग मालिकेत १४ गर्जन्मेघांत बीजारोपण केले गेले, त्यातील १० ढग नुसते उंचच वाढले, ४ ढगांचा विस्फोट झाला ! यावरून एक महत्त्वाचे अनुमान निघाले, ते हे की, आपण ढगांची रूपरेषा, स्वरूप, जीवनकाल व जीवनक्रम बदलू शकतो. पर्जन्यनिष्कर्षणाबद्दल मात्र आपण ग्वाही देऊ शकत नाही ! अमेरिकेत केलेल्या कृत्रिम पर्जन्याच्या प्रयोगांबद्दल 'यू.एस. नॅशनल अकॅडेमी ऑफ सायन्सेस' या वैज्ञानिक संस्थेने आपले मत दिले ते असे : "काही विशिष्ट प्रकारच्या ढगांच्या व बादळांच्या समूहांत रासायनिक बीजारोपण तंत्रांचा वापर करून पर्जन्यात वाढ करता येईल अशी आशा बाळगण्याइतपत वाढत्या प्रमाणावर पण संदिग्ध किंवा अनेकार्थी सांख्यिकीय पुरावा उपलब्ध होत आहे."

परिणाम कसेही असोत, पण मेघबीजनाचे प्रयोग दुर्लक्षिण्यासारखे नाहीत. त्याच्या तंत्रांचा सखोल अभ्यास करायला हवा.

अनेक राष्ट्रांत कृत्रिम पर्जन्याचे प्रयोग

कृत्रिम पर्जन्याचे प्रयोग आतापर्यंत जवळ जवळ ५० राष्ट्रांनी केले आहेत. प्रत्येक राष्ट्राची तंत्रे वेगवेगळी आहेत. हे प्रयोग इझराईलमध्ये यशस्वी, मिसूरी (उत्तर अमेरिका) मध्ये अनिर्णायक, ॲरिझोनामध्ये दुर्लक्षणीय किंवा नगण्य ठरले. "आम्ही गारांच्या

वर्षावामुळे होणारे नुकसान ९० टक्क्यांनी कमी करू शकतो,'' असा दावा रशियन शास्त्रज्ञांनी केला आहे, तर ''मेघबीजन करून आम्ही उग्र चक्रीवादळाशी निगडित असलेला प्रचंड पवनवेग १० टक्क्यांनी कमी करू शकतो.'' असा दावा अमेरिकन शास्त्रज्ञ करीत आहेत. मेघबीजनामुळे वाऱ्यांच्या दिशेने ४५० ते ५०० किमी. पर्यंत पाऊस वाढतो असे ऑस्ट्रेलियन शास्त्रज्ञ म्हणतात. गारांची वादळे शमविण्यात फ्रान्स, जर्मनी, अर्जेंटिना व इटलीत यश आल्याचे सांगण्यात येते.

कृत्रिम पर्जन्याचे भारतातील प्रयोग

भारतात कृत्रिम पर्जन्याच्या प्रयोगांची सुरुवात इ.स. १९५१ मध्ये झाली. पहिला प्रयोग टाटा कंपनीने महाराष्ट्रातील सह्याद्री पर्वतात केला. त्यानंतर इ.स. १९५२ मध्ये कै. डॉ. सुधांशुकुमार बॅनर्जी यांनी जादवपूर (कोलकता) येथे व इ.स. १९६५ मध्ये प्रा. एस. के. घोष यांनी पाटणा येथे कृत्रिम पर्जन्याचे प्रयोग केले. 'मेघबीजन केल्यापासून अवघ्या २० मिनिटांनी पाऊस पडायला सुरुवात होते.' असे विधान डॉ. घोष यांनी केले. इ.स. १९५७ ते १९६६ च्या कालावधीत नवी दिल्ली येथील वैज्ञानिक आणि औद्योगिक संशोधन परिषदेचा कृत्रिम पर्जन्य संशोधन विभाग व पुणे येथील भारतीय उष्णकटिबंधीय वातावरण वैज्ञानिक संस्था यांच्या विद्यमाने उत्तर भारतात दिल्ली येथे दहा पावसाळी ऋतूत, आग्रा येथे पाच पावसाळी ऋतूत व जयपूर येथे चार पावसाळी ऋतूत आणि दक्षिण भारतात मुन्नार येथे कृत्रिम रीतीने पाऊस पाडायचे प्रयोग केले. त्यांच्या अनुमानाप्रमाणे, अशा प्रयोगांमुळे ऋतुनुसारी (हंगामी) पावसात ४० टक्क्यांनी वाढ होऊ शकते. पुण्याच्या इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ ट्रॉपिकल मिटिऑरॉलॉजी या संस्थेच्या शास्त्रज्ञांनी इ.स. १९७४ मध्ये पुण्याच्या पूर्वेकडील १६०० चौरस किमी. क्षेत्रात व उत्तर प्रदेशातील रिहांड-धरण-जलाशयाच्या परिसरात मेघबीजन करून कृत्रिम पावसाचे प्रयोग केले. याच सुमारास तामिळनाडू व कर्नाटक राज्यांत अतिशय कमी पाऊस पडला. तामिळनाडूमध्ये पाण्याचा अभाव इतका जाणवू लागला की त्या राज्याने अगतिक होऊन कृत्रिम पर्जन्य पाडण्याचे तंत्र अवगत असणाऱ्या अमेरिकन तंत्रज्ञांना पाचारण केले ! त्यांनी फ्रेड क्लार्क यांच्या नेतृत्वाखाली दिनांक १५ व १६ जुलै, १९७५ ला मद्रासजवळच्या रेडहिल्स व पुंडी जलाशयाच्या पाणलोट क्षेत्रात कृत्रिम पर्जन्याचे प्रयोग केले व ते यशस्वी झाल्याचे लगेच जाहीर केले. रेड हिल्स तलावात २ मिमी. पुंडी जलाशयात २६ मिमी. आणि तिरुथानी जलाशयात ४२ मिमी. पाऊस पडल्याचा त्यांनी दावा केला. या प्रयोगासाठी १२.५ लक्ष रुपये खर्च होऊन मद्रास जवळच्या पुंडी जलाशयात ७० कोटी गॅलन पाणी जमले व मद्रासचे पाण्याचे दुर्भिक्ष आता संपले आहे असेही

ग्रंथालय

तामिळनाडूच्या सरकारी प्रवक्त्याने अधिकृतपणे वर्तमानपत्रकारांना सांगितले ! कृत्रिम पर्जन्याच्या या अत्याधुनिक मोहिमेचे नेते श्री. फ्रेड क्लार्क यांनी दिनांक १८ ऑक्टोबर १९७५ ला वृत्तपत्रकारांना सांगितले : ''आम्ही मेघबीजनाचे प्रयोग केले नसते तर मद्रास शहराला सध्या जे पाणी मिळत आहे ते मिळाले नसते. मद्रास शहराजवळच्या जलाशयातही सध्या जितके पाणी साठले गेले आहे तितके साठविले गेले नसते. आमचे प्रयोग संपूर्णतया यशस्वी झाले आहेत. या क्षेत्रात दरवर्षी कृत्रिम पर्जन्याचे प्रयोग केले पाहिजेत. येथील पाण्याचे साठे वाढविण्याचा हाच एक उपाय आहे... आम्ही पायपर कामांच नावाच्या दोन एंजिनांच्या विमानातून ४००० ते ६५०० मीटर उंचीवर जाऊन, एकंदर १४० तास उड्डाण करून, एकूण १०,००० ग्रॅम सिल्व्हर आयोडाइड ढगांत विखुरले. केवळ मद्रासलाच नव्हे तर कोईमतूर व निलगिरी विभागातही आम्ही मेघबीजन केले. हे प्रयोग यशस्वी झाले आहेत याबद्दल शंकाच नको !''

या उद्गारांवरून कोणालाही असेच वाटेल की, मानवाने आता वरुणदेवतेवर विजय मिळविला आहे. यापुढे आता कोणत्याही क्षेत्रावर केव्हाही, हव्या त्या प्रमाणात कृत्रिम रीत्या पर्जन्य पाडणे शक्य होईल. खरी वस्तुस्थिती वेगळी आहे. कृत्रिम पर्जन्याचे तंत्र अजूनही प्राथमिक किंवा प्रयोगावस्थेत आहे.

तामिळनाडूत इ.स. १९७५ च्या नैर्ऋत्य मान्सूनच्या पावसाळ्याच्या कालावधीत सरासरीपेक्षा ३८ टक्के अधिक पाऊस पडला या घटनेचे खूप भांडवल करण्यात आले. मेघबीजनाच्या यशस्वीततेचे ते एक उत्तम उदाहरण म्हणून सांगण्यात येते. पण ते खरे नाही. इ.स. १९७५ ह्या वर्षी भारतात सर्वत्र समाधानकारक पाऊस पडला. पश्चिम राजस्थानमध्ये तर ११८ टक्के अधिक पाऊस पडला. तसेच, लक्षद्वीप, केरळ, कर्नाटक, तामिळनाडू, आंध्र प्रदेशाची किनारपट्टी, मध्य महाराष्ट्र, मराठवाडा, गुजरात, पूर्व राजस्थान, हरयाना, पंजाब, उत्तर प्रदेश, जम्मू, काश्मीर या राज्यांत सरासरी पर्जन्यापेक्षा २० टक्क्यांहून अधिक पाऊस पडला. रायलसीमा, तेलंगण, कोकण, गोवा, मध्यप्रदेश, पश्चिम बंगाल ह्या राज्यांत सरासरी पर्जन्यापेक्षा किंचित अधिक पडला. त्याचा मेघबीजनाशी काहीही संबंध नव्हता. तामिळनाडूत कृत्रिम पर्जन्याचे प्रयोग केले नसते तरी तेथे इ.स. १९७५ मध्ये भरपूर पाऊस पडला असता असे जर कोणी म्हटले तर त्यात चूक होणार नाही !

कृत्रिम पर्जन्याची यशस्विता

'जागतिक वातावरण वैज्ञानिक संघटने' ने (डब्ल्यू.एम्.ओ.ने) कृत्रिम पर्जन्याच्या अनेक प्रयोगांची चिकित्सा केली आहे. ''कृत्रिम रीतीने हवामान किंवा जलवायुमान

बदलण्याच्या प्रयोगांचे यश मर्यादित आहे. हवामानाचे रूपांतरण करण्याचे शास्त्र अजून प्रायोगिक अवस्थेत आहे. या बाबतीत खूपच ध्येयनिष्ठ व वस्तुनिष्ठ संशोधन करणे आवश्यक आहे'', असे मत जागतिक वातावरण वैज्ञानिक संघटनेने अधिकृतरीत्या दिले आहे.

यश मर्यादित का ?

कृत्रिम पर्जन्यासाठी प्रायोगिक मेघांची संपूर्ण निरीक्षणे आवश्यक असतात. ढगांची उंची, त्यांच्या विविध भागांत तापमानाचे वितरण, आर्द्रतेचे वितरण, एकक आकारमानात मेघकणांची संख्या, त्यांच्या आकारमानांच्या अभिसीमा, संशीत केंद्रकांची (फ्रीझींग न्यूक्लियांची) संख्या, त्यांच्या आकारमानाचे वितरण, त्यांची निर्मिती त्वरा, बदलत्या तापमानाप्रमाणे त्यांच्या गुणधर्मात घडून येणारे फरक, पर्जन्यबिंदूंची संख्या व त्यांचा भ्रमणवेग, ढगांतील ऊर्ध्व प्रवाहांची आणि अधःप्रवाहांची स्थाने या सर्व घटकांची संपूर्ण माहिती ढगाचे यशस्वीरीत्या जलीकरण करण्यासाठी सुरुवातीला हवी असते. अशा निरीक्षणांसाठी सध्या सर्वत्र सर्व साधने व उपकरणे उपलब्ध नाहीत. कृत्रिम पर्जन्याच्या प्रयोगांचे यश सीमित असते ते ह्या कारणांमुळेच ! शिवाय, मेघबीजनाच्या प्रक्रिया अतिशय खर्चाच्या आहेत.

अमेरिकेने कृत्रिम पर्जन्याच्या बाबतीत खूपच प्रगती केली आहे. 'गतिमान मेघबीजन' (डायनॅमिक क्लाऊड सीडिंग) करण्याचे तंत्र त्यांनी शोधून काढले आहे. ह्या तंत्राप्रमाणे विमान ७००० मीटर उंचीवर नेऊन तेथून आर्द्रताग्राही सिल्व्हर आयोडाइडचे कण विपुल प्रमाणात खालील ढगात सोडले जातात. अप्रकट संद्रवण उष्णता मुक्त झाल्यामुळे ढगात एकाएकी उत्प्लावकता निर्माण होऊन ढग खूप उंच वाढू लागतो. ढगात अनंत हिमकण निर्माण होतात व ढग अस्थिर होतो. विविध प्रक्रियांची ही शृंखला कृत्रिम पर्जन्यासाठी आवश्यक असते. व्हिएटनामच्या युद्धात हो-ची-मिन्ह यांच्या सैन्याला होणाऱ्या पुरवठ्याचे मार्ग तोडण्यासाठी व व्हिएटनामच्या लोकांना महापुरात बुडविण्यासाठी हे आधुनिक पर्जन्यास्त्र अमेरिकेने वापरले असा त्यांच्यावर आरोप करण्यात येतो. इतरत्र अमेरिकन पद्धती आर्थिक दृष्ट्या लाभदायक आहेत. अल्पावकाशात दर किलोमीटरला ३०० गॅलन अशा त्वरेने बीजावतरण करणारी साधने, रॉकेट, रेडार, गणकयंत्रे, विमान, स्वयंचलित स्वयंविस्फोटक फुगे (वेदर बॉब्स), क्षेपणयंत्रे, पायरोटेक्निक जनरेटर, कॉंप्रेसर मशीन, फवारणी यंत्रे, इत्यादी साधने अमेरिकन पर्जन्य निर्मात्यांच्या मदतीला सदैव सज्ज असतात. अनेकदा त्यांना चांगलेच यश येते. त्याचे एक उत्तम उदाहरण येथे नमूद करण्यासारखे आहे. इ.स. १९७१ साली दक्षिण फ्लोरिडा, टेक्सास, ॲरिझोना आणि

ओक्लाहमा या राज्यांत तीव्र दुष्काळ पडला. पिके, झाडे वाळली, जमिनी कोरड्या पडल्या. द्रुतगती वाऱ्यांमुळे जमिनींच्या सुपीक थरांचे उत्क्षरण होऊ लागले. वणवे पेटू लागले. जमिनीचा कस कमी होऊ लागला. तेव्हा तेथील लोकांनी, "कसेही करा पण ढगांत पर्जन्यदायक रसायनांचे बीज पेरून आमच्या तृषार्त जमिनींना पाणी द्या", अशी वातावरणविज्ञांना विनंती केली. त्यांनी शासनाची परवानगी घेऊन दिनांक ७ मे १९७१ ला प्रयोग केले आणि १०,००००० (एक लक्ष) एकर फीट म्हणजे १ कोटी २५ लक्ष (१,२५,००,०००) टन पाऊस पाडला ! या मोहिमेचे मार्गदर्शन प्रसिद्ध महिला शास्त्रज्ञ डॉ. जोन सिम्पसन यांनी केले होते : 'आंतरराष्ट्रीय महिला वर्षा' ला ते साजेसेच होते ! येथे पाडलेल्या पावसामुळे खर्च - आणि तात्कालिक नफा यांचे गुणोत्तर १ : ३२ असे पडले !

भारताने अशी तंत्रे अवलंबिली पाहिजेत. भारतातील सध्याच्या कृत्रिम पर्जन्याच्या यंत्रणा प्रायोगिक व प्राथमिक स्वरूपाच्या आहेत. ह्यासाठी ठिकठिकाणच्या ढगांच्या लक्षणांचा व गुणधर्मांचा अभ्यास व संशोधन करणे आवश्यक आहे.

आर्थिक व सामाजिक दृष्ट्या मेघबीजनाच्या प्रयोगांचे परिणाम अतिदूरगामी असू शकतात. विमानतळावरील धुके वितळविण्यात यश आले तर लक्षावधी उतारूंचे हवाई प्रवास सुकर, सुखरूप व सुखद होतील. गारांचा वर्षाव करणाऱ्या ढगांचे मंदायन करता आले तर कोट्यावधी रुपयांच्या धान्याची व मालमत्तेची नासाडी टळेल, हव्या त्या ठिकाणी, पाहिजे त्यावेळी इच्छित प्रमाणात कृत्रिम उपायांनी पाऊस पाडता आला तर आधुनिक मानवी संस्कृतीच्या जलीय शृंगापत्तींना यशस्वीपणे तोंड देता येईल. गरीबांची उपासमार टळेल.

पण कृत्रिम पावसाच्या प्रयोगांत एक मोठा राजकीय अनर्थ दडला आहे. राजस्थानकडे जाणाऱ्या ढगांचा पाऊस गुजरातने मध्येच काढून घेतलेला राजस्थानला आवडणार नाही. पावसाच्या पाण्यावरून राज्यांतर्गत तंटे वाढतील.

सध्याच्या परिस्थितीत तरी कृत्रिम पर्जन्य हा एक जुगार आहे. प्रत्येक वेळी हुकमी दान पडेलच याची त्यात निश्चिती नाही. अवर्षणावर कृत्रिम पर्जन्याचे प्रयोग हा प्रभावी उपाय कधीच होऊ शकणार नाही. अधःप्रवाह व इष्टतम आर्द्रतेचा अभाव असणाऱ्या क्षेत्रात पर्जन्य देणारे ढग निर्माण करण्याचे सामर्थ्य मानवाला अजून लाभलेले नाही !

□ □ □

६

■■

महाराष्ट्राचे जलवायुमान

महाराष्ट्र राज्य २२° अक्षवृत्ताच्या दक्षिणेस असल्यामुळे राज्यात उष्ण कटिबंधीय जलवायुमान प्रत्ययास येते. सह्याद्रीच्या रांगा पश्चिम किनारपट्टीला जवळ-जवळ समांतर असल्यामुळे कोकणपट्टीतील ठाणे, सिंधुदुर्ग, रत्नागिरी व रायगड जिल्हे महाराष्ट्रातील इतर जिल्ह्यांपासून विलग झाले आहेत. महाराष्ट्रातील सह्याद्रीची सरासरी उंची सुमारे १००० मीटर आहे. त्याच्या रांगा पश्चिम-पूर्व दिशेत सुमारे ८०० कि. मी. रुंदीचे क्षेत्र व्यापतात. नैर्ऋत्य मॉन्सून वाऱ्यांना आडव्या दिशेत असल्यामुळे सह्याद्रीच्या रांगा म्हणजे भिन्न प्रकारांचे जलवायुमान विभागणाऱ्या सीमारेषाच होत. परिणामी सह्याद्रीच्या पूर्व आणि पश्चिम अशा दोन्हीही बाजूंवरील वातावरण-वैज्ञानिक परिस्थिती अगदी भिन्न प्रकारची असते.

सह्याद्रीच्या पश्चिमेकडील वाताभिमुख बाजूला (कोकणपट्टी व सह्याद्रीच्या पश्चिम उतरणीवर) खूपच पाऊस पडतो. पर्वतमाथ्यावर अधिकतम पाऊस पडतो, तर सह्याद्रीलगतच्या पूर्वेकडील भागात पावसाचे प्रमाण १/१० पेक्षाही कमी होते. पश्चिम किनारपट्टीवर विपुल पाऊस पडत असला तरी बहुतेक पाणी ओहोळनाल्यांनी अरबी समुद्रात जाते, तर गोदावरी, भीमा व कृष्णा ह्यांसारख्या पूर्ववाहिनी नद्यांमुळे पूर्व महाराष्ट्रातील कृषि व उद्योगांना पुरेल इतके पाणी मिळते. महाराष्ट्राच्या जलवायुमानाचे तीन मुख्य विभाग करता येतात.

(१) नैर्ऋत्य मान्सूनचा विभाग : या विभागात साधारणपणे १०० सें.मी. पेक्षाही अधिक पाऊस पडतो आणि त्यात किनारपट्टीलगतचे ठाणे, सिंधुदुर्ग, रत्नागिरी, रायगड हे जिल्हे आणि पुणे, सातारा, कोल्हापूर या जिल्ह्यांचे पश्चिमेकडील डोंगराळ भाग मोडतात. किनारपट्टीवरील भागात वार्षिक तपमानातील फरक ५° से. पेक्षा क्वचितच अधिक असतो. सरासरी दैनिक तपमान २२° सें. पेक्षा क्वचितच खाली

येते. हवेची माध्य सापेक्ष आर्द्रता नेहमीच ५० टक्क्यांपेक्षा अधिक असते. हवा सदोदित उष्णार्द्र अवस्थेत असते आणि नैर्ऋत्य मान्सूनच्या कालखंडात लक्षणीय प्रमाणात वृष्टी होते. ह्या जलवायुमानीय विभागाच्या उरलेल्या डोंगराळ भागात हिवाळ्यात सापेक्ष आर्द्रता थोडी कमी होते. तथापि वर्षातील आठ महिने ती ५० टक्क्यांपेक्षा अधिकच असते. दैनिक तपमान २२ ° सें. पेक्षा कमी झाले, तरी ते १८ ° सें. च्या वरच असते.

(२) शुष्क जलवायुमानाचा विभाग : या विभागात जळगाव, नाशिक, औरंगाबाद, पुणे, बीड, सातारा, कोल्हापूर, लातूर आणि उस्मानाबाद ह्या जिल्ह्यांतील अर्धशुष्क भाग आणि संपूर्ण धुळे, अहमदनगर, सोलापूर आणि सांगली जिल्हे मोडतात. येथे सबंध वर्षातून माध्य दैनिक तपमान १८ ° सें. पेक्षा अधिकच असते. हिवाळ्यात ते २२° सें. च्या खाली जाते, तर इतर आठ महिन्यांत ते २२° सें.च्या वरच असते. वार्षिक पर्जन्य फक्त ६० ते ८० सेंमी. असतो. बहुतेक वृष्टी नैर्ऋत्य मान्सूनच्या कालखंडात होते. सबंध वर्षातून सरासरी दैनिक सापेक्ष आर्द्रता ५० टक्क्यांपेक्षा कमीच असते. या विभागाच्या मध्यवर्ती क्षेत्रात उन्हाळ्याच्या दोन किंवा तीन महिन्यांत अनेकदा ती १० टक्क्यांच्या खाली जाते.

(३) उष्णकटिबंधीय पावसाळी जलवायुमानाचा विभाग : या विभागात नाशिक, जळगाव जिल्ह्यांचे उर्वरित भाग, औरंगाबाद, बीड, लातूर व उस्मानाबाद जिल्ह्यांचे पूर्वेकडील भाग, मराठवाड्यातील उरलेले परभणी व नांदेड जिल्हे आणि विदर्भाचे अकोला, अमरावती, यवतमाळ, बुलढाणा, भंडारा, चंद्रपूर, गडचिरोली, व वर्धा हे जिल्हे येतात. ह्या विभागात ७० सें.मी. इतकी पर्जन्यवृष्टी होते. ती बहुतेक नैर्ऋत्य मान्सूनच्या कालावधीत होते. सरासरी वार्षिक सापेक्ष आर्द्रता ५० टक्क्यांपेक्षा अधिक असते. उन्हाळ्याच्या एकदोन महिन्यांत मात्र ती ३० टक्क्यांपेक्षा कमी होते. सबंध वर्षाचे माध्य दैनिक तापमान १८° सें. पेक्षा अधिक असते. तर हिवाळ्यात ते २२° सें. पेक्षा खाली जाते आणि वर्षाच्या इतर आठ महिन्यात ते २२° सें. पेक्षा अधिक असते.

वारे : महाराष्ट्रात हिवाळ्यात पृष्ठभागीय वारे उत्तर किंवा ईशान्येकडून तर वर्षाऋतूत पश्चिम किंवा नैर्ऋत्येकडून येऊन पूर्वेकडे जातात. पावसाळा सोडून इतर आठ महिन्यांत किनारपट्टीवरील भागात दुपारी व रात्री खारे आणि मतलई वाऱ्यांचा आविष्कार दृष्टोत्पत्तीस येतो. पावसाळ्यातील पृष्ठभागीय पश्चिमी वारे अधिक वेगवान असतात. पावसाळ्याचा शेवट व हिवाळ्याचा प्रारंभ साधारणपणे ऑक्टोबर महिन्यात

घडून येतो. ह्या संक्रमण कालावधीत पृष्ठभागीय पश्चिमी वारे दुर्बल होतात. ते उत्तरेकडून येऊन दक्षिणेकडे जातात. महाराष्ट्रावरील दाब हिवाळ्यात अधिकतम असतो.

तापमान : महाराष्ट्रात मे महिन्यात उच्चतम तापमान अनुभवास येते. या महिन्यात सरासरी दैनिक उच्चतम तापमान किनारपट्टीवरील भागात ३३° सें. इतके असते. पूर्वेकडे ते ९८° सें. पर्यंत वाढत जाते. विदर्भ आणि पूर्व खानदेशाच्या सखल प्रदेशात अतितीव्र उन्हाळी परिस्थिती जाणवते. मे महिन्यात ह्या विस्तृत क्षेत्रात अनेक ठिकाणी, अनेक दिवशी ४२° ते ४३° सें. सारखे उच्चतम तापमान असते. अधून मधून येणाऱ्या उष्णतेच्या लाटांच्या वेळी उच्चतम तापमान ४५° ते ४७° सें. चा शिखरबिंदू गाठते. पावसाळा सुरू झाल्यानंतर उच्चतम तापमान कोकणात ३.५° सें. व इतरत्र १०° ते १२° सें. नी कमी होते. पावसाळ्यानंतर ऑक्टोबरात दैनिक उच्चतम तापमान सर्वत्र वाढू लागते. वातावरण शुष्क व तप्ततर होते. या कालावधीला 'विश्वामित्राचा उन्हाळा' (ऑक्टोबर हीट) म्हणतात. पावसाळ्यानंतर वातावरणीय दाबही वाढत जातो व जानेवारीत तो अधिकतम होतो.

हिवाळ्यात उत्तर भारतात अभिसारी चक्रवात (वेस्टर्न डिस्टर्बन्सेस) पश्चिमेकडून येऊन पूर्वेकडे निघून जातात व हिवाळी पिकांना उपयुक्त पाऊस पडतो. या चक्रवातांमागून समशीतोष्ण व उपध्रुवीय अक्षवृत्तांतील शुष्क व अतिशीत वायुराशी उत्तर भारतात आपला अंमल गाजवतात. ह्या वायुराशींमुळे भारतात तीव्र थंडीच्या लाटा निर्माण होतात. उत्तरमध्य महाराष्ट्रालाही त्यांची झळ पोचते. उद्याने, पिके व फळबागांची तीव्र थंडीमुळे खूप हानी होते. याचवेळी विशिष्ट मानवी आजार उद्भवतात. कोकणात जानेवारीत १९° सें. इतके कमी तापमान असते. महाराष्ट्राच्या पूर्व भागात डिसेंबरात कडक थंडी असते. हिवाळ्यात अनेक दिवशी नीचतम तापमान १३° ते १४° सें. किंवा त्यापेक्षाही कमी असते.

सापेक्ष आर्द्रता : किनारपट्टीवरील भागात जून ते ऑक्टोबर महिन्यांत ८० टक्क्यांइतकी सापेक्ष आर्द्रता असते, हिवाळ्यात ती ६० टक्क्यांपर्यंत खाली येते. महाराष्ट्राच्या अंतर्गत विभागांत फेब्रुवारी ते एप्रिल महिन्यांत अनेकदा दुपारची सापेक्ष आर्द्रता १५ टक्के असते. एप्रिलनंतर व नैर्ऋत्य मान्सूनच्या काळात सापेक्ष आर्द्रतेत लक्षणीय वाढ होते. त्याच प्रमाणात अस्वस्थताही वाढू लागते. ऑक्टोबरनंतर सुखद हवामानाचे दिवस येऊ लागतात. हिवाळा सोडून इतर ऋतूंत डोंगराळ प्रदेशात दुपारी सापेक्ष आर्द्रतेत वाढ होते, इतरत्र दुपारी तीत घट होते. कोकणात सह्याद्रीच्या

पश्चिमेकडील भागात पावसाळ्यात प्रतिमासी १० ते १२ दिवस आकाश संपूर्णपणे ढगाळलेले असते. खंडांतर्गत भागात पावसाळ्यात प्रतिमासी ६ ते ८ दिवस आकाश संपूर्णतया मेघव्याप्त व १ ते ४ दिवस सकाळी आकाश अगदी निरभ्र असते. वाऱ्यांचा वेग वाताभिमुख बाजूला अधिक असतो. डोंगरमाथ्यावर पावसाळ्यात प्रतिमासी २२ दिवस आकाश संपूर्णतया मेघव्याप्त असते. सप्टेंबर महिन्यापर्यंत अनेक ठिकाणी मेघव्याप्तीचे प्रमाण अधिकच असते.

पर्जन्य व दुष्काळ : महाराष्ट्रात पर्जन्याचे वितरण अत्यंत विषम आहे. पाऊस मुख्यत्वेकरून जून ते सप्टेंबर या नैर्ऋत्य मान्सूनच्या कालावधीत पडतो. नैर्ऋत्य मान्सूनच्या वाऱ्यामुळे पडणाऱ्या पावसाचे क्षेत्र दक्षिणेकडून उत्तरेकडे सरकते. १० जूनपर्यंत ते मुंबईपर्यंत येते व १२ जूनपर्यंत ते महाराष्ट्राची उत्तरसीमा गाठते. प्रत्येक ठिकाणी पावसाळ्याचा प्रारंभ गडगडाटी वादळांनी होतो. १२ सप्टेंबरनंतर नैर्ऋत्य मान्सूनचे निर्गमन सुरू होते. निर्गमनाच्या वेळीही गडगडाटी वादळे व अतिवृष्टी प्रत्ययास येते. १ ऑक्टोबरनंतर मान्सून सीमापृष्ठ महाराष्ट्राबाहेर जाते.

सह्याद्रीच्या वाताभिमुख बाजूच्या डोंगरात वर्षातून ६०० सें.मी. पेक्षा अधिक, किनारपट्टीवर २०० सेंमी. पेक्षा कमी अशा विषम प्रमाणात पाऊस पडतो. दौंड, बारामती, इंदापूर, म्हसवड भागात ५० सेंमी. पेक्षा अतिशय कमी पाऊस पडतो. साधारणपणे सह्याद्रीच्या वाताभिमुख बाजूला जुलै, तर वातविमुख बाजूला अहमदनगर, औरंगाबाद, बीड आणि सोलापूर जिल्ह्यात सप्टेंबर महिना अधिकतम पावसाचा असतो. सह्याद्रीच्या पश्चिमेस व डोंगरमाथ्यावर २४ तासांत २५ मि.मी. पेक्षा अधिक पाऊस पडणारे पर्जन्याचे दिवस ७५-१०० असतात. ज्या दिवशी २४ तासांत २५ मि.मी. किंवा अधिक पाऊस पडतो तो एक पर्जन्यदिन (रेनी डे) असे समजण्यात येते. सह्याद्रीच्या पूर्वेकडील भागात फक्त १५ दिवस लक्षणीय पाऊस पडतो. सह्यपर्वत रांगांपासून पूर्वेकडे थोड्याशा अंतरावर पर्जन्य १/१० पेक्षाही कमी झालेला आढळतो. यानंतर पूर्वेकडे पर्जन्याचे प्रमाण वाढत जाते. मध्य महाराष्ट्रात व मराठवाड्यात अशा परिस्थितीमुळे अल्पतम पाऊस पडतो.

कोकण, विदर्भ, मध्य महाराष्ट्र आणि मराठवाडा या भागातील वार्षिक पर्जन्य अनुक्रमे २६०.७३ सेंमी. १०८.१९ सेंमी., ८८.७१ सेंमी. आणि ८२.८० सेंमी. असा आहे. सबंध वर्षातून २४ तासांत २.५ मि.मी. पेक्षा अधिक पर्जन्याचे दिवस कोकणात ८८.८, विदर्भात ५४.९, मध्य महाराष्ट्रात ४८.० व मराठवाड्यात ४५.७ असतात. नैर्ऋत्य मान्सूनच्या कालावधीत एकंदर वार्षिक पर्जन्याच्या ९४ टक्के पाऊस

कोकणात, ८७ टक्के विदर्भात व ८३ टक्के मध्य महाराष्ट्रात आणि मराठवाड्यात पडतो. व आर्थिक दृष्टया हा पाऊस महत्त्वपूर्ण व उपयुक्त असतो. महाराष्ट्रात २४ तासांत ६५.७३ सें.मी. सारखी विक्रमी वृष्टी २४ जुलै १९२१ रोजी कुलाबा जिल्ह्यातील माथेरानला झाली.

पावसाळ्यात नैर्ऋत्य मान्सूनचे वारे भारताच्या पश्चिम किनारपट्टीकडे येऊ लागतात. सह्याद्रीच्या रांगा प्रलंब दिशेने त्यांच्या मार्गात येतात. पर्वताची चढण पार करताना या आर्द्र प्रवाहातील फार मोठा जलांश वाताभिमुख बाजूला पडतो. पश्चिम किनारपट्टीला त्यामुळे खूपच पाऊस मिळतो. पूर्वेच्या वातविमुख बाजूच्या प्रदेशांवर अत्यल्प पाऊस पडतो. अशा वस्तुस्थितीमुळे सह्याद्रीच्या पूर्वेला विस्तीर्ण दक्षिणोत्तर अवर्षणप्रवण पर्जन्यच्छाया - प्रदेश निर्माण झाला आहे. त्यातील अनेक ठिकाणी वर्षातून ५० सेंमी. पेक्षाही कमी पाऊस पडतो. या क्षेत्रातच अनेकदा दुष्काळ पडतो. ज्या वर्षी वार्षिक पर्जन्य सरासरीच्या ७५ टक्क्यांपेक्षा कमी असतो, ते वर्ष दुष्काळी समजण्यात येते. मध्यम स्वरुपाच्या काळात वार्षिक पर्जन्य सरासरी ५० ते ७५ टक्के असते, तर तीव्र दुष्काळात पाऊस सरासरीच्या ५० टक्क्यांपेक्षा कमी असतो. १९०१ ते १९५० च्या कालावधीत मध्य महाराष्ट्रातील पुणे जिल्ह्याने १३ वर्षे, अहमदनगर, जळगांव आणि सांगली जिल्ह्याने १० वर्षे, तर महाराष्ट्रातील इतर जिल्ह्यांनी ३ ते ७ वर्षे दुष्काळ अनुभविला. कोकणातील प्रत्येक जिल्ह्यात ३ ते ६ वर्षे साधा दुष्काळ पडला. कोकणात तीव्र स्वरूपाचा दुष्काळ शतकातून फक्त एकदाच पडू शकतो. मराठवाड्याच्या परभणी व बीड जिल्ह्यांनी अनुक्रमे १४ व १३ वर्षे, तर इतर जिल्ह्यांनी ६ ते ७ वर्षे दुष्काळ अनुभविला आहे. बीड जिल्ह्यात १९१२, १९२०, १९३७ व १९३९ या साली आणि औरंगाबाद जिल्ह्यात १९०५ व १९२० साली अतितीव्र दुष्काळ पडला होता. विदर्भातील प्रत्येक जिल्ह्यात ५ ते ७ वर्षे दुष्काळग्रस्त अशी गेली. अकोला, अमरावती, यवतमाळ, भंडारा व वर्धा या जिल्ह्यांत फक्त एकदाच तीव्र स्वरूपाचा दुष्काळ पडला होता. दरवर्षी महाराष्ट्रात सर्वत्र वार्षिक पर्जन्याचे प्रमाण बदलत असते. नैर्ऋत्य मान्सूनच्या कालावधीत पडणाऱ्या पावसाची चलनशीलता (व्हेरिएबिलिटी) डोंगराळ व किनारपट्टीवरील भागात २५ टक्के, मध्यमहाराष्ट्र व मराठवाड्यात ४० टक्के आणि विदर्भात २०-३० टक्के असते. स्थूलमानाने साधा दुष्काळ (सरासरी वार्षिक पर्जन्यापेक्षा २५ टक्क्याहून कमी पाऊस असलेली वर्षे) कोकणात १० वर्षांतून एकदा, तर विदर्भात ६-७ वर्षांतून एकदा पडतो. तीव्र स्वरूपाचा दुष्काळ (सरासरी वार्षिक पर्जन्यापेक्षा ५० टक्क्यांहून कमी

पाऊस असलेले वर्ष) कोकणात १०० वर्षांतून एकदा, मध्य महाराष्ट्रात २० वर्षांतून एकदा, मराठवाड्यात २५ वर्षांतून एकदा तर विदर्भात ५० वर्षांतून एकदा प्रत्ययास येतो. तथापि, दरवर्षी कोणत्या ना कोणत्यातरी एकदोन जिल्ह्यांत वर्षणाच्या विषम वितरणामुळे दुष्काळ उद्‌भवतोच.

ज्या वर्षी पाऊस सरासरी वार्षिक पर्जन्यापेक्षा १२५ टक्यांहून अधिक असतो ते वर्ष पर्जन्याधिक्याचे समजण्यात येते. १९०१ ते १९५० च्या कालावधीत कोकणातील बृहन्मुंबईत ५ वर्षे व इतर जिल्ह्यांत २ ते ४ वर्षे, मध्य महाराष्ट्रातील जळगाव, सोलापूर जिल्ह्यांत ९ वर्षे, अहमदनगर, नाशिक, सांगली, सातारा जिल्ह्यांत ४ वर्षे अधिक प्रमाणात पाऊस पडला. मराठवाड्यांतील नांदेड आणि परभणी जिल्ह्यांत २-३ वर्षे, तर इतर जिल्ह्यांत ४-५ वर्षे अधिक पाऊस झाला. विदर्भातील अकोला, बुलढाणा, यवतमाळ, नागपूर वर्धा जिल्ह्यांत ७ ते ९ वर्षे, तर विदर्भातील इतर जिल्ह्यात ३-५ वर्षे अधिक प्रमाणात पाऊस पडला. 358794

विध्वंसक हवामानाचे आविष्कार :

चक्री वादळे : पावसाळ्याच्या आरंभी आणि पावसाळ्यानंतर अरबी समुद्रात उग्र चक्री वादळे निर्माण होतात. ती महाराष्ट्राच्या पश्चिम किनारपट्टीवर विक्रमी पाऊस पाडतात. त्यामुळे वेगवान वारेवादळी भरतीच्या लाटा व महापूर उद्‌भवतात, कृषियोग्य जमिनी लवणयुक्त व निकामी होतात, जलवाहतुकीत व्यत्यय येतो. मासेमारीत अडचणी निर्माण होतात, इमारतींची पडझड होते. अशी उग्र चक्रीवादळे अरबी समुद्रात वर्षातून एकदा किंवा दोनदा तरी निर्माण होतात. पावसाळ्यात बंगालच्या उपसागराच्या उत्तर भागात महिन्यातून तीन चार 'मान्सून अभिसारी चक्रवात' निर्माण होतात व साधारणपणे ते उत्तर राजस्थान किंवा पंजाबच्या दिशेने जातात आणि मार्गात आलेल्या प्रदेशांवर (उदा. विदर्भ) विपुल प्रमाणात पाऊस पाडतात. या चक्रवातांच्या प्रभावाने नैर्ऋत्य वर्तुळखंडात अधिकतम पाऊस पडतो. सह्याद्रीच्या पूर्वेकडील पर्जन्यछायेच्या पलीकडील विदर्भात पावसाचे प्रमाण वाढते ते या मान्सून अभिसारी चक्रवातांमुळेच. या चक्रवातांच्या प्रभावाने भारतीय किनारपट्टी व सह्याद्रीच्या वाताभिमुख बाजूला वाढत्या उंचीप्रमाणे पर्जन्यात वृद्धी होते. आधुनिक संशोधनांती, सह्याद्रीच्या परिसरात, एका अक्षवृत्तावरील दर १०० मीटर्स उंचीला पर्जन्यात ४२ सें.मी. वृद्धी होते, असे आढळून आले आहे.

गडगडाटी वादळे, चंडवात, : नैर्ऋत्य मान्सूनपूर्व व नैर्ऋत्य मान्सूनोत्तर काळात महाराष्ट्रात अनेक ठिकाणी गडगडाटी वादळे होतात. पावसाळा प्रस्थापित

झाल्यानंतर गडगडाटी वादळांच्या दिवसांचे प्रमाण कोकणात १६.२, मध्य महाराष्ट्रात १९.४, मराठवाड्यात ३०.४, व विदर्भात २९.८ असे आहे, नैर्ऋत्य मान्सूनपूर्व काळात खंडांतर्गत भागात वर्षातून एक किंवा दोन गडगडाटी वादळांबरोबर गारांचा पाऊस पश्चिम किनारपट्टीवर व कोकणात बहुधा पडतच नाही. महाराष्ट्रात चंडवातांचे प्रमाण कमीच असते. नैर्ऋत्य मान्सूनच्या कालखंडात पश्चिम किनारपट्टीत आणि नैर्ऋत्य मान्सूनपूर्व काळात खंडांतर्गत भागांत काही चंडवातांचे आविष्कार जाणवतात. एप्रिल-मे महिन्यात व जून महिन्याच्या प्रारंभी खंडांतर्गत भागात, विशेषतः विदर्भात, वर्षातून एक किंवा दोन धूलिवादळे संभवतात.

धुके : डोंगराळ क्षेत्रे सोडली तर महाराष्ट्रात धुक्यांचे प्रमाणही कमीच असते. डोंगराळ प्रदेशांत जुलै ते सप्टेंबर या महिन्यांत अनेक दिवशी दाट धुके पडलेले आढळते. नैर्ऋत्य मान्सूनचे निर्गमन झाल्यानंतरच्या काळात आणि नोव्हेंबर ते मार्च महिन्यांत मध्य महाराष्ट्रात अनेक दिवस आणि इतर ठिकाणच्या डोंगराळ क्षेत्रांत काही दिवस प्रारणीय धुके पडते. हिवाळ्यातील पश्चिमी अभिसारी चक्रवात पूर्वेकडे निघून गेल्यानंतर त्यांच्यामागून येणाऱ्या शीतशुष्कतम हवेच्या प्रभावामुळे उत्तर महाराष्ट्रात कधी कधी विस्तृत क्षेत्रावर कडक थंडीच्या लाटा येतात व सकाळी दाट धुके पडते.

तीन चार दिवसांची सतत पर्जन्यवृष्टी सोडल्यास हवामानाचे इतर विधायक आविष्कार महाराष्ट्रात घडतच नाहीत. उदाहरणार्थ, हिवाळ्यात पाणी गोठवून टाकण्याइतकी थंडी किंवा हिमतुषारवृष्टी (तुहिन) होण्याइतकी कडक थंडी महाराष्ट्रात पडत नाही. अतितीव्र उष्णतेच्या लाटा आल्या तरी "अंगावर वस्त्रसुद्धा ठेवावंसं वाटत नाही हो !" असे म्हणण्यासारखे प्रसंग महाराष्ट्रीयांवर सुदैवाने येत नाहीत. उत्तर हिंदुस्थानात उन्हाळ्यात विशेषतः दुपारी, शुष्क उष्ण व वेगवान वारे (यांना उत्तरेत "लू" म्हणतात) पश्चिमेकडून येऊन पूर्वेकडे जातात. त्यामुळे जमिनीवरील धूळ वर जाऊन वातावरणीय थरांत पसरते. असे प्रकार महाराष्ट्राच्या अति-उत्तरेकडील खंडांतर्गत जिल्ह्यांत कधी कधी घडतात. पण त्यांचे प्रमाण कमीच असते. महाराष्ट्राच्या वातावरणातील उपरि-वारे १६ ते २० हजार मीटर उंचीपर्यंत सुद्धा विशेष वेगवान नसतात. त्यामुळे महाराष्ट्रात चंडवातांचे (Squalls चे) प्रमाण कमीच असते. महाराष्ट्रात विध्वंसक टॉर्नेडो (घूर्णवाती वादळे) झाल्याची नोंद नाही.

□ □ □

७

■■

सह्याद्रीच्या परिसरातील हवामान आणि जलवायुमान

सह्याद्रीच्या रांगांचा संपूर्ण विस्तार १० ° ते १२° उत्तर अक्षवृत्तांत आणि ७३° ते ७७° पूर्व अशा रेखावृत्तांत सामाविलेला आहे. हवामानाच्या दृष्टीने सह्याद्रीच्या परिसराचे तीन विभाग पाडता येतात : (अ) पश्चिम घाट आणि किनारपट्टी. (आ) घाटमाथा किंवा शिरोभाग आणि (इ) पूर्वेकडील प्रदीर्घ दक्षिणोत्तर पर्जन्यछाया, असे ते तीन विभाग होत. प्रत्येक विभागाच्या वातावरण वैज्ञानिक अभिलक्षणात लक्षवेधी फरक, वैशिष्टय आणि विविधता आढळते.

सह्याद्रीचे पृष्ठभाग दिवसा गरम होतात. त्यामुळे चढणीवरून खालची हवा वर जाऊ लागते. रात्री पृष्ठभाग थंड होतात. लगतची हवा थंड आणि जड होऊन पर्वताच्या उतरणीवरून घसरून खाली येऊ लागते. चढण-उतरण यावरचे हे आरोही-अवरोही वारे दिवसा आणि रात्री प्रकर्षाने जाणवतात. उतारावरून घसरून आलेले सह्याद्रीच्या पूर्वेकडील अवरोही वारे प्रबलतर असतात. तिरूचिरपल्ली, मदुराई, कुंभकोणम येथील पृष्ठभागीय वारे वेगवान असतात याचे कारण ते पर्वताच्या घसरणीवरून खाली आलेले असतात हे होय. सह्याद्रीच्या परिसरातील खिंडीतील वारेही अधिकच प्रबल असतात. वातप्रवाह तेथे संकेंद्रीत झालेले असतात.

भूपृष्ठावर साधारणपणे दुपारी सापेक्ष आर्द्रता कमी होते. परंतु समुद्रसपाटीपासून बऱ्याच उंचीवर असलेल्या थंड हवेच्या ठिकाणी, हिवाळा सोडून इतर ऋतूंत, दुपारी भूपृष्ठ तापल्यामुळे वर जाऊ लागते, त्यामुळे हा आविष्कार प्रत्ययाला येतो. रात्री आणि सकाळी भूपृष्ठ थंड झालेले असते., थंड हवा जड झाल्यामुळे दऱ्याखोऱ्यांत, खाचखळग्यात साचते, सकाळच्या शांत, शीतल, निर्वात वेळी ह्या सर्व जागा आपल्याला धुक्याच्या स्वरूपात दिसतात. पांढऱ्या शुभ्र आवरणाखाली हिरवळीवर निद्रिस्त असलेली वसुंधरा या वेळी फार सुंदर दिसते. डोंगरात यावेळी अनेक ठिकाणी

तापाप्रर्वतन किंवा इन्व्हर्शन (म्हणजे वाढत्या उंचीप्रमाणे हवेचे तापमान कमी न होता ते वाढणे) निर्माण झालेले असते. त्यामुळे धुकी बराच वेळ टिकून राहतात.

सह्याद्रीच्या परिसरातील पश्चिम घाटाला लागून असलेल्या प्रदीर्घ किनारपट्टीवर भरपूर आर्द्रता असते. दुपारी भूपृष्ठाकडे थंड खाऱ्या वाऱ्यांच्या सुखद झुळका वाहू लागतात आणि जीवन सुसह्य करतात. रात्री जमीन थंड होते. समुद्र उष्णतर असतो. त्यावेळी भूपृष्ठाकडून समुद्राकडे मंदगती वारे वाहू लागतात. दिवसा आणि रात्री उलटसुलट दिशांनी वाहणारे खारे आणि मतलई वारे हे किनारपट्टीवरील भागांचे वैशिष्ट्य असते. नैर्ऋत्य मान्सूनच्या वाऱ्यांच्या आगमनानंतर ह्या व्युत्क्रमी वाऱ्यांचा प्रकार बंद होतो.

समुद्र किनारपट्टीवरील वर्षणात गारांच्या वर्षणाचा (करकापाताचा) अभाव असतो.

सह्याद्रीच्या नैकविध पृष्ठभागामुळे प्रचलित वाऱ्यांच्या प्रवाहांत अनेक विकृती निर्माण होतात. टेकड्यांच्या शिरोभागी आणि वातविमुख बाजूंवर अनेक ऊर्ध्वगामी आवर्त अस्तित्वात येतात. वातावरण संक्षुब्ध बनते. पर्वतरांगांची जितकी सरासरी उंची असेल त्याच्या किमान अडीचपट उंचीपर्यंतच्या निरनिराळ्या थरांतील उपरि-वाऱ्यांच्या संरचनेवर परिणाम झालेला दिसून येतो. ह्या आवर्तांमुळे निर्माण झालेल्या वातावरणीय संक्षुब्धावस्थेचा विमान वाहतुकीला उपद्रव होतो. सह्याद्रीच्या रांगांवरून उडताना विमानांना सारखे हेलकावे बसत असतात. वातावरणात भरपूर जलांश असला तर डोंगरमाथ्यावर बहिर्गोल भिंगाकार किंवा मसूराकार (लेंटिक्युलर) मेघ निर्माण होतात. कधीकधी डोंगरमाथ्यावर गर्जन्मेघ किंवा संनयनी मेघ तयार होतात. त्यांतून चंडवात, संक्षोभ, तडिताघात, पर्जन्यवृष्टी, गडगडाटी वादळे, इत्यादी आविष्कारांची शृंखला प्रत्ययास येते.

सह्याद्रीच्या रांगा म्हणजे भिन्न प्रकारचे हवामान (वेदर) आणि भिन्न प्रकारचे जलवायुमान (क्लायमेट) विभागणाऱ्या सीमारेषाच होत. सह्याद्रीच्या पूर्व आणि पश्चिम अशा दोन्हीही बाजूंवरील वातावरण वैज्ञानिक (मिटिऑरॉलॉजिकल) परिस्थिती अगदी भिन्न प्रकारची असते.

पावसाळ्यात नैर्ऋत्य मान्सूनचे वारे भारताच्या पश्चिम किनारपट्टीकडे येऊ लागतात. सह्याद्रीच्या रांगा प्रलंब दिशेने त्यांच्या मार्गात येतात. पर्वतांची चढण पार करताना या आर्द्र प्रवाहातील फार मोठा जलांश वाताभिमुख बाजूलाच गळून पडतो. पश्चिम किनारपट्टीला त्यामुळे खूपच पाऊस मिळतो. पूर्वेकडील वातविमुख बाजूच्या प्रदेशांवर अत्यल्प पाऊस पडतो. अशा वस्तुस्थितीमुळे सह्याद्रीच्या पूर्वेला

विस्तीर्ण दक्षिणोत्तर पर्जन्यछाया निर्माण झाली आहे. त्यातील अनेक ठिकाणी वर्षातून ५० सेंमी. पेक्षाही कमी पाऊस पडतो. या अवर्षणप्रवण क्षेत्रांनाच अनेकदा दुष्काळाचा फटका बसतो.

सह्याद्रीच्या परिसरात नैर्ऋत्य मान्सूनचे आगमन दक्षिणेकडून उत्तरेकडे आणि निर्गमन उत्तरेकडून दक्षिणेकडे होते. दक्षिणेकडील भागात नैर्ऋत्य मान्सूनच्या पावसाला २ जूनला सुरुवात होते. शुष्क, उष्ण, आर्द्रहीन हवेची जागा मान्सूनच्या शीतल, आर्द्रतासमृद्ध वायुराशीकडून घेतली जाते. या दोन भिन्न गुणधर्माच्या वायुराशींना विभागणाऱ्या पट्टचाला 'आंतरउष्णकटिबंधीय सीमापृष्ठ (इंटरट्रॉपिकल फ्रंट) किंवा 'मान्सून सीमारेषा' असे नाव दिले आहे.

वातावरण विज्ञानात या सीमापृष्ठाला 'आंतरउष्णकटिबंधीय अभिसरण क्षेत्रविभाग (इंटरट्रॉपिकल कॉन्व्हर्जन्स झोन) या संज्ञेने ओळखतात, गडगडाटी वादळे, तडिताघात, मुसळधार पर्जन्यवृष्टी, चंडवात यांसारखे आविष्कार आंतरउष्णकटिबंधीय अभिसरण क्षेत्रविभागाशी निगडीत झालेले असतात. त्यामुळे पावसाळ्याचा प्रारंभ गडगडाटी वादळांनी होतो. मान्सून सीमारेषा उत्तरेकडचा मार्ग आक्रमीत १२ जूनपर्यंत सह्याद्रीची उत्तरसीमा गाठते. भारतात सर्वत्र नैर्ऋत्य मान्सूनचे साम्राज्य प्रस्थापित होते. पावसाळ्यात गडगडाटी वादळांचे प्रमाण लक्षणीय स्वरूपात घटते. १२ सप्टेंबरनंतर नैर्ऋत्य मान्सूनचे निर्गमन सुरू होते. उत्तरेकडील शीत भूपृष्ठावरील आर्द्रताशून्य वायुराशी नैर्ऋत्य मान्सून वायुराशींना दक्षिणेकडे ढकलू लागतात. मान्सून सीमारेषा भारत सोडून जाऊ लागते पावसाळा संपतो. निर्गमनाच्या वेळी गडगडाटी वादळांचे आक्रंदन आणि मुसळधार वृष्टीचे अश्रू अनुभवास येतात. १५ नोव्हेंबर पर्यंत नैर्ऋत्य मान्सूनचे वारे सह्याद्रीचे अतिदक्षिणेकडील क्षेत्र सोडून विषुववृत्ताकडे गेलेले असतात. सह्याद्रीवर हिवाळा प्रस्थापित होतो.

सह्याद्रीने व्यापलेल्या महाराष्ट्राला बहुतेक पर्जन्य नैर्ऋत्य मान्सूनपासून जून ते सप्टेंबरच्या कालखंडात मिळतो. कोकणपट्टीत आणि घाटमाथ्यावर वार्षिक पर्जन्याच्या ९४ टक्के पाऊस, तर मध्य महाराष्ट्रात ८३ टक्के पाऊस नैर्ऋत्य मान्सूनच्या कालखंडात पडतो. पावसाळा सुरू झाल्याबरोबर कोकणांतील दिवसाचे तापमान ३.५° सें. नी कमी होते., सह्याद्रीच्या पूर्वेकडील भागात तापमानातील घट १०° ते १२° सें. सारखी लक्षवेधी असते. रात्रीच्या तापमानातील घट प्रकर्षाने जाणवत नाही.

सह्याद्रीच्या वाताभिमुख बाजूच्या डोंगरात वर्षातून सुमारे ६०० सेंमी. पाऊस पडतो. किनारपट्टीवर २०० सेंमी., तर पर्जन्यछायेतील मध्यमहाराष्ट्रात केवळ ५०

सेंमी. इतका पाऊस पडतो.

सह्याद्रीच्या पश्चिमेला वर्षातून १७ दिवस गडगडाटी वादळे होतात. गारांचा पाऊस पश्चिम किनारपट्टीत बहुधा पडतच नाही. सह्याद्रीच्या पूर्वेला १९ दिवस गडगडाटी वादळे घडून येतात. नैर्ऋत्य मान्सून पूर्वकाळात एक किंवा दोन वादळांबरोबर गारांचा वर्षावही होतो. याच भागात वर्षातून एक किंवा दोन धूलिवादळे संभवतात.

सह्याद्रीच्या परिसरात चंडवातांचे प्रमाण कमीच असते. नैर्ऋत्य मान्सून पूर्वकाळात मध्यमहाराष्ट्रात व नैर्ऋत्य मान्सूनच्या कालखंडात कोकणपट्टीत मुसळधार वृष्टीबरोबर किंवा चक्रवात आणि चक्रीवादळाचा प्रभाव चालू असताना चंडवात घडून येतात.

सह्याद्रीच्या पश्चिमेकडील भागात सरासरी वार्षिक तपमानाची अभिसीमा क्वचितच ५° सें. पेक्षा अधिक असते. सरासरी दैनिक तापमान सबंध वर्षात २२° सें. पेक्षा अधिक असते. माध्य दैनिक सापेक्ष आर्द्रता ५० टक्क्यांपेक्षा अधिकच असते. हवा सदोदित कुंदोष्ण (उष्णार्द्र) अवस्थेत असते. ढगांचे आवरण व पाऊसही पश्चिमेकडील क्षेत्रांवर अधिक असतो. सह्याद्रीच्या पूर्वेकडील भागात सापेक्ष आर्द्रता कमी, उन्हाळ्यात ३८° सें. सारखे माध्य उच्चतम तापमान अधिक, हिवाळ्यातील माध्य नीचतम तापमान १४° सें. पेक्षा कमी, दैनिक व वार्षिक तापमानाच्या अभिसीमा आणि निरपेक्ष मूल्ये अधिक मूल्यांकांची, अशी वातावरण वैज्ञानिक परिस्थिती आढळते. सह्याद्रीच्या पश्चिमेकडील भागात पावसाळी महिन्यात प्रतिमासी १० ते १२ दिवस आकाश संपूर्णपणे ढगाळलेले असते. खंडांतर्गत भागात पावसाळी ऋतूत प्रतिमासी ६ ते ८ दिवस आकाश संपूर्णतया मेघव्याप्त असते. वाऱ्यांचा वेग वाताभिमुख बाजूला अधिक असतो. डोंगरमाथ्यावर पावसाळी महिन्यात प्रतिमासी २० दिवस आकाश संपूर्णपणे मेघव्याप्त असते.

सह्याद्रीच्या परिसरात वाढत्या उंचीप्रमाणे हवेचे तापमान कमी होते. सह्याद्रीच्या पश्चिमेकडे तापमान दर किलोमीटरला ६.५° सें. अशा त्वरेने कमी होते. पूर्वेकडील भागात तापमान ऱ्हासाचे प्रमाण अधिकतर असते. एकाच उंचीवरील पूर्वेकडील आणि पश्चिमेकडील भागांवरील हवेचे तापमान सारखे नसते. पूर्वेकडील भागावरची हवा शुष्कतर आणि उष्णतर असते.

सह्याद्रीच्या वाताभिमुख बाजूला वाढत्या उंचीप्रमाणे पर्जन्यात वृद्धी होते. समुद्रसपाटीवरील ठिकाणांपेक्षा त्याच अक्षवृत्तावरील घाटमाथ्यावरील ठिकाणी अधिकतर वृष्टी होते. वेंगुर्ले, देवगड, हर्णे, अलिबाग, मुंबई या ठिकाणी होणाऱ्या वार्षिक पर्जन्यापेक्षा त्याच अक्षवृत्तावरील अनुक्रमे आंबोली, गगनबावडा, महाबळेश्वर,

खंडाळा, माथेरान यांसारख्या घाटमाथ्याच्या ठिकाणी अधिक पाऊस पडतो.

पुढील कोष्टकात समुद्रसपाटीवरील काही ठिकाणी होणारा वार्षिक पर्जन्य, जवळपासच्या अक्षवृत्तावरील पर्वतावरील वाताभिमुख ठिकाणी होणारा वार्षिक पर्जन्य व त्या ठिकाणांची समुद्रसपाटीपासून मीटर्समध्ये उंची दिली आहे.

समुद्रसपाटीवरील ठिकाणी होणारा वार्षिक पर्जन्य (सें.मी. मध्ये)	जवळपासच्या अक्षवृत्तावरील पर्वतावरील ठिकाणी होणारा वार्षिक पर्जन्य (सें.मी. मध्ये)	पर्वतावरील त्या ठिकाणची उंची (मी. मध्ये)
१८० (मुंबई)	५१७ (माथेरान)	७६२
२०८ (अलिबाग)	४७१ (खंडाळा)	६१०
२४७ (हर्णै)	६२३ (महाबळेश्वर)	१४३८
२२५ (देवगड)	६२१ (गगनबावडा)	८००
२६७ (वेंगुर्ले)	७४८ (आंबोली)	१०२३

या कोष्टकावरून वाढत्या उंचीप्रमाणे वार्षिक पर्जन्यात होणारी वृद्धी पुढील सूत्राप्रमाणे देता येते :

$$प_{उं} = प_{स} + ०.४२ उं$$

{पर्वतावरील वाताभिमुख ठिकाणी होणारा वार्षिक पर्जन्य (सेंमी.)} = {त्याच अक्षवृत्तावरील समुद्रसपाटीवरील ठिकाणचा वार्षिक पर्जन्य (सेंमी.)} + {०.४२× पर्वतीय ठिकाणची समुद्रसपाटीपासून उंची (मी.)}

ह्या सूत्रावरून, विशिष्ट उंचीपर्यंत वार्षिक पर्जन्यात दर १०० मीटर्स उंचीला ४२ सेंमी. अशा प्रमाणात वृद्धी होते; असा निष्कर्ष निघतो.

पावसाळ्याच्या आरंभी आणि पावसाळा संपल्यानंतर भारतीय समुद्रात विध्वंसक उष्ण कटिबंधीय चक्रीवादळे निर्माण होतात आणि ती भारताच्या किनारपट्ट्यांवर येऊन आदळतात. त्यांच्या प्रभावामुळे विक्रमी पर्जन्यवृष्टी, महापूर, वादळी भरतीच्या लाटा, प्रचंड प्रमाणात मनुष्य व प्राणीसंहार, पिकांची नासधूस, वित्तहानी घडून येते. खारे पाणी जमिनीवर पसरल्यामुळे कृषियोग्य जमिनीची उपयुक्तता कमी होते. नाविक वाहतूक विस्कळीत होते. मासेमारीच्या व्यवसायात विघ्ने उत्पन्न होतात. अरबी समुद्रावरील चक्रीवादळांची संख्या बंगालच्या उपसागरावरील चक्रीवादळांच्या संख्येच्या निमपट असते. त्यातूनही काही चक्रीवादळे पश्चिमेकडे किंवा इराणच्या आखाताकडे वळतात. त्यामुळे पूर्व किनारपट्टीपेक्षा पश्चिमेकडील किनारपट्टीवर चक्रीवादळे कमी संख्येने येऊन थडकतात. तथापि, काही चक्रीवादळे अविस्मरणीय

प्रहार करून जातात. इ.स. १९२८ मध्ये ''संत रामदास'' ''तुकाराम'' बोटींना मिळालेली जलसमाधी, १९४८ मधील बोरिवलीचा जलप्रलय, १९७७ मधील रत्नागिरी मालवणची दयनीय स्थिती, आणि १९७९ मधील गुजराथेतील मोरवीला घडलेले वरुणदेवतेचे तांडवनृत्य ह्या घटना नेहमीच लक्षात राहतील.

बंगालच्या उपसागरात पावसाळ्यात अभिसारी चक्रवात आणि पावसाळ्याच्या आधी व नंतर चक्रीवादळे निर्माण झाली तरी सह्याद्रीच्या पश्चिम भागावर अतोनात पाऊस पडतो. पूर्वेकडील पर्जन्यछायेत अवर्षण उद्‌भवते. पश्चिमेकडे पूर, पूर्वेकडे अवर्षण अशी परिस्थिती सह्याद्रीच्या विशिष्ट दिक्‌स्थापनेमुळे निर्माण होते.

पश्चिम किनारपट्टीला विपुल प्रमाणात पाऊस मिळत असला तरी बहुतेक पाणी असंख्य ओहोळांनी आणि नाल्यांनी अरबी समुद्रालाच जाऊन मिळते. कोकणची पाण्याची समस्या सोडविली न जाता ती तशीच कायम राहते.

सह्य पर्वतामुळे कधी कधी अगदी असह्य परिस्थिती निर्माण व्हावी, हा केवढा विलक्षण योगायोग !

सह्याद्रीचे आणि त्याने घडविलेल्या मराठी माणसाचे आपण कितीही कौतुक आणि गुणगान केले तरी एक प्रश्न मनात आल्याशिवाय राहात नाही. अरबी समुद्रावरून येणाऱ्या नैर्ऋत्य मान्सूनच्या वातप्रवाह प्रलंब दिशेने उभा राहणाऱ्या, बहुतेक सर्व पाऊस किनारपट्टीवर पाडणाऱ्या, ते पाणी अरबी समुद्रालाच साभार परत करणाऱ्या, पूर्वेकडे विस्तृत पर्जन्यछाया व अवर्षणग्रस्त क्षेत्रे निर्माण करणाऱ्या सह्याद्रीचे दिक्‌स्थापन (ओरिएंटेशन) जरा वेगळे असते तर ....?

... तर महाराष्ट्राला ते नक्की अधिक उपकारक ठरले असते !

□ □ □

८

■■

हवामानाचा अभ्यास

वेधशाळांची उभारणी आणि कार्य

हवामानाचे महत्त्व

आपल्या आयुष्यात हवामानाला फार महत्त्व आहे. दोन माणसे एकमेकांना भेटली की त्यांच्या संभाषणाची सुरुवातच मुळी हवामानावरून होते. "काय उकडतंय् बुवा हल्ली !" किंवा "भंडावलं आहे बुवा या पावसाळ्याच्या पिरपिरीनं !" किंवा "किती सुरेख थंडी पडली आहे नाही ?" अशी हवामानाबद्दल बरी वाईट वाक्ये आपण नेहमी ऐकतो. पावसाळ्याच्या आरंभी कोकणच्या बोटी बंद झाल्या की प्रवासी चरफडतात, व्यापारी विमनस्क होतात; शाळेने किंवा कॉलेजने आयोजित केलेल्या सहली किंवा सफरी प्रतिकुल हवामानामुळे स्थगित किंवा रहित झाल्या तर विद्यार्थी संतापतात. क्रिकेट किंवा फुटबॉलच्या कसोटी सामन्यात पाऊस आला की खेळाडू व प्रेक्षक वैतागतात. प्रतिकूल हवामानामुळे विमानांच्या वाहतुकीत व्यत्यय आला की वैमानिक व प्रवासी त्रस्त होतात. सारांश, मानवी व्यवहारांचे असे एकही अंग किंवा उपांग नाही की ज्याच्याशी हवामानाचा प्रत्यक्ष किंवा अप्रत्यक्षरित्या संबंध येत नाही. दैनंदिन संभाषणाला हवामानापासून सुरुवात होते यात अस्वाभाविक असे काहीच नसते.

पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणाची आणि त्यात घडणाऱ्या हवामान-विषयक चमत्कृतींची पद्धतशीर निरीक्षणे आणि अभ्यास यांचा वातावरण-विज्ञानात समावेश केला जातो. देशाची आर्थिक प्रगती आणि उन्नती करण्यात ह्या शास्त्राची खूप मदत होते. रेल्वे, विमाने व जहाजे यांची वाहतूक वातावरण विज्ञानाच्या मदतीनेच सुकर आणि सुरक्षित होते. कृषिकार्याच्या अनेकविध अवस्थांत ह्या शास्त्राची उपयुक्तता व मार्गदर्शन निर्विवाद आहे; जमीन नांगरणे त्यात बी पेरणे, उद्रोपन करणे व शेवटी धान्याची कापणी आणि मळणी करणे ही कार्ये केवळ हवामानाच्या अंदाजावर

अवलंबून असतात. सांख्यिक किंवा संख्याशास्त्राच्या सहाय्याने विश्लेषण केलेली हवामानस्थितिविषयक माहिती निरनिराळे उद्योगधंदे, यांत्रिक कारखाने, व्यापारयोजना, धरण पाटबंधारे योजना कालव्यांचे प्रकल्प यशस्वी करण्यासाठी किती उपयुक्त ठरते हे अनुभवांती सिद्ध झाले आहे. आपल्या राहण्याच्या जागा, घरांची अंतर्बाह्यरचना आणि घडण व आपले नित्याचे कपडे या गोष्टी सरासरी हवामान परिस्थितीवरच (जलवायुमानावरच) आधारलेल्या असतात. गेल्या महायुद्धातील सैन्याच्या आणि हवाई व नाविक दलांच्या हालचालीसुद्धा हवामान पाहूनच कराव्या लागल्या होत्या.

पण मानवी जीवनाचा हवामानाशी अत्यंत निकटचा संबंध आहे, इतकेच नव्हे, तर हवामानावर मानवी जीवनाची घडणच आधारलेली असते याची सामान्य माणसांना कल्पना नसते. त्यांच्या हवामानाबद्दलच्या कुतुहलाला "तात्त्विक आस्था" किंवा "बौद्धिक रस" (academic interest) ह्यावेगळे दुसरे स्वरूप नसते. संभाषणासाठी इतर विषय नसले की हवेबद्दल बोलावयाचे किंवा हवामानाच्या अंदाजावर नुसती टीका करायची एवढेच वातावरण विज्ञानाचे त्यांच्या आयुष्यात स्थान असते!

कोणत्याही देशाचे आर्थिक वैभव त्या देशातील निसर्गदत्त द्रव्य-सामग्रीच्या विनियोगावर अवलंबून असते. ही निसर्गदत्त देणगी उपयोगात आणून राष्ट्राची अधिकोत्तम प्रगती करणे हे तेथील शास्त्रज्ञांचे, प्रजेचे व शासनाचे आद्य कर्तव्य ठरते. त्यासाठी अनेक साधनांचा अवलंब करावा लागतो, अनेक बाबींचा विचार करावा लागतो. थोडा खोलवर विचार केला तर असे दिसून येईल की स्थानिक जलवायुमान, वातावरण आणि त्यात घडून येणाऱ्या हवामानाच्या आविष्कारांची मालिका म्हणजे देशाला मिळालेली दैवी देणगी आहे. त्याचे तेथील मानवी जीवनावर होणारे परिणाम मूलभूत स्वरूपाचे आणि अतिदूरगामी असतात. त्यांची उपेक्षा करून संपूर्ण राष्ट्रीय विकास कधीच साधता येणार नाही, कोणत्याही राष्ट्राचे वनस्पति जीवन, पाण्याची विपुलता किंवा दुर्भिक्ष, मानवी वसाहतींना आवश्यक असणारी परिस्थिती त्या राष्ट्राच्या सरासरी हवामानावर अवलंबून असते. अन्न आणि पाणी ह्या मानवी जीवनाला अत्यंत आवश्यक अशा गोष्टी आहेत. त्यांच्या उपलब्धतेचे प्रमाण वार्षिक पर्जन्य, वातावरणीय तापमान, बाष्पीभवन, वनस्पतींचा बाष्पोच्छ्‌वास यांवर अवलंबून असते. वातावरण विज्ञानात ह्या विषयांचा अभ्यास केला जातो. अन्नोत्पादन, त्याचा साठा, वितरण, वाहतूक आणि विनियोग हवामानावरच अवलंबून असतात. माणसाच्या

दैनंदिन कार्यक्रमांच्या यशस्वीततेत हवामानाचा फार मोठा भाग असतो. आंतरराष्ट्रीय पर्यटन, खेळांचे व करमणुकीचे कार्यक्रम, प्रकृति स्वास्थ्यासाठी थंड हवेच्या ठिकाणांची किंवा आरोग्य केंद्रांची निवड, औद्योगिक शहरांतील कारखान्यांच्या धुरामुळे किंवा त्याज्य वस्तुंमुळे शहराचे वातावरण दूषित होऊ नये अशा रीतीने कारखान्यांच्या जागांची निश्चिती करताना स्थानिक हवामान आणि त्यात घडून येणारे अनेक आविष्कार यांचा विचार करणे अगत्याचे ठरते. हा विचार करण्यासाठी आधारभूत निरीक्षणे उपलब्ध करून देणारा शास्त्रज्ञ म्हणजे वातावरणविज्ञ (Meteorologist). वातावरणविज्ञ हा एक प्रयोगकर्ता असतो. बाह्य वातावरण ही त्याची प्रयोगशाळा असते.

पृथ्वीभोवतालचे वातावरण

वातावरण म्हणजे केवळ गुरुत्वाकर्षणामुळे पृथ्वीला चिकटून राहणारे पृथ्वीसभोवतालचे हवेचे आवरण. अनेक वायूंच्या मिश्रणामुळे आपल्या पृथ्वीभोवतालचे वातावरण बनले आहे. तौलनिक दृष्टचा पृथ्वी आणि तिच्या सभोवतालचे वातावरण यांच्या वजनाचे प्रमाण "एकदशलक्षांश" असे आहे. अनेक वायूंच्या या मिश्रणात नायट्रोजन, ऑक्सिजन, आरगॉन, आणि कार्बन डाय-ऑक्साईड ह्या चार वायूंमुळेच वातावरणाचा ९९.९९ टक्के भाग व्यापलेला असतो. एकटा नायट्रोजन वायू हवेच्या आकारमानाचा सुमारे ४/५ भाग व्यापतो, तर ऑक्सिजन वायू जवळ-जवळ १/५ भाग व्यापतो. उर्वरित आकारमानात नियॉन, हेलियम, क्रिप्टॉन, हायड्रोजन, ओझोन, नायट्रोजन डाय-ऑक्साइड, नायट्रस ऑक्साइड, कार्बन मोनॉक्साइड, झीनॉन, मिथेन यांसारखे दुर्मिळ वायू अत्यंत विरलावस्थेत सामावलेले असतात.

पण हे सर्व घटक चिरस्थायी स्वरूपाचे आहेत, शाश्वत आहेत. ह्याशिवाय पृथ्वीच्या वातावरणात निरनिराळ्या वेळी, निरनिराळ्या ठिकाणी सारख्या बदलत्या प्रमाणात आढळणारेही घटक आहेत. ते म्हणजे जलबाष्प आणि काही घन व द्रव वस्तूंचे कण हे होत. कधी कधी वातावरणात पाण्याचे प्रमाण अत्यल्प किंवा जवळजवळ नसल्यासारखेच असते, तर क्वचित् प्रसंगी जलबाष्पाचे प्रमाण ९ टक्क्यांपर्यंतही जाऊ शकते. वातावरणात पाण्याचे अस्तित्व इतक्या स्वल्प प्रमाणात असले तरी ते पृथ्वीवरील हवामानात अनेक चमत्कृतिपूर्ण बदल घडवून आणू शकते.

वातावरणविज्ञाच्या दृष्टीने जलबाष्प हा वातावरणाचा अत्यंत महत्त्वाचा घटक गणला जातो. त्यामुळे ढग निर्माण होतात. ते जसजसे ऊर्ध्व दिशेने वाढू लागतात

तसतशी त्यांना थंड हवा लागते. ढगांतील बाष्पाचे घनीभवन किंवा संद्रवण होते, अनुकूल परिस्थितीत वृष्टी पडू लागते, बाष्पकणांतील सुप्त उष्णता मुक्त होऊन ती इतरत्र पसरते. अशा प्रकारच्या ऊष्मागतिकीय प्रक्रियांमुळे उष्णतेचे वातावरणात विसर्जन, प्रसार आणि विभाजन होते. मानवी जीवन सुसह्य करणे, ठराविक प्रमाणाबाहेर पृथ्वी तापू न देणे, तापल्यास तेथे जाऊन मेघ निर्मिती करणे आणि वृष्टी पाडणे हे वातावरणीय जलबाष्पाचे मुख्य प्रयोजन आहे.

पृथ्वीभोवती वातावरण नसते तर दिवसा पृथ्वी ९४° सें. पर्यंत तापली असती आणि रात्री - १८५° सें. पर्यंत थंड झाली असती. वातावरणाच्या ह्या छत्रामुळेच दिवसा सूर्याच्या प्रखर उष्णतेपासून पृथ्वीचे रक्षण होते आणि रात्री उष्णता निर्गमनाला बंध घालून वातावरण पृथ्वीला नीचतम मर्यादेखाली थंड होऊ देत नाही. प्रतिदिनी १० कोटी (१०^{८}) उल्का अवकाशातून पृथ्वीकडे येतात. वातावरणात शिरताच त्या उल्का घर्षणामुळे अतितप्त होतात. बहुतेक सर्व उल्का पृथ्वीच्या पृष्ठभागापर्यंत पोचण्याच्या आधीच भस्मसात होतात. वातावरण नसते तर पृथ्वीला सतत उल्काघाताचा मारा सहन करावा लागला असता. पृथ्वीपृष्ठ खडबडीत झाले असते. चंद्रावर वातावरण नाही, हवामानाचे आविष्कार नाहीत, चांद्रपृष्ठावर दिवसा १२३° सें, व रात्री - १७३ ते - १९३° सें. सारखे अतिरेकी तापमान आढळते. प्रतिदिनी १० लक्ष उल्का चांद्रपृष्ठाला धक्का देतात. त्यांतील काही उल्कांचा आक्रमणवेग प्रति सेकंदास १६ कि.मी. पेक्षा प्रचंडतर असतो ! हे द्रुतगती उल्कांचे दगड चंद्राचा सबंध पृष्ठभाग खडबडीत करून टाकतात. वातावरण नसते तर पृथ्वीची हीच गत झाली असती. सर्व जीवसृष्टी नामशेष झाली असती.

वातावरण पृथ्वीचा एक महान संरक्षक आहे, पृथ्वीवरील जीवसृष्टीचा निर्माता व पोषक आहे. याच वातावरणात मृदुमधुर, सुखद, स्नेहार्द्र वाऱ्यांची झुळुक निर्माण होते, सौंदर्यसंपन्न ढग निर्माण होतात, जीवनसंवर्धक वृष्टी पडते. अन्नधान्याची निपज होते.

पण कधी कधी ह्याच वातावरणात काही अनपेक्षित आणि विध्वंसक प्रकार घडून येतात. कधी गडगडाटी वादळे निर्माण होऊन तडिताघात होतो, जंगलात वणवे पेटतात, शहरात आगी लागतात. वातावरणात उदग्र प्रवाह निर्माण होऊन विमान-वाहतूक धोक्यात येते. कधी गारांचा वर्षाव होतो. घूर्णवाती वादळे (टॉर्नेडो) उत्पन्न होतात, घरेदारे उध्वस्त होतात, समुद्रावरील जलशुण्डांमुळे सागरी उधाण येते, मोठमोठी जहाजे बुडून रसातळाला जातात. कधी कडक थंडीची लाट येते

हिवाळी पिके खुरटतात. कधी झंजावाती वारे वाहू लागतात, अतिवृष्टी होते, महापूर येतात. पिकांची नासाडी होते. कधी मध्येच निसर्गाची लहर फिरते, प्रदीर्घ अवर्षण येते, पिके वाळून नष्ट होतात. हिवाळ्यानंतर उन्हाळा उन्हाळ्यानंतर पावसाळा हे अव्याहत चालणारे ऋतुचक्र कधी कधी मंदावते, अनियमितपणे फिरू लागते. योग्य वेळी वर्षाऋतूचे आगमन न झाल्यास उन्हाळ्याचा कालावधी लांबतो, उष्णतेच्या लाटा वातावरणात निर्माण होतात. पृथ्वी होरपळून निघते. माणसे, गुरेढोरे मृत्युमुखी पडतात. हिवाळ्यात अनेक प्रदेशांवर विस्तृत प्रमाणावर धुके पडते, वातावरणीय प्रदूषण वाढते, हवेत विषारी वायू मिसळतात आणि मानवी जीवन धोक्यात येते.

हवामानाचे हे सर्व आविष्कार वातावरणात वावरणाऱ्या जलबाष्पाच्या रूपविकारी आणि अस्थायी प्रमाणामुळे घडून येतात. वातावरणात जलबाष्प अत्यंत कमी प्रमाणात आढळत असताना देखील ते हवामानाच्या दृष्टीने प्रधान घटक बनते ही एक आश्चर्यकारक घटना आहे. पाण्याला आपण जीवन म्हणतो ते किती सार्थ आहे ?

ह्या जलबाष्पावर दृष्टी ठेवून त्यामुळे निर्माण होणाऱ्या हवामानाच्या आविष्कारांचा अंदाज देणे हे वातावरणविज्ञाचे खरे कार्य असते. वातावरणविज्ञाने दिलेल्या माहितीवरून जलवायुविज्ञ (क्लायमेटॉलॉजिस्ट) कोणत्याही क्षेत्रावरील वातावरणीय स्थितीचे स्थिर (सरासरी) चित्र निर्माण करतो.

हवामान व जलवायुमान म्हणजे काय ?

कोणत्याही भौगोलिक क्षेत्रावर किंवा पृथ्वीवरील कोणत्याही ठिकाणी अनेक वातावरणीय आविष्कार एकाच वेळी घडून आल्यामुळे वातावरणाला जी स्थिती प्राप्त होते त्या स्थितीला त्यावेळेचे ''हवामान'' (weather) असे म्हणतात. वातावरणाची ती तत्कालीन स्थिती असते. वाऱ्यांची दिशा आणि वेग, तापमान, ढगांचा विस्तार आणि त्यांचे प्रकार, आर्द्रता, वर्षण इत्यादि घटकांवर हवामान अवलंबून असते. हे घटक सातत्याने बदलत असतात. हवामानही त्यामुळे सतत बदलत असते. निरनिराळ्या ऋतूत वृष्टी, हिमवर्षाव, गारांचा पाऊस, गडगडाटी वादळ, धूलिवादळ, धुके, हिमतुषार (तुहिन किंवा फ्रॉस्ट), अंधुकता, वीजवादळ, चंडवात हे साधारणपणे नेहमी प्रत्ययाला येणारे हवामानाचे आविष्कार आहेत. प्रतिवर्षी थोड्याफार अंतराने त्यांची पुनरावृत्ती होत असते. अनेक वर्षांच्या कालावधीत घडणाऱ्या सर्व आविष्कारांची आणि वातावरणीय घटकांची गोळाबेरीज केली तर त्या क्षेत्रावरील वातावरणाच्या सरासरी स्थितीची कल्पना येऊ शकते. सरासरीने आढळून येणाऱ्या वातावरणीय स्थितीला ''जलवायुमान'' (Climate) असे म्हणतात.

हवामानाच्या विविध आविष्कारांची आकडेवारी देऊन जलवायुमानाचे वर्णन केले जाते. तथापि, जलवायुमान म्हणजे वातावरणात आढळून येणाऱ्या कोणत्याही आविष्कारांची किंवा घटकमूल्यांची निव्वळ सरासरी नव्हे. त्यात अनेक वातावरणीय आविष्कारांची वारंवारता किंवा वितरण, कमाल किंवा किमान मर्यादाही अभिप्रेत असतात. निरनिराळ्या ऋतूंप्रमाणे सरासरी तपमान, आर्द्रता, पर्जन्य किंवा हिमवर्षाव, ढगांचे आवरण, पवनवेग आणि दिशा, सूर्यप्रकाशाचा कालावधी इत्यादी घटक कसे बदलत असतात यांचीही नोंद घेण्यात येत असते. या सर्व बाबींनी कोठल्याही जागेच्या किंवा क्षेत्राच्या जलवायुमानाची कल्पना साकार होते. हवामान आणि जलवायुमान या दोहोंचे स्वरूप भिन्न आहे. हवामान हे जलवायुमानाचे अवकलन (integration) आहे तर जलवायुमान हे हवामानाचे समाकलन (differentiation) असते. हवामानाच्या आविष्कारांचा कालावधी अल्पमुदतीचा असतो, तर जलवायुमानामध्ये अनेक वर्षांची निरीक्षणे सामाविलेली असतात.

वातावरणाची माध्य (सरासरी) भौतिक अवस्था, तीत स्थलकालानुरूप घडून येणारे बदल आणि त्यामुळे अनेक वर्षांच्या कालावधीत प्रतिबिंबित होणारे विविध वातावरणीय आविष्कार यांचा सांख्यिकीय पद्धतीने सर्वंकष अभ्यास केला जातो अशी वातावरण विज्ञानाची शाखा म्हणजे जलवायुविज्ञान.

इ.स. १८४५ मध्ये अलेक्झँडर फॉन हंबोल्ट यांनी जलवायुमानाची पुढीलप्रमाणे अत्यंत व्यापक स्वरूपाची व्याख्या दिली : ''वातावरणाच्या अनेक घटकात घडून येणाऱ्या सर्व इंद्रियगोचर बदलांची ज्या लक्षणांमुळे कल्पना येईल ती लक्षणे सरासरीने जलवायुमानात समाविष्ट केलेली असतात. तापमान, आर्द्रता, वातावरणीय दाबामधील बदल, विविध प्रकारच्या वाऱ्यांचा प्रभाव किंवा परिणाम, वातशून्य हवामानस्थिती, विद्युत् क्षेत्र, वातावरणाची विशुद्धता किंवा वायुरूप उत्क्षेप मिसळल्यामुळे निर्माण होणारे वातावरणीय प्रदूषण, जमिनीतून होणारे उष्णताप्रारण वाढविणारी मानवजातीला हितकारक होणारी व मानवी चित्तवृत्तींना पोषक ठरणारी वातावरणाची पारदर्शकता आणि आकाशाची निरभ्रता हे ते घटक होत.''

हंबोल्टच्या जलवायुमानाच्या ह्या सर्वव्यापी व्याख्येत निर्देशिल्याप्रमाणे हंबोल्टच्या काळी वातावरणीय दाब, सौरप्रारणाची तीव्रता, दृश्यमानता, बाष्पीभवन, मृत्तिकावस्था, वातावरणीय आयनीभवन आणि वातावरणीय प्रदूषण यांसारख्या मूलघटकांची निरीक्षणे आणली जात नव्हती हे खरे, तथापि सध्याच्या काळात ह्या निरीक्षणांची अत्यंत दखल घेतली जात आहे यात शंका नाही.

जलवायुमानाची यथायोग्य कल्पना येण्यासाठी अनेक दशकात केलेल्या निरीक्षणांची आवश्यकता असते. निरनिराळ्या मूलघटकांचे गणितमाध्य काढून निरनिराळ्या ठिकाणच्या जलवायुमानाची लक्षणे निश्चित केली जातात आणि त्यांची तुलना केली जाते. त्यावरून हवामानाच्या आविष्कारांची आवर्तता, मासिक किंवा वार्षिक वितरण आणि कमाल-किमान मर्यादा कळतात तथापि, गणितमाध्याची पद्धती एका दृष्टीने मर्यादित असते. त्यामुळे वातावरणीय परिसराचे मुख्यतः स्थिरचित्र निर्माण होते. वस्तुस्थिती तशी नसते. वातावरण अत्यंत चंचल असते. त्यात अबाधितपणे असंख्य घडामोडी चालू असतात. अशा परिस्थितीत माध्यमूल्ये अर्थहीन वाटतात. गणिताच्या साह्याने काढलेले माध्यतपमान किंवा वृष्टिप्रमाण प्रत्यक्षात अनेकदा आढळतेच असे नाही किंवा असंख्य निरीक्षणात ते मध्यस्थ मूल्य (medium) म्हणून राहील असेही नाही. तथापि, मोठ्या संख्येने निरीक्षणे उपलब्ध असल्यास गणितमाध्यामुळेच एक वातावरणीय संख्यानक (निरीक्षणमूल्यांचे फलन असलेली राशी) तयार होऊन वातावरणीय गुणधर्मांची विशिष्ट कल्पना येऊ शकते.

कोणत्याही देशातील वनस्पती व प्राणि-जीवन आणि त्यांची वैशिष्टये ठरविण्यात जलवायुमानाचा अत्यंत महत्त्वपूर्ण वाटा असतो. तेथील रहिवाशांची दिनचर्या, राहणीची पद्धत, व्यापार व उद्योगधंदे जलवायुमानावर अवलंबून असतात. त्यामुळे जगातील निरनिराळ्या ठिकाणच्या लोकांवर विशिष्ट जलवायुमानामुळे काय परिणाम होतात हे समजून घेण्यासाठी तेथील हवामानाच्या आविष्कारांचा, वातावरणीय स्थितीचा आणि वातावरणाच्या विविध घटकांच्या गुणधर्मांचा अभ्यास करणे अगत्याचे ठरते. जलवायु विज्ञानाचे हेच मुख्य प्रयोजन असते.

हवामान व जलवायुमान विषयक निरीक्षणे

दिवसाच्या काही ठराविक वेळी जगात पुष्कळ ठिकाणी ठराविक पद्धतीने वातावरण विषयक निरीक्षणे केली जातात आणि शक्य तितक्या लवकर जगात सर्वत्र त्यांचे वितरणही केले जाते, ह्या निरीक्षणांचा तात्कालिक उपयोग हवामानाचे अंदाज वर्तविण्याकडे होतो. पण नंतर ती जलवायुविज्ञाकडे जाऊन त्यांचे पद्धतशीर पृथक्करण किंवा विश्लेषण केले जाते.

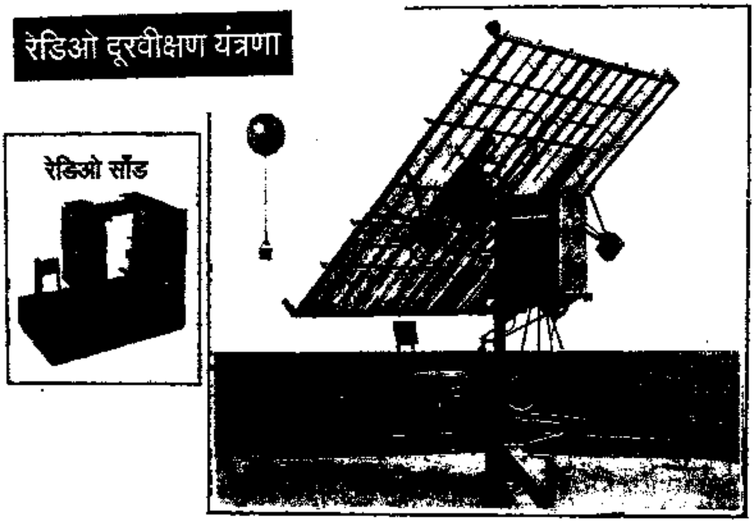
जगात सुमारे ७००० ठिकाणी पृष्ठभागीय व ६०० ठिकाणी उच्च वातावरणीय निरीक्षणे केली जातात. त्यासाठी विशिष्ट प्रकारची उपकरणे वापरली जातात. निरीक्षणे करण्यासाठी प्रशिक्षित व अनुभवी पूर्णकालिक साहाय्यकांची नियुक्ती केलेली असते. ही निरीक्षणे ००००, ०३००, ०६००, १२००, १८०० व २१०० ग्रीनिच माध्य वेळ

(G.M.T.) यांसारख्या दिवसातून काही ठराविक वेळी घेतली जातात. कित्येकदा स्वयंचलित उपकरणेसुद्धा वापरण्यात येतात. याशिवाय सुमारे ४०,००० ठिकाणी अंशकालिक साहाय्यक हवामानविषयक निरीक्षणे घेतात. सर्व ठिकाणी मुख्यत्वेकरून तापमान, आणि वर्षण मोजतात. आर्द्रता आणि सूर्यप्रकाशाचीही निरीक्षणे घेतली जातात. सौरप्रारणाची तीव्रता सुमारे ५०० ठिकाणी मोजली जाते. काही थोड्या ठिकाणी वातावरणीय विद्युत व प्रदूषण यांचेही मोजमापन केले जाते. कृषिकार्ये व पाणी पुरवठ्याच्या योजना यशस्वीपणे राबविण्याच्या दृष्टीने पर्जन्याची निरीक्षणे अत्यंत महत्वाची असतात. ही घेण्यासाठी जगात सुमारे एक लक्ष ठिकाणी पर्जन्यमानाची नोंद करणाऱ्या वेधशाळा स्थापिल्या गेल्या आहेत. वर निर्देशिलेल्या सर्व वेधशाळांनी केलेल्या निरीक्षणांची संख्या प्रतिवर्षी सुमारे दोन कोटी होते. केवळ सारणी-यंत्राच्या साहाय्यानेच ह्या सर्व निरीक्षणांचा पद्धतशीरपणे अभ्यास करणे शक्य होते.

वातावरणीय निरीक्षणे

हवामानाचे सर्व आविष्कार वातावरणातील खालच्या थरातून दृग्गोचर होत असल्यामुळे वातावरणातील पृथ्वीलगतच्या विविध थरांच्या गुणधर्माचे मूल्यमापन करणे अत्यावश्यक ठरते. हे मूल्यमापन दृष्टिगोचर निरीक्षणांच्या साहाय्याने आणि काही विशिष्ट यंत्रांची व उपकरणांची मदत घेऊन नोंदलेल्या निरीक्षणाच्या साहाय्याने केले जाते. जेथे ही निरीक्षणे केली जातात आणि हवामानाचे अंदाज वर्तविण्यात येतात त्या कार्यालयाला वातावरण वैज्ञानिक वेधशाळा (Meteorological Observatory) असे म्हणतात.

दृष्टिगोचर निरीक्षणात ढगांचे प्रकार, त्यांच्या विविध थरांची उंची, ढगांच्या आवरणाचा विस्तार, ढगांची गती (चलन वेग), ढगांचे प्रमाण, दृष्यमानता, हवामानाची सद्यःस्थिती आणि त्यात गेल्या काही तासात घडलेले महत्वाचे बदल, भूपृष्ठाची किंवा समुद्रपृष्ठभागाची स्थिती इत्यादी गोष्टींचा समावेश केला जातो. उपकरणांच्या सहाय्याने केलेल्या निरीक्षणात भूपृष्ठावरील हवेचा दाब, त्याची प्रवृत्ती. हवेचे तापमान, त्याच्या कमाल (उच्चतम) आणि किमान (नीचतम) मर्यादा, सापेक्ष आर्द्रता, जमिनीवरील वाऱ्यांची दिशा, गती आणि वेग, पर्जन्य किंवा हिमवर्षावाचे मूल्यमापन, सूर्यप्रकाशाची प्रखरता, अशा हवामानाविषयक मूलघटकांच्या निरीक्षणांचा समावेश केला जातो. ही सर्व निरीक्षणे भूपृष्ठावरून केलेली असतात. केवळ भूपृष्ठावरील उपकरणांच्या साहाय्याने वातावरणाच्या गुणधर्माचे मूल्यमापन करणाऱ्या ४६०



(१) रेडिओ सौंड (२) संदेश ग्रहणी
वातावरणातील निरनिराळ्या थरातील तपमान, आर्द्रता, पवनदिशा आणि पवनवेग मोजणारी रेडिओ सौंड / रेडिओ दूरवीक्षण यंत्रणा

वेधशाळा आपल्या भारतात आहेत. ह्या निरीक्षणांच्या जोडीला वातावरणाची औष्णिक रचना आणि निरनिराळ्या पातळींवरून वाहणाऱ्या वाऱ्यांची दिशा आणि वेग ह्यांचेही ज्ञान असणे आवश्यक असते. त्यासाठी हायड्रोजन वायूने भरलेले मोठे रबरी फुगे आकाशात सोडतात आणि कोनमापक दुर्बिणींच्या साहाय्याने ठराविक कालांतराने फुग्यांचे आकाशातील स्थान न्याहाळून वातावरणातील भिन्न पातळींवरील वाऱ्यांची दिशा आणि वेग मोजतात. भारतात ५५ ठिकाणी अशी निरीक्षणे केली जातात. त्यामुळे आपल्या देशात येणाऱ्या हवेचे उगमस्थान कळते. स्थूलमानाने तिचे गुणधर्मही कळतात. ही माहितीसुद्धा अपुरीच पडते. वातावरणाचे संपूर्ण दर्शन त्यामुळे होत नाही. वातावरणातील निरनिराळ्या थरांचे तापमान आणि त्यातील बाष्पांश याबद्दल काहीच कल्पना येत नाही. ती होण्यासाठी हायड्रोजन वायूने भरलेल्या एका मोठ्या फुग्याबरोबर वायुभार, तापमान आणि आर्द्रतामापक यंत्रे आणि त्यांना जोडलेला एक रेडिओ-ट्रॅन्समीटर किंवा रेडिओ-प्रेषक (प्रक्षेपक) आकाशात सोडतात.

ह्या यंत्राला ''रेडिओसाँड'' असे म्हणतात. ठराविक गतीने वातावरणात वर चढत असताना ते ठराविक वेळी रेडिओ-संदेश पाठविते, वेधशाळेत ठेवलेल्या ध्वनि-ग्राहकाच्या साहाय्याने हे संदेश कागदाच्या प्रदीर्घ पट्टीवर किंवा फितीवर अवितरपणे मुद्रित केले जातात. ह्या अभिलेखनामुळे पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणातील अनेक पातळींवरील हवेचा दाब, आर्द्रता, तापमान, वाऱ्यांची दिशा आणि वेग ह्यांचे आकलन होते. भारतात रेडिओसाँडने सुसज्जित अशा १८ वेधशाळा आहेत. 'रेविन' हे उपकरण आकाशात सोडून वेधशाळेत ठेवलेल्या रेडिओ-ग्रहणींच्या साहाय्याने वातावरणातील निरनिराळ्या उंचीवरील वाऱ्यांची दिशा आणि वेग मोजणाऱ्या २८ रेविन वेधशाळा भारतात आहेत.

भूपृष्ठाचा सुमारे ३/४ भाग पाण्याने व्यापलेला आहे. जमिनीप्रमाणे समुद्राच्या पृष्ठभागावरही काही वेधशाळा असणे आवश्यक असते. हे काम ४००० जहाजे करतात. समुद्रावर जहाजांचे परिभ्रमण सतत चालू असते. त्यापैकी पुष्कळशी जहाजे ठराविक वेळी हवामानविषयक निरीक्षणे करतात. ह्या आपल्या समुद्रावरील वेधशाळा होत. त्याचप्रमाणे बरीचशी मालवाहू आणि प्रवासी वाहक विमाने आकाशात सतत संचार करीत असतात. ह्या आपल्या अंतरीक्षातील वेधशाळा होत. साधारणपणे विमाने जमिनीपासून २ते १५ किमी-जाडीच्या वातावरणाच्या थरात भ्रमण करीत असतात. त्यामुळे आपल्याला जमिनीपासून १६ किमी. उंचीपर्यंत वातावरणाच्या निरनिराळ्या थरांच्या गुणधर्मांचे ज्ञान होते. वातावरणीय निरीक्षणे करण्यासाठी सुमारे ३००० वाहतूक व टेहळणी करणारी विमाने उपलब्ध आहेत. रात्री किंवा दिवसा काही ठराविक वेळी ही निरीक्षणे केली जातात. रेडिओसाँड जसे ठराविक गतीने वर चढते आणि निरनिराळ्या उंचीवरील निरीक्षणांचे संदेश पाठविते. तसे १६ ते १८ किमी. उंचीवरून उडणाऱ्या द्रुतगती विमानांतून पॅरशूट (हवाई छत्री) लावलेली रेडिओसाँड किंवा ड्रॉपसाँड यंत्रे खाली सोडल्यास तीही ठराविक गतीने खाली येतात आणि ज्या क्रमाने वातावरणाच्या विविध थरांत शिरतात त्या क्रमाने ती तेथील पवनदिशा व वेग, आर्द्रता व तापमान मोजून त्याप्रमाणे रेडिओ-संदेश पाठवितात.

ही सर्व निरीक्षणे राष्ट्रीय, प्रादेशिक व खंडीय केंद्रांच्या व्यूहाकडून एकत्रित केली जातात आणि त्यांचे संकलन होऊन ते संग्रहीत संदेश दूरमुद्रक (टेलिप्रिंटर), दूरसंदेशवहन, अनुचित्रप्रेषण, रेडिओ-प्रेषक इत्यादी दूरसंदेशवहनाच्या यंत्रणेकरवी जगातील सर्व राष्ट्रांच्या हवामान-कार्यालयांना शक्य तितक्या लवकर पाठविले जातात. ह्या मूलभूत निरीक्षणांच्या आधारे अनेक प्रकारचे हवामानस्थिती-निदर्शक नकाशे

तयार करून वातावरणविज्ञ विविध व्यवसायांना मार्गदर्शक असे आगामी हवामानाचे अंदाज देतात. हवामानाच्या पूर्वानुमानांचा शेती, नाविक व हवाई वाहतूक, व्यापार, दळणवळण व पर्यटन, आरोग्यकेंद्रे, मत्स्योद्योग, जलविज्ञान, राष्ट्रीय उद्योगधंदे वगैरे क्षेत्रांतील व्यावसायिकांना अतिशय उपयोग होतो.

तथापि, ह्या निरीक्षणांचा व्याप कितीही वाढला तरी पृथ्वीपृष्ठाचा केवळ एकपंचमांश भाग फक्त मनुष्यवस्ती व मानवी व्यवहारांखाली येत असल्यामुळे फक्त जमिनीच्या काही विशिष्ट भागांवरूनच मर्यादित वातावरणाची निरीक्षणे करणे शक्य असते. व्यापारी वाहतूक करणारी जहाजे आणि विमाने यांच्या साहाय्याने समुद्रावरील ठराविक मार्गातीलच तुरळक ठिकाणची हवामानस्थिती निदर्शक निरीक्षणे मिळविणे शक्य होते. ह्या तुटपुंज्या सामग्रीवर वातावरणविज्ञ हवामानाचे अंदाज वर्तवीत असले तरी निरीक्षणांचा अपुरेपणा त्यांना सतत जाणवत असतो. दक्षिण गोलार्धातील पृथ्वीपृष्ठाचा ७० टक्के भाग महासागरव्याप्त आहे. तेथे वातावरणीय निरीक्षणांचा अभाव प्रकर्षाने जाणवतो. तसेच, पृथ्वीवरील विस्तीर्ण हिमाच्छादित प्रदेश, निबिड अरण्ये, निर्जन वाळवंटे आणि निर्मनुष्य डोंगराळ मुलूख ह्यांसारख्या क्षेत्रांवरून वातावरणाची संपूर्ण निरीक्षणे मानवांकडून नियमितपणे करणे शक्य नसते. अजूनही जगातील अतिशय तुरळक ठिकाणांहून वातावरणातील उच्चस्तरांसंबंधी ज्ञान व माहिती मिळविली जाते. अशा ठिकाणी निरीक्षण केंद्रांची संख्या वाढविणे जरुरीचे ठरते. दक्षिण व उत्तर गोलार्धातील हवामानीय आविष्कार परस्पर संबंधित आहेत असे आता नव्यानेच सिद्ध होऊ लागले आहे. त्यामुळे दोन्ही गोलार्धातील हवामानाची निरीक्षणे सारख्याच संख्येने उपलब्ध झाल्यास एक आठवडा किंवा एक महिना यांसारख्या दीर्घ मुदतीचे हवामानाचे अंदाज वर्तविणे शक्य होईल असे वातावरणविज्ञांना वाटते. इ.स. १९६० मध्ये ''जागतिक हवामान निरीक्षण योजना'' (वर्ल्ड वेदर वॉच प्लॅन) ही संघटनात्मक यंत्रणा अस्तित्वात आली. त्यामुळे अनेक साधनांनी निरीक्षणे मिळवायची व ती जगातील मुख्य संशोधन व विश्लेषण केंद्रांना शक्य तितक्या लवकर पोचवायची हे कार्य सुकर झाले आहे. ह्या कार्यात वातावरण वैज्ञानिक कृत्रिम उपग्रह, द्रुतगति संगणक (उच्च वेगाने गणित कृत्ये करू शकणारी यंत्रे), हवामानीय उपकरणे, वेधशाळा, प्लवनशील (समुद्रात सतत तरंगत रहाणाऱ्या) ठोकळ्यांवर स्थापिलेली स्वयंचलित यंत्रे-उपकरणे इत्यादी साधनांची मदत होत आहे. मानववस्ती नसलेल्या क्षेत्रावरील ठराविक वेळेची वातावरणीय निरीक्षणे स्वयंचलित उपकरणांनी वातावरणविज्ञांना उपलब्ध केली तर त्यांची उपयुक्तता

असीम आहे हे उघड आहे. उग्र चक्रवात किंवा चक्रीवादळे यांच्या प्रभावामुळे सागरांवर तुंबळ थैमान चालू असताना जहाजे किंवा विमाने त्या बाजूला फिरकत नाहीत. पण प्लवनशील ठोकळ्यांवर स्वयंचलित कॅमेरे-यंत्रे-उपकरणे स्थापिली तर सागराचे वादळांच्या वेळचे खरे रौद्र स्वरूप अगदी जवळून पाहणे शक्य होऊ शकते. त्याचप्रमाणे अनेक महिने एका विशिष्ट उंचीवर सतत तरंगणाऱ्या फुग्यांवरही स्वयंचलित निरीक्षण केंद्रे स्थापन केल्यास वातावरणातील विविध उंचीवरील थरांचे गुणधर्म, तापमान, आर्द्रता, तेथील पवनदिशा व वेग, हवेचे दार्ढ्य (हवेची घनता), याबद्दल निश्चित स्वरूपाची माहिती मिळू शकते. फुग्यांच्या दैनंदिन स्थानांतराच्या त्वरेवरून त्या उंचीवर वाहणाऱ्या वाऱ्यांची दिशा आणि वेग काढता येतो. जगातील निर्मनुष्य क्षेत्रांवर असे अनेक फुगे तरंगत ठेवून त्यांचे स्थानांतर न्याहाळून त्या क्षेत्रावरील वातावरणीय निरीक्षणे आता नियमितपणे मिळविता येऊ लागली आहेत. ढगांची असंख्य चित्रे आता कृत्रिम उपग्रहांच्या साहाय्याने उपलब्ध झाली आहेत, त्यावरून रूढ व प्रचलित निरीक्षण पद्धतींनी व तंत्रांनी मिळविलेले वातावरणाबद्दलचे आपले ज्ञान किती कोते किती त्रुटीपूर्ण होते, याची जाणीव वातावरणविज्ञांना झाली आहे. सर्व प्रकारच्या वेधशाळांवर कृत्रिम उपग्रहांनी मात केली असून तेच वातावरणविज्ञांना खरी मदत करीत आहेत.

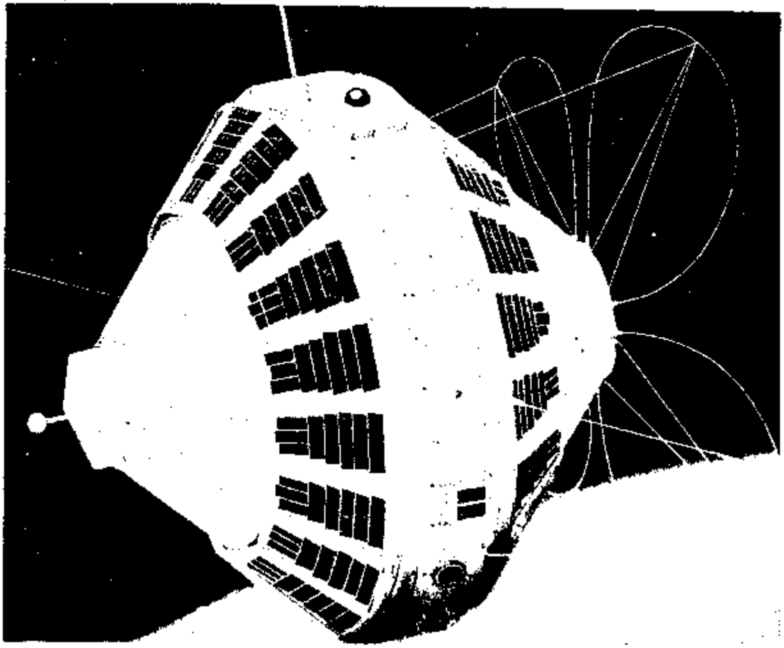
वातावरण विज्ञानाचा विकास

अनेक शोधांनी वातावरण-विज्ञान विकसित केले आहे.

(अ) वायुभारमापक :- सतराव्या शतकाच्या काही दशकांत एकामागून एक या क्रमाने दूरदर्शक (टेलिस्कोप), सूक्ष्मदर्शक (मायक्रोस्कोप) वातशोषक (एअरपंप) लंबकाच्या साह्याने चालणारे घड्याळ (पेंड्यूलम क्लॉक), तापमापक (थर्मामीटर) व वायुभारमापक (बॅरॉमीटर) या उपकरणांचे शोध लागल्यामुळे विज्ञानक्षेत्रात प्रचंड क्रांती घडून आली. दिनांक २ मे १६४३ ला इव्हँजेलिस्टा टॉरिसेली यांनी हवेच्या वायुभारमापकाच्या तत्त्वाचा शोध लावल्यामुळे वातावरण-विज्ञानाची अनेक क्षितिजे विस्तृत झाली. रेने देकार्त, बीकमान आणि बालियानी यांनी हवेला दाब असतो ही संकल्पना प्रथमच मांडली होती, परंतु प्रत्यक्षात तो दाब व त्यातील फरक मोजणाऱ्या उपकरणाची कल्पना टॉरिसेली यांनीच साकार केली. इ.स. १६४८ मध्ये देकार्त यांनी कागदी मोजपट्टी लावलेला वातावरणीय दाबातील फेरबदल मोजता येणारा वायुभारमापक प्रथमच तयार केला. यानंतर त्यात अनेक सुधारणा केल्या गेल्या. वातावरणीय संशोधनाला त्यामुळे खूपच चालना मिळाली. बॅरॉमीटरच्या नळीमधील

पाऱ्याच्या पातळीच्या चढ-उताराचा संबंध बदलत्या हवामानाशी असतो हे आढळून आल्यापासून बॅरॉमीटर या उपकरणाला खूपच लोकप्रियता मिळाली. इ.स. १६७० पर्यंत काही लोकांचे ते एक खेळणेच होऊन बसले. अनेक लोकांना हवामान व बॅरॉमीटरमधील पाऱ्याच्या स्तंभाचे चढउतार बघण्याचा छंद जडला. काचेच्या गोलात माणसाचे भविष्य दिसते तसे भावी हवामान बॅरॉमीटरमध्ये दिसते असा ह्या उपकरणाबाबत प्रचार होऊ लागला. देशांतर्गत आयात-निर्यातीची ती एक महत्त्वाची वस्तू होऊन बसली. तत्कालीन "ज्योतिषी" त्याचा 'वेदर क्लॉक' (हवामान दर्शक काचनलिका) म्हणून उल्लेख व वापर करू लागले. अनेक धनिक लोकांनी ही यंत्रे विकत घेण्याचा सपाटा चालविला. इ.स. १६७८ मध्ये सर ख्रिस्टोफर रेन यांनी "हवामान दाखविणारे घड्याळ" तयार केले. त्यानंतर हूक यांनी 'वेदर वाईजर' म्हणजे हवामानाबद्दल माहिती देणारे यंत्र तयार केले. इ.स. १८५१ मध्ये इंग्लंडमध्ये भरलेल्या प्रसिद्ध शास्त्रीय प्रदर्शनात जॉर्ज डॉलॉंड यांनी एक विशाल स्वयंचलित वायुभारमापक यंत्र ठेवले होते. त्या उपकरणाला "ॲटमॉस्फिअरिक रेकॉर्डर" (वातावरणीय लेखित्र) असे नाव दिले होते. प्राथमिक कुतुहलाची लाट ओसरल्यानंतर ह्या यंत्राचा ठिकठिकाणचे वातावरणीय भार दाब मोजण्याकडे उपयोग होऊ लागला. त्यात आश्चर्यजनक सुधारणा घडून आल्या. ह्या उपकरणाची अचूकता वाढली. एकोणिसाव्या शतकात युरोपात सर्वत्र वातावरणाचे वेध घेणाऱ्या वेधशाळा स्थापन झाल्या आणि वातावरण विज्ञानाच्या दृष्टीने 'बॅरॉमीटर' हे एक अत्यावश्यक व अपरिहार्य साधन होऊन बसले. आजही ह्या उपकरणाच्या आकृतीबंधात अनेक उपयुक्ततापूर्ण बदल होत आहेत.

(आ) कृत्रिम उपग्रह : दिनांक ४ ऑक्टोबर १९५७ ला प्रथम रशियाने व नंतर १९५८ मध्ये अमेरिकेने अंतराळात मानवनिर्मित उपग्रह सोडून वातावरण विज्ञानात आश्चर्यजनक क्रांती घडवून आणली. हे उपग्रह म्हणजे आपल्या अंतराळातील वेधशाळाच होत. सुमारे १६०० कि.मी. (१००० मैल) उंचीवर परिभ्रमण करणाऱ्या कृत्रिम उपग्रहाला पृथ्वीभोवती एक प्रदक्षिणा करायला साधारणपणे दोन तास लागतात. दर दिवशी हे उपग्रह पृथ्वीभोवती बारा प्रदक्षिणा घालू शकतात. त्याचवेळी पृथ्वीही स्वतःभोवती फिरत असते. त्यामुळे उपग्रहाच्या प्रत्येक प्रदक्षिणेच्यावेळी पृथ्वीचा वेगवेगळा भाग उपग्रहाच्या परीक्षणासाठी उपलब्ध होऊ शकतो. अशा रीतीने वातावरणाच्या बाहेर जाऊन वायुविहीन उंचीवरून ते खालील वातावरणात चालणाऱ्या अनेक घडामोडींची वस्तुनिष्ठ निरीक्षणे करू शकतात. शिवाय कृत्रिम उपग्रहांच्या दृष्टिक्षेपात जगाचे विस्तीर्ण क्षेत्र येत असल्यामुळे अल्पावकाशात ह्या



अनेक प्रकारची सूक्ष्म उपकरणे आणि कॅमेरे घेऊन
पृथ्वीभोवती भ्रमण करणारा एक्सप्लोअरर उपग्रह

उपग्रहांना जागतिक प्रमाणावर हवामान परिस्थितीची संपूर्ण माहिती वातावरणविज्ञाला उपलब्ध करून देता येते.

वातावरण विज्ञानीय कृत्रिम उपग्रहात अत्यंत कल्पकतेने तयार केलेली अनेक प्रकारची यंत्रे, साधने, कॅमेरे आणि सूक्ष्म उपकरणे बसविलेली असतात. त्यांच्या सहाय्याने पृथ्वीसभोवतालच्या संपूर्ण वातावरणातील ढगांची रचना, हिमक्षेत्रांचा विस्तार, गोठलेले समुद्र, हिमनग, पृथ्वीच्या पृष्ठभागाची - किनाऱ्यांची आणि उंचसखल प्रदेशांची रूपरेषा व सूर्याची सागरपृष्ठावरील प्रतिबिंबित चमक (सूर्याचे तेज : शर किंवा सनग्लिंट) यांची छायाचित्रे घेऊन त्यांचे पृथ्वीकडे पुनःप्रेषण करता येते. सूर्यापासून पृथ्वीला मिळणारे ऊष्मीय प्रारण (तरंगरूपी ऊर्जा) आर्द्रतेचे वितरण, पृथ्वीपृष्ठाच्या विविध भागांचे तापमान हे कृत्रिम उपग्रह मोजू शकतात. वर्णपटाच्या अवरक्त भागात होणाऱ्या ऊष्मीय प्रारणांचे अनेक प्रकारचे सूक्ष्म मूल्यमापन करणारी अत्यंत कार्यक्षम यंत्रेही अंतरीक्ष निरीक्षणी उपग्रहात बसविलेली असतात. त्यांच्या मदतीने उपग्रहांच्या बरोबर खाली येणाऱ्या अभ्रविहीन (निरभ्र) जमिनीचे किंवा

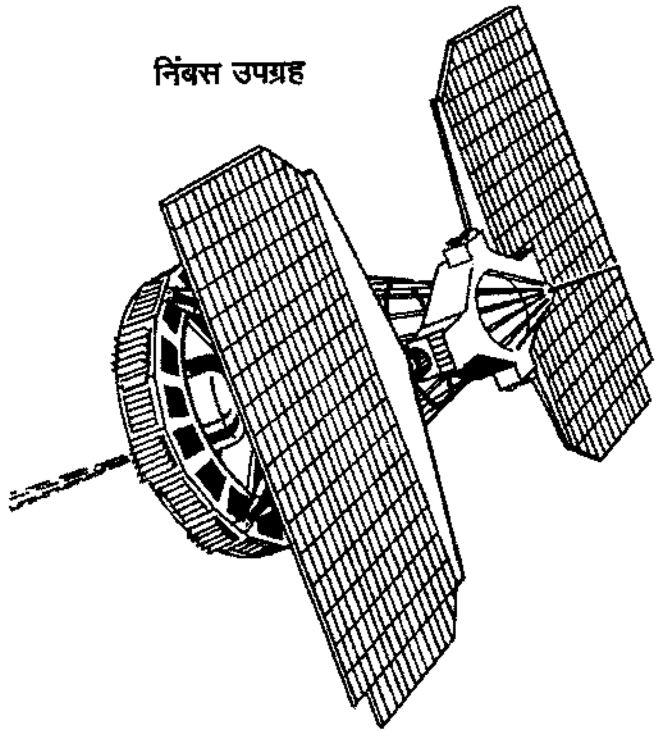
ढगांच्या वरच्या थरांचे तापमान ती मोजू शकतात. ह्या दोन तापमानात बराच फरक असतो. त्यामुळे केवळ तापमान मापनामुळे ढग कुठे व कोणत्या पातळीवर निर्माण झाले आहेत आणि त्यांचा विस्तार किती मोठा आहे हे कळू शकते. ऊष्मीय प्रारण- आणि तापमानाचा खरा उपयोग रात्रीच्या वेळी होतो.

रात्री ढगांच्या रचनेची छायाचित्रे घेता येत नाहीत. त्यामुळे ढगांची रचना आणि विस्तार कळण्यासाठी ऊष्मीय प्रारणमापन आणि तापमानमापन हीच कार्ये उपयुक्त ठरतात. कृत्रिम उपग्रहात सूक्ष्मसंवेदी दीप्तिमापक उपकरणे ठेवलेली असतात. ती पृथ्वीच्या निरनिराळ्या भागांची भास्वरता (चकासन किंवा तेजस्विता) मोजतात. त्यामुळे ढगांनी व्यापलेल्या क्षेत्रांच्या विस्ताराचे आकलन होते. उपग्रहांनी पाठविलेली अनेक प्रकारची चित्रे पृथ्वीपृष्ठावर ठेवलेल्या स्वयंचलित चित्रग्रहणींच्या द्वारे वातावरणविज्ञाला मिळविता येतात. एका छायाचित्रामुळे १६०० कि.मी. त्रिज्येच्या वर्तुळात सामावेल इतक्या विस्तृत क्षेत्रातील ढगांच्या रचनेचे प्रत्यक्ष स्वरूप वातावरणविज्ञ पाहू शकतो. अशा अनेक चित्रांवरून त्याला हवामानाच्या सद्य परिस्थितीची यथार्थ कल्पना करता येते. व तो आगामी हवामानाबद्दलचे निश्चित स्वरूपाचे अंदाज बांधू शकतो. चक्रीवादळांची केंद्रनिश्चिती, त्यांची चलनदिशा व वेग, वादळांची तीव्रता, विविध प्रकारची सीमापृष्ठे (फ्रंट्स किंवा उष्णार्द्र हवा व शीत शुष्क हवा विभक्त करणारी पृष्ठे) व त्यांच्याशी निगडीत झालेली मेघरचना, ढगांचे प्रकार आणि त्यांच्या विविध थरांची उंची, विविध पातळीवरील वाऱ्यांची दिशा आणि वेग, धूसरता व धुक्यांनी व्यापिलेली क्षेत्रे यांचे अंदाज वातावरणविज्ञ करू शकतो. इतकेच नव्हे, तर उच्च वातावरणातील वायुस्रोतांचे स्थान आणि त्यांचा महत्तम वेग यांचीही तो निश्चिती करून घेऊ शकतो. हे काम अर्थातच विशिष्ट प्रकारचे प्रशिक्षण मिळालेल्या दीर्घानुभवी तंत्रज्ञाचे असते.

दिनांक १ एप्रिल १९६० ला अमेरिकेने 'टायरॉस-१' हा उपग्रह अंतराळात सोडून त्याच्या साह्याने ढगांची आणि पृथ्वीवरील भूप्रदेशांच्या किनारपट्टीची रूपरेषा स्पष्टपणे दाखविणारी चित्रे यशस्वीपणे मिळविली व जागतिक प्रमाणावर निरीक्षणे करण्याच्या आणि जागतिक हवामानावर देखरेख ठेवण्याच्या नव्या युगाला प्रारंभ केला. वातावरण विज्ञानक्षेत्रात आतापर्यंत न सुटलेले अनेक प्रश्न आता अभ्यासासाठी हाताळले जात आहेत. कृत्रिम उपग्रहांमुळे विज्ञानाची अनेक दालने आता खुली झाली आहेत. सूर्यापासून पृथ्वीला मिळणारी औष्णिक ऊर्जा व पृथ्वीवरून अंतराळात होणारे ऊष्मीय प्रारण कृत्रिम उपग्रह मोजू शकत असल्यामुळे पृथ्वीच्या वातावरणात आणि

महासागरांतील पाण्यात किती औष्णिक ऊर्जा शोषिली जाते हे अचूकरीत्या कळणे आता शक्य झाले आहे. ह्या घटनेला विशेष महत्त्व आहे. ह्याच ऊर्जेमुळे पृथ्वीवर दर ताशी सुमारे २००० गडगडाटी वादळे धिंगाणा घालीत असतात. प्रत्येक दिवशी लाखो टन पर्जन्यवृष्टी, हिमपतन, गारांचा वर्षाव, मंद तुषारवृष्टी पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर होत असते. वाऱ्यांच्या मंद सुखद हळुवार झुळकीपासून तो झंझावाती अतिवेगवान वारे पृथ्वीच्या वातावरणात इतस्ततः वाहात असतात, पक्क्या कॉंक्रीटची घरे क्षणात उध्वस्त किंवा जमीनदोस्त करणारी विध्वंसक घूर्णवाती वादळे किंवा चक्रीवादळे निर्माण होत असतात. ह्याच औष्णिक ऊर्जेच्या विषम वाटणीमुळे काही ठिकाणी

निंबस उपग्रह



लक्षावधी वर्षांपर्यंत हिमनद्यांचे अस्तित्व टिकविले जाते., तर काही ठिकाणी ५५° सें. पर्यंत भूपृष्ठ तापून होरपळून निघत असते. त्या दृष्टीने वातावरण व महासागर यांनी शोषिलेल्या औष्णिक ऊर्जेचे नक्त प्रमाण कळणे महत्त्वपूर्ण ठरते.

वातावरणीय कृत्रिम-उपग्रहांनी ही कामगिरी अत्यंत यशस्वी रीतीने पार पाडली

आहे. जेथे मनुष्यवस्ती आहे तेथील निरीक्षणे तर त्यांनी मिळविलीच पण निर्मनुष्य आणि अतिदुस्तर विभागातील निरीक्षणेही त्यांनी वातावरण विज्ञानाला उपलब्ध करून दिली आहेत. संपूर्ण वातावरणाची निरीक्षणे केवळ कृत्रिम उपग्रहच उपलब्ध करू शकतात. हवामानाची दीर्घ कालावधीची पूर्वानुमाने करण्यास ती अत्यावश्यक असतात. आधुनिक वातावरणविज्ञानीय कृत्रिम उपग्रह निरनिराळ्या उंचीवरील हवेच्या थरांचे तापमान मोजू शकतात. त्यामुळे जगातील कोणत्याही ठिकाणचा तापमान ऱ्हास (लॅप्स रेट) कळू शकतो. कार्बन डाय ऑक्साइड, ओझोन आणि जलबाष्प यांसारख्या घटकांचे उदग्र वितरणसुद्धा 'निंबस' 'एस्सा', 'ए.टी.एस.' (ॲप्लिकेशन टेक्नॉलॉजी सॅटेलाईट) उपग्रहांच्या साहाय्याने दर दिवशी निश्चित करता येते. उपग्रहांच्या दृष्टिपथात प्रतिक्षणी ८० लक्ष चौरस कि.मी. चे क्षेत्र येते. त्यातील कॅमेरे २६० सेकंदांगणिक एक अशा रीतीने पृथ्वीपृष्ठाची चित्रे घेऊ शकतात. ही सर्व चित्रे कृत्रिम उपग्रह आपल्या स्मृतिकोशात साठवितात आणि नंतर सवडीनुसार यंत्रज्ञांची 'आज्ञा' मिळताच वातावरणविज्ञाला उपलब्ध करून देतात. अशा विविध चित्रांची जुळवाजुळव करून संगणकांच्या साह्याने संपूर्ण उत्तर आणि दक्षिण गोलार्धाची हवामान परिस्थिती दर्शविणारी चित्रे व नकाशे तयार करता येतात. 'जागतिक हवामान निरीक्षण योजने'च्या आदेशानुसार सध्या अनेक प्रकारचे वातावरण विज्ञानीय उपग्रह पृथ्वीभोवती परिभ्रमण करीत आहेत. संदेशवहनातही अनेक सुधारणा झाल्या आहेत. अनेक प्रकारचे कृत्रिम उपग्रहच आता संदेशवाहकांची भूमिका उत्तम प्रकारे बजावीत आहेत. काही विशिष्ट वेळेच्या निरीक्षणांचा उपयोग करून तयार केलेले हवामान परिस्थिती - निदर्शक नकाशेही रेडिओ तरंगांद्वारे दूरदूरच्या हवामान-विश्लेषण केंद्रांना पाठविण्याची साधने सध्या अस्तित्वात आली आहेत. त्यामुळे आता वातावरणविज्ञ ७२ तासांच्या कालावधीची पूर्वानुमाने आणि अंदाज वर्तविण्याचा प्रयत्न करीत आहेत. या कार्यासाठी त्यांना संगणकांची भरीव मदत हवी असते.

(इ) संगणक - इ.स. १९२२ मध्ये लुईस फ्राय रिचर्डसन या ब्रिटिश गणितज्ञाने संख्यात्मक पद्धतींनी हवामानाची पूर्वानुमाने करण्याच्या शक्यतेची आपली परिकल्पना वातावरणविज्ञांपुढे ठेवली. वातावरणात होणारे हे बदल उत्तम प्रकारे ज्ञात असलेल्या गतिक आणि ऊष्मागतिक नियमांनुसार घडून येतात आणि कोणत्याही एका वेळेची वातावरणीय परिस्थिती पूर्णांशाने अवगत झाल्यास त्या परिस्थितीत निकटच्या भविष्यकालात घडणारे बदल गणितशास्त्राच्या मदतीने अजमाविता येऊ शकतात, ह्या वस्तुस्थितीवर रिचर्डसन यांची परिकल्पना आधारलेली

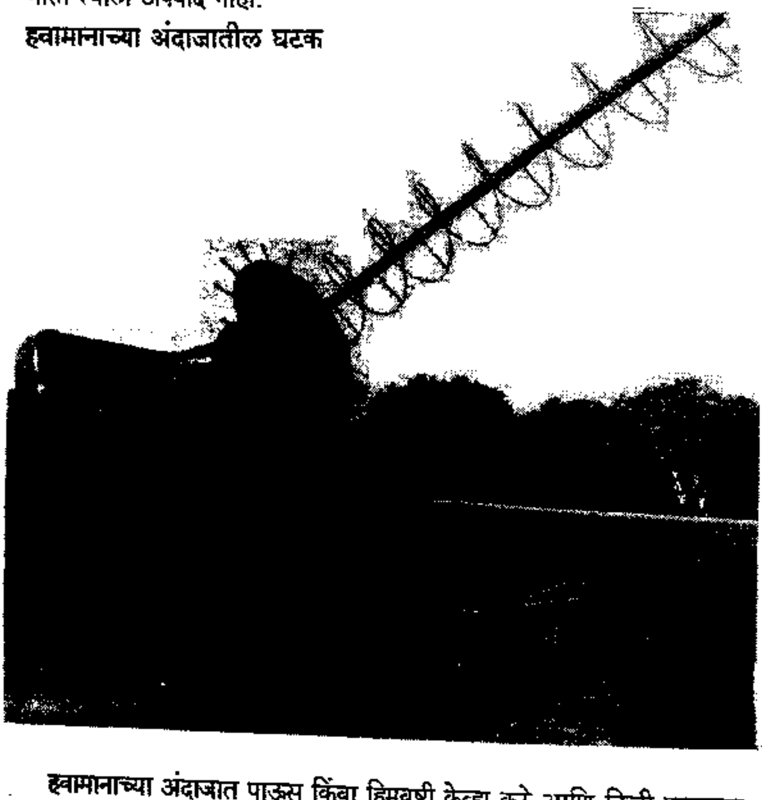
होती. प्रत्यक्ष व्यवहारात उपयोग करण्याच्या दृष्टीने गतिक आणि ऊष्मागतिक (उष्णताजन्य गतीचे) नियम व सिद्धांत हे अत्यंत जटिल स्वरूपाचे आहेत. तथापि, कोणत्याहि एकाद्या समस्येचे किंवा प्रश्नाचे आणि ह्या नियमांचेही सुलभीकरण करून वातावरणाच्या सद्यःस्थितीत पुढील अल्पावधीत (साधारणपणे एक तासात) काय बदल होतील याचे परिगणन करणे शक्य होईल. हे परिगणन प्रथम केले आणि त्याच गणितकृत्यांची अनेकदा पुनरावृत्ती केली तर आगामी अल्पावधीच्या कालात अनुभवास येणाऱ्या हवामानाबद्दल उपयुक्त अनुमान करता येईल अशी त्यावेळी रिचर्डसन यांची अपेक्षा होती. रिचर्डसन यांच्या परिकल्पनेप्रमाणे हवामानाचे पूर्वकथन करण्याच्या मार्गात पन्नास वर्षांपूर्वी दोन मुख्य अडचणी होत्या. पहिली अडचण म्हणजे रिचर्डसन यांची संख्यात्मक पद्धती व्यवहारात आणण्यासाठी जी वातावरणीय निरीक्षणे त्यावेळी उपलब्ध होती त्यांची संख्या अत्यल्प होती. आता ही परिस्थिती बदलली आहे. दुसरी अडचण म्हणजे रिचर्डसन यांची अनेकविध समीकरणे आणि पदावल्या चटकन् सोडविण्याच्या दृष्टीने अत्यंत किचकट अशा होत्या. इतकेच नव्हे, तर त्या सोडविण्याच्या पद्धतीही गणितज्ञांना ज्ञात नव्हत्या. रिचर्डसन यांच्या सिद्धांतांचे व्यावहारिक रूपांतर करण्याच्या प्रयत्नात संपूर्ण जगातील २,००० निरीक्षण केंद्रांकडून मिळालेल्या सामग्रीचा यथोचित उपयोग करून अल्पावधीच्या निकट भविष्यकालात जागतिक हवामानात काय बदल होतील ह्याचे वेळीच पूर्वानुमान करण्यासाठी ६४,००० गणितज्ञांची मदत घ्यावी लागली असती. पन्नास वर्षांपूर्वी हे अशक्यच होते.

आता द्रुतगती इलेक्ट्रॉनीय संगणक यंत्रांच्या आगमनामुळे रिचर्डसन यांच्या सिद्धांतांप्रमाणे हवामानाचे पूर्वकथन करण्याच्या पद्धतींना व्यावहारिक स्वरूप देणे व त्यात अनेक सुधारणा करणे शक्य झाले आहे. संख्यात्मक पद्धतींनी हवामानाचे पूर्वकथन करण्याचे एक नवीन खात्रीलायक तंत्र संगणकांमुळे आता उपलब्ध झाले आहे आणि जगातील अनेक देशांत ते नित्यक्रमाने अवलंबिले जात आहे. ह्या तंत्राबरोबरच इतर अनेक महत्त्वाची तंत्रेही शोधिली जाण्याची शक्यता निर्माण झाली आहे.

अत्याधुनिक इलेक्ट्रॉनीय संगणकांच्या मदतीने जगाच्या बहुतेक सर्व भागांतून मिळालेल्या मूलभूत निरीक्षण सामग्रीवर काही तासांतच गणितीय संस्करण केले जाऊन त्यावरून पुढील ३६ ते ७२ तासांच्या कालावधीचे अग्रसूचक (भविष्यसूचक) हवामानाचे नकाशे तयार केले जातात. हे नकाशे संपूर्णतया वस्तुनिष्ठ असतात.

संगणक प्रत्येक निरीक्षणाच्या अचूकतेची खात्री पटवून घेतो. काही निरीक्षणे चुकीची असल्यास ती वर्ज्य करतो आणि ती कोठल्या कारणास्तव वर्ज्य केली त्याची कारणेही सांगतो. यानंतर वातावरणविज्ञ ह्या नकाशांवरून मेघनिर्मिती, पर्जन्य, वाऱ्यांचा वेग आणि दिशा, आर्द्रता, तापमान इत्यादिसारख्या हवामानांच्या घटकांची पूर्वानुमाने वर्तवितो. ही अनुमाने किंवा हवामानाचे पूर्वकथन मात्र आत्मनिष्ठ असते. त्यात वातावरणविज्ञाचा अभ्यास, अनुभव व विचारसरणी यांचा प्रभाव प्रकर्षाने पडलेला दिसतो. हवामानाच्या पूर्वानुमानांतील हा आत्मनिष्ठतेचा भाग वगळता यावा आणि संगणकाकडूनच विविध वातावरणीय घटकांच्या बदलांचे दीर्घतर मुदतीचे खरे वस्तुनिष्ठ अंदाज मिळविता यावेत या दृष्टीने जगातील अनेक देशांत संशोधन चालू आहे. भारत त्याला अपवाद नाही.

हवामानाच्या अंदाजातील घटक



हवामानाच्या अंदाजात पाऊस किंवा हिमवृष्टी केव्हा कुठे आणि किती प्रमाणात पडेल, चक्रीवादळांची समुद्रावरील किंवा जमिनीवरील केंद्रे, त्यांच्या आक्रमणाची

दिशा आणि वेग, त्यांच्या अंमलाखाली येणारे प्रदेश, वळवाचा किंवा गारांचा पाऊस, धूलिवादळे, झंझावात, चंडवात, गडगडाटी वादळे, उष्णतेची लाट, कडक थंडीची लाट आणि त्यामुळे पृष्ठभागावर गोठणारे हिमकण, धुके, धूमिका, अंधुकता, प्रदीर्घ अवर्षण किंवा मुसळधार वृष्टीची शक्यता, उच्च वातावरणातील निरनिराळ्या पातळींवरील वाऱ्यांचा वेग आणि दिशा, तेथील हवेच्या थरांचे तापमान, इत्यादि हवामानविषयक घटनांबद्दल आगाऊ सूचना दिलेली असते. ह्यापैकी पुष्कळशा घटना मानवी जीविताला आणि मालमत्तेला हानिकारक असतात. देशाच्या आर्थिक विकासासाठी आखलेल्या सर्व योजना त्या धुळीला मिळवितात. वरुण देवतेच्या प्रकोपाची किंवा तिच्यामुळे होणाऱ्या प्रलयाची पूर्वसूचना मिळाल्यास आर्थिक नुकसान आणि मनुष्यहानी पुष्कळ प्रमाणात कमी करता येते. हवामान शास्त्रज्ञाचे मुख्य काम हेच असते. शेतकरी वर्ग, मासेमारीसाठी समुद्रावर गेलेले कोळी, नाविक, वैमानिक, यांत्रिक, गिर्यारोहक, आंतरराष्ट्रीय पर्यटक, उद्योगपती, अंतराळात झेप घेणारे अंतराळवीर, या सर्वांना त्यांच्या व्यवसायांत हवामानाच्या अंदाजाचा खूप उपयोग होतो.

हवामानाच्या अंदाजासाठी हवामान स्थिति निदर्शक नकाशांचा प्रथम उपयोग ब्रिटनमध्ये इ.स. १८५१ पासून करण्यात आला. भारतात वातावरणीय निरीक्षणे प्रथमतः इ.स. १७९६ पासून मद्रासला, इ.स. १८४१ पासून मुंबईला आणि इ.स. १८५३ पासून कलकत्त्याला घेतली गेली. आता भारताचा वातावरण-वैज्ञानिक व्यवहारांचा विस्तार खूपच वाढला आहे. अनेक वैज्ञानिक वेधशाळा, हवामानाचे अंदाज वर्तविणारी अनेक कार्यालये, अनेक संशोधन केंद्रे, विश्लेषण केंद्रे, प्रशिक्षण केंद्रे इत्यादि स्थापन झाली आहेत.

पुणे येथील सुप्रसिद्ध वातावरण वैज्ञानिक कार्यालयाला ('सिमला ऑफिसला') भेट दिल्यास वरील विधानांची सत्यता पटून येईल.

❑ ❑ ❑

९

अंतरीक्ष वेधशाळा

पृथ्वीभोवती हवेचे जे आवरण आहे त्यांत घडणाऱ्या चमत्कारांचे जेथे निरीक्षण आणि अभ्यास केला जातो आणि हवामानाचे अंदाज वर्तविण्यांत येतात त्या कार्यालयास अंतरीक्ष वेधशाळा (Meteorological Observatory) असे म्हणतात.

सामान्य वेधशाळेत भूपृष्ठावरील हवेचा दाब, पाऊस, उष्णतामान, पाण्याच्या अंश, वाऱ्याची दिशा आणि वेग, दृष्टिमर्यादा, ढगांचा विस्तार, त्यांचे प्रकार आणि त्यांची उंची, आणि गेल्या काही तासांत घडलेले हवामानाचे बदल, इत्यादिकांची नोंद केली जाते. अशा ४५८ वेधशाळा आपल्या भारतात आहेत. जमिनीलगतच्या हवेच्या गुणधर्मांची त्या योग्य कल्पना देतात. तिच्या जोडीला आकाशातील हवेची माहिती आवश्यक असते. त्यासाठी उज्जवायूने भरलेले मोठे फुगे आकाशात सोडतात आणि कोनमापक दुर्बिणींच्या साह्याने आकाशात निरनिराळ्या उंचीवर वहाणाऱ्या वाऱ्यांची दिशा आणि गति मोजतात. भारतात ५२ ठिकाणी अशी निरीक्षणे करतात. त्यामुळे आपल्या देशात येणाऱ्या हवेचा उगम आणि तिचे गुणधर्महि कळतात.

पण ही माहिती सुद्धा अपुरीच पडते. आकाशांतील हवेत उष्णता आणि पाण्याची वाफ कशी विखुरली आहे ह्याची कल्पना नसल्यामुळे वातावरणाचे संपूर्ण दर्शन होत नाही. त्यासाठी उज्जवायूने भरलेल्या एका मोठ्या फुग्याबरोबर वायुभार, उष्णता आणि आर्द्रता मोजणारी यंत्रे आणि त्यांना जोडलेला एक छोटा रेडिओ-ट्रान्समीटर आकाशात सोडतात. ह्या यंत्राला 'रेडिओ-सोंड' असे म्हणतात. या यंत्राचे एकंदर वजन एक किलोहून अधिक नसते. ठराविक गतीने आकाशात वर चढत असताना ते विद्युत् संदेश पाठविते. वेधशाळेत ठेवलेल्या रेडिओच्या साह्याने हे संदेश कागदाच्या पट्टीवर छापले जातात. त्या आलेखांवरून पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणातील अनेक पातळींवरील हवेचा दाब, उष्णतामान, पाण्याच्या वाफेचे प्रमाण, वाऱ्यांची दिशा

आणि गति ह्यांचे स्वरूप कळते. भारतात रेडिओ-सॉंडेने सुसज्जित अशा १५ वेधशाळा आहेत. रेडिओ-सॉंड साधारण १६ किलोमीटरपर्यंत उंच जाते.

जमिनीप्रमाणे समुद्रांवरहि वेधशाळा असणे आवश्यक आहे. ते काम काही जहाजांकडे दिले आहे. समुद्रावर फिरताना ठराविक वेळेला ती हवामानासंबंधीं निरीक्षणे करीतअसतात. ह्या आपल्या समुद्रावरील वेधशाळा होत. त्याचप्रमाणे आकाशातून संचार करणारी काही मालवाहू आणि यात्रीवाहू विमाने हवामानाच्या परिस्थितीची निरीक्षणे करीत असतात. त्या आपल्या अंतरिक्षांतील वेधशाळा होत. विमाने जमिनीपासून १५ किलोमीटर्स किंवा १० मैल उंचीपर्यंत उडतात. त्यामुळे पृथ्वीभोवतालच्या हवेची १० मैलांपर्यंतची रचना आपल्याला कळते. पण आता अमेरिकन हवामान शास्त्रज्ञांनी "टायरॉस" नावाचे कृत्रिम उपग्रहच अंतराळात सोडले आहेत. त्यामुळे ४०० मैल उंचीपर्यंत वातावरणाची संपूर्ण माहिती मिळविणे शक्य झाले आहे. हे कृत्रिम उपग्रह म्हणजे आपल्या अंतराळातील वेधशाळाच ! पृथ्वीभोवती एक प्रदक्षिणा पूर्ण करण्याला ह्या उपग्रहांना सुमारे १०० मिनिटे लागतात. अशा प्रदक्षिणा करताना टेलिव्हिजन कॅमेऱ्यांच्या साह्याने चक्रीवादळे आणि त्यांतील ढगांची रचना, गोठलेले समुद्र, सूर्याच्या तेजाचे स्रोत व पृथ्वीच्या पृष्ठभागाची छायाचित्रे ते आपल्याकडे पाठवितात. पृथ्वीवरून आकाशात जाणारी उष्णताहि हे उपग्रह मोजतात.

निरनिराळ्या प्रकारच्या वेधशाळांनी नोंदलेली सर्व निरीक्षणे हवामानाचे अंदाज सांगण्यासाठी फार आवश्यक असतात. ह्या माहितीच्या आधारे हवामान कार्यालयात अनेक नकाशे तयार केले जातात. अनुभव आणि गणितशास्त्राच्या साह्याने ह्या नकाशावरून हवामानाची परिस्थिति आणि पुढील एकदोन दिवसांत घडून येणाऱ्या बदलांची रूपरेषा आखता येते. हेच भावी हवामानाचे अंदाज आपणाला दूरदर्शनवर तसेच वर्तमानपत्रांतून दररोज पहायला मिळतात किंवा आकाशवाणीवर ऐकायला मिळतात.

हवामानाच्या अंदाजात पाऊस किंवा बर्फ केव्हा कुठे आणि किती प्रमाणात पडेल, चक्रीवादळे कोणत्या दिशेने येत आहेत, कोणत्या प्रदेशांना त्यांचा तडाखा मिळेल, कुठे मुसळधार पाऊस पडण्याचा, सोसाट्याचे वारे वहाण्याचा, गारा किंवा धुके पडण्याचा संभव आहे, केव्हा पावसात खंड पडेल, कुठे आणि केव्हा कडक थंडीची लाट येईल, त्यामुळे कुठे जमिनीवर बर्फाचे तुषार जमतील, इत्यादी हवामानविषयक घटनांबद्दल आगाऊ सूचना दिलेली असते. ह्यापैकी पुष्कळशा घटना मानवी जीविताला आणि मालमत्तेला हानिकारक असतात. देशाच्या आर्थिक विकासासाठी आखलेल्या सर्व योजना त्या धुळीला मिळवितात. वरुण देवतेच्या

कोपाची किंवा तिच्यामुळे होणाऱ्या भीषण प्रलयाची पूर्वसूचना मिळाल्यास आर्थिक नुकसान आणि मनुष्यहानी पुष्कळ प्रमाणात कमी करता येते. शेतकरी वर्ग, मासेमारीसाठी समुद्रावर गेलेले कोळी, नाविक, वैमानिक, यांत्रिक, सैनिक, उद्योगपती, परदेशातील प्रवासी, पर्वतशिखरे चढून जाणारे वीर, इत्यादिकांस त्यांच्या व्यवसायात हवामानाच्या अंदाजांचा बराचसा उपयोग होतो.

हवामानाच्या अंदाजांमुळे शेतकऱ्यांना होणारा फायदा निर्विवाद आहे. जमीन केव्हा नांगरायची, पेरणी-कापणी-मळणी केव्हा करायची ही शेतकीविषयक सर्व कामे हवामानाच्या अंदाजांवरच अवलंबून असतात. पावसात तात्पुरता खंड केव्हा निर्माण होईल, सतत पाऊस पडल्याने कुठे महापुराचा धोका आहे हे हवामान शास्त्रज्ञच सुचवितो आणि शेतकऱ्यांना वेळीच सावध करतो. वनस्पतिशास्त्रामुळे कोणत्या प्रकारची पिकें कुठे आणि कशा प्रकारच्या हवामानात चांगल्या रीतीने वाढतील ह्याबद्दल पुष्कळसे ज्ञान आपल्याला प्राप्त झाले आहे. त्यामुळे पडित जमिनीत सुद्धा लागवड करणे शक्य झाले आहे. सारांश, लागवडीसाठी जमिनीची व पिकांची निवड करण्यापासून तो तेथील पीक बाजारात आणण्यापर्यंतची सर्व कामे करण्यासाठी हवामानाचे अंदाज मार्गदर्शक होतात. इतकेच नव्हे, तर टोळधाड कोणत्या दिशेने पिकांवर हल्ला चढवू शकेल हे सुद्धा हवामान शास्त्रज्ञच सांगू शकतो.

आता देशांतील वाहतुक आणि दळणवळणाच्या विविध साधनांना मदत करून पर्यायाने देशाची आर्थिक उन्नति करण्यासाठी हवामानाचे अंदाज कसे उपयुक्त ठरतात ते आपण पाहू. मानवजातीला मीठ, मासे आणि पौष्टिक तेल पुरविणारा समुद्र जसा उदार अन्नदाता आहे तसाच जहाजांची वाहतूक सुलभ व्हावी म्हणून स्वतःचा पृष्ठभाग उपलब्ध करून देणारा उपकारकर्ता आहे. जगातील भिन्न देशांतील व्यापार व दळणवळण समुद्रावर चालणाऱ्या जहाजांमुळे सुरक्षित, सोपे आणि स्वस्त झाले आहे. जगाच्या एका टोकापासून तो दुसऱ्या टोकापर्यंत जाताना जहाजांना अनेक प्रकारच्या हवामानांशी तोंड द्यावे लागते, अनेक वादळांशी झुंज द्यावी लागते. धुके, झंझावात, वादळे, मुसळधार पाऊस, बर्फाचा वर्षाव, खवळलेल्या समुद्राच्या लाटांचे थैमान, ही त्यांची नेहमीचीच संकटे ! त्यांची आगाऊ सूचना जहाजांच्या संचालकांना वेधशाळेकडून मिळते आणि ते धोक्याचा मार्ग टाळतात. बंदरे म्हणजे जहाजांची निवाऱ्याची जागा ! तेथे आश्रयासाठी आलेल्या जहाजांना समुद्रावर चाललेल्या थैमानाची झळ लागू नये म्हणून ती कुठे कशी बांधायची हे हवामानविषयक माहितीवरच अवलंबून असते.

माणसाने आकाशातील संचाराला सुरुवात केल्यापासून हवामानशास्त्रज्ञाची

वैमानिकाला नेहमीच मदत मिळत आली आहे. बंदरांप्रमाणे विमानतळही कुठे बांधायचे, विमान वाहतुकीसाठी कोणते मार्ग आखायचे, विमानाने प्रवासाला केव्हा सुरुवात करायची, कोणत्या उंचीवरून उड्डाण करायचे, तेथे किती प्रमाणात थंडी आहे, मार्गात गर्जणारे ऐरणी ढग कुठे भेटतील, गारा, झंझावात आणि मुसळधार वृष्टि ह्यांची त्यांत शक्यता किती आहे, जेट किंवा प्रचंड वेगाचे वायुप्रवाह कोणत्या उंचीवर सापडतील, कुठे हवेत पोकळी निर्माण झाली असेल, कुठे विमानाला धोका आहे, कुठे आणि केव्हा विमानतळावर उतरायचे, इत्यादि गोष्टींची माहिती वैमानिकाला प्रयाणापूर्वी हवी असते. ती अनुभवी हवामानशास्त्रज्ञच देऊ शकतो.

जमिनीवरून किंवा नद्यांतून चालणारी वाहने असंख्य टन मालाची आणि लाखो प्रवाशांची ने-आण करतात. त्यांच्याही मार्गात प्रतिकूल हवामानामुळे अनेक अडचणी येतात. महापुरांमुळे नदीनाल्यांवरील लहानमोठे पूल उध्वस्त होतात, सतत पावसामुळे बरीचशी जमीन वाहून जाते, लोहमार्ग, राजरस्ते, ग्रामरस्ते आणि राज्यरस्ते विस्कळित होतात. वादळी वाऱ्यांमुळे टेलिफोन, टेलिग्राफच्या तारा तुटतात, त्यांचे खांब उन्मळून पडतात. त्यामुळे काही भागांचे संपूर्णपणे दळणवळण तुटते आणि काही काळ ते भाग एकाकी पडतात. आपल्या देशात गंगा-ब्रह्मपुत्रेसारख्या बऱ्याचशा नद्या आपल्या व्यापारवाहिन्या आहेत. त्या नद्यांतून चालणाऱ्या नौकांची स्थिती वादळांमुळे किती केविलवाणी होत असेल याची कल्पनाच केलेली बरी. सारांश, समुद्रावरून, आकाशातून आणि जमिनीवरून जाणाऱ्या सर्व प्रकारच्या वाहनांना हवामानविषयक दुर्घटनांची आगाऊ सूचना मिळणे फार महत्त्वाचे असते. ह्या पूर्वसूचनांवर त्यांची सुरक्षितता, नियमितपणा आणि कार्यक्षमता अवलंबून असते.

आधुनिक संस्कृति फार गुंतागुंतीची झाली आहे. जगातील सर्वच राष्ट्रे आर्थिक दृष्ट्या एकमेकांवर अवलंबून आहेत. लोकांचे जीवन आणि त्यांचा विकास आवश्यक वस्तूंच्या सततच्या पुरवठ्यावर आधारित असतो. देशांतील वाहतुक आणि दळणवळण पद्धति जर कार्यक्षम आणि नियमित रहातील तरच हा सतत पुरवठा शक्य होईल. ही कार्यक्षमता देशांतील अनेक वेधशाळांमुळे आणि त्यांवर आधारलेल्या हवामानाच्या अंदाजांमुळे प्रत्यक्षात अवतरते. मानवी जीवनाचा पूर्ण विकास करणाऱ्या, दारिद्र्यांतून ऐश्वर्याकडे नेणाऱ्या अनेक विकास-योजना सफल झाल्या तर त्या श्रेयाचा बराच मोठा भाग वेधशाळांनाच द्यावा लागेल.

❑ ❑ ❑

१०

■■

कृत्रिम उपग्रहांच्या सहाय्याने जागतिक हवामानावर देखरेख

पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणाचा आणि त्यात घडणाऱ्या हवामानविषयक चमत्कृतींचा निरीक्षणांच्या साह्याने केलेला सूक्ष्म अभ्यास अंतरीक्ष विज्ञान शास्त्रात अंतर्भूत आहे. अनेकविध ढगांची निर्मिती, पाऊस, मेघगर्जनायुक्त वळवाचा पाऊस, गारा किंवा बर्फाचा वर्षाव, धुके, धूमिका, अंधुकता, धुलिवादळे, झंजावात, उष्णतेची लाट, कडक थंडीची लाट आणि त्यामुळे पृष्ठभागावर गोठणारे हिमकण, प्रदीर्घ अवर्षण, मुसळधार वृष्टी यांसारख्या चमत्कृतींच्या रूपाने वातावरणात अवितरपणे चालणाऱ्या घडामोडींचे आपल्याला दर्शन घडते.

जागतिक सहकार्याचे शास्त्र

अंतरीक्ष विज्ञान शास्त्र हे एक जागतिक सहकार्याचे शास्त्र आहे. कुठल्याही देशापुरते ते मर्यादित राहू शकत नाही. जगातील प्रत्येक राष्ट्र--मग ते लहान असो किंवा मोठे असो, अतिप्रगत असो किंवा विकसनशील असो, त्याची राजकीय परिस्थिती, राजकीय नीती, चळवळी आणि कार्यक्रम कसलेही असोत, भौगोलिकदृष्ट्या ते कुठेही वसलेले असो -- जगातील इतर राष्ट्रांबरोबर एका बाबतीत सहभागी असते, ती बाब म्हणजे जागतिक हवामान ! हवामानाचे अनेक आविष्कार जगाच्या एका भागावर निर्माण होऊन दुसऱ्या भागापर्यंत प्रवास करतात आणि मार्गातील प्रदेशांवर आपला प्रभाव दाखवितात, मानवनिर्मित अडथळे किंवा राजकीय सीमा ते पाळीत नाहीत. चीनच्या समुद्रात निर्माण झालेले आवर्त भोवरे किंवा चक्रवात (सायक्लोन्स्) बंगालच्या उपसागरात प्रवेश करून भारताच्या पूर्व किनाऱ्यावर येऊन थडकतात. भूमध्य किंवा अटलांटिक समुद्रात निर्माण झालेली वातचक्रे पूर्वेकडे सरकत सरकत अनेक देशांच्या सीमारेषा, अनेक पर्वतराशी उल्लंघून हिंदुस्थानच्या वायव्य सरहद्दीवरून भारतात प्रवेश करतात आणि उत्तर भारतात वळवाचा आणि गारांचा पाऊस,

हिमवर्षाव, धुके, थंडीची लाट यांसारख्या हवामान विषयक उत्पातांची धमाल उडवून देतात. त्यांची पूर्वकल्पना करून घेण्यासाठी निकटवर्ती देशांतील वातावरणाची निरीक्षणे अत्यावश्यक असतात. त्या निरीक्षणांत एकप्रमाणता आणि एकसूत्रता हवी असते.

सुमारे सव्वाशें वर्षांपूर्वी, सन १८७८ मध्ये, आंतरराष्ट्रीय अंतरीक्ष-वैज्ञानिक संघटना (इंटरनॅशनल मिटिऑरॉलॉजिकल ऑर्गनायझेशन) स्थापन झाली. ह्या संस्थेने अनेक देश एकत्र आणून प्रमाणबद्ध भूवास्तवी व हवामानविषयक निरीक्षणे घेण्याची, त्या निरीक्षणांचे वितरण करण्याची आणि एका देशाचे हवामानाचे अंदाज इतरांना उपलब्ध करून देण्याची एक उपयुक्त यंत्रणा अस्तित्वात आणली. ७२ वर्षांच्या कारकीर्दीनंतर दिनांक २३ मार्च १९५० ला ही संघटना विसर्जित झाली आणि तिने संयुक्त राष्ट्रकुलसंघात (युनायटेड नेशन्समध्ये) पुनर्जन्म घेतला. या विक्रमी अपत्याचे नाव 'जागतिक अंतरीक्ष वैज्ञानिक संघटना'. प्रथमापासूनच भारत ह्या दोन्ही संघटनांचा सभासद आहे. गेल्या काही वर्षांत ह्या 'जागतिक अंतरक्षिवैज्ञानिक संघटने' ने अत्यंन नेत्रदीपक अशी कामगिरी केली आहे. कृत्रिम उपग्रह आणि राक्षसी गणिती यंत्रे उपयोगात आणून हवामानशास्त्रात एक क्रांतियुग निर्माण केले आहे. वातावरण शास्त्रातील अनेक कूट प्रश्न सोडविण्यासाठी धाडसाचे पाऊल टाकले आहे.

वरुणदेवता ही मानवजातीला अत्यंत उपकारक देवता खरी, पण ती अतिशय लहरी असल्यामुळे मानवाला कधीकधी भंडावून त्रस्तही करू शकते. प्रसन्नावस्थेत असली की योग्य वेळी योग्य प्रमाणात पर्जन्यवृष्टी करून ती भरघोस पीक माणसाच्या पदरात पाडते, तर अनेकदा पिके कापण्यासाठी तयार झाली असतानाच हवेत आवर्त भोवरे किंवा वातचक्रे निर्माण करून अतिवृष्टीमुळे त्यांचा विनाश करून आपले विध्वंसक स्वरूप प्रकट करते. प्रसंगी झंझावात, प्रचंड वादळे, महापूर ह्यांनी काही देशांतील अनेक भाग उध्वस्त होऊन बरीच प्राणहानीही घडते. सध्याच्या विज्ञानयुगातील चौकस, कार्यक्षम आणि महत्त्वाकांक्षी मानव वरुणदेवतेच्या ह्या भीषण तांडवाकडे असहाय्यपणे पाहात राहणे शक्य नाही. आता तो वरुणदेवतेच्या विचित्र आणि लहरी वागणुकीची कारणमीमांसा लावण्याच्या उद्योगात आहे. या संबंधात अनेक समस्या, अनेक प्रश्न आता त्याच्यासमोर उभे ठाकले आहेत : ''हवामानातील विघातक दुर्घटनांची आपल्याला कधीतरी पूर्वकल्पना करता येईल का ? हवामानातील स्थित्यंतरांचे अचूक अंदाज आगाऊ वर्तविता येतील का ? ह्या दुर्घटनांमुळे होणारी प्राणहानी आणि नुकसान थांबविता येईल का ? हवेत वादळे का

निर्माण होतात ? निरनिराळ्या वेळी वेगवेगळ्या दिशांनी ती का जातात ? हवामानावर आपण काही नियंत्रण ठेवू शकतो का ?" हे ते प्रश्न होत.

ह्या प्रश्नांची उत्तरे द्यायची म्हणजे आपल्या पृथ्वीभोवती असलेल्या वातावरणाचे आणि त्याच्या गुणधर्माचे संपूर्ण ज्ञान असणे आवश्यक ठरते. ह्या वातावरणाचा विस्तार पृथ्वीपासून सुमारे दहा मैलांपर्यंत असला तरी त्यात अमाप शक्ती साठविलेली असते. ह्या शक्तीचा पुरवठा त्याला सूर्यापासून होतो. पृथ्वीवर प्रतिदिवशी सुमारे ५०,००० वीजवादळे धिंगाणा घालीत असतात. प्रत्येक वादळात ६ ते ८ अणुध्वमांची शक्ती असते. त्यामुळे दक्षिण ध्रुवापासून ते उत्तर ध्रुवापर्यंत वातावरण सारखे घुसळून निघते. अनंत प्रवाह त्यात निर्माण होतात. समुद्रावरील किंवा पृथ्वीवरील अनेक जलाशयांचे पाणी बाष्परूपाने त्या वातावरणात मिसळते. वातावरणाच्या ह्या अविरत अस्थिरतेमुळे कुठेही वादळे आणि कुठेही वातचक्रे निर्माण होतात. ती स्वैरपणे इतस्ततः फिरू लागतात. मानवनिर्मित सीमारेषा ती अगदी सहजगत्या ओलांडतात आणि त्यांच्या चाटचालीत आलेल्या सर्व देशांना वादळाचा सारख्याच प्रमाणात तडाखा देतात. मृत्यू सर्वांनाच समपातळीवर आणतो. परंतु वादळाचा फटकारा बसला की राव आणि रंक, गरीब आणि श्रीमंत, सुशिक्षित आणि अशिक्षित, हिंदू आणि मुसलमान, जैन आणि शीख, म्यानमार आणि भारत वगैरे सारख्याच प्रमाणात हतबल आणि असहाय्य होतात. सर्वांचीच आर्थिक प्रगती खुंटते, बिकट समस्या निर्माण होतात. आयुष्याला पुनः नव्याने सुरुवात करण्याच्या दुर्धर प्रसंगाला तोंड द्यावे लागते.

पण ह्यावरून एक गोष्ट सिद्ध होते ती ही की, एका देशावरील वातावरणाचा निकटवर्ती देशांवर परिणाम होतो. हवेतील स्थित्यंतरांची आणि त्याच्या संभाव्य परिणामांची योग्य वेळी पूर्वकल्पना करून घ्यावयाची असेल तर जागतिक दृष्ट्या संपूर्ण वातावरणाचे निरीक्षण आणि अभ्यास करायला हवा असतो. कुठल्याही एका देशाला संपूर्ण वातावरणाचे निरीक्षण आणि त्याच्या गुणधर्माचे ज्ञान करून घेता येणे शक्य नाही. त्यासाठी आंतरराष्ट्रीय सहकार्याची आवश्यकता असते. निरीक्षणांसाठी उपकरणे, पद्धती आणि प्रमाणीत तंत्र आवश्यक असते, त्यांची हवामान विषयक निरीक्षणे मुख्य संशोधन केंद्राकडे तावडतोब पोचविण्यासाठी बिनतारी संदेशवाहकांची यंत्रणा हवी असते. जागतिक अंतरीक्ष-वैज्ञानिक संघटनेमुळे ह्या सर्व समस्या सोडविल्या जाऊन संपूर्ण वातावरणाचे जागतिक प्रमाणावर अल्पावधीत निरीक्षण करणे आता शक्य होत आहे.

जागतिक हवामान निरीक्षण योजना

दिनांक ४ ऑक्टोबर १९५७ ला आणि त्यानंतर अनेकदा रशियाने अंतराळात मानवनिर्मित उपग्रह सोडून विज्ञानक्षेत्रात आश्चर्यकारक क्रांती घडवून आणली. दि. १ एप्रिल १९६० ला आणि नंतर अमेरिकेनेही अनेक उपग्रह अंतरीक्षात सोडून विज्ञान क्षेत्रात आपण रशियाच्या फार मागे नाही हे सिद्ध केले. आता फ्रान्सही अल्पशा प्रमाणात 'उपग्रहांचा देश' बनला आहे. अंतिम उद्दिष्ट काहीही असले तरी पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणाच्या गुणधर्मांचे आणि त्यात उद्भवणाऱ्या चमत्कृतींचे ज्ञान प्राप्त करून घेण्यासाठी ह्या कृत्रिम उपग्रहांचा उपयोग केला जाणे हे केव्हाही योग्यच ठरेल. त्या दृष्टीने १९६० साली, 'जागतिक अंतरीक्ष-वैज्ञानिक संघटनेने' वातावरण विज्ञान वृद्धिंगत करण्यासाठी कृत्रिम उपग्रहांचा उपयोग करावा, हवामानाचे अंदाज अचूकपणे वर्तविणाऱ्या नवीन पद्धती अमलात आणाव्या, आणि हे ज्ञानभांडार शांततामय आणि विधायक मार्ग अवलंबून अखिल मानवजातीच्या हितासाठी सत्कारणी लावावे, असा अमेरिकेने पुरस्कार केलेला प्रस्ताव राष्ट्रकुल संघाने संमत केला. 'जागतिक अंतरीक्ष-वैज्ञानिक संघटने'ने त्याला साजेशी साथ दिली आणि 'वर्ल्ड वेदर वॉच प्लॅन' – 'जागतिक हवामान निरीक्षण योजना' जगाला सादर केली.

ह्या योजनेला जागतिक सहकार्य लाभावे म्हणून अमेरिकेचे दिवंगत राष्ट्राध्यक्ष जॉन एफ्. केनेडी यांनी पुढील शब्दात जगाला आवाहन केले होते:'' .... आपल्या पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणाकडे पाहा. त्या वातावरणामुळे आपल्या ग्रहावर जीवसृष्टीचे अस्तित्व शक्य झाले आहे. गेली कित्येक वर्षे शास्त्रज्ञ ह्या वातावरणाचा अभ्यास करीत आहेत. पण अजूनही बऱ्याच कूट प्रश्नांची समाधानकारक उत्तरे त्यांना सापडलेली नाहीत. वातावरणविषयक संशोधनाबाबत आपल्या तुटपुंज्या प्रगतीची कारणे अगदी उघड आहेत. वातावरणात घडणाऱ्या चमत्कृती किंवा तत्सम परिस्थिती आपण प्रयोग शाळेतील वातावरणात निर्माण करू शकत नाही. त्या जेथे घडून येतात तेथेच जाऊन, त्यांच्या रुद्रावतारांची प्रत्यक्ष निरीक्षणे घेऊन, त्यांचा अभ्यास केला पाहिजे. त्यासाठी आता आपल्याला अनेक सुविधा आणि उपकरणे उपलब्ध झाली आहेत. अतिद्रुतगती वीजकीय गणकयंत्रे (हायस्पीड इलेक्ट्रॉनिक कॉम्प्युटर), अग्निबाण, कृत्रिम उपग्रह इत्यादिकांच्या साह्याने अनेक शास्त्रांची मदत घेऊन आपण सर्वांनी एकजुटीने हवामानाचा अभ्यास करण्यासाठी बद्धपरिकर झाले पाहिजे. हवामानशास्त्राच्या अशा सर्वांगीण अभ्यासासाठी जागतिक प्रमाणावर निरीक्षणे हवी असतात आणि म्हणूनच त्यासाठी जागतिक सहकार्यही आवश्यक

असते.''

निरीक्षणे कशी करतात

साधारणपणे २४ तासांच्या कालावधीत पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर हवामान परिस्थितीची सुमारे १,००,००० निरीक्षणे आणि उच्च वातावरणीय परिस्थितीची जवळजवळ ११,००० निरीक्षणे घेतली जातात. जगातील निरनिराळ्या देशांत स्थापिल्या गेलेल्या ८,००० पृष्ठभागीय व उच्च वातावरणीय वेधशाळा, ३,००० वाहतूक व टेहळणी करणारी विमाने आणि ४,००० व्यापारी जहाजे, रात्री किंवा दिवसा, काही ठराविक वेळी ही निरीक्षणे करतात. त्या निरीक्षणात हवेचा दाब, हवेचे तपमान, त्यांच्या कमाल आणि किमान मर्यादा, हवेतील आर्द्रता, जमिनीवरील वाऱ्यांची गती आणि दिशा, ढगांच्या आवरणाचा विस्तार, ढगांचे प्रकार, त्यांच्या विविध थरांची उंची आणि त्यांची गती, पर्जन्यमान, हवामानाची सद्यःस्थिती, आणि गेल्या काही तासांत घडलेले महत्त्वाचे बदल इत्यादी गोष्टींची नोंद केली जाते. केवळ भूपृष्ठावरील यंत्रांच्या साह्याने वातावरणाच्या गुणधर्मांचे आणि हवामान परिस्थितीचे मूल्यमापन करणाऱ्या ४५६ वेधशाळा आपल्या भारतात आहेत. परंतु हवामानाचे अचूक अंदाज वर्तविण्याच्या दृष्टीने त्यांच्या निरीक्षणांचा फारसा उपयोग होत नाही. त्यांच्या जोडीला वातावरणाची रचना आणि निरनिराळ्या दिशेने वाहणाऱ्या वाऱ्यांची दिशा आणि त्यांचा वेग ह्यांचेही ज्ञान असणे आवश्यक असते. त्यासाठी हायड्रोजन वायूने भरलेले मोठे फुगे आकाशात सोडतात आणि थिओडोलाईट किंवा कोनमापक दुर्बिणींच्या साह्याने दर दोन मिनिटांनी फुग्याचे आकाशातील स्थान न्याहाळून वातावरणातील निरनिराळ्या पातळींवरील वाऱ्यांची दिशा आणि वेग मोजतात. भारतात ५३ ठिकाणी असली निरीक्षणे केली जातात. पण ही माहितीसुद्धा अपुरी पडते. वातावरणाचे संपूर्ण दर्शन त्यामुळे होत नाही. वातावरणातील निरनिराळ्या थरांचे तपमान व त्यांतील पाण्याचा अंश ह्याबद्दल काहीच कल्पना आपल्याला नसते. ती होण्यासाठी हैड्रोजनने भरलेल्या एका मोठ्या फुग्याबरोबर वायुभार, तपमान व आर्द्रतामापक यंत्रे आणि त्यांना जोडलेली एक संवह-प्रेषणी (रेडिओ-ट्रॅन्स्मीटर) आकाशात सोडतात. ह्या यंत्राला 'रेडिओसोंड' किंवा 'संवहएषणी' असे म्हणतात. ठराविक गतीने वर चढत असताना ते विद्युत्संदेश पाठविते. वेधशाळेत ठेवलेल्या संवह-ग्रहणीच्या (रेडिओ-रिसीव्हर) साह्याने हे संदेश कागदाच्या पट्टीवर अविरतपणे मुद्रित केले जातात. ह्या आलेखांमुळे पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणातील निरनिराळ्या उंचीवरील हवेचा दाब, तेथील तपमान, आर्द्रता, वाऱ्यांची दिशा आणि गती ह्यांचे

आकलन होते. भारतात संवह-एषणी किंवा रेडिओसोंडने सुसज्जित अशा १६ वेधशाळा आहेत. रेडिओसोंड साधारण १६ किलोमीटर्सपर्यंत वर जाते. संवह-तरंगांच्या साह्याने निरनिराळ्या पातळींवर नुसती वाऱ्यांची दिशा आणि वेग मोजणाऱ्या अठरा रेविन वेधशाळा आपल्या भारतात आहेत.

पृथ्वीचा ३/४ भाग पाण्याने व्यापलेला आहे. जमिनीप्रमाणे समुद्राच्या पृष्ठभागावरही काही वेधशाळा असणे आवश्यक आहे. ते काम जहाजे करतात. समुद्रावर जहाजांचे भ्रमण सतत चालू असते. त्यांपैकी बरीचशी जहाजे ठराविक वेळी हवामानविषयक निरीक्षणे करतात. ही जहाजे म्हणजेच आपल्या समुद्रावरील वेधशाळा होत. तसेच बरीचशी मालवाहू आणि लोकवाहक विमाने आकाशात सतत संचार करीत असतात. तीही आपापल्या परीने हवामानाची निरीक्षणे करीत असतात. ह्या आपल्या अंतरीक्षातील वेधशाळाच होत. ही विमाने जमिनीपासून २ ते १५ किलोमीटर्सच्या उंचीवरून संचार करीत असतात. त्यामुळे आपल्याला जमिनीपासून १५ किलोमीटर्स किंवा १० मैल उंचीपर्यंत वातावरणाच्या गुणधर्मांचे आकलन होते. रेडिओसोंड जसे ठराविक गतीने वर चढते आणि निरीक्षणांचे संदेश पाठविते तसे १६ ते १८ किलोमीटर्सच्या उंचीवरून उडणाऱ्या द्रुतगती विमानातून पॅरॅशूट लावलेले रेडिओसोंड यंत्र खाली सोडल्यास वातावरणातील विविध थरांच्या गुणधर्मांची माहिती मिळविणे शक्य होते. तेही ठराविक गतीने खाली येते, आणि ज्या ज्या थरांतून ते आपला मार्ग आक्रमील त्या त्या थरांचे तपमान आणि आर्द्रता व निरनिराळ्या उंचींवरील वाऱ्यांची दिशा आणि वेग मोजते आणि संवह प्रेषणीने ही आवश्यक माहिती हवामानाचे अंदाज वर्तविणाऱ्या कार्यालयाकडे पाठविते. ह्या यंत्रांना 'ड्रॉपसोंड' असे म्हणतात.

उपरिनिर्दिष्ट सर्व निरीक्षणे राष्ट्रीय, विभागीय किंवा भूखंडीय केंद्रांकडे पाठविली जातात. उत्तर गोलार्धात मास्को, नवी दिल्ली, न्यूयॉर्क, ऑफेनबाक (जर्मनी) आणि टोकियो येथे अशी संकलन आणि वितरण केंद्रे स्थापिली गेली आहेत. ही केंद्रे अनेक राष्ट्रांच्या हवामान कार्यालयांना संकलित निरीक्षणे पुरवितात. त्यावरून हवामान स्थितिदर्शक नकाशे तयार केले जातात आणि आगामी हवामानासंबंधी अंदाज बांधले जातात. ह्या अंदाजांचा शेतकी, मच्छीमारी, वैमानिक आणि नाविक वाहतूक, व्यापार, दळणवळण आणि राष्ट्रीय उद्योगधंदे वृद्धिंगत करण्यासाठी फार उपयोग होतो.

विविध प्रकारची स्वचलित यंत्रे

पण ह्या बाबतीत एक गोष्ट लक्षात ठेवायला पाहिजे ती ही की निरीक्षणांचा व्याप

कितीही वाढला तरी, पृथ्वीचा केवळ एकपंचमांश भाग मनुष्यवस्तीने व्यापलेला असल्यामुळे फक्त जमिनीच्या काही विशिष्ट भागावरूनच मर्यादित वातावरणाची निरीक्षणे करणे शक्य असते. व्यापारी वाहतूक करणारी जहाजे आणि विमाने ह्यांच्या साहाय्याने समुद्रांवरील तुरळक ठिकाणांवरूनच निरीक्षणे मिळविणे शक्य असते. इतक्या तुटपुंज्या सामग्रीवर हवामानशास्त्रज्ञ आपला संसार थाटून हवामानाचे अंदाज वर्तवीत असतात. त्यांची कामगिरी कितीही उपयुक्त आणि स्पृहणीय असली तरी निरीक्षणांचा अपुरेपणा त्यांना अस्वस्थ करीत असतो. दक्षिण गोलार्धातील विस्तीर्ण महासागर, निर्जन वाळवंटे किंवा निर्मनुष्य डोंगराळ मुलूख ह्यासारख्या क्षेत्रांवरून वातावरणाची संपूर्ण निरीक्षणे करणे आतापर्यंत शक्य झाले नाही. पण 'जागतिक हवामान निरीक्षण योजने' मुळे ही उणीव आता दूर होणार आहे. जमिनीवरील निर्मनुष्य क्षेत्रात स्वचलित वेधशाळा स्थापिल्या जाणार आहेत. विद्युत्यंत्रांच्या साह्याने ठराविक वेळी हवामानाची निरीक्षणे केली जाऊन ती बिनतारी यंत्रांच्या मदतीने मुख्य संशोधन व विश्लेषण केंद्रांकडे पोचविली जाणार आहेत. विस्तीर्ण महासागरांवर ठिकठिकाणी प्लवनशील किंवा अवितरपणे तरंगणाऱ्या ठोकळ्यांवरून स्वचलित यंत्रे आता हवामानाची निरीक्षणे करणार आहेत. वातचक्रांमुळे सागरावर तुंबळ थैमान चालू असताना जहाजे किंवा विमाने त्या बाजूला फिरकत नसत. पण ह्या प्लवनशील स्वचलित यंत्रांमुळे सागराचे खरे रौद्र स्वरूप अगदी जवळून पाहणे आता शक्य होणार आहे. जमल्यास त्याची छायाचित्रेही पाहणे शक्य होणार आहे. जमिनीवरून आणि समुद्रावरून हायड्रोजन वायूने भरलेल्या मोठ्या फुग्यांबरोबर रेडियोसोंड यंत्रे हवेत सोडून जागतिक वातावरणातील निरनिराळ्या भागांत आर्द्रता आणि उष्णता कशा प्रमाणात विखुरल्या गेल्या आहेत ह्याचे ज्ञान होणार आहे. हवेत खूप उंच उडणाऱ्या विमानातूनही पॅरशूटच्या साह्याने रेडिओसोंड किंवा ड्रॉपसोंड यंत्रे खाली सोडल्यास वातावरणाबद्दलच्या ज्ञानात अधिकच भर पडणार आहे. अनेक महिने एका विशिष्ट उंचीवर सतत तरंगणाऱ्या फुग्यांवरही असल्या स्वचलित वेधशाळा स्थापन करता येणे शक्य होणार आहे.

कृत्रिम उपग्रहांची मदत

पण ह्या सर्व प्रकारच्या वेधशाळांवर मात करणारे कृत्रिम उपग्रह हवामानशास्त्रज्ञाला खरी मदत करणार आहेत !

आतापर्यंतच्या अनुभवांवरून निरीक्षणांची देवाणघेवाण, संकलन आणि वितरण करणारी प्रचलित आंतरराष्ट्रीय यंत्रणा प्रचंड असली तरी काही अंशी अपूर्णच वाटते.

वातावरणाचे आणि त्यात घडणाऱ्या हालचालींचे संपूर्णतया अवलोकन त्यामुळे होऊ शकत नाही.उदाहरणार्थ, दक्षिण गोलार्धात महासागरांनी ७५ टक्के जागा व्यापली आहे. तेथे पृष्ठभागीय किंवा उच्च वातावरणीय निरीक्षणे अत्यंत विरल आणि तुरळक स्वरूपाची असतात. उत्तर गोलार्धातील पुष्कळशा केंद्रांना ती ताबडतोब उपलब्ध होत नाहीत. उत्तर आणि दक्षिण गोलार्धात घडून येणाऱ्या हवामानविषयक चमत्कृतींचा फार घनिष्ट परस्परसंबंध आहे असे दिसून आले आहे. एक आठवडा, पंधरवडा किंवा एक महिना यांसारख्या दीर्घ कालावधीचे आगामी हवामानाचे अंदाज बांधण्यासाठी दोन्ही गोलार्धांतील निरीक्षणांची फार आवश्यकता असते. म्हणूनच एका गोलार्धातील हवामानशास्त्रज्ञाला दोन्हीही गोलार्धातील निरीक्षणे शक्य तितक्या लवकर पुरविणे आणि त्यांची त्वरित अदलाबदल करणे हे संदेशवाहक यंत्रणेचे आद्य कर्तव्य होऊन बसते. पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणातील अत्युच्च थरांच्या गुणधर्मांची माहिती बऱ्याच प्रमाणात अपूर्ण अशी आहे. केवळ विमानांना वाऱ्यांचे अंदाज देण्याच्या दृष्टीने ही माहिती आवश्यक आहे असे नव्हे, तर उच्च वातावरणात घडणाऱ्या स्थित्यंतरांची आणि त्यांची कारणपरंपरा समजून घेण्याच्या दृष्टीने पूर्णांशाने ही माहिती असणे जरूर असते.

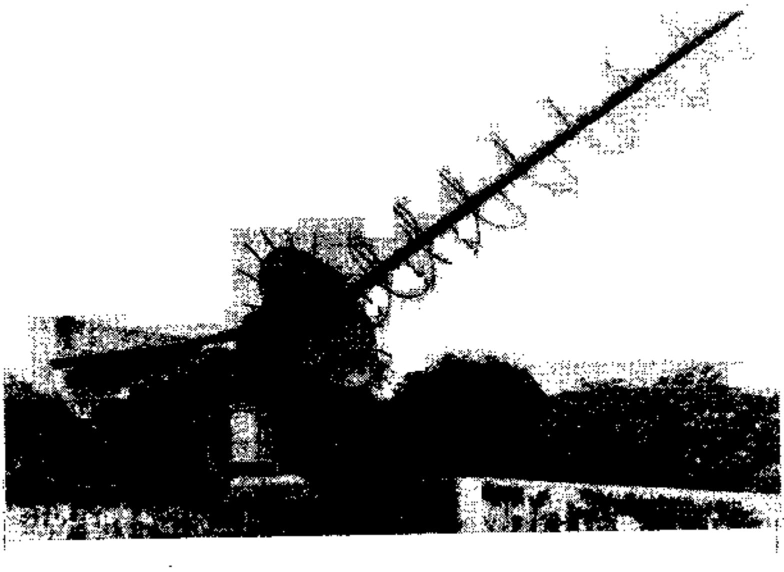
कृत्रिम उपग्रहांनी घेतलेल्या ढगांच्या रचनेच्या छायाचित्रांवरून उच्च वातावरणातील अनेक चमत्कृतींचे जे ज्ञान आपल्याला झाले आहे ते ज्ञान केवळ रबरी फुगे अंतरीक्षात सोडून काही विशिष्ट ठिकाणांवरील वाऱ्यांची गती आणि दिशा मोजून कधीही प्राप्त झाले नसते. कृत्रिम उपग्रहांमुळे अंतरीक्ष-विज्ञान क्षेत्रात फार मोठी क्रांती घडून आली आहे. अनेक उपकरणे आणि विश्लेषणपद्धती अस्तित्वात आल्या आहेत. स्वचलित निरीक्षणकेंद्रे व समुद्रांवर अविरतपणे तरंगणाऱ्या वेधशाळा स्थापन केल्या गेल्या आहेत. नवीन संवह-प्रेषण आणि संवह ग्रहणयंत्रे शोधली गेली आणि दूरदूरच्या ठिकाणी वसलेल्या केंद्रांना द्रुतगतीने निरीक्षणे मिळावीत म्हणून अनेक उपयुक्त समनुयोग-यंत्रणा राबवून घेतल्या जाऊ लागल्या. प्रचंड गणकयंत्रांच्या साह्याने मोठमोठी किचकट समीकरणे सोडविता येऊ लागली. 'जागतिक हवामान निरीक्षण' योजनेचा खरा आत्मा म्हणजे कृत्रिम उपग्रह!. हे उपग्रह म्हणजे आपल्या अंतराळातील वेधशाळा होत. सुमारे एक हजार मैल उंचीवर परिभ्रमण करणाऱ्या कृत्रिम उपग्रहाला पृथ्वीभोवती एक प्रदक्षिणा करायला साधारणपणे दोन तास लागतात. म्हणजे हे उपग्रह दर दिवशी पृथ्वीभोवती १२ प्रदक्षिणा घालू शकतात. त्याच वेळी पृथ्वीही स्वतःभोवती फिरत असते. त्यामुळे उपग्रहाच्या प्रत्येक

प्रदक्षिणेच्या वेळी पृथ्वीचा वेगवेगळा भाग उपग्रहाच्या परीक्षणासाठी उपलब्ध होऊ शकतो. उपग्रहात अनेक प्रकारची यंत्रे आणि निकाशचित्रक (कॅमेरे) असतात. त्यांच्या साहाय्याने पृथ्वी सभोवतालच्या संपूर्ण वातावरणातील ढगांची रचना, आर्द्रतेचे आणि उष्णतेचे वितरण, सूर्यापासून मिळणारे उष्मप्रारण (थर्मल रेडिएशन), हिमक्षेत्रे, गोठलेले समुद्र, सूर्याची सागरपृष्ठावरील प्रतिबिंबित चमक (सनग्लिंट), पृथ्वीची भौगोलिक रूपरेषा यांचे महत्त्वपूर्ण ज्ञान हवामानशास्त्रज्ञांना उपलब्ध होते. त्यामुळे वादळे कुठे निर्माण झाली आहेत, कुठल्या दिशेने ती जात आहेत, विमानांना आणि जहाजांना कुठे धोका आहे याबद्दलचे हवामानशास्त्रज्ञांचे अंदाज अचूक ठरतील. धोक्याची सूचना १४ ते २२ दिवस आधी देता येईल. अखिल मानव जातीच्या सुरक्षिततेच्या दृष्टीने ही घटना अत्यंत हितावह होईल.

कृत्रिम उपग्रह हे हवामानातील स्थित्यंतरांचे निरीक्षण करणारे अत्यंत कार्यक्षम आणि अत्याधुनिक असे उपकरण आहे. वातावरणाच्या बाहेर जाऊन वायुविहीन उंचीवरून ते खालील वातावरणात चालणाऱ्या घडामोडींचे निरीक्षण करू शकते. शिवाय, कृत्रिम उपग्रहांच्या दृष्टिक्षेपात जगाचे विस्तीर्ण क्षेत्र येत असल्यामुळे अल्पावकाशात ह्या उपग्रहाला जागतिक हवामान परिस्थितीची संपूर्ण माहिती हवामान शास्त्रज्ञाला उपलब्ध करून देता येते. अंतरीक्ष-वैज्ञानिक-कृत्रिम उपग्रहात अत्यंत कल्पकतेने शोधलेली अनेक प्रकारची यंत्रे, साधने आणि उपकरणे वापरतात. पृथ्वीच्या पृष्ठभागाची, किनाऱ्यांच्या आणि उंचसखल प्रदेशांच्या रूपरेषांची आणि पृथ्वीवर निर्माण झालेल्या ढगांच्या रचनेची छायाचित्रे काढून त्यांचे पृथ्वीकडे पुनःप्रेषण करणारी यंत्रे त्यात बसविलेली असतात. ही यंत्रे जमिनीला आच्छादून टाकणाऱ्या विस्तीर्ण हिमक्षेत्रांची किंवा समुद्रावर तरंगणाऱ्या हिमनगांची चित्रेही घेऊ शकतात. वर्णावलीच्या उपारुण खंडात होणाऱ्या उष्मप्रारणांचे अनेक प्रकारचे सूक्ष्म मूल्यमापन करणारी अत्यंत कार्यक्षम यंत्रेही अंतरीक्षनिरीक्षणी उपग्रहात बसविलेली असतात. त्यामुळे उपग्रहाच्या बरोबर खाली येणाऱ्या अभ्रविहीन जमिनीचे किंवा ढगांच्या वरच्या थरांचे तपमान ती मोजू शकतात. ह्या दोघांच्या तपमानांत बराच फरक असतो. त्यामुळे ढग कुठे निर्माण झाले आहेत आणि त्यांचा विस्तार किती मोठा आहे हे कळू शकते. उष्मप्रारण आणि तपमान-मापनाचा खरा उपयोग रात्रीच्या वेळी होतो. रात्री ढगांच्या रचनेची छायाचित्रे घेता येत नाहीत. त्यामुळे ढगांची रचना आणि विस्तार कळण्यासाठी उष्मप्रारण आणि तपमानमापन हीच कार्ये उपयुक्त ठरतात. कृत्रिम उपग्रहात सुसंवेदी दीप्तिमापक यंत्रेही बसविलेली असतात. ती

पृथ्वीच्या निरनिराळ्या भागांची भास्वरता किंवा तेजस्विता मोजतात. त्यामुळे ढगांनी व्यापिलेल्या क्षेत्रांच्या विस्ताराचे आकलन होते.

उपग्रह युगाच्या सुरुवातीला ढगांची ही निरीक्षणे उपग्रहाच्या स्मृतिकोषात साठवून ठेविली जात असत. जेव्हा त्यांची आवश्यकता भासेल तेव्हा उपग्रहाला 'आज्ञा' करून विशाल संवह समनुयोग यंत्रणेकरवी, मुख्य केंद्रांना ती उपलब्ध करून दिली जात. त्यात वेळेचा फार अपव्यय होई. पण आता स्वयंचलित चित्रप्रेषणींच्या साह्याने ढगांची चित्रे सातत्याने अंतरीक्षात पाठविली जातात. उपग्रह ज्या ज्या प्रदेशांवरून आपला मार्ग आक्रमितात त्या त्या देशांतील मुख्य हवामान केंद्रात ठेवलेल्या संवह-ग्रहणीच्या द्वारे ती चित्रे त्यांना मिळू शकतात. उपग्रहांच्या ह्या क्रियेला ए.पी.टी. (ऑटोमॅटिक पिक्चर ट्रॅन्स्मिशन) असे म्हणतात. जमिनीवर ठेवलेल्या ह्या स्वयंचलित चित्रग्रहणी तयार करायला विशेष खर्च येत नाही. पण त्यामुळे होणारा फायदा मात्र अफाट आहे. विशेष कष्ट न करता १६०० किलोमीटर्स त्रिज्येच्या वर्तुळात सामावेल



कुलाबा वेधशाळेतील स्वयंचलित चित्रग्रहणी

इतक्या विस्तृत क्षेत्रांतील ढगांच्या रचनेचे प्रत्यक्ष छायाचित्र हवामानशास्त्रज्ञांच्या हाती येते. अशा अनेक चित्रांवरून त्याला भावी हवामानाबद्दलचे निश्चित स्वरूपाचे अंदाज बांधता येतात. याचा अर्थ असा की जगातील कोणतेही राष्ट्र, मग ते कितीही लहान किंवा मोठे असो, हवामानविषयक जागतिक योजनेत सहभागी होऊ शकते. जगातील पुष्कळ राष्ट्रांना स्वयंचलित चित्रग्रहणी उपलब्ध झाल्या आहेत. आपल्या भारतालाही अमेरिकेच्या मदतीने ही साधने मिळाली आहेत. ही यंत्रे कुलाब्याच्या वेधशाळेत ठेविली आहेत. प्रत्येक दिवशी घेतलेल्या चित्रांवरून प्रचलित हवामानासंबंधी काही अनुमाने केली जातात, आणि पुण्याच्या मुख्य हवामान केंद्राला ती दूरमुद्रकांच्या साह्याने त्वरित कळविली जातात. दुसऱ्या दिवशीच्या टपालाने ती चित्रे पुण्याला येतात. ढगांचा विस्तार, प्रकार आणि वितरण दर्शविणाऱ्या ह्या चित्रांवरून हवामान परिस्थितीची नीट कल्पना आपण करू शकतो. उदाहरणार्थ, वादळांची केंद्रे, ढगांचे प्रकार आणि त्यांची उंची, वाऱ्यांची दिशा आणि गती, यांचे अंदाज हवामानशास्त्रज्ञ करू शकतो, इतकेच नव्हे, तर उच्च वातावरणातील वायुस्रोतांचे स्थान आणि त्यांचा महत्तम वेग यांचीही तो निश्चिती करून घेऊ शकतो. अर्थात, हे काम विशिष्ट प्रकारचे प्रशिक्षण मिळालेल्या दीर्घानुभवी तंत्रज्ञांचे असते.

दिनांक ४ ऑक्टोबर १९५७ ला रशियाने मॉस्कोवरून 'प्रथम स्पुटनिक' अंतराळात पाठवून अवकाश विज्ञान मिळविण्याच्या दृष्टीने मानवाला दार उघडे करून दिले. स्पुटनिकाचा परिभ्रमण काल ९६ मिनिटांचा होता. दिनांक ३१ जानेवारी १९५८ ला अमेरिकेने पहिला 'एक्सप्लोरर' अंतराळात धाडला. या नंतर दिनांक १ एप्रिल १९६० पर्यंत दोन्ही देशांनी आलटून पालटून ४४ कृत्रिम उपग्रह अंतराळात पाठविले. त्यातील २४ उपग्रहांनी आपल्याला नेमून दिलेली कामगिरी उत्तम रीतीने बजावली. बाकीच्यांपैकी काही अंतराळात नुसते फिरतच राहिले. काही कोणत्याही प्रकारचे संदेश न पाठविता मूक राहिले. काही सूर्याच्या कक्षेत गेले. काही पृथ्वीच्या वातावरणात परत येऊन भस्मसात झाले. काहींना समुद्रातच जलसमाधी मिळाली.

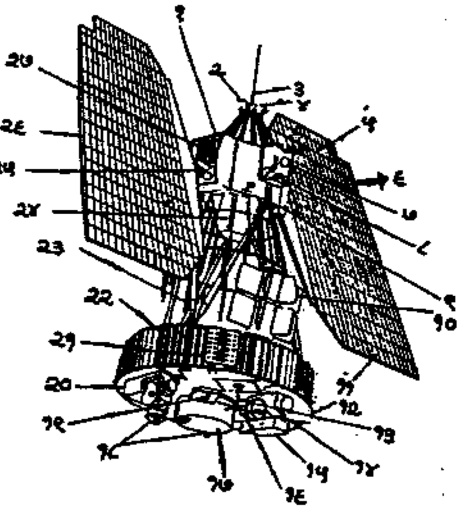
दिनांक १ एप्रिल १९६० हा दिवस अंतरीक्ष विज्ञानाच्या इतिहासात सुवर्णाक्षरांनी लिहून ठेवण्यासारखा आहे. ह्या दिवशी अमेरिकेने पहिला 'टायरॉस' (Tiros-टेलिव्हिजन अँड इन्फ्रारेड ऑब्झर्व्हेशन सॅटलाईट) उपग्रह अंतराळात सोडला. त्याने यथावकाश ढगांची आणि पृथ्वीवरील भूप्रदेशांच्या किनाऱ्यांच्या रूपरेषा स्पष्टपणे दाखविणारी निरीक्षणे करायला सुरुवात केली. पृथ्वीभोवतालच्या संपूर्ण वातावरणात कुठे काय घडामोडी होतात हे अंतरीक्ष निरीक्षणी उपग्रह पाहू शकतात, संपूर्ण

हवामानावर देखरेख ठेवू शकतात, वातावरणातील निरनिराळ्या ठिकाणांचे आणि निरनिराळ्या थरांचे तपमान ते मोजू शकतात. सूर्यापासून पृथ्वीला मिळणारी औष्णिक शक्ती, पृथ्वीकडून अंतराळात होणारे उष्मप्रारणही कृत्रिम उपग्रह मोजू शकतात. त्यामुळे पृथ्वीच्या वातावरणात आणि महासागरातील पाण्यात किती औष्णिक शक्ती शोषिली गेली आहे ते कळते. ह्या शोषित शक्तीमुळे पृथ्वीवरील वातावरणात हवामानविषयक चमत्कार घडून येतात. ह्याच शक्तीमुळे दर ताशी २००० वीजवादळे गर्जना करीत असतात. प्रत्येक दिवशी लाखो टन पर्जन्यवृष्टी, हिमपतन, गारांचा वर्षाव, मंद तुषारवृष्टी पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर होत असते. वाऱ्याच्या मंद सुखद हळुवार झुळकीपासून तो झंझावाती अतिवेगवान वारे पृथ्वीच्या वातावरणात इतस्ततः वाहात असतात, पक्क्या कॉंक्रीटची घरे क्षणात उध्वस्त करणारी किंवा जमीनदोस्त करणारी चक्रीवादळे निर्माण होत असतात. औष्णिक शक्तीच्या विषम वाटणीमुळे काही ठिकाणी लक्षावधी वर्षांपर्यंत हिमनद्यांचे अस्तित्व टिकविले जाते, तर कुठे ५५ शतक्रमी अंशांपर्यंत पृथ्वीच्या पृष्ठाचे काही भाग तापून निघत असतात. ह्या सर्व घटना पृथ्वीच्या संपूर्ण वातावरणात होत असल्यामुळे त्या समजून घेण्यासाठी संपूर्ण वातावरणाची निरीक्षणे हवी असतात. काही मर्यादित क्षेत्रांचीच निरीक्षणे हाती आली तर वातावरणीय घडामोडींच्या उत्पत्तीचे ज्ञान होण्याऐवजी अनेक सिद्धांतांचा, उपपत्तींचा नुसता गोंधळ माजेल, अज्ञान नाहीसे होणार नाही. संपूर्ण वातावरणाची निरीक्षणे केवळ कृत्रिम उपग्रहच करू शकतात. मानवाला कधीही न मिळालेला हा लाभ केवळ कृत्रिम उपग्रहांनीच शक्य केला आहे. जेथे मनुष्यवस्ती आहे तिथलीच निरीक्षणे मिळविणे आतापर्यंत शक्य होते. कृत्रिम उपग्रहांनी निर्मनुष्य विभागातीलही निरीक्षणे मानवाला उपलब्ध करून दिली आहेत.

अमेरिकेने 'टायरॉस' – मालिकेनंतर 'एस्सा' (Essa - एनव्हिरन्मेंटल सायन्स सर्व्हिसेस ॲडमिनिस्ट्रेशन) आणि 'निंबस' (Nimbus - काही विवक्षित ढगांचे नाव) उपग्रहांची मालिका सुरू केली आणि हवामानशास्त्रज्ञांना कोट्यवधी निरीक्षणे उपलब्ध केली. 'एस्सा-३' नावाचा उपग्रह दिनांक २ ऑक्टोबर १९६६ ला अंतराळात, अपभू ९२५ मैल आणि उपभू ८५९ मैल असलेल्या जवळ जवळ वर्तुळाकार ध्रुवीय कक्षेत सोडण्यात आला. त्याचा परिभ्रमणकाल ११४.५ मिनिटांचा असून पृथ्वीभोवती तो प्रतिदिनी सुमारे १३ प्रदक्षिणा करीत असतो. त्याच्या दृष्टीपथात प्रतिक्षणी ४० लक्ष चौरस मैलांचा प्रदेश येतो. त्यातील कॅमेरे २६० सेकंदागणिक एक अशा रीतीने पृथ्वीच्या पृष्ठभागाची चित्रे घेऊ शकतात. ही सर्व चित्रे तो आपल्या स्मृतिकोषात

साठवितो आणि नंतर सवडीनुसार यंत्रज्ञांची 'आज्ञा' होताच हवामानशास्त्रज्ञाला उपलब्ध करून देतो. हवामानशास्त्रज्ञ त्या सर्व चित्रांची जुळवाजुळव करतो आणि कॉंप्यूटरच्या साह्याने संपूर्ण उत्तर आणि दक्षिण गोलार्धाची हवामान परिस्थिती दर्शविणारी चित्रे तयार करतो.

अशा प्रकारचे सबंध पृथ्वीगोलावरील निरीक्षणे आणि हवामानस्थिती निदर्शक नकाशे जर हवामानशास्त्रज्ञाला प्रत्येक दिवशी उपलब्ध झाले तर तो हवामानाबद्दल अचूक अंदाज बांधू शकेल. सध्या 'निंबस', 'एस्सा' आणि 'ए.टी.एस्.' (ॲप्लिकेशन्स् टेक्नॉलॉजी सॅटलाईट) यासारखे निरनिराळ्या प्रकारचे अनेक उपग्रह पृथ्वीभोवती परिभ्रमण करीत आहेत. दर २४ मिनिटांनी ते हवामान स्थिती निदर्शक माहिती



अत्याधुनिक अंतरीक्षनिरिक्षणी उपग्रह 'निंबस-३' आणि त्यातील उपकरणे.
१. उंची नियंत्रक, २. रोल नॉझल, ३. नियंत्रक आकाशीय (ॲन्टेना), ४. पिच नॉझल, ५. सूर्यप्रकाश येथे पडतो, ६. कक्षेची दिशा, ७. क्षितिज समीक्षक, ८. आतप-संवेदक, ९. प्रविचाल (यॉ) नॉझल, १०. SNAP-19, ११. सौर-पॅडल, १२. संवेदक-कडे, १३. स्थानविनिश्चय-आकाशीय, १४. अपारूण संवह्नमापक, १५. अपारूण-व्यतिकरण वर्णमापक, १६. प्रतिमा विच्छेदक कोटर, १७. उपग्रहातील - अपारूण वर्णमापक, १८. एस्-बँड-आकाशीय, १९. प्रेषक-आकाशीय, २०. अपारूण संवह्नमापक, २१. 'बेकन' दूरस्थ आकाशीय, २२. उष्णतानियंत्रक झडपा, २३. अंतस्थ आधार, २४. वायूचा साठा, २५. आतप-संवेदक, २६. सौर-पॅडल, २७. उष्णता नियंत्रक झडपा.

आणि मेघचित्रे पृथ्वीवर पाठवितात. संदेशवहनातही अनेक सुधारणा झाल्या आहेत. काही विशिष्ट वेळेची निरीक्षणे उपयोगात आणून तयार केलेले नकाशे संवह तरंगांद्वारे पाठविण्याची साधने सध्या अस्तित्वात आली आहेत. त्यामुळे आता हवामान शास्त्रज्ञ ७२ तास कालावधीची अनुमाने आणि अंदाज वर्तवू शकतील.

'निंबस-३' सारखे कृत्रिम अंतरीक्ष-निरीक्षणी उपग्रह कसे असतात ते शेजारील आकृतीमध्ये दाखविले आहे. त्यात औष्णिक नियंत्रक झडप (थर्मल कंट्रोल शटर्स), सौर पटल (सोलर पॅडल) सुसंवेदनी कडे (सेन्सरी रिंग), उपारुण प्रारणमापक (इन्फ्रारेड रेडिओमीटर), उपारुण सन्निग्रहण वर्णमापक (इन्फ्रारेड इंटरफिअरॉमीटर स्पेक्ट्रॉमीटर), आज्ञाकारी आकाशीय (कमांड अँटेना), प्रेषण आकाशीय (ट्रॅन्स्मिशन अँटेना), निकाशचित्रक (कॅमेरा), इत्यादी महत्वाचे भाग स्पष्टपणे दाखविले आहेत. ह्या उपकरणांमुळे ढगांची चित्रे तर मिळतातच, पण वातावरणातील निरनिराळ्या उंचीवरील तपमान मोजता येऊन तपमानाचे उदग्र वितरण कसे झाले आहे ते कळते. दिनांक १४ एप्रिल १९६९ ला सोडलेल्या 'निंबस' उपग्रहाने पाठविलेल्या संदेशांवरून पृथ्वीच्या वातावरणातील तपमानाच्या उदग्र वितरणाचे आलेख काही स्वचलित उपकरणांनी आणि जमिनीवरील यंत्रांनी तयार केले. हा एक अत्यंत महत्वाचा शोध आहे आणि त्यामुळे अनेक ठिकाणांचे दीर्घ मुदतीचे हवामानाचे अंदाज देणे आता शक्य होईल असे म्हटले जाते.

वायुवेग आणि दिशा मोजणारी आणि हवामानविषयक माहिती देणारी यंत्रे धारण केलेले अविरत तरंगणारे रबरी फुगे, समुद्रव्याप्त प्रदेशात नांगर टाकून स्थिर केलेले प्लवनशील ठोकळे किंवा अविरतपणे तरंगत इतस्ततः समुद्रावर भटकत राहणारे ठोकळे, लढाऊ विमाने, मालवहू आणि उतारवाहू किंवा टेहळणी करणारी विमाने, अत्याधुनिक उपकरणांनी सुसज्ज केलेल्या युद्धनौका किंवा जलनौका, ध्रुवीय प्रदेशांतील हिमद्वीपे, शहरातील अत्युच्च इमारती, यांसारख्या ठिकाणांवर स्वचलित उपकरणांनी सज्ज केलेल्या वेधशाळा स्थापन केल्या गेल्या तर जगात सर्वत्र सारख्या प्रमाणात वेधशाळा विखुरल्या जातील. सध्याच्या ८० टक्के निर्मनुष्य असलेल्या क्षेत्रातही वेधशाळा स्थापिल्या जातील. आधुनिक 'निंबस' उपग्रहांमध्ये ठेवलेली काही यंत्रे ह्या सर्व वेधशाळांवर पहारा ठेवतील, वाटेल तेव्हा त्यांना 'आज्ञा' करून त्यांची निरीक्षणे मिळवितील. काही काळपर्यंत ती स्मृतिकोषांत साठवतील आणि जमिनीवरील मुख्य केंद्रांकडून आदेश मिळताच ही सर्व निरीक्षणे घडाघडा 'वाचून' दाखवतील. ह्या दृष्टीने 'निंबस'ची उपयुक्तता अमाप, अमूल्य अशी आहे. तो स्वतः

तर अत्यंत महत्वाची निरीक्षणे करीलच पण त्याच्या दृष्टीपथात किंवा नियंत्रणाखाली येणाऱ्या इतर स्वचलित वेधशाळांची निरीक्षणेही तो हवामान शास्त्रज्ञांना उपलब्ध करून देईल. इतर देशांच्या निरीक्षणांची आणि निकाशचित्रांची अदलाबदल, देवाणघेवाण करण्यातही 'निंबस' उपग्रहाची संदेशवहन यंत्रणा फार महत्वाची कामगिरी बजावील. त्याच्या साह्याने निरनिराळ्या वेळी घेतलेल्या अनेक चित्रांवरून वातावरणातील अनेक थरांतील वाऱ्यांची दिशा आणि गती निश्चित करणेही शक्य आहे. पण उपग्रहांची ह्या बाबतीतील उपयुक्तता अत्यंत मर्यादित स्वरूपाची आहे. पवनक्षेत्राची खरी माहिती निरनिराळ्या उंचीवर तरंगत राहणाऱ्या रबरी फुग्यांमुळेच प्राप्त होणार आहे. उपग्रहांनी फक्त 'पोस्टमन'ची कामगिरी करायची आहे ! 'निंबस' उपग्रहांच्या साह्याने वातावरणातील कर्बद्विकोर्वेद (कार्बन डायाक्साइड), परोर्व (ओझोन) आणि बाष्प यांसारख्या महत्वाच्या घटकांचे वितरणसुद्धा निश्चित करता येते. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील निरनिराळ्या भागांचे तपमान कृत्रिम उपग्रह मोजतात हे वर सांगितलेच आहे. 'द्वितीय निंबस' उपग्रहाने अटलांटिक महासागरातील 'गल्फ स्ट्रीम' नावाच्या उष्ण प्रवाहातील गरम आणि अटलांटिक महासागराच्या थंड पाण्याच्या सीमा, जून ते ऑक्टोबर १९६६ च्या कालावधीत निश्चित केल्या. ह्या सीमा सदोदित बदलत असतात. केवळ 'निंबस' उपग्रहामुळे ही निरीक्षणे उपलब्ध होऊ शकली. दुसऱ्या कोणत्याही पद्धतीने किंवा साधनांनी ह्या प्रकारची निरीक्षणे साध्य झाली नसती !

उपग्रहावर ठेवलेल्या संवहप्रेषणी, संवहग्रहणी आणि गणकयंत्रामुळे जमिनीवरील कुठल्याही स्वयंचलित निरीक्षण केंद्राला प्रश्न विचारून तेथील उपकरण समूहाने नोंदलेली निरीक्षणे ज्ञात करून घेता येतात. ह्या प्रयोगाला RLS पृच्छा-विलेखन आणि स्थानविनिश्चय यंत्रणा (इंटरॉगेशन रेकॉर्डिंग अँड लोकेशन सिस्टिम) असे म्हणतात.

'जागतिक हवामान निरीक्षण योजने'चे स्वरूप हे अशा प्रकारचे आहे. भारताने त्यात फार महत्त्वाचा भाग घेतलेला आहे. या योजनेमुळे हवामान शास्त्रज्ञ विशिष्ट तंत्रे आणि गणक यंत्रे उपयोगात आणून गणितशास्त्राच्या आधारे हवामानाचे निश्चित स्वरूपाचे अंदाज वर्तवीत आहेत. जगाच्या कानाकोपऱ्यापासून सर्व प्रकारची निरीक्षणे उपलब्ध होत आहेत. पूर्वीचे शास्त्रज्ञ संशोधनासाठी कुठला तरी विषय निवडीत, एक विशिष्ट प्रश्न किंवा समस्या स्वतः पुढे ठेवीत आणि ती सोडविण्याच्या दृष्टीने प्रयोग करीत, माहिती व निरीक्षणे मिळवीत. आता कधी नव्हती एवढ्या प्रमाणावर

निरीक्षणे मिळाल्यानंतर 'उत्तरे मिळाली आहेत, ती कोणत्या प्रश्नांची आहेत ते शोधणे हाच, आता आमच्यापुढे विराट प्रश्न आहे.' अशी आधुनिक शास्त्रज्ञांची स्थिती झाल्यास आश्चर्य नाही.

□ □ □

११

गडगडाटी वादळ

मेघगर्जना होऊन एक वा अनेक वेळा वीज चमकणे या आविष्कारास गडगडाटी वादळ असे म्हणतात. गडगडाटी वादळाबरोबर कधीकधी एकदम सोसाट्याचा थंड वारा वाहतो, सामान्यतः पर्जन्याच्या जोरदार सरी पडतात. पर्जन्याच्या सरींबरोबर क्वचित् प्रसंगी गारांचीही वृष्टी होते. परंतु केव्हा केव्हा हा आविष्कार पर्जन्यरहितही असतो. सोसाट्याचा वारा, मेघगर्जना, तडिताघात, पर्जन्य किंवा गारांची वृष्टी, भूपृष्ठावर होणारे तपमानाचे क्षणिक बदल, यांमुळे गडगडाटी वादळ हा निसर्गातील एक मोठा लक्षणीय आविष्कार आहे.

गडगडाटी वादळात प्रचंड शक्ती मुक्त केली जाते. दुसऱ्या महायुद्धात वापरल्या गेलेल्या अणुबॉम्बच्या शक्तीपेक्षा (२०,००० टन टी.एन्.टी.) दहापट शक्ती चांगल्या विकसित गडगडाटी वादळात मुक्त केली जात असावी.

गडगडाटी वादळास कारणीभूत होणाऱ्या मेघास गर्जन्मेघ किंवा ऐरणी मेघ असे म्हणतात. हा एक उत्तुंग वाढणाऱ्या मेघाचा प्रकार आहे. त्याचा विकास राशिमेघापासून होतो. गर्जन्मेघाचा तळ आर्द्र हवेत भूपृष्ठापासून ३३० ते ९०० मी. असतो. साधारण कोरड्या हवेत २००० ते ४००० मी. असतो. ह्या ढगाचा माथा वैषुव-उपवैषुव प्रदेशात २० कि.मी. उंचीपर्यंत, समशीतोष्ण कटिबंधात सुमारे १२ किमी. उंचीपर्यंत व ध्रुवीय प्रदेशात त्यापेक्षा कमी उंचीपर्यंत असतो. गडगडाटी वादळाचा क्षैतिज विस्तार साधारणपणे ५ ते ८ किमी. इतका असतो. गर्जन्मेघाच्या खालच्या भागात ०° से. तपमानापेक्षा अधिक तपमान असलेले जलबिंदू असतात. मधल्या भागात ०° ते - २०° से. तपमानाचे म्हणजे अतिशीत अवस्थेतील जलबिंदू असतात. माथ्याजवळील भागात - २०° से. तपमानापेक्षा कमी तपमान असलेले हिमकण किंवा हिमस्फटिक इतस्ततः वावरत असतात. गर्जन्मेघाचा माथा एखाद्या

ऐरणीसारखा पसरलेला दिसतो. तो अतिशीत हिमकणांचा बनलेला असल्यामुळे रेशमाच्या तंतूंसारखा दिसतो. गर्जन्मेघामध्ये कित्येक हजार घनमीटर पाणी हवेच्या ऊर्ध्व प्रवाहांमुळे तोलून धरलेले असते. हवेचे हे ऊर्ध्व प्रवाह सेकंदास ६ मी. पासून १५ मी. इतक्या वेगाचे असतात. कधी कधी त्यांचा वेग दर सेकंदाला ३५ मी. पर्यंत वाढतो. ऊर्ध्व प्रवाहाच्या गतीचे मध्यस्थ मूल्य प्रतिसेकंदास ८ मी. इतके असते. गडगडाटी वादळात पाऊस सर्वत्र सारखा पडत नाही. काही ठिकाणी अतोनात पाऊस पडतो तर काही भाग कोरडेच राहतात.

राशिमेघाचा गर्जन्मेघात विकास होत असताना ढगात धन व ऋण विजेचे पृथक्करण होते व मेघाच्या निरनिराळ्या भागांवर विजातीय विजेचा भार उत्पन्न होऊ लागतो. मेघातील जलबिंदूंवर विद्युत्‌भार सुरू होण्यासाठी मेघाच्या माथ्याचे तपमान - २०° से. पेक्षा कमी असावे लागते. परंतु वैषुव-उपवैषुव प्रदेशात गर्जन्मेघाच्या माथ्याचे तपमान यापेक्षा अधिक असताही त्या मेघांमध्ये विजा चमकल्याच्या विश्वसनीय नोंदी आढळल्या आहेत.

गडगडाटी वादळे निर्माण होण्यास आवश्यक परिस्थिती : गर्जन्मेघ व तज्जन्य गडगडाटी वादळ निर्माण होण्यासाठी पुढील गोष्टींची आवश्यकता असते : १) हवा 'अस्थिर' म्हणजे ऊर्ध्व प्रवाह निर्माण होण्यास अनुकूल असावी लागते. अक्रमी तपमानऱ्हास प्रति किमी.ला १०° से. पेक्षा अधिक असावा लागतो; २) भूपृष्ठाजवळील हवेत बरेचसे जलबाष्प असावे लागते व ३) हवेचे ऊर्ध्व प्रवाह निर्माण होण्यास काही चालना मिळावी लागते. अशी चालना उन्हाळ्यात दुपारी जमिनीलगतची हवा खूप तापली म्हणजे मिळते, डोंगर टेकड्या इत्यादींवरून वारे वर परावर्तित झाल्यामुळे मिळते किंवा सीमापृष्ठामुळे उष्णार्द्र हवेचे यामिक उत्थापन झाल्यामुळेही मिळते.

उष्ण आणि आर्द्र हवेच्या अभिसारी प्रवाहामुळेही गर्जन्मेघ निर्माण होतात. अभिसरणामुळे उष्णार्द्र हवा वर उचलली जाते. विवक्षित पातळीपलीकडे हवा उचलली गेल्यास संघनन आणि संनयन या क्रियांमुळे गर्जन्मेघ निर्माण होतात व अनुकूल परिस्थितीत गडगडाटी वादळांचा प्रादुर्भाव होतो.उष्णार्द्र वायुप्रवाहांच्या मार्गात पर्वतरांगांचा अडथळा आल्यास हवा पर्वतांची चढण पार करून खूप वर जाते. तेथे संघनन व संनयन क्रियांमुळे गर्जन्मेघ तयार होऊन शेवटी गडगडाटी वादळ अस्तित्वात येते.

गर्जन्मेघाचा विकास : गर्जन्मेघाचा विकास तीन अवस्थांतून होतो. १)

राशिमेघ अवस्था अथवा विकासोन्मुख अवस्था, २) परिणत अवस्था, ३) ऱ्हासावस्था.

गर्जन्मेघांची आयुर्मर्यादा १ ते २ तासांची असते. वर उल्लेखिलेल्या पहिल्या दोन विकासावस्थांना १५ ते २० मिनिटे लागतात. तोपर्यंत ढगाची उंची ९ ते १८ कि.मी. पर्यंत गेलेली असते. क्षैतिज विस्तारही काही कि.मी. पर्यंत झालेला असतो. शेवटच्या अवस्थेची कालमर्यादा अनिश्चित असते. काही गडगडाटी वादळे लवकरच शमतात, काही वादळे मात्र अनेक तासपर्यंत अधूनमधून पाऊस पाडीत रेंगाळत राहिलेली दिसतात. हा कालावधी ज्या वायुसंहतीत गर्जन्मेघ निर्माण होतात, त्यांच्या गुणधर्मांवर अवलंबून असतो.

१) राशिमेघ अवस्था अथवा विकासोन्मुख अवस्था : गर्जन्मेघाची सुरुवात सामान्य राशिमेघापासून होते. अनेक राशिमेघांपैकी एखादाच राशिमेघ गर्जन्मेघात विकास पावतो. विकासोन्मुख अवस्थेत मेघातील हवा बाह्य हवेपेक्षा उष्ण असते. त्यामुळे ढगांमध्ये हवेचे ऊर्ध्वप्रवाह सुरू होतात. ढगामध्ये अधिक उंचीवरील हवेचे ऊर्ध्वप्रवाह अधिक जोरदार असतात. ढगाची उंची जसजशी वाढत जाईल तसतसे त्याच्या माथ्याचे तपमान ०° से. पेक्षा कमी कमी होत जाते. तपमान - २०° से. च्या खाली जाऊ लागले की ढगामध्ये विद्युत् भार उत्पन्न होण्यास सुरुवात होते. मध्यंतरीच्या कालात ढगामध्ये मेघकणिका, पर्जन्यथेंब व हिमकण किंवा हिमस्फटिक यांच्या स्वरूपात प्रचंड प्रमाणात पाणी साचू लागते. कालांतराने ही जलराशी एवढी प्रचंड होते की तीमधील मोठे जलबिंदू तोलून धरण्यास हवेचे वेगवान ऊर्ध्व प्रवाह असमर्थ ठरतात व परिणामी मोठे थेंब ढगातून खाली कोसळू लागतात. कोसळणाऱ्या थेंबांमुळे त्यांच्या भोवतालची हवाही घर्षणामुळे खाली ओढली जाते, ढगात थंड हवेचे अधोप्रवाह सुरू होतात व गर्जन्मेघाच्या विकासातील 'परिणत अवस्था' सुरू होते. अधोप्रवाह साधारणपणे प्रति सेकंदाला १५ मी. इतपत वेगाचे असतात.

२) परिणतावस्था : या अवस्थेत ढगाच्या काही भागात हवेचे ऊर्ध्व प्रवाह व काही भागात हवेचे अधोप्रवाह एकाच वेळी अस्तित्वात आलेले असतात. ढगातील उंच भागांवरील थंड व आर्द्र हवा पर्जन्यपातामुळे अधोप्रवाहाच्या रूपाने खाली ढकलली जाऊन ती जमिनीवर पसरू लागते. थंड हवेचा हा अधोप्रवाह वेगवान क्षैतिज वाऱ्यांच्या स्वरूपात जमिनीवर अकस्मात येऊन पोहोचतो. त्याच्या आगमनानंतर स्थानिक तपमान एकदम खाली उतरते, आर्द्रता वाढते, वाऱ्यांच्या दिशेत एकाएकी बदल होऊन वेगात क्षणिक वाढ होते. हवेचा दाब वाढतो. नंतर पर्जन्याच्या सरी कोसळू लागतात. परिणत अवस्थेत कालांतराने हवेचे अधोप्रवाह बळावतात व

ऊर्ध्वप्रवाह क्षीण होतात. सरतेशेवटी ऊर्ध्वप्रवाह नाहीसे होतात व संपूर्ण ढगात अधोप्रवाहांचाच जोर होऊन गर्जन्मेघ ऱ्हासाच्या तिसऱ्या अवस्थेत जातो.

३) ऱ्हासावस्था : या अवस्थेत ढगातील जलराशी कमी झाल्यामुळे पर्जन्याच्या सरींचा जोर कमी होतो व अखेर गर्जन्मेघ भंग पावून त्याच्या माथ्याजवळचे अवशेष अनेक तंतुमेघांच्या स्वरूपात व तळाचे अवशेष छिन्न मेघखंडाच्या स्वरूपात तरंगू लागतात. गर्जन्मेघाच्या विकासाच्या तीनही अवस्थांचे वर दिलेले वर्णन केवळ एकच संनयनी कोश असलेल्या गर्जन्मेघाच्या बाबतीतच लागू होते. प्रत्यक्षात अनेक संनयनी कोशांचा समूह गडगडाटी वादळात सामाविलेला असतो. पूर्ण विकसित गर्जन्मेघातील अधोप्रवाहातून निर्माण झालेला थंड क्षैतिज वायुप्रवाह पुढे असलेल्या उष्णार्द्र हवेच्या खाली घुसून तिला ऊर्ध्व दिशेने जाण्यासाठी चालना देऊ शकतो. त्यामुळे गर्जन्मेघांचे जुने कोश लय पावतात व नवे कोश उदयास येतात. परिणामी प्रत्येक गर्जन्मेघाची आयुर्मर्यादा जरी १-२ तासांची असली तरी नवेनवे गर्जन्मेघ उत्पन्न होत असल्यामुळे गडगडाटी वादळाचा कालावधी लांबतो. गडगडाटी वादळामुळे पडणाऱ्या पावसाचे वितरण अत्यंत विषम प्रमाणात होते. ते यामुळेच. वादळांची तीव्रताही अधिक असते. अशी वादळे दिवसाच्या कोणत्याही वेळेस निर्माण होत असली तरी विशेषतः दुपारच्या वेळी तपमान उच्च असताना ती अधिक संख्येने निर्माण होतात.

३) सीमापृष्ठीय गडगडाटी वादळे : उपध्रुवीय प्रदेशात व समशीतोष्ण कटिबंधात शीतवायुसंहती व उष्णवायुसंहती यांच्यामध्ये जी दोन प्रकारची सीमापृष्ठे निर्माण होतात. त्यांना शीत सीमापृष्ठ व उष्ण सीमापृष्ठ म्हणतात. शीत सीमापृष्ठाच्या ठिकाणी आक्रमक थंड हवा उष्ण हवेखाली घुसून तिला वरवर उचलीत असते. त्यामुळे शीत सीमापृष्ठावर गर्जन्मेघ निर्माण होऊन अनेक गडगडाटी वादळे जन्मास येतात. उष्ण सीमापृष्ठावर उष्णार्द्र हवा स्वयंचलित रीतीने थंड वायुराशीवर चढत असल्यामुळे अल्प प्रमाणात गर्जन्मेघ व तज्जन्य गडगडाटी वादळे निर्माण होतात. सीमापृष्ठीय गडगडाटी वादळे सीमापृष्ठाबरोबरच सरकत जात असल्यामुळे ती दिवसाच्या कोणत्याही वेळी एखाद्या स्थानी पोहोचतात. वैषुव-उपवैषुव प्रदेशात वरील प्रकारची भिन्नभिन्न वायुसंहतींची सीमापृष्ठे साधारणपणे स्पष्ट स्वरूपात अस्तित्वात नसल्यामुळे तेथे या प्रकारची गडगडाटी वादळे संभवत नाहीत. तेथे मुख्यत्वेकरून वायुसंहतीमधील गडगडाटी वादळेच आढळतात. आंतर-उष्णकटिबंधीय अभिसरण क्षेत्रात गडगडाटी वादळे जास्त संख्येने निर्माण होतात.

काही ठिकाणी अवदाब क्षेत्रांच्या किंवा अभिसारी चक्रवातांच्या आगमनापूर्वी गडगडाटी वादळे संभवतात.

गडगडाटी वादळातील विद्युत्भार व तडिताघात : गर्जन्मेघाच्या माथ्याचे तपमान - २८° से. राहील इतक्या उंचीपर्यंत गर्जन्मेघ वाढल्यशिवाय तडिताघात सहसा होत नाहीत. गर्जन्मेघात धन व ऋण विद्युत् पृथक् पृथक् झालेली असते. सामान्यतः -२०° से. तपमान असलेल्या ढगाच्या वरच्या भागातील हिम व बर्फाच्या कणांवर धन विद्युत्भाराचे केंद्र व हिमरेषेच्या जवळपासच्या ०° ते - १०° से. तपमानाच्या भागातील पर्जन्याच्या थेंबांवर ऋण विद्युत्भाराचे केंद्र निर्माण होते. गर्जन्मेघात विद्युत्भाराची हीच मुख्य केंद्रे असतात आणि पहिला तडितक्षेप ह्या दोन केंद्रांमधून होतो. तडिताघातासाठी विद्युत्भाराची प्रातिनिधिक मूल्ये २० ते ३० कूलंब पर्यंत असतात. सर्वात अधिक तडिताघात अती वेगवान ऊर्ध्व प्रवाहांच्या व जोरदार वृष्टीच्या क्षेत्रात आढळतात.

क्वचित्प्रसंगी ढगाच्या तळाजवळच्या अल्पशा भागात धन विद्युत्-भार असल्याचेही आढळून आले आहे. काही संशोधकांच्या मताप्रमाणे गर्जन्मेघात निर्माण होणारा विद्युत भार पुढील विविध कारणांमुळे होत असावा. १) जलबिंदूंकडून व हिमकणांकडून वातावरणातील निवडक विद्युत्भारित कणांचा ग्रास होणे. २) हवेच्या घर्षणामुळे मोठे थेंब फुटणे. ३) शीत जलबिंदू, अतिशीतित जलबिंदू व हिमकण अशा ढगातील पाण्याच्या निरनिराळ्या अवस्थांतील, पृष्ठ व आकारमान यांच्या परस्परसंबंधांमुळे विद्युत्भार-निर्मिती होणे.

वरील सर्वच कल्पनांना प्रायोगिक पुरावा व आधार मिळालेला आहे. परंतु, गर्जन्मेघावर प्रत्यक्ष आढळणाऱ्या विद्युत्-भारात वरील प्रत्येक कारणाचा किती वाटा असेल याबद्दल अजून निश्चित कल्पना आलेली नाही.

आकाश निरभ्र असताना पृथ्वीवर नक्त ऋण-विद्युत्-भार असतो व हवेमध्ये नक्त धन विद्युत्-भार यामुळे प्रत्येक मीटर उंचीस १०० व्होल्ट एवढी विद्युत् वर्चसीय प्रवणता समुद्रसपाटीजवळील हवेत आढळते. उंचीप्रमाणे ती कमीकमी होत जाते. गडगडाटी वादळाच्या वेळी ही विद्युत् वर्चसीय प्रवणता प्रत्येक मीटर उंचीस १०,००० ते ३०,००० व्होल्ट इतकी तीव्र बनते. विजा चमकतात त्यावेळी बहुधा ढगाच्या दोन भागांमध्येच तडिताघात होऊन विद्युत्-भाराचे विसर्जन होते. ढगातून जमिनीवर तडिताघात त्या मानाने अल्प संख्येने होतात. तडिताघाताच्या वेळी विद्युत् वर्चसीय प्रवणता प्रत्येक सें.मी ला १०,००० ते ३०,००० व्होल्ट होते व त्यामुळे हवेचा

विद्युत-रोध मोडला जाऊन ऋण विद्युतच ढगातून जमिनीकडे वाहून नेली जाते. तडिताच्या प्रत्येक चमकेबरोबर ५ ते २०० कूलंबच्या विद्युत्‌भाराचे स्थानांतर होते. अशा विद्युत्‌भाराचे सरासरी मूल्य २५ कूलंब इतके भरते.

विजेचे प्रत्येक चमकणे म्हणजे वास्तविक अलग अलग तडिताघातच असतात. अशा दोन आघातांमधला काल सुमारे १/५० सेकंद असतो.

गडगडाटी वादळ स्थानिक आहे का दूरचे आहे हे ठरविण्यासाठी प्रकाशवेग व ध्वनिवेग यामधील भिन्नतेचा उपयोग केला जातो. ढगात वीज चमकली म्हणजे ती आपणास जवळ जवळ तत्क्षणीच दिसते. कारण, प्रकाशवेग प्रति सेकंदास ३ लक्ष कि.मी. एवढा मोठा आहे; परंतु ध्वनिवेग प्रतिसेकंदास सुमारे ३३० मीटर एवढा अल्प असल्यामुळे गडगडाट मागाहून ऐकू येतो. विजेचा लखलखाट दिसणे व मेघगर्जना ऐकू येणे यामध्ये १० सेकंदापेक्षा कमी काल लोटत असला की ते गडगडाटी वादळ स्थानिक आहे असे मानले जाते. गर्जन्मेघ ३०-४० किलोमीटर अंतरावर असल्यास ढगाचे केवळ माथेच दिसतात. तेथील विजेचा लखलखाट दिसू शकतो, मेघगर्जना मात्र ऐकू येत नाही. सर्वसाधारण वातावरणीय परिस्थितीत १५ ते २० कि.मी.च्या अंतरानंतर मेघगर्जना ऐकू येत नाही. हवेत तापापवर्तन निर्माण झाल्यास मेघगर्जना ४० कि.मी. पर्यंत ऐकू येते.

भारतातील गडगडाटी वादळे : दक्षिण भारतात नैर्ऋत्य मोसमी वारे सुरू होण्यापूर्वी उन्हाळ्यात व नैर्ऋत्य मोसमी वारे माघार घेत असता वायुसंहतीतील गडगडाटी वादळे होतात. उन्हाळ्यामध्ये बंगाल व निकटवर्ती प्रदेशात होणारी गडगडाटी वादळे विशेष तीव्र असतात. ती वायव्येकडे निर्माण होऊन गंगा-ब्रह्मपुत्रा नद्यांच्या मुखाकडे सरकत येतात. गडगडाटी वादळांमुळे बरीच हानी होते. साधारणपणे वैशाख महिना हा त्यांचा काल असल्यामुळे त्यांना बंगाली भाषेत 'कालबैशाखी' म्हणजे 'वैशाखातील विनाशकारी वादळे' असे नामाभिधान मिळाले आहे. या वादळांशी निगडित असलेल्या चंडवाताचा वेग ताशी १५० कि.मी. पर्यंत जाऊ शकतो. भारतातील सर्वाधिक गडगडाटी वादळे आसाम व निकटवर्ती भागात होतात. तेथे होणाऱ्या वार्षिक पर्जन्याचा २/३ भाग गडगडाटी वादळांशी निगडित झालेला असतो.

गडगडाटी वादळांची भौगोलिक वाटणी : सी.ई.पी. ब्रूक्स या जलवायुविदाच्या अंदाजाप्रमाणे जगातील सर्वात अधिक गडगडाटी वादळे उष्ण कटिबंधातील जावा बेटावर घडतात. तेथे प्रतिवर्षी सुमारे २२५ दिवशी गडगडाटी

वादळे होतात असा अंदाज आहे. दरवर्षी गडगडाटी वादळांचे सरासरी दिवस मध्य आफ्रिकेत १५०, दक्षिण मेक्सिकोत १४२, पनामामध्ये १३५ व मध्य ब्राझीलमध्ये १०६ याप्रमाणे आहेत. मध्य युरोपात व आशिया खंडात सरासरीने वर्षातून २० पेक्षा कमी दिवशी गडगडाटी वादळे उद्‌भवतात. फ्लॉरिडाच्या द्वीपकल्पात आणि मेक्सिकोच्या आखाताच्या किनारी प्रदेशांवर प्रतिवर्षी ७० ते ८० दिवशी गडगडाटी वादळे निर्माण होतात. त्यापैकी काही वादळांची घूर्णवाती वादळात परिणती होते.

पृथ्वीवर प्रतिदिवशी सुमारे ५०,००० गडगडाटी वादळे घडत असावीत व प्रतिसेकंदास सुमारे १०० तडिताघात होत असावेत. कोणत्याही एका वेळेस सबंध जगात सुमारे १८०० गडगडाटी वादळे आपला प्रभाव दाखवीत असावीत.

ध्रुवप्रदेशात गडगडाटी वादळे अगदी क्वचितच होतात. नीच अक्षांशावरही काही क्षेत्रे अशी आहेत की तेथे गडगडाटी वादळे क्वचितच होतात. सहारा वाळवंट, काराकुम वाळवंट व अरबस्तानातील वाळवंटे, दक्षिण आफ्रिकेच्या पश्चिम किनारा या ठिकाणी हवा अत्यंत कोरडी असल्यामुळे व उच्च थरातील हवेचे अधोगमन होत असल्यामुळे तेथे गडगडाटी वादळे होत नाहीत. दक्षिण गोलार्धात ५०° अक्षवृत्ताच्या दक्षिणेस सामान्यतः गडगडाटी वादळांचा प्रामुख्याने अभाव आढळला तरी क्वचित प्रसंगी त्या पलीकडील अंटार्क्टिका या दक्षिण ध्रुवीय खंडांत तुरळक गडगडाटी वादळे घडल्याचे उल्लेख आहेत.

उत्तर गोलार्धात नोव्हाया झेमल्या व स्पिट्झबर्गेन या ७८° अक्षवृत्तावरील ठिकाणीही गडगडाटी वादळे होतात. वैषुव प्रदेशात गडगडाटी वादळे वारंवार होतात. वर्षभरात जावा बेटातील बीटेनसोर्ग येथे १६७ दिवस, जाकार्तात १३८ दिवस, पश्चिम आफ्रिकेत ८° अक्षवृत्तावर असलेल्या बिस्मार्कबर्ग या ठिकाणी १६८ दिवस, मेक्सिकोत १३८ दिवस या प्रमाणे गडगडाटी वादळे घडतात. त्या मानाने समशीतोष्ण कटिबंधात गडगडाटी वादळांची वार्षिक संख्या कमी असते.

स्थूल मानाने पाहता, विषुववृत्तावर वर्षात १०० ते १५० दिवस, उपवैषुव प्रदेशात ७५ ते १०० दिवस, समशीतोष्ण कटिबंधात ३० ते ५० दिवस व ध्रुवीय प्रदेशात अगदी थोडे दिवस असे गडगडाटी वादळांचे संख्याप्रमाण देता येईल.

वैषुव प्रदेशात उष्णार्द्र हवेमुळे सर्वाधिक प्रमाणात गडगडाटी वादळे उद्‌भवतात, तर दोन्ही गोलार्धात ६०° अक्षवृत्तानंतर ध्रुवांकडील शीत प्रदेशात त्यांची संख्या अतिशय कमी होते असे दिसून येईल. मध्य आफ्रिका हा गडगडाटी वादळांच्या दृष्टीने पृथ्वीवरील केंद्रप्रदेश दिसतो. सागरी प्रदेशांपेक्षा भूखंडीय प्रदेशांवरच गडगडाटी

वादळे अधिक संख्येने उद्‌भवतात. विषुववृत्तीय पट्ट्यात सागरी प्रदेशांवर निर्माण होणाऱ्या गडगडाटी वादळांच्या तिप्पट वादळे जमिनीवर निर्माण होतात. सूर्य प्रखर तेजाने तळपत असताना जमिनीवरील वातावरणात अति सुलभतेने अस्थिरता निर्माण होते. हे त्याचे कारण होय. उपोष्ण कटिबंधात येणाऱ्या भूखंडाच्या पश्चिम किनाऱ्यांवर गडगडाटी वादळांची वारंवारता कमीच असते हेही लक्षणीय आहे.

गडगडाटी वादळांची पूर्वसूचना : गडगडाटी वादळ होण्यापूर्वी हवा आर्द्र बनते व तपमान वाढते. तसेच वादळाच्या काही तास अगोदर मध्यम राशिमेघ अस्वाभाविकपणे मनोऱ्यासारखे वाढतात. हवेचा दाब कमी होतो, दृश्यताही कमी होते व विजा चमकण्यामुळे रेडिओ ग्रहणीमध्ये व्यत्यय येतो. गर्जन्मेघात ऊर्ध्व व अधोप्रवाहामुळे मोठ्या प्रमाणावर संक्षोभ निर्माण होतो. विमान वाहतुकीला ही घटना धोक्याची असते. गडगडाटी वादळांपासून पाऊस पडण्यापूर्वी सोसाट्याचे वारे सुरू होतात किंवा विजांचा जोराचा कडकडाट होतो.

(लेखन सहभाग : कै. मो. ना. गोखले)

□ □ □

१२

■■

गारा आणि झाकळ

गडगडाटी वादळाशी निगडित असलेल्या गर्जन्मेघातून क्वचित्प्रसंगी कठिण हिमखंडांची वृष्टी होते. या हिमखंडांना गारा म्हणतात. गारेला 'करका', 'उपल', 'वर्षोपल' अशा संस्कृत संज्ञा आहेत. गारा विविध आकारांच्या असतात. त्या गोलाकृती, शंकूच्या आकाराच्या किंवा वेड्यावाकड्याही असतात. गारेचा छेद घेतला असता तीमध्ये एका आड-एक कठीण बर्फाचे पारदर्शक व हिमाचे अपारदर्शक स्तर असल्याचे आढळते. गारांचे आकारमानही विविध असते. गारा ३-४ मिमी. व्यासाच्या लहान आकारमानापासून तो थेट मोठ्या नारिंगाएवढ्याही असू शकतात. वजनाने एक किलो ग्रॅमहून थोड्या मोठ्या गारा आढळल्या आहेत. क्वचित्प्रसंगी त्यांचा व्यास १२ सेंमी. पेक्षा अधिक असलेला आढळला आहे.

अतितीव्र गडगडाटी वादळ म्हणजेच गारांचे वादळ. गर्जन्मेघात जलांश फार मोठा असतो. या मेघाची उंची १० किमी. ते २० किमी. पर्यंत असल्यामुळे, त्याच्या माथ्याकडील भागाचे तपमान पाण्याच्या गोठणबिंदूच्या बरेच खाली असते व माथा हिमकणांचा बनलेला असतो. मेघाच्या मधल्या भागाचे तपमान पाण्याच्या गोठणबिंदूहून खाली असते व तेथे मुख्यत्वे अतिशीत जलबिंदू (०° से. तपमानापेक्षा कमी तपमान असतानाही द्रवावस्थेत असलेल्या पाण्याचे बिंदू) व अल्पांशाने हिमकण असतात. मेघामध्ये असलेल्या हवेच्या जोरदार ऊर्ध्व प्रवाहामुळे हे जलबिंदू तरते ठेविले जातात. याच ऊर्ध्व प्रवाहामुळे मेघाच्या मधल्या भागात असलेल्या काही हिमकणांचे भोवतालच्या अतिशीत जलबिंदूंवर आघात होतात व जलबिंदूंसह त्यांचे संमीलन होते. त्यामुळे हिमकणांचे आकारमान वाढत जाते व मोठी गार निर्माण होते. १० सेंमी. व्यासाची गार ढगातील हवेत तरती ठेवायला ५० मी./सेकंद यापेक्षाही अधिक वेगवान ऊर्ध्वप्रवाह आवश्यक असतात.

गारेमधील अपारदर्शक स्तर अतिशीत जलबिंदू गोठून हिमावरण निर्माण होण्याचे

वेळी त्यामध्ये अडकून पडलेल्या हवेच्या सूक्ष्म बुडबुड्यांमुळे निर्माण झालेले असतात. ही क्रिया घडण्यासाठी अतिशीत जलबिंदूंचे तपमान -५° से. पेक्षा कमी असावे लागते. यावरून अशी कल्पना मांडण्यात आली आहे की ज्यावेळी गार ढगामध्ये -५° से. तपमान असलेल्या उंचीच्या वर खाली हेलकावे घेत असेल त्याचवेळी तिच्यात एकांतराने अपारदर्शक व पारदर्शक स्तर निर्माण होत असावेत व गारांचे वजन तोलून धरण्या- इतपत ऊर्ध्वप्रवाह त्या ठिकाणी असावेत. या संबंधी दुसरी एक परिकल्पना अशी आहे की, गारेतील पारदर्शक स्तर, अतिशीत जलावरणाच्या मंदपणे होणाऱ्या गोठणाचे द्योतक असावेत. तसेच, अपारदर्शक स्तर त्वरेने होणारे गोठण सुचवीत असावेत. अर्थात गोठणत्वरा हवेच्या एकक घनफळागणिक असणाऱ्या अतिशीत जलबिंदूंच्या संख्येवर अवलंबून असावी. अतिशीत जलबिंदूंच्या गोठण्याच्या वेळी त्यातून वितळण्याची सुप्त उष्णता बाहेर पडते. या वितळण्याच्या सुप्त उष्णतेचे विकिरण झाल्यावरच जलबिंदूंचे गोठण होऊ शकते.

वर वर्णिलेल्या सामान्य स्वरूपाच्या गारांव्यतिरिक्त गारांचे आणखी दोन वैशिष्ट्यपूर्ण प्रकार संभवतात. १) **मृदुगार** : ही अपारदर्शक, संपीडनशील व ठिसूळ असते. २) **क्षुद्रगार** : या प्रकारच्या गारेच्या गर्भात मृदुगार असते व तिच्यावर पारदर्शक कठीण बर्फाचे एकच विलेपन असते. या दोन्ही प्रकारच्या गारा काही अल्प मिमी. व्यासाच्याच असतात. गारेची घनता तिच्या घटनेवर अवलंबून असते व ती एका घन सेंमी. ला ०.१ ते ०.९ ग्रॅम इतकी असते. गारांनी प्रभावित झालेले क्षेत्र साधारणपणे ३५ किमी. लांब व दीड किमी. रुंद असते. मोठ्या आकाराच्या गारांना वातावरणातील खालच्या थरात उष्णार्द्र हवा, ३-५ किमी.च्या उंचीवर हिमरेषा, ह्या हिमरेषेपासून १० ते १५ किमी. उंचीपर्यंत वाढणारे गर्जन्मेघ, जोरदार उदग्र प्रवाह, भरपूर प्रमाणात तरंगणारे पाण्याचे कण आणि ढगात बऱ्याच उंचीपर्यंत संक्षोभ आवश्यक असतो.

साधारणपणे मध्यम अक्षांशाच्या खंडांतर्गत प्रदेशात उन्हाळ्यात गारा वारंवार पडतात. उत्तर व मध्य भारतात नैर्ऋत्य मान्सूनच्या आगमनापूर्वी मान्सूनचे वारे प्रस्थापित झाल्यानंतर गारांची वादळे उद्भवत नाहीत. सर्वात अधिक गार वादळे (वर्षातून १० दिवस), हिमालयात होतात. लगतच्या व दक्षिणवर्ती सपाट प्रदेशांकडे त्यांची संख्या कमी होते (दोन वर्षातून १ दिवस). दक्षिण बंगाल, बिहार व पूर्वमध्य प्रदेशात गार-वादळे थोड्या अधिक प्रमाणात होतात. (वर्षातून १ दिवस) भारतीय किनारपट्टीवर गारा बहुतेक पडत नाहीत. महाराष्ट्रात नैर्ऋत्य मान्सूनचे वारे सुरू होण्यापूर्वी उन्हाळ्यात जी गडगडाटी वादळे होतात त्यामध्ये क्वचित् प्रसंगी गारा पडतात.

गारांच्या वर्षावामुळे इमारतींना (विशेषतः खिडक्यांच्या तावदानांना), पिकांना, फळबागांना, गुराढोरांना व प्रसंगी माणसांनाही अपाय संभवतो. २ सेंमी. व्यासापेक्षा मोठ्या गारांमुळे विमानांना व घरांच्या कौलारू छप्परांना धोका पोचतो. टिनाच्या पत्र्यांच्या छप्परांना छिद्रे पाडून मोठ्या गारा आत शिरल्याच्याही काही नोंदी आहेत.

झाकळ (विरल धुके) (Mist)

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील क्षैतिज दृश्यमानता कमी करणारा विरल धुक्यासारखा अविष्कार म्हणजे झाकळ. वातावरणात जलबाष्पाबरोबरच मृत्तिका, लवण आणि काजळ यासारख्या आर्द्रताग्राही पदार्थांचे अतिसूक्ष्म कण इतस्ततः वावरत असतात. ह्या कणांची संख्या वाढली की वातावरणाला धूसरता प्राप्त होते. रात्री पृथ्वीलगतच्या हवेचे तपमान जसजसे कमी होते तसतशी तिची सापेक्ष आर्द्रता वाढते. ही सापेक्ष आर्द्रता ७० टक्क्यांपेक्षा अधिक झाल्यास वातावरणातील मोठ्या कणांवर जलबाष्पाचे संघनन होते. मेघकण निर्माण होतात आणि दृष्टिक्षेप कमी होतो. हवा अधिकाधिक थंड होत गेल्यास तिची सापेक्ष आर्द्रता अधिकच वाढते. त्यामुळे हवेतील धूसरता तीव्रतर होते आणि दृश्यमानतेचा अपकर्ष करणारा झाकळ हा आविष्कार अस्तित्वात येतो. ह्यापेक्षा हवा अधिक थंड झाल्यास सापेक्ष आर्द्रता ९० टक्क्यांपेक्षा जास्त होते आणि झाकळीचे धुक्यात रूपांतर होते. धुक्यात केव्हाही क्षैतिज दृश्यमानता १००० मीटरांपेक्षा जास्त नसते. झाकळामध्ये ती नेहमी १००० मीटरांपेक्षा जास्त असते. ह्या दृष्टीने झाकळ ह्या आविष्काराला विरल धुके या नावाने वर्णिले जाते.

धुके म्हणजे पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील नीचस्तरमेघ; भौतिक दृष्ट्या ह्या दोहोत फरक नसतो. झाकळ म्हणजे विरळ धुके. आंतरराष्ट्रीय मेघचित्रग्रंथात (इंटरनॅशनल क्लाऊड ॲटलास मध्ये) 'पृथ्वीलगतच्या वातावरणीय थरांत दृश्यमानतेचा अपकर्ष करणाऱ्या, हवेत तरंगत राहणाऱ्या अतिसूक्ष्म जलीय बिंदूंचा किंवा ओल्या आर्द्रताग्राही कणांचा समूह म्हणजे झाकळ' असे वर्णन केले आहे. झाकळाचा उद्भव झाल्यास करड्या रंगाच्या अतिविरल ढगाच्या आवरणाखाली चोहोबाजूचे भू-दृश्य झाकले गेल्याचा भास होतो. वातावरणात भूपृष्ठाच्या लगतच्या थरात रात्रीच्या वेळी पर्यसन (तापापवर्तन) निर्माण झाल्यास हवेचे ऊर्ध्वप्रवाह मंदावतात आणि मेघकण व आर्द्रताग्राही वस्तुकण भूपृष्ठाच्या जवळील थरात सांद्रीभूत होतात. त्यामुळे जसजसे भूपृष्ठाचे तपमान घसरू लागते तसतशी दृश्यमानता कमी होत जाते व क्रमाक्रमाने धूसरता, झाकळ आणि धुके असे आविष्कार प्रतीत होतात.

(लेखन सहभाग : श्री. कृ. म. गद्रे)

□ □ □

१३

उष्णकटिबंधीय चक्रीवादळे

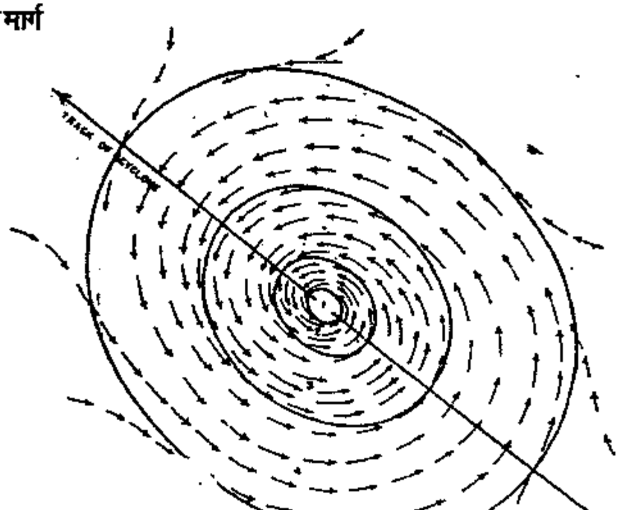
लहरी निसर्ग आणि महत्त्वाकांक्षी मानव ह्यांच्यामधील संघर्ष अनादिकालापासून चालू आहे. मानवाने जिद्दीने जिवंत राहण्याचा प्रयत्न करायचा, निसर्गावर मात करून त्याला नमवायच्या योजना आखायच्या, अल्पस्वल्पसे यश मिळवायचे, आनंदून जायचे, आणि निसर्गाने मध्येच केव्हातरी अनपेक्षितपणे आपले खरे रौद्र स्वरूप दाखवून त्याच्या आनंदावर विरजण टाकायचे असे प्रकार आपण प्रत्यही पाहतोच. हवामानाचेच पाहाना. माणसाला जिवंत राह्यला अन्न लागते, ते अन्न त्याला वनस्पतींपासून आणि वनस्पती खाऊन जगणाऱ्या प्राण्यांपासून मिळते. दोघांनाही पाण्याची आवश्यकता असते. त्यासाठी सर्वजण निसर्गावर अवलंबून असतात. निसर्ग खूष असला की सर्व ठिकाणी योग्य वेळी योग्य प्रमाणात पाऊस पडतो, शेतात भरघोस पिके उभी राहतात. शेतकरी भावी उत्कर्षाची मनोरम स्वप्ने पाहू लागतो. पण मध्येच निसर्गाची लहर फिरते. एकाएकी पाऊस पडणे बंद होते. प्रदीर्घ अवर्षणामुळे पिके वाळून नष्ट होतात. कधी कडक थंडीची लाट येते आणि हिवाळी पिकांचा विनाश होतो, तर कधी वातावरणात वातचक्रे किंवा आवर्त, भोवरे निर्माण होतात, अतिवृष्टी होते. झंझावात, प्रचंड वादळे, महापूर यांमुळे कापणीसाठी तयार झालेल्या पिकांची नासाडी होते. क्वचित् प्रसंगी प्राणहानीही होते. वरुणदेवतेच्या ह्या भीषण आक्रंदनाकडे पूर्वीचा मानव असहायपणे बघायचा, आपल्या दैवाला दोष द्यायचा आणि स्वस्थ बसायचा. आताचा मानव विज्ञान शास्त्रातील प्रगती आणि आश्चर्यजनक शोधांमुळे जास्त चौकस, कार्यक्षम आणि महत्त्वाकांक्षी झाला आहे. वरुणदेवतेच्या लहरी आणि विचित्र स्वभावाची त्याला थोडीशी कल्पना आली आहे. हवामानातील विघातक दुर्घटनांची पूर्वसूचना देणे आता शक्य झाले आहे.

उष्णकटिबंधीय चक्रीवादळांचा आकार आणि त्यांचे भिन्न विभाग

हवामानाच्या अनेक आविष्कारात उष्णकटिबंधीय चक्रीवादळांचा प्रथमांक लागतो. चक्रीवादळ म्हणजे एक अत्यंत विध्वंसक अतिविराट स्वरूपाचे एक वायुचक्रच असते. भिन्न गुणधर्मांच्या वाऱ्यांचे त्यांत मंथन-संमिश्रण होत असते. पूर्ण विकसित चक्रीवादळाचा व्यास सुमारे १५० ते ८०० किलोमीटर्सपर्यंत असतो. उंची १२ ते १७ किलोमीटर्स इतकी असते. समुद्रावर असताना ती प्रतिदिवशी ३०० ते ५०० किलोमीटर्सच्या वेगाने फिरत असतात. चक्रीवादळाच्या केंद्रापासून ५० ते १०० किलोमीटर्सच्या भागात वाऱ्यांचा अधिकोत्तम वेग ताशी १६० किलोमीटर्सपर्यंत जाऊ शकतो. ह्याच भागात पर्जन्यवृष्टीही खूप होते. समुद्र अतिशय खवळलेला असतो. उत्तुंग लाटांचे थैमान-तांडवनृत्य चालू असते. साधारणपणे पूर्णविकसित उग्र वादळात चार विभाग स्पष्ट दिसतात.

358794

चक्रीवादळाचा मार्ग



पूर्ण विकसित उष्ण कटिबंधीय वादळाचे चार विभाग

१. केंद्रीय शांत विभाग २. झंझावाती वाऱ्यांचा आणि प्रचंड पर्जन्य वृष्टीचा विभाग

३. तीव्र वाऱ्यांचा प्रदेश ४. क्षीण वाऱ्यांचा प्रदेश

(१) केंद्रीय शांत विभाग किंवा वातचक्राक्ष (आय ऑफ दी स्टॉर्म)

१० ते ३० किलोमीटर्सचा व्यास असलेल्या ह्या विभागात वारे क्षीण गतीने वाहतात, आकाश बव्हंशी निरभ्र किंवा अल्प प्रमाणात अभ्राच्छादित असते. पाऊस बहुधा नसतोच.

(२) ताशी ९० किलोमीटर्सपेक्षाही अधिक गतीने आवर्त दिशेने (उत्तर गोलार्धात) वाहणाऱ्या झंझावाती वाऱ्यांचा आणि प्रचंड पर्जन्यवृष्टीचा कंकणाकृती विभाग.

५० ते १०० किलोमीटर्स जाडी आणि १५ ते १७ किलोमीटर्स उंची असलेल्या ह्या प्रदेशात वातावरणीय प्रेरण सारखे कमी होत असते. ही पोकळी भरून काढण्यासाठी चोहोबाजूंनी हवेचा आत प्रवेश होत असतो आणि ती हवा घुसळून वर चढत असते. त्यामुळे केंद्रीय शांत विभागाभोवती ढगांचे एक वाटोळे कडे निर्माण होते. एक दुर्गम भिंतच जणू!

वातचक्राक्षाच्या भोवतालच्या ह्या कंकणाकृती कड्यांना आय-वॉल अशी संज्ञा दिली गेली आहे. वादळाचे खरे रौद्र स्वरूप किंवा तुंबळ थैमान ह्या प्रदेशातच आढळून येते.

(३) तीव्र वाऱ्यांचा बहिर्कंकणाकृती प्रदेश

ह्या विभागात वाऱ्यांचा वेग ताशी ५० ते ९० किलोमीटर्सपर्यंत असतो आणि वादळाच्या केंद्रापासून जसजसे अंतर वाढत जाईल तसतसा तो कमी होत असतो. ह्या बहिर्कंकणाच्या उजवीकडच्या अर्ध्या भागातच वारे अधिक प्रबल असतात. पर्जन्यवृष्टी यथातथाच असते. ह्या कंकणाचा विस्तार १०० ते ६०० किलोमीटर्सपर्यंत असू शकतो. आकार लंबवर्तुळाकृती असतो.

(४) आवर्त दिशेने (उत्तर गोलार्धात) फिरणाऱ्या क्षीण वाऱ्यांचा अतिबाह्यकंकणाकृती प्रदेश

ह्याचा विस्तार ६०० पासून १२०० किलोमीटर्सपर्यंत असतो. ह्या प्रदेशाचाही आकार लंबवर्तुळाकृती असतो. अनेकदा वादळी वाऱ्यांच्या झंझावाती स्वरूपामुळे आणि दळणवळणाची साधने व यंत्रणा विस्कळित झाल्यामुळे चक्रीवादळांच्या केंद्राजवळील भागातील हवामानविषयक निरीक्षणे उपलब्ध होत नाहीत. त्यामुळे चक्रीवादळांचे केंद्र निश्चित करणे कठीण होते. अशा वेळी काही ठराविक वेळेची निरनिराळ्या उंचीवरील वायुस्थिती दर्शविणाऱ्या नकाशांवर ही आवर्त दिशेने फिरणारी अतिबाह्य कंकणाकृती वायुमंडळे स्पष्टपणे दिसू शकतात. त्यावरून चक्रीवादळांचे अस्तित्व, त्यांचा विस्तार, त्यांनी प्रभावित केलेले क्षेत्र, त्यांची गमनदिशा आणि त्यांची तीव्रता यांबद्दल अचूक तर्क करता येतात. आकृतीमध्ये पूर्ण विकसित तीव्र

चक्रीवादळाचे चारही विभाग स्पष्टपणे दाखविले आहेत.

चक्रीवादळाचे उगमस्थान, आक्रमणमार्ग, चलनवेग आणि पुनरागमन निर्देशांक

जेथे समुद्राच्या पृष्ठभागाचे तपमान २६ ते २८ शतक्रमी अंशांपर्यंत असते अशा विषुववृत्ताजवळील निर्वात प्रदेशात म्हणजे ८ ते १५ अक्षांशामधील प्रदेशातील समुद्रावर ही उष्णकटिबंधीय चक्रीवादळे, पावसाळ्याच्या सुरुवातीपूर्वी (एप्रिल-मे महिन्यात) आणि पावसाळा संपल्यानंतर (ऑक्टोबर, नोव्हेंबर व डिसेंबर महिन्यात) निर्माण होतात. आकृती क्रमांक २ मध्ये त्यांचे उगमस्थान आणि चलनदिशा दाखविल्या आहेत. त्यावरून भारताच्या पूर्व किनाऱ्याला फार मोठ्या प्रमाणात वादळापासून धोका असतो हे दिसून येईल. थोड्याफार प्रमाणात तसाच धोका उत्तर महाराष्ट्र आणि सौराष्ट्र गुजराथच्या किनारपट्टीवरील शहरांनाही संभवतो.

चक्रीवादळे अत्यंत विध्वंसक असतात. उन्मत्त वाऱ्यामुळे कच्ची घरे कोलमडून पडतात. कौलारू किंवा टिनाच्या पत्र्यांच्या छपरांची वाऱ्यावर वरात निघते. त्यांच्या मार्गात आलेली गुरेढोरे व माणसे कापली जातात. टेलिग्राफ व टेलिफोनचे खांब किंवा वीजवाहक तारांचे खांब मोडतात, उन्मळून पडतात, तारा तुटतात. बाह्य जगाशी दळणवळण तुटते. मोठमोठी झाडे पडतात. त्यांच्या ओझ्याखाली माणसे व गुरे चिरडली जातात. विद्युतवाहक तारांना अभावितपणे स्पर्श केल्यास विजेचा धक्का लागून माणसे दगावतात. रेल्वे-मोटर-विमान वाहतूक बंद पडते. सतत पडणाऱ्या मुसळधार पावसामुळे नद्यांना पूर येतात, पूल वाहून जातात, लोहमार्ग विस्कळीत होतात. घरांच्या ओल्या भिंती कोसळतात. शेतात सर्वत्र पाणीच पाणी होते. उग्र वाऱ्यामुळे उभी पिके जमीनदोस्त होतात झाडांवरील अपक्व फळे खाली पडतात, सडतात, कुजतात. मळे, बागायती उध्वस्त होतात. समुद्रावरील जहाजांचे अनियंत्रितपणे परिभ्रमण सुरू होते, त्यांचा तोल सुटतो. कधीकधी दोन जहाजे एकमेकांवर आदळतात, तर कधी बेछूटपणे फिरणारी जहाजे किनाऱ्यावर किंवा कोठल्यातरी खडकावर आपटून फुटतात, आणि विनाश पावतात. मच्छीमारीसाठी समुद्रावर गेलेल्या कोळ्यांची आणि त्यांच्या नौकांची वाताहात होते.

उष्णकटिबंधीय चक्रीवादळांमुळे जी मनुष्यहानी होते ती बव्हंशी केंद्रीय विभागाच्या आक्रमणामुळे होते. येथे वाऱ्यांचा वेग जरा कमी असला आणि आकाश ढगाळलेले नसले तरी मध्यभागी ३ ते ९ मीटर्स उंचीपर्यंत पाणी साचले जाते आणि ते सारखे घुसळून निघत असते. ३० किलोमीटर्स व्यास आणि ८-९ मीटर्स उंची

असलेला पाण्याचा हा प्रचंड स्तंभ वादळाबरोबरच प्रवास करीत असतो. जेव्हा चक्रीवादळ किनाऱ्यावर येऊन थडकते तेव्हा हे सर्व पाणी किनाऱ्यालगतच्या सखल प्रदेशात इतस्ततः पसरते. ह्याला टायडल वेव्ह किंवा वादळी भरतीची लाट असे म्हणतात. त्यामुळे किनाऱ्यावरील प्रदेश निमिषार्धात जलमय होतात. महापूर आल्यासारखे वाटतात. फार मोठ्या प्रमाणावर वित्तहानी आणि प्राणहानी होते. प्रतिशत ७५ टक्के मनुष्यहानी ह्या प्रकारच्या भरतीच्या लाटेमुळे होते. शेतातील जमीन क्षारमय होते, तिची सुपीकता मावळते आणि अनेक वर्षांपर्यंत ती निकामीच राहते.

इ.स. १८९१ पासून तो १९७० च्या ८० वर्षांच्या कालावधीत निम्नलिखित कोष्टकात दिल्याप्रमाणे चक्रीवादळे निर्माण झाली.

महिना	बंगालचा उपसागर		अरबी समुद्र	
	सर्व प्रकारची चक्रीवादळे	अतिउग्र चक्रीवादळे	सर्व प्रकारची चक्रीवादळे	अतिउग्र चक्रीवादळे
जानेवारी	६	२	१	-
फेब्रुवारी	१	-	-	-
मार्च	४	१	-	-
एप्रिल	१९	८	५	३
मे	४२	२४	१५	१०
जून	४४	६	१६	८
जुलै	५८	८	२	-
ऑगस्ट	४२	-	२	-
सप्टेंबर	५१	९	५	-
ऑक्टोबर	८०	२५	१९	५
नोव्हेंबर	७३	२९	२५	१८
डिसेंबर	३६	५	५	१
एकूण संख्या	४५६	११७	९५	४५

अरबी समुद्रापेक्षा बंगालच्या उपसागरातच अधिक वादळे निर्माण होतात. सरासरीने पाहता भारतीय समुद्रात नैर्ऋत्य मान्सूनच्या पावसाळ्यापूर्वी निदान एक तरी उग्र चक्रीवादळ निर्माण होते, तर पावसाळ्यानंतरच्या कालावधीत एक किंवा दोन उग्र स्वरूपाची चक्रीवादळे निर्माण होतात. पावसाळ्यानंतरची चक्रीवादळे अत्यंत विध्वंसक असतात. भारताच्या पूर्व किनाऱ्याला खरा धोका ह्याच वादळांपासून

होतो.

उष्णकटिबंधीय चक्रीवादळे, साधारणपणे, एका दिवसात ३०० ते ५०० किलोमीटर्स अंतर कापतात. विकासाच्या निरनिराळ्या अवस्थेत असताना त्यांचा चलनवेग भिन्न असतो. तथापि तो दर ताशी २५ किलोमीटर्स पेक्षा जास्त नसतो. कधी कधी मात्र ही चक्रीवादळे सतत तीनचार दिवस एकाच ठिकाणी अडकून पडलेली दिसतात. तर कधी एकाच दिवसात त्यांनी १००० किलोमीटर्सचा प्रवास केलेला आहे असे दिसून येते. पण ह्या घटना अपवादात्मक म्हणून घडून येतात. प्राथमिक अवस्थेत असताना चक्रीवादळाचा चलनवेग दरताशी १० किलोमीटर्सपेक्षा कमीच असतो. पूर्वेकडून पश्चिमेकडे येताना तो दरताशी १२ ते १५ किलोमीटर्स असा असतो. १५ ते २० अक्षांशाच्या पट्ट्यात चक्रीवादळे उत्तरेकडे वळतात, त्या वेळी त्यांचा चलनवेग अतिशय कमी होतो. नंतर त्यांची चलनदिशा बदलते आणि चक्रीवादळे पश्चिमेकडून पूर्वेकडे जाऊ लागतात. ह्या वेळी त्यांचा चलनवेग वाढतो. २५ ते २८ अक्षांशानंतर ह्या चक्रीवादळांचे स्वरूप बदलते. स्पष्टपणे दिसणाऱ्या "थंड" आणि "उष्ण", "आघाड्या" (Fronts) त्यात निर्माण होतात.

चक्रीवादळांचे विध्वंसक स्वरूप :

उष्णकटिबंधीय चक्रीवादळांमुळे भारताच्या किनाऱ्यावरील शहरांचे दरवर्षी अतिशय नुकसान होते. दिनांक १६ ऑक्टोबर १९४२ ला पश्चिम बंगालमध्ये एक चक्रीवादळ शिरले. वाऱ्याचा महत्तम वेग ताशी १४० मैलांपर्यंत पोचला होता. बंगालच्या उपसागरात नांगर रोवून स्थिरावलेल्या अनेक जहाजांना ह्या वादळाने तडाखा दिला. काही ठिकाणी २४ तासात ३० सेंटिमीटर्सहून अधिक पाऊस पडला. मिदनापूर आणि २४-परगणे ह्या दोन जिल्ह्यांत अपरिमित वित्तहानी झाली. १५,००० माणसे प्राणास मुकली, ६०,००० गुराढोरांची वाताहात झाली. दिनांक २२/२३ डिसेंबर १९६४ च्या रात्री एक वादळ उत्तर सिलोन पार करून दक्षिण हिंदुस्थानात येऊन धडकले. मंडपम् आणि पांबनमधील लोहमार्गावरील एक पूल संपूर्णपणे वाहून गेला. धनुष्यकोडी नावाचे शहर पूर्णतया उध्वस्त झाले. रामेश्वरम् बेटाकडे जाणारी एक आगगाडी वाहून गेली आणि तिच्यातील सर्व उतारू पाण्यात बुडून गेले. मनुष्यहानी ९०० च्या वर गेली. इ.स. १९६९ च्या मे महिन्यात बंगालच्या उपसागरात निर्माण झालेले एक वादळ आंध्र प्रदेशातील पूर्व किनाऱ्यावरील बापटला नावाच्या गावाला दिनांक १७ ला धडक देऊन आत शिरले. अतोनात पर्जन्यवृष्टी झाली, महापूर आले. गुंतूर जिल्ह्यातील अनेक खेडी उजाड झाली. ६०० माणसे, रस्ते ह्यांची अतिशय

चक्रीवादळाने भंगलेली घरे

मोडतोड झाली. उभी पिके जमीनदोस्त झाली. कोट्यवधी रुपयांचे नुकसान झाले.

अशाच प्रकारच्या आपत्तींची नोव्हेंबर (१९६९) महिन्यात आंध्र प्रदेशातच पुनरावृत्ती झाली. बंगालच्या उपसागरात पश्चिम-मध्यभागी एक वादळ निर्माण झाले. त्याने शुक्रवार दिनांक ७ नोव्हेंबर १९६९ ला दुपारी काकिनाडा आणि मच्छलीपट्टणमच्या मधून आंध्र प्रदेशात शिरून धुमाकूळ घातला. २४५ माणसे मृत्युमुखी पडली आणि १०९ कोटींची वित्तहानी झाली. ह्या वेळचे हवामानाचे अंदाज अगदी अचूक होते. हवामान शास्त्रज्ञाला कृत्रिम उपग्रहांनी पाठविलेल्या चित्रांची बहुमोल मदत झाली. कुलाबा वेधशाळेतील स्वयंचलित चित्रग्रहणीने दिनांक २ ते १० नोव्हेंबर १९६९ पर्यंत वादळ कसकसे मार्ग आक्रमीत होते ह्याबद्दल अत्यंत महत्त्वाची माहिती पुरविली होती

दिनांक ९ मे १९६१ ला त्रिपुरा राज्यातील आगरतला या राजधानीच्या शहरी वादळाने घातलेला धुमाकूळ अविस्मरणीय राहील. वाऱ्याचा महत्तमवेग ताशी १०४ मैलांपर्यंत पोहोचला. एकाही घराचे छप्पर मोडतोड झाल्याशिवाय किंवा वाऱ्याबरोबर उडून गेल्याशिवाय राहिले नाही. असंख्य लोक एकाएकी घरादारांना मुकले. विमानांची

मोडतोड झाली. वीजघर बंद पडले. तीन दिवस आगरतळ्याचा बाह्य जगाशी संपर्क तुटला होता. उग्र वाऱ्यांचे तांडवनृत्य, त्यामुळे झालेली हानी आणि लोकांची दैना मी स्वतः डोळ्यांनी पाहिली. कित्येक लोकांना उदरनिर्वाहासाठी भीक मागण्याखेरीज दुसरे कोठलेच साधन उरले नव्हते !

चक्रीवादळावर नियंत्रण आणि त्यांपासून संरक्षण

चक्रीवादळाचे भयंकर स्वरूप आपण पाहिले. आता प्रश्न उद्‌भवतो : निसर्गाच्या ह्या भीषण दुर्घटनांपासून मानव आपले संरक्षण करू शकतो का ? भावी काळात वरुणदेवतेचा आपल्यावर कोप होणार आहे ह्या बद्दलची पूर्वसूचना मानवाला मिळाल्यास त्यापासून तो आपला बचाव करण्याच्या काही योजना आखू शकतो का ?

उत्तरादाखल असे म्हणता येईल की समुद्रावर वादळे निर्माण व्हायची काही थांबणार नाहीत, मानव त्यांची निर्मिती थांबवू शकणार नाही. पण सध्या उपलब्ध झालेल्या शास्त्रीय साधनांनी तो चक्रीवादळांचे वेध घेऊ शकेल. त्यांची केंद्रे, चलनदिशा आणि महत्तम पवनवेग निश्चित करू शकेल. कोणत्या किनाऱ्यावर केव्हा आणि कोठे ती वादळे येऊन थडकतील हेही सांगू शकेल. स्वतःचे संरक्षण करण्यासाठी एवढी पूर्वसूचना पुरेशी राहील. आता समुद्रावरची हवामानाविषयक निरीक्षणे उपलब्ध झाली आहेत. अनेक जहाजांवर ती निरीक्षणे करतात आणि निकटवर्ती हवामान केंद्रांना ती माहिती पुरवितात. विमाने म्हणजे आपल्या अंतरीक्ष वेधशाळाच होत. त्यांच्यामुळे आपल्याला जमिनीपासून १५ किलोमीटर्स उंचीपर्यंतच्या वातावरणाच्या गुणधर्मांचे ज्ञान होते. पण अमेरिकन आणि रशियन हवामान शास्त्रज्ञांनी ''टायरॉस'', ''कॉस्मॉस'', ''मोलनियाल'' ''एस्सा'', ''निंबस्'' नावाचे कृत्रिम उपग्रह अंतराळात सोडून ७२५ किलोमीटर्स (किंवा ४०० मैल) उंचीपर्यंत वातावरणाची संपूर्ण माहिती मिळविणे शक्य केले आहे. हे कृत्रिम उपग्रह म्हणजे अंतराळातील वेधशाळाच होत. पृथ्वीभोवती एक प्रदक्षिणा पूर्ण करायला ह्या उपग्रहांना सुमारे शंभर मिनिटे लागतात. अशा प्रदक्षिणा करता करता टेलिव्हिजन कॅमेऱ्यांच्या किंवा निकाशप्रेषकांच्या साह्याने प्रचंड चक्रीवादळांची केंद्रे, त्यांच्याशी निगडीत झालेली ढगांची रचना, हिमक्षेत्रे, गोठलेले समुद्र, सूर्याची तेजशिखा आणि पृथ्वीची भौगोलिक रूपरेषा इत्यादिकांची चित्रे ते पृथ्वीवर पाठवितात. पृथ्वीच्या उष्णतेचे अंतराळात होणारे विसर्जनही हे उपग्रह सहज मोजतात. एका दिवसात संपूर्ण पृथ्वीवरील हवामान परिस्थितीचे ते परीक्षण करू शकतात.

चक्रीवादळाच्या तडाख्यात वाकडे झालेले विजेचे खांब आणि
बुंध्यांसकट कोसळू पहाणारे वृक्ष

उपरिनिर्दिष्ट भिन्न साधनांनी, विविध निरीक्षणांनी मिळविलेली सर्व माहिती हवामानाचे दैनंदिन अंदाज वर्तविण्यासाठी अत्यावश्यक असते. ह्या माहितीच्या आधारे एका विशिष्ट वेळेची वातावरणस्थिती दर्शविणारे अनेक नकाशे हवामानशास्त्रज्ञ तयार करतो. अनुभव आणि गणितशास्त्राची मदत घेऊन त्या नकाशांचे तो विश्लेषण करतो आणि काही विवक्षित क्षेत्रातील हवामानाच्या सद्यःस्थितीबद्दल एक स्पष्ट चित्र निर्माण करतो. त्यावरून त्याला भविष्यात घडून येणाऱ्या बदलांची रूपरेषा

आखता येते. त्यामुळे वादळे कोठे निर्माण झाली आहेत, कोणत्या दिशेने ती जात आहेत, विमानांना आणि जहाजांना कोठे व कसा धोका आहे, कोणत्या ठिकाणी चक्रीवादळे येऊन आपला प्रभाव दाखवतील हे हवामानशास्त्रज्ञ सांगू शकतो.

चक्रीवादळांची पूर्वसूचना देण्यासाठी भारतीय हवामान खात्याने मुंबई, कलकत्ता आणि चेन्नई येथे खास केंद्रे स्थापिली आहेत. ती अहोरात्र भारतातील आणि निकटवर्ती समुद्रांवरील हवामान परिस्थितीवर देखरेख करतात. समुद्रांवर वादळ निर्माण होताच भारतीय आकाशवाणी, वृत्तपत्रे, पोलिस-रेडियो, तारायंत्रे, बंदरांवर स्थापन केलेली रेडियो-यंत्रणा, इत्यादिकांकरवी धोक्याच्या सूचना प्रसृत केल्या जातात आणि लोकांना, जहाजांना आणि विमानांना सावध केले जाते. बंदरांवर धोकासूचक बावटे किंवा विशिष्ट प्रकारची सांकेतिक चिन्हे उभारली जातात. कालवे, रेल्वे, टेलिग्राफ, सार्वजनिक निर्माण विभागांच्या अनेक कार्यालयांना तातडीचे संदेश पाठविले जातात.

साधारणपणे जेथे चक्रीवादळे जास्त प्रमाणात येऊन थडकतात अशा किनारपट्टीवरील महत्त्वाच्या ठिकाणी "रडार" यंत्रांची स्थापना केली तर वादळांच्या पूर्वसूचना अचूकपणे देणे शक्य होईल. त्याचप्रमाणे अनेकविध शास्त्रीय उपकरणांनी सज्ज झालेल्या संशोधक विमानांनी जर चक्रीवादळांच्या भोवऱ्यात प्रवेशून विविध भागांची शास्त्रीय निरीक्षणे केली तर वादळांच्या आंतररचनेचे पूर्णपणे ज्ञान होईल. वादळांची तीव्रता, त्यांची आक्रमणदिशा कळेल आणि त्या माहितीवर आधारलेले हवामानाचे अंदाज उपयुक्त ठरतील. आठ ठिकाणी विशिष्ट प्रकारचे "वादळसूचक रडार" (सायक्लोन वॉर्निंग रडार) स्थापून हवामान शास्त्रज्ञांना समुद्रावरील चक्रीवादळांची माहिती सातत्याने उपलब्ध करून दिली जाते. ती आठ ठिकाणे अशी : मुंबई, गोवे, नागापट्टणम्, मद्रास, मच्छलिपट्टणम्, विशाखापट्टणम्, भुवनेश्वर, कलकत्ता. अशा तऱ्हेचे पहिले १० सेंटिमीटर तरंगायामाचे रडारयंत्र जानेवारी १९७० ला विशाखापट्टणम् येथील "डॉल्फिन नासिकाग्र" (डॉल्फिन्स नोजहिल) नावाच्या टेकडीवर बसविले आहे. ह्या यंत्रामुळे ४०० किलोमीटर्स दूर असलेल्या चक्रीवादळांचा वेध घेता येऊन त्यांचे केंद्र निश्चित करता येते आणि ते किनाऱ्यावर नक्की कोठल्या भागी धडक देईल तेही सांगता येते.

चक्रीवादळांच्या बाबतीत एक मोठा प्रश्न नेहमी विचारला जातो तो हा की, शास्त्रीय प्रयोग करून आपण चक्रीवादळांची तीव्रता-विध्वंसकता-कमी करू शकतो का? त्यांची चलनदिशा बदलू शकतो का? किनाऱ्याकडे चालत येणारी वादळे परत समुद्राकडे लोटून देऊन किनारपट्टीवरील शहरांवरचे संभाव्य संकट टाळू शकतो का?

अशा तऱ्हेचे प्रयोग गेली काही वर्षे अमेरिकेत "प्रोजेक्ट स्टॉर्मफ्युरी" या योजनेखाली केले जात आहेत. एका प्रयोगात "डेब्बी" नावाच्या चक्रीवादळाच्या केंद्रीय गाभ्याच्या प्रदेशात शिरून ९ विमानांनी पालाश आयोडदचे कण विखुरले. त्यामुळे वाऱ्यांची गती ताशी ११८ मैलांवरून ८२ मैलांवर खाली आली असा दावाही केला गेला. पण असल्या प्रयोगांचे मूल्यमापन अजून व्हायचे आहे. वादळातील बीजारोपणाचे सर्वच प्रयोग काही यशस्वी होत नाहीत. तेव्हा त्याबद्दल विशेष आशा धरणे सध्या तरी निरर्थकच ठरेल !

चक्रीवादळाला मानव सहजासहजी नमवू शकणार नाही. लक्षावधी हायड्रोजन-बॉम्बची विराट शक्ती त्यात सामावलेली असते. सध्या आपण चक्रीवादळांपासून संभवणारा धोकाच फक्त टाळू शकतो. उग्र चक्रीवादळांपासून दूर जाऊन, म्हणजे प्रचंड वादळी वाऱ्यांशी सामना देण्यापेक्षा त्या वाऱ्यांना पाठ दाखवून आत्मसंरक्षण करणे हेच सद्यःपरिस्थितीत श्रेयस्कर आहे. त्यासाठी सुद्धा एक अधिकृत यंत्रणा लागते. भारत सरकारने वादळग्रस्तांसाठी दुःखनिवारक समिती (डिझॅस्टर मिटिगेशन कमिटी) १९७० मध्ये स्थापन केली आहे.

एखाद्या भागावर चक्रीवादळाचे आक्रमण होणार आहे असा अधिकृत अंदाज वर्तविला गेला असेल तर त्या भागातील लोकांनी पुढीलप्रमाणे दक्षता घेणे योग्य ठरेल.

(१) समुद्रकिनाऱ्यावरील सखल प्रदेशात किंवा खोलगट भागात राहणाऱ्या लोकांनी गुरेवासरे आणि इतर प्राण्यांना बरोबर घेऊन तावडतोब दुसरीकडे जावे.

(२) नौका, छोट्या होड्या, जहाजे, इत्यादिकांना निवाऱ्याच्या जागी नेऊन बळकट दोरांनी बांधून ठेवावे.

(३) कच्च्या किंवा पडक्या घरांचा कधीही आसरा घेऊ नये. घरांची दारे-खिडक्या नीट लावून ठेवाव्या.

(४) चाकू, सुऱ्या, खुर्च्या, लहान टेबले, भांडी, फ्लॉवर-पॉटस् इ. सारख्या किरकोळ वस्तू एका खोलीत बंद करून ठेवाव्या. त्या मोकळ्या ठेवल्यास वादळाच्या प्रचंड वाऱ्यामुळे ह्या वस्तू हवेत विखुरल्या जातात, द्रुतगतीने इतस्ततः भ्रमण करू लागतात. अशी प्रत्येक वस्तू म्हणजे एक छोटेसे प्राणघातक अस्त्रच होय.

(५) दोनतीन दिवस पुरतील अशा तयार खाद्यपदार्थांचा आणि पिण्याच्या

पाण्याचा पुरेसा साठा घरात नीट बंदोबस्ताने संग्रही ठेवावा.

(६) चक्रीवादळ आपला अंमल गाजवीत असताना बाहेर जाणे शक्यतोवर टाळावे. वादळाचा केंद्रीय शांत विभाग एखाद्या गावावरून जात असता हवामानात एकदम सुधार होतो, पण तो अल्पकालीन असतो. एकदोन तासातच पुनः उलट दिशेने वादळी वारे वाहू लागतात आणि मुसळधार वृष्टीला सुरुवात होते.

(७) अफवांवर केव्हाही विश्वास ठेऊ नये. फक्त अधिकृत बातम्या आणि संदेश ग्राह्य मानावे.

उग्र चक्रीवादळ निघून गेल्यानंतर जिकडे तिकडे हृदय विदारक मोडतोड, पडझड झालेली दिसून येईल. अनेक ठिकाणी वीजवाहक तारा लोंबत असल्याचे किंवा एकमेकांत गुरफटून गेल्याचे दिसेल. त्यांचा स्पर्श कटाक्षाने टाळावा. त्या तारा दूर सारणे अटळच असेल तर त्यासाठी कोरड्या बांबूचा किंवा कोरड्या काठ्यांचा उपयोग करावा. लटकत्या तारांबद्दल योग्य अधिकाऱ्यांना कळवावे. काही झाडे, त्यांच्या फांद्या आणि काही घरेसुद्धा पडण्याच्या स्थितीत असतील. त्यांना टाळून अत्यंत सावधतेने आपला मार्ग आक्रमावा. वादळाच्या हाहाःकारानंतर रोगराई पसरण्याचा संभव असतो. तो कुप्रसंग टाळण्यासाठी अधिकृत वैद्यकीय पथकांशी सहकार्य करावे.

कटू अनुभव आल्यानंतरच ही दुःखनिवारक यंत्रणा सुचली आहे. तिच्या नियमांचे कसोशीने पालन केल्यास बरीचशी जीवितहानी टळू शकेल. अमेरिका, मेक्सिको, वेस्ट इंडीज, ऑस्ट्रेलिया, मॉरिशस, जपान, इत्यादींसारख्या प्रगत देशांत रेल्वे, मोटारी व विमानांच्या साह्याने अल्पावकाशात लाखो लोकांना सुरक्षित ठिकाणी हलविता येते आणि जीवितहानी कमी करता येते. भारताने असल्या मार्गाचे अवलंबन का करू नये ?

❑ ❑ ❑

१४

वातावरणीय प्रदूषण

पृथ्वीवर वनस्पती, मानव व मानवेतर प्राणी आणि इतर जीव ज्या पर्यावरणात (परिसरात) राहतात, त्या परिसरातील विविध घटकांत संतुलन प्रस्थापित झालेले असते. सजीवांच्या एका जातीने त्याज्य केलेल्या वस्तू (नैसर्गिक अपशिष्टे) दुसऱ्या प्रकारच्या जातीला पोषणासाठी इष्ट असू शकतात. अशा परस्परावलंबनामुळे परिसराची संरचना व विशुद्धता सातत्याने टिकून राहते आणि जीवनचक्र अव्याहतपणे चालू राहते. परंतु सध्याच्या अफाट लोकसंख्यावाढीमुळे व औद्योगीकरणामुळे पृथ्वीच्या परिसरातील नेहमीच्या घटकांव्यतिरिक्त इतर अपायकारक घटक मोठ्या प्रमाणात परिसरात शिरतात, परिसराच्या विविध घटकांतील संतुलन बिघडवितात व पृथ्वीवरील वनस्पति व प्राणिजीवनाच्या सातत्याला धोका निर्माण करतात. अशा क्रियाप्रक्रियांमुळे प्रदूषण उद्‌भवते.

प्रदूषण ही मानवनिर्मित समस्या :

गेल्या तीनशे वर्षांपासून मानवाने परिसरात ढवळाढवळ करण्याचे आरंभिले आहे. प्रचंड प्रमाणावर जंगलांचा विनाश केला आहे. लोकसंख्या भयानक त्वरेने वाढत आहे. मानवी जीवन सुखी व समृद्ध व्हावे म्हणून उद्योगधंदे झपाट्याने वाढत आहेत. खनिज इंधनाच्या व अणुऊर्जेच्या साहाय्याने नैसर्गिक साधनसंपत्तीचे विविध प्रकारच्या वस्तूंत, यंत्रांत, उपकरणांत रूपांतर होत आहे. आंतरराष्ट्रीय बाजारपेठेत तीव्र स्पर्धा निर्माण झाली आहे. जगात अग्रेसरत्व मिळविण्यासाठी प्रगत राष्ट्रांत चुरस निर्माण झाली आहे. औद्योगिक उत्पादन वाढविणे हा एकच मार्ग त्यांनी अवलंबिलेला आहे. वाढत्या औद्योगीकरणामुळे शहरांची संख्या व विस्तार वाढत आहे. मोटारींची व अनेक प्रकारच्या वाहनांची संख्याही त्याबरोबरच वाढत आहे. अधिक धान्योत्पत्तीसाठी व ते धान्य टिकवून ठेवण्यासाठी खतांचा व कीटकनाशकांचा

वापर वाढला आहे. ह्या सर्व मानवी व्यवहारांमुळे घातक व रोगमूलक द्रव्यांचे असंख्य कण नद्यांत, महासागरांत, जमिनीत व वातावरणात विखुरले जातात. हे कण पृथ्वीच्या परिसरातील नियमितपणे आढळणारे घटक नसतात. ती परिसर प्रदूषित करणारी द्रव्ये असतात. आधुनिक युगात पर्यावरणी प्रदूषणाच्या ज्या कठीण समस्या निर्माण झाल्या आहेत त्या मानवानेच निर्माण केल्या आहेत. त्यांचा उगम वाढत्या लोकसंख्येत, शहरांच्या वाढत्या संख्येत, वाढत्या ऊर्जानिर्मितीत आणि तंत्रविज्ञानाच्या वाढत्या उपयोजनात आढळतो.

वातावरणीय प्रदूषण : औद्योगीकरणाचे परिणाम

वातावरणीय प्रदूषण ही ऐतिहासिक कालापासून त्रस्त करणारी समस्या आहे. इंधनामुळे वातावरण विषारी होते हे लोकांना पूर्वीपासून ठाऊक होते. कोळशावर शिजविलेले अन्न खाल्ल्यास माणूस आजारी पडतो किंवा क्वचित प्रसंगी मरतो अशीही फार पूर्वीच्या काळी समजूत होती. हीच समजूत गृहीत धरून इंग्लंडमध्ये प्रथम एडवर्डच्या कारकीर्दीत इ.स. १२७३ साली धुराचे उपशमन करण्यासंबंधीचा कायदा प्रथम अंमलात आणला गेला. तथापि, कोळशाच्या धुरामुळे हवा विषारी होते या प्रकाराची लोकांनी इतकी धास्ती घेतली होती की इ.स. १३०६ साली लंडनमध्ये कोळशाच्या वापरास संपूर्ण बंदी घालणारा शाही जाहीरनामा काढला गेला. एका कारागिराने या वातावरणीय प्रदूषणप्रबंधक संहितेचा भंग केला, तेव्हा न्यायालयीन चौकशीअंती त्याला दोषी ठरविण्यात आले व त्याचा शिरच्छेद केला गेला. प्रदूषणाच्या गुन्ह्याबाबत देहांताची शिक्षा झाल्याची ही पहिलीच ऐतिहासिक नोंद होय !

पण यानंतर साडेतीनशे वर्षांनी युरोपात औद्योगिक क्रांती घडून आली. जागतिक स्वामित्वासाठी स्पर्धा निर्माण झाली. आणि ह्या सर्व संकेतांकडे बुद्धिपुरःसर दुर्लक्ष केले गेले. औद्योगिक उत्पादन वाढविणे, बाजारपेठा काबीज करणे, जगात अग्रेसरत्व मिळविणे हे एकमेव ध्येय आखल्यामुळे सातत्याने वाढणाऱ्या औद्योगिक अपशिष्टांची विल्हेवाट लावण्याकडे दुर्लक्ष होऊ लागले. सध्या पर्यावरणी प्रदूषणाची जी समस्या उद्भवली आहे ती केवळ औद्योगिक उत्पादन क्षेत्रातील स्पर्धेमुळे ! कारखान्यांतून उत्सर्जित होणारी अपशिष्टे निर्धोक करण्यासाठी खर्च करण्याची कुणाही उद्योगपतीची तयारी नसते !

मानवाने अवलंबिलेल्या औद्योगीकरणामुळे गेल्या ७५ वर्षांत सहा लक्ष टन अँटिमनी, तितकेच आर्सेनिक, दहा लक्ष टन कोबाल्ट, आठ लक्ष टन निकेल यांसारख्या विषारी वस्तूंचे कण वातावरणात विखुरले गेले आहेत. कोळसा, खनिज तेले व इतर

जीवाष्म इंधन जाळल्यामुळे गेल्या शंभर वर्षांत २५,००० कोटी टन ऑक्सिजन संपुष्टात आला आणि त्याऐवजी ३६,००० कोटी टन कार्बन-डाय-ऑक्साईड वायू हवेत मिसळला. जंगलांपासून मोठ्या प्रमाणात ऑक्सिजन मिळतो, पण गेल्या वीस वर्षांत जगात इमारती लाकडांसाठी व इंधनासाठी बेसुमार झाडतोड होऊन ६६ टक्के जंगलांचा विनाश झाला. त्यामुळे ऑक्सिजनची उपलब्धता कमी झाली. शहरांच्या वाढत्या संख्येबरोबर मोटारींची संख्या वाढली. त्याचबरोबर मोटारींनी बाहेर टाकलेला कार्बन मोनॉक्साइड सारखा जहरी वायू हवेत अधिकाधिक प्रमाणात मिसळू लागला. आवाजाच्या वेगापेक्षा अधिक वेगाने प्रवास करणारी अत्याधुनिक सुपरसॉनिक (स्वनातीत) जेट विमाने मोठ्या प्रमाणात ऑक्सिजन वापरतात व उच्चतर वातावरणात जलबाष्प आणि कार्बन-डाय-ऑक्साइड सोडतात. तेथे जलबाष्पाचे मेघ बनतात, पृथ्वीपृष्ठाला मिळणाऱ्या सौर ऊर्जेचे प्रमाण कमी होते, पृथ्वी थंड होऊ लागते. स्थानिक जलवायुमानात अपरिवर्तनीय बदल घडून येण्याची शक्यता आता निर्माण झाली आहे . हिमयुगाला प्रारंभ होतो की काय अशी भीती व्यक्त केली जात आहे.

अनेक क्रियाप्रक्रियांमुळे वातावरणात अनेक प्रकारचे संदूषक कण किंवा वातावरण अशुद्ध करणारी अपद्रव्ये शिरतात. ती म्हणजे ज्वलनक्रियेमुळे निर्माण झालेले पदार्थ, प्राण्यांनी निश्वासित केलेले वायू, निरनिराळ्या वस्तूंचे सूक्ष्म धूलिकण, विकृतिकारक सूक्ष्मजीव, विविध पदार्थांचे बाष्पकण, निरनिराळे विषारी वायू, विविध उद्योगांत वापरलेली विद्रावके, वनस्पतींचे परागकण, कृषिकार्यात वापरलेल्या कीटकनाशकांचे कण, ही होत. त्यांच्या जोडीला जम्बुपार व अवरक्त प्रारण, गोंगाट (अप्रिय ध्वनी), परा-उच्च कंप्रतेचे ध्वनी आणि विशिष्ट प्रकारचे सूक्ष्मतरंगलांबीचे विद्युत्कर्षुकीय प्रारण यांसारखे अनिष्ट घटकही वातावरणात संदूषक म्हणून प्रवेश करतात. स्थलकालानुरूप ह्या भौतिक, रासायनिक व जैवघटकांचे प्रमाण आणि उपद्रव मर्यादेबाहेर गेल्यास प्रदूषण उद्भवते.

सध्या अतिप्रगत देशांत अनेक वस्तू काही काळ वापरल्यानंतर फेकून देण्यात येतात. त्यांत मुख्यत्वेकरून प्लॅस्टिकची भांडी, पिशव्या, आवरणे, वेष्टने, बाटल्या, टिनाचे डबे, काचेची तावदाने व इतर वस्तू आणि कागद यांचा समावेश असतो. थोडेसे नादुरुस्त झालेले टी.व्ही. सेट्स व मोटारगाड्याही फेकून देण्यात येतात. अमेरिकेच्या संयुक्त संस्थानांमध्ये प्रतिवर्षी ६००० कोटी टिनाचे डबे, ३००० कोटी बाटल्या-बरण्या, ४० लक्ष टन वजनाच्या प्लॅस्टिकच्या वस्तू, एक कोटी टन वजनाच्या लोखंड व पोलादाच्या वस्तू, ८० लक्ष टी.व्ही. सेट्स, ७० लक्ष ट्रक्स व मोटारगाड्या,

३ कोटी टन कागद व कागदी वस्तू फेकल्या जातात. शेतकी उद्योगातील २२८ कोटी टन वजनाच्या त्याज्य वस्तू, खनिज उद्योगांतून १७० कोटी टन वजनाच्या त्याज्य वस्तू, औद्योगिक प्रकल्पांतून बाहेर फेकलेले ११ कोटी टन वजनाचे त्याज्य पदार्थ, शहरी वस्त्यांतून साचणारा २५ कोटी टन वजनाचा कचरा व इतर त्याज्य वस्तू एकत्रित केल्या जाऊन शहरांबाहेर टाकण्यात येतात. इंग्लंडमध्येही प्रतिवर्षी सुमारे दोन कोटी टन वजनाच्या वस्तू बाहेर फेकल्या जातात. ह्या अडगळीतील वस्तूंतून प्रचंड प्रमाणावर प्रदूषण व घाण पसरते. त्यातून उपद्रवी कीटक उत्पन्न होतात व वनस्पतींचा संहार होतो. अनेक निरुपयोगी रबराच्या वस्तू, कचरा, टायर, कागद वगैरे जाळण्यात येतात व राख नद्यांत किंवा समुद्रात फेकून देण्यात येते. त्यामुळे वातावरणीय व जलीय प्रदूषणाची आपत्ती आपण ओढवून घेतो हे विसरले जाते.

अणुस्फोटांमुळे निर्माण झालेले व अणुगर्भीय विक्रियकांतून (अणुभट्ट्यातून) निघालेले किरणोत्सर्गी कण आसमंतात विखुरले जातात. शेतांतील पिकांवर, दुभत्या जनावरांच्या चाऱ्यावर, पाण्यावर, वनस्पतींवर व हवेत त्यांचे अतिक्रमण होते. त्यामुळे, परिणामी, एक विषारी व प्राणघातक खाद्यशृंखला निर्माण होते. पिकांवर फवारलेल्या कीटकनाशक द्रव्यांचाही काही अंश या खाद्यशृंखलेत शिरतो. वातावरणीय प्रदूषणाचे हे परिणाम मात्र फारच गंभीर स्वरूपाचे असतात.

बहुतेक सर्व प्रकारचे प्रदूषण औद्योगिक अपशिष्टांमुळे उद्भवते. उगमस्थानापाशीच जर नीट नियंत्रण ठेवले व ती निर्धोक केली तर पर्यावरणी प्रदूषणाची गंभीर समस्या बऱ्याच अंशी सोडविली जाऊ शकेल. दरवर्षी पोलाद व लोखंडाच्या कारखान्यांतून ४ लक्ष ८१ हजार टन धातवीय वस्तू अपशिष्टांच्या स्वरूपात वाया जाते. या अपशिष्टांचे पुनरावर्तन (recycling) करून ते धातू परत मिळविण्याचे प्रयत्न केले पाहिजेत. वातावरणात निसटणाऱ्या नुसत्या सूक्ष्मकणांतून व खाली साचणाऱ्या अवशेषांपासून अडीच लक्ष टन लोखंड व पोलाद परत मिळविता येते असे अमेरिकन व जर्मन शास्त्रज्ञांनी सिद्ध केले आहे.

वातावरणात प्रवेश करणारी दूषितके व त्यांचे परिणाम :

औद्योगिक उत्सर्जनामुळे वातावरणात अनेक संयुगांचे कण प्रवेश करतात. त्यांत एकदशांश मिमी. (१०० मायक्रॉन) पेक्षा कमी व्यास असलेले घनपदार्थांचे सूक्ष्म कण, आकाराने त्यापेक्षा मोठे असलेले खडबडीत कण, सल्फर-कार्बन-नायट्रोजन-ऑक्सिजन-हॅलोजन असलेली संयुगे, अमोनिया आणि काही किरणोत्सर्गी संयुगे आढळतात. यांशिवाय औद्योगिक उत्सर्जनात अनेक प्रकारची अतिसूक्ष्म वायुकलिले

(वातावरणात आलंबित अवस्थेत असलेले अतिसूक्ष्म कण) आढळतात. सूक्ष्म वायुकलिलांत कार्बन कण, धातवीय धूलिकण, अनेक सिलिकेट्स, फ्ल्युओराइड्स, डांबरी पदार्थांचे कण, रेझिन (राळ), परागकण, कवकांचे (बुरशीचे) कण, घनस्वरूपात आढळणारी काही ऑक्साइड्स, नायट्रेटस, सल्फेट्स, क्लोराइड्स, काही ॲरोमॅटिक संयुगे, आणि विविध प्रकारची रासायनिक द्रव्ये सामाविलेली असतात. हे कण प्रकाशाचे प्रकीर्णन करतात, इतर अधिशोषित दूषितकांमध्ये चालणाऱ्या मंदगती अन्योन्य क्रियांच्या बाबतीत उत्प्रेरकाची भूमिका बजावून त्या विक्रियांचा वेग वाढवितात. कधीकधी ह्या कणांना स्थिर विद्युतभार प्राप्त झालेला असतो. त्यामुळे ते इतर प्रकारच्या कणांचे संमीलन घडवून आणू शकतात. वायुरूप-कणांचे द्रवीभवन घडवून आणण्यात त्यांची फार मदत होते. कारखान्यांतून उत्सर्जित होणारे काही रासायनिक कण विशिष्ट वनस्पतींच्या व जनावरांच्या बाबतीत अत्यंत विषारी असू शकतात. काही रासायनिक कण धातूच्या वस्तूंवर गंज चढवू शकतात. त्यांना हळूहळू झिजवू शकतात किंवा त्यांच्या सर्वांगावर अतिसूक्ष्म छिद्रे पाडू शकतात. काही उत्सर्जित कण किरणोत्सर्गी असल्यास हवेतील आयनीकारक प्रारणाचे प्रमाण सह्य मर्यादेपेक्षा वाढते व तेथील परिसरात वावरणाऱ्या काही व्यक्तींना कर्करोग किंवा इतर असाध्य विकृती व विकार जडू शकतात. औद्योगिक उत्सर्जनात साधे धूलिकणच अधिकतम प्रमाणात व बहुसंख्येने उपस्थित असतात. या धुळीमुळे कपडे, फर्निचर, तैलचित्रे व रंगीत चित्रे मलिन होतात. इमारतींना अवकळा येते. धूळ असलेल्या हवेत फार वेळ श्वसन केल्यास असह्य त्रास होतो. काही प्रदूषकांचा हवेतील जलबाष्पाशी संयोग झाल्यामुळे क्षीण अम्ले तयार होतात. त्यामुळे संगमरवरी दगडांचे पुतळे, प्रसिद्ध चित्रकारांच्या कलाकृती, दुर्मिळ जुने ग्रंथ, घरांच्या भिंती, इत्यादी वस्तू खराब होतात. उंची कपडे, रबराच्या व कातड्याच्या वस्तू यांचा टिकाऊपणा नष्ट होतो. झाडे खुरटतात, हवेतील दुर्गंध अस्वस्थ करतो. हवेत सातत्याने धूसरता नांदत असते. त्यामुळे दृष्टिक्षेप मंदावतो, सीमित होतो. विद्युत्वाहक तारांवर अम्लीय दूषितकांचे व धुळीचे कण जमा होऊन तारांचे विद्युत्यंत्रांशी संबंध तुटतात आणि संपूर्ण विद्युत्यंत्रणा विस्कळीत होते. अनेक प्रसंगी अम्लीय सधूम धुकी निर्माण होतात, त्यामुळे वनस्पतींचा विकास खुंटतो, त्यांना फळेफुले येत नाहीत. धुरामुळे व धुक्यामुळे पृथ्वीपृष्ठाला मिळणाऱ्या आपाती सूर्यप्रकाशात घट होते. त्यामुळे मानवी शरीरात उत्पन्न होणाऱ्या डी-जीवनसत्त्वात घट होते. अतिसूक्ष्म कण फुफ्फुसांत, श्वसननलिकांत व डोळ्यांत गेल्यास विक्षोभ आणि दाह निर्माण होतो. ह्या व्यथांचे

पर्यवसन तंत्वात्मकता (फायब्रोसिस) व कर्करोगात होते. कोळशाच्या कणांमुळे ॲन्थ्रेकोसिस नावाचा फुफ्फुसांचा रोग होतो.

औद्योगिक उत्सर्जनात सल्फर (गंधक) व त्याची संयुगे लक्षवेधी प्रमाणात उपस्थित असतात. हायड्रोजन सल्फाइड हा वायू तर विषारीच असतो. सल्फरची विविध ऑक्साइड्स अत्यंत क्षोभकारक असतात. त्यांच्या जोडीला अनेक हायड्रोकार्बनिक व हॅलोजनीकृत संयुगेही उत्सर्जनात उपस्थित असतात. हायड्रोकार्बनिक संयुगांपैकी काही संयुगे कार्बन अणूंची पंचकोनी, षट्कोनी, किंवा इतर प्रकारची वलये करून निर्माण झालेली असतात. अशा बहुवलयान्वित ॲरोमॅटिक संयुगांमुळे दूषित झालेल्या हवेत ठेवलेल्या प्रायोगिक प्राण्यांना कर्करोग झाल्याचे आढळले आहे. ह्या कर्करोगजन्य संयुगांची वातावरणातील गाढता वाढल्यास व ती यथोचित प्रमाणाबाहेर गेल्यास त्याच वातावरणात मानवांनाही कर्करोग जडू शकेल हे उघड आहे.

औद्योगिक शहरांत मोटारगाड्या, ट्रक्स व बसेस ही अत्यावश्यक वाहने असतात. त्यातून निघालेला कार्बन मोनॉक्साइड हा विषारी वायू वातावरणात मिसळतो. रक्तातील हेमोग्लोबिनची ऑक्सिजन पसरविण्याची क्षमता कार्बन मोनॉक्साइड निष्प्रभ करू शकतो. मोठ्या शहरांतील ६० टक्के प्रदूषण मोटारींमुळे उद्‌भवते. इंधन ज्वलनामुळे कार्बन-डाय-ऑक्साइड हा वायूही वातावरणात मिसळतो, जगात प्रत्यही औद्योगीकरण वाढत आहे. त्यासाठी अमाप कार्बनसमृद्ध इंधन जाळण्यात येत आहे. दर वीस वर्षांनी दुप्पटीने कार्बनिक इंधन जाळले जाते व त्यामुळे त्याच वाढत्या प्रमाणात वातावरणात कार्बन-डाय-ऑक्साइड शिरत आहे असा शास्त्रज्ञांनी अंदाज केला आहे. सौर प्रारणातील अवरक्त भागाची ऊर्जा कार्बन-डाय-ऑक्साइड शोषून घेतो. त्यामुळे वातावरण उत्तरोत्तर तप्तर होते. पर्यायाने पृथ्वीपृष्ठाचे तापमान ३.६ सेल्सियस अंशांनी वाढले की ध्रुवप्रदेशावरील हिम वितळू लागेल, समुद्रपृष्ठाची पातळी वाढेल, हवामानावर अपरिवर्तनीय व विघातक परिणाम घडून येतील असेही अंदाज व्यक्त केले गेले आहेत. कार्बन-डाय-ऑक्साइडच्या प्रमाणात बदल झाल्यामुळे भूवैज्ञानिक कालांत पृथ्वीच्या हवामानात अनेक स्थित्यंतरे झाली, हिमयुगे अवतरली व कालांतराने नाहीशी झाली असा एक सिद्धांत रूढ आहेच.

धातुकर्म करणाऱ्या कारखान्यांतून व इतर प्रकारच्या औद्योगिक प्रकल्पांतून हॅलोजन असलेली अनेक अकार्बनिक संयुगे तयार होतात. त्यांतील हायड्रोजन फ्ल्युओराइड व हायड्रोजन क्लोराइड ही द्रव्ये क्षोभकारक व क्षरणकारी (पदार्थांना झिजविणारी) असतात. काही धातवीय फ्ल्युओराइड्स तर विषारीच असतात.

त्यामुळे वनस्पति व प्राणिजीवनाला हानी पोचते.

औद्योगिक प्रकल्पांतून वातावरणात शिरणाऱ्या विविध प्रकारच्या संदूषक वस्तुकणांत सातत्याने क्रिया-प्रक्रिया-विक्रिया चालू असतात. त्यांतून दुय्यम वातावरणीय संदूषके निर्माण होतात. ह्या क्रियांवर कोणत्याच प्रकारचे नियंत्रण ठेवणे सहजासहजी शक्य नसते. त्यामुळे दीर्घावधीचे प्रदूषण उद्‌भवते. दुय्यम वातावरणीय संदूषकांत ओझोन, फॉर्मल्डिहाइड, कार्बनिक हायड्रो-परऑक्साइड्स व इतर अत्यंत विक्रियाशील संयुगे व मुक्त मूलके यांसारखी प्रदूषके सामाविलेली असतात.

वातावरणीय प्रदूषणामुळे चिरकारी श्वासनलिकादाह, वातिशोथ (एम्फिसेमा) व फुप्फुसांचा कर्करोग जडण्याची शक्यता असते. काहींना दमा व नासिकाशोथ यासारखे विकार जडतात. सधूम धुकी मोठ्या संख्येने उद्‌भवतात. ती दीर्घकालीन असतात. वातावरणीय प्रदूषकांत आर्द्रताग्राही संद्रवणकेंद्रे अधिक संख्येने उपस्थित असल्यास औद्योगिक परिसरातील पर्जन्यात वाढ होते.

वातावरणीय प्रदूषणात्मक दुर्घटना :

वातावरणीय प्रदूषणामुळे अनेक दुर्घटना उद्भवल्या आहेत व त्यामुळे मोठ्या प्रमाणावर जीवितहानी झाली आहे. पहिली ऐतिहासिक प्रदूषणजन्य दुर्घटना बेल्जियममधील मॉयसे नदीच्या खोऱ्यात घडून आली. दिनांक १ ते ५ डिसेंबर १९३० च्या कालावधीत अनेक लोक एकाएकी आजारी झाले. खोकला, श्वासनलिकादाह, छातीत कळा येणे, श्वसनरोध, डोळ्यांची जळजळ, श्लेष्मकलादाह यांसारख्या व्यथांनीच बहुतेक रुग्ण पछाडले गेले.त्यांतील ६० माणसे मृत्युमुखी पडली. तीव्र हिवाळ्यामुळे खूप कोळसा जाळून घरांना अधिक उष्णता पुरविली गेली. पण त्याच्या धुरामुळे-विशेषतः सल्फरयुक्त संयोगांमुळे-प्राणघातक प्रदूषण उद्भवले असे आता सांगण्यात येते. दुसरी दुर्घटना दिनांक २७ ते ३१ ऑक्टोबर १९४८ च्या कालावधीत पॅसाडेनामधील डोनोरा येथे घडली. तीत ६,००० माणसे व्याधिग्रस्त होऊन २० माणसे दगावली. तिसरी दुर्घटना मेक्सिकोमधील पोझा रिका येथे दिनांक २६ नोव्हेंबर १९५० ला घडली. तीत ३२० माणसे आजारी होऊन त्यातील २२ लोकांना मृत्यू आला. त्याचे कारण सल्फर-डाय-ऑक्साइडचे वाढते प्रमाण हे देण्यात येते.

चवथी अत्यंत हृदयविदारक दुर्घटना लंडन शहरी दिनांक ५ ते ९ डिसेंबर १९५२ च्या दाट धुक्यात घडून आली. तीत ४००० पेक्षा अधिक माणसे दगावली. कारणे :

मोटारींचा कार्बन मोनॉक्साइड, अर्धज्वलित कोळशातील सल्फर-डाय-ऑक्साइड व सल्फ्युरिक अम्ल ! इ.स. १९६२ सालीही अशाच प्रकारच्या धुक्याने लंडन त्रस्त झाले होते.

राहती घरे, कारखाने, कार्यालये, सिनेमागृहे व अवकाशयाने यांसारख्या बंद जागांत संदूषके शिरून प्रदूषण निर्माण करतात. त्याचे दुष्परिणाम कामगारांना भोवतात. त्यांच्या आरोग्याची काळजी घेणे व प्रदूषणावर प्रभावी नियंत्रण आणून वातावरण निर्धोक करणे हे शासनाचे व उद्योगपतींचे आद्य कर्तव्य ठरते.

प्रारणीय प्रदूषण :

मानवांच्या अनेक व्यवहारांत प्रारणनिर्मिती अटळ असते. वैद्यकीय चिकित्सेसाठी क्ष-किरण निर्माण करावे लागतात. कर्करोगाच्या काही प्रकारांवर उपचार करण्यासाठी विशिष्ट किरणोत्सर्गी पदार्थांपासून उत्सर्जित होणारे प्रारण वापरावे लागते. रेडार, टेलिव्हिजन, रेडिओ, इलेक्ट्रॉनीय संगणक व विविध प्रकारची इलेक्ट्रॉनीय यंत्रे-उपकरणे साधने वापरण्यासाठी प्रारणनिर्मिती आवश्यक असते. शास्त्रीय संशोधनातही विविध प्रकारच्या प्रारणांचा उपयोग अटळ असतो. मानवनिर्मित प्रारणातील ९४ टक्के प्रारण वैद्यक व्यवसायात वापरले जाते. हे प्रारण सर्वव्यापी प्रारणाच्या ३० टक्क्यांपर्यंत असू शकते. मानवनिर्मित प्रारणाचे प्रमाण वाढले की प्रारणीय प्रदूषण उद्भवते. अशा अनेक प्रकारच्या प्रारणांनी प्रभावित झालेल्या वातावरणाशी सर्वांनाच सामना द्यावा लागतो. प्रारणाने प्रदूषित झालेल्या वातावरणात माणूस फार वेळ राहिला तर त्याला रक्तार्बुद किंवा श्वेत-कोशिकार्बुद (रक्ताचा कर्करोग) किंवा इतर प्रकारचे कर्करोग जडतात.

स्वनातीत विमानांमुळे प्रदूषण :

उच्चतर वातावरणात मानवाने नुकतीच स्वनातीत व जेट विमाने उडवायला सुरुवात केली आहे. त्यांच्या उड्डाणामुळे उच्च वातावरणात जलबाष्प व नायट्रिक ऑक्साइड शिरते. जलबाष्पामुळे स्तरावरणात ढग निर्माण होतात, तर नायट्रिक ऑक्साइडमुळे सौरप्रारणातील जम्बुपार प्रारण शोषणाऱ्या ओझोनच्या थरांची जाडी कमी होते. स्वनातीत विमानांच्या निष्कासनामुळे इतर प्रकारचे वस्तुकणही स्तरावरणात प्रवेश करतात. ते जलवायुमानात अनिष्ट बदल घडवून आणू शकतात. स्तरावरणाबरोबर पृथ्वीचे माध्य तापमानही वाढवू शकतात. गेल्या तीस-पस्तीस वर्षांत जेट विमानांमुळे मुंबई, कलकत्ता व दिल्ली या भारतातील प्रमुख विमानतळांवरील तंतुमेघांचे प्रमाण वाढलेले दिसून आले आहे. पुणे व दिल्ली या शहरांवरील उच्चस्तरीय वातावरणातील

मालिन्याचे प्रमाणही प्रतिवर्षी वाढल्याचे दिसत आहे.

भारतातील प्रदूषणाची समस्या :

भारताचे ८० टक्के औद्योगिक उत्पादन या अफाट देशातील फक्त ८ ते १० मोठ्या शहरांतून होते. त्यामुळे देशातील अनेक ठिकाणचा परिसर जरी बऱ्याचशा प्रमाणात निर्धोक असला तरी ह्या औद्योगिक केंद्राभोवतालचे क्षेत्र प्रमाणाबाहेर प्रदूषित व असुरक्षित झालेले असते. अशा क्षेत्रांतच लोक मोठ्या संख्येने राहात असतात. त्यांना पुरविल्या जाणाऱ्या हवापाण्याच्या शुद्धतेच्या बाबतीत अत्यंत दक्ष राहणे आवश्यक असते. विस्तृत क्षेत्रावरील दूषित हवा निर्धोक करण्यासाठी अतोनात खर्च करावा लागतो. तो खर्च करण्याचे पद्धतशीरपणे टाळले गेले आहे. नवी दिल्ली, कलकत्ता व पुणे येथे केलेल्या काही वातावरणीय निरीक्षणांप्रमाणे हवेत मालिन्य आणि आपाती सौरप्रारणात न्यूनता आढळली आहे. मुंबई शहरातील तुर्भे-चेंबूरसारख्या भागात अनेक उद्योगसमूह केंद्रित झाले आहेत. अशा कोटरिकांत प्रदूषकांचे प्रमाण मुंबईच्या सरासरीपेक्षा तीन-ते सहा पटींनी अधिक असते. सल्फर-डाय-ऑक्साइडचे सर्वाधिक प्रमाण मुंबई शहरातच आढळते. मुंबई शहरात सुमारे सव्वादोन लाख मोटारी, मोटरसायकल्स व बसेस आहेत, ६७ कापडगिरण्या व विविध वस्तू तयार करणारे ४३०० कारखाने आहेत. ह्या सर्वांमुळे मुंबईत दररोज २०० टन सल्फर-डाय-ऑक्साइड, १११ टन कार्बन मोनॉक्साइड, ६ टन अमोनिया, ४० टन धूलिकण, ४८ टन धूम्रकण हवेत फेकले जातात. (ही आकडेवारी १९७७ मधील आहे. आता या सगळ्याच बाबीत प्रचंड वाढ झालेली आहे.) कलकत्त्यात गिरण्यांसाठी व स्वयंपाकासाठी दगडी कोळसा वापरतात. मुंबईपेक्षा कलकत्त्यात प्रदूषणाचे प्रमाण अधिक आहे. दिल्ली, कानपूर, नागपूर, दुर्गापूर इत्यादींसारख्या शहरांत प्रदूषणाने नुसता धुमाकूळ घातला आहे. दिवसेंदिवस तो वाढत आहे. तामिळनाडूतील नीवेल्ली येथील लिग्नाइटच्या खाणीमुळे धूळ, धूर, खरखरीत वालुकाष्म, सल्फर-डाय-ऑक्साइड व कार्बन मोनॉक्साइड वातावरणात शिरून ते प्रदूषित करीत आहेत. मथुरेच्या ओतशाळांमुळे आग्र्याचा सौंदर्यसंपन्न ताजमहाल काळवंडण्याची व झिजण्याची भीती उत्पन्न झाली आहे. जेथे खाणकाम व खनिज उद्योग चालू आहेत व जेथे इंधन जाळून औष्णिक ऊर्जा उत्पन्न केली जाते, तेथे प्रदूषके मोठ्या संख्येने वातावरणात शिरतात. राऊरकेला, भिलई, दुर्गापूर आणि जमशेटपूर येथील पोलादाच्या कारखान्यांतील झोतभट्ट्यांमुळे हवेत धूम्रकण, धूलिकण व वालुकाकण फेकले जातात. वातावरणीय प्रदूषणाचे स्वरूप हे असे आहे.

जागतिक प्रदूषणाच्या समस्येच्या गंभीरतेची व अनिष्ट परिणामांची जाणीव लोकांना व्हावी या दृष्टीने दर वर्षी ५ जून हा 'विश्व पर्यावरण दिवस' म्हणून पाळला जातो.

पुरेशा गांभीर्याने या समस्येकडे आपण लक्ष दिले नाही तर भावी पिढ्या आपल्याला कधीही क्षमा करणार नाहीत.

□ □ □

१५

■■

प्रदूषणाने झाकळलेले विसावे शतक

सूर्याभोवती सतत परिभ्रमण करणारी आपली पृथ्वी विविधगुणसंपन्न व सौंदर्यसंपन्न ग्रह आहे. कोणतेही पूर्व उद्दिष्ट नसताना, अंतिम स्थानक ठाऊक नसताना फिरणारे ते अवकाशयान आहे. त्यावर सुपीक जमीन, पर्वतमालिका, विस्तीर्ण महासागर, ध्रुवीय हिमक्षेत्रे, नद्या, सरोवरे, वालुकामय प्रदेश आहेत; महासागराच्या तळापासून तो उत्तुंग पर्वतशिखरांपर्यंत विविध प्रकारच्या वनस्पती, अनेक प्रकारचे जलचर, भूमिचर, वनचर प्राणी आहेत. त्यांच्या संवर्धनासाठी पृथ्वीभोवती अनेक वायूंचे मिश्रण असलेले वातावरण आहे. पृथ्वीच्या उदरात उपयुक्त खनिजांची संपदा असून त्यापासून खनिज इंधन व अनेक मौल्यवान धातू उपलब्ध होऊ शकतात.

पृथ्वीचा परिसर स्थिर नाही. त्याच्या सर्व घटकांत सतत देवघेव, आयव्यय चाललेला असतो. तथापि अंतिम दृष्ट्या, एक प्रकारचे संतुलन त्यात नांदत असते. ह्या संतुलनाच्या अखंडतेवर विविधतेने विनटलेल्या वनस्पतिजीवनाचा व प्राणिजीवनाचा अबाधितपणा, अव्याहतपणा अवलंबून असतो. मानव आणि त्याचा परिसर हा अत्यंत गुंतागुंतीचा, परस्परावलंबित व संतुलित असा एक जटिल व्यूह आहे. हे संतुलन टिकविण्यासाठी परिसरातील सर्व घटकांनी गुण्यागोविंदाने नांदायचे असते. स्वतःच्या सुखसोयीसाठी परिसरात बदल घडवून आणण्याचा प्रयत्न केला किंवा परिसरात ढवळाढवळ करण्याचे उद्योग आरंभिले की परिसर फार मोठ्या प्रमाणावर प्रतिक्रिया व्यक्त करतो. अनेक प्रतिक्रिया अनपेक्षित, अनाकलनीय असतात.

पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणात प्रामुख्याने ऑक्सिजन, नायट्रोजन, कार्बन डाय-ऑक्साइड आणि जलबाष्प हे वायू काही विशिष्ट प्रमाणात आढळतात. आपाती सौरप्रारणातील भिन्न भाग भिन्न वायूंकडून शोषिले गेले आणि त्यामुळे वातावरणात अनेक क्रिया होत असल्या तरी पृथ्वीच्या वातावरणात एक प्रकारचे ''ऊष्मीय

संतुलन'' नांदत असते. प्राणिजीवन व वनस्पतिजीवन यांच्या संवर्धनासाठी वातावरणातील वेगवेगळे वायू आवश्यक असतात. एकाने त्याज्य केलेला वायू दुसऱ्या प्रकारच्या जीवनाचा ''प्राणवायू'' बनतो. उदाहरणार्थ, वनस्पतीतील हरित द्रव्य (क्लोरोफिल), पाणी व प्राण्यांनी निःश्वासित केलेला कार्ब डायऑक्साइड यांच्यात सूर्यप्रकाशाद्वारे क्रियाप्रक्रियांची मालिका स्थापन करून वनस्पती कार्बन शोषून घेतात व ऑक्सिजन मुक्त करतात. अशा प्रकाश संश्लेषणात्मक क्रियेमुळे वनस्पतींना स्वसंवर्धनासाठी कार्बन मिळतो आणि मानव व मानवेतर प्राण्यांना श्वसनासाठी ऑक्सिजन उपलब्ध होतो. ह्या ऑक्सिजनचा उपयोग करून प्राणी कार्बन डाय ऑक्साइड वायू हवेत सोडतात. त्यातील कार्बन वनस्पतिजीवन वृद्धिंगत करतो, ऑक्सिजन प्राणिजीवन विवर्धित करतो. मानव व वनस्पती यांच्यातील ह्या पारस्परिक संतुलनाला ''इकॉलॉजिकल बॅलन्स'' - म्हणजे ''पारिस्थितिकीय संतुलन'' - असे म्हणतात. निसर्गाच्या या जीवनचक्रात इतर घटक शिरले की संतुलन बिघडते, प्रदूषण उद्भवते, प्राणिजीवन व वनस्पतिजीवन धोक्यात येते !

सध्याच्या औद्योगिक, यांत्रिक व तांत्रिक युगातील मानव आपले जीवनमान उंचावण्यासाठी व आपल्या देशाचा आर्थिक विकास घडवून आणण्यासाठी आपल्या कृतींनी आपला परिसर प्रदूषित करीत आहे, आपले वातावरण, जलावरण व मृदावरण विषमय करीत आहे, पारिस्थितिक संतुलन विस्कळित करीत आहे.

सद्यःस्थितीत मानवी परिसरात आढळणाऱ्या बहुतेक सर्व प्रदूषणाचे उत्तरदायित्व मानवाने सतराव्या शतकाच्या शेवटी आरंभिलेल्या औद्योगिकरणाकडे जाते. गेल्या सत्तर वर्षांत ६ लक्ष टन अँटिमनी, तितकेच आर्सेनिक, दहा लक्ष टन कोबाल्ट, ८ लक्ष टन निकेल यांसारख्या विषारी वस्तूंचे कण वायुमंडळात विखुरले गेले आहेत. कोळसा, खनिज तेले व इतर जीवाश्म इंधन (फॉसिल फ्युएल) जाळल्यामुळे गेल्या शंभर वर्षांत २४००० कोटी टन ऑक्सिजन संपुष्टात आला आणि त्याऐवजी ३६००० कोटी टन कार्बन डाय ऑक्साइड हवेत मिसळला ! जंगलांपासून मोठ्या प्रमाणावर ऑक्सिजन मिळू शकतो. पण गेल्या ५० वर्षांत जगात इमारती लाकडासाठी व इंधनासाठी बेसुमार झाडतोड झाली, ६६ टक्के जंगलांचा विनाश झाला. त्यामुळे ऑक्सिजनचे उत्पादन कमी झाले. औद्योगिकरणामुळे शहरांचा विस्तार वाढला, मोटारींची संख्या वाढली. त्याचबरोबर मोटारींनी बाहेर टाकलेला कार्बन मोनॉक्साइडसारखा जहरी वायू हवेत अधिकाधिक प्रमाणात मिसळू लागला. स्थानिक जलवायुमानात अनिष्ट बदल होऊ लागले. इ.स. १९०० ते १९४० पर्यंतच्या

कालावधीत उत्तर गोलार्धाचे सरासरी तपमान सहादशांश (०.६) से. अंशाने वाढले, तर पुढील तीस वर्षात ते तीन दशांश (०.३) से. अंशाने कमी झाले. हिमयुगाला प्रारंभ होतो की काय अशी भीती आता प्रदर्शित केली जात आहे.

वारंवार पडणारी धुकी, गुदमरून टाकणारे वातावरण, धाणेरडी गलिच्छ वसतिस्थाने, धूळचिखलाने बरबटलेले रस्ते, दूषित पाण्याने भरलेली गटारे आणि सातत्याने ऐकू येणारा कर्णबिदारक ध्वनी, ही आता आधुनिक शहरांची लक्षणे झाली आहेत. अतिप्रगत राष्ट्रांतील शहरे सुंदर असली तरी त्यात खेळणारी हवा संपूर्णपणे धोक्याची पातळी गाठण्यापर्यंत, प्रदूषित झालेली असते. इ.स. १९५२ च्या डिसेंबर महिन्यात लंडनमध्ये पडलेल्या सधूम धुक्यामुळे ४००० लोक मृत्युमुखी पडले, किंवा टोकियो शहराच्या मुख्य रस्त्यांवरील मोटारवाहतूक-नियंत्रकांना प्रत्येक अर्ध्या तासाने तोंडावर ऑक्सिजनचा मुखवटा चढवावा लागतो, ह्या घटना वातावरणीय प्रदूषणाच्या गंभीर स्वरूपाची साक्ष देतात.

वातावरणातील गत्यात्मता व चलनशीलता यामुळे अतिप्रगत आणि अतिविस्तृत शहरांतील प्रदूषक-घटक किंवा दूषितके (पोल्यूटंटस्) वाऱ्यांबरोबर वाहात जाऊन जगात सर्वत्र पसरतात. वातावरणीय प्रदूषण ही आंतरराष्ट्रीय समस्या झाली आहे. एका राष्ट्रातील दूषितके दुसऱ्या राष्ट्रात सहज प्रवेश करू शकतात. राजकीय सीमा ती पाळीत नाहीत. औद्योगीकरण, नागरीकरण आणि पेट्रोलवर चालणारी वाहने यांच्यामुळे प्रदूषणाची समस्या फार गंभीर झाली आहे. शहरात राहणाऱ्या मानवांनी विसर्जित केलेली घाण, गटारांतील पाणी, कचरा, वाहित मल आणि औद्योगिक प्रकल्पांच्या विविध विक्रियांतून उत्सर्जित होणाऱ्या त्याज्य वस्तू, निरुपयोगी द्रव्ये व किरणोत्सर्गी पदार्थांचे कण विहिरींत, नद्यांत, नाल्यांत, सरोवरांत आणि महासागरात सोडले गेल्यामुळे सर्व जलाशयांचे पाणी विषारी होत आहे. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर अनेक ठिकाणी विवरे खणून तिला विद्रूप केले जात आहे. वसुंधरेच्या उदरातील मौल्यवान खनिजे काढून तिला दारिद्र्य आणले जात आहे. पिकांच्या संरक्षणासाठी डी.डी.टी. सारखी जंतुविनाशक रसायने व इतर कीटकनाशके जमिनीवर टाकून तिची सुपीकता आणि उपयुक्तता कमी केली जात आहे, मृत्तिकावरण प्रदूषित होत आहे. वातावरणातील प्रमुख दूषितके म्हणजे सल्फर डायऑक्साइड, वालुकाकण, धूलिकण, धूम्रकण, कार्बन मोनॉक्साइड, नायट्रोजन ऑक्साइड, काही हायड्रो कार्बनिक संयुगांचे कण, ओझोन, शिसे, ॲस्बेस्टॉस आणि बेरिलियमचे अतिसूक्ष्म कण हे होत. पाऊस पडला की ही सर्व दूषितके परिणामी महासागरांत जाऊन पोचतात.

जमिनीवर टाकलेली जंतुविनाशकेही अनेक मार्गांनी शेवटी महासागरांकडेच धाव घेतात. जलीय परिसरात वाढणाऱ्या वनस्पतींच्या कणाकणांत व कोशिकांत ती सामावली जातात. भूमिगत जलप्रवाहांसहित संपूर्ण जलावरण प्रदूषित होते. समुद्राला रत्नाकर म्हणतात, पण औद्योगिक व्यवहारांमुळे आम्ही त्याला रसायनागर बनविला आहे. प्रतिवर्षी जगातील समुद्रांत ५००० टन पारा (मर्क्युरी) प्रवेश करतो असे अनुमान केलेले आहे.

पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचा ७१ टक्के भाग महासागरांनी व्यापिलेला आहे. त्यात सुमारे ३२.५ कोटी घन मैल (१३५ कोटी घन किमी.) पाणी भरले आहे. पृथ्वीवर वनस्पतीपासून निर्माण होणाऱ्या एकूण खाद्यान्नाचा ८० टक्के भाग सागरी वनस्पती उत्पन्न करून देतात आणि त्यावर पृथ्वीवरील सजीव सृष्टीतील ८० टक्के जीव आपली उपजीविका करतात. ह्याच क्षेत्रात फायटोप्लँकटनसारखे सूक्ष्म जीव मानवांना व मानवेतर प्राण्यांना श्वसनासाठी लागणारा ऑक्सिजन उपलब्ध करून देतात. अनंत प्रकारचे मासे महासागरांच्या किनारापट्टीजवळच वाढत असतात. ह्याच सागरी विभागात विषारी दूषितके मिसळली तर प्रचंड प्रमाणावर मासे व फायटोप्लँकटनांचा संहार होतो. मानवांचे अन्न प्रदूषित व विषमय होते, ऑक्सिजनच्या निर्मितीत घट होते.

वातावरणीय व जलीय प्रदूषणामुळे अनेक आपत्ती उद्‌भवल्या आहेत. पृथ्वीवर सध्या जितका ऑक्सिजन निर्माण होतो, त्याच्या १.६ पट ऑक्सिजन वापरला जातो. आतापर्यंत निदान ८२५ जिवंत प्राण्यांच्या जाती नष्ट झाल्या आहेत व गेल्या काही वर्षांत ४० टक्के जलचर प्राण्यांच्या जातींचा विनाश झाला आहे असे आवर्जून सांगण्यात येते ! आवाजाच्या वेगापेक्षा अधिक वेगाने प्रवास करणारी सुपरसॉनिक जेट विमाने नवी दिल्ली ते लंडनपर्यंतचा प्रवास करताना वातावरणातील ५८ टन ऑक्सिजन वापरतात. त्याची जागा कार्बन डायऑक्साइड घेतो. गेल्या शंभर वर्षांत वातावरणातील कार्बन डाय ऑक्साइडचे प्रमाण १५ टक्क्यांनी वाढले आहे. कार्बन डायऑक्साइड लघुतरंगगामी सौरप्रारण अधिक प्रमाणात शोषून पृथ्वीचे तपमान वाढवू शकतो. पृथ्वीचे तपमान १.५° से. ने वाढले तर ध्रुवीय हिमाच्छादित प्रदेशांवरील बर्फ वितळेल, समुद्राची पातळी ६० फुटांपेक्षा (१८ मी. पेक्षा) अधिक वाढेल आणि त्यामुळे समुद्रकाठची बहुतेक सर्व शहरे व महानगरे समुद्रात गडप होतील की काय अशी भीती निर्माण झाली आहे. सध्या तरी जागतिक संस्कृतीची प्रमुख केंद्रे समुद्रकिनाऱ्यांवरील शहरांतच वसली आहेत. वाढत्या प्रदूषणामुळे मानवी संस्कृती

''समुद्रास्तृप्यन्तु'' होईल अशी रास्त शंका व्यक्त केली जात आहे.

सारांश, औद्योगीकरण हे वरदान की शाप असा संभ्रम आता निर्माण झाला आहे. विस्फोटक वेगाने वाढणारी लोकसंख्या (एका मिनिटात ९० बालके जन्म घेतात), वाढती शहरे, वाढते औद्योगिक प्रकल्प, वाढते वातावरणीय प्रदूषण, जंगलांचा वाढत्या प्रमाणात विध्वंस, ऑक्सिजनच्या उत्पादनात घट, मोटारींची वाढती संख्या, कार्बन मोनॉक्साइडची व कार्बन डायऑक्साइडची सातत्याने निर्मिती, वाढते जलीय दूषितीकरण यांसारख्या कारणांनी मानवजातीचे अस्तित्वच धोक्यात आले आहे. समाजशास्त्रज्ञ व पारिस्थितिकीविज्ञ आता जगाचा अंत केव्हा होईल याची गणिते मांडीत आहेत. प्रोफेसर हाईटझ् फॉन फोएस्टर यांच्या मताप्रमाणे जगाचा अंत शुक्रवार दिनांक १३ नोव्हेंबर २०२६ ला होईल !

प्रदूषणामुळे परिणामी मृत्यू ओढवतो. नकळत, चोरट्या पावलांनी मृत्यू मानवांच्या वसाहतीत प्रवेश करीत असतो. कोळशांच्या कणांमुळे ''ॲन्थ्रेकोसिस'' नावाचा फुप्फुसांचा रोग जडतो. हायड्रोकार्बनिक संयुगांच्या कणांमुळे फुप्फुसाचा कर्करोग होतो. धुरामुळे व सधूम धुक्यांमुळे पृथ्वीपृष्ठावर आदळणाऱ्या आपाती-सूर्यप्रकाशात घट होते, मानवी शरीरात उत्पन्न होणाऱ्या डी-जीवनसत्वात घट होते, फुप्फुसांत, श्वासनलिकांत व डोळ्यांत विक्षोभ आणि दाह निर्माण होतो; ह्या व्यथेचे अंत्य रूपांतर म्हणजे तंत्वात्मकता (fibrosis - फायब्रोसिस) व कर्करोग (कॅन्सर). सधूम धुक्यांमुळे वनस्पतींचाही विकास खुंटतो, त्यांना फळे-फुले येत नाहीत. काही प्रदूषकांचा जलबाष्पाशी संयोग झाल्यामुळे क्षीण अम्ले तयार होतात. त्यांमुळे संगमरवरी दगडांचे पुतळे, प्रसिद्ध चित्रकारांच्या कलाकृती, दुर्मिळ जुने ग्रंथ, घरांच्या भिंती, फर्निचर, भित्तिचित्रे, इत्यादी वस्तू खराब होतात. घरादारांवर व इमारतींवर अवकळा येते. उंची कपडे, रबराच्या व कातड्याच्या वस्तूंचा टिकाऊपणा नष्ट होतो, झाडे खुरटतात. हवेतील दुर्गंध अस्वस्थ करतो, हवेत सातत्याने धूसरता नांदत असते. त्यामुळे दृष्टिक्षेप सीमित होतो. विद्युत्वाहक तारांवर बहुसंख्येने दूषितकांचे कण जमा होऊन विद्युत् यंत्रांशी संबंध तुटतात आणि सबंध विद्युत् यंत्रणा विस्कळित होते.

पापहारिणी, पुण्यसलिला नद्यांत व पर्यायनि महासागरांत सुद्धा दूषितके पोहोचतात, त्यामुळे लाखो मासे मृत्यु पावतात. हे मृत मासे खाणारे पक्षीही मरतात. शेतांवर फवारलेल्या डी एल्ड्रिन कीटकनाशकासारखी जहरी रसायने जपानी मातांच्या दुधामध्येही निघाल्याचे दृष्टोत्पत्तीस आले आहे. भारतीयांच्या प्रत्येक जेवणातसुद्धा

०.२७ मिलीग्रॅम डी.डी.टी. असते व हा एक जागतिक उच्चांक आहे असे नुकतेच सिद्ध झाले आहे. तसेच, दूध, अंडी, लोणी, गोडेतेल यांसारख्या पदार्थांत आणि अनेक भाजीपाल्यांत व फळांत डी.डी.टी., बेन्झीन हेक्झॅक्लोराइड, एंड्रिन, कारबेरिल, यांसारखी विषारी द्रव्ये सह्यसीमेपेक्षा अधिक प्रमाणात लपलेली असतात असे आता आढळून आले आहे. दूषितकांचे आता एक परिचक्र किंवा दुष्ट वर्तुळ निर्माण होऊन त्याचा विस्तार माणसांच्या जेवणापर्यंत आणि मातांच्या दुधापर्यंत व्हावा ही फार गंभीर स्वरूपाची घटना आहे.

महासागरांवर अनेक मालवाहू व प्रवासीवाहू जहाजे परिभ्रमण करीत असतात. खनिज व ज्वालाग्राही तेलाची आंतरराष्ट्रीय वाहतूक जहाजेच करतात. अनेकदा त्यांतील तेलाच्या टाक्या फुटतात व विषारी तेल समुद्रपृष्ठावर पसरते. त्यामुळे अगणित मासे, जलचर प्राणी, मृत्युमुखी पडतात, सागरी वनस्पतिसंपदा संपूर्णतया नष्ट होते.

सध्या प्लॅस्टिकचे युग आहे. अनेक प्रकारची भांडी, डबे, बाटल्या, तावदाने, खेळणी, आवरणे, वेष्टने यासाठी प्लॅस्टिकचा म्हणजे आकार्य पदार्थाचा वापर करतात. त्यांची उपयुक्तता तात्कालिक असते. काही दिवसांत ती खराब होतात व ती फेकून द्यावी लागतात. पण प्लॅस्टिक अविनाशी असते. प्लॅस्टिकच्या वस्तू निरुपयोगी झाल्यानंतरसुद्धा त्यांची वाट लावता येत नाही. प्रत्यही त्यांचे डोंगर रचले जातात. त्यांना विनाश नाही.

न्यूक्लिअर रिॲक्टर किंवा अणुगर्भीय विक्रियक किंवा अणुभट्टी यामधून निघालेले किरणोत्सारी कण आसमंतात विखुरले जातात. शेतांतील पिकांवर, दुभत्या जनावरांच्या चाऱ्यावर, वनस्पतींवर, पाण्यात, हवेत त्या कणांचे विकिरण होऊन एक प्रदूषित, विषारी व प्राणघातक खाद्यशृंखला निर्माण होते. मनुष्यप्राणी त्या शृंखलेत अडकला की मंदगती मृत्यूशिवाय त्याची सुटका होऊ शकत नाही.

औद्योगीकरणाबरोबर नैसर्गिक क्रमबद्धतेने मानवी जीवनात प्रवेशणारा व मानवांना त्रस्त करणारा परिसारिक घटक म्हणजे ध्वनि-प्रदूषण ! गतिमान शहरी जीवनाशी गोंगाट अविभाज्यपणे निगडित झालेला असतो. सतत गोंगाटामुळे शहरवासीयांचा मानसिक तोल कोलमडतो, पुष्कळांना हृद्रोग जडतो, श्रवणेंद्रिये बधिर होतात. परिणामी काही वर्षांनी माणूस पूर्णपणे बहिरा होतो. सतत गोंगाटी वातावरणात राहिल्यामुळे माणसांना मज्जाविकृती (न्यूरोसिस), विषण्णता, उद्वेग, उच्च रक्तदाब, मळमळ, क्षोभ, सर्वसामान्य चिंता, मनोवृत्तीत लहरी बदल, तीव्र डोकेदुखी, ग्रहणी व्रण किंवा क्षते, पोटशूळ, दमा, निद्रानाश, भावनाविभंग यांसारखे बव्हंशी असाध्य

रोग जडतात.

जगभर वातावरण दूषित होत चाललेले आहे. मोठ्या शहरांत व औद्योगिक केंद्रांत या प्रदूषणामुळे घबराट निर्माण झाली आहे. परंतु प्रदूषणामुळे कॅन्सरला वाव मिळतो ही गोष्ट मात्र अलीकडेच लक्षात आलेली आहे. वातावरणातील कर्करोगजनक द्रव्ये कालांतराने खाली बसतात ती पाण्यावर अथवा जमिनीवर. बेन्झपायरीन नामक कॅन्सरजनक रसायन मोठ्या शहरांच्या रस्त्यांवर सापडते, हे प्रथम रशियन व नंतर जर्मन आणि अमेरिकन संशोधकांनी सिद्ध केले आहे. तेलशुद्धिकरण कारखान्याजवळची जमीन अनेकविध रसायनांनी दूषित झालेली असते. पाण्यावरील बोटीतून निघणारा धूर आणि कारखान्यातून बाहेर पडणारी टाकाऊ घाण यामुळे पाण्यात अनेक कर्करोगजन्य रसायने मिसळली जातात. पर्यायाने ती मानवांपर्यंत पोहोचतात.

जलीय व वातावरणीय प्रदूषणाचे असे घोर परिणाम पाहिले की प्रथमदर्शनी वाटते की नको हे औद्योगीकरण, नको ही प्रदूषणजन्य आपत्तींची शृंखला ! पण दुसऱ्याच क्षणी मनात विचार येतो की भारतासारख्या विकसनशील देशाला आपला विकास व प्रगती साधावयाची असेल तर सध्याच्या परिस्थितीत औद्योगीकरणाची कास धरण्याखेरीज दुसरा उपायच नाही. लोकांचे जीवनमान उंचावण्याचा तोच एक मार्ग आहे.

प्रदूषणाच्या अश्रूंशिवाय औद्योगिक विकास कधीतरी साधता येईल का ? या प्रश्नाचे उत्तर देण्याचा आपण प्रयत्न केला तर आपल्या ध्यानात येते की काही पथ्ये पाळली, काही नियंत्रक कायद्यांचे कसोशीने पालन केले, काही सामाजिक बंधनांची जाणीव बाळगली तर प्रदूषणाचे नियमन करून आपण औद्योगीकरण साधू शकतो.

भारतात बहुसंख्य औद्योगिक कारखान्यांत कोळसा, फरनेस ऑईल आणि इतर खनिज तेले वापरतात. त्यांतून निघालेल्या धूम्रकणांमुळे आसमंतातील वसाहतींत राहणाऱ्या लोकांचे आरोग्य धोक्यात येते. धूर ओकणारे इंधन कमी प्रमाणात वापरले पाहिजे. प्रचलित वाऱ्यांच्या दिशेने प्रवास करीत करीत धुराचे कण अनुवात दिशेने ५० ते ७० किमी. अंतरापर्यंतचा परिसर दूषित करू शकतात. तो धोका टाळण्यासाठी कोळशापासून निघणाऱ्या धुराबरच काही प्राथमिक प्रक्रिया किंवा संस्करण करणे किंवा धूम्ररहित इंधन वापरणे इष्ट ठरते. धूर कमी प्रमाणात निघावा म्हणून कोळशावर प्राथमिक स्वरूपाचे संस्करण करणे शक्य आहे. सर्वांत उत्तम मार्ग म्हणजे सौरशक्ती किंवा वीज वापरणे. पण पुरेशा प्रमाणात वीज उपलब्ध होत नसल्यास कोळसा किंवा

ज्वालाग्राही इंधन वापरावेच लागते. त्यातून निघणाऱ्या कणांचे एकाच ठिकाणी संकलन, साठवण केल्यास किंवा नंतर क्रमाक्रमाने अपस्करण, परिक्षेपण केल्यास प्रदूषणाला प्रभावी प्रतिबंध घालता येतो. कोणत्याही ठिकाणी, औद्योगिक प्रकल्प निर्माण केल्यास प्रचलित वाऱ्यांच्या दिशेत किंवा अनुवात पार्श्व असलेल्या क्षेत्रात कारखान्यांत काम करणाऱ्या लोकांची घरे बांधू नयेत, ती प्रतिवात दिशेला असावीत. कारखाने शहरापासून दूर अनुवात दिशेला उभारावेत म्हणजे निःसृत झालेले विषारी कण शहराबाहेरच राहतील. साधारणपणे वाऱ्यांची दिशा दिवसातून दोनदा बदलते. वारे उलटे होऊन कारखान्याकडून शहराकडे किंवा राहत्या वसाहतींकडे येऊ लागल्यास उत्पादनत्वरा मंद करावी. विशिष्ट यंत्रांच्या साह्याने विघातक कणांचे प्रथम उगमस्थानाजवळच एकत्रीकरण करावे व नंतर ते कण निर्धोक, निरुपद्रवी करून एखाद्या खड्ड्यात सोडावेत; कारखान्याच्या धुराड्यांची उंची वाढवावी म्हणजे निःसृत झालेले विषारी कण व धूम्रकण शहराबाहेर दूर, निर्मनुष्य क्षेत्रात फेकले जातील. कारखान्यातून निघालेल्या त्याज्य वस्तू प्रथम निरुपद्रवी करणे हे प्रत्येक उद्योगपतीने आपले आद्यकर्तव्य समजले पाहिजे. त्यावर शासनाची कडक देखरेख पाहिजे.

शहराचे सांडपाणी, मानवविष्टा व गुरांची विष्टा सरळ नद्यांत फेकून पवित्र नद्यांचे पाणी अपवित्र व दूषित करू नये. विष्टेपासून ज्वालाग्राही वायू निघतात. ते वापरात आणल्यास ज्वलनयोग्य इंधनाची समस्या सुलभतेने सुटू शकेल. कचरा केव्हाही जाळू नये, त्याचे खत करावे.

सतत स्वच्छ हवा खेळती राहील अशा रीतीने शहरातील इमारतींचे नियोजन करायला हवे. नुसत्या उंच इमारतींची संख्या वाढवून शहरातील काही भागांची बजबजपुरी करण्याऐवजी साधी दुमजली घरे ठराविक अंतरावर बांधली आणि मधली जागा बागबगीच्यांनी व्यापिली तर शहरांचे सौंदर्य वाढून शहरवासीयांचे आरोग्यही दीर्घकाल टिकेल. शहरांचा क्षैतिज विस्तार कितीही वाढला तरी चालू शकतो. ऊर्ध्व मितीवर नियंत्रण हवेच. शहरांत मोटारी चालवायला बंदी असावी. मोटारींमुळे कार्बन मोनॉक्साइड व शिसे यांसारखे विषारी पदार्थ वातावरणाचा शुद्धपणा बिघडवितात. वाफेवर किंवा विजेऱ्यांवर चालणाऱ्या मोटारी आता वापरात आणायला पाहिजेत. ध्वनिनिर्मितीवर कडक नियंत्रणे आणायला हवीत.

इंधनासाठी जंगलांची मोडतोड व विध्वंस तावडतोब थांबवावा. वनसंपदा हे राष्ट्रीय धन आहे. ज्या देशात निदान १/३ पृष्ठभाग वृक्षाच्छादित नसेल त्या देशाला दीर्घायुष्य आणि आरोग्य लाभणे दुरापास्त आहे. केवळ इंधनासाठी व फर्निचरची

हौस भागविण्यासाठी लाकडांचा उपयोग करणे म्हणजे देशद्रोहच ही भावना जागृत केली पाहिजे. झाडांमुळे ऑक्सिजन मिळतो व कार्बन डाय-ऑक्साइडचे विगमन होते. जंगलांमुळे स्थानिक पर्जन्यात २० टक्क्यांपर्यंत वाढ होते. भारतात जंगलाची परिस्थिती शोचनीय आहे. लोभी लबाडांनी, लाचलुचपतखोरांनी उपयुक्त अशा जंगलाचा विध्वंस करून जंगलव्याप्तीचे प्रमाण गेल्या वीस वर्षांत ३५ टक्क्यांवरून १९ टक्क्यांवर आणून पर्यावरणात गंभीर परिस्थिती निर्माण केली आहे.

जलीय प्रदूषणाच्या बाबतीत अत्यंत दक्षता घेतली पाहिजे. कावीळ, विषमज्वर, कॉलरा, पटकी किंवा विषूचिका यांसारख्या रोगांचे जंतू केवळ पाण्यामुळेच सर्वत्र पसरतात. भारतातील बहुतेक सर्व नद्या प्रदूषित झाल्या आहेत. पिण्याचे व घरात वापरावयाचे पाणी प्रथम शुद्ध व निर्जंतुक करून घेणे हे आपले कर्तव्य ठरते. अनेक औद्योगिक प्रकल्पांतून निघणाऱ्या पाण्यात शिसे, झिंक, कॅडमियम्, डी.डी.टी., क्लोरीनमिश्रित हायड्रोकार्बनिक संयुगे मिसळलेली असतात. हे पाणी वापरणे धोक्याचे असते. ते वापरण्यापूर्वी किंवा नद्यांत, समुद्रांत फेकण्यापूर्वी त्यातील विषाक्त (टॉक्सिक) पदार्थ रासायनिक विक्रियांकरवी काढून टाकणे योग्य असते. औद्योगिक कारखान्यांतून बाहेर पडणारे पाणी अनेकदा बरेच उष्ण असते. त्यामुळे "ऊष्मीय प्रदूषण" निर्माण होते. हे पाणी उष्ण असतानाच तलावांत, नद्यांत व समुद्रात टाकले तर अल्गीसारख्या वनस्पती जोमाने वाढू लागतात, पण त्याबरोबरच पाण्यातील ऑक्सिजनचे साठे संपुष्टात येतात व मोठ्या प्रमाणावर मत्स्यसंहार होतो. कारखान्यांतून निघणारे उष्ण पाणी प्रथम थंड करून नंतरच ते योग्य जलाशयात टाकले पाहिजे.

औद्योगिक शहरांमुळेच जलीय व वातावरणीय प्रदूषण पसरते. मुंबईसारख्या शहरात १८५ हजार मोटारी, मोटारसायकली व बसेस आहेत. ६७ कापडगिरण्या व निरनिराळ्या वस्तू तयार करणारे सतरा प्रकारचे ४३०० कारखाने आहेत. ह्या सर्वांमुळे मुंबईत दररोज २०० टन सल्फरडाय ऑक्साइड, १११ टन कार्बन मोनॉक्साइड, ६ टन अमोनिया, ४० टन धूलिकण, ४८ टन धूम्रकण हवेत फेकले जातात. (ही आकडेवारी १९७४ सालातली आहे. त्यानंतरच्या सव्वीस वर्षात या आकडेवारीत प्रचंड वाढ झालेली आहे.) कलकत्त्यात गिरण्यांसाठी व स्वयंपाकासाठी दगडी कोळसा वापरतात. मुंबईपेक्षा कलकत्त्यांत प्रदूषणाचे प्रमाण अधिक आहे. दिल्ली, कानपूर, नागपूर, दुर्गापूर इत्यादींसारख्या शहरांत प्रदूषणाने नुसता धुमाकूळ घातला आहे. दिवसेंदिवस तो वाढत आहे. कारण, प्रदूषण करणाऱ्या उद्योगपतींना जबर शासन करण्याची अजून कायद्यात सोय नाही. इसेक्समधील एका नदीत सायनाइड सोडणाऱ्या एका ब्रिटिश

उद्योगपतीला ब्रिटिश कायद्याप्रमाणे फक्त २५ पौंड दंड करण्यात आला ! हवेत प्रमाणाबाहेर धूर सोडून वातावरण दूषित करणाऱ्या भारतीय उद्योगपतीला देखील अतिशय क्षुल्लक दंड करण्यात येतो. युरोपखंडातील इतिहासप्रसिद्ध व एकेकाळची सौंदर्यसंपन्न ऱ्हाईन नदी प्रदूषित होऊन आता 'युरोपची विषारी गटारगंगा' बनली आहे. त्याचे उत्तरदायित्व कोणाही व्यक्तीवर लादले गेले नाही. प्रदूषणाचे गंभीर परिणाम लक्षात घेऊन मानवजातीच्या जीवितावर उठलेल्या प्रदूषणकर्त्यांना जबर शिक्षा करण्याचा अधिकार कायद्यात असला पाहिजे. प्रगत देशांत ही जाणीव आता होऊ लागली आहे. दिनांक १९ एप्रिल १९७४ ला इटलीतील प्रदूषणाच्या पहिल्याच खटल्यात १७ उद्योगपतींना चार महिन्यांच्या कारावासाची शिक्षा दिली गेली ! अमेरिकेत काही प्रदूषणात्मक गुन्ह्यांसाठी प्रदूषणाचा धोका नाहीसा होईपर्यंत प्रत्येक दिवसाला १०,००० डॉलर्सचा दंड करण्यात येतो ! प्रदूषणाचे सध्याचे संकट टाळण्यासाठी कायद्यानेच शासनाचे हात बळकट व्हावयास पाहिजेत. प्रदूषणावर हाच एक प्रभावी तोडगा आहे.

□ □ □

१६

एकविसावे शतक आणि पर्यावरण

सूर्याभोवती सतत परिभ्रमण करणारी आपली पृथ्वी विविधगुणसंपन्न आणि सौंदर्यसंपन्न ग्रह आहे. ते एक स्वयंसंपूर्ण अवकाशयान आहे. हे सौंदर्यसंपन्न अवकाशयान भावी काळात कसे टिकून राहील, हा प्रश्न आता निर्माण झाला आहे.

गेल्या तीनशे वर्षांपासून मानवाने परिसरात ढवळाढवळ करण्याचे उद्योग आरंभिले आहेत. प्रचंड प्रमाणावर जंगलांचा विनाश केला आहे. लोकसंख्या भयानक त्वरेने वाढत आहे. मानवी जीवन समृद्ध आणि सुखी व्हावे म्हणून इंधनाच्या आणि अणुऊर्जेच्या साहाय्याने नैसर्गिक साधनसंपत्तीचे विविध प्रकारच्या वस्तूत, यंत्रात, उपकरणात रूपांतर होत आहे. आंतरराष्ट्रीय बाजारपेठांत तीव्र स्पर्धा प्रत्ययास येत आहे. औद्योगिक उत्पादन वाढविणे हा एकच मार्ग प्रगत राष्ट्रांनी अवलंबिलेला आहे. वाढत्या औद्योगिकीकरणांमुळे शहरांची आणि झोपडपट्ट्यांची संख्या व विस्तार वाढत आहे. मोटारींची आणि इतर अनेक प्रकारच्या वाहनांची संख्याही त्याबरोबरच वाढत आहे. अधिक धान्योत्पादनासाठी आणि ते धान्य टिकवून ठेवण्यासाठी खतांचा आणि कीटकनाशकांचा वापर वाढला आहे. ह्या सर्व मानवी व्यवहारामुळे घातक व रोगमूलक द्रव्यांचे असंख्य कण नद्यांत, महासागरात, जमिनीत आणि वातावरणात विखुरले जातात. हे कण पृथ्वीच्या परिसरातील शाश्वत (नियमितपणे आढळणारे) घटक नसतात, ती उपद्रवकारक दूषितके असतात. त्यांचे उपशमन केले जात नाही. ह्या दूषितकांमुळे पर्यावरणात प्रदूषणात्मक कठीण समस्या निर्माण झाल्या आहेत. त्यांचा उगम वाढत्या लोकसंख्येत, शहरांच्या आणि झोपडपट्ट्यांच्या वाढत्या संख्येत, वाढत्या ऊर्जानिर्मितीत, पेट्रोलवर चालणाऱ्या विविध वाहनांनी उत्सर्जित केलेल्या विषारी वायूत आणि तंत्रविज्ञानाच्या वाढत्या उपयोजनात आढळतो.

लोकसंख्या किती झपाट्याने वाढते आहे ते पहा. इसवी सनाच्या पहिल्या शतकात जागतिक लोकसंख्या फक्त २५ कोटी होती. सन १६५० मध्ये ती दुप्पट झाली. ही

दुप्पट व्हायला १६०० वर्षे लागली. इ.स. १८५० मध्ये लोकसंख्या १२४ कोटी होती. इ.स. १९५० मध्ये २५२ कोटी, इ.स. १९६५ मध्ये ३३६ कोटी. इ.स. १९८० मध्ये ४५१ कोटी होती. इ.स. २००० मध्ये जागतिक लोकसंख्या ६६३ कोटीपर्यंत गेलेली आहे आणि यानंतर दर ३० वर्षांनी लोकसंख्या दुप्पटीने वाढेल असा शास्त्रज्ञांचा अंदाज आहे. प्रोफेसर हाईटझ् फॉन फोएस्टर यांनी लोकसंख्यावाढीच्या सूक्ष्म अभ्यासानंतर असा निष्कर्ष काढला आहे की, लोकसंख्येची ही वाढ अशाच विस्फोटक वेगाने चालू राहिली तर शुक्रवार दिनांक १३ नोव्हेंबर २०२६ पर्यंत जगाचा विनाश होईल. पृथ्वीच्या पाठीवर लोक इतके खच्चून भरलेले असतील की त्यांना हालता येणार नाही. चालता येणार नाही. एकमेकांच्या भाराखाली ते दबले जातील, गुदमरतील, आणि शेवटी त्यांना मृत्यू येईल. संपूर्ण वातावरणाची संरचना आणि स्वरूप बदलेल. ते प्रदूषित होईल. कुठल्याही प्रकारचे जीवित पृथ्वीवर वृद्धिंगत होणार नाही !

इ.स. २०२६ म्हणजे फार दूरचा काळ नाही. अवघ्या २५ वर्षांनी ही दुर्घटना घडून यायची आहे. आपली वयोवृद्ध मुले किंवा नातवंडे यांच्याच नशिबी हा दुर्योग आहे. तो टाळण्याचे उत्तरदायित्व आपल्यावरच आहे ! लोकसंख्यावाढ ताबडतोब थांबविणे हे आपलेच कर्तव्य नाही का ?

लोकसंख्यावाढीबरोबर अनेक समस्या उद्‌भवतात. लोकांना खायला अन्न, प्यायला पाणी, राहायला घरे, उदरनिर्वाहासाठी उद्योग आवश्यक असतात. सबंध पृथ्वीवरील १३५ कोटी घन किलोमीटर्स पाण्यापैकी फक्त ३ टक्के पाणी जमिनीवर आढळते. अन्नधान्य निर्मितीसाठी आणि पिण्यासाठी हे पाणी पुरेसे नाही. अधिक धान्यनिर्मितीसाठी योग्य जमीनही पुरेशी नाही. लोकसंख्यावाढ प्रमाणाबाहेर झाल्यास पुष्कळ लोक उपाशी राहतील. किंवा पौष्टिक आहार न मिळाल्यास अनेक व्याधिविकृतींनी ते जर्जर होतील. जगातील सध्याचे विचारप्रवाह आणि घडामोडी पाहता, इ.स. २००१ मध्ये विस्तृत प्रमाणावर उपासमार, पाण्याची टंचाई, घरांची दुर्मिळता, स्वार्थी स्वैराचारी आणि हिंसक प्रवृत्तीत वाढ, दारुण जीवनकलह, सत्तास्पर्धा राजकीय गोंधळ आणि अराजक दिसून येईल. प्रसिद्ध ब्रिटिश शास्त्रज्ञ कादंबरीकार लॉर्ड सी.पी.स्नो यांनी १९६५ मध्ये स्पष्टपणे इशारा दिला आहे. "इ.स. १९८० पासून गरीब अविकसित देशांत लक्षावधी लोक उपासमारीने मरत आहेत हे आपण आपल्या डोळ्यांनी आपल्या टेलिव्हिजन सेटस्‌वर पाहू शकू."

योग्य उपाय न योजिल्यास, अशाच घडामोडींमधून पृथ्वीचा संपूर्ण परिसर प्रदूषित होऊन पृथ्वी विनाशाकडे ओढली जाईल, असा माझा कयास आहे.

सद्यःस्थितीत मानवी परिसरात आढळणाऱ्या बहुतेक सर्व प्रकारच्या प्रदूषणांचे मूळ मानवाने आरंभिलेल्या औद्योगिकीकरणात आहे. औद्योगिक प्रकल्पातून निघालेल्या त्याज्य वस्तू किंवा अपशिष्टे परिसरात मिसळतात. गेल्या सत्तर वर्षांत ६ लक्ष टन ॲंटिमनी, तितकेच आर्सेनिक, दहा लक्ष टन कोबाल्ट, ८ लक्ष टन निकेल यांसारख्या विषारी वस्तूंचे कण वायुमंडळात विखुरले गेले आहेत. कोळसा, खनिज तेले आणि इतर जीवाश्म इंधन जाळल्यामुळे गेल्या शंभर वर्षात २५००० कोटी टन ऑक्सिजन संपुष्टात आला आणि त्याऐवजी ३८००० हजार कोटी टन कार्बन-डाय-ऑक्साईड हवेत मिसळला. जंगलांपासून मोठ्या प्रमाणावर कार्बन-डाय-ऑक्साइडचे विदलन होऊन प्राणिमात्रांना ऑक्सिजन मिळू शकतो. पण गेल्या ५० वर्षांत इमारती लाकडासाठी आणि इंधनासाठी जगात बेसुमार झाडतोड झाली, ६६ टक्के जंगलांचा विनाश झाला. त्यामुळे ऑक्सिजनचे उत्पादन कमी झाले. औद्योगिकीकरणामुळे शहरांचा विस्तार वाढला, मोटारींची संख्या वाढली, शिसे आणि कार्बन मोनॉक्साईडसारखा जहरी वायू हवेत अधिकाधिक प्रमाणात मिसळू लागला. स्थानिक-जलवायुमानात अनिष्ट बदल होऊ लागले. इ.स. १९०१ ते १९४० पर्यंतच्या कालावधीत उत्तर गोलार्धाचे सरासरी तपमान सहा दशांश (०.६) सेल्शिअस अंशांनी वाढले, तर पुढील ३५ वर्षात ते तीन दशांश (०.३) से. अंशाने कमी झाले. विविध प्रकारचे वस्तुकण वातावरणात शिरत असल्यामुळे उत्तर गोलार्धाचे तापमान कमी होत आहे आणि आता हिमयुगाला प्रारंभ होत असावा, अशी भीती शास्त्रज्ञ व्यक्त करीत आहेत.

ही झाली वातावरणीय प्रदूषणाची कथा आणि व्यथा. पृथ्वीवरील जलाशयही प्रदूषित होत आहेत. शहरात राहणाऱ्या मानवांनी विसर्जित केलेली घाण, गटारातील पाणी, कचरा, वाहितमल आणि औद्योगिक प्रकल्पांच्या विविध विक्रियांतून उत्सर्जित होणाऱ्या त्याज्य वस्तू, निरुपयोगी द्रव्ये, किरणोत्सर्गी पदार्थकण इ. विहिरीत, नद्यांत, नाल्यांत, सरोवरात, महासागरात सोडले गेल्यामुळे सर्व जलाशयांचे पाणी विषारी होत आहे. पिकांच्या संरक्षणासाठी डी.डी.टी. सारखी जंतुनाशक रसायने आणि इतर कीटकनाशके जमिनीवर टाकून तिची सुपीकता आणि उपयुक्तता कमी केली जात आहे. मृत्तिकावरण प्रदूषित होत आहे. अन्नशृंखला विषमय होत आहे. दरवर्षी जगातील समुद्रांत ५००० टन पारा प्रवेश करतो. अनेक औद्योगिक प्रकल्पांतून वातावरणात सरळ शिरणारी प्रमुख दूषितके म्हणजे सल्फर डायऑक्साइड, वालुकाकण. धूलिकण, धूम्रकण, नायट्रोजन ऑक्साइड, काही हायड्रोकार्बनिक संयुगांचे कण, ओझोन, शिसे, ॲस्बेटॉस आणि बेरिलियमचे अतिसूक्ष्म कण ही होत. पाऊस पडला

की ही सर्व दूषितके परिणामी महासागरात जाऊन पोचतात, जमिनीवर टाकलेली कीटकनाशकेही अनेक मार्गांनी शेवटी महासागराकडेच धाव घेतात. समुद्राला रत्नाकर म्हणतात, पण एकविसाव्या शतकाच्या सुरुवातीलाच तो विषारी ''रसायनागर'' झालेला असेल !

अशा पर्यावरणी प्रदूषणामुळे आतापर्यंत निदान ८२५ जिवंत प्राण्यांच्या जाती नष्ट झाल्या आहेत. गेल्या तीस वर्षांत ४० टक्के जलचर प्राण्यांच्या जातींचा विनाश झाला आहे. आता कदाचित मनुष्य संहाराची पाळी येईल. आवाजाच्या वेगापेक्षा अधिक वेगाने प्रवास करणारी सुपरसॉनिक जेट विमाने नवी दिल्ली ते लंडनपर्यंतचा प्रवास करताना वातावरणातील ५४ टन ऑक्सिजन वापरतात. त्याची जागा कार्बनडाय ऑक्साईड घेतो. अशी सुपरसॉनिक विमाने आता मोठ्या प्रमाणावर वापरली जात आहेत. भिन्न देशांत अणुविस्फोट होत आहेत. अमेरिकेने तर 'स्टार वॉर्स' नावाचा अंतराळात अण्वस्त्रे नेण्याचा कार्यक्रम आखला आहे. ठिकठिकाणी अणुऊर्जानिर्मिती प्रकल्प स्थापिले जात आहेत. काही राष्ट्रे रासायनिक युद्धात गुंतली आहेत. प्रगत राष्ट्रे निरनिराळी उपयुक्त रसायने तयार करून ती विकसनशील देशांना विकतात. एकट्या अमेरिकेमध्ये दरवर्षी ५ ते ६ लक्ष प्रकारची रसायने तयार केली जातात. प्रतिवर्षी ही संख्या ५०० ते ६०० नी वाढते. ही रसायने तयार होताना अगणित विषारी कण पर्यावरणात मिसळतात. महासागरांवर अनेक मालवाहू जहाजे परिभ्रमण करीत असतात. खनिज आणि ज्वालाग्राही तेलाची आंतरराष्ट्रीय वहातूक जहाजेच करतात. अनेकदा त्यातील तेलाच्या टाक्या फुटतात, विषारी तेल समुद्रावर पसरते. त्यामुळे अगणित मासे, जलचर प्राणी मृत्युमुखी पडतात. सागरी वनस्पतिसंपदा संपूर्णतया नष्ट होते.

प्रगत देशात थोड्याशा नादुरुस्त झालेल्या वस्तू शहराबाहेर फेकून दिल्या जातात. इतर प्रगत देशातही त्याज्य वस्तूंचे संख्यानक फारसे वेगळे नाही. ह्या अडगळीतील वस्तूंतून भयानक प्रमाणावर घाण पसरते, उपद्रवी कीटक निर्माण होतात. अनेकदा निरुपयोगी रबराच्या वस्तू, कचरा, टायर, कागद वगैरे जाळण्यात येतात. राख नद्यांत किंवा समुद्रात फेकण्यात येते. पण त्यामुळे वातावरणीय आणि जलीय प्रदूषणाचा धोका आपण ओढवून घेतो, हे विसरले जाते.

इ.स. १९७० मध्ये अमेरिकेमधील विचारवंतांनी अशा प्रदूषणाच्या घटनांचा अभ्यास केला. त्याज्य वस्तूंच्या ढिगाऱ्यांची छायाचित्रे घेतली. हे प्रकार चालू राहिल्यास पृथ्वीचा अंत फार दूर नाही हे त्यांना कळले. सर्व परिस्थितिकीविज्ञांनी न्यूयॉर्कला दिनांक २२ एप्रिल १९७० ला 'अर्थ डे' म्हणजे 'पृथ्वीसंरक्षण दिन'

साजरा केला. काहीही झाले तरी पृथ्वीचा परिसर निर्मळ राहील आणि पृथ्वीची संपदा व अविनाशिता कायम राहील अशी खटपट करण्याची प्रतिज्ञा केली. मोटारींमुळे घातक प्रदूषण निर्माण होते म्हणून न्यूयॉर्क शहरामधील फिफ्थ् ॲव्हेन्यू च्या परिसरात निदर्शकांनी संपूर्ण दिवसात एकही मोटार येऊ दिली नाही !

आता जगात सर्वत्र ५ जून हा 'जागतिक पर्यावरण दिन' म्हणून पाळला जातो. विविध चर्चासत्रांत प्रदूषण कसे टाळायचे याबद्दल विचार करण्यात येतो.

भारतातील अनेक कापडगिरण्यांमुळे, विविध औद्योगिक प्रकल्प आणि रासायनिक कारखान्यांमुळे, बहुतेक सर्व भारतीय नद्या प्रदूषितावस्थेत आहेत. या नद्यांच्या पाण्यापैकी फक्त ३० टक्के पाणी पिण्यासाठी किंवा शेतीसाठी वापरले जाऊ शकते. यमुनेत प्रतिदिनी २ कोटी लिटर्स औद्योगिक अपशिष्टे आणि ५ लक्ष लिटर्स डी.डी.टी.च्या उद्योगातील त्याज्य वस्तू सोडल्या जातात. हुगळी नदीत कलकत्ता परिसरातील १५० प्रमुख कारखान्यांतील अपशिष्टे सोडली जातात. पुण्यसलिला पापहारिणी गंगा नदीची शुचिता आणि पवित्रता आता ऐतिहासिक विषय झाला आहे. भारतातील अनेक कारखान्यांतील त्याज्य रसायने जवळच्या नद्यांत किंवा नाल्यांत फेकली जातात. समुद्रकाठी वसलेल्या औद्योगिक शहरांमुळे किनाऱ्यालगतचा समुद्रही प्रदूषित होतो. कारखान्यांतून धुराबरोबर निघालेली अनेक रसायने वातावरणात मिसळतात. भारतीय पर्यावरणात शिरलेली काही रसायने कॅन्सर (कर्करोग) किंवा फायब्रोसिस (तंत्वात्मकता) निर्माण करू शकतात. हे प्रकार असेच चालू राहिले तर एकविसाव्या शतकात कोणत्या संकटांना सामोरे जावे लागेल, याची कल्पनाच केलेली बरी !

सध्या जगात सधन, समृद्ध, सुखी लोकांचे प्रमाण ५ टक्क्यांपेक्षा कमीच असावे, धकाधकीचे जीवन जगणारेच खूप लोक आहेत. पण पर्यावरण विशुद्ध ठेवले, वनसंपदा आणि अन्ननिर्मिती वाढविली, माणसाने माणसांच्या सुखासाठी तंत्रज्ञान वाढविले, सत्तास्पर्धा सोडली, औद्योगिक अपशिष्टांचे पुनरुपयोजन केले, केवळ सौरऊर्जा वापरली, लोकसंख्यावाढ थांबविली. तरच आपली पृथ्वी खऱ्या अर्थाने विश्वातील स्वयंपूर्ण, स्वावलंबित सौंदर्यसंपन्न अवकाशयान होईल. नाहीतर "Man has lost his capacity to foresee and forestall. He will end by destroying the Earth." [''भविष्यात काय लिहिले आहे हे जाणून घेण्याची आणि त्याप्रमाणे पावले टाकण्याची क्षमता मानवाने गमविली आहे. आपल्या कृतींनी पृथ्वीचा विनाश घडवून आणून तो स्वतःचाही अंत करून घेईल.''] ही अल्बर्ट श्वाइटझर यांची भविष्यवाणी खरी ठरेल !

□ □ □

१७

■■

ध्वनी प्रदूषण

विश्वाच्या विशाल पसाऱ्यात आपली पृथ्वी हरित नील रंगाचा सौंदर्यसंपन्न पण एकाकी ग्रह आहे. त्यावर सुपीक जमीन, पर्वतमालिका, वन्यप्रदेश, विस्तीर्ण महासागर, ध्रुवीय हिमक्षेत्रे, नद्या, सरोवरे व वालुकामय प्रदेश आहेत. पृथ्वीच्या उदरात उपयुक्त खनिजांची संपदा असून त्यापासून खनिज इंधन व अनेक मौल्यवान धातू उपलब्ध होऊ शकतात. महासागराच्या तळापासून ते उत्तुंग पर्वतशिखरांपर्यंत विविध प्रकारच्या वनस्पती आणि अनेक प्रकारचे जलचर, वनचर, भूमिचर प्राणी, जीवाणू आणि कीटाणू वाढत असतात. त्यांच्या संवर्धनासाठी पृथ्वीभोवती अनेक वायूंचे मिश्रण असलेले वातावरण आहे. ह्या सर्व घटकांत सतत देवघेव चाललेली असते. एक प्रकारचे संतुलन नांदत असते. ह्या संतुलनाच्या अखंडतेवर विविधतेने विनटलेल्या वनस्पतिजीवनाचा व प्राणीजीवनाचा अबाधितपणा, अव्याहतपणा अवलंबून असतो.

काही संकेत, काही नियंत्रणे कटाक्षाने पाळली तर पृथ्वीच्या परिसरातील संतुलनाला धक्का न लागता किंवा ते विस्कळित न होता पृथ्वीवरील जीवन अखंडपणे चालू राहू शकेल.

पण आता ते शक्य दिसत नाही ! माणूस आपल्या कृतींनी आपले जग विषमय करीत आहे. आपला परिसर प्रदूषित करीत आहे. मानवानेच संतुलन विस्कळित करण्याचे उद्योग आरंभिले आहेत !

प्रदूषणामुळे पृथ्वीवरील संभाव्य संकटाची कल्पना

मानव आणि त्याचा परिसर हा अत्यंत गुंतागुंतीचा, परस्परावलंबित व संतुलित असा एक जटिल व्यूह आहे. त्यात सर्व घटकांनी गुण्यागोविंदाने नांदायचे असते. एकाने दुसऱ्यावर कुरघोडी करण्याचा प्रयत्न केला की संघर्ष उद्भवतो. व्यूहाच्या

स्थैर्याला तडा जातो. परिसरात घडून येणाऱ्या काही नैसर्गिक आपत्तींनी मानवावर संकटे ओढवली की मानव स्वसंरक्षणार्थ उपाय शोधू लागतो आणि परिसरात इष्ट असे बदल घडवून आणण्याचा प्रयत्न करतो. मानवाने परिसरात ढवळाढवळ करायला सुरुवात केली की परिसर फार मोठ्या प्रमाणावर प्रतिक्रिया व्यक्त करतो. सर्वच प्रतिक्रिया अपेक्षित असतात असे नाही. अनेक प्रतिक्रिया अनपेक्षित आणि अनाकलनीय असतात. त्याचे दुष्परिणाम दूरगामी असतात.

मानवाचे सध्याचे ज्ञान परिपूर्ण नाही. आपण आरंभलेल्या उद्योगांचे अंतिम परिणाम काय होतील हे जाणून घेण्याची त्याची क्षमता सीमित आहे. निसर्गावर मात करण्याची त्याची महत्त्वाकांक्षा दुर्दम्य आहे व त्या उद्योगांत प्रथमदर्शनीच गंभीर समस्या निर्माण होऊन त्याचे विघातक व विनाशक परिणाम प्रत्यक्षात दिसत असले तरी आपल्या उद्योगांना व प्रयत्नांना वेळीच लगाम घालण्याचे तारतम्य मानवात नाही. मानवात दूरदर्शित्वाचा गुण कमी प्रमाणात आहे. इतिहासात मानवाच्या दूरदृष्टीच्या अभावाची अनेक उदाहरणे आहेत. कसे ते पहा.

प्रथमच अग्नीशी खेळून वनस्पतींनी आच्छादिलेली सौंदर्यपूर्ण क्षेत्रे उजाड केली.

लाकूड मिळावे म्हणून ६६ टक्के जंगलांचा विनाश केला. त्यामुळे श्वसनाला आवश्यक असणाऱ्या ऑक्सिजनच्या उत्पादनात घट झाली. वाळवंटांचा विस्तार वाढला.

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर अनेक ठिकाणी विवरे खणून तिला विद्रूप केले, तिच्या उदरातील मौल्यवान खनिजे काढून अनेक औद्योगिक कारखाने सुरू केले. मोठमोठे प्रकल्प अस्तित्वात आणले. वसुंधरेला दारिद्र्य आले.

कारखान्यांच्या धुराड्यातून धुळीचे, धूम्रकणांचे आणि विषारी वायुकणांचे प्रचंड लोट वातावरणात सोडून ते दूषित करून टाकले. भूमिचर प्राण्यांच्या प्रकृतिस्वास्थ्याच्या दृष्टीने अनर्थोत्पादक परिस्थिती निर्माण झाली.

काही राष्ट्रांनी आपला विकास, समृद्धी, वैभव आणि आपल्या लोकांचे जीवनमान उंचावण्यासाठी औद्योगीकरण वाढविले. औद्योगीकरणाबरोबर शहरे संख्येने व आकाराने वाढली. शहरात राहणाऱ्या मानवांनी विसर्जित केलेली घाण व औद्योगिक प्रकल्पांच्या विविध चिक्रियांतून उत्सर्जित होणाऱ्या त्याज्य वस्तू, निरुपयोगी द्रव्ये व किरणोत्सारी पदार्थांचे कण नद्यांत, सरोवरांत व महासागरांत सोडून त्यांचे पाणी विषारी केले. मानवांना व मानवेतर प्राण्यांना श्वसनासाठी लागणाऱ्या ऑक्सिजनचा पुरवठा करणाऱ्या फायटो प्लँकटन सारख्या जीवाणूंचा प्रचंड प्रमाणावर संहार झाला. ऑक्सिजनचे

उत्पादन घटले. पृथ्वीवर सध्या जितका ऑक्सिजन निर्माण होतो त्याच्या १.६ पट ऑक्सिजन वापरला जातो.

पिकांच्या संरक्षणासाठी डी.डी.टी. सारखी जंतुविनाशक कीटाणूसंहारक रसायने जमिनीवर टाकली त्यामुळे तिची सुपीकता आणि उपयुक्तता कमी झाली. मृत्तिकावरण प्रदूषित झाले.

मानवांच्या सुखसोयीसाठी खनिज इंधन व तेले वाढत्या प्रमाणात जाळली व सुपर सॉनिक विमाने स्थितांबरात चालविली. पण त्यामुळे वातावरणातील कार्बन डाय ऑक्साइडचे प्रमाण गेल्या शंभर वर्षांत १५ टक्क्यांपेक्षा अधिक वाढले. कार्बन डाय ऑक्साइड सौरप्रारण तपमान वाढवू शकतो. पृथ्वीचे तपमान १.५ सें. नी वाढले तर ध्रुवीय हिमाच्छादित प्रदेशांवरील बर्फ वितळेल, समुद्राची पातळी ६० फुटांनी वाढेल आणि त्यामुळे समुद्राकाठची बहुतेक सर्व महानगरे व नीच पातळीवरील प्रदेश समुद्रात गडप होतील की काय अशी भीती निर्माण झाली.

मानवाच्या अनेकविध उद्योगांमुळे आणि हवामानाच्या अनेक घटकांत परिवर्तन घडवून आणण्याच्या प्रयोगामुळे पृथ्वीवरच्या जलवायुमानात अपरिवर्तनीय फेरफार घडून येऊन ते आमूलाग्र बदलते की काय अशी शंका येऊ लागली आहे.

अशा रीतीने महत्त्वाकांक्षी मानव आपल्या परिसरातील भिन्न घटकांशी खेळत आहे; त्याची संरचना व त्यात नांदणारे संतुलन विस्कळित करीत आहे. आपला परिसर दिवसेंदिवस प्रदूषित होत आहे.

आपल्या कृतींनी आपले जग विषमय करणाऱ्या माणसाला काय म्हणावे ? डॉ. डग्लस ली यांनी त्याला 'नैसर्गिक सुव्यवस्था विघटित करणारा प्रदूषक' असे नाव दिले आहे. डॉ. जोसेफ एल्. मायलर यांनी 'The Dirty Animal - MAN' या लेखात त्याला 'सडक्या वस्तूंनी पवित्र नद्या दूषित करणारा, हरित कुरणांचे वाळवंट करणारा, प्रसन्न वातावरण विषारी करून स्वतःबरोबर इतर प्राण्यांच्या जीवनाला धोका निर्माण करणारा, ८२५ जिवंत प्राण्यांच्या जाती नष्ट करणारा दुष्ट घाणेरडा प्राणी' असे संबोधून त्याची संभावना केली आहे.

औद्योगीकरण हे वरदान की शाप असा संभ्रम आता निर्माण होत आहे !

सारांश, पृथ्वीच्या प्रदूषित पर्यावरणात आणीबाणीची परिस्थिती उत्पन्न होत आहे. मानवजातीचे अस्तित्वच आता धोक्यात आले आहे.

समाजशास्त्रज्ञ आणि परिस्थितिकीविज्ञ (Ecologists) जगाच्या अंत केव्हा होईल याची गणिते मांडीत आहेत. जलवायुमानविज्ञ आणि परिस्थितिकीविज्ञ यांचे मते

चालू शतकाचे शेवटीच उष्मीय, जलीय व वातावरणीय प्रदूषणामुळे जागतिक संतुलनात बिघाड उत्पन्न होऊन जगाचा अंत होईल.

आणि ह्या अनर्थाच्या परंपरेचे उत्तरदायित्व सर्वस्वी मानवावरच राहील असाही इशारा सर्व प्रलयसूचकांनी देऊन ठेवला आहे.,

ध्वनि-प्रदूषण : गोंगाट : : आवाजांचे प्रकार

मानवांच्या औद्योगिक आणि यांत्रिक प्रगतीने जसे जीवावरण, मृत्तिकावरण, जलावरण आणि वातावरण प्रदूषित करून जी अनेक संकटे निर्माण केली. त्यात आणखी एक संकट निर्माण केले. ते संकट म्हणजे ध्वनीप्रदूषण : विशेषतः शहरी जीवनालाच ह्या संकटामुळे उपद्रव होतो.

औद्योगीकरणामुळे शहरांची संख्या व विस्तार वाढतो आहे. नगरवासीयांची संख्या वाढते आहे. त्यांच्या अनेकविध व्यवहारांमुळे असंख्य प्रकारचे आवाज वातावरणात निर्माण होतात. त्यांच्या गोंगाटाने - कोलाहलाने-वातावरण सतत स्पंदमान झालेले असते.

हे आवाज तरी किती प्रकारचे असावेत ? आपण एक यादी करूया. मोठ्या शहरांतील रस्त्यावर ऐकू येणारे हे आवाज पहा.

लोहमार्गावरून पळणाऱ्या द्रुतवेगी आगगाड्यांचा धडधडाट -

हमररस्त्यावरून बेछूटपणे धावणाऱ्या मोटारींची व मोटार-सायकलींची फटफट.

ट्रक्स, स्कूटर्स, बसेस आणि ट्रॅम्सचा खडखडाट -

हवेत भ्रमण करणाऱ्या जेट विमानांची व लढाऊ विमानांची घरघर -

काही विमानांचा वेग आवाजाच्या वेगापेक्षा अधिक झाला की त्यामुळे हवेत उठणारे स्फोटक ध्वनी -

अतिवेगात धावणाऱ्या वाहनांच्या ब्रेक्सची कर्णविदारक किचकीच -

फायर ब्रिगेडच्या वाहनांचा घंटानाद -

इमारतींचे बांधकाम चालू असताना होणारे विविध आवाज. पायाभरणी करणाऱ्या धुम्मस यंत्रांचा, खडीसिमेंटचे मिश्रण करणाऱ्या व ते ठासून भरणाऱ्या यंत्रांचा धूमधडाका -

आवेधन यंत्रांची (ड्रिलिंग मशीनची) फरफर -

यांत्रिक हातोड्यांच्या आघातांचे आवाज -

यांत्रिक करवतींची चरचर -

रिव्हेटिंग मशीनची पिटपिट -

बुलडोझर्सचा खडखडाट -
वायवीय कंपनावर चालणारी यांत्रिकी साधने, आयुधे व उपकरणे यांचे
वैचित्र्यपूर्ण आवाज -
गिरण्यांचे भोंगे, पोंगे, सायरेन्स, शिट्या -
फेरीवाल्यांच्या व पाटीवाल्यांच्या कर्कश ललकाऱ्या.
रस्त्यावरील भांडणे -
निदर्शने करणाऱ्या मिरवणुकीच्या गगनभेदी आरोळ्या, कंठशोषक घोषणा -
सुतारकाम, लोहारकाम करणाऱ्यांची किंवा त्यांच्या यंत्रांची ठोकपीट -
वातानुकुलक यंत्राची किंवा वायुसंपीडक यंत्रांची धुसफूस -
गवतकापणी करणाऱ्या यंत्रांची फरफर -
डफ, खंजिऱ्या, टाळ मृदुंग, यांसारखी वाद्ये वाजवून घसा फोडून परमेश्वराला आळविणाऱ्या किंवा त्याचा धावा करणाऱ्या भक्तगणांच्या मिरवणुकी -
बँडबाजे, ताशे, वाजंत्री लावून श्रीमंतीचे ओंगळ प्रदर्शन करणाऱ्या धनिकांच्या लग्नांतील मिरवणुकी, आपटबार, फटाक्यांचे आवाज -
दुकानातील रेडिओचे उंचावलेले आवाज -
मंगल कार्यालयात, उपहारगृहात, केशकर्तनालयात रेडिओ संगीताचा किंवा आचरट
प्रेमगीतांचा व तमाशागीतांचा सातत्याने चाललेला घोष -
हे झाले रस्त्यावर ऐकू येणारे आवाज. छापखान्यांत, औद्योगिक कारखान्यात व कापडगिरण्यांत विविध प्रकाॅरची यंत्रे सारखी घरघरत असतात. त्यांच्या गोंगाटी वातावरणात कामगारांना दिवसाचे कित्येक तास काम करावे लागते. आता शहरातील मोठमोठ्या इमारतींतून निनादणाऱ्या आवाजांचे प्रकार पाहू या.
शेअरच्या घरात किंवा खोल्यांत केकाटणारे रेडिओ, बाहेर अविरतपणे वाजणाऱ्या दूरध्वनिप्रक्षेपकांचा कल्लोळ-लहान मुलांच्या रडण्याचे तारस्वरातील आवाज-
शाळकरी मुलांच्या पाठांतराची व अभ्यासाची खड्या आवाजातील तालीम -
बायकामुलांच्या बोलण्याचा कलकलाट -
बादल्यांचा आणि भांड्यांचा खडखडाट -
नळाचे, धुण्याचे व पाणी फेकण्याचे आवाज -
उच्चालक यंत्रांचे आवाज, दारे खाडकन लावण्याच्या व उघडण्याच्या वेळचे

आवाज-

जिन्यात चालणारे उच्चस्वरातील संभाषण -

निरनिराळ्या कंप्रतांवर ट्रॅन्झिस्टरकडून ओकले जाणारे सिनेसंगीत -

वरच्या मजल्यावर राहणाऱ्या लोकांच्या हालचाली, संक्षोभजनक पडझड, धडपड खलबत्त्यांचे आवाज.

घर सोडून कार्यालयात जावे तर तेथेही तेच सर्वत्र गोंगाटाचे साम्राज्य ! शांततेचा मागमूसही नसतो.

टंकलेखकांची खटखट, कटकट -

पुरुषकारकुनांची गोंगाटी बडबड -

स्त्रीकारकुनांची किलबिल किंवा वटवट

कँटीनमधून सतत आणल्या जाणाऱ्या कपबशांचा खडखडाट, पाडफोड -

टेलिफोनच्या घंट्यांचा खणखणाट -

साहेबांचा संताप -

कॉलबेलचा टुरटुराट -

चपराशांचा चडफडाट - पावलांचा दणदणाट. प्रतिक्रियेच्या रूपाने दर्शविलेली खालच्या लोकांची धूसफूस-आदळआपट.

कामात व्यत्यय आल्यास क्वचित प्रसंगी गुरकावणे, फायली भिरकावणे.

अशा रीतीने सर्वत्र आवाजांमुळे विक्षुब्ध वातावरण दिसते. सर्व आवाजांना भिऊन शहरातून शांतताच पळालेली असते !

मध्यरात्रीच्या सुमारास रस्त्यावरील रहदारी व वर्दळ कमी होत असली तरी रात्रीच्या शांत समयी कुत्र्यांचे भुंकणे, दारुड्यांचा गोंधळ, जुगाऱ्यांची भांडणे अभावितपणे ऐकू येतात.

हे सर्व नको असलेले अप्रिय आवाज असतात. त्यांच्यामुळे मनाची शांती ढळते. मनस्ताप वाढतो, झोप उडते. अगोदरच शहरात राहणारा सदैव संत्रस्त मनःस्थितीत असतो. शहरातील यंत्रसदृश व यांत्रिक जीवन, कंटाळवाणी दिनचर्या आणि सतत धावपळ माणसाला उबग आणते, जीवन असह्य करते. ते अधिक असह्य करायला कोलाहलाची, कल्लोळाची भर पडते. मोठमोठ्या शहरातील जीवन गोंगाटाशी निगडित झालेले असते. देवासारखाच गोंगाटही सर्वव्यापी, सर्वसाक्षी झाला आहे. दिवसा गोंगाट तीव्रतेची परिसीमा गाठतोच, पण रात्रीसुद्धा शहरी वातावरणात मंदस्वरात विव्हळल्यासारखे आवाज सतत ऐकू येतात.

गोंगाटाची व्याख्या : गोंगाट ही एक पर्यावरणी समस्या

गोंगाटाची नक्की व्याख्या करणे कठीण आहे; वर्णन करून गोंगाटाचे स्वरूप दाखविणे सोपे आहे. नको असलेला आवाज; मूल्यहीन, अर्थहीन ध्वनी; नादमाधुर्याचा गुण नसलेला, कर्णकठोर, विसंवादी आवाज, निद्रानाशक, भीतिदायक, आपत्तिमूलक, त्रासदायक, अमर्यादित, विनावरोधित, अप्रिय, कर्णकटू, चित्त विचलित किंवा विकेंद्रित करणारा, कामात अडथळे आणणारा, कर्णरंध्रावर सातत्याने आघात करून जीवन संत्रस्त व असह्य करणारा, व्यक्तिस्वातंत्र्यावर व खाजगी जीवनावर आक्रमण करणारा उंच आवाज असे गोंगाटाचे वर्णन करता येईल.

हाच गोंगाट वातावरणात सातत्याने निनादित होत राहिला तर मानसिक अस्वस्थता निर्माण होते, आरोग्याला अपाय पोचतो. गोंगाटाला महत्त्वाच्या पर्यावरणी प्रदूषकांच्या रांगेत बसविले आहे ते याच कारणामुळे.

डॉ. जेराल्ड बी. डॉर्मन (अमेरिका) यांच्या मते, 'आपल्या पृथ्वीवरील हवा, पाणी, पिके आणि जमीन दूषित करणाऱ्या अपायकारक वायू, रसायने आणि निरर्थक त्याज्य वस्तूंसारखाच गोंगाटही महत्त्वाचा पर्यावरणी प्रदूषक झाला आहे.' डॉ. व्हर्न ओ. नूडसेन (कॅलिफोर्निया विद्यापीठ) म्हणतात, 'सधूम व साम्ल धुक्यासारखाच गोंगाट, कल्लोळ किंवा कोलाहल मृत्यूचा हस्तक आहे. हळूहळू अगदी नकळत तो आपला कार्यभाग साधतो. गोंगाट प्रतिदिनी सारखा वाढत आहे. गेल्या ३० वर्षात तो ज्या प्रमाणात वाढला, त्याच प्रमाणात वाढत राहिला तर पुढील ३० वर्षात गोंगाट प्राणघातक ठरू शकेल.'

नोबेल पारितोषिक विजेते, प्रसिद्ध सूक्ष्म जीवशास्त्रज्ञ डॉ. रॉबर्ट कॉख् साठ वर्षांपूर्वी म्हणाले होते, 'असा एक दिवस येईल की, जेव्हा मानवी स्वास्थ्याचा आणि आरोग्याचा सर्वात वाईट शत्रू म्हणून मानवाला निर्दय गोंगाटाशी निकराचा लढा द्यावा लागेल.'

आता तो दिवस अगदी जवळ आला आहे असे परिस्थितीकीविज्ञांना वाटते. गोंगाट शारीरिक व मानसिक इजा पोचवितो. अभियांत्रिकीच्या विकासाची फळे जितकी गोड तितकीच परिणामी कडू असू शकतात असे आता प्रत्ययास येऊ लागले आहे. गोंगाटामुळे निर्माण होणाऱ्या प्रदूषणाला 'प्रगतीचे मूल्य किंवा देणे' असे म्हटले जात आहे. राष्ट्राची उन्नत्ती व सर्वांगीण विकास साधायचा असेल, जगात राष्ट्राचे स्थान उंचवायचे असेल, जगाच्या राजकीय व आर्थिक व्यवहारात नेतृत्व करायचे असेल तर त्यासाठी हे प्रगतीचे मूल्य दिलेच पाहिजे, इतकेच नव्हे तर ते देणे अटळ, अपरिहार्य, आवश्यक आहे असे अनेक युरोपीय आणि अमेरिकन

उद्योगपतींचे, कारखानदारांचे आणि प्रशासकांचे म्हणणे आहे. इतर आवश्यक वस्तूंच्या किंमतींप्रमाणे प्रतिवर्षी ह्या प्रगतीचेही मूल्य वाढत आहे. सिनेटर हॅटफील्ड (अमेरिका) ह्यांच्या मते सध्याची अमेरिकेतील जनता आणि समाज अत्यंत नादप्रिय, गोंगाटी आहे. तेथे सामाजिक आणि औद्योगिक विकास व जीवनमान दिवसेंदिवस उंचावतच आहे. त्यामुळे तेथील परिसरातील ध्वनींची तीव्रता व महत्ता दर दहा वर्षांनी दुप्पट अशा त्वरेने वाढत आहे. काही संपन्न व वैभवपूर्ण क्षेत्रांत गेल्या काही वर्षांत गोंगाटाच्या पातळीची निरीक्षणे केली गेली. इ.स. १९५६ मध्ये गोंगाटाची जी पातळी होती तिच्या चौपट पातळी इ.स. १९६८ मध्ये दिसून आली. इ.स. १९३८ मधील गोंगाटाच्या पातळीपेक्षा १९६८ मधील पातळी ३२ पटींनी अधिक होती !

जगात सर्वत्र माणसाचे जीवन दिवसेंदिवस गुंतागुंतीचे आणि गतिमान होत आहे. 'गती तेथे गोंगाट हा आलाच' अशी एक जुनी म्हण आहे. शांतता खरोखर सोन्यासारखी आहे. सोन्यासारखीच महाग आणि दुर्मिळ ! लबाडीचे गुप्त व्यवहार करण्याकडेच ह्या दोहोंचा उपयोग केला जातो ! एरवी त्यांच्या अस्तित्वाची दखलही घेतली जात नाही.

भारतातील मोठमोठ्या शहरी प्रत्यही गोंगाटाचे साम्राज्य चालू असते. कोणतीही समस्या सोडवायची असेल, कोणतेही उद्दिष्ट साध्य करून घ्यायचे असेल तर त्यासाठी शहरात जाऊन आवाज उंचावलाच पाहिजे, मिरवणुकी-मोर्चे काढलेच पाहिजेत, घोषणा दिल्याच पाहिजेत. गोंधळ माजविलाच पाहिजे अशीच आपल्या समाजसुधारकांची, राजकीय पुढाऱ्यांची, विद्यार्थ्यांची, मजूरवर्गांची, तथाकथित दलितवर्गाची, शासकीय कर्मचाऱ्यांची धारणा झाली आहे. त्यामुळे आपल्या भोवतालचे सबंध वातावरण ध्वनिमय व प्रक्षुब्ध झालेले असते !

ध्वनिमापन

निरनिराळ्या प्रकारच्या लहरींमुळे किंवा तरंगांमुळे निरनिराळे ध्वनी निर्माण होतात. आपल्या कर्णरंध्रावर प्रत्येक सेकंदात किती नादतरंग आदळतात या वरून आपल्याला त्या स्वराचे आकलन होते. प्रत्येक स्वरांची एक विशिष्ट कंप्रता (Vibrations or cycles per second) असते, जसजशी कंप्रता वाढते तसतसा स्वर उंचावतो. काही विशिष्ट मर्यादांतील स्वरच आपण ऐकू शकतो. प्रति सेकंदाला १८ पेक्षा कमी कंपने असलेले नीच स्वर आपल्याला ऐकू येत नाहीत. त्याचप्रमाणे प्रतिसेकंदाला १८००० पेक्षा अधिक कंपने असलेले अति उच्चस्वरही आपण ऐकू शकत नाही. शिवाय आवाज ऐकू येणे किंवा न येणे हे त्या आवाजाच्या तीव्रतेवर अवलंबून असते,

ध्वनीची तीव्रता तरंगांच्या परमप्रसराच्या वर्गाशी समप्रमाणित असते. मंद्रसप्तकातील नीचस्वर कानाला कदाचित कंटाळवाणा किंवा अप्रिय वाटणार नाही. पण त्याच तीव्रतेचा उच्चस्वर दीर्घकाळापर्यंत वाजत राहिला तर तो कर्णविदारक वाटू लागेल. प्रत्येक तासाला घड्याळाचे ठोके पडत राहिले तर कुणीही त्याबद्दल तक्रार करणार नाही. कदाचित त्रस्त मनःस्थितीत असलेल्या माणसाला तो आवाज सांत्वनपर, शांतिदायक असाही वाटेल, पण प्रत्येक सेकंदाला दीर्घकाळपर्यंत तेच घड्याळाचे ठोके सारखे पडत राहिले तर त्याच आवाजाचे गोंगाटात रूपांतर होईल.

गोंगाट म्हणजे नको असलेला आवाज अशी त्याची व्याख्या करणे अचूकतेच्या दृष्टीने इष्ट नाही. आवाजाची अप्रियता तो आवाज ऐकणाऱ्या व्यक्तीवर अवलंबून असते. एकाला न आवडणारा किंवा नको असलेला आवाज दुसऱ्या व्यक्तीला हवासा वाटेल. एखादा खेडुत पुणे-मुंबईसारख्या शहरात गेला तर त्याला सतत निनादित होणाऱ्या आवाजामुळे झोप येत नाही. किंवा सतत आवाजाचा सराव झालेला शहरात राहणारा माणूस एखाद्या शांत खेड्यात सुट्टी घालवायला गेला तर त्याच्या ओळखीचा आवाज पार्श्वभूमीवर नसल्यामुळे झोपेला पारखा होतो, याबद्दलच्या अनेक कथा आपण प्रत्यही ऐकतोच.

सारांश, कंप्रता, तीव्रता आणि सातत्य ह्या तीन घटकांवर ध्वनिनिर्मिती अवलंबून असल्यामुळे ध्वनीचे मापन करणे किंवा त्याची महत्ता निश्चित करणे कठीण होते.

ध्वनीची तीव्रता अलेक्झँडर ग्रॅहम बेल या विख्यात शास्त्रज्ञाने निश्चित केलेल्या 'बेल' नावाच्या कल्पित किंवा अमूर्त (abstract) व अमित (diamensonless) अशा एककात मोजतात. एक दशांश बेल म्हणजे डेसिबेल. सर्वत्र ध्वनीची तीव्रता डेसिबेलमध्येच देण्यात येते *

डेसिबेलची निश्चित कल्पना पुढील परिच्छेदावरून येण्यासारखी आहे.

* The minute changes in pressure in the atmosphere are responsible for sound; and the least alteration of pressure to which the young, adult, healthy ear is sensitive is equal to a pressure of 0.0002 dynes/cm^2. Comparison between this value and the value of the pressure changes caused by louder sounds provides the basis for the decibel measurement of sound. A decibel is not a measurement in itself but is the ratio of the comparison between these two values -

R. Packman :
A Guide to Industrial Safety and Health, 1968.

कोष्टक - १ आपल्या परिसरात ऐकू येणाऱ्या काही आवाजांची तीव्रता (डेसिबेलमध्ये)

आवाजाचे प्रकार	तीव्रता (डेसिबेलमध्ये)
अतितीक्ष्ण श्रवणेंद्रियाला ज्ञात होणारा आवाज	१
मनुष्याच्या हृदयाचे ठोके	१०
ग्रामीण भागातील रात्रीच्या वेळेचा मंद घोष स्वर	२०
झाडांच्या पानांची सळसळ	२०
मांजराचे गुरगुरणे	२५ - ३०
रेफ्रिजरेटरची गुणगुण	३० - ४०
शहरातील वर्दळीमुळे रस्त्याजवळील खोल्यात घुमणारा आवाज	३० - ४५
फॅशनेबल उपहारगृहातील आवाज	५०
मानवी संभाषण	६०
कुत्र्यांचे भुंकणे	६५
आधुनिक अमेरिकन गृहिणीचे स्वयंपाकघर	६०-७०
स्वयंचलित 'डिशवॉशर'	७०
शहरातील वाहनांची वर्दळ	८०
चिडलेल्या माणसाचे जोराने बोलणे	८३-८९
जोराने धावणारा ट्रक	९०
आधुनिक स्वयंपाकघरातील 'मिक्सर' व 'ग्राईंडर'	९३
छापखान्यातील यंत्रे	९४
टरेट लेथ	९५
गवत कापणीयंत्र लॉन पॉवर	१००
न्यूमॅटिक रोड-ड्रिल	१००
पेडेस्टल ग्राइंडर	१०५
गर्जन्मेघांचा गडगडाट	११५
मोठ्या कारखान्यातील यंत्रांची घरघर	१२०
तीस मीटर अंतरावरील जेट विमानांचा आवाज	१२०
सायरेन किंवा बँडवरील संगीत	१२०-१३०
ध्वनीमुळे मानवी शरीरात दुःख निर्मितीची पातळी किंवा सह्य-उच्च ध्वनिमर्यादा	१२०
रॉक-अँड रोलचे उत्तान संगीत	१३८
उड्डाणाच्या वेळी जेट विमानांचा आवाज	१४०
टर्बो-जेट विमानांची उड्डाणाच्या वेळेची घरघर (जवळून)	१६०
प्रयोगशाळेत ठेवलेले उंदीर मृत्युमुखी पडले त्यावेळचा आवाज	१७५

अवकाशयानांचा पृथ्वीपृष्ठ सोडताना आवाज	१७५
सॅटर्न-५ रॉकेट (पृथ्वीपृष्ठ सोडताना)	१९५
तथाकथित 'शांतता' क्षेत्रातील मंद पार्श्वस्वर	२५

डेसिबेल मापप्रमाण लॉगरिथमी असते. ६० डेसबेल तीव्रतेचा ध्वनी ५० डेसिबेलच्या ध्वनीपेक्षा दहापट अधिक तीव्र असतो, ४० डेसिबलच्या ध्वनीपेक्षा १०० पट तर ३० डेसिबलच्या ध्वनीपेक्षा १००० पट तीव्रतर पटतो. मोठ्या शहरांच्या उपनगरात साधारणपणे ५० डेसिबेलचा आवाज सातत्याने आढळतो. जेट विमान हवेत आरोहण करताना १४० डेसिबेल तीव्रतेचा आवाज निर्माण करते. हा आवाज उपनगरातील पार्श्वभूमीवरील आवाजाच्या तीव्रतेच्या १०० कोटी पटींनी अधिक असतो ! अलिशान उपहारगृहात प्रत्ययास येणाऱ्या आवाजाची तीव्रता ५० डेसिबेलपर्यंत असते, पण रॉक अँड रोलसारखे उत्तान संगीत बँडवर वाजविल्यास ती तीव्रता १३८ डेसिबेलपर्यंत जाऊ शकते ! मागील पानावरील कोष्टकात मानवी परिसरात ऐकू येणाऱ्या काही ओळखीच्या आवाजांची तीव्रता दिली आहे.

वरील कोष्टकात दिलेली माहिती अत्यंत उद्‌बोधक आहे. मध्यम तीव्रतेच्या (६० डेसिबेलच्या) आवाजात बोलणारा माणूस चिडला की सहस्रपट अधिक तीव्रतेचा आवाज काढू शकतो हे त्यावरून सिद्ध होते. अमेरिकन गृहिणीचे सुसज्ज स्वयंपाकघर म्हणजे गोंगाटाचे माहेरघर ! ग्राइंडर, कपबशा धुण्याचे यंत्र, रेफ्रिजरेटर, पंखे, मिक्सर इत्यादींसारखी यंत्रे एकाच वेळी चालू राहिली तर त्या सर्वांमुळे १०० डेसिबेल तीव्रतेचा आवाज निघू शकतो. रस्त्यावरील अनेक चौकांत ह्याच तीव्रतेचा आवाज निनादत असतो. जोराने धावणारा ट्रक साधारणपणे ९० डेसिबल तीव्रतेचा आवाज निर्माण करू शकतो. अशाच ट्रक्सचा तांडा रस्त्यावरून जाऊ लागला तर एकामागून एक जाणाऱ्या ट्रक्स १०० डेसिबेलपेक्षा अधिक तीव्रतेचा आवाज काढू शकतात. शहरात ह्या ट्रक्स किंवा बसेसमुळेच अधिक गोंगाट निर्माण होतो. जेट विमानांमुळे यापेक्षाही अनेक पटींनी अधिक तीव्रतेचा आवाज निर्माण होतो हे खरे. पण शहरात धावणाऱ्या ट्रक्सच्या मानाने त्यांचे सातत्य अल्पकालीन असते. ट्रक्सचे सातत्याने होणारे आवाज हमरस्त्याच्या बाजूला सिमेंट-कॉंक्रीटने बांधलेल्या पक्क्या इमारतींच्या खोल्यांतून निनादित होत असतात. त्यांची तीव्रता ४० ते ५० डेसिबेलपर्यंत असते आणि काही काळाने हा पार्श्वध्वनी त्रासदायक वाटू लागतो. विख्यात ध्वनिशास्त्रज्ञ

लिओ. एल्. बेरानेक ह्यांनी अशा खोल्यांना 'ध्वनिजन्य यातनागृहे' अशी संज्ञा दिली आहे. 'विकास यंत्रणेच्या आधीन झालेले, विशाल शहरांच्या कारावासात शिरलेले आपण सर्व कैदी आहोत. कैद्यांनी हे अश्राव्य संगीत ऐकलेच पाहिजे, 'प्रगतीचे मूल्य' चुकविलेच पाहिजे'. अशा उद्गारांनी जोसेफ एल. मायल्स ह्यांनी आधुनिक सुधारलेल्या अमेरिकन संस्कृतीत राहणाऱ्या शहरवासियांना हिणविले आहे.

साधारणपणे माणूस ८० डेसिबेलपर्यंतच्या तीव्रतेच्या ध्वनिमय वातावरणात गोंगाटात विनात्रास, विनासायास राहू शकतो, आपले काम करू शकतो. ह्या तीव्रतेनंतरचे आवाज संतापजनक होतात. १३० डेसिबेल तीव्रतेचे आवाज काही काळपर्यंत माणूस सहन करू शकतो. ह्यापेक्षा अधिक तीव्रतेचे आवाज माणसाच्या कानांना तापदायक ठरतात. वास्तविक ९० ते ११० डेसिबेल तीव्रतेच्या गोंगाटात माणूस दैनंदिन व्यवसायासाठी प्रतिदिनी काही तास असा अनेक वर्षांपर्यंत राहिला तर श्रवणेंद्रियांना कायमचीच इजा पोचेल. १४० डेसिबेल तीव्रतेच्या आवाजामुळे मानवी शरीराला अतिशय दुःख पोचते. त्यामुळे किंचित्काल बधिरत्व येऊ शकते. अतिविस्फोटक ध्वनीमुळे माणसाचा मृत्यू घडून येईल किंवा नाही हे सांगणे सध्या शक्य नाही. तथापि, प्रयोगशाळेत ठेवलेल्या उंदरांचा १७५ डेसिबेल तीव्रतेच्या आवाजामुळे मृत्यू ओढवला असे निश्चितपणे आढळून आले आहे. 'अतितीव्र आवाजांचे मानवांच्या शरीरावर आणि मनावर होणाऱ्या आपत्तिमूलक व धोकादायक परिणामांच्या बाबतीत केलेले कयास बरोबर नाहीत, त्यांच्या गंभीर व भीषण परिणामांची यथायोग्य दखल घेतली गेली नाही. त्यामुळे ध्वनिजन्य आपत्तीची अचूक कल्पना येत नाही. जी कल्पना येते ती अगदी वरवरची व त्रोटक असते. गोंगाटामुळे होणाऱ्या परिणामांच्या गंभीरतेला अत्यंत कमी लेखले गेले आहे' असे मत अमेरिकेतील विज्ञान व अभियांत्रिकीच्या संयुक्त मंडळाने दिले आहे. ह्या बाबतीत त्यांनी अधिक संशोधनावर भर दिला आहे.

ध्वनी-प्रदूषणाचे दुष्परिणाम

उत्स्फोटक ध्वनी मोठमोठ्या खडकांत विभंग निर्माण करून ते फोडू शकतात. असेच शक्तिशाली ध्वनी माणसांच्या कानांवर पडल्यास त्यांच्या शरीरस्वास्थ्यावर आणि मनःस्वास्थ्यावर ते घाला घालू शकतात. कोलाहलाने मनाचा नुसता संताप होतो किंवा तात्पुरती चीड येते असे नाही. तर त्याच्यामुळे शरीराला दुःख पोचते. काही अवयवांचे क्रियाशीलत्व बंद पडते, बहिरेपणा येतो. गोंगाट सतत चालू राहिला तर कित्येकांची डोकी फिरतात, ती माणसे वेडी होतात !

माणसांवर आवाजाचे काय परिणाम होतात याची अलीकडेच अमेरिकेच्या पर्यावरण संरक्षण विभागाने पाहणी केली. एकट्या अमेरिकेतच आवाजामुळे चार कोटी लोकांच्या आरोग्याला अपाय झाला आहे. कामाच्या ठिकाणी व घरी विधायक सुखी जीवन जगण्याची आणखी चार कोटी लोकांची क्षमता कमी झाली आहे, आणि सुमारे २५ लाख लोकांना श्रवणसहाय्यक यंत्रे कानाला लावल्याशिवाय ऐकूच येत नाही, असे त्या पाहणीत दिसून आले.

मोठ्या आवाजामुळे बऱ्याच प्रमाणात श्रवणशक्ती कमी होते. ही समस्या एके काळी कारखाने, व्यावसायिक केंद्रे यापुरतीच मर्यादित होती. पण आता बहुतेक सर्वच शहरांतील वर्दळ व रहदारी फार मोठ्या प्रमाणात वाढत आहे. त्यामुळे शहरांतील रस्त्यांवरच नव्हे तर काही ठिकाणी घरांच्या आसपासही कोलाहल व मोठे आवाज दीर्घकाळपर्यंत चालू असतात. त्यामुळे बहुतेक सर्व शहरवासीयांना हळूहळू बधिरत्व येईल अशी भीती आता निर्माण झाली आहे. अमेरिकेतील शाळा-कॉलेजांतील ७००० मुलांची तपासणी केल्यानंतर त्यांची श्रवणशक्ती कमी झाल्याचे दिसून आले. 'सध्या ५० ते ६० वर्षे वयाच्या गटातील लोकांना जितके कमी ऐकू येते त्यापेक्षा आजच्या तरुण पिढीला तिच्या मध्यम वयात अतिशय कमी ऐकू येईल,' अशी काळजी अमेरिकेतील शिक्षणतज्ज्ञांनी व्यक्त केली आहे.

अनेक मोठ्या औद्योगिक कारखान्यांत फार मोठा आवाज अखंडितपणे निर्माण होत असतो. कित्येक तास त्याची तीव्रता आणि महत्ता त्रासदायक पातळीवर टिकून रहाते. कूपीभरण यंत्रावर (बॉटलिंग प्लॅन्टवर) चार वर्षे काम केल्यानंतर श्रवणशक्ती मंदावते. ८० डेसिबेल तीव्रतेच्या आवाजाच्या परिसरात दोन वर्षांपेक्षा अधिक काळ किंवा १०० डेसिबेल तीव्रतेच्या आवाजात काही आठवडे राहिल्यास आणि कानांना योग्य संरक्षण न मिळाल्यास अशा कारखान्यांतील कामगार शेवटी हळूहळू बहिरे होतात. त्यांना हृदयविकार आणि नाक, कान व घसा यांचे विकार अधिक प्रमाणात होतात. कानात आवाज सारखे घुमत असतात. स्वभाव चिडखोर बनतो, मानसिक समतोल राखणे जड जाते. ह्या कामगारांच्या जीवनातील शांतता, स्वास्थ्य नष्ट झालेले असते. त्यांच्या शरीरातील तंत्रिका आणि स्नायू यांवरील ताण वाढून आरोग्यावर आणि आयुर्मर्यादेवर दुष्परिणाम घडून येतात. १०० डेसिबेल तीव्रतेच्या आवाजात दिवसाचे काही तास असे १५ वर्षे काम केल्यास कामगारांच्या श्राव्यतेच्या नीचतम मर्यादेची पातळी ५० डेसिबेलनी उंचावते. साधारण माणसात नीचतम पातळी २५ डेसिबेलची असते. याचा अर्थ असा की मोठ्या आवाजाच्या

परिसरातील कामगारांना ७५ डेसिबेल तीव्रतेच्या खालचे आवाज सहजासहजी ऐकू येत नाहीत. त्यांच्याशी बोलताना आपल्याला स्वर उंचावूनच बोलावे लागते. त्यांच्या रेडिओचे आवाज अत्युच्च पातळीवर नेल्याखेरीज त्यांना रेडिओवरच्या कार्यक्रमांचा आनंद लुटता येत नाही. हे केकाटणारे रेडिओ इतरांना त्रासदायक होतात याची त्यांना कल्पना येत नाही !

साधारण माणसाला गोंगाटामुळे अस्वस्थ वाटू लागते. झोप आणि संभाषण यांसारख्या महत्त्वाच्या क्रियांत व्यत्यय येतात. अनेक प्रकारचा मानसिक त्रास उद्‌भवून परिणामी मळमळ, क्षोभ, सर्वसामान्य चिंता, मनोवृत्तीत लहरी बदल, थायमस ग्रंथीची झीज वगैरेसारखी अपायकारक लक्षणे दिसू लागतात. सांसर्गिक रोग जडण्याची शक्यता वाढते. मोठ्या आवाजाने ग्रासलेल्या परिसरात बराच वेळ राहिल्यास तीव्र डोकेदुखी, ग्रहणी-व्रण किंवा क्षते, पोटशूळ व पोटाचे इतर विकार अधिहृषता (ॲलर्जी), दमा, निद्रानाश, हृदयविकार, भावनाविभंग ह्यांसारखे बव्हंशी असाध्य असे रोग जडतात. त्यांच्या असह्य त्रासातून मुक्त होण्यासाठी मनुष्य मद्यसेवन करू लागतो, शांतक औषधे किंवा झोपेच्या गोळ्या घेऊ लागतो, नशा किंवा गुंगी आणणारी द्रव्ये पोटात ढकलतो. केवळ तात्पुरते उपाय म्हणून घेतलेल्या ह्या औषधांची त्याला नंतर सारखी आवश्यकता वाटू लागते, सवयींचे व्यसनात रूपांतर होते. सर्व व्यसनांचा शेवट म्हणजे मृत्यू !

गोंगाटामुळे परिणामी मृत्यू ओढवतो ही कल्पना प्रथमदर्शनी हास्यास्पद वाटते. पण ते एक हृदयविदारक कटु-सत्य आहे !

विमानतळावरील जेट विमानाचे ११५ डेसिबेलपेक्षा अधिक तीव्रतेचे आवाज १५ मिनिटांनंतरच आपत्तिजनक ठरतात. उत्स्फोट, गोंगाट व कोलाहल यांचे आघात माणसांच्या कानांवर सतत होत राहिले तर त्यांचे कान कायमचेच बधिर आणि अकार्यक्षम होतात. त्यावर कोणताच वैद्यकीय उपाय किंवा उपचार यशस्वी होऊ शकत नाही, याशिवाय अनेकविध व्हायरस किंवा विषाणूंचे साम्राज्य स्थापायला मानवी शरीरात अनुकूल परिस्थिती निर्माण होते. अमेरिकेतील औद्योगिक कारखान्यात काम करणाऱ्यांना मोठ्या आवाजामुळे बहिरेपणा आला असेल तर त्यांना उद्योगपतीकडून नुकसान भरपाई मिळते. कामगारांच्या बहिरेपणामुळे उत्पादन घटते ते वेगळेच. दरवर्षी साधारणपणे ह्या बाबतीत एकंदरीत ४०० कोटी डॉलर्सची घट अमेरिकेच्या कारखानदारांना सोसावी लागत असावी असा कयास आहे. इंग्लंडमध्ये हा आकडा १०० कोटी पौंड असा आहे.

हृद्रोग, रक्तदोष इत्यादींनी ग्रस्त झालेली माणसे सातत्याने चालू असलेल्या गोंगाटामुळे दुर्बल, चिडखोर बनतात. अनपेक्षितपणे कर्कश कर्णकटू आवाज कानांवर आदळल्यास माणसाची बुबुळे विस्फारतात, शरीराची त्वचा निस्तेज, रक्तहीन होते, श्लेश्मल पटलांचे निश्चरण होते, आतडी अधूनमधून आवळली जाऊन पोटात कळा येतात. रक्तातील कोलेस्टेरॉलचे प्रमाण वाढते. रक्तवाहिन्यांचे संकोचन होते. स्नायू आकुंचन पावून ताठर बनतात आणि ॲड्रिनॅलिन नावाचे द्रव्य शरीरात त्वरेने उत्सर्जित होऊन ताबडतोब रक्तप्रवाहात मिसळते. त्यामुळे शरीरातील जैवयंत्रणा संपूर्णपणे कोलमडून पडते, मानसिक विक्षोभ व ताण निर्माण होतात.

सतत कानी पडणाऱ्या गोंगाटामुळे गर्भवती स्त्रियांवर आणि त्यांच्या गर्भावर अनिष्ट परिणाम घडून येतात. गर्भाची वाढ खुंटते. काही डॉक्टरांच्या मते गोंगाटी कारखान्यात अनेक वर्षे काम करणाऱ्या कामगारांत इतर रोगांबरोबर नपुंसकतेचाही उद्‌भव होतो.

गोंगाट हा झोपेचा शत्रू. गोंगाटामुळे झोपेत सतत व्यत्यय आल्यास माणसांची रोगांचा प्रतिकार करण्याची शक्ती मंदावते. मानसिक ताण बळावतात. दार धाडकन् लावण्याचा आवाज अनपेक्षितपणे कानावर आला तरी माणसाचा रक्तदाब चौपटीने वाढतो. अशा उद्दीपित स्थितीमध्ये माणूस अधिक ऑक्सिजनचा वापर करू लागतो. त्यामुळे श्वासोच्छ्वास वाढतो. शरीरास दरदरून घाम फुटतो. मनस्वी थकवा येतो. घाबरटपणा वाढतो. मन दुर्बल होते.

अमेरिकन राहत्या घरात स्वयंपाकघर हे अत्यंत गोंगाटी क्षेत्र समजण्यात येते. तेथील ध्वनीची तीव्रता अनेकदा १०० डेसिबेलपेक्षाही अधिक पातळीवर जाते. अशा गोंगाटात दिवसाचे कित्येक तास काम केल्यामुळे अमेरिकन गृहिणी चिडखोर, सतत धारेवर असल्याच्या मनोवृत्तीची, भ्रमिष्टावस्थेत असल्यासारखी, श्रांत, क्लांत झालेली, कधी निराशेने ग्रासलेली तर कधी विस्फोटक मनःस्थितीत असलेली दिसते यात मुळीच आश्चर्य नाही, असे तज्ज्ञांना वाटते !

आलिशान उपहारगृहात प्रत्ययास येणाऱ्या आवाजाची तीव्रता ५० डेसिबेलपर्यंत असते पण रॉक ॲंड रोल्सारखे उत्तान संगीत बँडवर वाजविल्यास ती तीव्रता १३८ डेसिबेलच्यावर जाऊ शकते. हे नृत्य शिकविताना किंवा त्यांच्या तालमी घेताना अनेक काळपर्यंत ध्वनीची तीव्रता १२० ते १३० डेसिबेलपर्यंत असते. तरुण पिढीला हे नृत्य फार आवडते. त्याच्या संगीतात ही तरुण मुले बेभान होतात. कार्यक्रमानंतर ती जेव्हा घरी परतात तेव्हा दीर्घकाळपर्यंत त्यांच्या कानात निरनिराळे आवाज

घुमत असतात. 'नजीकच्या भविष्यकाळात येणाऱ्या बहिरेपणाची ही चिन्हे किंवा नांदी आहे.' असे मेंफिस युनिव्हर्सिटीच्या जेम्स एम्. फ्लुग्राथचे म्हणणे आहे. 'तिसाव्या वर्षीच बहिरे होणाऱ्या मुलांची एक पिढी आपण रॉक-अँड रोल नृत्य संगीतामुळे निर्माण करीत आहोत. तेव्हा प्रत्येक नृत्यशाळेत किंवा उपहारगृहात 'धोक्याची सूचना. आधुनिक रॉक-अँड-रोल संगीत तुमच्या श्रवणेंद्रियांना अपायकारक आहे.' अशा मजकुराच्या पाट्या लावा' अशी विनंती फ्लुग्राथ यांनी आवर्जून केली आहे.

ह्या सर्व प्रदूषक आवाजांच्या जोडीला आता अतिश्राव्य वेगाने प्रवास करणारी सुपरसॉनिक विमाने आपल्या विस्फोटक ध्वनीची भर घालत आहेत; तासन्तास, दिवसानुदिवस, रात्री किंवा दिवसाच्या कोणत्याही वेळी आपले प्रघाती तरंग (शॉक वेव्ह) वातावरणात निर्माण करून कोट्यावधी असंरक्षित लोकांचे आरोग्य ही विमाने नष्ट करीत आहेत. सुपरसॉनिक-विमानांच्या प्रचंड ध्वनीची तुलना १० मीटर अंतरावरून ताशी १०० किलोमीटरच्या वेगाने धावणाऱ्या डिझेल-ट्रेलर ट्रकच्या कर्णविदारक आवाजाशीच करता येईल. जेट विमानांच्या आवाजाने कान पूर्णतया बहिरे झाल्याचे उदाहरण पॅसिफिक महासागरातील जिमा नावाच्या छोट्या बेटाचे देता येईल. अनेक जेट बॉंबर विमाने वैमानिकांच्या प्रशिक्षणासाठी या बेटावर अनेकदा उतरत असतात. ह्या विमानांच्या मोठ्या आवाजामुळे ह्या बेटातील बहुसंख्य लोक बहिरे झाल्याचे आता आढळून आले आहे.

कामगारांच्या वस्त्यांत अनेकदा मारामाऱ्या होतात, दंगेधोपे होतात. याचे कारण गोंगाट, असे कोलंबिया विद्यापीठाचे पॉल्. एन्.बॉस्की यांचे मत आहे. नको असलेल्या आवाजामुळे प्रदूषित झालेल्या वातावरणात काही क्षणांच्या शांततेसाठी माणसाचे मन सतत आसुसलेले असते. कारखानदारांनी ती त्याला उपलब्ध करून द्यावी. आपल्या यांत्रिक कौशल्याची दखल घ्यावी व आपले जीवन सुखी करावे अशी त्याची प्रामाणिक अपेक्षा असते. ह्या गोष्टी जर त्याला मिळाल्या नाहीत तर तो अस्वस्थ, असमाधानी होतो. आपण उपेक्षिले जात आहोत, स्वार्थासाठी उद्योगपती आपल्याला राबवून घेत आहेत, ह्या औद्योगिक क्षेत्रात आपण परके आहोत, आपल्या हितसंबंधाकडे लक्ष देणारे आता कुणी नाही, अशा विचित्र कल्पना त्याच्या मनात येतात आणि तो विरक्त होतो किंवा चिडतो. शेवटी तो प्रचलित जीवनयंत्रणेविरुद्ध बंड पुकारतो. विद्यार्थ्यांचीही तीच गत होते. अमेरिकेतील शहरांत जे अनेक दंगेधोपे होतात, विद्यार्थ्यांची निदर्शने होतात आणि क्वचित्प्रसंगी त्यांना विध्वंसक व हिंसक स्वरूप येते ते ध्वनीप्रदूषणामुळे होते असे अनेक शास्त्रज्ञांचे मत आहे. प्राध्यापक

डब्ल्यू.एच्.फेरी म्हणतात, 'गोंगाट हा माणसाला कुधारणेप्रत नेणारा आहे. गोंगाट निमूटपणे सहन करावा असे कोणत्याही स्वाभिमानी संस्कृतीला पटणार नाही...'

शहरांची आणि शहरवासीयांची संख्या सारखी वाढते आहे. हा जागतिक लोकसंख्यावाढीचा एक आविष्कार आहे. महानगरे विराट स्वरूप धारण करीत आहेत. गोंगाटही त्याच प्रमाणात वाढतो आहे. 'मोठमोठ्या शहरांतील गोंगाट दरसाल १ डेसिबेल या प्रमाणात वाढत राहिला तर ह्या शतकाच्या अखेरीला तो १५० डेसिबेलची मर्यादा गाठील आणि त्यामुळे शहरांतील सर्व माणसे बहिरी होतील,' असे भाकित जिनेव्हा येथे भरलेल्या आंतरराष्ट्रीय शास्त्रीय परिषदेत केले गेले !

भारतीय उपखंडातील शहरांत गोंगाटाचे प्रमाण

दिल्ली येथील नॅशनल फिजिकल लॅबोरटरीमधील संशोधकांनी काही भारतीय शहरांत मोठ्या प्रमाणावर वर्दळ सुरू असताना निर्माण होणाऱ्या गोंगाटाची तीव्रता मोजली. काही बोलके आकडे पुढील कोष्टकात दिले आहेत.

	नीचतम गोंगाटाची तीव्रता		उच्चतम गोंगाटाची तीव्रता	
	दिवसा	रात्री	दिवसा	रात्री
(१) मुंबई				
केंपस कॉनर	९५	७४	१०१	७९
ऑपेरा हाऊस	९३	८८	९६	९२
काळबादेवी	९४	७९	१०४	९१
भेंडी बाजार	९८	९२	१०४	९८
(२) दिल्ली				
विजयनगर	७६	६८	८३	७५
साऊथ ॲव्हेन्यू	६४	६४	७१	६८
पश्चिम पटेलनगर	८३	७७	९७	७९
दर्यागंज	८९	८८	९८	९४
(३) कलकत्ता				
दिवसाच्या महत्तम वर्दळीच्या वेळी	६९		७९	
दिवसाच्या मध्यम वर्दळीच्या वेळी	६२		७७	
लहान लहान कारखान्याच्या क्षेत्रात	६४		८१	
ध्वनिप्रक्षेपकाच्या क्षेत्रात	६८		८०	

वर्दळी ध्वनीच्या तीव्रतेची पातळी ८० डेसिबेलच्या वर जाणे इष्ट नसते. त्या दृष्टीने भारताच्या महानगरातही गोंगाटाने ठाणे दिले आहे असे वरील कोष्टकावरून दिसते. मुंबईत तीन-चार लक्ष मोटारी आहेत, गजबजलेल्या रस्त्याच्या दोन्ही बाजूंना टोलेजंग इमारती आहेत. त्यात लोक खच्चून भरले आहेत. तेव्हा सर्व भारतात गोंगाट आणि कोलाहल या बाबतीत मुंबईचा प्रथमांक लागतो यात आश्चर्य वाटायला नको!

आपल्या शहरातील गोंगाट कमी करण्यासाठी आपण काही तरी प्रयत्न केलेच पाहिजेत हे उघड आहे. त्यासाठी माणसाने माणसाशी सहकार्य करणे आवश्यक आहे, ठिकठिकाणी शांतता क्षेत्रे निर्माण करणे, ध्वनीविवर्धकांच्या वापरावर कडक नियंत्रण बसविणे, मोटार, ट्रक, मोटार सायकलींसाठी ध्वनिशोषकांचा वापर करणे, इमारतींच्या भिंतींना, तळपृष्ठभागांना आणि छपरांना ध्वनिरोधक तक्ते किंवा आच्छादने लावणे, शहरांतील वाहतुकीचे रस्ते रुंद करणे, रहदारीवर योग्य आणि काटेकोर नियंत्रण ठेवणे, विमानांच्या आवाजांचे मंदायन करणे, आवाजाचे तरंग अडविण्यासाठी जागोजागी झाडे लावणे, साधारणपणे मृदुस्वरात बोलण्याची सवय अंगवळणी पाडणे, कोणत्याही प्रकाराने शांततेचा भंग न करण्याचे किंवा आपल्या आनंदाचे ध्वनीच्या साह्याने ओंगळ प्रदर्शन न करण्याचे व्रत पाळणे, ठोठो आवाज करणारी यंत्रे उपयोगात न आणणे, फेरीवाल्यांच्या ललकाऱ्या थांबविणे, यासारखे उपाय कटाक्षाने योजिले तर आपल्याला दुर्मिळ होत चाललेली शांतता आपल्या जीवनात परत आणता येईल. निसर्गाचे मृदुमधुर संगीत पुनः आपल्याला ऐकता येईल.

'शहरातील गोंगाटामुळे मानवाने आपली किती अवनती करून घेतली आहे ते पहाण्यासाठी आपण सुदानमधील माबान या विभागात जा आणि तेथील 'असंस्कृत' पण शांतताप्रिय लोकांच्या जीवनाचे नीट निरीक्षण करा,' अशी डॉ. सॅम्युअल् रोझेन यांची जगातील सर्व प्रगत लोकांना विनंती आहे. ते म्हणतात, 'माबानचे लोक बंदुका वापरीत नाहीत, ढोलकी बडवीत नाहीत. गडगडाटी वादळांचे आवाज किंवा हिंस्र श्वापदांच्या गर्जना तेथे क्वचित्‌च ऐकू येतात. मंगल समारंभप्रसंगी ते ओरडत नाहीत आणि सामूहिकरित्या गात नाहीत... त्या लोकांत लठ्ठपणा किंवा मेदवृद्धी, उच्च रक्तदाब, हृत्स्तंभन, अंतर्प्रदाह, ग्रहणी-व्रण, दमा, खोकला यांसारख्या पाश्चिमात्य संस्कृतीत प्रत्यही आढळणाऱ्या रोगांचा अभाव असतो.... दहा वर्षे वयाच्या मुलाचा आणि नव्वद वर्षांच्या म्हाताऱ्याचा रक्तदाब सारखाच असतो. पाश्चिमात्य सुसंस्कृत लोकांत, विशेषतः ४० व्या वर्षानंतर, वयाबरोबरच रक्तदाबही

वाढत असतो. माबान लोकांचे कान अतिशय तीक्ष्ण असतात. मी अनेक देशांतील निरनिराळ्या वयांच्या लोकांची श्रवणशक्ती तपासली. माबानच्या लोकांसारखी श्रवणशक्ती मला कुठेच आढळली नाही. गोंगाटाने त्यांच्या जीवनात अजून शिरकावच केला नाही !'

गोंगाटानेच मानवी जीवनात अनेक दुःखे निर्माण केली आहेत. काही देशांत शांततेचे महत्त्व लोकांना पटले आहे. आपल्या राष्ट्रातील कर्तृत्त्ववान व्यक्तींकडून नेत्रदीपक कामगिरी करून घ्यायची असेल तर त्यांच्या परिसरातील शांततेचा भंग होऊन त्यांच्या कार्यात व्यत्यय येणार नाही याबद्दल तेथील नागरीक सदैव दक्ष असतात. उदाहरणार्थ, प्रसिद्ध इटालियन संगीत संयोजक जी. वेर्डी मिलान शहरात आजारी होते; तेव्हा त्यांना वर्दळीचा आणि घोड्यांच्या टापांच्या आवाजाचा त्रास होऊ नये म्हणून त्यांच्या चहात्यांनी वेर्डीच्या निवासस्थानाजवळील सर्व रस्त्यांवर गवताच्या चटया पसरून ठेवल्या होत्या. दुसरे उदाहरण वाङ्मयाचे नोबेल पारितोषिक मिळविणारे प्रसिद्ध साहित्यिक एस्.वाय्.ॲग्नन यांच्या बाबतीत देता येईल. त्यांच्या जेरूसलेममधील निवासस्थानाभोवतालच्या रस्त्यांवर काही ठिकाणी 'शांतता पाळा; ॲग्नन लिहीत आहेत,' अशा मजकुराच्या पाट्या लोकांनी लावून ठेवल्या आहेत.

भारतात विधायक कार्यासाठी शांततेची अत्यावश्यकता आहे. ती पाळण्याचे उत्तरदायित्व आपल्यावर आहे हे सर्वसामान्य जनतेला जेव्हा कळेल तो सुदिन !

□ □ □

१८

झाडे वाचवा ! देश वाचवा ! !

सध्या जगात सर्वत्र मोठ्या प्रमाणावर जंगलतोड होत आहे. 'कुठं गेलीत ही पूर्वीची प्रसिद्ध आणि सौंदर्यसंपन्न झाडं असलेली जंगलं ?', 'काय झालं त्याचं?' हे प्रश्न उच्चारायला आपल्याला जितका वेळ लागेल, तितक्या वेळात अडीच हेक्टर जमिनीवरच्या जंगलांतील झाडांचा विनाश झालेला असेल. एके काळी शोभिवंत आणि उपयुक्त वनस्पतींनी समृद्ध असलेली पृथ्वी उजाड होत चालली आहे. प्रथम पृथ्वीवर जंगले होती. त्या जंगलांच्या परिसरात विकासाचे अनेक टप्पे गाठून मानवप्राणी जन्माला आला, वाढला. त्याने आपल्या सभोवताली सौंदर्यपूर्ण वनस्पतींचे विश्व निर्माण केले. आज मानवसंख्या विस्फोटक त्वरेने वाढत आहे. 'काहो, किती वाजले ?' या प्रश्नाचे उत्तर देण्यात आपण जितका वेळ घ्याल तितक्या वेळात पृथ्वीवर दोन बालके जन्माला आलेली असतील. एका मिनिटात ९० बालके जन्म घेतात असे सांगण्यात येते. वाढत्या लोकसंख्येच्या गरजा वाढत आहेत. राहायला घरे, घरांत वापरायला फर्निचर, स्वयंपाकाला इंधन, कामाच्या जागांवर इमारती, प्रवासासाठी वाहने, या सर्वांना लाकूड हवे असते. जंगले ह्या वस्तूंसाठी लाकूड उपलब्ध करून देत असत. आताही माणसांना जंगलांतूनच लाकूड मिळते. परंतु आता वाढत्या गरजेनुसार वृक्षनिर्मितीपेक्षा वृक्षसंहार जोरात होत आहे. वनस्पतिसृष्टी उध्वस्त होऊ लागलेली आहे. गेल्या पन्नास वर्षांत जगात ६६ टक्के जंगलाचा विनाश झाला. पुढील २० वर्षांत काय काय होईल हे कुणी सांगावे ?

मानवी जीवनात वनस्पतींचे महत्त्व मानवालाच कळले नाही असे दिसते. मानवांना श्वसनासाठी लागणारा ऑक्सिजन झाडांपासूनच सहजगत्या होतो. पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणात प्रामुख्याने ऑक्सिजन, नायट्रोजन, कार्बन डाय ऑक्साइड आणि जलबाष्प विशिष्ट प्रमाणात आढळतात. आपाती सौरप्रारणातील

भिन्न भाग भिन्न वायूंकडून शोषिले गेले आणि त्यामुळे वातावरणात अनेक क्रिया-प्रक्रिया-विक्रिया होत असल्या तरी पृथ्वीच्या वातावरणात एक प्रकारचे 'उष्मीय संतुलन' (म्हणजे थर्मल बॅलन्स) नांदत असते. प्राणीजीवन आणि वनस्पती जीवन यांच्या संवर्धनासाठी वातावरणातील वेगवेगळे वायू आवश्यक असतात. एकाने त्याज्य केलेला वायू दुसऱ्या प्रकारच्या जीवनाचा 'प्राणवायू' बनतो. उदाहरणार्थ, वनस्पतींतील हरित द्रव्य (क्लोरोफिल), पाणी आणि प्राण्यांनी निःश्वासित केलेला कार्बनडाय ऑक्साइड यांच्यांत सूर्यप्रकाशाद्वारे क्रियाप्रक्रियांची मालिका स्थापन करून वनस्पती कार्बन शोषून घेतात आणि ऑक्सिजन मुक्त करतात. अशा प्रकाश संश्लेषणात्मक क्रियेमुळे वनस्पतींना स्वसंवर्धनासाठी कार्बन मिळतो, आणि मानव व मानवेतर प्राण्यांच्या श्वसनासाठी ऑक्सिजन उपलब्ध होतो. ह्या ऑक्सिजनचा उपयोग करून प्राणी कार्बन डायऑक्साइड वायू हवेत सोडतात. त्यातील कार्बन वनस्पतीजीवन वृद्धिंगत करतो, ऑक्सिजन प्राणीजीवन विवर्धित करतो. मानव आणि वनस्पती यांच्यातील ह्या पारस्परिक संतुलनाला 'इकॉलॉजिकल बॅलन्स' म्हणजे 'पारिस्थितिकीय संतुलन' असे म्हणतात. निसर्गाच्या या जीवचक्रात इतर घटक शिरले किंवा परिसरात ढवळाढवळ झाली की संतुलन बिघडते, प्रदूषण उद्‌भवते, प्राणीजीवन व वनस्पतिजीवन धोक्यात येते.

जंगलांतील किंवा इतर ठिकाणची झाडे म्हणजे आपले जीवनदाते, हेच विसरले जात आहे. गेल्या ५० वर्षांत ६६ टक्के जंगलांचा विनाश झाल्यामुळे ऑक्सिजनचे उत्पादन घटले, कार्बन डाय ऑक्साइडचे प्रमाण वाढले, हे गंभीर महत्त्वपूर्ण सत्य दुर्लक्षिले जात आहे.

भारतात जंगलांची परिस्थिती शोचनीय आहे. लोभी लबाडांनी, लाललुचपतखोरांनी उपयुक्त अशा जंगलांचा पद्धतशीरपणे विनाश घडवून आणून जंगलव्याप्तीचे प्रमाण गेल्या वीस वर्षांत ३५ टक्क्यांवरून १९ टक्क्यांवर आणून पर्यावरणात गंभीर परिस्थिती निर्माण केली आहे.

सध्याची विस्फोटक वेगाने वाढणारी लोकसंख्या, त्यांनी निःश्वसित केलेल्या कार्बन डाय ऑक्साइडचे वाढते प्रमाण, वाढते औद्योगिक प्रकल्प, वाढते जलीय व वातावरणीय प्रदूषण, जंगलांचा वाढत्या प्रमाणात विध्वंस, ऑक्सिजनच्या उत्पादनात घट, सुपरसॉनिक विमानांच्या वाढत्या प्रमाणावरील उड्डाणांमुळे उच्च वातावरणात फेकला जाणारा कार्बन डायऑक्साइड, यांसारख्या कारणांनी वातावरणाची संरचना बिघडून मानवी अस्तित्वच धोक्यात आले आहे हे खास !

जंगलांचे महत्त्व प्रगत देशांतील लोकांना पटले आहे. नॉर्वे-स्वीडनमध्ये पाच नवी झाडे लावल्याशिवाय एक मोठे झाड पाडू देत नाहीत. दर रहिवाशामागे निदान १४ चौरस मीटर (१२६ चौरस फूट) वनराई असणे आवश्यक आहे, तरच शहराचे तपमान समशीतोष्ण राहू शकते. असे रशियन संशोधकांचे मत असून अशी वनराई ठिकठिकाणी निर्माण करण्याचे त्यांचे प्रयत्न चालू आहेत. वनराईतील झाडांमुळे कार्बन डायऑक्साइडचे विगमन होते. उष्ण कटिबंधांतील वर्षावनांत एक एकर जमिनीवरील झाडे वर्षातून १०० टन कार्बन डाय ऑक्साइडचे विगमन करून प्राणिमात्राला मोठ्या प्रमाणावर म्हणजे सुमारे ७५ टन ऑक्सिजन उपलब्ध करून देतात. दुसऱ्या एका अंदाजाप्रमाणे, एक मोठे झाड एका तासाला २२५० किलोग्रॅम्स कार्बन डायऑक्साइडचे विगमन करून १७०० किलोग्रॅम ऑक्सिजन वातावरणाला परत करते.

या दृष्टीने वनसंपदा हे राष्ट्रीय धन आहे. जागतिक जंगलांच्या मानाने भारतीय जंगले दारिद्र्यावस्थेत, अविकसित स्थितीत आहेत. वास्तविक भारतातच जंगलांचा विकास व्हावयास हवा. पण गेल्या काही वर्षांत भारतात प्रचंड प्रमाणावर जंगलतोड झाली आहे. पावसाचे प्रमाण काही ठिकाणी कमी होण्यास ही घटना कारणीभूत होणे शक्य आहे. 'एव्हरी टाइम ए ट्री इज फेल्ड, दी कंट्री डाइज ए लिटल' म्हणजे 'जो मनुष्य एकामागून एक अशी झाडे तोडतो तो देशाला हळूहळू मृत्यूप्रत नेत असतो' अशा शब्दांत सुधारलेल्या पाश्चात्य राष्ट्रांत वृक्षांबद्दलचा आदर आणि कोमल भावना, उपयुक्ततेची जाणीव आणि त्यांच्या संवर्धनाची काळजी व्यक्त केली जाते. ज्या देशात निदान १/३ पृष्ठभाग वृक्षाच्छादित नसेल त्या देशाला दीर्घायुष्य लाभणे दुरापास्त आहे. केवळ इंधनासाठी किंवा फर्निचरची हौस भागविण्यासाठी वन्य झाडे तोडून त्यांच्या लाकडांचा उपयोग करणे म्हणजे देशद्रोहच. वनातील झाडांचे संवर्धन व विकास केला आणि ती नागरी वस्तीतही वाढविली, तर ती झाडे अनेकविध प्रकारांनी मानवांच्या आणि राष्ट्रांच्या उपयोगी पडतात.

झाडांच्या रांगा पवनगतिरोधक असतात. द्रुतगती वाऱ्यांमुळे बाष्पीभवनाची त्वरा वाढते. त्यामुळे जमिनी कोरड्या पडतात. झाडे-पिके वाळू लागतात. त्यांना जर वेळीच पाणी मिळाले नाही तर वनस्पतींचा विनाश होतो आणि सुपीक जमिनींचे अपक्षरण (इरोजन) होते, तिची उत्पादनक्षमता कमी होते. शेतांच्या भोवती झाडांच्या रांगा लावल्या तर वाऱ्याची गती खुंटते, जमिनीतील बाष्प जमिनीवरच राहते, ते पिकांच्या उपयोगी पडते. झाडांची मुळे खूप खोलवर जातात. त्यामुळे महापूर आले

तरी जमिनींच्या सुपीक थरांचे स्थानांतर होत नाही. झाडांचा पाचोळा जमिनीवर पडतो. कालांतराने ह्या पालापाचोळ्याचे खतात रूपांतर होते. जमिनीची सुपीकता वाढते. झाडे कार्बनडाय ऑक्साइडचे विगमन किंवा विदलन करतात. स्वसंवर्धनासाठी कार्बन ठेवून प्राणिमात्रांच्या श्वसनक्रियेसाठी ती ऑक्सिजन उपलब्ध करून देतात. जंगलातील उंच झाडे वरील वातावरणात लहान लहान आवर्त निर्माण करतात. ते ढगांत शिरून ढग अस्थिर करतात. त्यामुळे ते ढगांतील पर्जन्य आकर्षून घेऊ शकतात. जंगलांमुळे स्थानिक पर्जन्यात २० टक्के वाढ होते असे शास्त्रज्ञांनी सिद्ध केले आहे.

वनस्पतींनी आच्छादिलेल्या क्षेत्रांवर तापमानाचे मंदायन होते, प्रखर सूर्यप्रकाशाची व उन्हाची तिरीप, तीव्रता कमी होते. शास्त्रीय दृष्टचा झाडांची उपयुक्तता असीमित आहे. सध्याचे युग हे गगनभेदी घोषणांचे युग आहे. बऱ्याच घोषणा अर्थहीन असतात. पण काही वर्षांपूर्वी टाटानगरच्या 'टाटा स्टील' या पोलाद प्रकल्पाने जे दोन घोषमंत्र सुचविले त्यांना तोड नाही. ते घोषमंत्र म्हणजे 'सेव्ह दी ट्रीज, सेव्ह दी कंट्री' आणि 'लेट दी ट्रीज लिव्ह इफ् यू लव्ह युवर कंट्री 'म्हणजे 'झाडे वाचवा, देश वाचवा', आणि तुमचे जर तुमच्या देशावर प्रेम असेल तर झाडांना जगू द्या.' शास्त्रज्ञांना आणि सर्वसामान्य जनतेला ही वाक्ये अत्यंत सार्थ आणि महत्त्वपूर्ण वाटतील अशी माझी खात्री आहे. शहरात पद्धतशीरपणे वाढविलेल्या झाडांमुळे ध्वनिप्रदूषणाची तीव्रता मंदावते. जंगलातील झाडे सुस्थितीत ठेवल्यास त्या वृक्षांपासून नियमितपणे राळ, डिंक, रंग, औषधे, विविध द्रव्ये, रंग, टॅनिन्स मिळतात. वृक्षांच्या फुलांपासून मध, रंग, औषधे, अल्कोहोलसारखे पदार्थ तयार होऊ शकतात. आंबा, फणस, आवळा, पेरू, पपईच्या झाडांपासून पौष्टिक फळे मिळू शकतात. आयुर्वेदिक औषधे बहुतांशी वनस्पतींवरच अवलंबून असतात. या शाखेत आता खूप संशोधन होणे अगत्याचे आहे. त्यासाठी जंगले टिकवणेही महत्त्वाचे आहे.

१९७२ च्या जून महिन्यात स्टॉकहोम येथे प्रदूषणामुळे उद्‌भवणाऱ्या समस्यांचा विचार करण्यासाठी आणि पर्यावरणातील संतुलन सुरक्षित कसे राहील याबद्दल उपाय शोधण्यासाठी जागतिक परिषद भरली होती. यानंतर दरवर्षी ५ जून हा दिनांक 'जागतिक पर्यावरण दिवस' म्हणून पाळावा आणि गेल्या वर्षातील या दिशेने केलेल्या कामगिरीचा आढावा प्रत्येक सभासद राष्ट्राने या दिवशी घ्यावा असे सुचविण्यात आले. १ ऑगस्ट 'वृक्षारोपण दिन' म्हणून आपण गेली कित्येक वर्षे भावपूर्ण श्रद्धेने पाळतो. अनेकदा भारताने 'वन्यप्राणी सप्ताह' पाळले आहेत. पोस्टाची खास तिकिटे काढली आहेत.

पण अजून जंगलतोड काही थांबली नाही. हिमालयात इतक्या प्रचंड प्रमाणावर 'चीड' नावाच्या झाडांचा विध्वंस करण्यात आला की त्यातून वृक्षनिर्मूलनाला आळा घालणारे 'चिपको आंदोलन' उद्‌भवले.

वनसंहार झालेल्या क्षेत्रांचे पुनः द्रुतगतीने वनीकरण होणे अगत्याचे आहे. सुबाभूळ, भिमाळ इत्यादी लवकर वाढणाऱ्या झाडांचा त्यासाठी उपयोग होऊ शकतो.

ज्या राजस्थानमध्ये पूर्वी चितोड, जोधपूर, जयपूर, ग्वाल्हेर यांसारखी भरभराटीची रजपूत राज्ये होती तेथे समृद्ध व सौंदर्यपूर्ण वनराई होती असे ऐतिहासिक उल्लेख आहेत. या क्षेत्रांचा ताबा आता थर राजस्थानच्या वाळवंटांनी घेतला आहे. प्रतिवर्षी दोन फर्लांग अशा त्वरेने राजस्थानी वाळवंट पूर्वेकडे सरकत आहे असा भारतीय शास्त्रज्ञांचा अंदाज आहे. वृक्षनिर्मिती करून आणि राजस्थान कालवा लवकर पूर्ण करून हा वाळवंट विस्तार थांबविणे शक्य आहे. यासाठी प्रयत्नांची पराकाष्ठा करायला हवी. 'ए गार्डन इन गोल्ड, ए लेक इन् सिल्व्हर अँड ए टाइम फॉर मेमरीज' म्हणजे सुवर्णाचे उद्यान, चांदीचे सरोवर आणि सुखद स्मृतींचे कालपर्व'' असे काश्मीरच्या सहलींचे वर्णन करण्यात येते. आता आपण काश्मीरच्या काही भागांत गेल्यास काश्मीर खोऱ्यात झालेली जंगलतोड, तेथील सरोवरांत प्रस्थापित झालेले प्रदूषण, थोडेसे बदललेले हवामान पाहून आपल्याला नक्कीच उद्वेग वाटेल, मन विषण्ण होईल.

देवांनीच झाडांना संरक्षण दिले आहे. असे भारतीय धर्मग्रंथांत उल्लेख आहेत. भगवान बुद्धाला अश्वत्थ वृक्षातळी बोधी प्राप्त झाली म्हणून अश्वत्थ वृक्षाला (म्हणजे पिंपळाला) बोधीवृक्ष म्हणतात. वनदेवता भगवान बुद्धाला अन्नवस्त्र देत. ज्ञानेश्वर महाराजांनी सत्पुरुषाची लक्षणे सांगताना वृक्षांचा गौरव केला आहे. ते म्हणतात :

जो खांडावया घावो घाली ।
का लावणी जयाने केली ॥
दोघां एकचि सावली । वृक्ष दे जैसा ॥

तुकाराम महाराजांनी झाडांना 'वृक्षवल्ली आम्हा सोयरी वनचरें' म्हणून आळविले आहे. 'काही महावृक्ष स्वतः उन्हात उभे राहतात आणि अन्यांना सावली देतात. ते दुसऱ्यांसाठी फळे धारण करतात, स्वतःसाठी नाही.' असे एक संस्कृत सुभाषितात सांगितले आहे.

अनेक देवांचे काही वृक्षांशी संबंध जोडून आपणच आपल्या भोवती उच्च विचारांचे, सदाचारांचे, सद्‌भावनांचे सौंदर्यविश्व निर्माण केले आहे. वटवृक्ष आणि पातिव्रत्याची मूर्तिमंत प्रतिमा सावित्री, अशोक वृक्षाखालची सीता, दत्तात्रेय आणि औदुंबर,

शनिमारुती आणि सूर्यकन्या रुई, गोपालकृष्ण आणि मधुवन, वृंदावन, तालवन, महावन किंवा गोकुळ, बालकृष्ण आणि त्याच्या रासक्रीडेसाठी कदंबवृक्ष, श्रीकृष्ण आणि त्याची पत्नी तुलसी, शंकर आणि बेल, सत्यभामा-रुक्मिणी आणि पारिजात, शबरीची बोरे, गणपती आणि दुर्वा, संतश्रेष्ठ ज्ञानेश्वरांच्या आळंदीचा अजानवृक्ष, इत्यादींसारख्या झाडांच्या सुरस, बोधपूर्ण व उपदेशपर कथावाचनात रममाण होणारा भारतीय झाडे तोडताना भावनाशून्य आणि निर्दय कसा होऊ शकतो, याचे मला राहून राहून आश्चर्य वाटते.

वनस्पतींनी आच्छादिलेले शहर निरोगी असते. अशीच शहरे आता आपण निर्माण करूया. ठिकठिकाणी अश्वत्थ (पिंपळ), पिचुमंद (कडुनिंब), न्यग्रोध (वड), चिंचिणी, कपित्थ (कवठ), आम्रबिल्व-आमलक, अशोक यांची झाडे लावूया. जिद्दीने त्यांचे संवर्धन व विकास करू या. आपला देश समृद्धीच्या दिशेने नेण्याचा हाही एक महत्त्वाचा उपाय आहे, नाही का ?

□ □ □

११

आपला परिसर : आपल्या नद्या आणि ओढे

आमच्या लहानपणी एखाद्या गावात नदी असणे हे सृष्टिसौंदर्यांचे, शुचितेचे, कलात्मक जीवनाचे, पावित्र्याचे उपयुक्ततेचे निसर्गरम्य प्रतीक आहे असे आम्ही समजत असू. संध्याकाळी फिरणे, क्वचित् प्रसंगी नदीत पोहणे किंवा आंघोळ करणे, सहलीसाठी नदीकाठावर जाणे, नदीत नाव टाकून बोटिंग करणे, मासे पकडणे, निवांतपणे नदीकाठी बसून विचार करणे. काव्ये करणे, प्रेमाच्या आणाशपथांची देवाण घेवाण करणे, यासारख्या विधायक कार्यासाठी नदी असते, अशी आमची प्रामाणिक कल्पना असे. नदी कधीच अशुद्ध होत नाही; तिच्या पाण्याने ती संपूर्ण परिसर पवित्र करू शकते अशी आमची श्रद्धा असे. गावातील नदी म्हणजे आमचा अभिमान बिंदू असे., जीवनदात्री, पुण्यसलिला पापहारिणी नदी ज्या गावात असेल ती गावे आणि त्यांच्या काठांवरील देवळे आमची तीर्थस्थाने, आमची श्रद्धास्थाने आहेत असे आम्ही मानीत असू.

आज हे चित्र संपूर्णतया बदलले आहे. आजच्या नद्या, तलाव, सरोवरे, मोठे जलाशय, ओढे, नाले, जलवाहिन्या सर्वच प्रदूषित झालेल्या आहेत. सर्वत्र प्रदूषण पसरले आहे असे म्हणतात. खरेच, प्रदूषण हा काय प्रकार आहे ? कोण निर्माण करते हे प्रदूषण ? ते नाहीसे करण्याचे काहीच उपाय नाहीत का ? ह्या प्रश्नांची उत्तरे शोधायचा आता आपण प्रयत्न करूया.

प्रदूषण म्हणजे काय ?

पृथ्वीवर वनस्पती, मानव आणि मानवेतर प्राणी ज्या परिसरात राहतात त्याला पर्यावरण म्हणतात. पर्यावरणातील विविध घटकांत ते परस्परावलंबी असल्यामुळे एक प्रकारचे संतुलन प्रस्थापित झालेले असते. सजीवांच्या एका जातीने त्याज्य केलेल्या वस्तू किंवा अपशिष्टे दुसऱ्या एखाद्या जातीला स्वपोषणासाठी इष्ट असू

शकतात. अशा परस्परावलंबनामुळे पर्यावरणाची संरचना सातत्याने टिकून राहते.

मानव हा निसर्गाचा अत्यंत कार्यक्षम आणि बुद्धिमान घटक आहे. त्याला स्वतःचे जीवन समृद्ध आणि सुखी व्हावे असे सदोदित वाटते आणि त्या दृष्टीने तो सदैव धडपडत असतो. आज हे जंगल तोड, उद्या तेथे नदीचे पाणी अडव, येथे इमारती बांध, नवनवीन वस्तूंचे कारखाने निर्माण कर, असे त्याचे उद्योग अहर्निश चालू असतात. तोच निसर्गात व पर्यावरणात सारखी ढवळाढवळ करीत असतो.

सध्याच्या लोकसंख्येत अफाट वाढ होत आहे. औद्योगीकरण झपाट्याने वाढत आहे. त्यामुळे पृथ्वीच्या पर्यावरणात नेहमीच्या घटकांव्यतिरिक्त इतर अपायकारक घटक मोठ्या प्रमाणात शिरत आहेत. पृथ्वीवरील वनस्पती आणि प्राणी यांच्या जीवनाच्या सातत्याला धोका निर्माण करीत आहेत, अशा प्रकारच्या क्रिया-प्रक्रियांमुळे 'पर्यावरणी प्रदूषण' उद्‌भवते.

पृथ्वीच्या परिसरात (पर्यावरणात) अनेक प्रकारच्या भौतिक, रासायनिक आणि जैव-क्रिया-प्रक्रिया विक्रिया घडून येत असतात. विविध प्रकारचे जीवसमूह आणि मानव सभोवतालच्या परिस्थितीशी जुळते घेऊन राहात असतात. त्यांच्या शरीरात घडून येणाऱ्या भौतिक आणि रासायनिक घडामोडीतून निर्माण झालेल्या आणि शरीराबाहेर टाकल्या जाणाऱ्या पदार्थांमुळे किंवा चयापचयी उत्सर्गामुळे बरीच घाण निर्माण होते. हळूहळू सर्व परिसर दुर्गंधीयुक्त आणि दूषित होतो. सुदैवाने इतर प्रकारच्या सजीवांच्या काही जाती या नैसर्गिक अपशिष्टांचा स्वपोषणासाठी उपयोग करून घेतात आणि थोड्या फार प्रमाणात परिसर शुद्ध राखण्यास मदत करतात. बरीच घाण पाण्याबरोबर वाहून जाते. अशा रीतीने परिसरात मोठ्या प्रमाणात फेरबदल घडून येत नाहीत आणि जीवनचक्र अव्याहतपणे चालू राहते.

आता मात्र परिस्थिती झपाट्याने बदलत आहे. प्रचंड प्रमाणावर जंगलांचा विनाश होत आहे. जंगलाने व्यापिलेल्या क्षेत्रापैकी ६६ टक्के क्षेत्र वनस्पतिविहीन झाले आहे. लोकसंख्या भयानक त्वरेने वाढत आहे. उद्योगधंदेही झपाट्याने वाढत आहेत. खनिज इंधनाच्या आणि अणुऊर्जेच्या साहाय्याने नैसर्गिक साधनसंपत्तीचे विविध प्रकारच्या वस्तूंत, यंत्रांत, उपकरणांत रूपांतर होत आहे. वाढत्या औद्योगीकरणाबरोबर शहरांची संख्या आणि विस्तार वाढत आहे. अधिक धान्योत्पादनासाठी आणि धान्य टिकवून ठेवण्यासाठी रासायनिक खतांचा आणि कीटकनाशकांचा वापर प्रचंड प्रमाणात वाढला आहे. सर्व मानवी व्यवहारांमुळे घातक आणि रोगमूलक द्रव्याचे असंख्य कण नद्यांत, ओढ्यांत, महासागरांत, जमिनीत, भूमिजलात आणि वातावरणात विखुरले

जात आहेत. हे कण पृथ्वीच्या परिसरातील शाश्वत (नियमितपणे आढळणारे) घटक नसतात. ते उपद्रवकारक प्रदूषकांचे म्हणजेच परिसर प्रदूषित करणाऱ्या द्रव्याचे कण असतात.

आधुनिक युगात पर्यावरणी प्रदूषणाच्या ज्या कठीण समस्या निर्माण झाल्या आहेत त्यांचा उगम अशा प्रकारे वाढत्या लोकसंख्येत, शहरांच्या वाढत्या संख्येत आणि विस्तारात आणि तंत्रविज्ञानाच्या वाढत्या उपयोजनात आढळतो.

पर्यावरणी प्रदूषितावस्था किंवा प्रदूषण ही सर्वस्वी आणि संपूर्णतया मानवनिर्मित समस्या आहे. मानवानेच ती सोडवायला हवी.

जलीय प्रदूषणाचे विघातक परिणाम

शहरांच्या वाढीमुळे आणि असीम औद्योगीकरणामुळे वातावरणात आणि जलावरणात शिरणारे पदार्थ म्हणजे कारखान्यांनी निःश्वसित केलेले विषारी वायू, निरनिराळ्या वस्तूंचे सूक्ष्मकण, विविध पदार्थांचे बाष्प कण, ज्वलनक्रियेमुळे निर्माण झालेले पदार्थ, मानवी उत्सर्ग (किंवा मलमूत्र), विकृतिकारक सूक्ष्म जीव, विविध उद्योगांत वापरलेले विद्रावक (विरघळविणारे पदार्थ), कृषिकार्यासाठी वापरलेली खते आणि कीटकनाशके, हे होत. स्थलकालानुरूप या भौतिक रासायनिक आणि जैव घटकांचे प्रमाण आणि उपद्रव सह्य मर्यादेबाहेर गेल्यास प्रदूषण उद्‌भवते. मानवाने अवलंबिलेल्या औद्योगीकरणामुळे विसाव्या शतकाच्या सुरुवातीपासून सहा लक्ष टन ॲंटिमनी, तितकेच आर्सेनिक, दहा लक्ष टन कोबाल्ट, आठ लक्ष टन निकेल यासारख्या विषारी मूलद्रव्याचे कण वातावरणात विखुरले गेले आहेत. यानंतरच्या पर्जन्यवृष्टीमुळे ते नदीनाले, ओहोळ यांच्या प्रवाहाबरोबर महासागरात शिरले आहेत. जगातील समुद्रात अशा रीतीने प्रतिवर्षी ५२०० टन पारा जात असतो असा अंदाज आहे. पाऱ्यामुळे मानवांना अनेक विकृती जडतात, कधी कधी अपंगत्व येते.

अणुस्फोटांमुळे निर्माण झालेले आणि अणुकेंद्रीय विक्रीयकांतून (अणुभट्ट्यांतून) अभावितपणे किंवा अपघाताने निघालेले किरणोत्सर्गी कण आसमंतात विखुरले जातात. शेतांतील पिकांवर दुभत्या जनावरांच्या चाऱ्यांवर, वनस्पतींवर, पाण्यावर त्यांचे अतिक्रमण होते. पिकांवर फवारलेल्या कीटकनाशकांचाही स्वल्पांश नद्यांच्या आणि ओढ्याच्या पाण्यात शिरतो. या सर्व घटनांमुळे एक विषारी आणि प्राणघातक अन्नशृंखला निर्माण होते. नद्यातील दूषितकांमुळे लाखो मासे मरतात. ते मासे खाणारे पक्षी मृत्यू पावतात. हेच पाणी आपण वापरतो. शेतांवर फवारलेल्या डीएल्ड्रीन कीटकनाशकांसारख्या जहरी रसायनाचे स्वल्पांश जपानमधील मातांच्या दुधांमध्येही

निघाल्याचे आढळले आहे. सर्वत्र डी.डी.टी. चा वापर वाढला आहे. भारतीयांच्या प्रत्येक जेवणात सुद्धा ०.२७ (सत्तावीस शतांश) मिलिग्राम डी.डी.टी. असते आणि हा एक जागतिक विक्रम आहे. तसेच दूध, अंडी, लोणी, गोडेतेल यांसारख्या पदार्थांत आणि अनेक भाजीपाल्यात आणि फळांत डी.डी.टी., बेन्झीन हेक्झॅक्लोराइड, एंड्रीन, कारबेरिल यांसारखी विषारी द्रव्ये सह्य सीमेपेक्षा अधिक प्रमाणात लपलेली असतात. असेही आता आढळून आले आहे. दूषितकांचे एक दुष्ट वर्तुळ किंवा परिचक्र निर्माण होऊन त्यांचा विस्तार माणसाच्या जेवणापर्यंत, मातांच्या दुधापर्यंत आणि आपली आशास्थाने असलेल्या अजाण अर्भकांपर्यंत व्हावा, ही फार गंभीर स्वरूपाची घटना आहे.

बहुतेक सर्व प्रकारचे प्रदूषण औद्योगिक अपशिष्टांमुळे आणि मानवी मलमूत्र विसर्जनामुळे उद्‌भवते. या दूषितकांवर ती जेथे निर्माण होतात तेथेच नीट नियंत्रण ठेवून ती निर्धोक केली तर पर्यावरणी प्रदूषणाची कठीण समस्या बऱ्याच अंशी सोडविली जाऊ शकते.

जलीय प्रदूषणाच्या काही दुर्घटना

जलीय प्रदूषणाकडे दुर्लक्ष केल्यामुळे जगात अनेक दुर्घटना घडून आल्या आहेत. विकृतिकारक व रोगमूलक पाणी शुद्ध न करता वापरल्यामुळे १९६५ साली कॅलिफोर्नियातील रिव्हरसाइड या औद्योगिक शहरात एकाएकी गॅस्ट्रो एंटरायटिसची साथ उद्‌भवून त्यात १० ते १५ हजार लोक पछाडले गेले. युरोपची सौंदर्यसंपन्न ऱ्हाईन नदी तिच्या काठच्या अनेक औद्योगिक प्रकल्पांमुळे आता विषारी 'गटारगंगा'च बनली आहे. १९७० मध्ये एंडोसल्फान नावाचे विष नजरचुकीने मिसळले गेल्यामुळे नदीतील ४ कोटीपेक्षा अधिक मासे मेले, ते मासे खाऊन लक्षावधी प्राणी रोगजर्जर झाले. १९५३ मध्ये कॅनडातील न्यू ब्रन्सविक येथे वन्यसंपत्तीचे रक्षण करण्याच्या उद्देशाने विस्तृत क्षेत्रावर विमानातून डी.डी.टी. फवारले गेले. त्यानंतर दोनच दिवसांनी नद्यांतील सामन मासे आणि जंगलातील पक्षी यांचा मोठ्या प्रमाणावर संहार झाला. १९५० मध्ये जपान मधील क्यूशू बेटावरील मीनामाता या गावात प्लॅस्टिक तयार करताना त्याज्य वस्तू लगतच्या ओढ्यात आणि मीनामाता उपसागरात फेकून देण्यात आल्या. त्यांत बराचसा पारा आणि पाऱ्याची संयुगे होती. त्यामुळे अनेक मासे मेले. ते मृत मासे खाऊन ११२ लोकांना १९५० ते १९६० या कालावधीत असाध्य शारीरिक अपंगत्व किंवा मृत्यू आला. कित्येक बालकांना गर्भअवस्थेतच शारीरिक विकृत जडल्या. 'मीनामाता विकृती' या नावाने त्यांचा उल्लेख केला जातो. गेल्या

५० वर्षांत प्रदूषणामुळे ४० टक्के जलचर प्राण्याच्या जाती नष्ट झाल्या आहेत. असे सांगण्यात येते.

भारतातील दयनीय परिस्थिती

भारतातही लोकसंख्या आणि औद्योगीकरण द्रुतगतीने वाढत आहे. ओढे, नाले, नद्या प्रदूषित होत आहेत. वाढत्या औद्योगीकरणाचा पहिला बळी म्हणजे या जलवाहिन्या. इतर प्राण्यांचेही बळी घेण्याचे सामर्थ्य त्यांना लाभलेले असते. बहुतेक सर्व पवित्र नद्या वाढत्या लोकसंख्येच्या मलमूत्र विसर्जनामुळे गटारगंगा झाल्या आहेत. अशुद्ध झालेली नदी अबाधितपणे वाहात असली तर तिच्या खळबळाटामुळे ती हळूहळू शुद्ध होत जाते. पण हे एका विशिष्ट मर्यादेपर्यंतच शक्य असते. भारतात एक लाखापेक्षा अधिक लोकसंख्या असलेली १४२ शहरे आहेत. केवळ ९ शहरांना वाहित मल दूर टाकण्याची कार्यक्षम यंत्रणा लाभली आहे. बाकीची शहरे आपली घाण आणि त्याज्य वस्तू नद्यांत, नाल्यांत, ओढ्यात फेकून त्या अशुद्ध करून टाकतात.

नवी दिल्ली या राजधानीच्या शहरात यमुना नदीचा २४ कि.मी. लांबीचा भाग सामावलेला आहे. प्रतिदिनी ३ लाख २० हजार किलोलिटर्स अशुद्ध घाणेरडे सांडपाणी यमुनेत सोडले जाते. अशुद्ध पाण्यामुळे रोगराई पसरते. गंगा नदीचीही हीच अवस्था आहे.

भारतातील ८० ते ८५ टक्के जलीय प्रदूषण वाहित मलामुळे निर्माण होते. काश्मीरमधील श्रीनगर शहरातील ५१,००० किलोलिटर्सची घाण प्रतिदिनी झेलम नदीत लोटली जाते. मुंबईच्या माहिम खाडीत घाणीने कायमचे ठाणे मांडले आहे. पश्चिम बंगालमधील दामोदर नदीवर दुर्गापूर ते असन्सोलपर्यंत आठ मोठे औद्योगिक प्रकल्प प्रस्थापित केले गेले आहेत. त्यांतून प्रतिदिनी सुमारे १,६०,००० घन लिटर्स घाण पाणी दामोदर नदीत सोडले जाते. त्यात अनेक विषारी रसायने आणि दूषितके असतात. ही अपशिष्टे पाण्यातून काढून ते पूर्वीच्या शुद्ध स्वरूपात आणण्यासाठी दर दिवशी दोन कोटी रुपयांहून अधिक खर्च येईल. कोणत्याही उद्योगसमूहाला पाण्याच्या शुद्धीकरणाचा असा खर्च झेपेल अशी परिस्थिती सध्या तरी भारतात नाही. हुगळी नदीवरील शेवटच्या १०० किमी. क्षेत्रात ३५० मलवाहिन्यांतून प्रतिदिनी २ कोटी घन मीटर्स औद्योगिक अपशिष्टे, विषारी वस्तुकण, मानवी मलमूत्र नदीत फेकले जाते. हुगळी नदी सदोदित प्रदूषितावस्थेत असते.

इतर नद्यांचीही हीच शोकांतिका आहे. उल्हास नदीत एके काळी येणारा दुर्मिळ पाला किंवा हिल्सा मासा आता मिळेनासा झाला. काळू नदीतील प्रदूषणाने

तिच्यातील प्राणी तर मेलेच, पण आसमंतातील काही वनस्पतीही नष्ट झाल्या आहेत. मांडवी नदीचे संपूर्ण पाणी एका साखर कारखान्यामुळे दूषित होत आहे. थेऊरच्या साखर कारखान्यामुळे तेथील नदीचे पाणी जवळजवळ निरुपयोगी झाले आहे. झुवारी नदी आणि तिच्या आसमंतातील विहिरींचे पाणी तेथील खत कारखान्यांमुळे दूषित होत आहे. मध्य प्रदेशातील क्षिप्रा नदी भोपाळ, इंदूर आणि उज्जैन या भागातील कारखान्यांमुळे प्रदूषित झाली आहे. गुजरातमधील नद्यांचे प्रदूषण रासायनिक, कागद, खते इत्यादींच्या कारखान्यामुळे वाढले असून त्यांच्या मुखाजवळील भागांतील खेकडे, मासे आणि गुरेढोरे यांच्यावर विघातक परिणाम झाल्याचे दिसून आले आहे.

भारतातील १४२ मुख्य शहरांना प्रदूषित पाणी शुद्ध करून देण्यासाठी आणि ह्या शहरवासीयांना चांगले पाणी उपलब्ध करून देण्यासाठी ११७० कोटी रुपये खर्च होतील असा अंदाज आहे. हा खर्च करणे अगत्याचे आहे. पुण्याजवळील पिंपरी येथील एका रासायनिक उद्योग प्रकल्पातून निघालेले प्रदूषित पाणी शुद्ध करून घेणारे एक सयंत्र फेब्रुवारी १९७७ पासून कार्यान्वित झाले आहे. अशा संयंत्राची इतर ठिकाणी स्थापना होणे आवश्यक आहे. महाराष्ट्रात अनेक ठिकाणच्या पाण्याची गुणवत्ता तपासण्यासाठी विशिष्ट प्रयोगशाळा स्थापन केल्या गेल्या आहेत. काही 'जलीय' प्रदूषण प्रतिबंध अधिनियम कार्यवाहीत आणले गेले आहेत. जलीय प्रदूषणाचा प्रतिबंध करण्यासाठी पावले उचलण्यात महाराष्ट्राने अग्रेसरत्व मिळविले आहे. काही नियंत्रक कायद्यांचे कसोशीने पालन केले, काही सामाजिक बंधनांची जाणीव बाळगली, तर प्रदूषणाचे नियमन करून आपण औद्योगीकरण साधू शकतो, भारताचा विकास करू शकतो.

❑ ❑ ❑

२०

■■

कीटकनाशकांपासून सावधान !

आजकाल बाजारात अन्नधान्य सरळपणे मिळत नसले तरी खाद्यवस्तूंच्या अनेक अवस्थांत त्यांचे संरक्षण करणाऱ्या कीटकनाशकांचे असंख्य प्रकार सहजपणे विकत मिळतात. त्यांची निवड करताना मनुष्य भांबावून जातो. आकर्षक आणि भडक जाहिरातींचे अलंकार चढवून सर्व कीटकनाशकांची उपयुक्तता व सौंदर्य खुलवून सांगितले जाते. कीटकनाशके वापरायला सोपी असतात. खाद्यपदार्थांचा व अन्नधान्याचा विध्वंस करणाऱ्या कीटक सूक्ष्मजंतूंचा संहार करणारी, ती उपकारक द्रव्ये असतात, असे प्रत्येक जाहिरातीत आवर्जून सांगण्यात येते.

महत्त्वाकांक्षी, पण साधा-भोळा, आणि अशिक्षित शेतकरी अधिक अन्नोत्पादनाच्या आशेने ही कीटकनाशके विकत घेतो, गरजेपेक्षा ती अधिक प्रमाणात तो वापरतो. पण असे करताना आपणच आपले अन्न विषमय करीत आहोत, प्रदूषित करीत आहोत, आपल्या देशबांधवांचे आरोग्य धोक्यात आणीत आहोत, हे त्याच्या ध्यानातसुद्धा येत नाही. कारण कीटकनाशकांच्या भयंकर परिणामांबद्दल तो पूर्णपणे अज्ञानांधःकारात असतो!

भारतात ४० प्रकारच्या कीटकनाशकांची आयात केली जाते व ४४ प्रकारची कीटकनाशके भारतात तयार केली जातात. व्हिएटनामच्या लढाईत तो देश संपूर्णपणे बेचिराख व निष्पर्ण व्हावा, पुढील पंधरा वर्षांत तेथे गवताचे पातेही उगवू नये म्हणून अमेरिकेने विमानांच्या साहाय्याने वनस्पतिसंहारक व मृत्तिका विध्वंसक द्रव्ये व्हिएतनाममध्ये सर्वत्र विखुरली. त्या प्रकारची द्रव्येही भारतात तयार होऊ शकतात. सुमारे २५० प्रकारच्या कीटकांचा नाश करण्यासाठी भारत प्रतिवर्षी ४०,००० टन अत्यंत प्रभावी, व भयंकर विषारी कीटकनाशकांचा वापर करतो. बाजारात ही कीटकनाशके विनासायास मिळतात. अनेक कामांसाठी त्यांचा वापर केला जातो.

अभावितपणे ती माणसांच्या पोटात जातात. अशा कीटकनाशकांचा एक किंवा दोन ग्रॅम भाग पोटात गेल्यास, त्या माणसाचा मृत्यू ओढवू शकतो. यापेक्षा अल्पतर प्रमाणात, प्रत्येक दिवशी थोडे थोडे ते पोटात गेले तर, शरीरातील चरबीत ते साठविले जाते. हे विष नंतर हळूहळू यकृत (लिव्हर) व तंत्रिका यंत्रणा (नर्व्हस-सिस्टीम) यांवर प्रतिकूल परिणाम करते. अशा रीतीने, परिणामी, मानवी जीवित धोक्यात येते. एक प्रकारचा मंदगती विषप्रयोगच असतो हा !

गेल्या काही वर्षांत प्रसिद्ध झालेल्या संशोधनाप्रमाणे, पालेभाज्या, फळभाज्या, फळफळावळ, मसाले व मसाल्याचे पदार्थ, दूध, पोळ्या, पाणी, लोणी, गळिताची धान्ये, बी-बियाणे, पशु-खाद्ये, मृत्तिका, इत्यादींमध्ये कीटकनाशके विपुल प्रमाणात आढळली आहेत. निर्जली-स्वच्छक क्रिया (ड्रायक्लिनिंग प्रोसेस) राबविणाऱ्या वस्त्रधुलाई केंद्रातून आलेल्या 'स्वच्छ' गरम, व रेशमी कपड्यांवरही कसर लागू नये म्हणून अनेक कीटकनाशके फवारण्यात येतात असे आढळून आले आहे. कॉफीच्या बिया मात्र कीटकनाशकांच्या माऱ्यापासून वाचल्याचे दिसले आहे.

कीटकनाशकांच्या अनिर्बंध वापरामुळे भारतीयांच्या प्रत्येक जेवणात ०.२७ मिलिग्रॅम डी.डी.टी. असते, व हा एक जागतिक उच्चांक आहे, असे म्हैसूरच्या सेंट्रल फूड टेक्नॉलॉजिकल रिसर्च इन्स्टिट्यूटमधील संशोधक डॉ. एम्.के. मुजुमदार यांनी प्रतिपादिले आहे. वास्तविक प्रतिहेक्टरमध्ये टाकलेल्या कीटकनाशकांचे प्रमाण काढल्यास कीटकनाशके वापरणाऱ्या देशात भारताचा शेवटचा क्रमांक लागतो. जपानमध्ये प्रतिहेक्टरला १०९७० ग्रॅम अशा प्रमाणात कीटकनाशके वापरतात. अमेरिकेत हेच प्रमाण प्रतिहेक्टरला १८७० ग्रॅम असे आहे. भारतात प्रतिहेक्टरला फक्त १८० ग्रॅमसारख्या अल्पतम प्रमाणात कीटकनाशकांचा वापर करण्यात येतो. आणि तरी सुद्धा, भारतीयांच्या जेवणात कीटकनाशकांचे प्रमाण जागतिक दृष्टीने ०.२७ मिलिग्रॅमसारखे उच्चतम असावे आणि त्याने धोकादायक पातळी गाठावी, ही एक अत्यंत आश्चर्यकारक घटना आहे. कीटकनाशकांच्या वापरावरील नियंत्रणाचा अभाव, व कीटकनाशकांच्या मूलभूत गुणधर्मांबद्दल शेतकऱ्यांचे अज्ञान ही त्या आश्चर्यजनक घटनेची कारणे होत.

भारतातील बहुसंख्य शेतकऱ्यांना अजूनही लिहिता-वाचता येत नाही. काही शासकीय प्रचारकांनी सुचविल्यावरून जंतुसंहारासाठी ते कीटकनाशके वापरू लागले. सुरुवातीला त्यांचे चांगले परिणाम दिसून आल्यामुळे शेतकऱ्यांनी कीटकनाशकांचा वापर वाढत्या प्रमाणावर चालू ठेवला. दीर्घ संशोधनांती आता कीटकनाशकांच्या

अनेक सुधारित व सुरक्षित जाती प्रकार उपलब्ध झाले असले तरी भारतीय शेतकरी पूर्वीचीच भयंकर विषारी कीटकनाशके वापरतात. त्यात बदल करणे त्यांना आवडत नाही. अतिविषारी कीटकनाशकांचे गुणधर्म व त्यांच्या विस्तृत प्रमाणावरील वापरातील धोका समजून सांगणाऱ्या 'मार्गदर्शिका' (गाइड बुक्स) अजून प्रचारात आणल्या गेल्या नाहीत. शेतकऱ्यांनाही त्याबद्दल फारसे औत्सुक्य वाटत नाही.

एकदा एका शेतकऱ्याच्या मळ्यात मोठ्या पानकोबीचे अतोनात पीक आले. त्याच्या यशस्वितेचे कारण त्याला विचारताच तो म्हणाला, : 'मी जंतुनाशक द्रव्ये वापरतो, त्यांची नावे मला माहीत नाहीत. त्यांच्या वापराच्या त्रुटिसीमा किंवा सदृश मर्यादा मला कळत नाहीत. विक्रेत्यांनी ज्या सूचना मला दिल्या त्याप्रमाणे मी जंतुनाशके वापरतो. 'कीटक दृष्टीला पडणारच नाहीत. एवढ्या प्रमाणात रासायनिक द्रव्ये सारखी फळांवर व भाज्यांवर टाकीत चला' असे आमचे विक्रेते म्हणतात. मी तेच करतो. पहा, माझ्या फळांवर एक तरी जंतू-कीटक दिसतोय का ते !'

खरोखरीच त्याच्या फळांवर व फळभाज्यांवर कीटक जंतू दिसत नव्हते. पण जंतू-कीटकांचा नाश केल्यानंतर बरेचसे डी.डी.टी. त्यावर साचलेले होते. परिणामी, हेच उर्वरित द्रव्य मनुष्यसंहारक ठरणार होते.

फळभाज्या खूप शिजवल्यामुळे त्यांच्यातील C जीवनसत्त्व नाश पावते, म्हणून आपण चटण्या-कोशिंबिरी खातो. कधी कधी बाजारातून भाजी आणली असता आपण त्यातील गाजर, मुळे, काकड्या, रताळी काढून मोठ्या आवडीने कच्च्या स्थितीतच खातो, आता ती सोय उरली नाही. अनेक मिलिग्रॅम कीटकनाशके पोटात जातील की काय अशी आता भीती निर्माण झाली आहे !

म्हैसूरमधील सेंट्रल फूड टेक्नॉलॉजिकल रिसर्च इन्स्टिट्यूट (C.F.T.R.I.) शिवाय इंडियन ॲग्रिकल्चरल रिसर्च इन्स्टिट्यूट (IARI) नवी दिल्ली, सेंट्रल प्लँट प्रोटेक्शन अँड ट्रेनिंग इन्स्टिट्यूट (CPPTI) हैद्राबाद आणि पंजाब ॲग्रिकल्चरल युनिव्हर्सिटी लुधीयाना येथील प्रयोगशाळांत फळांतील व फळभाज्यातील कीटकनाशकांचे प्रमाण निश्चित केले गेले आहे. ते भीतीदायक आहे, सदृश पातळीपेक्षा बरेच अधिक आहेच.

वरवर टवटवीत, आकर्षक, आणि पूर्ण विकसित दिसणाऱ्या फळभाज्यांच्या ताज्या आवरणामागे डी.डी.टी., बी.एच्.सी., (बेन्झीन हेक्झॅक्लोराईड), एंड्रिन कारबेरिल, मॅलॅथिऑन किंवा पॅरथिऑनसारख्या विषारी द्रव्यांचे साठे लपलेले असतात, असे आता सिद्ध झालेले आहे. ही द्रव्ये म्हणजे दुसऱ्या जागतिक महायुद्धात मानवजातीला

मिळालेल्या देणग्या आहेत ! मोठ्या शहरात येणाऱ्या भाज्यांपैकी ७५ टक्के भाज्यांवर उर्वरित कीटकनाशकांचे थर साचलेले असतात आणि त्या सर्वांनी सह्यसीमा पार केलेल्या असतात असे आढळले आहे. तसेच, दूध, अंडी, लोणी, गोडेतेल यांसारख्या पदार्थांतही सह्यसीमेपेक्षा अधिक कीटकनाशके आढळली आहेत. गहू, रवा, ज्वारीचे पीठ, द्राक्षांच्या ३० जाती, शिरा, लाडू व प्यायचे पाणी यांसारख्या पदार्थांतही कीटकनाशके सुरक्षित मर्यादेपेक्षा अधिक प्रमाणात सापडतात असे आढळून आलेले आहे.

दिवसेंदिवस कीटकनाशकांची समस्या फार बिकट होत चालली आहे. कीटकनाशकांचे गुणधर्म व त्यांच्या अनिर्बंध वापरामुळे निर्माण होणारा धोका याबद्दलचे संपूर्ण ज्ञान शेतकऱ्यांना उपलब्ध करून देणाऱ्या मार्गदर्शिका शासनाने तावडतोब प्रकाशित केल्या पाहिजेत. खेडोपाडी प्रत्यक्ष जाऊन शासकीय प्रचारकांनी स्वमुखाने अशिक्षित शेतकऱ्यांना हे महत्त्वाचे ज्ञान दिले पाहिजे. बाजारातून आणलेले जिन्नस प्रथम नीट धुवून नंतरच वापरात आणले पाहिजेत. कीटकनाशकांच्या विक्रीवर व वापरावर काहीतरी वैध नियंत्रण बसविलेच पाहिजे. कच्च्या वस्तू न धुता खाण्याचा मोह टाळलाच पाहिजे. 'कीटकनाशके सारखी पोटात गेल्यास ताप, दमा, हृद्रोग, बुद्धिभ्रम यांसारखे रोग उद्भवतात, कीटकनाशके म्हणजे जणू काही मृत्यूचे गुप्त हस्तकच होत,' असे डॉ. मुजुमदार यांचे म्हणणे आहे.

आजकाल गुन्हेगारीचे प्रमाण वाढते आहे. कीटकनाशकांचा त्यात फार मोठा वाटा असतो. सहजगत्या व विपुल प्रमाणात ही द्रव्ये उपलब्ध होत असल्यामुळे कीटकनाशकांचा उपयोग खून पाडण्यासाठी किंवा आत्महत्त्या करण्यासाठी केला जातो. बंगाल, बिहार, आंध्रप्रदेश, म्हैसूर, महाराष्ट्र व तामिळनाडू या प्रांतातील ९० टक्के आत्महत्त्या किंवा विषप्रयोग कीटकनाशकांच्या साह्याने केले जातात. सुमारे ६०० मिलिग्रॅम एंड्रिन किंवा पॅरेथिऑन पोटात गेल्यास माणसाला मृत्यू येतो. केरळमध्ये कीटकनाशके घेऊन दिवसाला निदान एक अशा प्रमाणात आत्महत्त्या केली जाते !

मानवी जीवनात कीटकनाशकांनी घातलेला हा धुमाकूळ पाहून मन विषण्ण होते. त्यामुळे निर्माण होणाऱ्या गंभीर समस्या सोडविण्यासाठी आपणच आपली पावले आता उचलली पाहिजेत हे उघड आहे.

□ □ □

२१

कोयनेचा भूकंप

सोमवार दिनांक ११ डिसेंबर १९६७ हा महाराष्ट्राच्या इतिहासात एक मोठा दुर्दिन समजला पाहिजे. या दिवशी पहाटे कसल्यातरी अस्वस्थतेच्या जाणिवेने मी झोपेतून जागा झालो. दारे खिडक्या हलत होती. जमीन हादरत होती. आकाश संपूर्णपणे ढगाळलेले होते. वीजवादळांची गुरगूर किंवा गंभीर नादघोष जसा चालतो, तसा पृथ्वीच्या पोटातून आवाज ऐकू येत होता. विद्युत्प्रवाह बंद पडला होता. घरातील सर्व लोक जागे झाले, ते बाहेर आले. बरीचशी इतर मंडळीही आपापल्या घरांतून बाहेर पडून रस्त्यावर आली होती. काही तरी अनपेक्षित घडत होते. कुणीही बोलत नव्हते. काही वेळाने सर्वत्र पुन्हा शांत, स्थिरस्थावर झाले - तेव्हा कळले की, हा एक तीव्र स्वरूपाच्या भूकंपाचा प्रकार होता !

आणि ह्या सर्व घडामोडी व्हायला ४५ सेकंदेही लागली नसतील !

मी वेधशाळेत जाऊन पाहिले तो तेथील भूकंपमापक यंत्राने ४ वाजून २१ मिनिटांनी एक तीव्र स्वरूपाचा धक्का नोंदला होता. रिक्टर मोजणी पद्धतीप्रमाणे ह्या धक्क्याच्या तीव्रतेचे परिणाम ७.५ प्रतीचे होते आणि त्याचा केंद्रबिंदू (एपिसेंटर) पुण्याच्या दक्षिणेला साधारणपणे ११५ किलोमीटर्सच्या अंतरावर होता असे आढळून आले !

अक्षांश १७ उत्तर, रेखांश ७४ पूर्व ! एकदम महाराष्ट्राचा अलंकार कोयनाधरण आणि कोयनानगर दृष्टीसमोर आले. १४ सप्टेंबर १९६३ पासून गेल्या तीनचार वर्षांत तेथे भूकंपाचे अनेक धक्के बसले होते. लोकांच्या ते अंगवळणीच पडून गेले होते. मुलांनासुद्धा त्याची मौजच वाटायची -

हळूहळू बातम्या येऊ लागल्या. कोयनानगरला काय घडले ते कळू लागले.

"भूकंपामुळे कोयनानगर आणि पन्नास खेडी उध्वस्त,"

"पहाटेच्या जोरदार धक्क्यामुळे ११० ठार आणि १३०० जखमी -",

"मृतांत पत्नीसमवेत कोयना धरणाचे एक्झिक्यूटिव्ह इंजिनियर आणि ऑफिस सुपरिंटेंडेंट -,"

"तीनशे मैलांचा परिघ हादरला -,"

"काळजाचे पाणी करणारे दृश्य -".

सुरतपासून गोव्यापर्यंत अनेक ठिकाणी भूकंपाचे धक्के बसल्याच्या बातम्याही हाती आल्या. सोमवारच्या पहाटे ४ वाजून २१ मिनिटांनी बसलेल्या मुख्य धक्क्यानंतर बुधवारी दुपारी ३ वाजेपर्यंत सुमारे दीडशे धक्के पुण्याच्या वेधशाळेने नोंदले. त्यांतील मंगळवारी १२ डिसेंबरला मध्यान्ही ११-४८ चा आणि त्याच दिवशी रात्री ९-१९ ला नोंदलेला धक्का तीव्र स्वरूपाचा होता. रात्रीच्या धक्क्याची तीव्रता ६.० अशी होती, अहमदनगर, बेळगाव, बीड, विजापूर, मुंबई, भडोच, गोवे, होनावर, जेऊर, नांदेड, उटकमंड आणि रत्नागिरी येथेही भूकंपाचे धक्के लोकांना जाणवले. मुख्य धक्क्याच्या तीव्रतेकडे पाहिल्यास ह्यापुढेही काही दिवस अधूनमधून सौम्य स्वरूपाचे धक्के बसत राहतील असे पुणे येथील वेधशाळेने स्पष्टपणे बजावले. शास्त्रीयदृष्ट्या हवामानाचे जसे अंदाज वर्तविण्यात येतात तसे भूकंप केव्हा आणि कोठे होणार आहे त्याचे अंदाज बांधता येतील अशी शास्त्रीय पद्धती अजून उपलब्ध नाही. एकदा मोठा धक्का बसला की, त्यानंतर सर्वसाधारणपणे बरेच लहानसहान धक्के अंतराअंतराने बसतात असा आतापर्यंतचा अनुभव आहे.

कोयनानगरच्या ११ डिसेंबर १९६७ च्या मुख्य धक्क्यानंतर पुढील सात दिवसांत पुणे येथील वेधशाळेने खाली दिल्याप्रमाणे धक्के नोंदले -

डिसेंबर १९६७ चा दिनांक	मध्यरात्रीनंतरच्या पुढील २४ तासांत नोंदलेल्या धक्क्यांची संख्या
११	१४६
१२	८१
१३	५६
१४	४०
१५	२१
१६	२६
१७	१८
१८	१०
एकूण संख्या	३९८

भूकंपाचा मुख्य धक्का बसण्यापूर्वी १० डिसेंबरच्या रात्री २३-२५ वाजल्यापासून तो ११ डिसेंबरच्या पहाटे ०२-०५ वाजेपर्यंत सौम्य स्वरूपाचे ४ धक्केही पुणे वेधशाळेने नोंदले होते.

कोयनानगरच्या ह्या भूकंपाने भूस्तर भूगर्भशास्त्रज्ञांना आणि यांत्रिकांना एक बिकट कोडे पाडले आहे. वास्तविक दख्खनचे पठार भूकंपापासून जवळजवळ विमुक्त अशा स्थिर अवस्थेत आहे असे म्हटले जाते. तेथील काळेकभिन्न खडक डेक्कन बेसॉल्ट नावाच्या जातीचे, लाव्हा किंवा शिलारसापासून तयार झालेले आहेत. आसाम किंवा उत्तर भारताप्रमाणे भूकंपाच्या पट्ट्यात दख्खनचा समावेश केला जात नाही. दख्खनच्या पठारात तीव्र स्वरूपाचे भूकंप क्वचितच होतात. भारतीय द्वीपकल्पांत नोंद करण्यासारखा भूकंप दीडशे वर्षांपूर्वी १ एप्रिल १८४३ ला झाला. त्यावेळी भूकंपाचा केंद्रबिंदू बेल्लारीजवळ होता. त्यामुळे आपण भूकंपीय आपत्तीपासून मुक्त आहोत अशा बेफिकीरीच्या भावनेने वावरत होतो. पण सोमवार ११ डिसेंबरच्या कोयनानगरच्या धरणीकंपाने ह्या सुरक्षिततेच्या भावनेला तडा गेला. आणि आठवले की, कोयनानगरला पहिला धक्का १४ सप्टेंबर १९६३ ला बसला होता. आणि त्यानंतरच्या दोन वर्षात भारताच्या पश्चिम किनारपट्टीवर इ.स. १९६५ मध्ये ४ जून, ६ आणि ८ नोव्हेंबर, तर १९६७ मध्ये १७ फेब्रुवारी, २५ एप्रिल आणि १३ सप्टेंबर ह्या तारखांना भूकंपाचे निदान सहा तरी धक्के बसले होते ! हे सर्व धक्के जरी सौम्य स्वरूपाचे असले तरी अलीकडच्या काळातच भारतीय द्वीपकल्पाच्या पश्चिम किनाऱ्यालगतच्या भागात हे धक्के का बसावेत याची कारणे शोधून काढणे हे शास्त्रज्ञांचे आद्य कर्तव्य आहे.

[२६ जानेवारी २००१ रोजी गुजरातमध्ये झालेल्या भयानक भूकंपामुळे तर अशा संशोधनाची निकड वाढलेलीच आहे - संपादक]

भूकंपतज्ज्ञांच्या मते जगात प्रतिवर्षी साधारणपणे दहा लाख तरी भूकंप होतात. त्यातील बहुतेक समुद्राच्या तळाशी होत असल्यामुळे त्यांचा वेध घेणे शक्य नसते. ५००० भूकंपांची नोंद घेतली जाते. त्यातील ४०० भूकंप तीव्र स्वरूपाचे असतात. आणि प्रतिवर्षी ते निदान २०००० लोकांचा बळी घेतात. धरणीकंपाची पूर्वसूचना देणे अजून तरी शक्य झालेले नाही. मुख्य धक्का बसण्यापूर्वी काही वेळ अगोदर लहानलहान हादरे बसतात हे खरे, पण प्रत्येक सौम्य धक्का म्हणजे पुढील प्रचंड धक्क्यांची वर्दी देणारा दूत नव्हे, आणि म्हणूनच त्याची दखल घेणे शक्य नसते.

पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे सतत कंपन चालू असते ही सद्यःस्थिती मुळीच

आश्चर्यकारक नाही. पृथ्वी स्वतःच्या अक्षाभोवती एका दिवसात एक वलन करीत असते. विषुववृत्तावरील प्रत्येक बिंदू पृथ्वीच्या स्वतःभोवती फिरण्यामुळे दर ताशी एक हजार मैलांच्या गतीने फिरत असतो. याशिवाय, पृथ्वी अवकाशातून दर ताशी ६५००० मैलांच्या किंवा दर मिनिटाला एक हजार मैलांपेक्षा अधिक अशा अती प्रचंड वेगाने अंतर कापीत असते.

पृथ्वीच्या ह्या गतिमान परिवलनामुळे आणि परिभवनामुळे (रोटेशन ॲंड ट्रान्सलेशनमुळे) पृथ्वीला एका बृहत् तुलाचक्राची (मोठ्या फ्लायव्हीलची) उपमा देणे योग्य होईल. सर्वच ठिकाणी पृष्ठभागाजवळील कवचाच्या टणकपणा सारखाच नसल्यामुळे ते सतत कंपायमान स्थितीत असते. हे कंपन सातत्याने चालू असतानाच पृथ्वीवर अनेक घडामोडी घडून येतात. कुठे जोराचा हिमवर्षाव चालू असतो. तर कुठे मुसळधार वृष्टी पडत असते. एका ठिकाणी मृत्तिका-निर्धवन होत असते तर दुसऱ्या ठिकाणी मृत्तिकेचे थरांवर थर जमा होत असतात. कुठे उत्तुंग पर्वतपंक्तीवर तीव्र जोरदार वाऱ्यांचा मारा चालू असतो, तर कोठे उधाण आलेल्या समुद्राच्या लाटा किनाऱ्याच्या प्रदेशावर हल्ल्यांवर हल्ले चढवीत असतात. कुठे शीत लहरी किंवा थंडीच्या लाटा आपला अंमल गाजवून पृथ्वीच्या कवचाचे आकुंचन करीत असतात, तर कुठे रखरखीत उन्हाळ्यामुळे पृथ्वीचे कवच भाजून होरपळून निघत असते. ह्या सर्व घडामोडींचे पृथ्वीच्या कवचावर विपरीत परिणाम होतात. त्या कवचाची संतुलित अवस्था विचलित होते. त्यावर निरनिराळ्या ठिकाणी निरनिराळ्या प्रमाणांत ताण पडत असतात. त्यामुळे त्यात सुप्त विभंग निर्माण होतात. वर्षानुवर्षे कवचातील खडकांच्या थरांत हे ताण साचत राहतात. शेवटी दोषग्रस्त कवचातील भागात ते ताण असह्य झाले की खडकमय कवचात एकदम असमान आणि विषम हालचाली सुरू होतात. त्यांची पूर्वीची घडण विस्कटते. कवचातील दोषयुक्त किंवा क्षीण भाग घसरून खचू लागतात. आणि निमिषार्धात खडकांची उलथापालथ होऊन त्यांची नवीन ठेवण निर्माण होते. ती होताना सर्व दिशांनी शक्तिलहरी पसरू लागतात.

ह्या लहरी तीन प्रकारच्या असतात. संकोच लहरी किंवा अनुतरंग (लॉन्जिट्यूडिनल कॉंप्रेशन वेव्हज्), विकृत लहरी अवतरंग (ट्रॅन्सव्हर्स डिस्टॉर्शन वेव्हज्), आणि मुक्त किंवा स्वीय लहरी (फ्री वेव्हज्). भूकंपात जे अपरिमित नुकसान आणि जीवितहानी होते ती ह्या तिसऱ्या प्रकारच्या मुक्त किंवा स्वीयलहरींमुळे होते. त्यांच्यामुळे पृथ्वीच्या कवचात तीव्रतर कंपन सुरू होते आणि जमीन हादरते. प्रथम फार मोठा धक्का बसतो. पण खचलेले भाग नवीन रचनेत नुसते तसेच पडून राहात

नाहीत. इलॅस्टिक रिबाऊंड किंवा स्वाग्रही परावर्तनामुळे ते वरखाली होऊ लागतात. हे कंपन दुय्यम स्वरूपाचे असते. आणि म्हणूनच मुख्य धक्क्याबरोबर सुरू झालेले कंपन आणखी काही काळ तरी सौम्य स्वरूपात चालूच राहते. भूकंपाच्या मुख्य धक्क्यानंतर काही काळपर्यंत पृथ्वीचा कंप आपल्याला जाणवतो. पण त्यात धाबरून जाण्यासारखे काहीच नसते. ही अगदी स्वाभाविक घटना आहे.

वर दिलेल्या स्वाग्रही परावर्तन उपपत्ती (इलॅस्टिक रिबाऊंड थिअरी) शिवाय पृथ्वीवर होणाऱ्या भूकंपाची आणखी काही कारणे दिली जातात. पृथ्वी निर्माण झाली त्यावेळी ती अत्युष्ण तप्तरसाचा एक विशाल गोल होती. हळूहळू ती थंड होत गेली. तिच्यात १०० किलोमीटर्स जाडीचे पृष्ठभागाशी निगडीत असलेले टणक कवच (हार्ड सॉलिड क्रस्ट), कवचानंतर २८०० कि.मी. जाडीचे भौतिक वस्तूंच्या थराचे मृदू अवगुंठन (मॅटल) आणि ह्या अवगुंठनानंतर ३६०० कि.मी. जाडीचा लोखंड आणि निकेलच्या तप्तरसाचा गाभा (कोअर) निर्माण झाला. पृथ्वीच्या पोटात होणाऱ्या या तप्तरसाच्या इतस्ततः परिभ्रमणामुळे पृथ्वीला मॅग्नेटिझम किंवा कर्षुकत्वाचा गुणधर्म मिळाला. पृथ्वी अजूनही थंड होते आहे. त्यामुळे स्वाभाविकपणे तिचे आकुंचन होते. सर्व ठिकाणी ते सारख्या प्रमाणात न झाल्यामुळे तिच्यात ताण निर्माण होतात. तप्तरसाचे चलनवलन होऊ लागते. पृथ्वीच्या पोटातील उष्णता, तिच्या कवचावर आणि अवगुंठनावर पडणारे दाब आणि तप्तरसाच्या हालचालींमुळे घटक वस्तूच्या वजनाचे विषम विभाजन ह्यामुळे पृथ्वीची संतुलित अवस्था बिघडते, खडकमय कवचाल विभंग किंवा दोष (फॉल्टिंग) निर्माण होतात, खडक कोलमडतात, त्यांची उलथापालथ होते आणि भूकंप उद्भवतात. भूकंपांच्या उत्पत्तीचे तिसरे कारण देण्यात येते ते असे की, पृष्ठभागापासून १०० कि.मी. च्या खोलीपलीकडे पृथ्वीची द्रवतरणतुला (हायड्रोस्टॅटिक बॅलन्स) विचलित झाल्यामुळे पर्वतांचे उत्क्षरण व उत्क्षेपन होते आणि भूकंप निर्माण होतात. भूखंडीय-संघाता (कॉंटिनेंटल ड्रिफ्ट) मुळेही पर्वतांचा अधःपात, उत्पाद आणि उत्क्षेप होऊन भूकंप संभवतात, असेही भूकंपनिर्मितीचे चौथे कारण सांगण्यात येते.

ह्या विवेचनावरून एक गोष्ट स्पष्ट होते, ती ही की भूकंप हे अटळ आहेत. हा नैसर्गिक चमत्कार अतिविराट स्वरूपाचा आहे. एका तीव्र भूकंपाद्वारे २ लक्ष मेगॅटन हायड्रोजन बॉम्ब्स् एवढी किंवा २० लक्ष टन टी.एन्.टी. (ट्राय नायट्रो ग्लिसरिन)चा युगपद् स्फोट (सायमल्टेनियस् एक्स्प्लोजन) होण्याइतकी शक्ती बाहेर पडते. हा भूकंप जर समुद्राच्या तळाशी झाला तर बरीचशी शक्ती महासागराच्या पाण्यात

विलीन होते. पण तोच भूकंप जमिनीवर झाला तर घरे, इमारती कोसळतात, वृक्ष उन्मळून पडतात, पूल, लोहमार्ग, रस्ते, कालवे, धरणे, उद्याने उध्वस्त होतात. विस्तृत प्रमाणावर जीवित आणि वित्तहानी होते. बाह्य जगाशी दळणवळण तुटते. मानवी जीवन विस्कळीत होते.

भूकंपीय उत्पातांचे क्षेत्र साधारणपणे २००-३०० कि.मी. त्रिज्येच्या वर्तुळाइतके असते. आणि केंद्रबिंदू (एपिसेंटर) पृष्ठभागापासून २०-४० कि.मी. खोल असतो. कोयनेच्या परिसरात झालेल्या भूकंपाचा केंद्रबिंदू ३० किलोमीटर्सच्या खोलीवर होता. आणि त्याचा परिणाम झालेले क्षेत्रफळ ७०० किलोमीटर्स त्रिज्येच्या वर्तुळात सामावून राहील इतके होते.

कोयनानगरच्या ह्या भूकंपामुळे अनेकांना विविध स्वरूपाचे तर्ककुतर्क करण्याची संधी मिळाली. एक प्रसिद्ध भूगर्भशास्त्रज्ञ म्हणाले :- "कोयना धरणात साठविलेल्या पाण्याच्या प्रचंड साठ्यामुळे पृथ्वीच्या कवचावर फार मोठा दाब पडला. तेथील जमीन दडपून गेली, खचली, आणि त्यामुळे हा भूकंप निर्माण झाला". ह्या कारणमीमांसेचे खंडन करताना दुसरे भूगर्भशास्त्रज्ञ म्हणाले :- "हा तर्क भूगर्भशास्त्राच्या दृष्टीने यथायोग्य वाटत नाही. कोयना धरण जेथे बांधले आहे. तेथील दगड शिलारसापासून बनलेल्या काळ्याकभिन्न बेसॉल्ट जातीचा असून धरणाच्या ठिकाणी त्या खडकाची जाडी ५००० ते ८००० फूट आहे. दगडाची सापेक्ष घनता २.८ आहे. त्याच्याखाली पुनः ४-५ मैल सॉलिड रॉक फाउंडेशन म्हणजे घन दगडाचा पाया आहे. एवढ्या बलिष्ठ पायाच्या धरणात साठविलेल्या २०० फूट जाडीच्या पाण्याच्या थरामुळे खडकांची उलथापालथ होऊन तेथे भूकंपाचा उद्‌भव झाला हे म्हणणे योग्य नाही. खरे कारण वेगळेच आहे. भारताचा पश्चिम किनारा पूर्व किनाऱ्याच्या तुलनेने खचलेला असल्यामुळे भूगर्भशास्त्रीय दृष्ट्या काहीसा सदोष आहे. या किनाऱ्याच्या अंतर्भागातील दगडांचे काही सुप्त विभंग आता उघडकीस आले आहेत. त्यामधून कोयनानगर येथील दुर्घटना उत्पन्न झाली असावी. गेल्या काही वर्षांत या भागात छोटेछोटे धक्के बसतच होते. त्याचाच मोठा उद्रेक सोमवार ११ डिसेंबर १९६७ च्या भूकंपाच्या रूपाने झाला असावा."

भूकंपाची खरी कारणे काहीही असोत पण तो होऊन गेल्यावर ज्योतिषी आणि इतरांनी केलेली विपरित विधाने मात्र लोकांचा तेजोभंग करतात, त्यांना घाबरवून सोडतात, लोकांनी त्यांची दखल घेण्याचे कारण नाही. आज उपलब्ध असलेल्या साधनसामग्री आणि भूगर्भशास्त्रीय ज्ञानाच्या आधारावर भूकंप केव्हा, कोठे आणि

किती तीव्रतेचा होईल हे नक्की सांगता येत नाही. भूकंपाच्या मुख्य धक्क्यानंतर काही काळपर्यंत अंतराअंतराने लहानसहान धक्के बसतातच. त्यांचे पुनः तीव्रतर भूकंपात परिवर्तन होईल याची शक्यता अगदीच कमी असते. भलत्यासलत्या अफवांवर विसंबून लोकांनी धैर्यहीन किंवा गलितगात्र होऊ नये. तर या आपत्तीतून आणि तिने निर्माण केलेल्या बिकट समस्यांतून आपली सोडवणूक करून घेतली पाहिजे.

पुनः मोठा भूकंप होईल अशी जर भीती वाटत असेल तर हे लहानसहान धक्के बसण्याचे बंद होईपर्यंत लोकांनी काही बाबतींत सावधगिरी आणि दक्षता बाळगली पाहिजे. साधारण तीव्र स्वरूपाचा धक्का बसताच लोकांनी चटकन मोकळ्या जागेत जावे, किंवा तातडीने अंगणात जाता येईल अशा जागेत झोपावे. मुख्य दरवाजाशिवाय इतर दारे शक्यतोवर उघडी ठेवावीत. झोपण्याच्या खोलीत जडजूड सामान ठेवू नये. लोकांनीही निराधार अफवा, बातम्या आणि भविष्ये पसरविण्याचे आणि सर्वसामान्य जनतेला घाबरवून सोडण्याचे ताबडतोब बंद करावे. उपद्व्यापी लोकांची गंमत होते पण अजाण जनतेचा जीव जातो. याशिवाय एक गोष्ट नेहमी ध्यानात ठेवली पाहिजे, ती ही की, भूकंप अटळ आहेत, ते विराट स्वरूपाचे आहेत. ते मानवी नियंत्रणाच्या कक्षेबाहेरचे आहेत. मानवाने कितीही प्रयत्न केले तरी तो भूकंप व्हायचे थांबवू शकणार नाही. तेव्हा आपत्तींमुळे भेदरून न जाता भूकंपामुळे नव्याने निर्माण झालेल्या परिस्थितीत मानवाने धैर्याने, जिद्दीने जिवंत राहायला शिकले पाहिजे. भूकंपाच्या आपत्तीत बहुतेक बळी घरे कोसळल्यामुळे झालेले असतात. त्या आपत्तीशी टक्कर देण्यासाठी जास्त टिकाऊ, पक्की पण केवळ विटांच्या भिंतीवर उभारलेल्या घरांपेक्षा रीएन्फोर्सड् काँक्रीट फ्रेम किंवा स्तंभांच्या चौकटीवर बांधलेली घरे भूकंपीय धक्क्यांचा चांगल्या रीतीने प्रतिकार करू शकतात. घरांना भरभक्कम जोते किंवा प्लिंथ द्यावी लागेल. ती भूकंपाचा तीव्र धक्का सहज पचवू शकेल.

भारताच्या पश्चिम किनाऱ्यावर कोकणपट्टीला लागून समांतर असा मऊ थर आहे. त्याला भूगर्भशास्त्रात "पाल्मफ्लेक्चर" असे संबोधिले जाते. हा संपूर्ण थर भूकंपक्षम आहे असेही म्हटले जाते. तेव्हा किनाऱ्यावरील टापूत घरे बांधताना ती भक्कम पायावर उभारावी हे उचित ठरते. मुंबईसारख्या मर्यादित क्षेत्रफळाच्या शहरी आता बहुसंख्य मजले असलेल्या इमारती बांधणे सुरू झाले आहे. ह्या इमारतींचे वजन खूप असते. त्यांचा पाया भूकंपाच्या पृष्ठभागालगतच्या मुक्त किंवा स्वीय लहरींच्या प्रभावक्षेत्राच्या पलीकडे जाईल इतका खोल करावा लागेल. इतकेच नव्हे, तर महाराष्ट्रातील कोठल्याही इमारतीचे बांधकाम आता ती भूकंपीय धक्का सहज

पचवू शकेल अशा भूकंपप्रतिबंधक पायावरच करावे लागेल. कोयनानगरने आपल्याला हा एक चांगला धडा शिकविला आहे.

भूकंपाच्या उत्पातांची पूर्वकल्पना देणे सध्या तरी शक्य नाही. भूकंपमापक यंत्रे फक्त पृथ्वीचा झालेला कंप दर्शवितात. सांख्यायनशास्त्राची मदत घेतली तरी ती भूकंपाची भविष्ये किंवा अंदाज वर्तवू शकणार नाहीत. पृथ्वीचे कवच आणि अवगुंठन ह्याबद्दल भूगर्भशास्त्रज्ञांना उपलब्ध झालेली माहिती अत्यल्प आहे. शिवाय, पृथ्वीच्या गाभ्यात तप्त लोह किंवा निकेलच्या रसाचे जे इतस्ततः परिभ्रमण होते त्याला दिशेचे बंधन नसते आणि त्याच्या प्रवाहगतीची आणि त्यात साठविलेल्या शक्तीची बाह्य भूपृष्ठावरून केलेल्या निरीक्षणांवरून कल्पना करता येत नाही. त्यामुळे भूकंपाचे अंदाज वर्तवून लोकांना वेळीच सावध करता येत नाही. होणारे भूकंप थांबविता येत नाहीत. योग्य सावधगिरी बाळगून भूकंपीय वातावरणातच जिवंत राहायला मानवाने शिकले पाहिजे.

अलास्काचा १९६४ सालचा प्रचंड भूकंप झाल्यानंतर इ.स. १९६६ च्या फेब्रुवारी महिन्याच्या ७, ८ आणि ९ तारखांना रॉकव्हिले (मेरिलँड) मध्ये अमेरिकेच्या 'एस्सा' (E.S.S.A. एन्व्हिरनमेंटल सायन्स सर्व्हिसेस ॲडमिनिस्ट्रेशन) ने "भूकंपाचे अंदाज" या विषयावर एक जागतिक परिसंवाद योजिला होता. या परिसंवादात निरनिराळ्या देशातील शास्त्रज्ञांचे ३१ प्रबंध वाचले गेले. त्या वेळी 'एस्सा'चे मुख्य प्रशासक, डॉ. रॉबर्ट व्हाइट म्हणाले -

"A capability to predict earthquake reliably enough to warrant issuance of routine warnings to the public faces formidable obstacles. This is because our understanding of the fundamental processes, which are associated with the machanisms of earthquakes, is very defficient. We must possess an understanding of this mechanism if we are to develop prediction techniques.

"At the present time, only the probabilities of the occurrence of earthquakes can be assessed in time and position. Precise prediction is likely to be realised slowly."

सोमवार ११ डिसेंबर १९६७ च्या भूकंपात कोयनानगरच्या परिसरात झालेल्या भूकंपाची तीव्रता रिक्टर-स्केलप्रमाणे ७.५ होती. कोयनाधरणाची आणि वीजघराची कसलीही दुरुस्हानी झाली नाही. एवढा प्रचंड धक्का महाराष्ट्रच पचवू शकला ही एक अत्यंत समाधानाची गोष्ट आहे. ह्याच तीव्रतेचा धक्का इतरत्र कुठे झाला असता तर किती प्राणहानी आणि वित्तहानी झाली असती याची कल्पनाच करवत नाही. १५

ऑगस्ट १९५० ला आसाममधील भूकंपाच्या धक्क्यामुळे १५०० लोक मृत्युमुखी पडले. त्या धक्क्याची तीव्रता ८.६ सारख्या विक्रमी मर्यादेपर्यंत पोचली होती. वाराणशी ते रंगून पर्यंतच्या टापूत त्याचे धक्के बसले होते. ३१ मे १९३५ ला झालेल्या क्वेट्टयाच्या भूकंपात ६०००० लोक ठार झाले. ११ ऑक्टोबर १९३७ च्या कलकत्त्याच्या भूकंपात सुमारे ३ लाख लोक चक्रीवादळामुळे झालेल्या मुसळधार वृष्टीत हतबल झाले होते. १५ जानेवारी १९३४ च्या ८.३ तीव्रतेच्या बिहारच्या भूकंपाने १०००० लोकांचा बळी घेतला. कच्छच्या रणात अंजार येथे २१ जुलै १९५६ ला झालेल्या ७.० तीव्रतेच्या भूकंपात ११५ लोक ठार झाले ! त्या दृष्टीने महाराष्ट्रातील कोयनानगरने मोठ्या धैर्याने भूकंपाला तोंड दिले असे म्हणावे लागते. एवढ्या तीव्रतेचा धक्का उत्तरेत गंगेच्या खोऱ्यात किंवा बिहारच्या प्रदेशात बसला असता तर अती प्रचंड उत्पात घडला असता. सह्याद्रीच्या काळ्या फत्तरानेच अखेर महाराष्ट्राचे रक्षण केले. कोयनाधरण शाबूत, अभंग राहिले. वादळी वारे, जलप्रपात आणि भूकंप यांच्या संभाव्य धोक्यांस यशस्वीपणे तोंड देत राहील अशा पद्धतीनेच ते बांधले गेले आहे. धरणफुटीच्या धास्तीने कोणीही घाबरून जाण्याचे किंवा तेथून पळून जाण्याचे कारण नाही. कोयनाधरणातील २०० फूट जाडीच्या पाण्याच्या वजनामुळे कोयनेचा परिसर हादरला किंवा तो हादरत राहील हे मुळीच खरे नाही. प्रचंड भाकरानानगल धरण हे जाणून बुजून भूकंपीय विभागात बांधले गेले आहे. कोयनेच्या धरणापेक्षा त्यात कितीतरी जास्त पाणी साठविले जात आहे. इतके असूनही तेथे अजून एकही तीव्र भूकंपाचा धक्का बसला नाही. तेथील जमीन सारखी हादरत नाही. भूकंप म्हणजे खडकमय कवचाची पुनर्रचना. त्यामुळे एकदा तीव्र भूकंप झाला की पुनः तेथे तितकाच तीव्र भूकंप व्हायला वर्षानुवर्षे लागतात.

कोयनाधरण हे पश्चिम महाराष्ट्रातील उद्योगधंद्यांची आणि शेती व्यवसायाची आद्य जननी आहे. त्या धरणाची जोपासना करणे हे प्रत्येक महाराष्ट्रीयाचे कर्तव्य आहे.

❑ ❑ ❑

२२

■■

भारतीय द्वीपकल्पातील भूकंप

भारताची भूकंपक्षम किनारपट्टी

इ.स. १५९४ ते १९६८ पर्यंतच्या कालावधीत भारतीय द्वीपकल्पाच्या ढालक्षेत्रात (इंडियन पेनिन्शुलर शील्ड) झालेल्या कमी-अधिक तीव्रतेच्या भूकंपाचा अभ्यास केला तर असे आढळून येते की वर निर्देशिलेल्या कालखंडात द्वीपकल्पीय क्षेत्रात १२३ भूकंप झाले. त्यापैकी २४ तीव्र स्वरूपाचे होते. एकट्या महाराष्ट्रातच ४४ भूकंप झाल्याची नोंद आहे. त्यापैकी ९ भूकंप 'तीव्र' स्वरूपाचे होते. या भूकंपांचे भौगोलिक वितरण पाहिले तर, भारतीय द्वीपकल्पाच्या ढाल क्षेत्रातील समुद्रकिनाऱ्यांच्या लगतचे भाग भूकंपाच्या दृष्टीने विशेष क्रियाशील आहेत, असे दिसून येते. ता. १३ एप्रिल १९६९ ला भद्राचलम येथे झालेला रिक्टर मापप्रमाण पद्धतीप्रमाणे ६.५ तीव्रता असलेला भूकंप आणि ता. २३ मार्च १९७० ला भडोच येथे झालेला ६.० तीव्रतेचा भूकंप यामुळे द्वीपकल्प किनारपट्टीचे प्रदेश अधिकांशाने भूकंपक्षम आहेत अशा विधानाला पुष्टी मिळते.

महाराष्ट्रातील भूकंप

महाराष्ट्रात झालेल्या भूकंपांचा अधिक सूक्ष्मतेने अभ्यास केला तर, मुंबईच्या दक्षिणेला असलेल्या भारताच्या पश्चिम किनारपट्टीची भूकंपीय क्रियाशीलता अलीकडच्या काळात वाढली आहे असे स्पष्ट दिसते. ता. ४ जून १९६५ ते १३ सप्टेंबर १९६७ च्या कालावधीत महाराष्ट्राच्या किनारपट्टीत सौम्य ते साधारण तीव्रतेचे असे १२ भूकंप घडून आले. अशा भूकंपांच्या वारंवारतेत हळूहळू वाढ होऊन शेवटी तिचे पर्यवसान ता. ११ डिसेंबर १९६७ ला कोयनानगर येथे मध्यम ते तीव्र स्वरूपाचा भूकंप घडून येण्यात झाले. दख्खनच्या सोपानाश्म क्षेत्रात हा कदाचित अधिकतम तीव्रतेचा भूकंप होता. पुणे वेधशाळेने या तीव्र भूकंपानंतर एप्रिल १९७० पर्यंतच्या

कालावधीत मुख्य भूकंपाच्या धक्क्यानंतर १६०३ अनुकंपांची नोंद केली.''

वरील घटनांमुळे भारतीय द्वीपकल्पाचे ढालक्षेत्र 'भूकंपापासून मुक्त' आहे, अशा आतापर्यंत प्रचलित असलेल्या सिद्धांताला व कल्पनांना धक्का बसतो. त्यामुळे या विभागातील भूकंपप्रवृत्तींचा विशेष अभ्यास करणे क्रमप्राप्त ठरते.

भूकंपाची कारणे

एक किंवा अनेक कारणांमुळे भूकंप उद्‌भवतात. त्यांपैकी काही कारणे अशी : अवकाशातील अक्षीय परिभ्रमण आणि स्थानांतर गति या दोहोंच्या प्रचंड वेगांमुळे पृथ्वीला सातत्याने मिळणारी कंपनावस्था, हवामानाच्या विविध आविष्कारांमुळे वातावरणीय दाबातील बदल आणि समुद्राच्या भरती-ओहोटीमुळे व पर्जन्य व हिमवर्षावामुळे पाण्याच्या परिमाणात व भारात विषम प्रमाणात होणारे बदल आणि त्यामुळे भूकवचावर पडणाऱ्या भारात सतत होणारे परिवर्तन, पर्वतराशींवर आणि कड्यांवर द्रुतगति वाऱ्यांचे होणारे आघात, मोठ्या प्रमाणावर जमीन खचणे आणि घसरणे, भूमिसर्पण, ज्वालामुखीय उद्रेक, ज्वालामुखीतून ज्वालारसाचे निर्गमन झाल्यानंतर ज्वालामुखीच्या उदरात व निकटवर्ती भूकवचात निर्माण झालेल्या पोकळीत होणारी खडकांची पडझड, ज्वालामुखींची उत्स्फोटकक्रिया थांबल्यानंतर खडक थंड होत गेल्यामुळे उद्‌भवणारे संकोचन व त्यामुळे होणारी खडकांची हालचाल, पृथ्वीच्या आंतर-गाभ्यात निकेल व लोह रसाच्या दूरगामी हालचाली आणि त्यामुळे पृथ्वीच्या द्रवस्थितिक संतुलनात उत्पन्न होणारा बिघाड, खाणींमधील शिलाविस्फोट, प्रचंड अशनींचे आघात-संघात, भूमिगत आणवीय विस्फोट, खंडविप्लवांमुळे (कॉंटिनेंटल ड्रिफ्ट) उद्‌भवणारा खडकांचा स्थानभ्रंश, खूप खोलवर पाण्याचे परिगलन झाल्याने भूकवचातील खडकांना तोलून धरणाऱ्या भिन्न अंतर्गत थरांचे मृदु होणे व त्यामुळे भूकवचातील खडकांचे त्वरेने होणारे अधोगमन, अंतःसोपानाश्मातील रासायनिक द्रव्ये (इंटरट्रॅपियन केमिकल्स) विरघळल्यामुळे भूमिगत किंवा भूमिस्थित वस्तूंचा अचानकपणे घडून येणारा निःपात, पृथ्वीच्या उदरात दडलेल्या अनेकविध द्रव्यात होणारे परिवर्तन, खनिजांचे स्फटिकीभवन झाल्याने भूमिगत वस्तूंच्या आकारमानात आकस्मिकपणे घडणारा बदल, मोठ्या जलाशयात पाणी सोडून ते भरणे, पंपांच्या किंवा शोषक यंत्रांच्या सहाय्याने पृथ्वीच्या पोटातून मोठ्या प्रमाणावर प्रवाही पदार्थ काढून ते इतरत्र साठविणे, भूकवचातील खडकात साचून राहिलेले ताण व ऊर्जा अकल्पितपणे विभक्त करणाऱ्या भूसांरचनिक क्रिया किंवा घडामोडी, पृथ्वीच्या कवचातील मोठमोठ्या शिलाखंडांचे व ठोकळ्यांचे

प्रचालन किंवा हालचाल इत्यादी.

बहुतेक सर्व भूकंप खूप खोलवर निर्माण झालेल्या स्तरभंगांच्या क्षेत्रात घडून येतात.

पृथ्वी सूर्याभोवती परिवलन करीत असताना तिचे अक्षडोलन होत असते. त्यामुळे पृथ्वीच्या मध्य परिभ्रमी ध्रुवाचे सारखे स्थानांतर होते. या बदलांशी जगातील बहुतेक मुख्य व महत्वाच्या भूकंपांचा संबंध जोडता येणे शक्य आहे, असे कॅनडातील दोन भू-भौतिकीविज्ञांनी सिद्ध करून दाखविले आहे.

भूकंप होण्याचे प्रमाण

दख्खनच्या प्रदेशामध्ये आढळून येणारी भूकंपक्षमता वर दिलेल्या कारणांपैकी नक्की कोणत्या कारणामुळे उद्‌भवते असा प्रश्न आता उपस्थित होतो. एकंदर परिस्थितीचा आढावा घेता, ११ डिसेंबर १९६७ला कोयनानगर येथे झालेल्या भूकंपाचे कारण भूसांरचनिक (टेक्टॉनिक) स्वरूपाचे असावे असा निष्कर्ष निघतो. भारतीय द्वीपकल्पाच्या ढालक्षेत्रातील पर्वतांची घडण, संरचना आणि स्तरभंग असलेले विभाग यांच्या अत्याधुनिक अभ्यासावरून वरील अनुमानाला दुजोरा मिळतो.

दख्खनच्या सोपानाश्म क्षेत्रात गतेतिहासिक काळात काही भूकंप झाल्याची नोंद आहे. नव्याने अस्तित्वात आलेल्या कोयनानगरच्या जलाशयाशी त्यांचा काहीही संबंध नाही. विशेषतः महाराष्ट्रात फेब्रुवारी १६७९ मध्ये रायगड येथे, ऑगस्ट १७६४ मध्ये सध्याच्या कोयनानगरच्या क्षेत्रात, ऑक्टोबर १८३२ मध्ये उगटे येथे, फेब्रुवारी १९२९ मध्ये चिपळूण-हरेश्वर येथे आणि डिसेंबर १९६९ मध्ये कोयनानगर येथे सौम्य ते साधारण तीव्रतेचे भूकंप घडून आले. त्यावरून आणि इतर काही निरीक्षणांवरून, महाराष्ट्रात मध्यम ते साधारण तीव्रतेचा भूकंप ५५ ते ७० वर्षांच्या कालखंडात एकदा तरी होणे संभवते.

भूकंपाबाबत भाकित

भूकंपाची कारणे कळली व याबाबतीत बरेच संशोधन चालू असले तरी अजूनही भूकंपाचे भाकित वर्तविता येत नाही. भूकंप होण्याचे थांबविता येत नाही. गतकालात झालेल्या भूकंपांच्या निरीक्षणावरून आकडेमोड करून काही अनुभव सूत्रे भूकंप शास्त्रज्ञांनी शोधून काढली आहेत. पण अशा सूत्रांची उपयुक्तता सीमित आहे. बहुतेक अंदाज चुकीचेच ठरतात. अवधराम व राठोड (१९७०) यांनी कोयनानगरच्या परिसरातील इ.स. १९३८ ते १९६७ पर्यंतच्या कालावधीतील फक्त चार भूकंपांचा अभ्यास करून ८.४ तीव्रतेचा भूकंप ३५ वर्षांतून एकदा होऊ शकतो असे अनुमान

काढले. पण एवढ्या महान तीव्रतेचा आणि इतक्या स्वल्प वारंवारतेचा एकहि भूकंप गेल्या ४०० वर्षांत कोयना विभागात झाला नाही ! तसेच ता. १४ जानेवारी १९७३ ला सकाळी नऊ वाजता प्रचंड भूकंप होऊन सॅनफ्रान्सिस्को शहर नष्ट होणार आहे, असा अंदाज रुबेन ग्रीनस्पॅन नावाच्या शाळामास्तराने वर्तवून खूपच अस्वस्थता, चिंता व भीती निर्माण केली होती. सुदैवाने हा भूकंप घडून आला नाही.

भूकंप अटळ आहेत, ते मानवी नियंत्रणकक्षेच्या पलीकडील आहेत या भावनेने भूकंपक्षम परिस्थितीशी जुळते घेऊन जिद्दीने राहण्याचा प्रयत्न करणे हेच उत्तम !

❑ ❑ ❑

२३

जीववातावरण विज्ञान

हवामान आणि मानवी आरोग्य यांच्यातील सहसंबंधांची निरीक्षणे व सूक्ष्म अभ्यास करणारी वातावरण विज्ञानाची 'जीववातावरण विज्ञान' ही एक नवीन शाखा आहे. मानवांच्या दैनिक व्यवहारांवर व हालचालींवर हवामानाचा, आपली कल्पना आहे त्यापेक्षा, बराचसा अधिक परिणाम होतो असे अभ्यासांती आढळले आहे. आज आपली प्रकृती कशी राहील आणि उद्या आपण काय करू शकाल हे त्यावेळच्या हवामानावर अवलंबून असते. खाली दिलेल्या काही उदाहरणांवरून हे दिसून आले.

उत्तर अमेरिकेच्या फ्लोरिडा संस्थानातील गेन्सव्हिल शहरी एका महाविद्यालयाची प्रवेश परीक्षा चालू होती. गणित विषय होता. एका विद्यार्थ्याने सहजासहजी प्रश्नपत्रिकेतील सर्व प्रश्नांची अचूक उत्तरे दिली. त्याला फार आश्चर्य वाटले. गणिताची त्याला नेहमी भीती वाटायची. गणित म्हणजे विद्यार्थी जीवनातील एक मोठा खड्डा किंवा अडथळा होय अशी त्याची कल्पना होती. पण दैवाने आज खैर केली होती. परमेश्वराचे आभार मानण्यासाठी त्याने खिडकीबाहेर पाहिले. आकाश काळवंडलेले होते, वाऱ्यांनी थैमान मांडले होते, मुसळधार पाऊस पडत होता. एका उष्णकटिबंधीय चक्रीवादळाचे गेन्सव्हिलवर आक्रमण झाले होते!

ह्याच दिवशी सॅक्रॅमेन्टो शहरातील एका घरात दोन शाळकरी मुलांनी उच्छाद मांडला होता. त्यांनी आपली सर्व खेळणी इतस्ततः फेकून विखुरली होती, कपड्यांची फाडतोड केली होती, जेवणखाण नाकारले होते. ती एकसारखी रडत, ओरडत होती. त्या मुलांची आई चिडखोर चिंताग्रस्त होऊन विमनस्क मनःस्थितीत हे सर्व दृश्य बघत होती. काय करावे हेच तिला कळेना. यावेळी सॅक्रॅमेन्टो शहरावर सर्वत्र दाट धुके पसरले होते. आकाश ढगाळलेले होते. वातावरण कुंदोष्ण झाले होते.

याच वेळेस इलिनॉय संस्थानातील जोलिंयट शहरी एक निवृत्त रेल्वेअभियंता

समुद्रकाठच्या उद्यानातील एका बाकावर बसून विश्रांती घेत होता. त्याला संधिशोथ हा विकार जडला होता. पायांच्या सांध्यात चमका मारत होत्या. बाहेरील वातावरण आर्द्रतेने भारावून गेले होते. वातावरणीय दाब कमीकमी होत होता.

परंतु याच वेळी वेस्ट व्हर्जिनिया व नॉर्थ डाकोटा संस्थानातील न्यू इंग्लंडमध्ये मात्र आल्हाददायक पण डोळे दिपविणारा स्वच्छ सूर्यप्रकाश पसरलेला होता. सर्वत्र प्रसन्न वातावरण नांदत होते. परंतु बॉस्टन शहरात एका कामकरी स्त्रीची अर्धशिशीची व्याधी तीव्रतर होऊन तिचे डोके दुखण्यास सुरुवात झाली होती.

हवामानाचे निरनिराळे आविष्कार घडून येत होते. भिन्न प्रवृत्तीच्या व्यक्ती निरनिराळ्या व्याधींनी त्रस्त होत होत्या. त्या व्यक्तींवर कोणत्या समाईक किंवा सामान्य घटकांचा प्रभाव पडला होता ? हवामान आणि मानवी आरोग्य यांच्यात काही सहसंबंध असणे शक्य आहे का ? असे प्रश्न उद्‌भवू लागले. 'जीववातावरणविज्ञान' या नव्याने अस्तित्वात आलेल्या वैज्ञानिक शाखेच्या सिद्धांताप्रमाणे, निरनिराळ्या परिस्थितीतील घटनांना मानव शारीरिक व मानसिक प्रतिसाद देत असतो. त्या प्रतिसादांवर (अनुक्रियांवर) हवामानाचा प्रभाव पडतो. विविध प्रकारच्या शारीरिक व मानसिक व्याधींच्या स्वरूपात तो परिणाम आपल्याला दिसू लागतो.

हिवाळ्यात तापमानात आकस्मिकपणे बदल होत असतील तर प्रकृतीची खूप काळजी घ्या असे प्रकर्षाने सांगितले जाते. अमेरिकेच्या संयुक्त संस्थानातील न्यूयॉर्क येथील कॉर्नेल मेडिकल सेंटरचे डॉ. लॉरेन्स हिंकल म्हणतात, 'एखाद्या क्षेत्रावर हिवाळ्यात शीत सीमापृष्ठाचे (कोल्डफ्रंटचे) आक्रमण झाल्यास तेथे क्रमाक्रमाने आर्द्रतेत वाढ, मेघनिर्मिती, गडगडाटी वादळे, तडिताघात, गारांचे वादळ, हिम- किंवा पर्जन्यवृष्टी, चंडवात यांसारखे आविष्कार प्रत्ययास येतात. त्यानंतर त्या क्षेत्रावर आर्द्रताहीन अतिशीतित वायुपुंज किंवा वायुराशी येऊन थडकतात. हवेचे तापमान झपाट्याने घसरू लागते. तीव्र थंडीची लाट आपला अंमल गाजवू लागते. त्यामुळे मानवांच्या प्रकृतीवर विघातक परिणाम घडून येतात. ते जरी अल्पकालीन असले तरी त्या परिणामांचे स्वरूप एखाद्या भयंकर रोगाच्या साथीसारखेच असते. हजारो मानव त्या साथीत सापडतात. हिवाळ्यात अशा रीतीने एकाएकी घडून येणाऱ्या हवामानातील बदलांमुळे इन्फ्ल्युएंझा, सर्दीपडसे आणि तज्जन्य खोकला यासारख्या विकृती बहुसंख्येने जडतात, असे डॉ. हिंकल यांच्या संशोधनाचे निष्कर्ष आहेत. कृश माणसाचे तापमानीय निरोधन अत्यंत कमी असते. हेच लोक अशा

मार्थींचे पहिले बळी ठरतात. ते निराशेने भारावले जातात. हीच निराशायुक्त मनःस्थिती त्यांना पूर्णतया विकलांग करते. अस्थिर हिवाळी हवामानाच्या कालावधीत हवामानाच्या क्षणिक बदलांमुळे निर्माण झालेल्या व्याधींनी त्रस्त होऊन नाजूक व कृश शरीरयष्टी असलेल्या अनेक व्यक्तींनी आत्महत्या केली असे शिकागो शहरात केलेल्या निरीक्षणावरून आढळून आले. लठ्ठ लोकांना त्या मानाने हिवाळ्यात कमी त्रास झालेला दिसून आला. त्यांना त्रास झाला तो उन्हाळ्यात. उन्हाळ्यातील ऊष्मीय लाटांनी असे लोक बहुसंख्येने खच्ची व हतबल झाले. कित्येकांची मनोवृत्ती अधिक प्रमाणात संतापी व चिडखोर बनली.

बदलत्या हवामानामुळे मानवी प्रकृतीवर परिणाम का व कसे होतात हा सहसंबंध प्रथमदर्शनी अनाकलनीय आहे. नव्याने प्रस्थापित होऊ पहाणाऱ्या जीववातावरणविज्ञान ह्या विज्ञानशाखेने अशा सहसंबंधाचे कोडे उलगडण्याचा प्रयत्न सुरू केला आहे. त्यासाठी वातावरणविज्ञ (मिटिऑरॉलॉजिस्ट), जीववातावरणविज्ञ आणि औषधिविज्ञ या संशोधकत्रयींनी अनेक रुग्णालयांच्या दप्तरनोंदी तपासल्या, तत्कालीन हवामानाच्या निरीक्षणांचा अभ्यास केला व हवामानाला मानवी प्रकृती व स्वास्थ्य कशा रीतीने प्रतिसाद देते याबद्दलची काही अनुमाने केली. त्यांनी अनेक प्रयोग केले. पेनसिल्व्हानिया विद्यापीठातील संशोधकांनी डॉ. जे. एल. हॉलंडर यांच्या मार्गदर्शनाखाली 'क्लायमेट्रॉन' नावाचे एक जलवायुमानीय उपकरण तयार केले. क्लायमेट्रॉन म्हणजे ज्यात तापमान, वातावरणीय दाब, आर्द्रता आणि वारा या महत्वपूर्ण वातावरणीय घटकांत व पर्यायाने हवामानात हवे तसे बदल करता येतात अशी कोटरिका. संधिशोथासारख्या रोगाने जर्जर झालेल्या अनेक रुग्णांना अशा कोटरिकेत बसवून बदलत्या हवामानाला रुग्ण कसा प्रतिसाद देतात याचा डॉ. हॉलंडर यांनी अभ्यास केला.

गडगडाटी वादळासारख्या वातावरणीय आविष्कारात वायुभार (वातावरणीय दाब) कमी कमी होत जातो, तर आर्द्रता वाढत असते. क्लायमेट्रॉनमध्ये अशी परिस्थिती प्रस्थापित करता येते. डॉ. हॉलंडर यांनी अशा कोटरिकेच्या साह्याने संधिशोथाने पीडित झालेले अनेक रोगी तपासले. गडगडाटी वादळातील काही विशिष्ट अवस्थांचा रुग्णांवर प्रकर्षाने परिणाम झालेला त्यांना दिसून आला. गडगडाटी वादळाच्या आगमनापूर्वी काही वेळ रोग्यांचे हातपाय व सांधे दुखू लागले. काही रुग्णांच्या वेदना असह्य झाल्यामुळे त्यांनी कण्हायला सुरुवात केली तर गडगडाटी वादळ डोक्यावरून जात असतानाची परिस्थिती निर्माण झाल्याबरोबर संधिशोथाच्या

काही रोग्यांनी वेदना व दुःखावेग असह्य झाल्यामुळे किंकाळ्या फोडायला आरंभ केला !

जून-जुलै-ऑगस्ट म्हणजे उत्तर अमेरिकेचे उन्हाळी महिने. ह्या महिन्यांत तापमान व आर्द्रता अधिकतम असते. अटलांटा संस्थानातील टुलेन विद्यापीठाच्या वैद्यकीय महाविद्यालयाचे डॉ. जॉर्ज ई. बर्च यांनी चार वर्षातील अनेक रुग्णाच्या प्रवेशनोंदी तपासल्या, आणि त्यांनी महत्वाचा निष्कर्ष काढला : दाक्षिणात्य अमेरिकन लोकांना अत्युष्ण व अत्यार्द्र अशा ऑगस्ट महिन्यात अधिकतम प्रमाणात हृदयविकार जडतो व अधिक प्रमाणात हृदयाघाताने मृत्यू येतो !

उत्तर गोलार्धात न्यूमोनियासारखा फुफ्फुसांचा तीव्र विकार जुलै महिन्यापेक्षा जानेवारी सारख्या शीत हवामानाच्या कालावधीत अधिक वारंवारतेने जडल्याचे दिसून आले आहे. बहुतेक व्रण किंवा क्षते फेब्रुवारी महिन्यातच फुटून वाहू लागतात. फेब्रुवारी व मार्च महिन्यांत रक्ताभिसरणाची व्याधी व हृदयविकार बळावतात. ह्याच महिन्यात दैनंदिन हवामानात झपाट्याने बदल होत असतात. ल्युकेमिया (श्वेत कोशिकार्बुद् किंवा रक्तार्बुद) सारखा विकार हिवाळ्यातच उग्र स्वरूप धारण करतो. एप्रिल महिना म्हणजे संधिज्वराच्या (ऱ्हूमॅटिक फीवरच्या) थैमानाचा कालखंडच !"

बदलत्या हवामानाचे मानवी प्रकृतीवरील विघातक परिणाम आपण आतापर्यंत पाहिले. बिघडलेल्या हवामानामुळे काही चांगले परिणामही घडलेले दिसून आलेले आहेत. उदाहरणार्थ उग्र उष्ण कटिबंधीय चक्रीवादळांचा अंमल चालू असताना बहुतेक माणसे सावध, हुषार किंवा शतावधानी असतात. शरीरातील सर्व सुप्त शक्ती यावेळी जाग्या होतात, मेंदू तरतरीत होतो, कोणत्याही परिस्थितीशी सामना देण्याची माणसाची तयारी असते.

वरील निष्कर्षाप्रत संशोधक पोचले ते केवळ एका विलक्षण घटनेमुळे ! इ.स. १९३८ मध्ये उत्तर अमेरिकेच्या न्यू इंग्लंड या संस्थानाच्या दिशेने एका उग्र उष्ण कटिबंधीय चक्रीवादळाचे आगमन होऊ लागले. वारे घोंघावू लागले, मुसळधार वृष्टीस प्रारंभ झाला होता. अशा वेळी ॲम्हर्स्ट येथील मॅसॅच्युसेट्स् विद्यापीठातील महाविद्यालयाच्या प्रवेशपरीक्षा चालू होत्या व प्रवेशोच्छुकांचा बुद्धिगुणांक (आय. क्यू.) निश्चित केला जात होता. या परीक्षांचे फलित अत्यंत विस्मयजनक होते. चक्री वादळ ॲम्हर्स्टच्या दिशेने आगमन करीत असताना विद्यार्थ्यांनी मिळविलेले गुण नित्याच्या सरासरीपेक्षा थोडेसे अधिक होते. चक्रीवादळ ॲम्हर्स्ट शहरावर येऊन

अनेक वातावरणीय आविष्कारांचा धिंगाणा घालू लागले तेव्हा त्या अत्यंत वाईट व प्रतिकूल हवामानाच्या अवस्थेत विद्यार्थ्यांनी मिळविलेल्या गुणांत उल्लेखनीय वाढ झाली. (ह्या कालावधीत काही विद्यार्थ्यांनी जो उच्चांक प्रस्थापित केला, तो अजूनही मोडला गेला नाही) कालांतराने चक्रीवादळ शमले, वायव्येकडे निघून गेले, खूपच नासधूस झाल्यानंतर, वातावरण शांत झाले. त्यानंतर घेतलेल्या परीक्षेत विद्यार्थ्यांनी मिळविलेले गुण सरासरीपेक्षा १०% नी कमी होते !

प्रक्षोभक चक्रीवादळाचे मानवी प्रकृतीवर अनेकविध परिणाम होतातच; पण शांत, शीतल, सुखद वातावरणीय परिस्थितीही मानवी प्रकृतीवर सहजासहजी न दिसणारे परिणाम करू शकते. अमेरिकेतील वैद्यकीय जलवायुमान संस्थेचे (अमेरिकन इन्स्टिट्यूट ऑफ मेडिकल क्लायमेटॉलॉजीचे) मुख्याध्यक्ष डॉ. हेल्मट ई लॅंड्सबर्ग म्हणतात. ''काही अतिसूक्ष्म क्षणिक अनाकलनीय वातावरणीय प्रेरणा आपल्या शरीरावर नकळतपणे प्रभाव पाडीत असतात. प्रकृतिस्वास्थ्यावरही त्यांचा परिणाम होणे अटळ आहे.'' त्यांच्या मते, वातावरणीय विद्युत्, वातावरणातील काही विद्युत्भारित कण, तडिताघातामुळे उत्पन्न होणारे विद्युत्कर्षुकीय प्रारण ह्या त्या प्रेरणा होत. रेडिओ ग्रहणींवर जसा त्यांचा परिणाम गोंगाटांच्या स्वरूपात आपल्याला कळतो, तसाच परिणाम त्या आपल्या प्रकृतीवर करू शकतात. म्हणजे, आपल्यात काही विकृती निर्माण करू शकतात. ह्यात आश्चर्यजनक असे काहीच नाही असे त्यांचे मत आहे.

अतिशय कमी कंप्रता (वारंवारता) असलेल्या विद्युत्कर्षुकीय तरंगांच्या साह्याने माणसाला हळूहळू निद्रावश करता येते हे अनेक प्रयोगांवरून आढळून आले आहे. आपल्या पृथ्वीच्या आसमंतात जेव्हा विद्युत् कर्षुकीय विक्षोभ किंवा प्रक्षोभ (इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक डिस्टर्बन्सेस) निर्माण होतात तेव्हा मानवी प्रतिसादांची त्वरा व तीव्रता कमी होते असे डॉ. लॅंड्सबर्ग यांनी सिद्ध केले आहे.

अनेक वातावरणीय विद्युत् क्रिया-प्रक्रियांमुळे व विद्युतीय आविष्कारांमुळे वातावरणात विद्युत्-भारित कण, विद्युत्-भारित अणु-रेणू किंवा आयन निर्माण होतात. ते हवेत इतस्ततः भ्रमण करीत असतात. त्यांचाही मानवी प्रकृतीवर बरा-वाईट प्रभाव पडतो. ऋण विद्युत् भारित आयनांमुळे जखमा लवकर भरून येतात. परागज्वर व दम्यासारख्या विकारांच्या त्रासापासून रुग्ण अंशतः मुक्त होतात. वातावरणातील ऋणविद्युत् भारित आयनांमुळे मनोवृत्ती उल्हसित होतात. याच्या उलट, हवेतील धन विद्युत्भारित आयनांमुळे शरीराला मनस्वी थकवा येतो. डोके

दुखू लागते, भोवळ आल्यासारखे वाटते, मनाला भ्रांत पडते.

वायुभार (वातावरणीय दाब) कमी झाल्यास किंवा लक्षणीय स्वरूपात खाली आल्यास मोठ्या संख्येने धन विद्युत्भारित आयन निर्माण होतात. ह्याच धन-आयनांमुळे माणसाचा तोल कोलमडतो, चित्तवृत्ती विचलित होतात. शरीरातील विविध भाग दुखू लागतात, भावनाविभंग झाल्यासारखे वाटते ! वायुभार कमी होऊन धन विद्युत्भारित कणांची किंवा आयनांची निर्मिती व्हावी आणि त्यामुळे अनेक प्रकारच्या शारीरिक व मानसिक यातनांनी माणूस विद्ध व्हावा हे पटायला जरा कठीणच वाटते. पण पेन्सिल्व्हानिया विद्यापीठातील संशोधकांनी सूक्ष्म अभ्यासांती तसे निष्कर्ष काढले आहेत.

मानवी जीवनात उष्ण व शीत वातावरणीय परिस्थितीला सारखेच महत्त्व आहे. दोन्हीही आवश्यक अशाच बाबी आहेत. तथापि, जेव्हा बाह्य वातावरणीय तापमान दीर्घकालपर्यंत ६५° फॅ. किंवा १८° सें. वर साधारणपणे स्थिर झालेले असते तेव्हा त्या कालावधीत मानवी प्रजननक्षमता अधिकतम असते आणि अशा तापमानीय परिस्थितीत जन्मलेली बालके निरोगी, सुदृढ व बलवान होतात असे आता काही संशोधनामुळे सिद्ध झाले आहे. हिवाळी ऋतूत गर्भधारणा झालेल्या माता हुषार, क्रियाशील बालकांना जन्म देतात. उन्हाळ्यात गर्भधारणा झाल्यास त्या बालकांचा बुद्धिगुणांक बराच कमी असतो असे आता प्रकर्षाने सांगितले जाते. एका संशोधकाने अमेरिकेतील प्रसिद्ध व प्रथितयश व्यक्तींच्या जन्मतारखा गोळा करून त्यांचे विश्लेषण केले. ज्या मातांची हिवाळ्यात किंवा वसंतऋतूत गर्भधारणा झाली होती त्यांनी पुढे नऊ महिन्यांनी प्रसिद्ध व्यक्तींना जन्म दिला होता असे त्याला आढळून आले. ऑगस्ट ते नोव्हेंबर या कालावधीत जन्मलेली बालके बहुसंख्येने पुढे हुषार व प्रसिद्ध व्यक्ती होतात हा या संशोधनाचा अर्थ. भारतातही असे संशोधन व्हायला हवे, नाही का ?

अनेक वातावरणवैज्ञानिक सीमापृष्ठांच्या पवनव्यूहात नीच कंप्रतेचे व चुंबकीय तरंग उपस्थित असतात. उच्च कोटीतील सजीवांवर ह्या तरंगाचा व चुंबकीय क्षेत्रांचा लक्षणीय परिणाम होतो. वाळवी किंवा उधई यांची वारूळे चुंबकीय याम्योत्तर वृत्ताला (मॅग्नेटिक मेरिडियनला) समांतर अशा रीतीने बांधली जातात, मासे आणि पक्षी हे चुंबकीय क्षेत्राचे संवेदन घेतघेतच (किंवा त्यांचा मागोवा काढून) स्वतःचे मार्गनिर्देशन करतात, आणि उत्तरेच्या दिशेने उघड्या असलेल्या गोशाळेत ठेवलेल्या गाई अधिक दूध देतात, हा नित्याचा अनुभव आहे. पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्रात वारंवार बदल होत असतात. मानवी प्राण्यांवरही ह्या चुंबकीय दृष्ट्या विशेष प्रक्षोभित अवस्थेत असणाऱ्या

दिवसांत मानवांना मस्तिष्क आघात (सेरेब्रल स्ट्रोक) किंवा पक्षाघात आणि हृदयाचे विकार वाढत्या संख्येने जडतात व त्यात एक प्रकारचे पुनरावर्तन असते, असे आढळून आले आहे.

मानवी मेंदूच्या लयबद्धतेवर (ऱ्हिद्‌मवर) पार्थिव किंवा भौमिक (टेरेस्ट्रियल) विद्युत्कर्षुकीय तरंगाच्या आकारात घडून येणाऱ्या बदलांचा परिणाम होतो की काय अशी जीववातावरणविज्ञांना आता शंका येऊ लागली आहे. प्रत्येक व्यक्तीची मूलभूत मस्तिष्क लय ही त्या व्यक्तीची चेतनाशक्ती, शुद्ध किंवा भान यांचे परावर्तित स्वरूप असते. परिसारिक चुंबकीय क्षेत्रांचा तिच्यावर कितपत परिणाम होतो हे अजून जीववातावरणविज्ञांना नीट उमगले नाही. विकृत हवामानामुळे विमानांचे अनेक अपघात घडून येतात. त्यावेळी बहुसंख्य विमान चालकांची केंद्र हरवलेल्या माणसासारखी किंवा भान हरपलेल्या माणसासारखी अथवा जादूने भारावलेल्या माणसासारखी अवस्था होते असे निदर्शनास आले आहे. मेंदूची अशी अवस्था होणे म्हणजे तो कदाचित पर्यावरणी चुंबकीय तरंगांचा परिणाम असावा असे जीववातावरणविज्ञांना वाटते. हे चुंबकीय तरंग सहजगत्या मानवी मेंदूपर्यंत पोहोचतात व त्यावर आपला प्रभाव पाडून मेंदू विचलित करू शकतात. विमान चालकाकरवी होणारे असे अपघात टाळावयाचे असल्यास वैमानिकांच्या चालकपीठाचे (कॉकपिट) चुंबकीय अनुकूलन (मॅग्नेटिक कन्डिशनिंग) करणे योग्य व अटळ ठरेल. विकृत किंवा बिघडलेल्या हवामानात चुंबकीय विद्युत प्रेरणा अधिक प्रभावी बनतात आणि त्यांचा सजीवांच्या हालचालींवर महत्त्वपूर्ण परिणाम होतो हे जरी जीववातावरणविज्ञांच्या निदर्शनास आले असले तरी त्या परिणामांची कारणप्रणाली किंवा यंत्रणा त्यांना अजून नीट उमगलेली नाही असे डॉ. स्टॅन्टन मॅक्सी यांचे मत आहे. जीवावरणात घडणाऱ्या काही वातावरणीय घटना व सजीवांच्या काही प्रवृत्ती किंवा वर्तन यांचा सहसंबंध शोधण्याच्या प्रयत्नात काही शास्त्रज्ञ गुंतलेले आहेत.

वातावरणीय दाबात घडून येणाऱ्या बदलांचा मानवी प्रवृत्तीवर किंवा वर्तनावर प्रभाव का पडतो या प्रश्नाचे उत्तर देताना सिनसिनाटी विद्यापीठाचे डॉ. क्लारेन्स इ. मिल्स म्हणतात : 'वातावरणीय दाब कमी होताच मानवी शरीरातील ऊतके (टिश्यूज) सुजून मोठी होतात. त्यामुळे रक्तप्रवाहाची गती मंदावते, मेंदूवरील ताण वाढतो आणि काही संवेदनाक्षम माणसे नकळत विचित्रपणे वागू लागतात.' इतर जीववातावरणविज्ञांच्या मते, ''बदलत्या वातावरणीय दाबामुळे मानवी रक्त आणि मानवी शरीरातील ऊतके यांच्यातील रासायनिक समतोल बिघडतो आणि परिणामी

माणसांच्या वागणुकीत वेगळेपणा किंवा विचित्रपणा येतो.'' ''एखाद्या क्षेत्राकडे जेव्हा गडगडाटी वादळाचे आगमन किंवा आक्रमण होते तेव्हा तेथील वातावरणीय दाब कमी होऊ लागतो. ही गडगडाटी वादळे ८० ते १६० किमी. अंतरावर असल्यापासूनच काही माणसांना त्यांची संवेदनाक्षम जाणीव होत असल्याचे व त्यांच्या चित्तवृत्ती विचलित होऊ लागल्याचे दिसून येते. आगामी वादळांच्या बाबतीत प्रत्येकाचा प्रतिसाद किंवा प्रतिक्रिया वेगवेगळी असू शकते. काही माणसांना गुंगी आल्यासारखे वाटते, काही माणसे चिंताग्रस्त होतात, काही माणसे प्रक्षुब्ध किंवा बेभान झालेली दिसतात, काहींची डोकेदुखी सुरू होते, तर काहींना अर्धशिशीचा विकार जडतो. ज्या माणसांना तंत्रिकाजन्य दुर्बलतेने पछाडलेले असते ती माणसेच अधिकाधिक प्रमाणात गडगडाटी वादळांच्या आक्रमणापूर्वी क्रमशः कमी होणाऱ्या वातावरणीय दाबामुळे निर्माण होणाऱ्या व्याधींना बळी पडतात,'' असे प्रसिद्ध जीववातावरणविज्ञ डॉ. एच्.ई. लँड्सबर्ग यांचे संशोधनात्मक निष्कर्ष आहेत.

मानवी रक्ताचे रसायनशास्त्र (ब्लड केमिस्ट्री), रक्तदाब, चयापचय आणि मानवी शरीरात घडून येणाऱ्या इतर प्रक्रियांवर वातावरणीय आविष्कारांचा इष्टानिष्ट परिणाम सहज दिसून येतो. आधीच दुर्बल असलेल्या विकारक्षम व्यक्तींचे आजार एकाएकी बळावतात. स्थानबद्ध अवस्थेत जवळजवळ एकाकी जीवन कंठणाऱ्या वृद्धांना तीव्र थंडीपासून फार त्रास होतो. अशा वेळी त्यांची हृदयक्रिया अधिक जलद गतीने होऊ लागते. त्यांनी पूर्णपणे विश्रांती घ्यावी, उगीचच अधिक कष्ट करू नयेत अशी ताकीद त्यांना त्यांच्या कौटुंबिक डॉक्टरांनी दिलेली असते.

बदलत्या हवामानांचे मानवी प्रकृतीवर होणारे परिणाम नेहमी भयप्रद, विघातक व अनिष्ट असतात असे नाही. शरीरवृद्धी, तारुण्यागम, जननक्षमता यासारख्या मानवी प्रक्रियांचा हवामानाशी फार निकटचा संबंध असतो. समशीतोष्ण व उष्ण कटिबंधांत उन्हाळ्यातच सजीव सृष्टीची लक्षणीय प्रमाणात वाढ होते. तेथील मुले विशेषेकरून ऑगस्ट व सप्टेंबर महिन्यात शरीराने व वजनाने वाढलेली दिसतात. उन्हाळी शिबिरावर गेलेली मुले घरी आल्यावर अधिक धष्टपुष्ट, अधिक उंच व अधिक तरतरीत झालेली दिसतात.

केवळ उष्णतेमुळे काही शारीरिक क्रियाप्रक्रिया जलदगतीने घडून येतात असा सर्वत्र समज आहे. उष्ण कटिबंधांतील मुलगे व मुली शीततर हवामानाच्या प्रदेशांत राहणाऱ्या मुलामुलींचेपेक्षा लवकर वयात येतात असे सांगितले जाते. परंतु हे गैरसमज आहेत. प्रत्यक्षात याच्या उलट वस्तुस्थिती आढळते. उष्णतर व आर्द्रतर

जलवायुमानाच्या प्रदेशात तारुण्यागम अधिक उशीराने होतो असे आढळून आले आहे.

आणखी काही विस्मयजनक निष्कर्ष

जीव-वातावरणविज्ञांनी सूक्ष्म संशोधनांती काही विस्मयजनक व मनोरंजक निष्कर्ष काढले आहेत. उदाहरणार्थ, वातावरणीय दाब २९.९० इंच (१०.१२५ मिलिबार) किंवा त्यापेक्षा कमी असला तर मानवांना शैथिल्य येते व त्यांच्या लैंगिक प्रवृत्ती बळावतात.

अतिशय उष्ण हवामानामुळे माणसांची बुद्धि मंदावते. जुलै व ऑगस्ट सारख्या उन्हाळी महिन्यांच्या कालावधीत घेतलेल्या शासकीय किंवा नागरीसेवा स्पर्धा-परीक्षांत अनेक उमेदवार अयशस्वी होतात. इतर वेळी घेतलेल्या परीक्षांत यशस्वी स्पर्धकांची संख्या अधिक असते.

उन्हाळ्यात आकस्मिकपणे निर्माण झालेल्या वादळांमुळे रुग्णांचा दम्याचा विकार बळावतो. वादळी हवामानात वातावरणीय तापमानात सारखे बदल होत असतात, त्यामुळे नाजूक प्रकृतीच्या लोकांना सर्दी पडशांची व्याधी जडते. अतिशय उष्ण किंवा अतिशय शीत हवामानाच्या दिवसांत हृदयाचे विकार तीव्रतर होतात. थंड हवामानाच्या कालावधीत माणसांचा रक्तदाब वाढतो. उष्ण हवामानात रक्तदाब कमी होतो. अतिरिक्त रक्तदाबाच्या माणसांना (हायपरटेन्शन) प्रकृतिस्वास्थ्यासाठी विषुववृत्ताकडील उष्णतर व कमी दाबाच्या क्षेत्रातील आरोग्यकेंद्रात जायला डॉक्टर सांगतात ते या कारणासाठीच. पण सर्वच व्यक्तींना किंवा रुग्णांना हा नियम लागू होतो असे नाही. तीन रुग्णांपैकी एका व्यक्तीच्या बाबतीत याच्याविरुद्ध अभिलक्षणे प्रतीत होतात. त्याचा रक्तदाब हिवाळ्यात कमी होतो आणि उन्हाळ्यात वाढतो.

हवामानाप्रमाणे काही औषधेही आपल्या प्रभावाचे व गुणांचे प्रमाण बदलतात. मॉर्फीन आणि डिजिटॅलिस ही औषधे वादळी परिस्थितीतच अधिक प्रभावी ठरतात. काही प्रकारच्या झोपेच्या गोळ्या उन्हाळी परिस्थितीत किंवा उष्णतर हवामानात आपला गुण दाखवीत नाहीत. इन्शुलिन हे मधुमेहावर हटकून गुण देणारे औषध समजले जाते. पण हिवाळी हवामानाच्या परिस्थितीत रुग्णावर त्याच्या प्रभावाची त्वरा मंदावते. वातावरणीय तापमान कमी तर गुणकारकता कमी असे इन्शुलिनच्या बाबतीत अनेकदा घडते.

आर्द्रताहीन (शुष्क) व शीत हवामानाच्या दिवसांत माणसाची विचारशक्ती तीव्र व बुद्धि कुशाग्र बनते. मनुष्य हिवाळ्यात व्यवस्थितपणे विचार करू शकतो.

शुष्क हवामान अधिक दिवस टिकले तर या दीर्घावधीच्या कोरड्या कालखंडात औद्योगिक उत्पादन घटते. त्यानंतर जर ढगाळलेल्या व पर्जन्ययुक्त हवामानाच्या दिवसांचे आगमन झाले तर कामगार अधिकतर प्रमाणात कार्यक्षम होतात व उत्पादनात लक्षणीय वाढ होते.

वातावरणीय दाब कमी होऊ लागल्यास माणसाच्या दहशतवादी, विध्वंसक व आक्रमक प्रवृत्ती बळावतात. आत्मघातकी विचार मनात येतात. अशाच परिस्थितीत औद्योगिक अपघात व वाहतुकीत अडथळे घडून येतात, रस्त्यावरील अपघातांची संख्या अशा वेळीच अधिक असते.

टोकियो शहरात केलेले एक निरीक्षण मनोरंजक आहे. न्यून वातावरणीय दाबाच्या कालखंडात प्रवासी लोक बसेस किंवा आगगाड्यांमध्ये आपले सामान विसरतात; अनेक लोक विश्रांतिगृहांत, दुकानांत किंवा उपाहारगृहांत आपल्या छत्र्या विसरतात. लोकांचा विसराळूपणा न्यून दाबाच्या परिस्थितीत वाढतो, कळसास पोचतो !

सर्वगुणसंपन्न किंवा सर्वांगांनी परिपूर्ण असे हवामान कोणते ? हा प्रश्न अनेकदा उपस्थित केला जातो. जीववातावरणविज्ञांचे त्यालाही उत्तर आहे. डॉ. रिचर्ड वोल्कोमिर यांच्यामते, बाह्य हवेचे ६४° फॅ. (१७.८° से.) तापमान आणि ६५ टक्के आर्द्रता असलेली हवामान परिस्थिती माणसाच्या आरोग्याला आणि कार्यक्षमतेला अतिशय पोषक असते.

□ □ □

२४

पृथ्वीचे जीवावरण

आपल्या सूर्यमालेतील अनेक ग्रहांपैकी फक्त आपल्या पृथ्वीवर विविधतेने नटलेले, समृद्ध व पूर्णविकसित वनस्पती व प्राणी-जीवन अस्तित्वात आहे असे अनेकदा अभिमानाने म्हटले जाते. अनेकांकडून ह्या दर्पोक्तीची हेटाळणी देखील केली जाते.

सतत तीन महिने दिवस व रात्र असलेल्या बुधावरचे ४२३° सें. सारखे महत्तम तपमान आणि बाह्य कक्षेतील ग्रहांवरचे न्यूनतम तपमान ह्या दोहोंमुळे त्या ग्रहांच्या पृष्ठभागांवर आपल्या पृथ्वीवर आढळते तसे जीवन नसावे. शनीचे सरासरी तपमान -१५३° सें. (१२०° के.) आहे तर शुक्रावरच्या विषुववृत्तीय पृष्ठभागाचे तपमान ४००° सें. पेक्षाही अधिक आढळले आहे. शुक्रावर अर्थातच पाण्याचा अभाव आहे. अशा परिस्थितीत तेथे कोणत्याही प्रकारचे जीवन अस्तित्वात असणे असंभवनीय आहे. मंगळावर पाणी आहे, ते घन व बाष्परूपाने अस्तित्वात आहे. तेथील पृष्ठभागाचे महत्तम तपमान २७° सें. व लघुतम तपमान -१२३° सें.च्या जवळपास असल्यामुळे तेथे पृथ्वीसदृश सजीव सृष्टीची उपस्थिती असण्याची दाट शक्यता आहे. (पृथ्वीचे महत्तम तपमान ७७° सें. व लघुतम तपमान - ७३° सें. आहे.)

मंगळाच्या हरित पृष्ठभागांवरून परावर्तित झालेल्या प्रकाशाचे वर्णपट घेतले गेले आहेत. हिरव्या पानांच्या वर्णपटांसारखे ते दिसत नाहीत. दगडफूल किंवा वाळलेल्या शैवालांच्या वर्णपटांशी मात्र मंगळाच्या वर्णपटाचे साम्य असलेले दिसते. विसाव्या शतकाच्या मध्यात जी.पी. कुईपर आणि इतर काही शास्त्रज्ञांनी मंगळावर प्राथमिक स्वरूपाचे वनस्पतिजीवन नांदत असावे असे प्रतिपादन केले होते.

त्या मानाने आपल्या पृथ्वीवर विविध प्रकारांनी समृद्ध असलेले वनस्पतीजीवन आणि अतिप्रगत प्राणीजीवन आढळते.

पृथ्वीचे जीवावरण

विविध प्रकारचे जीवित ज्यात आढळते. त्या पृथ्वीभोवतालच्या आवरणाला

जीवावरण असे म्हणतात. वातावरणाचा सुमारे १०००० मीटर जाडीचा थर, सुमारे २००० मीटर जाडीचा शीलावरणाचा भाग (भूपृष्ठ, खडक इ.) आणि जलावरणाचा १०८६३ मीटरच्या महत्तम खोलीपर्यंतचा बहुतेक सर्व भाग, अशा तीन वेगवेगळ्या विभागांचा जीवावरणात समावेश केला जातो., अनेक प्रकारच्या वनस्पती, विविध पशू आणि पक्षी, जलचर प्राणी, मनुष्यप्राणी, अगणित प्रकारचे जीवाणू, कीटाणू आणि सूक्ष्मजंतू जीवावरणात वास्तव्य करतात. खाणीतील खडकातून झिरपणाऱ्या पाण्यातून सूक्ष्म जीवाणू दिसले आहेत. पेट्रोलियमचे निक्षेप भूपृष्ठापासून ते खाली ६५५० मीटर खोलीपर्यंत आढळले आहेत. ह्या निक्षेपांबरोबर सूक्ष्म जीवाणूंचे अस्तित्व २००० मीटर खोलीपर्यंतच्या काही थरांत प्रतीत झाले आहे. मुक्त वातावरणात ३२८०० फूट किंवा सुमारे १० किलोमीटर उंचीपर्यंत सूक्ष्म जंतू, छत्रकसदृश स्वायत्त जननपेशी किंवा जंतुबीजे (बॅक्टेरिआ आणि फंगल स्पोअर्स) विमानांच्या साह्याने मिळविली गेली आहेत. माऊंट एव्हरेस्टसारख्या उत्तुंग पर्वतशिखरांच्या वातावरणीय परिसरात २७००० फूट किंवा ८२३० मीटर उंचीपर्यंत काही विशिष्ठ प्रकारचे पक्षी उडताना निदर्शनास आले आहेत. त्याच माऊंट एव्हरेस्टच्या २२००० फूट किंवा ६७०० मीटर उंचीपर्यंत काही (किंवा मौमिक) प्राणी चढून जाऊ शकतात असे आढळले आहे. ह्याच उंचीवर उड्या मारीत जाणाऱ्या अविकसित कोळ्यांचे प्रकारही दिसून आले आहेत. वातावरणाच्या विरुद्ध दिशेला जलावरणात जलपृष्ठाखाली १०८६३ मीटरांच्या महत्तम खोलीपर्यंत आणि भूपृष्ठाच्या खाली सुमारे २००० मीटर खोलीपर्यंत सजीव सृष्टीच्या सीमा पोचलेल्या दिसतात.

जीवाणू, कीटाणू आणि काही प्राणी जीवावरणाच्या फार मोठ्या जाडीच्या थरात म्हणजे भूपृष्ठाच्या १०८६३ मीटर खोलीपासून ते वातावरणाच्या १०००० मीटर उंचीपर्यंत अशा सुमारे २१००० मीटर जाडीच्या थरात वास्तव्य करतात. त्यांच्या मानाने हरित वनस्पती कमी जाडीच्या थरात आढळतात. सर्वाधिक उंचीवर वाढणारी हिमनदीय लार्कस्परसारखी हरित वनस्पती हिमालयात माऊंट एव्हरेस्टच्या परिसरात ६२०० मीटर उंचीवर दिसते. पक्षी त्यापेक्षा २००० मीटर अधिक उंचीवर उडू शकतात. जलावरणातही जलीय वनस्पती जलपृष्ठापासून जास्त खोलीवर वाढलेल्या दिसत नाहीत. कोणत्याही वनस्पतीच्या संवर्धनाला सूर्यप्रकाश आवश्यक असतो. समुद्रात तो फार खोलवर पोचत नाही हेच जलावरणातील वनस्पतीजीवनाच्या आवरणाच्या कमी जाडीचे कारण असावे. शैवले (अलगी) ३५० मीटरांच्या खोलीपलीकडे बहुधा आढळतच नाहीत. त्या मानाने सूक्ष्म जीवाणू कित्येक हजार मीटर खोलीपर्यंत आढळतात.

जीवावरणातील सर्व जीवसृष्टीला प्रत्यक्ष किंवा अप्रत्यक्षपणे वनस्पती खाद्य पुरवितात. अशा रीतीने जीवावरणाच्या मूलभूत रचनेत एक वैशिष्टपूर्ण परिस्थिती आढळते. वातावरणाची दहा किलोमीटर जाडी व जलावरणांची १०.८ किलोमीटर जाडी लक्षात घेता जीवावरणाची महत्तम जाडी जरी सुमारे २१ किलोमीटर असली तरी जीवावरणातील असंख्य जीवांना ज्यांच्यापासून खाद्य मिळते त्या वनस्पती पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून वातावरणात ६.२ किलोमीटर उंच आणि भूपृष्ठाच्या खाली ३५० मीटर खोल अशा जीवावरणाच्या फक्त ६.५५ किलोमीटर जाडीच्या थरातच वाढतात !

वास्तविक पोषक वनस्पतींच्या उत्पादनाचे क्षेत्र आणि त्यांचा उपभोग घेऊन त्यांच्यावर जगणाऱ्या प्राण्यांचे संचारण क्षेत्र ही दोन्हीही क्षेत्रे सारख्याच जाडीची असावयास पाहिजेत. पण जीवावरणात पोषक वनस्पतींचे उत्पादन क्षेत्र फक्त ६.५ किलोमीटर जाडीचे तर संपूर्ण जीवावरणाचे क्षेत्र त्याच्या तिप्पट जाडीचे असते.

आता एक प्रश्न उपस्थित होतो, पोषक वनस्पतींचा पट्टा सोडून जीव किंवा जीवाणू आपल्या खाद्यापासून इतके दूर कसे राहू शकतात ? त्यांना खाद्य कसे मिळते?

निसर्ग ह्या जीवांना खाद्य पुरवितो हे त्या प्रश्नांचे उत्तर आहे. कार्बनिक द्रव्ये असलेल्या जलीय वनस्पतींपासून उत्पन्न होणाऱ्या अन्नकणांचे समुद्रांत अवसादन होते. गुरुत्वाकर्षणामुळे ते कण समुद्रतळाकडे जातात. सागरी प्रवाहामुळे तेथे त्यांचे सर्वत्र वितरण होते व सागराच्या सर्व थरांत सर्वत्र विपुल प्रमाणात अन्नकण उपलब्ध होतात. ह्या कारणामुळे हे कण खाऊन जगणारे जीवाणू समुद्राच्या अगदी तळापर्यंतच्या थरातही आढळतात.

वातावरणात ६.२ किलोमीटर उंचीपर्यंत वाढणाऱ्या वनस्पतिजन्य परागकणांसारखे अन्नाचे सूक्ष्म कण क्षैतिज व उदग्र वायुप्रवाहांमुळे १०.० किलोमीटर उंचीपर्यंत वाहवले जाणे व त्यांवर उपजीविका करणारे सूक्ष्म जंतू किंवा कीटाणू वातावरणात त्या उंचीपर्यंत सर्वत्र आढळणे सहज शक्य आहे.

पृथ्वीवरील बहुतांश जीवसृष्टी शीलावरणातच (लिथोस्फिअरमध्ये) आढळते. तीत एक प्रकारचे संतुलन व अविरतता आढळते. याला कारण म्हणजे लहान प्राण्यांना भक्ष्य बनवून मोठे प्राणी आपली उपजीविका करतात हा निसर्गनियम ! परागकण खाऊन कोलेंबोला नावाचे स्कंद-गुच्छगण किंवा जंतू आपली उपजीविका करतात. एव्हरेस्टवरील कोळी कोलेंबोला खाऊनच आपला जीव जगवितात. तसेच, लहान माशांवर मोठ्या माशांनी जगायचे, लहान प्राणी खाऊन हिंस्र वन्य पशूंनी आपले जीवसंवर्धन करायचे, काही प्राण्यांवर मनुष्यप्राण्यांनी आपली उपजीविका करायची

हा निसर्गसिद्ध नियम आहे !

जीवावरणात अतिसूक्ष्म जीवाणूंपासून विशाल कवचधारी जलचर प्राण्यांपर्यंत अनंत प्रकारचे प्राणीजीवन आढळते. अतिविरळ वातावरणात राहणारे कीटाणू, वातावरणाच्या तळाशी राहणारे मानव, पक्षी व इतर पृष्ठभागीय प्राणी, आणि समुद्राच्या तळाशी राहून पाण्याचा व वरील वातावरणाचा प्रचंड भार सहन करणारे जलचर प्राणी, याशिवाय अगणित प्रकारचे जीव जीवावरणात वास्तव्य करतात.

जीवावरणात मुबलक प्रमाणात द्रवरूप पाणी आहे. बहुतेक सर्वच जीवांची घडण पाण्यासारख्या महत्त्वाच्या घटकामुळेच झालेली आहे. याच वातावरणात द्रव-घन-वायु आणि वायु-द्रव-वस्तू विभागणारी अनेक आंतरपृष्ठे (इंटरफेसेस) अस्तित्वात आलेली असतात. सूक्ष्म जीवाणूंच्या विशाल वसाहती घनपृष्ठावर न आढळता विशुद्ध पाण्यातच अधिक आढळतात. अतिघनपृष्ठावर जीवाणू-कीटाणूंच्या वसाहती किंवा वनस्पतिजीवन आढळते. मृदावरणात अनंत अतिसूक्ष्म मृत्तिकाकणांचा पृष्ठभाग मोठ्या प्रमाणावर उपलब्ध होतो. ह्याच मृदू भूस्तरात वनस्पतिजीवन वृद्धिंगत होते. जीवावरणाला अतिलघुतरंगायामी सौरप्रारणाशिवाय इतर दीर्घतरंगायामी प्रारणही मिळते. हे दीर्घतरंगायामी प्रारण जेव्हा अपारदर्शक हरित वनस्पतींवर आदळते, तेव्हा त्यांतील क्लोरोफिलमुळे प्रकाशसंश्लेषण होऊन वनस्पतींना वृद्धिंगत करणारी द्रव्ये मिळतात. मानवांच्या व इतर प्राण्यांच्या श्वसनासाठी विपुल प्रमाणात ऑक्सिजन उपलब्ध होतो, अनेक कार्बनिक संयुगे निर्माण होतात आणि त्यांत रासायनिक ऊर्जा साठविली जाते. अंतर्गामी दीर्घतरंगायामी सूर्यकिरण वनस्पतींशिवाय इतरत्र पडले तर त्यातील ऊर्जेचे उष्णतेत रूपांतर होऊन जीवावरणात तिचे विकरण होते. पृथ्वीवरील जीवित अव्याहतपणे चालू ठेवायला ही मूलभूत यंत्रणा अत्यावश्यक असते. काही शास्त्रज्ञांनी जीवावरणाला 'मानवी उद्योगावरण' (ॲन्थ्रोपोस्फिअर) किंवा 'चिदावरण' (नूस्फिअर) अशी नावे दिली आहेत. मेधावी मानवाच्या अनेकविध भूशास्त्रीय व्यवहारांमुळे आणि उद्योगांमुळे जीवावरणाला ही नामाभिधाने प्राप्त झाली आहेत.

जीवावरणातील ऊर्जा - आवर्तन

सूर्यापासून निघालेले विविध तरंगायामाचे किरण पृथ्वीवर येऊन आदळतात. परिणामी त्यांतील ऊर्जेचे उष्णतेत रूपांतर होते आणि वातावरणातील ढग, महासागर, पृथ्वीपृष्ठ इ. सारख्या विविध घटकांकरवी अनेकविध क्रिया प्रक्रियांनी, विविध हवामानीय आविष्कारांनी त्या उष्णतेच्या आयव्ययकात संतुलन साधले जाते. पृथ्वीवरील वनस्पतींच्या अस्तित्वामुळे सौर ऊर्जेचे ताबडतोब उष्णतेत रूपांतर

होण्याचे टळते. वनस्पति संवर्धनासाठी सौरप्रकाश आवश्यक असतो. सौरवर्णपटातील दीर्घ तरंगायामाचे दृश्य किरण वनस्पतींच्या हरित द्रव्यांवर पडून त्यांना उत्तेजित करतात आणि अनेक प्रकारच्या रासायनिक क्रियाप्रक्रिया होऊन विविध प्रकारची कार्बनिक संयुगे जन्मास येताल. सौर ऊर्जेचा काही भाग ह्या कामी खर्च होतो.

उत्तेजित हरित द्रव्याच्या उपस्थितीत मूलभूत प्रकाश संश्लेषणात्मक अभिक्रियांचे एकंदर परिणाम पुढील पदावलीने व्यक्त केले जातात

$$6\,CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

(कार्बन डायऑक्साइड + पाणी → ग्लुकोज + ऑक्सिजन)

प्रकाशसंश्लेषणामुळे प्रथमतः ग्लुकोज सहजासहजी मिळू शकतो अशी कल्पना करून घेऊ नये. त्याचे अनेक क्रियाप्रक्रियांनी विविध कार्बनिक संयुगांत रूपांतर होते. त्याप्रमाणे सर्वच प्रकाशसंश्लेषणात्मक क्रियांमुळे ऑक्सिजन उपलब्ध होतो अशीही अपेक्षा करू नये. तांबड्या आणि हिरव्या रंगांच्या जीवाणूंत ज्या प्रकाशसंश्लेषणात्मक क्रियाप्रक्रिया होतात त्यांत ऑक्सिजन निर्माण होतोच असे नाही. जीवावरणाच्या आयव्यय व्यवहारात एवढेच लक्षात ठेवायचे असते ते हे की, कार्बन-डाय ऑक्साइड आणि हायड्रोजनदात्री वस्तू यांच्यात घडून येणाऱ्या प्रकाश संश्लेषणात्मक क्रियेद्वारा अधिक क्षपित झालेली कार्बनिक संयुगे व अधिक ऑक्सिडीकृत झालेले उप-पदार्थ उत्पन्न होतात. ऑक्सिजन हा प्रकाश संश्लेषणात्मक क्रियांमुळे निर्माण होणारा एक लाक्षणिक वायुरूप उप-पदार्थ आहे. त्यांचे वातावरणात हळुहळू विसरण (डिफ्यूजन) होते. क्षपित किंवा अपऱ्हसित कार्बनिक पदार्थ प्रकाशसंश्लेषणात्मक क्रियेत अंशग्रहण करणाऱ्या जीवांच्या शरीरात विलीन होतात त्यांचे संवर्धन करतात. कालांतराने ह्या जीवांचा नाश झाल्यानंतर त्यांच्यातील कार्बनिक द्रव्यांचे अपघटन होते व पृथ्वीवर विविध प्रकारचे घनपदार्थ तयार होतात. जीवावरणात ऑक्सिडीकृत परिमंडळ व क्षपित विभाग असे दोन्ही विभाग एकाच वेळी सुस्थितीत ठेवणे किंवा त्यांचे परिरक्षण करणे हेच प्रकाशसंश्लेषणात्मक क्रियांचे प्रयोजन असते. ऑक्सिडीकृत विभागात मुक्त वातावरण, महासागरांचा बहुतेक सर्वच भाग आणि भूपृष्ठावरील जल यांचा समावेश होतो; अपऱ्हसित किंवा क्षपित विभागात मृत्तिकावरणाचा काही भाग, सागरी व सरोवरी चिखल, अनेक अवसादी स्थानबद्ध खडक आणि जीर्ण वनस्पतींचे भाग यांचा समावेश केला जातो.

अनेक क्रियाप्रक्रियांमुळे पृथ्वीवर ऑक्सिजन व कार्बन ह्या दोन वस्तूंचा किंवा पर्यायाने कार्बन डाय ऑक्साईडचा सातत्याने ऱ्हास होत असतो. अवसादन क्रियांना ऑक्सिजन आवश्यक असतो. हिरवट अग्निज खडकांवर वातावरणक्रियांमुळे अनेक

संस्कार होतात. फेरस आयनांचे फेरिक आयनांत रूपांतर होते. हिरवट खडकांचे कवच त्यामुळे लालसर दिसू लागते. ह्याही क्रियांना ऑक्सिजनची आवश्यकता असते. दगडी कोळसा, पेट्रोलियम व सर्वत्र प्रकीर्णन पावलेला कार्बन यासारख्या स्वरूपात असलेल्या कार्बनचाही सातत्याने ऱ्हास होत असतो. निसर्गाला मग कार्बन व ऑक्सिजनचा सातत्याने पुरवठा कसा होतो हा प्रश्न आता सहजच उपस्थित होतो. ह्या प्रश्नांचे उत्तर अगदीच अनपेक्षित आहे.

निसर्गाच्या व जीवसृष्टीच्या अबाधिततेसाठी आवश्यक तेवढा कार्बन व ऑक्सिजन ज्वालामुखीय उद्रेकांमुळे कार्बन डाय ऑक्साइडच्या स्वरूपात उपलब्ध होतो हे त्या प्रश्नाचे मनोरंजक उत्तर आहे. म्हणजे, जीवावरणाच्या परिरक्षणासाठी विध्वंसक ज्वालामुखींची सतत उद्‌गिरणे आवश्यक असतात. किती विलक्षण विरोधाभास आहे हा !

चुनखडक तयार होण्यात किंवा इतर चुर्णीय (किंवा कॅल्शियमयुक्त) अवसादन क्रिया घडून येण्यात कार्बन-डायऑक्साइडचा बराचसा भाग खर्च होत असला तरी पृथ्वीवरील जीवन अबाधित ठेवण्यासाठी दरवर्षी पृथ्वीपृष्ठाच्या दर चौरस सेंटिमीटरगणिक ३ ते ६ x $१०^{६}$ ग्रॅम इतका ज्वालामुखीय उद्‌गिरणजन्य कार्बन डाय ऑक्साइड वातावरणात गेलाच पाहिजे असा अंदाज इ.सं. १९३४ मध्ये व्हिक्टर एम्. गोल्डश्मिट यांनी वर्तविला होता.

पृथ्वीपृष्ठावर पडणाऱ्या सौरऊर्जेचा अत्यंत थोडा भाग वनस्पतींच्या प्रकाश संश्लेषणात्मक यंत्रणेकडून वापरला जातो. आपाती सौरप्रारणाचा केवळ ०.०६ ते ०.१८ टक्के भाग प्रकाश संश्लेषणासाठी उपयोगात येतो असे गॉर्डन ए. रिले यांनी इ.स. १९४४ मध्ये प्रतिपादिले होते. नंतरच्या संशोधकांनी सौरप्रारणाच्या जवळ जवळ ०.०६ टक्क्यांएवढ्या अत्यल्प भागाकडून वनस्पति संवर्धन होते असे सिद्ध केले आहे. सौर ऊर्जेचा सुमारे ३० टक्के भाग वनस्पती स्वतःच्या चयापचय प्रक्रियांसाठी उपयोगात आणतात. १० टक्के भाग वनस्पतींवर उपजीविका करणाऱ्या शाकाहारी प्राण्यांना मिळतो. उर्वरित ६० टक्के भागाचे वनस्पतीच्या मृत्यूनंतर होणाऱ्या अपघटनामुळे उष्णतेत अवक्रमण (डिग्रेडेशन) होते. अवसादनक्रियेमुळे ऊर्जेचा थोडा भाग अवसादात (सेडिमेंट्स) साठविला जातो. इंधनाच्या स्वरूपात पुढे जरी तो उपलब्ध झाला तरी त्यामुळे मिळणाऱ्या ऊर्जेचे प्रमाण एकंदर आपाती सौर ऊर्जेच्या मानाने अतिशय थोडे असते.

स्वयंपूर्ण हरित वनस्पती

प्रत्येक हरित वनस्पती प्रकाश-स्वोपजीवी (फोटो-ऑटोट्रॉफिक) असते.

हायड्रोजन व ऑक्सिजन या दोन घटकांत पाण्याचे विघटन करण्यासाठी ती सौरप्रकाशाचा उपयोग करते. हायड्रोजन, कार्बन डाय ऑक्साइडशी संयोग करून ॲडेनॉसीन ट्रायफॉस्फेट (A.T.P.) कार्बोहायड्रेट, इ. सारखे ऊर्जासमृद्ध रेणू निर्माण करतो आणि मुक्त झालेला ऑक्सिजन परत वातावरणात सोडून देतो. याच्या उलट, अनेक प्राणी श्वसनक्रियेने वातावरणातील ऑक्सिजन शरीरात घेतात. हा ऑक्सिजन खाल्लेल्या कार्बनिक पदार्थांशी संयोग करून त्यातील ऊर्जा स्वपरिपोषणासाठी घेतल्यानंतर त्याज्य वस्तू म्हणून पाणी आणि कार्बन डाय ऑक्साइड बाहेर टाकतात. अशा रीतीने कार्बनसारखे द्रव्य जीवसृष्टीतील दोन भिन्न घटकांकरवी पारिस्थितिकीय आवर्तनांमधून खेळविले जाते.

हरित वनस्पती स्थानबद्ध असल्या तरी स्वयंपूर्ण असतात.

बहुतेक सर्व हिरव्या वनस्पती फक्त अकार्बनी संयुगे असलेल्या माध्यमातून सूर्यप्रकाशाच्या उपस्थितीत वाढतात. ह्या माध्यमात पाणी, ऑक्सिजन, कार्बन डाय ऑक्साइड, अमोनिया किंवा नायट्रेट यांसारख्या अकार्बनिक संयुगांतील नायट्रोजन, फॉस्फेट, सल्फेट, पोटॅशियम, मॅग्निशियम इ. पदार्थ असतात. ह्याशिवाय त्या माध्यमात लोह, मँगनीज, बोरॉन, तांबे, झिंक, मॉलिब्डेनम व गॅलियमचे सूक्ष्मकण अल्प प्रमाणात असतात. काही वनस्पतींसाठी कॅल्शियम, सोडियम, क्लोरिन, सिलिकॉन, कोबाल्ट आणि ॲल्युमिनियम यांचीही आवश्यकता असते. कार्बनिक संयुगांची वनस्पति संवर्धनासाठी बहुधा गरज नसते.

जीवावरणाचे संख्यानक

निसर्गाचे अर्थशास्त्र समजावून घेण्यासाठी जैवसृष्टीचे तीन मुख्य विभाग पाडले गेले आहेत. ते असे -

१. अकार्बनिक खाद्य वस्तूंवर आणि प्रारण-ऊर्जेवर अवलंबून राहणाऱ्या लाक्षणिक हरित वनस्पती (होलोफायटिक न्यूट्रिशन-पादपसदृश पोषण)
२. वनस्पती किंवा प्राणिजन्य खाद्यांचे अंतर्ग्रहण करून उपजीविका करणारे लाक्षणिक प्राणी (होलोझोईक न्यूट्रिशन काही बाबतीत पॅरसायटिक न्यूट्रिशन)
३. माध्यमात वितंचक (एंझाईम) स्रवण निर्माण करून किंवा विद्रुत अवस्थेतील अन्नकण निष्क्रियपणे घेऊन जगणारे लाक्षणिक जंतू आणि रंगहीन वनस्पती (सॅप्रोबोलिक किंवा पॅरसायटिक न्यूट्रिशन-जीवोपजीवी पोषण).

साधारणपणे वनस्पतींचे १२ मुख्य संघ व प्राण्यांचे २२ मुख्य संघ केले गेले आहेत. आतापर्यंत सुमारे १० लक्ष प्राण्यांच्या जातींचा आणि सुमारे ३ लक्ष वनस्पतींच्या जातींचा अभ्यास केला गेला आहे.

निसर्गचक्र प्रत्यक्ष किंवा अप्रत्यक्षपणे हरित वनस्पतींवर अवलंबून असल्यामुळे जीवसृष्टीत हरित वनस्पतींचे वस्तुमान सर्वाधिक प्रमाणात आहे. जंतूंचा आकार अत्यंत सूक्ष्म असतो. त्यांची संख्या जरी प्रचंड असली तरी त्यांचे एकूण वस्तुमान अल्पसे असते. अन्नाच्या बाबतीत प्राणी फार चिकित्सक असतात. प्राणी शाकाहारी असल्यास ते वनस्पतियुक्त क्षेत्रांच्या जवळपास वावरतात. मांसभक्षक असल्यास ते विस्तृत क्षेत्रात संचार करू शकतात. खाद्य संवयीप्रमाणे प्राण्यांच्या प्रकारात वनस्पतींच्या मानाने भरपूर विविधता आढळते. वनस्पतींच्या संख्येपेक्षा प्राण्यांची संख्या बरीच कमी असते. प्राण्यांपैकी काहींना विशिष्ट जातींच्या जंतूमुळे उद्‌भवणाऱ्या रोगांपासून उपद्रव होतो. प्राण्यांच्या संख्येपेक्षा रोगमूलक जंतूंची संख्या अधिक असते हे उघड आहे.

जीवावरणात वावरणाऱ्या जीवांच्या आकारात विपुल प्रमाणात विविधता आढळते. पी.पी.एल्. ओ. (फ्ल्युरोन्यूमोनिया-लाइक-ऑरगॅनिझम) नावाच्या अतिसूक्ष्मलघुतम मुक्त-सजीव कोशिकांचा व्यास केवळ १००० अँगस्ट्रॉम युनिट्स् किंवा एकदशांश मायक्रॉन असतो. एका कोशिकेचे वजन ५ x १०^{१६} ग्रॅम असते. साधारणपणे शंभर एंझाईमांचे समावेश करून घेण्याइतकी त्यात जागा असते. शिवाय चयापचयक्रियेसाठी आवश्यक असणारे सर्व रेणू ह्या अल्पशा जागेत राहू शकतात. अधिकतम आकार असलेल्या सजीव वस्तू म्हणजे झाडे. 'झाडे ३०० फुटांपेक्षा क्वचितच उंच वाढतात. त्यापेक्षा ती अधिक उंच वाढली तर वाऱ्याच्या एका छोट्या झुळकीसरशी स्वतःच्या वजनामुळे ती कोलमडून पडतील' असे इ.स. १६३८ मध्ये खुद्द गॅलिलिओने सिद्ध केले होते. समुद्राच्या तळाशी व्हेलसारखे मोठे मासे आढळतात. पाण्यातील प्लवनशीलतेमुळे त्यांना स्वतःचा तोल सांभाळण्यात अडचण भासत नसली तरी स्वतःच्या शरीरातील असंख्य पेशीबंधांचे परिपोषण करण्यासाठी लागणाऱ्या अन्नकणांच्या उपलब्धतेच्या सीमित प्रमाणामुळे त्यांच्या आकारमानावर निर्बंध लादले जातात.

जीवांचा आकार आणि त्यांच्या काही अवयवांची लांबी यात काही नियम आढळतात. सारख्याच आकाराच्या जीवांत परिपोषित पेशीबंधांचे आकारमान त्या जीवांच्या लांबीच्या तिसऱ्या घाताप्रमाणे वाढते तर अन्नकणांचे अधिशोषण करणाऱ्या अन्ननलिकेच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ त्या जीवांच्या लांबीच्या वर्गाप्रमाणे वाढते. या अवयवांची लांबी वाढली की ऱ्हासमान प्रतिलाभबिंदू (पॉईंट ऑफ डिमिनिशिंग रिटर्न्स) जवळ येतो. त्यामुळे विशिष्ट प्रमाणाबाहेर प्राण्यांचा आकार वाढू शकत नाही. साधारणपणे कोणत्याही जीवात पाण्याचे प्रमाण त्यांच्या वजनाच्या ५० ते ९० टक्क्यांच्या दरम्यान असते. जीवांच्या शुष्क भागात साधारणपणे ५० टक्के कार्बन

आढळतो. उर्वरित भागात फॉस्फरस, सल्फर, आयोडीन, आर्सेनिक, सोडियम, पोटॅशियम, कॅल्शियम, सिलिकन, लोह, व्हॅनॅडियम, नियोबियम, टँटॅलम, टिटॅनियम, क्रोमियम, मँगनीज, मॉलिब्डेनम, टंग्स्टन, टिल्युरियम व सिलोनियम या धातूंची संयुगे आढळतात. प्रत्येक धातूचे कोशिकांच्या वितंचकयंत्रणेत महत्वाचे स्थान असते. त्यावर त्या जीवांची क्रियाशीलता अवलंबून असते.

अद्ययावत् संशोधनाप्रमाणे पृथ्वीपृष्ठापासून स्तरावरणाच्या खालच्या भागापर्यंतच्या वातावरणात जीव आढळले आहेत. रबरी फुग्यांच्या साह्याने एक लक्ष फूट किंवा ३० किलोमीटर उंचीपर्यंतच्या वातावरणीय थरात फंगसची बीजुके व अतिसूक्ष्म जंतू मिळू शकतात असाही दावा केला गेला आहे. आपण जसे वातावरणाचा दाब सहन करून वातावरणाच्या तळाशी-भूपृष्ठावर राहतो तसे समुद्राच्या तळाशी वातावरणीय भाराच्या शेकडोपट पाण्याचा भार सहन करून कित्येक प्राणी वास्तव्य करीत असतात. तेथे सूर्यप्रकाश पोचत नाही. सर्वत्र अंधार असतो. तथापि, हे प्राणी 'स्वयंप्रकाशित' असतात. त्यांच्या शरीरात असलेल्या प्रस्फुरणशील द्रव्यांमुळे त्यांना पाण्यातही दिसू शकते.

अशा रीतीने बहुविध जीव शाकाणू, जीवाणू-कीटाणू, जंतू, अतिसूक्ष्मतम जंतू, अनेकविध भूचर, जलचर प्राणी, असंख्य प्रकारच्या वनस्पती, शैवाले, इत्यादींनी आपली पृथ्वी विनटलेली आहे. तुरळक जीवाश्मांवरून पृथ्वीवर सजीव सृष्टीचा आरंभ दीडशे ते दोनशे कोटी वर्षांपूर्वी झाला असे सांगण्यात येते. ह्या सजीवसृष्टीचा विकास कसा झाला याबद्दल अत्यंत मनोरंजक संशोधन केले गेले आहे. पृथ्वीवर जीवन कोठून व कसे आले? शास्त्रज्ञ ह्याच प्रश्नाचे उत्तर शोधीत आहेत. पृथ्वीवरील जीवन पृथ्वीवरच निर्माण झाले याबद्दल शास्त्रज्ञांत बऱ्याच प्रमाणात एकवाक्यता आहे. पण -

''पृथ्वीवरील सजीव सृष्टीचा आरंभ पृथ्वीवर घडलेल्या घटनांतून झाला नाही. हजारो अब्ज वर्षांपूर्वी बाह्य दीर्घिकेतून (गॅलेक्सी) पृथ्वीच्या रोखाने आलेल्या अवकाशयानातील सूक्ष्म जीव पृथ्वीवर अवतरले आणि त्यांच्यापासून पृथ्वीवर सजीव सृष्टीचा आरंभ झाला.. हे प्राथमिक जीव नील-हरित शैवल प्रकारचे होते. पृथ्वीवर नाना प्रकारच्या जीवांचा जो विस्फोट झाला तो अवकाशयानातून आपल्या दीर्घिकेत आलेल्या ह्या शैवालिक ठिणगीमुळे शक्य झाला,'' असे मत ऑगस्ट १९७३ मध्ये डॉ. फ्रॅन्सिस क्रिक आणि डॉ. लेस्ली ऑर्गेल ह्या दोन विख्यात रेणवीय जीवशास्त्रज्ञांनी दिले आहे.

अनेक शास्त्रज्ञांना त्यामुळे आश्चर्याचा धक्काच बसला असेल !

□ □ □

२५

■■

पृथ्वीभोवतालचे वातावरण

वातावरण म्हणजे पृथ्वीसभोवतालच्या हवेचे आवरण. उत्तर ध्रुवापासून ते दक्षिण ध्रुवापर्यंत पृथ्वीचा व्यास १२७१४ किमी. आहे. विषुववृत्तावर तो १२७५६ किमी. आहे. कित्येक हजार किमी. वरून पाहिल्यास पृथ्वी हवेचे कवच परिधान केलेल्या परिऱ्हस्व गोलकासारखी दिसते. हे हवेचे आवरण बहुतांशी पारदर्शक असले तरी त्याला निळसर रंगाची छटा असते आणि सूर्यकिरणांमुळे ते उजळून निघालेले दिसते.

पृथ्वीचे वजन ५.९८ x $१०^{२४}$ किलोग्रॅम (किंवा ६.६ x $१०^{२१}$ टन) आहे. सभोवतालच्या वातावरणाचे वजन सुमारे ५.६ x $१०^{१५}$ टन आणि समुद्रांतील पाण्याचे वजन १.५७ x $१०^{१८}$ टन आहे. पृथ्वीचा एकंदर पृष्ठभाग १९७ x $१०^{६}$ चौरस मैल (५.१ x $१०^{८}$ चौरस किमी.) असून त्यापैकी ५७.५ x $१०^{६}$ चौरस मैल (१.४९ x $१०^{८}$ चौरस किमी.) जमिनीने व्यापिलेला आहे. तौलनिक दृष्टया पृथ्वी आणि तिच्या सभोवतालचे वातावरण यांच्या वजनाचे प्रमाण १०००००० : १ असे आहे.

वातावरणाची रूपरेषा

पृथ्वीच्या वातावरणाचा बहुतेक सर्व भाग पृथ्वीलगतच्या खालच्या थरांत साठविलेला आहे. अर्धा भाग पृथ्वीलगतच्या ६ किमी. जाडीच्या थरात सामाविलेला आहे. ह्याच थरात पृथ्वीवरून दृगोचर होणारे ढग आणि तज्जन्य हवामानविषयक चमत्कार घडून येतात. वातावरणाचा ९९ टक्के भाग पृष्ठभागालगतच्या ३० किमी. जाडीच्या थरात साठविलेला असतो. ह्या उंचीनंतर मात्र वातावरण विरल होत जाते. त्याची घनता झपाट्याने कमी होत जाते. तरी पण पृथ्वीपासून १००० किमी. उंचीपर्यंत वातावरणीय घनतेचे प्रमाण अचूक मापन करण्याइतपत असते. घनतेचे हे अत्यल्प प्रमाणही पृथ्वीवरून दिसणारे काही विद्युत्जन्य चमत्कार घडवून आणण्यास पुरेसे असते.

पृथ्वीवर वातावरण निर्माण करण्यात पृथ्वीच्या अंतर्गत आणि पृष्ठभागावर घडणाऱ्या अनेक रासायनिक क्रिया आणि प्रकाश उत्सर्जक रासायनिक विक्रिया ह्यांचा महत्त्वाचा भाग आहे. रासायनिक घडामोडींमुळे निरनिराळ्या वायूंचे रेणू सारखे निर्माण होत असतात. जन्मतः त्यांना निरनिराळे मुक्तिवेग मिळालेले असतात. त्यामुळे व पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे ते रेणू काही विवक्षित उंचीपर्यंतच फेकले जातात. पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणातील भिन्न वायूंचे भिन्न उंचीवरचे सध्याचे प्रमाण ह्या निरनिराळ्या मुक्तिवेगांमुळे बनलेले आहे.

विश्वाच्या अवकाशात हायड्रोजन आणि हीलियम हे दोन वायु विपुल प्रमाणात आढळतात. बहुंशी सर्व विश्वक द्रव्य (कॉस्मिक मॅटर) ह्या दोन वायूंमुळेच बनले आहे. पण नक्की हेच वायू आपल्या पृथ्वीच्या वातावरणात जवळजवळ अनुपस्थित किंवा अत्यंत विरलावस्थेत (आणि तेही मुख्यत्वे बाह्यांबरात) उपलब्ध असलेले दिसतात. तसेच पृथ्वीच्या वातावरणात मुख्यत्वेकरून आढळणारी मूलद्रव्ये विश्वात इतरत्र क्वचित्‌च आढळतात. विश्वात अन्यत्र आढळणाऱ्या वायूंचे प्रमाण आणि पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणात आढळणाऱ्या विभिन्न वायूंचे प्रमाण हा एक अत्यंत लक्षवेधी व अभ्यासनीय विषय आहे.

आपल्या पृथ्वीचे वातावरण अतिशय ऑक्सिडीकृत स्थितीत असलेले दिसते. वैश्विक वायूंपासून पृथ्वी ज्यावेळी निर्माण झाली तेव्हापासून थोड्याच अवधीत पृथ्वीच्या क्षीण गुरुत्वाकर्षणामुळे हायड्रोजन व हीलियम यांसारखे हलके वायू पृथ्वीपासून निसटून जाऊन अवकाशात मिसळून गेले असावेत. शिल्लक राहिलेल्या द्रव्यातून हळूहळू शिलावरण (ॲटमॉस्फिअर), जलावरण (हायड्रोस्फिअर) आणि वातावरण (लिथोस्फिअर) निर्माण झाले असले पाहिजेत. पृथ्वीचे आदिकालीन वातावरण आणि सध्याचे वातावरण यात खूपच फरक असावा. पृथ्वी थंड होत असताना कालांतराने निर्माण झालेले उष्ण झरे, ज्वालामुखींचे स्फोट व अनेक रासायनिक विक्रिया यांमुळे घनवस्तूंचे वायूंत रूपांतर झाले. त्यातच विभिन्न वनस्पतींचे बाष्पोच्छ्वास मिसळले आणि काही वनस्पतींच्या विघटनामुळे निर्माण झालेल्या वायूंचे विलिनीकरण झाले. अशा विविध विक्रियांनी सध्याचे वातावरण बनले आहे. पृथ्वीच्या वातावरणाला सध्याचे स्थायी स्वरूप कँब्रियन कल्पात - ५० कोटी वर्षांपूर्वी - प्राप्त झाले असावे. पृथ्वीवरील वनस्पती, प्राणिजीवन, सूक्ष्म जीवाणू, भूपृष्ठ, जलपृष्ठ व वातावरण यांच्यांत घडून येणाऱ्या परस्पर रासायनिक विक्रियांमुळेच पृथ्वीच्या वातावरणीय घटकांत एक विशिष्ट प्रकारची संतुलित अवस्था निर्माण झालेली दिसून येते.

वातावरणाचे संघटन

अनेक वायूंच्या मिश्रणामुळे आपल्या पृथ्वीभोवतालचे वातावरण बनले आहे. नायट्रोजन, ऑक्सिजन, आर्गॉन आणि कार्बन डाय ऑक्साइड ह्या चार वायूंमुळेच वातावरणाचा ९९.९९ टक्के भाग व्यापलेला आहे. एकटा नायट्रोजन वायू हवेच्या आकारमानाचा सुमारे ४/५ भाग व्यापतो, तर ऑक्सिजन वायू जवळजवळ १/५ भाग व्यापतो; उर्वरित आकारमानात नियॉन, हीलियम, क्रिप्टॉन, हायड्रोजन, ओझोन, नायट्रोजन डायऑक्साइड, नायट्रिक व नायट्रस ऑक्साइड, कार्बन मोनॉक्साइड, झीनॉन, रेडॉन, मीथेन यांसारखे दुर्मिळ वायू अत्यंत विरलावस्थेत सामावलेले असतात. वातावरणात साधारणपणे आढळून येणाऱ्या भिन्न घटकांचे प्रमाण सोबतच्या कोष्टकांत दिले आहे. (कोष्टक १)

पृथ्वीच्या पृष्ठभागाच्या निकटवर्ती थरांतील हवा म्हणजे काही शाश्वत (चिरस्थायी स्वरूपाचे) वायू, काही बदलत्या प्रमाणात आढळणारे वायू आणि काही घन व द्रव वस्तूंचे कण सदोदित बदलत्या प्रमाणात आढळणारा वातावरणाचा मुख्य घटक म्हणजे जलबाष्प. जलबाष्पाचे महत्तम प्रमाण असताना ते वातावरणाचा केवळ ४ टक्के भाग व्यापते, तर कधी कधी वातावरणात पाण्याचे प्रमाण अत्यल्प किंवा जवळजवळ नसल्या सारखेच असते. क्वचित् प्रसंगी जलबाष्पांचे प्रमाण ९ टक्क्यांपर्यंतही जाऊ शकते. वातावरणात पाण्याचे अस्तित्व इतक्या थोड्या प्रमाणात असले तरी ते पृथ्वीवरील हवामानात अनेक चमत्कृतिपूर्ण बदल घडवून आणू शकते.

आणि म्हणूनच जलबाष्प हा वातावरणाचा अत्यंत महत्वाचा घटक गणला जातो. जलबाष्पामुळे ढग निर्माण होतात. ते जसजसे वर वाढू लागतात तसतशी त्यांना थंड हवा लागते, ढगातील जलबाष्पाचे घनीभवन किंवा संद्रवण होते व वृष्टी पडू लागते. बाष्पकणातील सुप्त उष्णता मुक्त होऊन ती इतरत्र पसरते. अशा प्रकारच्या उष्मागतिक प्रक्रियांमुळे उष्णतेचे वातावरणात विसर्जन, प्रसार, विभाजन आणि वितरण होते. जीवसृष्टीचे जीवन सह्य करणे, ठराविक प्रमाणाबाहेर पृथ्वी तापू न देणे, तापल्यास तेथे जाऊन ढग निर्माण करणे व वृष्टी पाडणे हे वातावरणातील जलबाष्पाचे मुख्य प्रयोजन आहे. वातावरणात जलबाष्प घन, द्रव आणि वायू अशा तीन अवस्थांत आढळते. निरनिराळ्या अवस्थेत असताना जलबाष्प सौरवर्णपटातील काही विशिष्ट भाग शोषून घेते, परावर्तित करते किंवा त्यांचे विकिरण व प्रकीर्णन करते.

वातावरणात आढळणारा ऑक्सिजन हा वायू जीवन आणि ज्वलन क्रियांसाठी अत्यंत उपयुक्त आणि आवश्यक आहे. वातावरणातील इतर रासायनिक मूलद्रव्यांशी

कोष्टक १ - वातावरणातील कायम स्वरूपाचे व प्रमाणविकारी घटक.

रेणु/रेणुसंयुगे	रेणुभार	पृथ्वीपृष्ठाजवळच्या थरांतील प्रमाण (आकार-मानाच्या अंशात)	ऊर्ध्व दिशेने वितरण
मुख्य घटक			
नायट्रोजन, N_2	२८.०१६	७.८०८४ X $१०^{-१}$	समावरणात समवितरित असलेला पण ऊष्मावरणात अत्युच्च पातळींवर प्रकाश-रासायनिक क्रियेने अणुत विदलित होणारा घटक.
ऑक्सिजन, O_2	३१.९९९	२.०९४६ X $१०^{-१}$	समावरणात समवितरित, परंतु प्रकाश-रासायनिक क्रियेने ऊष्मावरणात अणूंत विदलित होणारा, मध्यावरणात व स्तरावरणातही अल्पांशाने विदलित होणारा घटक.
आरगॉन, Ar	३९.९४२	९.३४ X $१०^{-३}$	समावरणात समवितरित विसरणक्रियेने वाढत्या उंचीप्रमाणे अधिकाधिक प्रमाणात विलगीकृत होणारा घटक.
महत्त्वाचे प्रारणशील घटक			
कार्बन डाय ऑक्साइड CO_2	४४.००९	३.३ X $१०^{-४}$	समावरणात समवितरित, ऊष्मावरणात प्रकाश-रासायनिक क्रियेने विदलित होणारा घटक.
जलबाष्प, H_2O	१८.०१५	अति-प्रमाण विकारी स्वरूपात	क्षोभावरणात मेघनिर्मिती करणारा पण स्तरावरणात अत्यल्प प्रमाणात (किंवा जवळजवळ अनुपस्थित) असणारा व मध्यावरणानंतर प्रकाश-रासायनिक क्रियेने विदलित

ऑक्सिजन विनासायास संयोग करतो. तो अनेक संयुगे निर्माण करू शकतो. ज्वलनक्रियेतून उगम पावलेला कार्बन डाय ऑक्साइड वायू वातावरणात जाऊन मिसळतो, प्राणिमात्रांच्या श्वसनक्रियेतूनही काही अंशी हा वायू उत्पन्न होतो. ह्या वायूचा उपयोग वनस्पती स्वसंवर्धनासाठी करून घेतात. कार्बन डाय ऑक्साइडचे आणखी एक प्रयोजन आहे. प्रखर सूर्यापासून निघालेले लघुतरंगायामी ऊष्मप्रारण पृथ्वी शोषून घेते, ती तापते, तिचे तपमान वाढते व तीही ऊष्मप्रारण करू लागते.

			होणारा महत्त्वाचा घटक.
ओझोन, O_3	४७.९९८	प्रमाणविकारी स्वरूपात	क्षोभावरणात $१०^{-८}$ सारख्या अल्प प्रमाणात, स्तरावरणात $१०^{-६}$ ते $१०^{-५}$ सारख्या प्रमाणात व यानंतरच्या उंचीवर विदलित होणारा अत्यंत महत्त्वपूर्ण घटक.
इतर घटक			
निऑन, Ne	२०.१८२	१.८१८×१०^{-५}	समावरणात समवितरित असलेला व नंतर वाढत्या उंचीप्रमाणे अधिकाधिक प्रमाणात विसरणक्रियेने विलगीकृत होणारा घटक.
हीलियम, He	४.००३	५.२४×१०^{-६}	
क्रिप्टॉन, Kr	८३.८०	१.१४×१०^{-६}	
मीथेन, CH_4	१६.०४३	१.६×१०^{-६}	क्षोभावरणात समवितरित आणि उच्च स्तरावरणात व नंतरच्या पातळीवर विदलित होणारा घटक.
हायड्रोजन, H_2	२.०१६	५×१०^{-५}	क्षोभावरणात समवितरित घटक. नीच ऊष्मावरणात प्रकाश-रासायनिक क्रियांमुळे CH_4 व H_2Oपासून निर्माण होतो. उच्च पातळीवर हायड्रोजनच्या रेणूंचे अणूंत विदलन होते.
नायट्रिक ऑक्साइड, NO	३०.००७५	$- १०^{-८}$	मध्यावरणात प्रकाश-रासायनिक क्रियांनी निर्माण होणारा घटक.

या वायूंशिवाय वातावरणात कार्बन मॉनॉक्साइड, नायट्रस ऑक्साइड, नायट्रोजन डाय ऑक्साइड, झीनॉन, रेडॉन, सल्फर डाय ऑक्साइड, यांसारखे वातावरण विज्ञानीय- दृष्ट्या महत्त्वपूर्ण नसलेले वायूही अत्यल्प प्रमाणात आढळतात.

प्रत्येक उष्ण वस्तू आपल्या उष्णता धारितेप्रमाणे उष्म प्रारणतरंग निर्माण करू शकते. सूर्याच्या तपमानापेक्षा पृथ्वीचे तपमान अत्यंत अल्पसे आहे. त्यामुळे तिच्यापासून उत्सर्जित झालेल्या उष्णतेच्या लहरी दीर्घतरंगायामी असतात. पृथ्वीभोवतालचे वातावरण तापते ते ह्या दीर्घतरंगायामी ऊष्मलहरींमुळे नव्हे. हवेतील कार्बन डाय ऑक्साइड वायू ह्या दीर्घतरंगायामी ऊष्मलहरी शोषून घेतो आणि पृथ्वी थंड होण्याचे थांबवितो.

वातावरणातील आणखी एक महत्वाचा घटक म्हणजे नायट्रोजन वायू. हा

कोणत्याही मूलद्रव्याशी सहजगत्या संयोग करीत नाही. स्वभावतः अक्रिय (निष्क्रिय) असल्यामुळे वातावरणातील ऑक्सिजनवायूचे क्रियाशीलत्व मंदगती किंवा वेगहीन करण्याकडे नायट्रोजन वायूचा मुख्य उपयोग होतो. नायट्रोजन वायूमुळे ज्वलनक्रियेवर व ऑक्सिडीकरणावर नियंत्रण बसते.

ओझोन वायू हा अति सामर्थ्यवान् ऑक्सिडीकारक आहे. पण वातावरणात तो इतक्या स्वल्प प्रमाणात आढळतो की ह्या बाबतीत ओझोनचे क्रियाशीलत्व परिसीमित आहे. शिवाय, ओझोन वायू पृथ्वीपासून २० ते ३० किमी. उंचीवरच आढळतो. वातावरणात ओझोनचे मुख्य प्रयोजन म्हणजे सूर्यापासून उत्सर्जित होणाऱ्या ऊष्मप्रारणाचा जम्बुपार भाग शोषून घेणे, सूर्याची धग कमी करणे आणि पृथ्वीवरील प्राणिमात्राला आणि वनस्पति जीवनाला पुरेशी होईल एवढीच उष्णता पृथ्वीपर्यंत पोचविणे हे होय. सूर्याच्या उष्णताप्रहाराला अडविणारा पृथ्वीच्या परिसरातील ओझोन हा पहिला पहारेकरी, कार्बन डाय ऑक्साइड हा दुसरा पहारेकरी आणि जलबाष्प हा तिसरा पहारेकरी. वातावरणातील इतर वायू हवामानातील फेरबदलांच्या दृष्टीने महत्वाचे नाहीत.

जलबाष्प, कार्बन डाय ऑक्साइड आणि ओझोन यांसारखे वायू वातावरणात स्वल्पतर प्रमाणात आढळत असताना देखील हवामानाच्या दृष्टीने प्रधान घटक असावेत ही एक आश्चर्यकारक घटना आहे. कोणत्याही देशाचे भवितव्य मूठभर पण प्रभावी व्यक्तित्व, प्रखर बुद्धिमत्ता, असामान्य क्रियाशीलत्व असलेल्या लोकांच्याच हाती असते तसाच प्रकार वातावरणातही पहावयास मिळतो. सर्वसामान्य जनता म्हणजे अफाट पसरलेला नत्रवायू. त्यांना प्रगतीपथावर आणणारे किंवा त्यांचे जीवन सुखी आणि समृद्ध करणारे थोर नेते म्हणजे स्वल्पतर वायू. त्यांच्या संख्येलाही मर्यादा व नियंत्रण असणे महत्वाचे आहे. ती संख्या वाढली की संघर्ष सुरू झालाच, वादळे वाढलीच, विनाशप्रवृत्ती बळावल्याच व गडगडाटी वादळे, विद्युत प्रहार, द्रुतप्रवेगी चंडवात यांच्या तांडवनृत्याला प्रारंभ झालाच असे समजावे !

वातावरणातील हे तीन प्रमाणविकारी वायू सोडल्यास वातावरणातील भिन्न वायुघटकांत सुमारे १०० किमी. उंचीपर्यंत विलक्षण प्रमाणस्थैर्य आढळते. अनेक आविष्कारांमुळे सर्व थरांतील हवा घुसळून निघून संमिश्रित होत असते. त्यामुळे पृथ्वीपृष्ठापासून १०० किमी. उंचीपर्यंतच्या थराला "समावरण"(होमोस्फिअर) हे नाव दिले आहे. ह्या उंचीनंतर, सूर्यापासून उत्सर्जित होणाऱ्या जम्बुपार प्रारणामुळे ऑक्सिजन, नायट्रोजन, कार्बन डाय ऑक्साइड व जलबाष्पाच्या रेणूंचे विदलन होऊ लागते. ३०० किमी. उंचीच्या जवळपास आणवीय ऑक्सिजन हाच महत्वपूर्ण घटक

आढळतो. ८०० किमी. उंचीवर हीलियम व हायड्रोजन हेच वर्चस्वी वातावरणीय घटक म्हणून प्रत्ययास येतात. यानंतरच्या उच्चस्तरीय वातावरणाची घनता इतकी कमी असते की हवामानाच्या दृष्टीने ह्या विदलन (विच्छेदन) क्रिया महत्वाच्या नसतात. तथापि, अवकाशातील रेडिओ तरंगांच्या संचरणाच्या दृष्टीने हे विदलन आणि त्याचा तरंगसंचरणावर पडणारा प्रभाव यांचा सूक्ष्म अभ्यास करणे अगत्याचे ठरते. १०० किमी. उंचीवरच्या वातावरणीय थरांना रूपविकारी संघटनामुळे "विषमावरण" असे नाव दिले आहे. या थरांत वातावरणीय संक्षोभ व संमिश्रणक्रिया यांचा अभाव असतो.

वातावरणात घनवस्तू साधारणपणे संधारित धूलिकण, धूम्रकण, घनीभूत जलबिंदू (हिमकण किंवा हिमस्फटिक) आणि हवेत तुषारलेल्या समुद्राच्या क्षारयुक्त पाण्याचे बाष्पीभवन झाल्यानंतर उरलेल्या लवणकणांच्या स्वरूपात आढळते. साध्या डोळ्यांना किंवा साध्या सूक्ष्मदर्शकालाही दिसण्याएवढे हे कण नसतात. वातावरणातून पृथ्वीकडे येणाऱ्या सौरप्रारणाचा काही भाग हे कण शोषून घेतात, काही भाग परावर्तित करतात, तर सौरप्रारणाच्या काही भागाचे प्रकीर्णन होते. दृष्टिक्षेपाच्या कमाल आणि किमान मर्यादा घनवस्तुकणांच्या संख्येवर व त्यांच्या वितरणावर अवलंबून असतात. समुद्रावरील किंवा जमिनीवरील वातावरणात प्रत्येक घनमीटरमध्ये लक्षावधी घन किंवा द्रव वस्तूंचे कण विखुरलेले असतात. मेघनिर्मिती व विस्तार करण्याकडे आणि त्यातील जलबाष्प पर्जन्यरूपाने काढून घेण्याकडे ह्या कणांचा उपयोग होतो. समुद्रलवणाचे कण जलशोषक असल्यामुळे हवेतील जलशोषक केंद्रिकांवर जलबाष्पाचे संद्रवण होऊन मेघनिर्मितीला सुरुवात होते. धूळ, धूसर किंवा धूम्रकणांचे वातावरणातील अस्तित्व दृष्टिक्षेपाच्या मर्यादा सीमित झाल्यामुळे शेवटी त्रासदायकच ठरते. सध्याच्या यांत्रिक युगातील औद्योगिक कारखान्यांनी हवेत सोडलेला धूर, त्यातील सल्फर डाय ऑक्साइड आणि नायट्रिक, नायट्रोजन व नायट्रस ऑक्साइड याच्या उपस्थितीमुळे, मानवी प्रकृतीवर विघातक परिणाम करू शकतो. तसेच, अणुबॉंबच्या स्फोटांमुळे किंवा आणवीय प्रयोगांमुळे वातावरणात पसरलेला किरणोत्सर्गी पदार्थांच्या सूक्ष्मकणांचा प्रवाह अंतिम दृष्टया अखिल मानवजातीला गंभीर स्वरूपाचा धोका निर्माण करू शकतो. वातावरणात घनवस्तूचा उद्भव अनेक कारणांमुळे होतो. शुष्क मृत्तिकेचे कण, वाळवंटावरील जमिनीचे अतिसूक्ष्म धूलिकण, पृथ्वीवरील वनस्पतींचे पराग आणि बीजुका, सूक्ष्म जीवजंतू, औद्योगिक कारखान्यांचा धूर, समुद्रतुषारांतील क्षारकण, शीघ्रगती वाऱ्यांमुळे किंवा प्रक्रमणशील प्रक्रियांमुळे वर जाऊन वातावरणात मिसळतात. कधीकधी ज्वालामुखीच्या उद्रेकांमुळे अनेक

घनवस्तूंचे अनंत कण वातावरणात बऱ्याच उंचीपर्यंत फेकले जातात तर कधीकधी बाहेरून बऱ्याच प्रमाणात उल्कापातांबरोबर भस्मीभूत झालेली घनवस्तू आपल्या पृथ्वीच्या वातावरणात येऊन मिसळते. वातावरणातील घनकणांचे प्रमाण उंचीबरोबर कमी कमी होत असते. अत्यंत सूक्ष्मकण खालच्या थरांतून अनेक किमी. उंचीपर्यंत गेलेले आढळतात. उल्कापाती रक्षाकण मात्र पृथ्वीच्या वातावरणाच्या बहिर्सीमेवरून आत आलेले दिसतात.

वातावरणाची आवश्यकता

पृथ्वीभोवती वातावरण नसते तर दिवसा पृथ्वी ९४° से. पर्यंत तापली असती आणि रात्री -१८५° से. पर्यंत थंड झाली असती. वातावरणाच्या अभावी पृथ्वीवर जीवसृष्टीही निर्माण झाली नसती. मेघनिर्मिती, गडगडाटी वादळे, झंझावाती वारे, पर्जन्य, धुके, हिमवर्षाव, गारावादळे, इत्यादीसारखे हवामानाचे निरनिराळे आविष्कारही प्रत्ययास आले नसते. पृथ्वीभोवताली हवेचे छत्र असल्यामुळेच ते दिवसा सूर्याच्या प्रखर उष्णतेपासून पृथ्वीचे रक्षण करते आणि रात्री उष्णतानिर्गमाला बंध घालून ते पृथ्वीला किमान मर्यादेखाली थंड होऊ देत नाही. पृथ्वीची उष्णतात्मक संतुलित अवस्था टिकवून ठेवण्यासाठी वातावरणाचे अस्तित्व अत्यंत महत्वाचे आहे.

वातावरण लवचिक आहे. ते गतिशील, संकोचक्षम, प्रसरणक्षम आहे. त्यात उद्भवणारे संकोचतरंग वातावरणातून इतस्ततः जाऊ शकतात. निरनिराळे प्रारणतरंगही पृथ्वीच्या वातावरणातून पारगमन करू शकतात. हवेच्या अनेक गुणधर्मांपैकी घर्षणक्षमता हा एक महत्वाचा गुणधर्म आहे. वेगवान वस्तू वातावरणात भ्रमण करीत असताना घर्षणामुळे तिचे तपमान वाढते. अवकाशातून पृथ्वीकडे येणाऱ्या उल्का बहिर्वातावरणातून मार्ग आक्रमिताना तप्त होतात. अनेक उल्का पृथ्वीच्या पृष्ठभागापर्यंत पोचण्याच्या आधीच भस्मसात होऊन जातात. वातावरण नसते तर पृथ्वीवर उल्काघाताचा सतत मारा पृथ्वीला सहन करावा लागला असता. चंद्रावर वातावरण नाही. तेथे हवामानाचे कोणतेही आविष्कार नाहीत. दिवसा १२७° से. व रात्री -१९३° से. सारखे अतिरेकी तपमान आढळते. प्रतिदिनी दहा लक्ष उल्का चांद्रपृष्ठावर धडधडत येत असतात. त्यातील काही उल्कांचा आक्रमणवेग प्रतिसेकंदास १६ किलोमीटरपेक्षा प्रचंडतर असतो. पृथ्वीभोवती वातावरण नसते तर २४ तासांत १० कोटी उल्का पृथ्वीपृष्ठावर आदळल्या असत्या !

वातावरण पृथ्वीचा एक महान संरक्षक आहे !

आकाशाचा निळा रंग किंवा सूर्योदय व सूर्यास्ताच्या वेळेचा लाल रंग सौर वर्ण-पटातील दृश्य भागातील विशिष्ट प्रकाशतरंगांचे वातावरणातील घनवस्तुकणांनी आणि

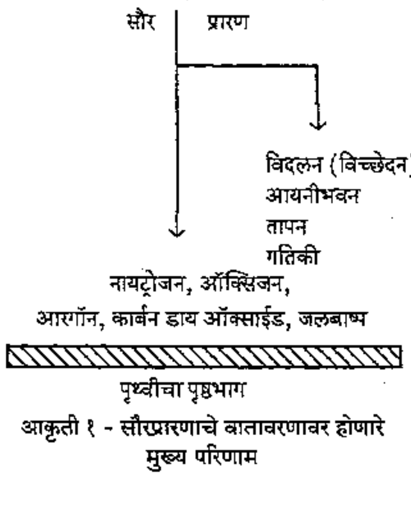
वायुरेणूंनी केलेल्या प्रकीर्णनामुळे दिसतो. हवेत धूलिकण नसते तर सूर्योदयापूर्वीचा प्रकाश किंवा संधिप्रकाश दिसला नसता.

वातावरणाची तपमानिक संरचना

वातावरणाचा विस्तार पृथ्वीपासून किती उंचीपर्यंत गेला आहे किंवा वातावरणाची बहिर्सीमा कोठे संपते आणि अवकाशाला प्रारंभ कोठे होतो हे सांगता येणे कठीण आहे. सुमारे ३३२०० किमी. च्या उंचीवर पृथ्वीचे गुरुत्वाकर्षण आणि पृथ्वीच्या परिवलनामुळे निर्माण होणारी प्रेरणा साधारण सम प्रमाणात असते. ह्या उंचीनंतरची हवा इतकी विरल असते की पृथ्वीचे वातावरण आणि अवकाश यांना विभागणारी सीमारेषा निश्चित स्वरूपाची असू शकत नाही. त्यामुळे ३३००० किमी. नंतर वातावरण अति विरल होत जाते आणि सरतेशेवटी आत्यंतिक विरलतेमुळे वातावरणीय गुणधर्मच लोप पावतात.

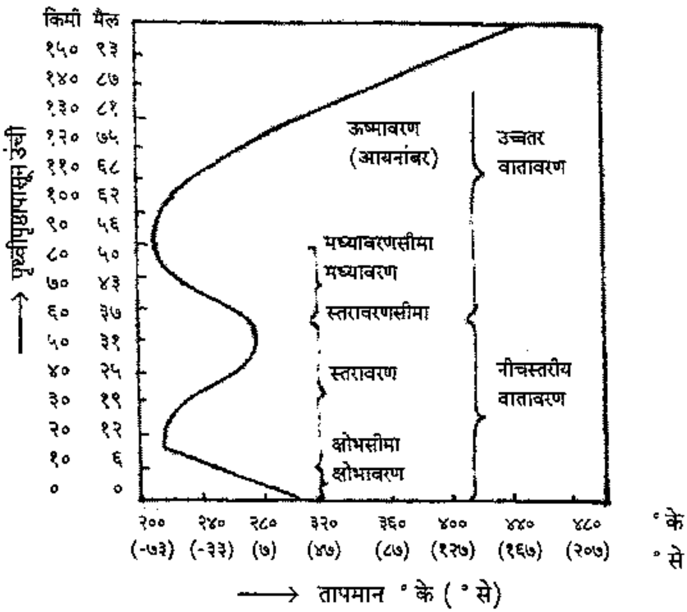
सूर्योत्पन्न उष्णता पृथ्वीच्या वातावरणाच्या बहिर्सीमेवर,प्रत्येक चौरस सेंटिमीटरला प्रतिदिनी ७०० कॅलरी या प्रमाणात आदळत असते. त्यापैकी ३३ टक्के उष्णता तावडतोब अवकाशात परावर्तित होते आणि ९ टक्के उष्णता, वातावरणातील घन आणि द्रव कणांकडून प्रकीर्णन झाल्यामुळे अवकाशात विलीन होते. बाकीची ५८ टक्के उष्णता पृथ्वीचा पृष्ठभाग आणि वातावरण शोषून घेते.

पृथ्वीच्या वातावरणाची संरचना बहुतांशी सूर्यापासून मिळालेल्या ह्या उष्णतेच्या शोषणामुळे वातावरणात ज्या क्रियाप्रक्रिया उद्भवतात त्यावर अवलंबून असते. पृथ्वीचा पृष्ठभाग आणि वातावरणातील प्रधान वायु घटक (नायट्रोजन, ऑक्सिजन, आरगॉन, कार्बन डाय ऑक्साइड व जलबाष्प) ह्यांवर होणारा सौरप्रारणाचा महत्वपूर्ण परिणाम शेजारच्या आकृतीत दाखविलेला आहे. सौर वर्णपटातील काही विशिष्ट भाग किंवा तरंगायाम निरनिराळ्या वायूंकडून निरनिराळ्या उंचींवर वेगवेगळ्या प्रमाणात शोषिले जातात. काही भाग तर पूर्णपणे शोषिले जातात. हे ऊष्मीय शोषण वातावरणातील वायूंमध्ये विदलन (विच्छेदन), आयनीभवन, तापन आणि



आकृती १ - सौरप्रारणाचे वातावरणावर होणारे मुख्य परिणाम

गत्यात्मता निर्माण करते. कधीकधी द्वि-आणवीय ऑक्सिजन वायूचे विशिष्ट उंचीवरच एक आणवीय ऑक्सिजनमध्ये विदलन होते. काही प्रक्रिया ठराविक उंचीवरच होत असलेल्या दिसतात. ह्या सर्व घटनांमुळे वातावरणाला एक विशिष्ट ''तपमानिक संरचना'' (थर्मल स्ट्रक्चर) प्राप्त होते. काही थरांत उंचीप्रमाणे तपमान वाढते, काही थरांत उंची प्रमाणे तपमान घटते. तपमानाच्या बदलांच्या दृष्टीने वातावरणाच्या थरांचे निरनिराळे भाग करणे वातावरणाचे गुणधर्म समजून घेण्यासाठी सोयीस्कर ठरले आहे. निरनिराळ्या उत्तांतरावर वातावरणाचे तपमानात पडणाऱ्या फरकांप्रमाणे पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणाचे क्षोभावरण (ट्रॉपोस्फिअर), स्तरावरण (स्ट्रॅटोस्फिअर), मध्यावरण (मेसोस्फिअर), आयनांबर (आयोनोस्फिअर) किंवा ऊष्मावरण (थर्मोस्फिअर) अशा चार थरांमध्ये विभाग करता येतात. ह्या चार विभागांशिवाय आयनांबराच्या पलीकडे अतिबाह्यावरण (एक्झोस्फिअर) नावाचा एक पाचवा विभाग मानता येण्यासारखा आहे. (आकृति २)



आकृती २ - वातावरणाची तपमानिक संरचना
(प्रमुख वातावरणीय विभागांसहित)

क्षोभावरण :

हा विभाग म्हणजे वातावरणाचा सर्वात खालचा भाग किंवा पाया आहे. संपूर्ण वातावरणाच्या वजनाचा ७५ टक्के भाग, बहुतेक सर्व जलबाष्प व धूलिकण ह्या विभागात सामाविलेला असतो. हवामानाच्या बहुतेक सर्वच आविष्कारांचे माहेरघर म्हणजे क्षोभावरण.

क्षोभावरणात हवेचे सरासरी तपमान पृथ्वीपृष्ठापासून वाढत्या उंचीप्रमाणे कमीकमी होत जाते. नीच अक्षवृत्तांत पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे सरासरी तपमान २७° से. असते.उच्च अक्षवृत्तांत ते -१३° से. असते. उष्णकटिबंधांत क्षोभसीमा १६ किमी. उंचीवर आढळते. त्या उंचीवरचे वातावरणीय तपमान -९३° से. असते. ध्रुवीय प्रदेशावर क्षोभसीमा १० किमी. उंचीवर आढळते व तेथील तपमान -४३° से. असते. क्षोभावरणात मानव आपले जीवन कंठीत असतो. त्याचे सर्व व्यवहार क्षोभावरणातच होतात. सौरप्रारणामुळे पृथ्वीपृष्ठ तापून निघते, निकटवर्ती वातावरणात उदग्र प्रवाह निर्माण होतात. त्यामुळे पृथ्वीपृष्ठा- जवळच्या उष्णतेचे, संक्षोभजन्य मिश्रणक्रियेमुळे व संनयनी प्रवाहांमुळे, उच्चतर, वातावरणीय थरांत स्थानांतर होते. तसेच, ध्रुवीय प्रदेशांपेक्षा विषुववृत्तीय प्रदेश अधिक तापतात. ह्या ऊष्मीय विषमतेमुळे वातावरणात क्षैतिज व ऊर्ध्व प्रवाह निर्माण होऊन विषुववृत्तीय प्रदेशांतील उष्णता ध्रुवीय प्रदेशांकडे वाहून नेली जाते. ऊष्मीय प्रक्रियांमुळे पृथ्वीपृष्ठावरील पाण्याचे बाष्पीभवन, संद्रवण, अप्रकट (सुप्त) उष्णतेची मुक्तता, मेघनिर्मिती, पर्जन्यवृष्टी, हिमवर्षाव, वातावरणाची उलथापालथ, खळबळाट, संक्षोभ, गडगडाटी वादळे, करकापात, धूलिवादळे, विध्वंसक वातचक्रे, द्रुतगतिमान वायुस्रोत, धुके, तुहिन, इत्यादि आविष्कार क्षोभावरणातच प्रत्ययास येतात. प्रचलित पवनव्यूह, मान्सूनचे वारे, दीर्घ वातावरणीय तरंग, अभिसारी व अपसारी चक्रवात, न्यूनभार क्षेत्रे, सीमापृष्ठे, उग्र चक्रीवादळे, वृष्टिमेघ यांसारख्या बहुविध मापप्रमाणांच्या चमत्कृती क्षोभावरणातील हवेच्या सर्वसाधारण परिसंचरणात उद्भवतात. अशा वातावरणीय घडामोडींचे पूर्वकथन करणे हे वातावरणविज्ञाचे मुख्य कार्य असते.

क्षोभसीमेची सर्वसाधारण उंची ११ किमी. (७ मैल) धरण्यात येते. अनेक कारणांमुळे क्षोभसीमेच्या उंचीत कमीअधिक बदल घडून येतात. खालच्या थराचे तपमान अधिकतर झाल्यास क्षोभसीमेची उंची वाढते. समुद्रसपाटीवरील वातावरणीय दाबाप्रमाणेही क्षोभसीमेची उंची बदलते. कोणत्याही क्षेत्रावरील वातावरणीय दाब अधिक झाल्यास क्षोभसीमा अधिकतर उंचीवर आढळते. क्षोभावरणात सरासरी

तपमानऱ्हास ६.५° से./किमी. प्रमाणे असतो. तपमान ऱ्हास १०° से /किमी. पेक्षा अधिक झाल्यास वातावरणात उलथापालथ घडून येते, ते संक्षुब्ध होते व वातावरणात विविध प्रकारची वादळे निर्माण होतात. गडगडाटी वादळांचा क्षैतिज विस्तार ५-८ किमी. चा असतो. त्यांतील ऊर्ध्वप्रवाहांचा वेग १० मी/सेकंद यासारखा असतो; आणि त्यांच्या प्रभावाचा कालावधी २-३ तास असतो. याच्या उलट, अभिसारी चक्रवातांचा क्षैतिज विस्तार ३२००-३५०० किमी. असतो. त्यांचा प्रभाव कित्येक दिवस टिकतो आणि उदग्र वायुप्रवाहांचा वेग ५-१० सेंमी. /सेकंद असला तरी पृष्ठभागीय वाऱ्यांचा वेग कधीकधी ताशी १०० किमी. पेक्षाही अधिक असतो.

स्तरावरण : क्षोभावरणाच्या सीमेनंतरच्या काही थरांत वाढत्या उंचीप्रमाणे तपमान जवळजवळ स्थिर राहते व त्यानंतर वाढत्या उंचीप्रमाणे तेही अधिकतर होऊ लागते. सौर उष्णतेमुळे पृथ्वीच्या तप्त होण्याने क्षोभावरणात उद्भवणारे ऊर्ध्व प्रवाह स्तरावरणापर्यंत पोचत नाहीत. पृथ्वीपृष्ठावरचे जलबाष्प व धूलिकण त्यामुळे स्तरावरणात क्वचितच प्रवेश करतात. तथापि, स्तरावरणात धूलिकण आढळतात. ते ज्वालामुखींच्या उग्र उद्रेकाबरोबर तेथे गेलेले असतात. वातावरणातील बहुतेक सर्व ओझोन स्तरावरणात सामाविलेला असतो. ओझोनचे महत्तम प्रमाण सुमारे २५ किमी. उंचीच्या जवळपास आढळते. १३ ते ३२ किमी.च्या थरात ओझोनचे विशेष प्रमाणाधिक्य असते. सौर प्रारणातील लघुतरंगायामी भाग (२०००-३००० अँगस्ट्रॉम) ओझोन शोषून घेत असल्यामुळे उच्च स्तरावरणात वाढत्या उंचीप्रमाणे तपमान वाढते. स्तरावरणात ऊर्ध्व प्रवाह निर्माण होत नाहीत. संक्षोभकारक घटनांची जवळजवळ अनुपस्थितीच असते. जलबाष्पाचा व तपमानऱ्हासाचा अभाव असल्यामुळे स्तरावरणात हवामानाचे कोणतेच आविष्कार प्रतीत होत नाहीत. त्यामुळे हा "स्थिर" हवामानाचा विभाग समजला जातो. उच्च अक्षवृत्तांत हिवाळ्यात अधूनमधून ३० किमी. उंचीवर मोत्यांसारखे चकाकणारे मेघ निर्माण झालेले दिसतात. त्यांना "मुक्ताद्रव्यी मेघ" असे म्हणतात. स्तरावरणाचा विस्तार १०-१६ किमी. पासून ५५ किमी. पर्यंत असतो. स्तरावरण सीमेवर तपमान -२३° ते १७° से. पर्यंत वाढलेले असते. संपूर्ण स्तरावरणात क्षैतिज वारे मंदावलेले असतात. ह्या कारणामुळे व वातावरणीय संक्षोभ नसल्यामुळे आवाजाच्या वेगापेक्षा अधिक द्रुतगतीने जाणाऱ्या विमानांची वाहतूक स्तरावरणात सुकर होईल असे वैमानिक तज्ज्ञांना वाटते. सौरप्रारण शोषून वातावरणाला उष्णता देणारा पृथ्वीनंतर उच्च स्तरावरण हा दुसरा दाता ठरतो. कधी कधी ह्या आवरणाला 'ओझोनावरण' (ओझोनोस्फिअर) असेही नाव दिले

जाते.

मध्यावरण : स्तरावरणाच्या ऊर्ध्व सीमेपासून किंवा पृथ्वीपासून ५५ किमी. उंचीपासून ८० किमी. पर्यंत विस्तार असलेल्या वातावरणाच्या भागाला मध्यावरण (mesosphere) म्हणतात. या विभागात वाढत्या उंचीप्रमाणे तपमानात घट होत असते. सबंध वातावरणात न्यूनतम तपमान ह्याच थरात आढळते. मध्यावरण सीमेवरील तपमान उन्हाळ्यात सुमारे -१२३° से. (१५०° के.) व हिवाळ्यात -५३° से. (२२०° के.) असते. संपूर्ण वातावरणात सर्वात कमी तपमान उन्हाळ्यात प्रत्ययाला यावे ही एक लक्षवेधी घटना आहे. ह्याच विभागात सुमारे ८५ किमी. उंचीवर उन्हाळ्यात सूर्योदयापूर्वी व सूर्योदयानंतर "चमकदार ढग" निर्माण होतात. आयनांबराचा सर्वात खालचा भाग मध्यावरणातच ६० पासून ८५ किमी. अशा २५ किमी. जाडीच्या भागात आढळतो. विदलन (विच्छेदन) व आयनीभवन क्रियेमुळे मुक्तझालेल्या इलेक्ट्रॉनांची संख्या दिवसा प्रत्येक घनमीटरमध्ये $१०^{८}$ – $१०^{९}$ अशी असते.

नीच स्तरावरण, आणि उच्च स्तरावरण व मध्यावरण यांतील हवेच्या परिसंचरणाचा उद्भव भिन्न प्रकारच्या कारणांमुळे होतो. नीच स्तरावरणातील परिसंचरण क्षोभावरणात घडणाऱ्या ऊष्मीय क्रिया प्रक्रियांमुळे निर्माण झालेल्या परिसंचरणाचाच एक संस्कारित भाग असतो. उच्च स्तरावरणातील व मध्यावरणातील वातावरणीय परिसंचरण वेगळ्या परिस्थितीतून निर्माण होते. ह्या विभागातील ओझोन व कार्बन डाय ऑक्साइड सौरप्रारणातील लघुतरंगायामी भाग शोषून घेतात. त्यातील काही ऊर्जा ते दीर्घतरंगायामी अवरक्त प्रारणाच्या रूपाने उत्सर्जित करतात. त्यामुळे ग्रीष्म ध्रुवावर ऊर्जाधिक्य आढळते, तर शिशिर ध्रुवावर ऊर्जात्रुटी प्रत्ययास येते. तौलनिक दृष्ट्या, शोषित ऊर्जेचे हे प्रमाणाधिक्य वातावरणीय परिसंचरणाला चालना देते.

मध्यावरणात ओझोन निर्माण होत असल्यामुळे ह्या थरात ओझोनचे प्रमाण अधिक असते. ओझोनचे अधिकतम प्रमाण २५ किमी. उंचीच्या जवळपास असते. हाच ओझोन वायू सौरप्रारणाचा प्रखर भाग शोषून घेतो. याच थरात प्राथमिक व द्वितीयक वैश्विक प्रारणाच्या ऊर्जेचे उष्णतेत प्रकर्षाने रूपांतरण होते. त्यामुळे ह्या थराच्या तळाजवळचे तपमान वाढलेले असते. पृथ्वीच्या वातावरणात ४० किमी./सेकंद यासारख्या प्रचंड वेगाने प्रवेश करणाऱ्या बहुतेक उल्का ५० किंवा ८० कि. मीटरच्या उंचीवर वितळून बाष्पीभूत होतात. ह्यावरून पृथ्वीपृष्ठापासून ४० ते ६५ किमी. उंचीमधील थर खूप उष्ण असावेत असे अनुमान निघते. मध्यावरणातच अनेक प्रकाश रासायनिक विक्रिया घडून येतात. विविधरंगी वातप्रकाशाच्या निरीक्षणांवरून

व अभ्यासावरून त्या विक्रियांचे स्वरूप कळू शकते. अशा रासायनिक विक्रिया ज्या थरात घडतात त्या थराच्या रासायनिक महत्त्वावर भर देण्यासाठी मध्यावरणाला काही शास्त्रज्ञांनी रसायनावरण (केमोस्फिअर) हे नाव दिले आहे.

ऊष्मावरण (आयनांबर व अतिबाह्यावरण) : ८० किमी. नंतरच्या काही वातावरणीय थरांत उंचीप्रमाणे तपमान झपाट्याने वाढत जाते. सुमारे १५० किमी. उंचीवर तपमान १००° से. (३७३ के.) असते; ५०० किमी. उंचीवर तपमान १२२३ से. (१५००° के.) त्यानंतर उंची वाढली तरी तपमान जवळजवळ स्थिरच राहते. ह्या कारणांमुळे मध्यावरणापासून वातावरणाच्या बहिर्सीमेपर्यंतच्या आवरणाला ऊष्मावरण (थर्मोस्फिअर) हे नाव दिले आहे. ह्या आवरणाला सौरवर्णपटातील २००० अँगस्ट्रॉमपेक्षा कमी असलेल्या लघुतरंगायामी प्रारणापासून ऊर्जा मिळते. तसेच, इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन व आयन यांच्यासारखे सूर्यापासून निघालेले कण, तारादिकांच्या मधल्या अवकाशातून येणारे वैश्विक कण, व व्हॅन ॲलन कण, (पृथ्वीच्या कर्षुकीय क्षेत्रात अडकून पडलेले इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन) ह्यांच्यासारखे अतिशय गतिमान कणही उच्चतर वातावरणात प्रवेश करून वातावरणीय द्रव्यांबरोबर ऊर्जाविनिमय करतात. त्यामुळे या द्रव्यांचे विदलन, आयनीकरण, पुनः संयोग, विच्छेदन, त्यांची गतिशीलता, विसरण, औष्मिक विसरण, इत्यादी आविष्कार ऊष्मावरणात होतात. मध्यावरणानंतरच्या वातावरणात घडणाऱ्या भौतिक चमत्कृतींवर ऊष्मागतिक संतुलनापेक्षा सूर्याचेच अधिक नियंत्रण असते. सौरप्रारण व कणप्रारण यांमुळे रेणवीय ऑक्सिजनचे आणवीय ऑक्सिजनमध्ये रूपांतर ९० किमी. उंचीवर व्हावयास लागते. या उंचीवरील वातावरणात आणवीय ऑक्सिजन हाच मुख्य घटक असतो. या व्यतिरिक्त सुमारे १०० किमी. उंचीवर रेणवीय विसरणक्रिया (मॉलेक्युलर डिफ्यूजन) सुरू होते. त्यामुळे हलके वायू अधिक उंचीवर व जड वायू कमी उंचीवर जमा होतात. याहूनही अधिक हीलियम व हायड्रोजन या नीच पातळीवर अल्प प्रमाणात आढळणाऱ्या हलक्या वायूंचे आधिक्य निर्माण होते.

(अ) आयनांबर : सुमारे ८० ते ३०० किमी. उंचीमधील संपूर्ण पृथ्वीभोवताली आढळणाऱ्या हवेच्या आवरणाला आयनांबर असे म्हणतात. सूर्यप्रारणाचा शक्तिशाली जम्बुपार भाग व कणप्रारण या आवरणातील विरल हवेत शिरल्यामुळे घटक वायूंच्या रेणूंचे अणूंत विदलन (पृथक्करण) होते आणि अणूंचे पुनः मूलघटकांत विच्छेदन होते. त्यामुळे अगणित धनविद्युत्भारित आयन (अणू, रेणू किंवा अणुगट) व मुक्त इलेक्ट्रॉन या स्तरांत परिभ्रमण करीत असतात. अशा आयनांच्या व मुक्त इलेक्ट्रॉनांच्या

उपस्थितीमुळे वातावरणाच्या ह्या भागाला विद्युत् संवाहकाचा गुण प्राप्त झाला आहे. ह्याच संवाहक थरातून पृथ्वीवरील एका ठिकाणाहून निघालेल्या उच्च कंप्रता असलेल्या रेडिओ-लघुतरंगांचे परावर्तन होऊन ते हजारो किमी. दूर असलेल्या ठिकाणी जाऊन पोहोचू शकतात. जगातील अतिदूरस्थ ठिकाणांशी रेडिओद्वारा संदेशवहन, संपर्क व दळणवळण साधणे आयनांबरामुळे शक्य झाले आहे.

आयनांबरात वाढत्या उंचीप्रमाणे तपमान अति त्वरेने वाढते. तेथील वातावरणातील वायुकणांच्या गतीवर व पर्यायाने आयनांबराच्या संरचनेवर, मुख्यत्वेकरून सूर्यप्रारणाचे वर्चस्वी परिणाम होतात. याशिवाय चंद्रसूर्यामुळे निर्माण झालेल्या वातावरणवेला, वैश्विक प्रारण, उल्का, सौरशिखा (भडका, उज्वाला), सौरसमीर (सूर्यापासून उत्सर्जित होणारा प्रोटॉनांचा प्रवाह, सौरचक्र (सौर ऊर्जेत ११ वर्षांच्या आवर्तनामुळे होणारे बदल) कर्षुकीय वादळे, वातावरणाची गती, इत्यादीमुळे आयनांबरात विक्षोभ (खळबळ) होतात. त्यामुळे रेडिओतरंगांचे अभिशोषण होऊन संदेशवहनात व्यत्यय येतो. कधी कधी ते पूर्णतया बंद पडते. आयनांबराची उच्च सीमा स्तरीय परावर्तनशीलतेवर अवलंबून असते, नीचतम सीमा स्तरांच्या अभिशोषणशीलतेवर अवलंबून असते.

आयनांबराचे मुक्त इलेक्ट्रॉन असलेले D, E आणि F असे तीन मुख्य विभाग केले जातात. सुमारे ६० ते ८५ किमी. उंचीमध्ये D - थर आढळतो. ह्या थराचा वरचा भाग वातावरणातील नायट्रिक ऑक्साइड या वायुघटकाच्या रेणूंचे हायड्रोजनच्या लघुतरंगायामी प्रारणामुळे विदलन व आयनीभवन झाल्याने अस्तित्वात येतो. ह्याच थराचा खालचा भाग सौर वैश्विक प्रारणामुळे वायुकणांचे विदलन झाल्यामुळे अस्तित्वात येतो. हा थर मुख्यत्वेकरून दिवसा आढळतो, रात्री लुप्तप्राय होतो. उज्वाला, क्ष-किरण, उद्रेक (विस्फोट) व ध्रुवीय प्रकाश (ध्रुवीय प्रदेशांत आढळणारे विविधरंगी प्रकाशीय आविष्कार) यांसारख्या सौर घटनांचे D - थरांच्या क्रियाशीलतेवर विघातक परिणाम होतात. ८५ पासून १४० किमी. उंचीमधील वातावरणीय थरात सूर्यापासून उत्सर्जित झालेले मृदू क्ष-किरण व चरम जम्बुपार प्रारण शोषिले गेल्यामुळे दिवसाच्या वेळी मुक्त इलेक्ट्रॉनांची संख्या प्रतिघन मीटरमध्ये $१०^{११}$ किंवा तत्सम मूल्याइतकी वाढते व E - नावाचा रेडिओ-तरंग परावर्तनशील थर अस्तित्वात येतो. धन विद्युत्भारित ऑक्सिजनचे रेणू व अणू व धनविद्युत्भारित नायट्रिक ऑक्साइडचे रेणू हे थरातील प्रमुख आयन होत. ऑक्साइडचे रेणू हे E-थरातील प्रमुख आयन होत. F-थर १४० किमी,. उंचीपासून सुरू होतो. त्याचे F_1

आणि F_2 असे दोन भाग केले जातात. F_1 -भाग १४० ते २०० किमी. उंचीमध्ये सामाविलेला असतो. F_2 - भाग २०० किमी. उंचीनंतर सुरू होतो. सूर्यापासून उत्सर्जित होणारे वर्णपटाच्या २०० अँ. ते ९०० अँ. तरंगलांबी असलेले अति जम्बुपार प्रारण प्रकर्षाने शोषिले गेल्यामुळे F- थर निर्माण होतात. १६० किमी. उंचीच्या जवळपासच्या भागात लघुतरंगायामी सौरप्रारणाचे शोषण अधिकतम प्रमाणात होते. त्यामुळे ह्याच उंचीलगतच्या थरात दिवसाच्या वेळी आयनीकरणाने शिखरबिंदू गाठलेला असतो. त्याला F_1- शिखर म्हणतात. ३०० किमी.च्या उंचीवर आणखी एक महत्तम आयनीभवनाचा थर आढळतो. त्याला F_2 शिखर म्हणतात. ह्या थरात इलेक्ट्रॉनीय घनता प्रतिघनमीटरमध्ये $१०^{१२}$ इलेक्ट्रॉन याप्रमाणे असते. F- थरांत आयनीभवन, आयन-इलेक्ट्रॉन पुनः संयोग, आयन-अणू अदलाबदल विक्रिया, विदलन, इत्यादी घडवून आणणाऱ्या क्रिया-प्रक्रिया सतत चालू असतात; त्यांच्या त्वरेवर इलेक्ट्रॉनीय घनता अवलंबून असते. F - थरांतील विक्रियांत हवेतील ऑक्सिजन, नायट्रोजन, नायट्रिक ऑक्साइड व आयनीभवनामुळे मुक्त झालेले इलेक्ट्रॉन भाग घेतात. रेडिओ-तरंगांच्या संवहनाच्या दृष्टीने आयनांबराच्या ऊर्ध्व दिशेने विस्तार साधारणपणे ३०० किमी. पर्यंत असतो असे समजण्यात येते. ३०० किमी. उंचीनंतर होणाऱ्या प्रकाश-आयनीभवनात आणवीय ऑक्सिजनचाच भाग अधिक असतो. ५०० किमी. उंचीनंतर हीलियम आणि आणवीय हायड्रोजन महत्त्वपूर्ण अंशग्रहण करतात. ह्या भागांना अनुक्रमे हीलियमावरण (हीलियोस्फिअर) आणि प्रोटॉनावरण (प्रोटॉनोस्फिअर) अशी नावे दिली आहेत.

विषुववृत्तीय भागात सुमारे ४०० किमी. उंचीवर एक वेगळाच G नावाचा थर क्वचितच निर्माण होतो.

उच्चतर वातावरणात बहुसंख्येने निर्माण होणारे आयन इतस्ततः फिरत असतात. या आयनांच्या समूहांच्या (आयन द्रायूच्या) गतीवर भूकर्षुकीय क्षेत्राचे नियंत्रण व वर्चस्व असते. वातावरणाच्या अशा आयनद्रायूच्या भागाला कर्षुकावरण म्हणतात. F_1 - थरापासून किंवा १५० किमी. उंचीपासून तो सुरू होतो. त्याची बाह्यसीमा दिवसा पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या दहापट उंच असलेल्या पातळीपर्यंत असावी. रात्रीच्या वेळी कर्षुकावरण अवकाशात शेपटासारखे अतिदूर अंतरापर्यंत पसरलेले असते.

(ब) अतिबाह्यावरण : आयनांबरानंतर किंवा सुमारे ६०० किमी. नंतर अतिबाह्यावरण सुरू होते. येथील आयन, अणू किंवा रेणू इतस्ततः दूरदूरच्या अंतरावर पसरलेले असतात. त्यामुळे ते एकत्र येऊन किंवा त्यांचा संयोग होऊन क्रिया-

विक्रिया-प्रक्रिया होणे म्हणजे कपिलाषष्ठीचा योग ! त्या झाल्या तरी त्यांचे परिणाम पृथ्वीला भोवत नाहीत. खालच्या थरांत तपमान सुमारे १४००° ते १७००° से. असते. १०००० किमी. पर्यंत वातावरणाची घनता इतकी कमी असते की वातावरण ह्या उंचीवर संपले असे म्हणावयास हरकत नाही.

वातावरणीय तपमान, घनता, दाब व सरासरी रेणुभार

वाढत्या उंचीप्रमाणे वातावरणाचा दाब, घनता, सरासरी रेणुभार व तपमान कसे बदलते ते कोष्टक २ मध्ये दाखविले आहे.

कोष्टक २ - वातावरणीय संरचना निदर्शक घटकांची माध्यमूल्ये.

उंची (किमी.)	वातावरणीय दाब (मिलिबारमध्ये)	तपमान (० से.)	घनता (किलोग्रॅम/मीटर ^{३})	माध्य रेणुभार	वातावरणीय थर
०	१.०१×१०^{३}	+ १५	१.२३×१०^{०}	२८.९६	क्षोभावरण
५	५.४०×१०^{२}	- १७	७.३६×१०^{-१}	२८.९६	
१०	२.६५×१०^{२}	- ५०	४.१४×१०^{-१}	२८.९६	
२०	५.५३×१०^{१}	- ५६	८.८९×१०^{-२}	२८.९६	स्तरावरण
४०	२.८७×१०^{०}	- २३	४.००×१०^{-३}	२८.९६	
६०	२.२५×१०^{-१}	- १७	३.०६×१०^{-४}	२८.९६	मध्यावरण
८०	१.०४×१०^{-२}	- ९२	२.००×१०^{-५}	२८.९६	
१००	३.०१×१०^{-४}	- ६३	४.९७×१०^{-७}	२८.८८	ऊष्मावरण
१५०	५.०६×१०^{-६}	+ ६२०	१.८४×१०^{-९}	२६.९२	
२००	१.३३×१०^{-६}	+ ९६३	३.३२×१०^{-१०}	२५.५६	
३००	१.८८×१०^{-७}	+ ११५९	३.५९×१०^{-११}	२२.६६	
४००	४.०३×१०^{-८}	+ १२१४	६.५०×१०^{-१२}	१९.९४	
५००	१.१०×१०^{-८}	+ १२२६	१.५८×१०^{-१२}	१७.९४	
६००	३.४५×१०^{-९}	+ १२३३	४.६४×१०^{-१३}	१६.८४	

उंची जसजशी वाढते तसतसा वातावरणीय दाब व घनता कमी होते हे या कोष्टकावरून स्पष्ट दिसते. समावरणातील १०० किमी. उंचीपर्यंत माध्य रेणुभार अचल राहतो व नंतर हवेचे संघटन बदलत जात असल्यामुळे तो कमी होतो हेही वरील कोष्टकावरून स्पष्ट होते. वाढत्या उंचीप्रमाणे तपमानात होणारे बदल मात्र एकदिश नसतात व त्यामुळेच भिन्न गुणधर्मांचे निरनिराळे वातावरणीय थर अस्तित्वात येतात ह्या घटनेचेही वरील कोष्टकात प्रत्यंतर येते.

कोणत्याही पातळीवरील वातावरणीय दाब हा तेथील अणुरेणूंची संख्या, त्यांची

गती, त्याचे द्रव्यमान, एका सेकंदात एकमेकांवर होणाऱ्या आघातांची किंवा टक्करींची संख्या व त्यांचा माध्य मुक्त पथ ह्यांवर अवलंबून असतो. समुद्रपातळीवरील अति घन हवेत माध्य मुक्त पथ ८×१०^{-७} सेंमी. ६५ किमी. उंचीवर १.२×१०^{-२} सेंमी., १०० किमी. उंचीवर २.५ सेंमी. व ३५० किमी. उंचीवर २५ मीटर असतो.

ऊर्ध्व दिशेने मानवाची वाटचाल

मानवाने अवकाशयानांच्या साह्याने अवकाशात भ्रमण करावयाला नुकतीच सुरुवात केली आहे. त्याला कोणत्या समस्यांना तोंड द्यावे लागते, ते वरील विवेचनावरून स्पष्ट होईल. अग्निबाण आणि कृत्रिम उपग्रहांच्या साह्याने आणखी एक महत्वाचा शोध लागला आहे. तो म्हणजे दोन व्हॅन ॲलन प्रारण पट्ट्यांचा! हे पट्टे पृथ्वीपासून सरासरीने ३००० किमी. आणि १५००० किमी. उंचीवर आढळतात. सूर्यापासून उत्सर्जित होणाऱ्या अत्यंत तीव्र स्वरूपाच्या आयनीभूत घटक वस्तूमुळे हे दोन पट्टे तयार झाले आहेत. पृथ्वीपासून ३००० किमी. अंतरावरचा पहिला पट्टा विश्वकिरणांमुळे निर्माण झालेला आहे. दुसरा १५००० किमी. उंचीवरचा पट्टा सूर्यापासून निघालेले आयनकण पृथ्वीच्या कर्षुकीय क्षेत्रात अडकून पडल्यामुळे निर्माण झालेला आहे. हा पट्टा पृथ्वीपासून १५००० किमी. ते एक लक्ष किमी. पर्यंत पसरलेला असून त्याचे "गुरुत्वकेंद्र" २५००० किमी.च्या अंतरावर आढळते. व्हॅन ॲलन पट्ट्यांची महत्तम प्रारणतीव्रता भूकर्षुकीय विषुववृत्ताजवळ आढळते. ध्रुवाजवळील प्रदेशांत ती कमीकमी होत जाते. या प्रदेशांतच ध्रुवीय प्रकाशासारखे चमत्कार दृष्टोत्पत्तीस येतात. अवकाशयानातील प्रवासाच्या यशस्वितेला व्हॅन ॲलन प्रारण पट्टे म्हणजे एक मोठेच आव्हान आहे.

तसेच, आणखी एक संकट अवकाशयात्रींच्या पुढे उभे असते. ते संकट उल्कांचे. काही धातूंच्या किंवा विशिष्ट दगडांच्या बनलेल्या ह्या उल्का प्रचंड संख्येने सूर्याभोवती परिभ्रमण करीत असतात. कधी कधी ते दगड पृथ्वीच्या कक्षेत येतात आणि पृथ्वीकडे आकर्षिले जातात. परंतु पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणात शिरताच हवेशी होणाऱ्या घर्षणामुळे ते तापतात, उद्दीपित होतात आणि काही सेकंदांतच जळून जाऊन रक्षारूपाने उच्चतर वातावरणात मिसळतात. काही उल्का इतक्या मोठ्या असतात की त्या जळत जळतच पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर येऊन आदळतात व पृष्ठभागावर विवरे निर्माण करतात. पृथ्वीवर आदळलेल्या उल्कांना अशनि (मिटिओराईट) म्हणतात. अशा उल्काघातांमुळे भूकंप संभवतात. पृथ्वीपृष्ठापासून ३२ किमी. उंचीनंतर उल्कांचा उपद्रव प्रत्ययास येतो. प्रतिदिनी लहानमोठ्या मिळून सुमारे १० कोटी उल्का पृथ्वीच्या वातावरणात शिरतात. त्यांचा आक्रमणवेग ताशी १० ते १५ लक्ष किमी. सारखा असतो. त्यांतील एखादी उल्का जरी अवकाशयानावर आदळली तरी ती

अवकाशयानाला छिद्र पाडू शकते व अवकाशयात्रींचे जीवित धोक्यात आणू शकते.

आपल्या पृथ्वीसभोवतालच्या वातावरणाचे स्वरूप हे असे अत्यंत मनोरंजक, रहस्यमय, अनपेक्षितपणे चमत्कृतिपूर्ण आणि अभ्यासयोग्य आहे. वरवर स्थिर आणि शांत दिसणाऱ्या वातावरणात केवढ्या प्रचंड घडामोडी होतात याची कधी तरी कोणाला कल्पना होती का ?

याच वातावरणात मृदुमधुर सुखद स्नेहार्द्र वाऱ्याची झुळुक उत्पन्न होते, सौंदर्यसंपन्न ढग निर्माण होतात, जीवनसंवर्धक वृष्टी पडते. त्यामुळे अन्नधान्याची निपज होते.

- पण कधी कधी ह्याच वातावरणात काही अनपेक्षित आणि विध्वंसक प्रकार घडून आलेले आढळतात. कधी गडगडाटी वादळे निर्माण होऊन तडितप्रहार होतो, जंगलात वणवे पेटतात, शहरात आगी लागतात, वातावरणात ऊर्ध्व प्रवाह उत्पन्न होऊन विमानवाहतूक धोक्यात येते. कधी गारांचा वर्षाव होतो, घूर्णवाती वादळे किंवा टॉर्नेडो निर्माण होतात, घरेदारे उध्वस्त होतात. समुद्रांवरील जलशुंडांमुळे सागरी उधाण येते. मोठमोठी जहाजे बुडून रसातळाला जातात. कधी कडक थंडीची लाट येते आणि हिवाळी फळांचा आणि पिकांचा विनाश होतो, तर कधी वातावरणात अभिसारी चक्रवात किंवा आवर्त भोवरे निर्माण होऊन अतिवृष्टी होते, झंझावाती वारे वाहू लागतात, महापूर येतात. पिकांची नासाडी होते. क्वचित प्रसंगी प्राणहानीही होते. पावसाळ्यात अनेकदा शेतात भरघोस पिके उभी राहतात. शेतकरी भावी उत्कर्षाची मनोरम स्वप्ने पाहू लागतो. पण मध्येच निसर्गाची लहर फिरते. पाऊस पडणे एकाएकी बंद होते. प्रदीर्घ अवर्षणामुळे पिके वाळून नष्ट होतात. हिवाळ्यानंतर उन्हाळा, उन्हाळ्यानंतर पावसाळा हे अव्याहतपणे चालणारे ऋतूचक्र कधी कधी मंदावते, अनियमितपणे फिरू लागते. योग्य वेळी वर्षाऋतूचे आगमन न झाल्यास उन्हाळ्याचा कालावधी लांबतो, उष्णतेच्या लाटा वातावरणात उत्पन्न होतात, पृथ्वी होरपळून निघते; माणसे, गुरेढोरे मृत्युमुखी पडतात. हिवाळ्यात अनेक प्रदेशांवर विस्तृत प्रमाणावर धुके पडते, वातावरणीय प्रदूषण वाढते, त्यात विषारी वायू मिसळतात आणि मानवी जीवन धोक्यात येते.

वातावरणात उत्पन्न होणाऱ्या अशा अनिष्ट आणि उपयुक्त घटनांचा अभ्यास वातावरण विज्ञानात केला जातो.

❑ ❑ ❑

२६

हवामानाचे विघातक आविष्कार

वातावरण म्हणजे केवळ गुरुत्वाकर्षणामुळं पृथ्वीला चिकटून राहणारं पृथ्वीसभोंवतालच्या हवेचं आवरण. पृथ्वीच्या वातावरणाचा बहुतेक भाग पृथ्वीलगतच्या खालच्या थरात साठविलेला आहे. अर्धा भाग पृथ्वीलगतच्या ६ किलोमीटर्स जाडीच्या थरात सामाविलेला आहे. ह्याच थरात पृथ्वीवर दृग्गोचर होणारे ढग आणि तज्जन्य हवामानविषयक चमत्कार घडून येतात.

अनेक वायूंच्या मिश्रणानी आपलं वातावरण बनलं आहे. नायट्रोजन, ऑक्सिजन, आरगॉन, आणि कार्बन डाय ऑक्साईड ह्या चार वायूमुळंच वातावरणाचा शेकडा ९९.९९ टक्के भाग व्यापिलेला असतो. उर्वरित आकारमानांत नियॉन, हिलियम, क्रिप्टॉन, हायड्रोजन, ओझोन, नायट्रोजन डायॉक्साईड, नायट्रस ऑक्साईड, कार्बन मोनॉक्साईड, झीनॉन, रेडॉन, मीथेन यांसारखे दुर्मिळ वायू अत्यंत विरलावस्थेत सामावलेले असतात. पण हे सर्व घटक चिरस्थायी स्वरूपाचे आहेत. शाश्वत आहेत. ह्याशिवाय पृथ्वीच्या वातावरणात निरनिराळ्या ठिकाणी, निरनिराळ्या वेळी सतत बदलत्या प्रमाणात आढळणारेही घटक आहेत. ते म्हणजे जलबाष्प, प्रोर्व किंवा ओझोन आणि काही घन व द्रव वस्तूंचे कण हे होत. कधी कधी वातावरणात पाण्याचं प्रमाण अत्यल्प किंवा जवळजवळ नसल्यासारखंच असतं तर क्वचित् प्रसंगी जलबाष्पाचं प्रमाण ९ टक्क्यांपर्यंतहि जाऊं शकतं. वातावरणात पाण्याचं अस्तित्व इतक्या स्वल्प प्रमाणात असलं तरी ते पृथ्वीवरील हवामानात अनेक चमत्कृतिपूर्ण बदल घडवून आणू शकतं.

वातावरण पृथ्वीचा महान संरक्षक आहे. वातावरणाच्या अभावी दिवसा पृथ्वी ९४ सेंटिग्रेड अंशांपर्यंत तापली असती, रात्री उणे १८५ सेंटिग्रेड अंशांपर्यंत थंड झाली असती, उल्कापाताचा सतत मारा पृथ्वीला सहन करावा लागला असता.

वातावरणाशिवाय पृथ्वीवर जीवसृष्टि निर्माण झाली नसती. याच वातावरणात मृदुमधुर सुखद स्नेहार्द वाऱ्याची झुळुक उत्पन्न होते, सौंदर्यसंपन्न ढग निर्माण होतात, जीवन संवर्धक वृष्टि पडते, त्यामुळं अन्नधान्याची निपज होते.

पण कधीकधी ह्याच वातावरणात काही अनपेक्षित आणि विध्वंसकप्रकार घडून आलेले आढळतात. कधी गडगडाटी वादळ निर्माण होऊन तडित् प्रहार होतो, जंगलात वणवे पेटतात, शहरांत आगी लागतात, वातावरणात उदग्र प्रवाह निर्माण होऊन विमान वाहतूक धोक्यात येते. कधी गारांचा वर्षाव होतो. घूर्णवाती वादळं किंवा टॉर्नेडो निर्माण होतात. घरंदारं उध्वस्त होतात. समुद्रांवरील जलशुण्डांमुळं सागरी उधाण येतं, मोठमोठी जहाजं बुडून रसातळाला जातात. कधी कडक थंडीची लाट येते आणि हिवाळी फळांचा आणि पिकांचा विनाश होतो, तर कधी वातावरणात अभिसारी वातचक्र किंवा आवर्त भोवरे निर्माण होऊन अतिवृष्टि होते. झंझावाती वारे वाहू लागतात, महापूर येतात, पिकांची नासाडी होते. क्वचित् प्रसंगी प्राणहानीही होते. पावसाळ्यात अनेकदा भरघोस पिकं उभी राहतात, शेतकरी भावी उत्कर्षाची मनोरम स्वप्नं पाहू लागतो पण मध्येच निसर्गाची लहर फिरते. एकाएकी पाऊस पडणं बंद होतं, प्रदीर्घ अवर्षणामुळं पिकं वाळून नष्ट होतात. हिवाळ्यानंतर उन्हाळा, उन्हाळ्यानंतर पावसाळा हे अव्याहतपणे चालणारं ऋतुचक्र कधीकधी मंदावतं, अनियमितपणे फिरू लागतं. योग्य वेळी वर्षाऋतूचं आगमन न झाल्यास उन्हाळ्याचा कालावधी लांबतो, उष्णतेच्या लाटा निर्माण होतात, पृथ्वी होरपळून निघते, माणसं, गुरंढोरं मृत्युमुखी पडतात. हिवाळ्यात अनेक प्रदेशांवर विस्तृत प्रमाणावर धुकं पडतं, वातावरणीय प्रदूषण वाढतं, त्यात विषारी वायू मिसळतात आणि मानवी जीवन धोक्यात येतं.

हवामानाच्या अनेक आविष्कारांत उष्ण कटिबंधीय चक्रीवादळांचा प्रथमांक लागतो. चक्रीवादळ म्हणजे एक अत्यंत विध्वंसक अतिविराट स्वरूपाचं एक वायुचक्रच असतं. भिन्न गुणधर्मांच्या वाऱ्यांचं त्यांत मंथन-संमिश्रण होत असतं. ती पावसाळ्यापूर्वी आणि पावसाळ्यानंतर उपवैषुव प्रदेशातील समुद्रांवर निर्माण होतात. पूर्णविकसित चक्रीवादळाचा व्यास सुमारे १५० ते ८०० किलोमीटर्सपर्यंत असतो. उंची १२ ते १७ किलोमीटर्स इतकी असते. चक्रीवादळाच्या केंद्रापासून ५० ते १०० किलोमीटर्सच्या भागात वाऱ्याचा अधिकोत्तम वेग ताशी १६० किलोमीटर्सपर्यंत जाऊ शकतो. ह्याच भागात पर्जन्यवृष्टीही खूप होते. समुद्र अतिशय खवळलेला असतो. उत्तुंग लाटांचं थैमान-तांडवनृत्य सातत्यानं चालू असतं. केंद्रीय

विभागांत ३० किलोमीटर्स व्यास आणि ८-९ मीटर्स उंची असलेला पाण्याचा प्रचंड स्तंभ वादळाबरोबरच प्रवास करीत असतो. जेव्हा चक्रीवादळ किनाऱ्यावर येऊन थडकतं तेव्हा हे सर्व पाणी किनाऱ्यालगतच्या सखल प्रदेशात इतस्ततः पसरतं. ह्याला टायडल वेव्ह किंवा वादळी भरतीची लाट असं म्हणतात. त्यामुळं किनाऱ्यावरील प्रदेश निमिषार्धांत जलमय होतात. शेतीची जमीन क्षारमय होते, तिची सुपीकता मावळते आणि अनेक वर्षांपर्यंत ती निकामीच राहते. उन्मत्त वाऱ्यांमुळं कच्ची घरं कोलमडून पडतात. कौलारू किंवा टिनाच्या पत्र्यांच्या छपरांची वाऱ्यावर वरात निघते. त्यांच्या मार्गांत आलेली गुरंढोरं कापली जातात. टेलिग्राफ किंवा टेलिफोनचे खांब, वीजवाहक तारांचे खांब मोडतात, उन्मळून पडतात, मोठमोठीं झाडं कोलमडतात. रेल्वे-मोटर-विमाने यांची वाहतूक बंद पडते. सतत मुसळधार पावसामुळं नद्यांना पूर येतात, पूल वाहून जातात, लोहमार्ग विस्कळित होतात. समुद्रावर जहाजं अनियंत्रितपणे फिरू लागतात. ती कोठल्या तरी खडकावर आपटून फुटतात, विनाश पावतात. मच्छीमारीसाठी समुद्रावर गेलेल्या कोळ्यांची आणि त्यांच्या नौकांची वाताहात होते. फार मोठ्या प्रमाणावर वित्तहानी व प्राणहानी होते. अमेरिकेत एका चक्रीवादळामुळं १००० कोटी रुपयांचं नुकसान होतं. भारतात हे नुकसान ३०० कोटींपर्यंत जातं.

उष्ण कटिबंधीय चक्रीवादळांमुळं भारताच्या पूर्व किनाऱ्यावरील शहरांचं अतिशय नुकसान होतं. सर्व पिकं धुळीला मिळतात. शहरं संपूर्णतया उध्वस्त होतात.

चक्रीवादळासारखाच विध्वंसक आणि विघातक दुसरा वातावरणीय आविष्कार म्हणजे घूर्णवाती वादळ किंवा टॉर्नेडो ! ह्या प्रकारची वादळं बहुंशी उत्तर अमेरिकेतील रॉकी पर्वताच्या पूर्वेकडील संयुक्त संस्थानांच्या दक्षिणवर्ती विभागात दिसतात. भारताच्या ८५ रेखांशांच्या पूर्वेला अधूनमधून घूर्णवाती वादळं आपला प्रभाव दाखवितात. गर्जन्मेघांतून एक नसराळे किंवा शेपटासारखा भाग जमिनीला पोहोचेपर्यंत बाहेर येतो. त्याच्या पोकळीत वातावरणीय दाब बाह्य वातावरणाच्या दाबापेक्षा १५० मिलिबार्सनी कमी आणि प्रणवता अतिशय अधिक नसल्यामुळे क्षैतिज आणि उदग्र वारे द्रुतवेगांच्या अतिरेकी मर्यादा गाठतात. साधारणपणे क्षैतिज वारे दरताशी ३५० किलोमीटर्सच्या प्रचंड वेगानं फिरत असतात, पण कधीकधी हा पवनवेग ताशी ६५० किलोमीटर्सची कमाल मर्यादा गाठतो. टॉर्नेडोचं प्रभावक्षेत्र २ किलोमीटर्स रुंद आणि ३०० किलोमीटर्स लांबीच्या पट्ट्याइतकं सीमित असतं. पण मार्गांत आलेल्या सर्व वस्तूंचा संपूर्णपणे विनाश होतो. ज्या मार्गावरून टॉर्नेडोचं

शेपूट जातं. त्यावरील घरं, इमारती कोलमडून पडतात. घरांची छप्परं, मोटारगाड्या, गवताच्या गंज्या, छोट्या झोपड्या, झाडं वगैरे वस्तू अलगद वर उचलल्या जातात आणि इतस्ततः भिरकावल्या जातात. समुद्रावरहि टॉर्नेडोसारखाच प्रकार होतो. त्याला "जलशुण्डा" असं म्हणतात. गर्जन्मेघांतून आलेल्या शेपटासारख्या भागात समुद्राचं पाणी खेचलं जातं. त्याबरोबर लहान लहान नौका किंवा जहाजंही वर ओढली जातात, किंवा उलटून नामशेष होतात. हजारो खलाश्यांना आणि उतारूंना जलसमाधी मिळते.

गर्जन्मेघांशी निगडित असलेला आणखी एक वातावरणीय आविष्कार म्हणजे गडगडाटी वादळ, वीजवादळ किंवा गारांचं वादळ. क्वचित प्रसंगी ह्या ढगांत ताशी १२० किलोमीटर्ससारखे अतिद्रुतगति उदग्र प्रवाह आणि ५ सेंटिमीटर्स व्यासाच्या करका किंवा गारा आढळतात. संक्षुब्ध वातावरणामुळं विमान वाहतूक धोक्यात येते. विमानांचे पंख किंवा शेपूट तुटतं. कधीकधी दोन किलोग्रॅम्स वजनाच्या गारा गर्जन्मेघात आढळतात.गारपीट झाल्यास शेतातील उभ्या पिकांची नासधूस होते. सफरचंद, आंबे व द्राक्षांसारख्या मृदुमधुर फळांचा नाश होतो. इमारतींना अपाय पोचतो. मोठ्या आकाराच्या गारांच्या वर्षावामुळं प्राणहानीहि होते. इ.स. १७८८ च्या जुलै महिन्यात फ्रान्समध्ये झालेल्या करकापातानं लोकांचे हाल आणि दैना कळसास पोचली. त्यातूनच फ्रेंच राज्यक्रांतीची भावना बळावली असं सांगण्यात येतं ! गर्जन्मेघांतून कधीकधीं तडित्प्रहार होतो. त्यामुळं घरांना आगी लागतात. जंगलांत वणवे पेटतात. वनसंपदा अग्नीच्या भक्ष्यस्थानी पडते. कधीकधी माणसं आणि गुरंढोरं वणव्यात सापडून मृत्यू पावतात. वणव्यांवर नियंत्रण घालून त्यांचं शमन करायला मानव असमर्थ ठरला आहे.

गर्जन्मेघात विद्युल्लतेची चमक उठली की ताबडतोब ढगात विक्षोभ उत्पन्न होऊन जोरदार वृष्टि पडायला सुरुवात होते. या प्रकाराला वृष्टिस्फोट किंवा क्लाऊड बर्स्ट असं म्हणतात. थोड्याच वेळात सर्व भाग जलमय होतात. महापूर येतात आणि मृत्तिका-निर्धवन किंवा उत्क्षरण होऊन जमिनीचे सुपीक थर समुद्राकडे वाहून जातात. त्यामुळे शेतकी व्यवसायात व्यत्यय निर्माण होतो.

पृथ्वीवर साधारणपणे प्रतिदिवशी ५००० गडगडाटी वादळं धिंगाणा घालीत असतात. वातावरण सारखं ढवळून निघत असतं आणि कुठं हितकारक तर कुठं हानिकारक, उपद्रवकारक अशी वृष्टि किंवा हिमवर्षाव पडत असतो. उष्णकटिबंधीय वाळवंटी प्रदेशांच्या निकटवर्ती भागात धूलिवादळं उत्पन्न होतात. धुळीचे प्रचंड

लोट वातावरणात उठतात. उपरि वाऱ्यांमुळं ते इतस्ततः पसरतात. शेतातील जमिनीवर वाळूचे आणि धूलिकणांचे थरांवर थर साचतात. जमिनीची सुपीकता मावळते. कधीकधी गडगडाटी वादळांबरोबर जोरदार वारे वाहू लागतात, वायधूळ निर्माण होते. त्यामुळं सुपीक जमिनीचं उत्क्षरण होतं, तिची उत्पादनक्षमता कमी होते. ह्या आविष्कारांचं कुठल्याच रीतीनं नियमन करता येत नाही. वालुका आणि हिमवर्षाव ह्या शेवटपर्यंत अजिंक्य राहणाऱ्या गोष्टी आहेत. त्यांचं दमन करणं अशक्य आहे. वालुकावर्षाव हा एक प्रकारचा हिमवर्षाव आहे. तो कधीच वितळत नाही !

विघातक वातावरणीय आविष्कारांत यानंतर धुक्याचा क्रमांक लागतो. हिवाळ्यात रात्री आकाश निरभ्र असतं. पृथ्वीकडून आकाशाकडे सतत उष्णताप्रारण होत असतं. जमीन थंडावते, तिचं तपमान अनेक अंशांनी दवबिंदूच्या खाली येतं. पृथ्वीच्या पृष्ठभागालगतच्या थरातील जलबाष्पाचे ढग बनतात. हे ढग म्हणजेच धुकं! अशा वेळी जमीन थंड आणि वरील वातावरण गरम अशी परिस्थिति निर्माण होते. त्या तापप्रवर्तनामुळं उदग्र प्रवाह मंदावतात. अंधुकता वाढते. दाट धुक्यात दहा फुटांपलीकडील वस्तू सुद्धा दिसत नाहीत. हवाई वाहतूक, रेल्वे आणि रस्त्यावरील दळणवळण धोक्यात येतं. मर्यादित दृष्टिक्षेपामुळं अपघात संभवतात. आजवर जगात ज्या वैमानिक दुर्घटना झाल्या त्यातील प्रतिशत ८० टक्के दुर्घटना केवळ धुक्यामुळं झाल्या.

शहरातील राहणीमुळं धुक्याची वारंवारता वाढते. गिरण्या, औद्योगिक कारखाने आणि असंख्य घरांच्या धुराड्यांतून निघालेले वाफेचे आणि धुराचे प्रचंड लोट वातावरणाच्या जमिनीलगतच्या थरात मिसळतात. त्यात कार्बन डायॉक्साईड आणि सल्फर डायॉक्साईड यांसारखे अपायकारक वायू असून अनेक विषारी रसायनांचे कणही त्यात मिसळलेले असतात. हे कण आर्द्रताग्राही असतात. हिवाळ्यात जमीन थंड झाली की ह्याच कणांवर जलबाष्पाचं संद्रवण होतं आणि सधूम धुकी निर्माण होतात. मंद क्षैतिज प्रवाहांबरोबर ती सर्व बाजूंना पसरतात. लोकांना आणि इतर प्राण्यांना अशा प्रदूषित हवेतच श्वसन करावं लागतं. विषारी प्रदूषित वातावरणातील जीवनाचा लोकांच्या प्रकृतिस्वास्थ्यावर, कार्यक्षमतेवर आणि मनोवृत्तीवर विघातक परिणाम होतो. इ.स. १९५२ च्या डिसेंबर महिन्यात लंडन शहरी पडलेल्या सधूम धुक्यात ४००० लोक दगावले. इ.स. १९६२-६३ च्या तीव्र हिवाळ्यातहि सबंध इंग्लंडमध्ये अशाच प्रकारची पुनरावृत्ती झाली. समृद्धीचा आणि सुसंस्कृत शहरी जीवनाचा हा एक शापच म्हणायचा !

नैर्ऋत्य मान्सूनच्या पावसाळ्यात बंगालच्या उपसागरात अनेक अवदाबक्षेत्रे किंवा अभिसारी चक्रवात निर्माण होतात. वायव्येकडे जाताना ती उत्तर व पश्चिम भारतात अतोनात वृष्टि पाडतात. गोमती, कोसी, यमुना, गंगा आदि साऱ्या नद्यांना पूर येऊन त्या लोकमाता कोपतात. नद्यांच्या काठची शहरं महापुराच्या तांडवात प्रतिवर्षी सापडतात. हां हां म्हणता लोकवस्त्या पाण्याखाली जातात. लाखो लोक बेघर होतात. नद्यांची पात्रं बदलतात. प्रतिवर्षी पुराचा फटका बसला नाही असं क्वचितच घडतं. भारतातील महापुरांचं संख्यानक मोठं भयप्रद आणि चिंताजनक आहे. दरवर्षी दीड कोटी एकर जमीन पुराच्या पाण्यात बुडते. तेथील पिकांची नासाडी होते, ६५० माणसं आणि ३०,००० गुरं मृत्युमुखी पडतात, कोट्यावधी रुपयांची वित्तहानी होते आणि सुमारे दीड कोटी लोक बेघर होतात.

हवामानाच्या काही विघातक आविष्कारांचं स्वरूप हे असं आहे. शास्त्रीय शोधांनी आणि विज्ञानानं कितीहि प्रगती केली तरी निसर्गापुढं शेवटी मानव हतबलच ठरणार का, असा प्रश्न नेहमी विचारला जातो. उत्तरादाखल असं म्हणता येईल की, चक्रीवादळाला मानव सहजासहजी नमवू शकणार नाही. लक्षावधि हायड्रोजन-बॉम्बसची विराट शक्ति त्यात सामावलेली असते. विमानांच्या सहाय्यानं ढगात "कोरडा बर्फ" किंवा सिल्व्हर आयोडाईड किंवा पोटॅश आयोडाईडचे कण विखरून कृत्रिम पर्जन्य पाडण्यासाठी अनेक प्रयत्न केले गेले. चक्रीवादळाच्या केंद्रीय गाभ्याच्या प्रदेशात शिरून विमानातून पोटॅश आयोडाईडचे कण पेरून वाऱ्याची विध्वंसक गती कमी करण्याचे प्रयोग केले गेले. धुकी वितळविण्याचे, गारांनी भारावलेल्या वादळांचं प्रशमन करण्याचे, तडित प्रहारांची तीव्रता कमी करण्याचे अनेक प्रयोग अमेरिका, रशिया, जर्मनी, इटली व फ्रान्समध्ये केले जात आहेत. पण ते प्राथमिक किंवा प्रायोगिक अवस्थेत आहेत. निसर्गाला नमविण्याच्या ईर्षेने मानव जरी धडपड करीत असला तरी अजून निसर्गच श्रेष्ठ आहे.

❑ ❑ ❑

२७

■■

जीवजलवायुविज्ञान

जीवजलवायु विज्ञान (बायोक्लायमेटॉलॉजी) म्हणजे नैसर्गिक परिसरामुळे जीवसृष्टीवर होणाऱ्या परिणामांचा अभ्यास करणारे शास्त्र. जलवायुमानाचे जीवसृष्टीवर होणारे प्रत्यक्ष परिणाम म्हणजे त्यांची वाढ व शरीरस्वास्थ्य. हे परिणाम हवेतील तपमान, आर्द्रता, प्रकाश व वारा या घटकांमुळे होतात. अप्रत्यक्ष होणारे परिणाम म्हणजे वरील कारणांमुळे जीवसृष्टीला लागणाऱ्या अन्नांतील घटक पदार्थांवर होणारे परिणाम, रोगराईचा उद्भव, त्यामुळे होणारी शारीरिक दुर्बलता व ह्या सर्वांमुळे जीवसृष्टींच्या वाढीवर होणारा परिणाम. ह्या ठिकाणी जीवसृष्टी म्हणजे वनस्पती, मानव व मानवेतर प्राणी ह्यांचाच जलवायुविज्ञानीय दृष्टीने विचार केला आहे.

(अ) वनस्पती

अनेक प्रकारच्या प्रक्रिया वनस्पतींच्या वाढीस कारणीभूत होतात. त्यातील मुख्य प्रक्रिया अशा : (१) प्रकाश संश्लेषण : वनस्पतीतील द्रव्ये सूर्याची प्रकाश ऊर्जा शोषून रासायनिक क्रियेने कार्बन डाय ऑक्साइडचे ग्लुकोजमध्ये रूपांतर करतात. ह्या क्रियेमुळेच वनस्पतींना पोषक अन्न मिळते. सौरवर्णपटातील तांबडा, निळा व जांभळा प्रकाश, वनस्पतीच्या मुळातून व काही अंशी हवेतून पाणी, आणि हवेतून कार्बन डाय ऑक्साइड या गोष्टी प्रकाश संश्लेषणासाठी आवश्यक असतात. या सर्वांच्या उपलब्धतेचे प्रमाण हवामानावर व जलवायुमानावर अवलंबून असते; (२) वनस्पतींच्या बाह्यत्वचेतून व त्वग्रंध्रातून बाष्पोच्छ्वास : ही क्रिया पाण्याची उपलब्धता, वनस्पतींच्या मुळापासून तो पानांपर्यंत द्रवपदार्थांचे स्थानांतर, पानांचे तपमान, हवेतील जलबाष्पाचा अंश आणि वायुवीजन (व्हेंटिलेशन) यांवर अवलंबून असते; (३) जमिनीमधून नायट्रोजन, पोटॅशियम, फॉस्फरस आणि कॅलशियम्, इ. सारख्या पदार्थांचे शोषण; (४) विनाशकारी आपत्तींपासून स्वसंरक्षण : अतिशय

थंडीमुळे हिमीभवन होणे किंवा अतिशय उष्णतेमुळे हवा आर्द्रताशून्य होणे या दोन्ही घटनांचे वनस्पती जीवनावर विघातक परिणाम होतात. तसेच, पाण्याच्या पुरवठ्यापेक्षा बाष्पोच्छ्वास अधिक झाल्यास पाने वाळतात. ह्या सर्व क्रिया अनेक वातावरणीय आविष्कारांवर अवलंबून असतात. त्यांच्यामुळे होणारे अपाय टाळण्यासाठी काही उपाय योजावे लागतात.

जलवायुमानाच्या अनेक घटकांपैकीं वनस्पतींच्या वाढीस अत्यंत आवश्यक असे चार मुख्य घटक आहेत, ते (१) हवेचे तपमान, (२) वर्षण व आर्द्रता, (३) प्रकाश व (४) पवनवेग व त्यातील बदल, असे आहेत.

झाडांची वाढ त्यांच्या शाकीय कालात मिळणाऱ्या उष्णतेवर अवलंबून असते. तपमान वाजवीपेक्षा फार घटल्यास अगर अधिक झाल्यास वनस्पतींवर विपरित परिणाम होतात. काही वनस्पतींच्या वाढीला थंड हवा लागते (हिवाळी पिके), तर काहींच्या वाढीला साधारण उष्ण हवा लागते (उन्हाळी व पावसाळी पिके). पिकांच्या फलोन्मुख अवस्थेत मात्र सर्वांना उष्ण व कोरडी हवा लागते. तपमान कमी असल्यास बी रुजणे, फुले येणे, फळ धरणे, वगैरे क्रिया उशीराने होतात किंवा क्वचित्प्रसंगी होतही नाहीत. अधिक उष्णतामानात ह्या क्रिया जलद गतीने होतात. तपमान, आर्द्रता, पर्जन्यमान व सूर्यप्रकाश ह्यांच्या वितरणावरून पृथ्वीवरील वनस्पतींची वाटणी झाली आहे. उष्ण कटिबंधात, मध्यकटिबंधात आणि शीतकटिबंधात स्थूलमानाने अनुक्रमे मरूवासी, मध्यवासी व जलवासी प्रकारच्या वनस्पती आढळतात. झाडांच्या मुळांचे तपमान जमिनीच्या तपमानाइतकेच असते पण खोडाचे व पानाचे तपमान मात्र बाजूच्या हवेपेक्षा काहीसे निराळे असते. वनस्पतींची शोषणशक्ती, बाष्पोच्छ्वास व सूर्याचे प्रारण ह्यावर ते तपमान अवलंबून असते. काही वनस्पतींच्या पानावर असलेली लव, साल व त्वक्षा अत्युष्ण किंवा अति थंड हवेपासून वनस्पतींचे संरक्षण करतात. वनस्पतींचा बाष्पोच्छ्वास हा पानांच्या पृष्ठभागाचे तपमान, हवेचे तपमान व आर्द्रता ह्यावर अवलंबून असतो. जेवढा जास्त फरक तेवढा अधिक अगर कमी बाष्पोच्छ्वास. वनस्पतींच्या वाढीस लागणारे तपमान भिन्न वनस्पतींस भिन्न असते. जोंधळा, खरबुजे वगैरे २०° ते २५° सें. तपमानात वाढतात. हिवाळी चाटाणा, गहू वगैरेना ५° ते १०° सें. तपमान चालते. तसेच, वाढीतील निरनिराळ्या प्रक्रियांना भिन्न तपमान लागते. अतिशय कमी तपमानात झाडे वाळतात, साली व फळे उकलतात किंवा त्यांना भेगा पडतात. जास्त तपमानाने फळे व झाडे करपतात, त्यांना म्लानता येते व सालींना कंगोरे पडतात. झाडांवर पडणारी कीड व झाडांचे रोग सुद्धा विशिष्ट तपमानातच उद्भवतात.

वनस्पतींच्या वाढीस लागणारे अन्न त्यांना द्रवरूपाने पुरविण्याचे कार्य जमिनीमधील ओलाव्यामुळे होते. तसेच, चढलेले तपमान खाली आणण्यास व घसरलेले तपमान अधिक घसरू न देण्यास आर्द्रतेची मदत होते.

वनस्पतींना आवश्यक असलेले पाणी व आर्द्रता त्यांना वर्षणामुळे मिळते. पावसाचे पाणी जमिनीत मुरल्यानंतर ते जमिनीच्या पृष्ठभागावरून होणाऱ्या बाष्पीभवनामुळे आणि वनस्पतींच्या बाष्पोच्छ्वासामुळे जमिनीतून निघून वातावरणात मिसळते. केवळ बाष्पीभवनामुळे फक्त भूपृष्ठातील व काही निकटवर्ती थरातील पाणी हवेत फेकले जाते. उन्हाळ्यात पडणाऱ्या पावसाच्या अल्पकालीन सरींचे बहुतेक पाणी वनस्पतींच्या मुळांपर्यंत पोचण्यापूर्वीच वातावरणात निघून जाते. झाडांची मुळे खूप खोलवर पोचली असल्यास तेथील पाणी केवळ वनस्पतींच्या बाष्पोच्छ्वासामुळेच येऊन हवेत मिसळते. बाष्पीभवन व बाष्पोच्छ्वास ह्या दोन्ही क्रियांमुळे वातावरणात होणारे बाष्पोत्सर्जन सूर्यप्रकाश, पवनवेग आणि तपमान या तीन घटकांवर अवलंबून असते. तीव्र उन्हाळ्याच्या दिवसात बाष्पोत्सर्जनाचा वेग प्रतिदिवशी ०.६३ ते ०.७६ सें.मी. पर्यंत जाऊ शकतो. काही वातावरणीय मूलघटकांच्या मूल्यांचा अभ्यास करून गणिताच्या साह्याने ह्या वेगाचे स्थूलमानाने संख्यागणन (कॉम्प्युटेशन) करता येते आणि त्यावरून वनस्पतींना लागणाऱ्या पाण्याचा अंदाज बांधता येतो. एकंदर वार्षिक पर्जन्य, त्यांच्या बारंवारतेचे विभाजन, महत्तम व लघुतम पर्जन्याच्या अभिसीमा यांवर वनस्पतींचे प्रकार अवलंबून असतात. सूर्यप्रकाश आणि वनस्पतीतील हरित व इतर द्रव्ये यांमध्ये घडणाऱ्या रासायनिक क्रियेमुळे कार्बन डाय ऑक्साइडचे ग्लुकोजमध्ये रूपांतर होते. प्रकाशाच्या तीव्रतेत, कालखंडात व गुणधर्मात नेहमी बदल होत असतो. उपलब्ध होणाऱ्या प्रकाशाप्रमाणे प्रकाशप्रिय किंवा छायाप्रिय वनस्पती अस्तित्वात येतात. आर्द्र प्रदेशात जेथे सूर्यप्रकाश भरपूर मिळत नाही तेथे औषधी, शेवाळी, नेचे वगैरे छायाप्रिय वनस्पती आढळतात. सूर्यप्रकाश भरपूर मिळणाऱ्या कोरड्या प्रदेशात वनस्पती उंच वाढतात. सौरवर्णपटातील जांभळा, निळा व तांबडा रंग झाडांच्या वाढीला उत्तम असतो. अवरक्त किरणांपासून केवळ उष्णता मिळते. भूपृष्ठाला मिळणाऱ्या सूर्यप्रकाशात ८० टक्के अवरक्त प्रारण असते व जसजसे उंच जावे तसे त्याचे प्रमाण वाढत जाते. दृश्य प्रारणामुळे व प्रकाश संश्लेषणाने प्राथमिक द्रव्ये बनविली जातात व झाडांच्या वाढीला चालना मिळते. सूर्यप्रकाशापासून मिळणाऱ्या उष्णतेने वनस्पतीतील रेणूंची गतिज ऊर्जा वाढून रासायनिक प्रक्रिया घडून येते.

जम्बुपार प्रारणाचा वनस्पतींच्या वाढीसाठी फारसा उपयोग होत नाही. जम्बुपार प्रारणाची विपुलता उंचीप्रमाणे वाढत जाते. पवनवेगही उंचीप्रमाणे वाढत असतो. अतितीव्र प्रकाश आणि द्रुतगती वारे यांचा वनस्पतींच्या वाढीवर प्रतिकूल परिणाम होतो. फार उंचीवर वाढणाऱ्या वनस्पती खुरट्या असतात. तेथील द्रुतगती वारे आणि जंबुपार प्रारणाची विपुलता हे त्या खुरटेपणाचे कारण असावे.

प्रखर प्रकाशात उष्णतेमुळे वनस्पतीतून बाष्पोच्छ्वास अधिक होतो व आर्द्रता पुरेशी नसल्यास झाडे वाळतात. अतितीव्र प्रकाशात काही वनस्पती त्यांच्या शरीरात अँथोसायनिन नावाचा पदार्थ उत्पन्न करून एक अभेद्य पटल निर्माण करतात व प्रकाश-प्रखरतेपासून हरित द्रव्यांचे व जीवद्रव्यांचे संरक्षण करून त्या पदार्थांचे अपघटन टाळतात.

(आ) मानव

प्रकाश रासायनिक क्रिया, वातावरणातील भिन्न घटक, वायुकलिल, उष्णता, हवामानीय आविष्कारातील अतिरेकीपणा व सूक्ष्म जलवायुमान परिस्थिती ह्या सर्वांचे मानवी शरीरावर व मानवी व्यवहारांवर फार दूरगामी परिणाम होतात. त्यांचे विवेचन प्रस्तुत विभागात केले आहे.

(१) प्रकाश रासायनिक जीवजलवायुविज्ञान

सूर्यापासून आणि आकाशातून मिळणाऱ्या प्रकाशामुळे मानवी शरीरावर व शरीरात अनेक रासायनिक क्रिया होतात. न्यूक्लिईक आम्ल व त्वचेतील प्रथिने यांचे जम्बुपार (०.३ - ०.३१ μ) प्रारण सान्निध्यात विकरण होते. त्यामुळे त्वचेचे आतपज्वलन होते, डोळ्यांच्या बुबुळांची आग होऊ लागते. मानवी त्वचेतील रंगद्रव्य, श्रृंगस्तर आणि युरोकॅनिक अम्ल ह्या तीन प्रकारच्या आवरणांमुळे आतपज्वलनाची क्रिया टाळता येते किंवा ती घडून यायला विलंब करता येतो. जम्बुपार प्रारण त्वचेवर पडल्यास रंगद्रव्ये निर्माण होऊन त्यांचा संरक्षक चाळणीसारखा उपयोग होतो. श्रृंगस्तराची जाडी वाढते आणि शरीराला घाम येऊन त्यातून विपाकप्रवर्तक क्रियेने युरोकॅनिक अम्लाचे आवरण तयार होते व जम्बुपार प्रारणाला अडथळा किंवा विरोध केला जातो. १ मि.मी. जाडीच्या घामाच्या थरामुळे ५० टक्के नैसर्गिक जम्बुपार प्रारण शोषिले जाते. उन्हात आल्यानंतर काही मिनिटांनीच त्वचेवर अतिरक्तिमा दिसू लागून आग होऊ लागते. जम्बुपार प्रारण वारंवार शरीरावर पडत राहिले आणि हा क्रम अनेक वर्षांपर्यंत चालू राहिला तर इलॅस्टोसिसचा विकार (नावाड्यांचा

त्वचारोग) जडतो, आणि त्याचे अंतिम रूपांतर त्वचेच्या कर्करोगात होते. तोंडावरच सौरप्रारण जास्त प्रमाणात पडत असल्यामुळे त्वचेवरील अध्यर्बुद (अधि + अर्बुद) बहुधा तोंडावरच आढळतात. या बाबतीत काही प्रयोग उंदरांवर केले गेले. कृत्रिम तीव्र जम्बुपार प्रारण ज्या उंदरांना अधिक प्रमाणात मिळाले त्यांनाच त्वचेचा कर्करोग जडल्याचे दिसून आले.

कृत्रित्तम रीतीने निर्मिलेल्या अतितीव्र लघुतरंगायामी जम्बुपार प्रारणामुळे जीवाणूंचा सहजपणे नाश करता येतो. नैसर्गिक सौरप्रारणात अतिलघुतरंगायामी जम्बुपार प्रारण विशेष प्रमाणात उपलब्ध होत नसल्यामुळे नुसत्या सूर्यप्रकाशामुळे जीवाणूंचा विनाश करणे कठीण असते.

वनस्पती आणि मासयुक्त खाद्यपदार्थात आढळणाऱ्या नैसर्गिक स्टेरॉलमधून सौरप्रारणातील जम्बुपार (०.३ μ) किरणांमुळे डी-जीवनसत्त्व तयार होते. मानवी त्वचेतील स्टेरॉलमधूनही सूर्यप्रकाशामुळे डी-जीवनसत्व निर्माण होऊ शकते. जम्बुपार सौरप्रारण मानवी रुधिराभिसरणास अनुकूल चालना देते आणि प्रकृतिस्वास्थ्य उत्तम ठेवण्यास मदत करते असे प्रकर्षाने सांगितले जाते.

डोळ्यांवर आदळणारा बहुतेक सर्व सौरप्रकाश आणि आकाशीय प्रकाश ढगांवरून किंवा इतर पृष्ठभागांवरून परावर्तित झालेला असतो. ह्या आपाती प्रकाशाची तीव्रता, त्याचा पतनकोन व परावर्तन गुणोत्तर यांवर डोळ्यांना मिळणाऱ्या प्रकाशाचे प्रमाण अवलंबून असते. जलाशयातील पाणी, हिम, धातू, बर्फ, ढग आणि पांढरी वाळू यांच्या पृष्ठभागावरून होणारे दार्पण परावर्तन डोळ्यांना तापदायक होण्याइतके प्रखर असते. काळ्या काचांचे चष्मे वापरल्यास संपूर्ण दृश्य वर्णपटातील प्रकाश सौम्य होतो, आणि जम्बुपार व अवरक्त किरण वगळले जातात.

वर वर्णिलेले जम्बुपार प्रारणाचे महत्वाचे परिणाम सौरवर्णपटातील शेवटच्या ०.३ μ ह्या तरंगलांबीच्या किरणांमुळे होतात. ह्या जम्बुपार प्रारणाचे स्थितांबरातील ओझोनकडून शोषण होते, तसेच हवेचे रेणू, मेघ आणि सधूम धुके यांच्याकडून त्याचे प्रकीर्णन होते. या दोन कारणांमुळे पृथ्वीपर्यंत पोचणाऱ्या जम्बुपार प्रारणाच्या तीव्रतेवर नियंत्रण बसते. साधारणपणे, प्रकीर्णित आकाशीय जम्बुपार प्रारणाचे प्रमाण सूर्यापासून सरळ मिळणाऱ्या जम्बुपार प्रारणापेक्षा बरेच अधिक असते. हिमपृष्ठावरून परावर्तित झालेल्या जम्बुपार व दृश्य प्रारणामुळे अंधत्व येऊ शकते आणि हनुवटीखालच्या त्वचेचा दाह होऊ लागतो.

किरणोत्सर्गी खनिजांपासून उत्सर्जित झालेले बीटा व अल्फा किरणांसारखे

आयनीकारक प्रारण आणि मीसॉन व न्यूट्रॉनसारखे वैश्विक किरणांच्या आघातांमुळे निर्माण झालेले मूलकण वातावरणात प्रवेश करतात. १८ कि.मी. च्या उंचीनंतरच त्यांचे विघातक स्वरूप प्रत्ययास येते. ह्या सर्वांमुळे १८ कि.मी. च्या उंचीपर्यंतच्या वातावरणाच्या थरात होणारे आयनीकरण प्रातिदिनी ४० मिलिरॉंटजेनपेक्षा कमीच असल्यामुळे फारसा अपाय संभवत नाही.

(२) वातावरणीय जीवजलवायुमान

वातावरणातील ऑक्सिजन आणि जलबाष्प ह्यांसारखे घटक मानवी शरीरात घडून येणाऱ्या काही रासायनिक क्रियांवर आणि त्यातील औष्णिक संतुलनावर परिणाम करू शकतात. श्वसनक्रियेने आत घेतलेल्या हवेतील ऑक्सिजनचा आंशिक दाब रक्ताला ऑक्सिजनचा योग्य प्रमाणात पुरवठा करण्याच्या दृष्टीने अत्यंत महत्वाचा असतो. उंचीप्रमाणे ऑक्सिजनचा पुरवठा कमी प्रमाणात होतो. ३००० मीटरांच्या उंचीनंतर ऑक्सिजनचा आंशिक दाब इतका कमी असतो की अशा उंचीच्या पर्वतावर वास्तव्य केल्यास अनेक विरलवायु-व्याधी (पर्वत-व्याधी) जडतात. एक ते दोन किलोमीटरांच्या उंचीवर किंवा पर्वतमय प्रदेशातील थंड हवेच्या ठिकाणी राहणे रुधिराभिसरण व प्रकृतीच्या दृष्टीने चांगले असे समजतात. परंतु ज्या व्यक्तींना हृदयविकार जडला आहे त्यांना ते धोक्याचे असते.

हवेत जलबाष्प कमी असल्यास त्वचा व श्वसनांगाच्या वरील भागातील श्लेष्मावरण वाळते. घराबाहेरील हवेचे तपमान फारच कमी असले तर अशा हवेतील जलबाष्पाचे प्रमाण अत्यल्प असते. घरातही जलबाष्पाचे प्रमाण खूपच कमी असते. अशा परिस्थितीत प्रत्ययास येणारे त्वचेचे आणि श्वसनांगाचे विकार तीव्र थंडीमुळे नव्हे तर हवेतील शुष्कतेमुळे उद्भवलेले असतात.

मानवांपासून कार्बन डायऑक्साइड, पाणी आणि कार्बनिक पदार्थांचे बाष्प उत्सर्जित होते. अनेक लोक राहात असलेल्या खोल्यात वायुवीजनाची समाधानकारक व्यवस्था नसेल तर त्या खोल्यातील हवेत हे वायू मिसळतात. त्यामुळे तेथील हवेचे तपमान वाढते आणि तेथे एक प्रकारची अस्वस्थता निर्माण होते.

मानवांचे उद्योगधंदे, त्यांनी निर्माण केलेले कारखाने, धुराडी, आगी व वणवे ह्यांमुळे धूलिवादळे, ज्वालामुखींचा उद्रेक, वायधूळ यांसारख्या आविष्कारांमुळे अनेक प्रकारच्या वस्तूंचे असंख्य कण वातावरणात सारखे मिसळत असतात. अशा अवपातांमुळे सधूम धुकी संभवतात व मोठ्या प्रमाणावर हवेचे प्रदूषण होते. ह्या

घटनांमुळे मानवी जीवित धोक्यात येते व अनेक जीवजलवायुवैज्ञानिक समस्या निर्माण होतात.

जम्बुपार सौरप्रारणामुळे ओझोनवायू उच्च स्थितांबरात निर्माण होतो. भूपृष्ठाजवळ तडित् प्रहार झाल्यास किंवा सधूम धुक्यांवर सूर्यप्रकाश पडल्यासही हा वायू निर्माण होऊ शकतो. ओझोन मानवी शरीरास, विशेषतः डोळ्यांना, हानिप्रद आहे. सधूम धुक्यांमुळे घडणाऱ्या दुर्घटनात ओझोनचा प्रामुख्याने भाग असतो. उच्च स्थितांबरातील ओझोन वातावरणीय संक्षोभामुळे १५ कि.मी. पर्यंतच्या नीच स्तरांपर्यंत उतरू शकतो. ह्या उंचीच्या जवळपास उडणाऱ्या वैमानिकांना वातावरणातील ह्या विषारी घटकामुळे धोका संभवतो. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील प्राण्यांच्या बाबतीतही ओझोनचे प्रमाण विषारी पातळी गाठू शकते. श्वसनक्रियेने ओझोन पृष्ठभागाचे स्वरूप बदलते. त्यामुळे प्रथम खोकला व नंतर थकवा येतो. हवेत ओझोनचे प्रमाण एका कोटीत फक्त ५ भाग असे असले तरी हवेत विषारीपणा येऊ शकतो.

ज्वलनक्रिया अपूर्ण राहिल्यास कार्बन मोनॉक्साइड, अर्धज्वलित हायड्रोकार्बन, नायट्रस व नायट्रिक ऑक्साइड, सल्फर डाय ऑक्साइड आणि इतर उप-उत्पादित वस्तुकण हवेत मिसळतात. त्यातील बरेचसे कण अत्यंत आर्द्रताग्राही असतात आणि त्यामुळे ते संद्रवणक्रियेस योग्य अशी केंद्रके बनून सधूम धुक्यांसारखे आविष्कार घडवून आणू शकतात. ह्याशिवाय अशा धुक्यांवर सूर्यप्रकाश पडला तर हायड्रोकार्बन्स्, नायट्रिक ऑक्साइड व इतर प्रदूषक द्रव्ये यांमध्ये परस्पर क्रियाप्रक्रिया घडून येतात. त्यामुळे सबंध वातावरण अतिदूषित व विषारी होते. लॉसेंजेलिस, लंडन, कलकत्ता, टोकियो ह्यांसारख्या शहरी वारंवार सधूम धुकी पडत असल्यामुळे तेथील मानवी जीवित धोक्यात असते.

सर्वसाधारणपणे वर निर्देशिलेले वातावरणातील वायू त्वचेतून मानवी शरीरात शिरत नाहीत. भेगा पडलेले किंवा फाटलेले ओठ, अंडाशय आणि भगोष्ठ यांसारख्या नाजूक इंद्रियांची प्रवेशसुलभ क्षेत्रे याला अपवाद आहेत.

(३) वायुकलिल (एअरोसोल) जीवजलवायुविज्ञान

वातावरणात तरंगत राहणारे काही घन व द्रव पदार्थांचे कण त्वचेवर किंवा श्वसनांगावर परिणाम घडवून आणू शकतात. वारंवार उल्लेखिले जाणारे असे वातावरणीय कण म्हणजे विद्युत्भारित अयन हे होत. विवक्षित प्रमाणाबाहेर विशिष्ट प्रकारचा विद्युत्भार असलेले अयन वातावरणात वावरत असले तर ते धोक्याचे किंवा फायद्याचे असते असे अनेक वर्षांपासून प्रतिपादिले जात आहे. पराग-ज्वर किंवा हे

फीव्हर सारख्या रोगांच्या तीव्रतेवर, सजीव कोषिकांच्या वृद्धीवर किंवा काही शरीरक्रियात्मक प्रयोगांवर अवकाशस्थ विद्युत्भाराचा परिणाम होतो असे सिद्ध झाले आहे. साधारणपणे प्रत्येक घनसेंटिमीटरगणिक १००० ते १०,००० अयन असलेला ऋण पर्यावेश (अवकाशस्थ विद्युत्भार) हितकारक असतो.

(४) उष्मीय जीवजलवायुविज्ञान

मानवी शरीरात अनेक जीवरसायन क्रिया होत असतात. त्यामुळे निर्माण होणारी उष्णता, शरीराची उष्णताधारण शक्ती, त्वचेतून आयात-निर्यात होणारी उष्णता, श्वसनांगातून होणारा उष्णताविनिमय, सूर्य, आकाश आणि वातावरण यांच्यापासून उपलब्ध होणारी उष्णता, या सर्वांत उष्मीय संतुलन साधायचे असते. हे कार्य वातावरणातून, त्वचेतून व शरीरातून संचरणाऱ्या जलबाष्पामुळे शक्य होते.

माणसाला घाम येतो तेव्हा त्वचेची सापेक्ष आर्द्रता १०० टक्के असते. एरव्ही ती ६० टक्क्यांपेक्षा कमीच असते. १० टक्क्यांपेक्षा त्वचेची सापेक्ष आर्द्रता कमी झाली तर त्वचा तडकते.

प्रस्वेदन व विसरण

ह्या क्रियांमुळे मानवी त्वचेतील जलबाष्पाचे स्थानांतर होऊन ते त्वचेबाहेर येते. या क्रियेसाठी साधारणपणे १ किलोकॅलरी/(मीटर)^{२} (तास) इतकी उष्णता कामास येते. कधीकधी ह्या क्रियेची दिशा बदलते. त्यावेळी बाहेरील जलबाष्प त्वचेत शिरते. उष्मीय संतुलनाच्या दृष्टीने घर्मस्राव म्हणजे एक प्रभावी आपत्कालीन उपाय आहे. त्यासाठी ६०० किलोकॅलरी/(मीटर)^{२} (तास) इतकी किंवा त्याहून जास्त उष्णतेची त्वचेतून देवाणघेवाण होऊ शकते. जीवजलवायुमानाच्या परिस्थितीप्रमाणे येणाऱ्या घामाचे नियंत्रण शरीराचे तपमान आणि शरीरावरील जलीय आच्छादन ह्या दोन घटकांकरवी होते. अधो-थॅलॅमसच्या काही विशिष्ट भागांच्या तपमान स्थितीला अनुसरून विशिष्ट प्रमाणात घर्मस्राव सुरू होतो. त्वचेचे तपमान त्याच्या परिमाणाचे मंदायन करते. शरीराच्या ह्या दोन्ही भागांच्या तपमानांवर जलवायुमानाचे नियंत्रण असतेच. शरीराची त्वचा घामाने संपूर्णपणे थबथबलेली असेल तर किंवा आंघोळीच्या वेळी पाण्याने पूर्णपणे ओथंबलेली असली तर घर्मस्रावामुळे शरीरांतर्गत जलांशाचा फक्त १/४ भागच बाहेर येऊन हवेत विलीन होतो. जर खाऱ्या पाण्याने आंघोळ करीत असताना संपूर्ण शरीर ओले झाले असेल तर किंवा जर आलेल्या घामाचे त्वरित बाष्पीभवन झाल्यामुळे शरीरातील जलीय आवरणात लवणता वाढली असेल तर घाम येणेच बंद होते.

वातावरणीय दाब सर्वसाधारण असल्यास श्वसनक्रियेमुळे शरीराच्या उष्णतेत किंवा जलबाष्पात विशेष घट होत नाही. वातावरणीय दाब कमी झाल्यास अतिसंवातनामुळे (हायपरव्हेन्टिलेशन) मात्र शरीरातील उष्णतेचे आणि जलबाष्पाचे उल्लेखनीय निर्गमन होते.

अवरक्त सौरकिरण, पर्जन्य किंवा वारे शरीरावर आदळल्यास मानवी शरीराच्या तपमानात बदल होऊ शकतात. हे तपमान सारखेच ठेवणे महत्वाचे असते. त्यासाठी मानवी शरीरयंत्रणा रक्ताचे अतिबाह्य प्रवाह बदलते आणि त्वचेच्या तपमानात योग्य ते बदल घडवून आणते. खूप कमी तपमानाच्या हवेत जी हुडहुडी भरते त्यामुळे अधिक प्रमाणात विपाकीय (मेटाबोलिक) उष्णता निर्माण होते. अधिक तपमानाच्या हवेत घाम येतो. त्याचे बाष्पीभवन झाल्यामुळे शारीरिक तपमान नेहमीच्या ठराविक मूल्यावर स्थिर राहते. मानवी शरीराची नियंत्रक शक्ती वय, लिंग भेद, प्रकृतिमान, व्यायाम आणि अनुकूलन यांवर अवलंबून असते. अधूनमधून मर्यादित कालावधीपर्यंत प्रतिकूल उष्मीय परिस्थितीत जाऊन राहिल्यास आणि विशेषतः थंड वातावरणात काही काळ वास्तव्य केल्यास, शारीरिक व्यापार किंवा क्रिया पार पाडायला नवीन उत्साह मिळतो. अशा वास्तव्याला नियमित व्यायामाची किंवा खेळांची जोड दिली तर शरीराच्या नूतनीकरणास किंवा शरीर चैतन्यमय करण्यास मदत होते असे सिद्ध झाले आहे.

जलवायुमानाच्या अनेक घटकांपैकी स्थानिक हवेचे तपमान हा अत्यंत महत्वाचा घटक आहे. हिवाळ्यातील अतिशीत वाऱ्यांमुळे शरीराचे तपमान कमी होते. राहत्या घरांचेही तपमान खूपच खाली येते. शरीराचे तपमान स्थिर ठेवायला गरम ऊबदार कपडे घालणे आवश्यक होते. तसेच, घरे ऊबदार ठेवण्यासाठी कृत्रिम उपायांचा-मध्यवर्ती तापन यंत्रणेचा-अवलंब करावा लागतो.

हवेचे तपमान २५° सें. पेक्षा अधिक झाल्यास माणसाला घाम यायला सुरुवात होते. हवा कोरडी असल्यास घाम लवकर वाळतो. पण हवेत जलबाष्पदाब जास्त असला तर घामाच्या बाष्पीभवनाची क्रिया मंदावते. हवेचे तपमान आणि जलबाष्पदाब यांच्या मूल्यांवरून उष्ण वातावरणातील देह-स्वास्थ्य ठरविता येणे शक्य आहे. काही तरुण माणसांना निरनिराळ्या तपमानाच्या व वेगवेगळ्या जलबाष्प दाबाच्या हवेत ठेवल्यामुळे त्यांच्यावर झालेल्या प्रतिक्रियांचा अभ्यास केला गेला. त्यावरून मानवी जीवन सुसह्य करण्याच्या दृष्टीने आवश्यक असणारे प्रभावी तपमान खाली दिलेल्या समीकरणाने मिळू शकते.

$$\text{प्रभावी तपमान} = \frac{\text{हवेचे तपमान + दवबिंदूतपमान}}{२},$$

प्रभावी तपमानाचा आकडा जितका जास्त तितकी अस्वस्थता अधिक. यू.एस.ए. मधील रिओग्रँड व्हॅलीच्या दक्षिणेतील भागात उन्हाळ्यातील सरासरी प्रभावी तपमान २६-२७ सें. दिसून आले. वातावरणातील इतक्या उच्च प्रभावी तपमानीय मूल्यामुळे फारच अस्वस्थता निर्माण होते. सिंधू नदीच्या खोऱ्यात प्रभावी तपमान २८.५० सें. असे असते. याबाबतीत प्रभावी तपमानाचा जागतिक उच्चांक सोमाली किनाऱ्यावरील झायला येथील२९.७° सें. चा आहे. हा आकडा अतितीव्र उन्हाळी परिस्थितीचा निदर्शक आहे.

सूक्ष्म जलवायुमान (पृथ्वीच्या पृष्ठभागालगतच्या ५-१० मीटरांच्या थरात आढळणारी जलवायुमान परिस्थिती) प्रतिकूल परिस्थितीत अस्वस्थता वाढवू शकते. रात्रीचे आकाश निरभ्र असल्यास व पृथ्वीचा पृष्ठभाग अंतर्वक्र असल्यास भूपृष्ठाचे तपमान खूप खाली जाऊ शकते. तसेच, दिवसा उन्हामुळे भिंतींचे, वाहनाच्या धातवीय पृष्ठभागाचे किंवा वालुकामय प्रदेशांचे तपमान सभोवतालच्या हवेच्या तपमानापेक्षा ४०० सें. नी अधिक होऊ शकते.

(५) अतिरेकी जलवायुमान आणि सूक्ष्मजलवायुमान

मानवी शरीर काही मर्यादित कालापर्यंतच विवक्षित जलवायुमानाची अतिरेकी परिस्थिती सहन करू शकते. त्यानंतर त्याच्या दैहिक बचावाच्या यंत्रणा कोलमडून पडतात किंवा मानवी शरीरातील अवयवांना इजा पोचून ते पूर्णतया निकामी होतात. पहिल्या प्रकारात तपमानाचे नियंत्रण करणाऱ्या व शरीरात रुधिराभिसरण करणाऱ्या शक्ती हतबल होतात. तर दुसऱ्या प्रकारात त्वचेला अपाय होतो.

कृत्रिम संवातनाचे उपाय योजिले नसतील तर व जर बाहेरून कोणत्याही प्रकारचे प्रारण आत येत नसेल तर निरनिराळ्या तपमानीय परिस्थितीत सुरक्षितपणे जिवंत राहण्याचा काल हवेच्या तपमानावर आणि ज्या वास्तूत मनुष्य राहू शकतो तिच्या खोल्यांच्या भिंतींच्या तपमानावर अवलंबून असतो. सुरक्षिततेचा हा काल धगधगत्या आगीत काही सेकंद तो साधारण तपमान परिस्थितीत संपूर्ण मानवी आयुर्मर्यादेपर्यंत असू शकतो. अनेक ठिकाणी ह्या बाबतीत अभ्यास केला गेला आहे. त्यातील काही अनुमाने खाली दिली आहेत :-

(अ) उष्ण वाळवंटी प्रदेश

येथे तपमान साधारणपणे ५०° सें. च्या पुढेच असते. जलबाष्पदाब १०-१५

मिलिबार असून वारे व सौरप्रकाश भरपूर प्रमाणात असतात. काही तास गेल्यानंतर सुद्धा शरीरातील विविध घटकात संतुलन घडून येत नाही. अंतर्भागांचे तपमान वाढते व हृदयाचे ठोके भराभर पडू लागतात. त्वचा वाळून शुष्क होते व तीवर क्षारकणांचे आवरण बसू लागते. सौरप्रारण, अवरक्तप्रारण व वातावरणीय संनयन ह्यांमुळे मोठ्या प्रमाणात मानवी शरीरात उष्णता प्रवेश करते. ह्या अधिक उष्णतेकरवी शरीरातील पाण्याचे बाष्पीभवन करून शरीराचे तपमान स्थिर ठेवायचे असते. अशा रीतीने शारीरिक संतुलन साधण्यासाठी बरेचसे पाणी बाष्पीभूत होऊन त्वचेतून शरीराबाहेर पडणे आवश्यक असते. त्यामानाने घामाच्या रूपाने त्वचेतून शरीराबाहेर जाणारे पाणी अनेक पटींनी कमी असते. त्यामुळे काही तासातच मानवी शरीरातील उष्मीय नियंत्रक यंत्रणा विस्कळित होते.

(आ) जंगले

अखिल मानव जातीपैकी बऱ्याचशा लोकांचे वास्तव्य किंवा निवासस्थान जंगलातच असते. येथे ३५° सें. चे तपमान व ४० मिलिबारांचा जलबाष्पदाब असल्यास हे दोन घटक जंगलात दुःसह परिस्थितीची परमसीमा गाठू शकतात. अशा वेळी त्वचा पाण्याने सतत ओथंबलेली असते व अतिदमट बाह्य हवेमुळे घामाचे उत्सर्जन व बाष्पीभवन तपमानाच्या मानाने पूर्णांशाने होऊ शकत नाही. असल्या प्रतिकूल व धोकादायक हवामान परिस्थितीची कल्पना येण्यासाठी प्रभावी तपमानाच्या मूल्यांचा चांगला उपयोग होऊ शकतो. उष्ण वाळवंटात अधूनमधून ओलाव्याची क्षेत्रे आढळली तरी तेथील दिवसाचे हवामान सह्य असेलच असे नाही.

(इ) वणवे किंवा आग

पुष्कळदा जंगलात किंवा घरात आग लागते. अशावेळी आगीच्या ज्वालांचे किंवा जळत्या इंधनाचे तपमान ६००° ते ९००° सें. असते. त्यांचा शरीराला स्पर्श झाल्यास त्वचा भाजून भयंकर इजा पोचते. संनयन व प्रारणीकरण ह्या क्रियांमुळेही आगीची धग लागून त्वचा व शरीर होरपळून निघते. अल्युमिनियमचे आवरण असलेले कपडे घालून संनयन व प्रारणामुळे संभवणारा धोका टाळता येतो. प्रचंड आग लागलेल्या ठिकाणी दर ताशी प्रति चौरस मीटरला ४०,००० किलोकॅलरी इतकी उष्णता प्रारणरूपाने बाहेर पडत असते. त्यामुळे १ सेकंदाच्या आतच त्वचेला वेदना जाणवू लागतात व काही सेकंदांच्या आत ती त्वचा भाजून होरपळून निघते. ज्वालेच्या प्रत्यक्ष स्पर्शापेक्षा ह्या उष्णतेच्या स्थानांतरामुळेच शरीराला जास्त हानी पोचते. अशा आगीतून निर्माण होणाऱ्या कार्बन मोनॉक्साइडमुळेही शरीराला मोठ्या प्रमाणावर

अपाय पोचतो. ऑक्सिजनचा अभाव आणि अत्युष्ण हवेचे अंतरश्वसन यामुळेही अनेकदा कठीण समस्या उद्भवतात.

(ई) शीतोपहनन (फ्रॉस्टबाईट) आणि शरीरांतर्गत शीघ्र घनीभवन

अतिनीच तपमानामुळे किंवा अतिशीत वाऱ्यांमुळे निर्माण होणाऱ्या तीव्र संनयनी क्रियेच्या प्रभावामुळे शरीरातील प्रतिकारयंत्रणा कोलमडून पडते, त्वचेतील परसिंचरणात दोष किंवा भंग निर्माण होतात आणि रक्तकणात व रुधिरवाहिन्यात वैकल्य येते. हिमस्फटिक निर्माण होऊन त्यामुळे कोशिका विद्ध होतात. उणे ३०° सें. पेक्षा कमी तपमान असलेल्या अतिशीतित धातूंच्या पृष्ठभागांना मानवी शरीराच्या काही अवयवांचा स्पर्श झाल्यास तेथील त्वचा गोठते, इतकेच नव्हे तर त्वचेचे काही थर शरीरापासून विभक्त होऊन गळून पडतात.

(उ) हवामानाचे विघातक आविष्कार व दुर्घटना

सर्वसाधारणपणे हवामानाच्या अनेकविध विघातक आविष्कारांमुळे अमेरिकेमध्ये प्रतिवर्षी खाली दिलेल्या कोष्टकाप्रमाणे मनुष्यहानी होते :

उष्णकटिबंधीय चक्रीवादळे (हरिकेन), १००; टॉर्नेडो, १५०; तडितप्रहार, १७५; पूर, ८०; हिमवादळे, झंझावात, हिमपवन, २००. सधूम धुकी आणि उष्माघातानेही अशाच प्रकारच्या आकडेवारीची मनुष्यहानी अमेरिकेत होते.

भारतात वातावरणीय विघातक आविष्कारांमुळे होणाऱ्या मनुष्यहानीची अधिकृत आकडेवारी उपलब्ध नाही. तथापि प्रतिवर्षी कडक उन्हाळ्याची व तीव्र थंडीची लाट, तडितप्रहार, महापूर, झंझावात, चक्रीवादळे, हिमवर्षाव, गारांची वादळे, ह्यांसारख्या आविष्कारांनी सुमारे ६०० ते ८०० माणसे मृत्युमुखी पडत असावीत असा अंदाज आहे . याशिवाय, अनेक ठिकाणी पडणाऱ्या प्रदीर्घ अवर्षणामुळेही मोठ्या प्रमाणावर मनुष्यहानी संभवते. आजकाल विघातक हवामानाची आगाऊ सूचना देण्याचे तंत्र सुधारल्यामुळे मनुष्यहानीचे प्रमाण पुष्कळच कमी झाले आहे.

(६) सांख्यिकीय जीवजलवायुविज्ञान

जीवजलवायुविज्ञानाच्या सांख्यिकीय शाखेत जलवायुमानाच्या व हवामानाच्या अनेक आविष्कारांचे मानवी जीवनावर काय परिणाम होतात आणि त्यांचे सहसंबंध कशा प्रकारचे आहेत याचा अभ्यास केला जातो. आकडेवार रुग्णालयीन माहिती आणि दैनिक हवामान यांच्यातील सहसंबंधाचे अन्वेषणही ह्याच शाखेत केले जाते. साधारणपणे हवामानाचे संनयनी आविष्कार, अवदाबक्षेत्रे आणि सीमापृष्ठे यामुळे पडणारा पाऊस आणि हद्शूल व आंतरकीलन (रक्तप्रसरणावरोध) ह्या विकृतींचा

फार निकटचा संबंध असावा. शुष्क द्रुतगती वारे व अभिसारी चक्रवात निर्मिती यांच्यामुळे रक्ताभिसरणात विकृती, मानसिक व्यथा; पोटशूल व मूत्राशयाचे विकार ह्यांसारख्या व्याधींत वाढ होते व अशाच वेळी अपघातही मोठ्या संख्येने घडून येतात असे दिसून आले आहे.

सौरक्रियेत वाढ झाल्यास मोठ्या शहरातील माणसे मृत्युमुखी पडतात; त्यातील बहुसंख्य मृत्यू मानसिक आजार बळावल्यामुळेच घडून येतात, अशा प्रकारचा सहसंबंध निदर्शनास आल्याचे सांगण्यात येते.

(७) जलवायुमानीय औषधोपचार पद्धति

अनेक मानवी रोगांवर अनुभवी रोगचिकित्सक तत्कालिक औषधोपचार करतातच, पण रोग्यांनी सुट्टी घेऊन आपल्या दैनंदिन व्यवसायातून अलिप्त राहून काही दिवस आरोग्यकेंद्रांत घालविले तर तेथील वास्तव्य रुग्णांच्या प्रकृती व मनःस्वास्थ्याच्या दृष्टीने अधिक आवश्यक व हितावह ठरते असे अनेक प्रसिद्ध डॉक्टरांचे मत आहे. आरोग्यकेंद्रात गेल्याने रोग्याभोवतालचे वातावरण, दिनचर्या, जेवण, व्यायाम आणि विश्रांतीच्या वेळा व कालावधी ह्या सर्वांत बदल होतो. मानसिक स्वास्थ्य मिळून शरीर उत्तेजित होते. अशा रीतीने सर्वसाधारणपणे सुट्ट्यांचे इष्ट परिणामच दिसून येतात.

आरोग्य केंद्राचे जलवायुमान विशिष्ट प्रकारचे असावे लागते. तेथील तपमानाच्या परिसीमा त्रासदायक नसाव्या. प्रभावी तपमान जास्त नसावे; कारण हवेत त्यामुळे असह्य उकाडा निर्माण होतो. आरोग्यकेंद्राच्या परिसरातील हवा धूरकण, ओझोन, औद्योगिक कारखान्यातून किंवा ज्वालामुखीतून निघालेले उत्प्रवाही कण, मोटारगाड्यातून निष्कासित झालेले वायुकण, अधिहृषता निर्माण करणारे कण ह्यांपासून मुक्त असावी. सधूम धुक्यांचा अभाव असावा.

सूर्यकिरणातील जम्बुपार प्रारण आणि नैसर्गिक किरणोत्सर्गी वस्तू व त्यांच्यापासून उत्सर्जित होणारे किरण हानिकारक असतात. आरोग्यकेंद्रातील रुग्णांना काही वेळ बाहेरच्या मोकळ्या हवेत घालविण्याबद्दल सांगण्यात येते. त्यामुळे शरीराच्या काही भागांच्या त्वचेवर थोडा वेळ सौर-जम्बुपार प्रारणाचा आपात होत असला तरी परिणामी ते हितकारकच ठरते. वारा, सागरी लाटा आणि तपमानीय बदल यांच्यामुळे शरीरांत संचरणारे सौम्य उष्मीय उत्साहवर्धन बहुतेक सर्व रुग्णांना निश्चितपणे हितावह असते. एका खंडातील रुग्ण दुसऱ्या खंडातील आरोग्यकेंद्रात जातात तेव्हा दोन्ही भूखंडांत दिवसाची लांबी वेगवेगळी असल्यामुळे त्यांच्या दैनंदिन कार्यक्रमांच्या

वेळात आमूलाग्र बदल घडून येतात. त्यामुळे अनेक अडचणी निर्माण होऊन नवीन जागेतील जलवायुमानाचे अल्पावधीत अनुकूलन रुग्णांना साधत नाही.

अनेकदा अशक्त वयस्क रुग्णांना तपमानाचा अतिरेक नसलेल्या सौम्य जलवायुमानाच्या ठिकाणी जाऊन राहण्याची सूचना डॉक्टर करतात. अशी अनेक ठिकाणे असतात आणि त्यात आर्द्रतेचे वेगवेगळे प्रमाण असते. उदा. त्रिवेंद्रमची उष्णार्द्र हवा त्रिचनापल्लीची उन्हाळी कोरडी हवा. काही रुग्णांना आर्द्रतेचे प्रमाण अधिक असलेले चालत नाही. तेव्हा प्रकृतिस्वास्थ्यासाठी जलवायुमानाच्या दृष्टीने कोणत्या प्रदेशात जाऊन राह्यचे याचा रुग्णांनी व डॉक्टरांनी अगोदरच फार विचार करावा लागतो.

(८) आदर्श जीवजलवायुमान

सर्व माणसांना सर्वकाळ मानवेल असे आदर्श हवामान किंव जलवायुमान बहुधा कोठेच आढळत नाही. शारीरिक किंवा मानसिक दृष्ट्या एखाद्या प्रकारची जलवायुमान परिस्थिती आवडणे किंवा मानवणे हे त्या व्यक्तीच्या लहानपणापासून अंगवळणी पडलेल्या सवयींवर अवलंबून असते.

इजिप्त, मेसोपोटेमिया व दक्षिण चीनमध्ये राहणाऱ्या अतिप्रगत लोकांनी मानवी इतिहासाला सुरुवात केली. पेरूसारख्या उष्णकटिबंधीय प्रदेशातील उंच पर्वतमय क्षेत्रात किंवा युकॅटनसारख्या उष्णकटिबंधीय सखल प्रदेशात राहणारे लोक सुद्धा प्रगत होते. पण इंधनशक्ती वापरून, राहण्याची घरे ऊबदार किंवा शीतित अवस्थेत ठेवण्याचे प्रकार त्यावेळी अस्तित्वात नव्हते.

उच्च कटिबंधीय अतिशीत प्रदेशातील घरांत मध्यवर्ती-तापनयंत्रणा अत्यावश्यक असते. रोमन लोकांनीच वातानुकूलनाची प्राथमिक यंत्रणा अंमलात आणली. त्यानंतर जीवनस्वास्थ्यासाठी साधारणपणे ४५° उ. अक्षांशाच्या जवळपासच्या प्रदेशात तेथील विशिष्ट प्रकारच्या जलवायुमानामुळे कृत्रिम उपायांनी वातानुकूलन-यंत्रणा राबविली जाऊ लागली. याच कटिबंधीय पट्ट्यात अनेक सुधारलेली राष्ट्रे सामावली गेल्यामुळे मानवी प्रगतीचा किंवा मानवी संस्कृतीचा परिपोष ह्या विशिष्ट प्रकारच्या जलवायुमानामध्येच होणे शक्य आहे अशा कल्पना बळावत गेल्या, पण ह्या सर्व समजुती भ्रामक आहेत. संस्कृति संवर्धन आणि हवामान किंवा जलवायुमान यांचा कोणत्याच प्रकारचा सहसंबंध नाही.

उत्तर अमेरिकेतील संयुक्त संस्थानात बाहेरून आलेल्या लोकांना कोणत्याही ठिकाणी कोणत्याही जलवायुमानाच्या प्रदेशात जाऊन राहण्याची मुभा दिली

असतानाही त्या लोकांनी भूमध्य सागरी जलवायुमान असलेली दक्षिण कॅलिफोर्निया आणि ॲरिझोनाच्या वाळवंटी प्रदेशाच्या पश्चिमेकडची जागा पसंत केली. बहुसंख्य लोकांना अतिरेकी जलवायुमान, पावसाची पिरपिर किंवा हवामानाचे विघातक आविष्कार नको असतात हेच त्यावरून सिद्ध होते.

मानवी संस्कृती वृद्धिंगत करणे, तिचा विकास करणे हे हवामानावर किंवा जलवायुमानावर अवलंबून नाही. सध्याचा मानव शास्त्रीय साधनांचा अवलंब करून कोणत्याही प्रकारच्या जलवायुमान परिस्थितीत राहू शकतो.

(९) पुरा-जीवजलवायुविज्ञान (पॅलिओबायोक्लायमेटॉलॉजी)

सभोवतालच्या परिसराचा व हवामानाचा जीवसृष्टीच्या संवर्धनावर विशेषतः मानवाच्या विकासावर, होणाऱ्या संभवनीय परिणामांचा अभ्यास करणारे शास्त्र म्हणजे पुरा-जलवायुविज्ञान. यात मुख्यत्वेकरून स्थानिक सूक्ष्मजलवायुमानाचा विचार करावा लागतो. अनेक प्रकारांच्या परिसरातून, अनेक तऱ्हेच्या जलवायुमानाच्या परिस्थितीतून मानव राहात आलेला आहे. फार पूर्वीची माणसे गुहेत राहात असत. गुहेत सूर्यप्रकाशाचा अभाव असायचा, व तेथील तपमान व आर्द्रता नेहमी स्थिर असायची. पाच लक्ष वर्षांपूर्वी हंगेरी व चीन या देशात राहणाऱ्या आदिमानवांनी जीवनस्वास्थ्यासाठी अग्नीचा उपयोग करण्यास सुरुवात केली. उष्णकटिबंधीय दाट जंगलात सौरकिरणांची झळ लागणे शक्य नसले तरी तेथील हवेत अतिशय घाम येतो. इतर प्राण्यांच्या मानाने मानवी शरीरावर लोकरीचे किंवा केसांचे आच्छादन अनिविरळ असते. मस्तिष्क तपमानाच्या पूर्ण विकसित व निर्दोष नियंत्रण पद्धतीमुळे हवेचे तपमान वाढले की मानवी शरीरातून घामाचा उत्सर्ग होऊन वाढलेल्या तपमानापासून त्याला उपसर्ग पोहोचत नाही. केवळ यासाठीच त्याच्या शरीरावर केसाळ आच्छादनाची जाडी कमी असते की काय, असा घामाच्या उत्सर्गाचा आणि विरळ केसाळपणाचा सहसंबंध लावता येणे शक्य आहे. गुहेतील अंधारामुळे आदिमानवाला गुहेत काहीही दिसणे अशक्य असे. अशावेळी गुहेतील आदिमानव आपल्या त्वचेच्या तपमान-संवेदक यंत्रणेचा अवरक्त (उपारुण) 'चक्षु' म्हणून उपयोग करून घेत असे. धोकादायक परिस्थिती निर्माण होण्यापूर्वी जर गुहेतील तपमानात काही बदल झाले तर ते केसाळ आच्छादनाच्या विरळतेमुळे त्याला चटकन् कळत असत आणि तो स्वसंरक्षणासाठी सज्ज होत असे.

बहुतेक सर्व प्राण्यांत त्वचेच्या आणि केसांचा रंग एक प्रकारचे मायावरण किंवा त्याच्या उलट परिस्थिती निर्माण करतात. मानवी प्राण्यांच्या बाबतीतही हा संकेत

सिद्धांत लागू होत असेल तर उष्णकटिबंधीय जंगलात राहणाऱ्या मानवांच्या त्वचेचा रंग काळा असावयास पाहिजे. तसा तो असतोही. त्याचप्रमाणे, समशीतोष्ण सागरी जलवायुमानाच्या प्रदेशात त्वचेचा रंग हिवाळ्यात धवल तर उन्हाळ्यात तपकिरी असावयास पाहिजे. औष्णिक दृष्ट्या, भरपूर सूर्यप्रकाश मिळणारी उष्ण जलवायुमानीय परिस्थिती गोऱ्या कातडीपेक्षा काळ्या त्वचेला कमी सोयीस्कर असते. तथापि, नीच अक्षवृत्तीय उष्ण प्रदेशात मानवी त्वचेचा रंग काळाच आढळतो. ४०° ते ५०° अक्षांशाच्या पट्ट्यात उन्हाळ्यात व हिवाळ्यात सूर्यापासून उपलब्ध होणाऱ्या जम्बुपार प्रारणाच्या प्रमाणात फार तफावत असते. ह्या अक्षवृत्तीय पट्ट्यात राहणारे गौरकाय असंरक्षित मानव तेथील परिस्थितीशी जुळते घेतात. दररोज जरी सूर्यप्रकाशाचा आघात शरीरावर झाला तरी सूर्यदाह होणे किंवा उन्हाने तोंड काळवंडणे यासारख्या प्रकारांची शक्यता तेथे कमीच असते. अशा वेळी तेथील मानव आपल्या शरीरात जम्बुपार प्रारणाने समृद्ध असलेल्या उन्हाळ्याच्या प्रदीर्घ कालावधीत डी-जीवनसत्वाचा भरपूर साठा करून ठेवतो. तो त्याला हिवाळ्यात पुरतो. अश्मयुगातील मानवांच्या अन्नात डी जीवनसत्वाचा भरपूर साठा असला पाहिजे. यावरुन सूर्यदाह आणि डी-जीवनसत्व ह्या दोन गोष्टी मानवाच्या उत्क्रांतीवर परिणाम करू शकल्या नाहीत, असे अनुमान निघते.

(इ) मानवेतर प्राणी

मानवेतर प्राणी स्वभावतःच तपमान, वारा, पाऊस ह्यांपासून स्वतःचे रक्षण करू शकतात. म्हणून त्यांचेवर ह्या घटकांचा प्रत्यक्ष शारीरिक परिणाम होत नाही. तरी पण मानवांना हवामानाच्या कारणांनी होणारे विकार (उदा. सर्दी, न्यूमोनिया, वगैरे.) जनावरांनाही होतात. थंड हवेत जनावरे जास्त दूध देतात. उन्हाळ्यात दुधाचे मान कमी होते. दुभत्या जनावरांना भरपूर दूध देण्याकरिता १६° ते २७° सें. सारखे तपमान योग्य असते. ३०° सें. ला दुधाचे प्रमाण २५ टक्क्यांनी कमी होते. ३५° सें. ला ५० टक्क्यांनी कमी होते. कोंबड्या थंड हवेत मोठी अंडी घालतात. ३२° सें. पेक्षा अधिक तपमान असल्यास डुकरांचे वजन वाढत नाही. ३५° सें. किंवा त्यापेक्षा अधिक तपमानाच्या हवेत लठ्ठ मासल डुकरांचे वजन कमी होऊ लागते. दक्षिण आफ्रिकेत, जेथे वर्षातील पाऊस ५१ सें.मी. पेक्षा कमी आहे तेथे, मेंढ्यांपासून लोकरीचे उत्पन्न चांगले मिळते आणि जेथे वार्षिक पर्जन्य ७६ सें.मी. पेक्षा जास्त आहे तेथे मेंढ्यांचे मांस कमी मिळते. तपमानाचा प्रजोत्पादनावर परिणाम होतो. अधिक तपमानात ते बरेच कमी असते व अधिक तपमान बरेच दिवस टिकून राहिले तर

प्रसंगविशेषी वंध्यत्व येते. तपमानामुळेच काही प्राण्यांमध्ये प्रजोत्पादनाचे ऋतू ठरलेले असावेत. कोकणात म्हशी टिकत नाहीत व तेथील जनावरे लहानसर असतात; ह्याची कारणे जास्त पाऊस आणि उष्ण व दमट हवा ही आहेत. शेळ्या व मेंढ्या उत्तरेकडील डोंगराळ प्रदेशात आढळतात. तेथील हवा थंड व कोरडी असते हेच त्याचे कारण असावे.

हवेत मिसळणाऱ्या पदार्थांचा जीवसृष्टीवर होणारा परिणाम

पुष्कळ वेळा हवेत सूक्ष्म धुळीचे कण बऱ्याच उंचीपर्यंत तरंगत असतात. तसेच, कारखान्यांच्या धुराड्यातून निघणारा धूर व उत्सर्जित वायूही हवेत मिसळतात.धुळीमुळे सूर्यप्रकाशाला अडथळा येतो. इतर कणांमुळे धुके तयार व्हावयास मदत होते. कीड व रोगवाढीला धुके अनुकूल असते. कारखान्यांतून निघणारा धूर व वायू, परिसरातील हवा दूषित करून रात्रीच्या किंवा पहाटेच्या थंड वेळी वनस्पतींवर उतरतात. त्यापासून झाडांना अपाय होतो. सधूम धुक्यांमुळे पिकांवर अनिष्ट परिणाम होतात. फॉस्फेटच्या कारखान्यांमधून बाहेर पडलेल्या फ्लोराइड्समुळे अमेरिकेतील फ्लोरिडामध्ये फळबागांचे उत्पन्न घटले आहे. जेव्हा तपमानाच्या पर्यवसनामुळे धूर वर जाऊ शकत नाही तेव्हा जास्तच हानी होते. मानवांवरही ह्याचा परिणाम होतो. काही वेळा हवेतून बीजुकांची अगर वनस्पतींच्या बियांची वाऱ्यामुळे एका ठिकाणाहून दुसरीकडे वाहतूक होते. तसेच काही वेळा कीटक वायुप्रवाहांचा फायदा घेऊन पुष्कळ लांबचा प्रवास करतात.

जैव संख्याशास्त्राची उपयुक्तता

वरील विवेचनावरून हवामानाचे वनस्पती, माणूस व इतर प्राणी यांच्या जीवनावर होणारे परिणाम समजून येतील. भारतीय हवामान खात्याने हवामानाच्या अनेक मूलघटकांची बरीच माहिती जमा केली आहे. तसेच शेतकी खात्याने व पशुसंवर्धन खात्यानेही पुष्कळ माहिती जमविली आहे. ह्या माहितीवरून आधुनिक सांख्यिकीच्या मदतीने तपमान, प्रकाश, प्रारण, आर्द्रता, पाऊस, रोगराई, वगैरे घटकांचा पिकांची वाढ, ती पक्व होण्याचा काल, शेतीचे उत्पन्न, जनावरांची वाढ, प्रजोत्पादन, उत्पन्न (दूध, मांस, अंडी, लोकर वगैरे), रोगराईचा काळ वगैरेवर काय परिणाम होतो व त्यांचे परस्पर संबंध कसे आहेत ह्याचा अभ्यास करता येतो. त्या अभ्यासावरून पिकांच्या किंवा जनावरांच्या पुष्ट व निरोगी जीवनाला कोणत्या प्रकारच्या जलवायुमानाची जरुरी आहे हे कळू शकते.

जीवजलवायुविज्ञानाचा उपयोग करून कोठल्या क्षेत्रात कोणती पिके काढता

येतील, कोणती जनावरे पाळता येतील, कोणत्या तऱ्हेची सुधारणा त्यात करावी लागेल, यासारख्या प्रश्नांची उत्तरे मिळविता येतील. तसेच, त्यांच्या पेरणीच्या वेळा, रोगराई प्रतिबंधक उपाय योजण्याच्या वेळा व हंगामाच्या वेळा ठरविता येतील. जनावरांच्या बाबतीत विशिष्ट प्रदेशांसाठी त्यांची निवड, रोगांपासून संरक्षण आणि त्यांच्यापासून मिळणाऱ्या उत्पन्नाचा अंदाज वगैरे गोष्टीही करता येतील.

(लेखन सहभाग : कृ. म. गद्रे)

◻ ◻ ◻

२८

■■

कृषि-वातावरण विज्ञान

शेती व हवामान यांच्या परस्पर संबंधांचे हे शास्त्र आहे. हवामानाचा शेतीवर परिणाम होतो ही गोष्ट मानवाला पुरातन कालापासून माहीत असली तरी ह्या संबंधी पद्धतशीर संशोधन काही प्रगत देशांतून विसाव्या शतकाच्या आरंभालाच सुरू झाले आहे. वनस्पती जमिनीवर व जमिनीपासून काही विशिष्ट उंचीपर्यंतच्या थरातील वातावरणात वाढतात. त्यामुळे जमीन किंवा शेते आणि त्यावरील पिकांच्या अगर झाडांच्या उंचीपर्यंतचे वातावरण ह्यांचा सूक्ष्म अभ्यास होणे जरूर असते. पिकांच्या उंचीपर्यंतच्या छोट्याशा थरातील वातावरण व त्या थरांच्यावरील विस्तीर्ण वातावरण ह्यात हवामान दृष्ट्या बराच फरक असतो. हा फरक जमिनीची परिस्थिती व त्यावरील वनस्पती ह्यांवर अवलंबून असतो. जमिनीत बी पेरल्यापासून तो धान्याची कापणी, मळणी होईपर्यंतच्या कृषिकार्यातील प्रत्येक अवस्थेत हवामानाचा पिकांवर परिणाम होत असतो. अवेळी होणारी अतिवृष्टी, पावसात पडणारे दीर्घ मुदतीचे खंड, अतिप्रखर अगर अतिशीत तपमान वगैरेचा पिकांच्या वाढीवर परिणाम होऊन शेतीचे उत्पन्न घटण्याची शक्यता असते. ह्या प्रत्यक्ष संबंधांशिवाय हवामानाचा शेतीच्या मशागतीवरही परिणाम होतो. अतिवृष्टीमुळे शेतांची किंवा पिकांची मशागत करता येत नाही, गवत वाढते व त्यामुळे पिके नीट वाढत नाहीत. साधारणपणे असे म्हणता येईल की, पिकांच्या उत्पन्नांपैकी ५० टक्के उत्पन्न हवामानावर अवलंबून असते. पिकांच्या वाढीच्या काळात त्यांना किती व केव्हा पाणी द्यावे लागेल, पिकांवर पडणारी कीड व रोग यांच्या वाढीला व नियंत्रणाला पोषक असे हवामान कोणते आणि शेतीबरोबरच शेतीला उपयुक्त अशी जनावरे, फळबागा, वने ह्यांवर हवामानाचे काय परिणाम होतात, ह्यांसारख्या प्रश्नांचा अभ्यास आणि संशोधन ह्यांचाही या शाखेत समावेश होतो. तसेच, अन्न, फुले, कापड, सूत, कातडे यासारख्या वस्तु

जहाजातून नेताना त्यावरील तळघरात हवामान परिस्थिती कशी असावी त्याचाही अभ्यास या शाखेत होतो.

भारतात ह्या विषयाचे संशोधन इ.स. १९३२ पासून सुरू झाले. भारतीय वातावरण विज्ञान खात्यात कृषि-वातावरणविज्ञान नावाचा एक मोठा स्वतंत्र विभाग आहे. ह्या विभागात पिकांना वेळोवेळी लागणाऱ्या पाण्याचे प्रमाण, जमिनीपासून पिकांच्या उंचीपर्यंतच्या वातावरणाच्या विविध थरांच्या गुणधर्मांचा अभ्यास, जमिनीचे तपमान, जमिनीचा ओलावा, हवेतून, जमिनीतून व वनस्पतीतून होणारे बाष्पीभवन वगैरेंची निरीक्षणे आणि अभ्यास केला जातो. देशात कृषि-वातावरणीय वेधशाळा स्थापन करणे आणि हवामान व पिके यांच्यातील संबंधांचे एका मान्य व विशिष्ट पद्धतीने संशोधन करणे, ही कामे त्या विभागाकडे सोपविली आहेत. भारत ह्या कार्यात जागतिक वातावरण वैज्ञानिक संघटनेशी संलग्न आहे.

या संघटनेच्या कृषि-वातावरण वैज्ञानिक आयोगामार्फत कृषि-वातावरणविज्ञान विषयक माहितीची आंतरराष्ट्रीय देवघेव केली जाते. हा आयोग कृषिविज्ञानातील प्रश्नांमध्ये वापरावयाच्या वातावरण वैज्ञानिक पद्धती, तंत्रे व प्रक्रिया यांचे प्रमाणीकरण करण्याचे कार्य करतो.

वातावरणातील बदल हे केव्हाही नियमित, मोजके किंवा सहज वर्तविता येणारे नसतात. कोणत्याही वर्षात हे बदल अनियमितपणे, कमी अधिक प्रमाणात व अवेळी घडून आलेले आढळतात. कधी पावसाळ्याची सुरुवात अपेक्षेपेक्षा लवकर होते, काही वर्षी अतिवृष्टी होते, केव्हा केव्हा पाऊस अवेळी पडतो, तर कधी तो पडतच नाही. तेव्हा सर्वसाधारण हवामानाबरोबरच वरील प्रकारच्या अनियमित आणि अनिश्चित हवामानाचाही अभ्यास करणे इष्ट आहे.

शेतीच्या दृष्टीने अनिश्चित हवामानाचे खालील प्रकार आहेत : १) अतिवृष्टी व पूर, २) अवर्षणे व अल्पवृष्टी, ३) अवेळी पाऊस, ४) शीत तपमान व हिमतुषार (तुहिन), ५) प्रखर तपमान, ६) धुळीची वादळे, सोसाट्याचे वारे, चक्रीवादळे, गारांचा पाऊस, तडितप्रहार, वगैरे. या प्रकारांचे विवेचन खाली थोडक्यात दिले आहे.

पाऊस : पावसाचे मुख्य प्रयोजन म्हणजे जमिनीला ओलावा देणे, हवेचे तपमान कमी करणे, आर्द्रता वाढवणे, पिकांना पाणी पुरविणे, जमिनीतून व जलाशयांतील पाण्याच्या पृष्ठभागावरून होणारे बाष्पीभवन आणि वनस्पतीद्वारे बाष्पोत्सर्जन कमी करणे, हे होय. 'पर्जन्यात् अन्नसंभव :' ह्या उक्तीप्रमाणे शेतीच्या

दृष्टीने हवामानाच्या अनेक आविष्कारांत पावसाचा पहिला क्रमांक लागतो. जिराईत पिके तर निव्वळ पावसावरच वाढतात. बागाईत पिकांना साठवलेल्या पावसाच्या पाण्याचा उपयोग होतो, मग ते पाणी विहीरीचे, तलावाचे, पाटाचे किंवा नदीचे असो. रेताड जमिनीवरील पिकांना नेहमीच बाहेरून पाणी आणून द्यावे लागते.

पावसाचे पाणी जमिनीवर पडल्यावर त्यापैकी काही जमिनीच्या पृष्ठभागावरून वाफ होऊन हवेत मिसळते, काही जमिनीच्या पृष्ठभागावरून वाहून जाते, काही जमिनीत मुरते. थोड्या पाण्याचे वनस्पतींच्या पानांतून बाष्पोत्सर्जन होते व उरलेले पाणी जमिनीतून निचरा होऊन जाते. हवेत मिसळलेल्या पाण्याच्या वाफेमुळे हवेची आर्द्रता वाढते आणि बाष्पीभवनाची त्वरा मंदावते. जमिनीतून व वनस्पतीतून होणारे बाष्पीभवन हे सूर्यप्रारण, तपमान, हवेची आर्द्रता आणि वाऱ्यांची गती ह्यांवर अवलंबून असते. उन्हाळ्याच्या कोरड्या व उष्ण हवेत हे बाष्पीभवन प्रतिदिनी ६ ते १२ मिमी. पर्यंत होऊ शकते. गणिताच्या साह्याने सूर्यप्रारण, तपमानादी घटकांवरून बाष्पीभवन किती होईल याचे अंदाज वर्तविण्याचे प्रयत्न अनेक राष्ट्रांत चालू आहेत व ह्या बाबतीत काही ठोकळ अनुमाने उपलब्ध झाली आहेत. त्यावरून पिकांस पाणी केव्हा व किती द्यावे लागेल हे ठरविले जाते. या संबंधीचा विचार करताना एकंदर वार्षिक अगर मासिक पाऊस विचारात घेऊन भागत नाही. कारण तो पाऊस एका दिवसात पडेल अगर १५ दिवस थोडा थोडा पडेल. जास्त दिवस थोडाथोडा पडलेला पाऊस शेतीला अधिक उपयोगी पडतो. त्या दृष्टीने विचार करता पर्जन्यमापनासाठी वार्षिक अगर मासिक कालखंड न धरता साप्ताहिक अगर विशिष्ट प्रसंगी त्याहूनही कमी दिवसांची संख्या (सरासरी पाच दिवस) धरणे योग्य ठरते. त्याबरोबरच पावसाचा जोर, त्यात पडणारा खंड, अतिवृष्टी, एकसारखा पाऊस, ह्यांचाही विचार करावा लागतो; कारण त्यांचा परिणाम शेतीची मशागत, बी रुजणे, पिकांची वाढ, त्यांवर पडणारी कीड व रोग आणि शेवटी शेतीचे उत्पन्न ह्या सर्वांवर होतो.

एकसारख्या पडणाऱ्या पावसामुळे शेतात पाणी साठते, गवत उगवते व त्यामुळे मशागत करता येत नाही. पेरणी झाल्याबरोबर अतिवृष्टी झाली तर पेरलेले बी वाहून जाते अगर जमिनीत कुजते. सतत पावसामुळे होणाऱ्या मेघाच्छादित आभाळामुळे पिकांना सूर्यप्रकाश मिळत नाही, ती पिवळी पडतात व खुरटतात. हवेत आर्द्रता वाढल्यामुळे व तपमान कमी झाल्यामुळे पिकांवर कीड पडते व ती रोगग्रस्त होतात. पिकांना फुले येण्याच्या वेळी अगर नंतर वृष्टी झाल्यास दाणा भरत नाही अगर भरलेला

दाणा काळा पडतो. प्रसंगी तयार दाणे कणसावरच रुजतात. अवर्षण झाल्यास पिकांस द्रवरूपाने जमिनीतून पोषक द्रव्ये मिळत नाहीत. हवा कोरडी होऊन बाष्पीभवन जास्त होते, तपमान वाढते व पिकांची वाढ खुंटते. पेरणीनंतर दीर्घ अवर्षण झाल्यास पुनः पेरणी करावी लागते. शेतीची पुष्कळशी कामे पावसावर अवलंबून असल्यामुळे पावसाळ्याची सुरुवात, अतिवृष्टी, त्यात पडणारे खंड वगैरे बद्दलची आगाऊ सूचना शेतकऱ्यांना मिळणे अत्यंत महत्वाचे असते. कृत्रिम रीतीने पाडता येणाऱ्या पावसाचा ह्या बाबतीत विचार करण्यासारखा आहे.

तपमान : बी रुजणे, पिकांची वाढ होणे वगैरे गोष्टी पावसाइतक्याच तपमानावरही अवलंबून असतात. तपमान कमी असल्यास बी रुजण्यास वेळ लागतो व वनस्पतींची वाढही कमी प्रमाणात होते. कोणत्या पिकाला किती तपमान लागते हे पिकांच्या प्रकारावर अवलंबून असते. हिवाळी पिकांना पावसाळी अगर उन्हाळी पिकांपेक्षा कमीच तपमान हवे. हिवाळ्यात तपमान फार खाली म्हणजे हिमांकापर्यंत किंवा त्याच्या जवळपास गेले म्हणजे पिके थंडीने सुकतात व खुरटतात. द्राक्षे, पोपई, सफरचंद वगैरेसारख्या फळझाडांचे आणि फळांचे फारच नुकसान होते. पंजाब, उत्तर प्रदेश व हिमालयाच्या जवळील भागात हिवाळ्यातील थंडीच्या लाटेमुळे फळबागांचे बरेच नुकसान होते. अशा वेळी थंडीच्या लाटेची आगाऊ सूचना मिळणे आवश्यक असते. झाडांना पाणी देऊन, बागेत धुऱ्या पेटवून किंवा त्यात विमानांच्या पंख्यांनी उष्ण हवा खेळती ठेवून थंडीमुळे पिकांचे व फळझाडांचे होणारे नुकसान टाळता येते. भारतातील शेतकरी अशा स्वरूपाच्या पद्धतींचे अनेकदा अवलंबन करतात.

पाण्याची उपलब्धता, जमिनीचे व त्यावरील हवेचे तपमान आणि त्या तपमानाचा कालावधी पिकांच्या वाढीच्या दृष्टीने फार महत्वाचा असतो. ह्या माहितीवरून कोणत्याही प्रदेशात लावता येणाऱ्या पिकांच्या जाती व प्रकार ठरविता येतात. उसाला साधारणपणे २६° ते ३०° से. तपमान अदमासे ८ महिने लागते, तर भाताला २२° ते २५° से. सारखे तपमान व आर्द्र हवा ४ ते ५ महिने लागते. कापसाला २४° ते २६° से. तपमान लागते. आणि त्याच्या संपूर्ण वाढीला १८० ते २०० दिवस लागतात. मक्याला २१° ते २६° से. इतके तपमान लागते आणि पूर्ण पीक १४०-१६० दिवसात पदरी पडते. पिके कापणीस आली की मग त्यांना अधिक तपमान व कोरडी हवा लागते. अशा वातावरणीय मूलघटकांचा विचार केला तर कोकण (महाराष्ट्र), आंध्र प्रदेश, म्हैसूर, केरळ, तामिळनाडू, बंगाल हे भाताचे प्रदेश आहेत,

तर मध्यप्रदेश, उर्वरित महाराष्ट्र, पंजाब, उत्तर प्रदेश हे ज्वारी, कापूस, गहू वगैरेचे प्रदेश आहेत, हे स्पष्ट होते. ह्याच गोष्टींमुळे पिकांचीही प्रादेशिक विभागणी झाली आहे. गव्हाला थंड हवा लागत असल्यामुळे तो दक्षिण भारतात पिकत नाही. सफरचंद, जरदाळू, प्लम, वगैरे फळे दक्षिणेत होत नाहीत, तर फणस, नारळ, सुपारी वगैरे उत्तरेकडे पिकत नाहीत.

ज्याप्रमाणे अतिशय थंड हवेने पिकांचे नुकसान होते त्याप्रमाणे अती उष्ण हवेनेही नुकसान होते. जमिनीतून व वनस्पतींच्या पानातून बाष्पोत्सर्जन फार होते, झाडांस पाण्याची कमतरता भासते, जमिनीचे व हवेचे तपमान वाढल्याने वनस्पती वाळून जातात अगर त्यांची वाढ खुंटते. लहान रोपांच्या बाबतीत हे चांगलेच दिसून येते. जमिनीला पाणी देऊन, रोपांवर सावली करून किंवा जमिनीवर पाने पसरून काही अंशी गारवा उत्पन्न करता येतो. दक्षिण भारतात व महाराष्ट्रात मार्च, एप्रिल व मे महिन्यात आणि तामिळनाडूकडे जुलै-ऑगस्टमध्ये तपमान अत्याधिक प्रमाणात असते. ह्या कालावधीत शेतकी व्यवसायात बहुतेक संपूर्णपणे खंड पडलेला असतो.

दुभत्या जनावरांकडून होणारी दूधनिर्मितीसुद्धा तपमानावर अवलंबून असते. गाई, म्हशी १६° ते २६° से. तपमान असताना इष्टतम दूध देतात. ३० से. अंशांवर हवेचे तपमान आले की दूधनिर्मितीत पावपट घट होते. तपमान ३५° से. पर्यंत वाढले की दूधनिर्मिती निम्म्यावर येते. युरोपीय देशांत तपमान ३५° से. च्या वर गेले की जनावरांचे वजन कमी होऊ लागते. त्याचप्रमाणे थंडी वाढली की जनावरे कमी दूध देऊ लागतात.

धुळीची वादळे, सोसाट्याचे वारे, चक्रीवादळे वगैरे : धुळीच्या वादळाने शेतात बाहेरील धूळ व रेती येते, जमिनीवर आणि झाडांवर धूलिकणांचा थर बसतो. काही वेळा जमिनीचा कस बाहेरच्या रेतीमुळे बिघडतो. धुळीची वादळे साधारणपणे उन्हाळ्यात होतात. त्यावेळी हवेत आर्द्रता कमी असल्यामुळे बाष्पीभवन अधिक होऊन झाडांस अपाय होतो.

सोसाट्याचे वारे जेव्हा अति थंड प्रदेशांवरून येतात तेव्हा हिमतुषार पडण्याचा संभव असतो, व जेव्हा ते वारे उष्ण प्रदेशांवरून येतात तेव्हा पिके वाळतात. कोरड्या, वेगवान वाऱ्यांमुळे शेतजमिनीतून तसेच वनस्पतीतून बाष्पोत्सर्जन अधिक प्रमाणात होते. जोंधळा, मका, ऊस ह्यासारखी उंच वाढणारी पिके जमिनीवर लोळतात. उसांमधील साखरेचे प्रमाण कमी होते. झाडे उन्मळून पडतात. शेतांभोवती उंच बांध घालून व त्यांवर झाडे लावून उग्र वाऱ्यांपासून शेताचे संरक्षण करता येते. चक्रीवादळे भारताच्या निकटवर्ती समुद्रात पावसाळ्याच्या सुरवातीस आणि

पावसाळ्याच्या अखेरीस निर्माण होतात. किनारपट्टीवर त्यांचा प्रभाव फार मोठ्या प्रमाणावर जाणवतो. किनारा ओलांडून ही वादळे जमिनीवर आली की त्यांपासून पिकांचे व मालमत्तेचे अतोनात नुकसान होते. प्रसंगाविशेषी प्राणहानीही होते. वादळांबरोबर सोसाट्याचा वारा, वीज व अतिवृष्टी यांसारखे आविष्कार येतात. त्यामुळे झाडे मोडतात, शेतातील पीक जमीनदोस्त होते, खळ्यांमधील धान्य उडून जाते अगर भिजते. वीज पडल्याने झाडे जळतात, व प्रसंगी प्राणहानीही होते. गारांच्या वृष्टीने शेतीचे व फळझाडांचे नुकसान होते. पिके कापणीवर आली असताना वरील घटनांबद्दल आगाऊ सूचना मिळाली तर धान्याची अगोदर कापणी करून व पिके सुरक्षित ठिकाणी ठेवून संभाव्य नुकसान टाळता येते.

सूर्यप्रारण : सूर्यप्रारणामुळे वनस्पतीत प्रकाश संश्लेषण होते. वनस्पतींच्या वाढीला ते अत्यावश्यक असते. सूर्यापासून येणारे लंब अगर तिरपे किरण, आकाशाची निरभ्रता व दिनमान ह्यांवर सूर्यप्रारणशक्ती अवलंबून असते. जमिनीच्या व तिच्या नजीकच्या हवेच्या तपमानावर सूर्यप्रारणाचा परिणाम होतो. उन्हाळ्यात जेव्हा वारा नसतो तेव्हा प्रारणामुळे जमिनीचे तपमान बरेच वाढते, बाष्पीभवन अधिक प्रमाणात होते व पिके करपतात. आकाश अभ्राच्छादित असते तेव्हा पिकांना प्रारण कमी मिळते, ती पिवळी पडतात, त्यांची वाढ खुंटते व त्यांवर कीड व रोगजंतू येऊन धाड घालतात. पिके फुलांवर येतात तेव्हाही ढगाळ आभाळ हानिकारक ठरते. जेव्हा जमिनीचे तपमान अधिक होते तेव्हा शेतात पांढरा पदार्थ (उदाहरणार्थ, टाकाऊ कापूस, राख, उसाचे चिपाड वगैरे) पसरून ते तपमान कमी करता येते, जमिनीतील ओलावाही अधिक काळ टिकून राहतो. हिवाळ्यात जेव्हा जमिनीचे तपमान कमी असते तेव्हा काळ्या रंगाचे पदार्थ जमिनीवर पसरून ते थोडेसे वाढविता येते. उन्हाळ्यात जमिनीला पाणी देऊन तिचे तपमान कमी करता येते. हिवाळ्यात पाणी दिल्यास जमीन फारशी थंड होत नाही. अर्थात् हा परिणाम जमीन जोपर्यंत ओली राहील तोपर्यंतच टिकतो.

निरनिराळ्या हवामानाचे पिकावर होणारे विशिष्ट परिणाम : पिके निरनिराळ्या ठिकाणी व निरनिराळ्या हवामानात तेथील परिस्थितीशी जुळते घेऊन वाढतात. त्यामुळे सर्व ठिकाणीच लागू पडेल असा हवामानासंबंधी एखादा निष्कर्ष काढणे कठीण असते. उदाहरणार्थ, पंजाबमध्ये गहू ६ महिन्यांनी तयार होतो तर महाराष्ट्रात त्याला साडेतीन महिने पुरतात. जे हवामान हिवाळी पिकांना चांगले असते ते पावसाळी पिकांना वाईट असते. ह्या कारणामुळे हवामानाच्या दृष्टीने प्रत्येक प्रदेशासाठी प्रत्येक

पिकाचा स्वतंत्र अभ्यास होणे जरूर आहे. विशेषतः भारतासारख्या अत्यंत मोठ्या देशात दक्षिण व उत्तर भागात हवामानातील फरक चांगलेच जाणवतात. तेथे अशा संशोधनाची फार जरुरी असून अनेक ठिकाणी असे संशोधन चालूही आहे.

विशिष्ट तपमानात बी ठेवून, त्याच्यावर रासायनिक क्रिया करून तज्जन्य वनस्पतींची वाढ थांबविणे, जलद करणे, त्यांना लवकर किंवा उशिरा फुलावर आणणे वगैरे प्रयोगही भारतात काही ठिकाणी चालू आहेत.

बटाट्याचे रोप जेव्हा २ महिन्यांचे असते त्यावेळी जर तपमान ५° से. च्या वर आणि आर्द्रता ७५ टक्क्यांच्यावर असेल तर बटाट्याला करपा रोग जडतो. तसेच हिवाळ्यात मळभ, धुके व आर्द्र हवा यामुळे गव्हाला तांबेरा रोग पछाडतो. पावसाळ्यात दमट हवेमुळे पिकांना कीड लागते.

जंगलात अधिक तपमान, कमी आर्द्रता व द्रुतगती वारे आग पसरविण्यास कारणीभूत होतात. तसेच, जंगलात २२° ते २८° से. तपमान व ८० टक्के अगर अधिक आर्द्रता असल्यास झाडावर कीड पडण्यास अनुकूल वातावरण निर्माण होते. त्याविरुद्ध प्रतिबंधक उपाय योजणे सोपे व्हावे म्हणून संबंधित खात्यांना हवामानाच्या आगाऊ सूचना मिळणे अगत्याचे ठरते.

हल्ली बऱ्याच ठिकाणी कीड व रोगप्रतिबंधक उपाय म्हणून कमी उंचीवरून उडणाऱ्या विमानातून शेतांवर जंतुनाशक औषधे फवारली जातात. त्यासाठी वैमानिकाला त्यावेळच्या वाऱ्यांची गती आणि दिशा, तपमान, दृष्टिक्षेप यासंबंधी अंदाज देऊन मार्गदर्शन करणे आवश्यक असते. साधारणपणे हवाई फवारणीसाठी सकाळ-संध्याकाळ किंवा रात्रीची वेळ सोयीची असते. विमानाच्या सुरक्षिततेसाठी वैमानिकाला शेतावरील अगर जंगलावरील धुक्याबद्दलचीही आगाऊ माहिती देणे आवश्यक असते.

कृषि-वातावरण विज्ञानात सर्व पिकांना सर्वत्र लागू पडतील असे व्यापक स्वरूपाचे नियम ठरविणे अशक्य असते. प्रत्येक पिकाचे हवामानाशी वेगळ्या स्वरूपाचे संबंध असतात. त्यामुळे प्रत्येक पिकाच्या बाबतीत स्वतंत्रपणे संशोधन करावे लागते.

(लेखन सहभाग : कृ. म. गद्रे)

□ □ □

२९

तारे

"रात्रीचे आकाश" हा एक उत्कृष्ट, अप्रतिम आणि बिनचूकपणे घडून येणारा सौंदर्यशाली सृष्टिचमत्कार आहे. त्यात असंख्य तारे व तारकासमूह दिसतात. दुर्बिणीतून पाहिल्यास तारकामंडळाची अवर्णनीय शोभा दिसते. माणसातील कविहृदय जागं होतं. एक म्हणतो : 'अनंत अफाट महासागराच्या विस्तीर्ण पृष्ठभागावर पारिजातकाची पुष्पं तरंगताना दिसावीत त्याप्रमाणेच अंतरीक्षातील नक्षत्रं व तारकागुच्छ दिसत आहेत !' 'दुसरा म्हणतो : अंतराळातील असंख्य तारे पाहून नीलवर्ण संगमरवरी भूमीवर अनंत रत्ने पडलेली आहेत असा भास होतो. तिसरा म्हणतो : आकाशाच्या भव्य व प्रचंड मंडपात तारे म्हणजे कोट्यवधी दीपच ! असीम विश्वाच्या विशाल विवरात तारे म्हणजे देदीप्यमान गोलच जणु ! आकाशाच्या मेघडंबरीत लकाकणाऱ्या ताऱ्यांच्या रूपानं असंख्य सुवर्णमणीच बसविले आहेत असा संभ्रम निर्माण होतो !"

प्रत्यक्षात तारे म्हणजे आकाशस्थ ज्योती किंवा अति तापदीप्त तेजःपुंज स्वयंप्रकाशित प्रचंड वायुगोलच. गुरुत्वजन्य प्रेरणेमुळे असीम वायुद्रव्य त्यात सामावलेले असते. आकाशात अगणित तारे आहेत, अनंत दीर्घिका आहेत. आपल्या आकाशगंगा नामक दीर्घिकेत $१०^{११}$ (एक निखर्व) तारे आहेत. त्यांतील ६००० तारे आपल्याला दुर्बिणीची मदत न घेता दिसू शकतात.

आपला सूर्य हा प्रारूपिक तारा आहे. त्याचा व्यास १३.९×१०^{१०} सें.मी आहे; म्हणजे आकाराने सूर्य पृथ्वीपेक्षा १०९ पटींनी मोठा आहे. सूर्याचे आकारमान पृथ्वीच्या आकारमानाच्या दशलक्षपट आहे. सूर्याचे वस्तुमान २×१०^{३३} ग्रॅम्स आहे म्हणजे सूर्याचा आकार प्रचंड असतानासुद्धा तो पृथ्वीच्या फक्त ३३०,००० (तीन लक्ष तीस हजार) पट जड आहे. पृथ्वीच्या घनतेच्या मानाने सूर्याची माध्य

घनता पुष्कळच कमी म्हणजे घनसेंटिमीटरगणिक १.४५ ग्रॅम्स् इतकी आहे. सौर केंद्राकडे घनता वाढते. तेथे ती घनसेंटिमीटरगणिक १२० ग्रॅम्स इतकी असते. सौरपृष्ठाचे तपमान ५७५० निरपेक्ष अंश व केंद्रीय तपमान १ कोटी ३० लक्ष निरपेक्ष अंश आहे. सूर्याचे माध्य किंवा सरासरी तपमान पन्नास लक्ष निरपेक्ष अंश आहे. घनता अधिक असली तरी सूर्यगोलातील वायुद्रव्य संपूर्णपणे विदलित किंवा आयनीभूत अवस्थेत असते. सूर्याची दीप्ती प्रतिसेकंदास ४ x $१०^{३३}$ अर्ग्ज इतकी असते. इतर ताऱ्यांचे वस्तुमान, व्यास आणि दीप्ती सूर्याच्या घटकमूल्यांच्या गुणांकात देण्याची प्रथा आहे.

सर्व ताऱ्यांचे स्वरूप थोड्या फार फरकाने सूर्यासारखेच असते. ताऱ्यात आढळणारी मूलद्रव्ये पृथ्वीवर आढळणाऱ्या मूलद्रव्यांसारखीच असतात. सर्वसाधारण ताऱ्यात वजनाने ७० टक्के हायड्रोजन, २८ टक्के हीलियम, १.५ टक्के कार्बन, नायट्रोजन, ऑक्सिजन व नियॉन आणि उर्वरित अर्ध्या टक्क्यांत लोह, झिरकोनियम व टेक्नेशियम व त्यापेक्षा जडतर मूलद्रव्यांचे आयनीभूत झालेले कण असतात. अत्यंत हलके असलेले हायड्रोजन सारखे मूलद्रव्य सर्व ताऱ्यांत प्रामुख्याने आढळते. जड मूलद्रव्यांचे प्रमाण क्रमाक्रमाने कमीच होत जाते. जितके मूलद्रव्य जड तितके ताऱ्यात त्याचे प्रमाण कमी असा ताऱ्यांच्या संरचनेचा नियम आहे. विश्वात जितके वस्तुमान आहे, त्यातील फार मोठा भाग ताऱ्यांत सामाविलेला आहे.

तारे वरकरणी सारखेच दिसतात. पण हा सारखेपणा फसवा असतो. भूमिचर सृष्टीत, समुद्र व सरोवरांतील जीवसृष्टीत, किंवा वातावरणात संचार करणाऱ्या पक्ष्यांमध्ये व कीटाणूंमध्ये जी विविधता आढळते तशीच विविधता ह्या तारकांच्या विश्वातही आढळते. ताऱ्यांचे वर्णन करताना अनेक प्रचल मूल्यांचा विचार करावा लागतो. ताऱ्यांचे आपल्या सूर्यापासूनचे अंतर किंवा ताऱ्यांचे आपल्या दीर्घिकेत स्थान, त्यांचा अवकाशातील वेग, आकार, तपमान, दीप्ती, वस्तुमान, घनता, रासायनिक संघटना, आणि ताऱ्यांचे वय अशा नऊ प्रचल मूल्यांकांची निश्चिती ताऱ्यांचे वर्णन करण्यास आवश्यक असते.

आपल्या ग्रहमालेचा स्वामी सूर्य हा एक तारा आहे. इतर ताऱ्यांचे स्वरूप सूर्याच्या स्वरूपासारखेच असेल अशी अटकळ करून आपण सूर्याच्या काही महत्वपूर्ण लक्षणांचा विचार करूया. अतिदूरस्थ तारे बिंदुवत् दिसतात. पण सूर्याचे बिंब किंवा तबकडी आपल्याला स्पष्टपणे दिसते. सौरपृष्ठभागावर बहुरंगी अनेक नाजूक छटा दिसतात. त्यांची संरचना सारखी बदलत असते. कधी मोठाले वायुरूप ढग सौरपृष्ठावर

तरंगताना दिसतात तर कधी ते बाणासारखे अतिवेगाने अवकाशात झेप घेतात. अनेकदा ते ढग असंख्य प्रपातमालांच्या स्वरूपात खाली येऊ लागतात. त्यांना सूर्याची तेजःशृंगे म्हणतात. त्यांची गती चुंबकीय आवेगांनी नियंत्रित केली जाते. कधीकधी सौरपृष्ठावर दीप्तिमान उद्रेक निर्माण होतात. त्यामुळे अवकाशात असंख्य अणुतुषार प्रक्षेपित केले जातात. कधीकधी सौरपृष्ठावर डाग दिसू लागतात. ती सौरपृष्ठावरील वादळेच होत. अशा वेळी सौरपृष्ठ अतिशय तप्त आणि उद्दीप्त झालेले असते. डाग असलेल्या वादळी क्षेत्रात केंद्रीय प्रदेशातून अतितप्त वायू पृष्ठभागाकडे येत असतात. सूर्याचे सर्वसाधारण चुंबकीय क्षेत्र क्षीण असले तरी सौर डागांत प्रभावी व तीव्र चुंबकीय क्षेत्रे निर्माण झालेली अनुभवास येतात. सूर्याच्या खग्रास ग्रहणाच्या वेळी सूर्याच्या काळ्या तबकडीभोवती गुलाबी रंगाची पाळ किंवा कडा दिसते. त्याला वर्णावरण (क्रोमोस्फिअर) असे म्हणतात. त्याला गुलाबी रंग हायड्रोजनमुळे मिळालेला असतो. वर्णावरणानंतर सूर्यापासून गतिमान मौक्तिक प्रवाह उत्सर्जित झाल्यासारखे दिसतात. त्यांना सौरकिरीट म्हणजे कोरोना असे म्हणतात. या प्रवाहांवरही सौर चुंबकीय क्षेत्राचे नियंत्रण असते.

सूर्याची अतितप्त दशा, सतत परिवर्तनशील पृष्ठभाग, तेजःशृंग, उद्रेग, अल्पकालीन कर्षुकत्व, यासारखे पृष्ठस्थ आविष्कार इतर ताऱ्यांच्या बाबतीतही घडून येतात असे आता सिद्ध झाले आहे.

ताऱ्यांचे अंतर सूर्यकेंद्रीय दृक्च्युति (हेलिओसेंट्रिक पॅरॅलॅक्स) पद्धतीने मोजतात. सूर्य आपल्या पृथ्वीपासून ९ कोटी ३० लक्ष मैल दूर आहे. इतर ताऱ्यांची अंतरे याहूनही अनेक पटींनी अधिक आहेत. त्यांचा प्रकाश पृथ्वीवर पोचायला अनेक वर्षे लागतात. ती अंतरे मैलांमध्ये देता येत नाहीत. अंतरांच्या आकड्यांवर किती शून्ये ठेवावीत त्याचा हिशेब राहात नाही. ज्योतिर्विदांनी त्यासाठी "प्रकाश-वर्ष" हा एकक योजिला आहे. एक प्रकाशवर्ष म्हणजे ५.८७ निखर्व मैल. ध्रुवाचा तारा आपल्यापासून ३०० प्रकाशवर्षे दूर आहे. इतर तारे त्यापेक्षा हजारो/लाखोपटींनी दूर आहेत. आतापर्यंत ६००० ताऱ्यांची अंतरे निश्चित झाली आहेत. तारकामंडळांचे अनेक नकाशे उपलब्ध झाले आहेत. त्यांत दीड ते तीन लक्ष ताऱ्यांची माहिती मिळते.

सर्वच तारे गतिमान असतात. दररोज आकाशात पाहिले तर ताऱ्यांना गती आहे याची खात्री पटत नाही. पण २५ ते ५० वर्षांनी ताऱ्यांच्या छायाचित्रांचे परीक्षण केल्यास ताऱ्यांची स्थाने बदलल्याचे ध्यानात येते. सुमारे तीन लक्ष ताऱ्यांना स्वतःची

गती असल्याचा स्पष्ट पुरावा आता हाती आला आहे. सूर्याच्या जवळपास असणारे तारे प्रतिसेकंदाला १२ मैल यासारख्या सूर्याच्याच गतीने अवकाशात भ्रमण करतात. पण अतिवेगवान तारे प्रति सेकंदाला १०० मैलांसारख्या प्रचंड वेगाने प्रवास करताना दिसतात. सूर्यापेक्षा त्यांचे वय अधिक असते.

खरं म्हणजे आपल्या दीर्घिकेतील तारे केंद्राभोवती प्रचंड वेगाने फिरत आहेत. इतर ताऱ्यांच्या बरोबर सूर्यही आपल्या ग्रहमालेला घेऊन प्रतिसेकंदाला १२० ते १४० मैलांच्या प्रचंड वेगाने लंबवर्तुळाकृती कक्षेत फिरविला जात आहे. २० ते २२ कोटी वर्षांनी ही प्रदक्षिणा पूर्ण होईल. ह्या कालावधीला 'वैश्विक वर्ष' असे म्हणतात.

ताऱ्यांच्या आकारात विपुल विविधता आढळते. आकाराप्रमाणे ताऱ्यांचे चार प्रकार केले जातात. सुपर जाएंट्स् म्हणजे महत्तम तारे आकाराने अतिविशाल असतात. त्यांची घनता कमी असते. नंतर जाएंट्स् किंवा महातारे येतात. यानंतर प्रमुख प्रणालीच्या ताऱ्यांचा म्हणजे मेनसीक्वेन्स स्टार्सचा क्रम लागतो. आपला सूर्य ह्या प्रकारच्या ताऱ्यांत मोडतो. शेवटी धवल लघुतारे (व्हाईट ड्वार्फस्) येतात. लहान असूनही त्यांची घनता आश्चर्य वाटण्याइतकी अधिक असते. वरील चार प्रकारांपैकी ताऱ्यांच्या प्रत्येक प्रकारात निळ्या रंगाचे तारे अधिकतम घनतेचे व अतिशय लहान आकाराचे असतात. अति दीप्तिमान तारे अधिकतम घनतेचे असतात.

महत्तम ताऱ्याचा व्यास लघुतम ताऱ्यांच्या व्यासापेक्षा दीड लाखपट असतो. जो तारा साध्या डोळ्यांनी दिसतो. त्याचा व्यास सूर्याच्या व्यासापेक्षा ५०० पटींनी अधिक असतो तर लघुतम ताऱ्याचा व्यास सूर्याच्या व्यासापेक्षा $\frac{१}{३००}$ असतो. ह्या मापक्रमाप्रमाणे आपला सूर्य लहान ताऱ्यांत मोडतो.

दुर्बिणीतून पाहिले तर ताऱ्यांना वेगवेगळे रंग प्राप्त झाले आहेत असे दिसते. ताऱ्यांच्या रंगावरून तो किती तप्त आहे हे सांगता येते. अतितप्तमान तारे नीलधवल रंगाचे असतात. त्यांचे पृष्ठभागीय तपमान सुमारे ४५०००° से. असते. इतर नीलधवल ताऱ्यांचे पृष्ठभागीय तपमान ३००००° ते १५०००° से. इतके असते. तपमान श्रेणीत नीलधवल ताऱ्यांनंतर धवल ताऱ्यांचा क्रम लागतो. त्यांचे तपमान ११०००° से. च्या जवळपास असते. नंतरच्या क्रमांकाने येणारे शीततर तारे पीतधवल रंगाचे असतात. त्यांचे पृष्ठभागीय तपमान सुमारे ७०००° से. असते. यानंतरच्या पीतवर्णी ताऱ्यांचे तपमान ६०००° से., नारिंगी ताऱ्यांचे तपमान ४२००° से. असते. लाल रंगाचे तारे शीततम असतात. त्यांचे तपमान ३१००° ते १६००° से. च्या दरम्यान असते.

रंग व तपमानाप्रमाणे ताऱ्यांचे दहा प्रकारांत वर्गीकरण केले जाते. प्रत्येक प्रकाराला एक इंग्रजी मूळाक्षर दिले आहे. हे वर्गीकरण O-B-A-F-G-K-M-R-N-S या अक्षरसमूहाने प्रसिद्ध आहे. अति तप्त ताऱ्यांचे प्रभावी तपमान ५००००° ते १०००००° से. असते. त्यातून लघुतरंगायामी प्रारण उत्सर्जित होते. काही ताऱ्यांपासून क्ष-किरण उत्सर्जित होतात. त्यांचे प्रभावी तपमान ५ कोटी अंश सेल्शियस असते. आपला सूर्य G ह्या पीतवर्णी ताऱ्यांच्या वर्गात मोडतो.

ताऱ्यांचे तपमान आणि आकार यांवर त्यांची दीप्ती अवलंबून असते. अति ठळक ताऱ्यांची दीप्ती सूर्याच्या दीप्तीपेक्षा ३ लक्षपट जास्त भरते. अत्यंत अंधुक ताऱ्यांची दीप्ती सूर्याच्या दीप्तीच्या फक्त पाच सहस्रांश असते.

अनेक ताऱ्यांची दीप्ती सारखी बदलत असते. त्यात नियमित आवर्तन असते. याचे उत्तम उदाहरण सीफ्यूज या ताऱ्याचे देता येईल. ५.३७ दिवसांच्या कालावधीत हा तारा अत्यंत तेजस्वी व नंतर मंदप्रभ होतो. ताऱ्यांच्या दीप्तीतील बदल ताऱ्यांच्या आकुंचित होण्यामुळे व प्रसरण पावण्यामुळे होतात. जेव्हा तारे आकुंचन पावतात तेव्हा त्यांचा आंतरिक दाब व तपमान वाढतात. सह्य मर्यादेच्या पलीकडे हे घटक गेल्यास ताऱ्यांचा विस्फोट होतो आणि त्यांतील अत्युष्ण वायुद्रव्य सर्व दिशांनी पसरते. वायुकण ताऱ्यांच्या अंतर्गत दाबापासून मुक्त होतात पण लगेच गुरुत्वजन्य आकर्षणामुळे तेच वायुद्रव्य पुन्हा ताऱ्यांच्या केंद्राकडे ओढले जाते. तारे आकुंचन पावतात. हे आकुंचन व प्रसरण एकांतराने होत असल्यामुळे ताऱ्याच्या दीप्तीत आवर्तनशील बदल होतात. अशा ताऱ्यांना "स्पंदमान तारे" (पल्सेटिंग स्टार्स) असे म्हणतात.

काही ताऱ्यांची दीप्ती एकाएकी वाढते आणि वृद्धिंगत झालेली तेजस्विता कित्येक दिवस टिकते. ह्या ताऱ्यांत अतितप्त वायुद्रव्याचा एकाएकी विस्फोट होतो. दाही दिशांनी तप्त वायूचे मेघ केंद्रापासून द्रुत गतीने बाहेर पडतात. तारे एकाएकी उद्दीप्त व प्रज्वलित होतात. काही तारे आपल्या सूर्यापेक्षा २५००० पटींनी अधिक दीप्तिमान होतात. काही आठवड्यानंतर ते परत आपली पूर्वीची दीप्ती धारण करतात. अशा ताऱ्यांना "नोव्हा" किंवा "नवतारे" असे म्हणतात.

प्रतिवर्षी साधारणपणे ५० ताऱ्यांचा विस्फोट होतो. विस्फोट होताना नोव्हांची दीप्ती सूर्याच्या दीप्तीपेक्षा १ लक्ष पटींनी अधिक होते. कधीकधी विस्फोटित ताऱ्यांची दीप्ती सूर्याच्या दीप्तीपेक्षा दहा कोटी पटींनी अधिक असते. अशा ताऱ्यांना "अतिनवतारे" (सुपरनोव्हा) असे म्हणतात.

इ.स. १०५४ मध्ये चिनी ज्योतिर्विदांनी "सुपरनोव्हा" चा विराट विस्फोट पाहिला. हा अतिनवतारा नंतर कित्येक महिने दिवसा दिसण्याइतका दीप्तिमान होता. अजूनही तो "क्रॅब नेब्यूला" या नावाने ओळखला जातो. त्यातील द्युतिमान वायुद्रव्य म्हणजे साडे नऊशे वर्षांपूर्वी विस्फोटित झालेल्या सुपरनोव्हाचे अवशेष आहेत असे मानण्यात येते.

काही ताऱ्यांच्या दीप्तीत विशेष फरक दिसत नाही, परंतु त्यांचा पृष्ठभाग सातत्याने बदलत असतो. त्यांना चुंबकत्वाचा गुण प्राप्त झालेला असतो. अशा ताऱ्यांना "चुंबकीय रूपविकारी तारे" म्हणतात. त्यांचे चुंबकीय क्षेत्र विशाल असते आणि त्या क्षेत्राची ध्रुवता नियमित लयबद्धतेनुसार बदलत असते. सूर्याला कायम स्वरूपाचे चुंबकीय क्षेत्र नसताना सौरपृष्ठावरील डागांतही चुंबकीय क्षेत्रे आढळतात. या दोन्ही आविष्कारांची कारणे शास्त्रज्ञांना अजूनही कळली नाहीत.

काही तारे मिळून एक समूह मानला जातो. त्याला "नक्षत्र" म्हणतात. हे तारे रेषांनी जोडले म्हणजे त्यांची काहीतरी काल्पनिक आकृती तयार होते. ही आकृती कोणातरी पक्ष्यासारखी, जनावरासारखी किंवा माणसासारखी दिसते. त्याच्या अनुरोधाने त्या तारकासमूहाला नाव दिले जाते. वृश्चिक किंवा स्कॉर्पियस, मिथुन किंवा जेमिनी, कर्क किंवा कॅन्सर, मृग, शर्मिष्ठा, सप्तर्षि, ध्रुवमत्स्य, धनु या नक्षत्रांच्या काल्पनिक आकृती डोळ्यात भरण्यासारख्या आहेत. सध्याच्या आंतरराष्ट्रीय पद्धतीनुसार एकंदर ८८ नक्षत्रे योजिली आहेत. आकाशात ती शोधून काढणे हा अतिमनोरंजक व ज्ञानसंवर्धक छंद होऊ शकतो.

खगोलीय वस्तू रेडिओ-तरंग निर्माण करू शकतात असा शोध इ.स. १९३१ मध्ये के.जी. यान्स्की यांनी लावला. आकाशगंगेतील कित्येक भागांतून विद्युत् चुंबकीय तरंग सतत प्रक्षेपित होत असल्याचे दिसून आले. इ.स. १९३२ मध्ये रेडिओ-दुर्बिणीचा शोध लागला. जगातील सर्वात मोठी रेडिओ-दुर्बिण इंग्लंडमधील जॉर्डेलबँक येथे स्थापिली आहे. तिच्या बिंबिकेचा व्यास २५० फूट आहे. भारतात उटकमंड येथेही रेडिओ-दुर्बिण बसविली आहे. उत्तर गोलार्धात आतापर्यंत २००० रेडिओ-उत्सर्जक स्थाने सापडली आहेत. त्यांना 'रेडिओ-तारे' (रेडिओ-स्टार्स) असे म्हणतात.

ताऱ्यांचे जीवनचक्र अत्यंत मनोरंजक आहे. अवकाशातील वायू आणि धूलिकण एकत्र येऊन त्यांचे अभिसंचरण झाल्यास तारा जन्मास येतो. त्यानंतर तारकीय द्रव्यमानाच्या केंद्रीय भागात गुरुत्वजन्य दाब वाढल्यामुळे तपमान वाढते, अणुगर्भीय विक्रिया सुरू होते व तो तारा तो नीलधवल वर्णाचा दिसू लागतो. यावेळी तो पूर्ण

विकसित झालेला असतो, त्याला प्रौढत्व आलेले असते. या अवस्थेत तो कित्येक अब्ज वर्षे राहतो. तारकीय इंधन म्हणजे हायड्रोजन वायू. त्याचे अणुगर्भीय विक्रियेमुळे हीलियममध्ये रूपांतर होते. ताऱ्यामधील हीलियमचे प्रमाण वाढते. हीलियम हायड्रोजनच्या ४ पटींनी अधिक जड असतो. त्यामुळे ताऱ्याचे अंतर्संतुलन कोलमडते. तारा आकाराने वाढू लागतो, त्याची दीप्तीही वाढते. हा बदल ताऱ्यातील मूळ हायड्रोजनपैकी १/८ भागाचे हीलियममध्ये रूपांतर होईपर्यंत सातत्याने चालू राहतो. ताऱ्याला प्रचंड विराट स्वरूप येते. अशा ताऱ्याला "राक्षसी तारा" म्हणतात. त्याची भूक वाढते. भयंकर त्वरेने तो आपल्या हायड्रोजनचा फडशा पाडू लागतो. लक्षावधी वर्षांनी हायड्रोजन संपतो. इंधन संपल्यावर तारा थंड होऊ लागतो, आकुंचन पावतो. त्याला बुटकेपण येते. तो लघुताऱ्याचे (ड्वार्फस्टारचे) रूप धारण करतो. वय वाढते तसतसे हीलियमचे इतर जड मूलद्रव्यांत रूपांतर होते.

G - वर्गातला असलेला आपला सूर्य हा आता "मध्यम वयाचा तारा" झाला आहे. त्याने आतापर्यंत ६ टक्के हायड्रोजन संपविला आहे. ६ अब्ज वर्षांनी तो आकाराने वाढू लागेल आणि आपल्या जीवनक्रमाची शेवटची वर्षे मोजू लागेल. सूर्य थंड व्हायला खूप वेळ आहे. अब्जावधी वर्षे लागतील हे व्हायला !

❑ ❑ ❑

३०

तारे का लुकलुकतात ?

पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणामुळे तारे लुकलुकतात. हे अविरतपणे चाळविले जाणारे विविध वायूंचे संमिश्रित आवरण पृथ्वीमोवती नसते तर रात्रभर तारे विशिष्ट तेजाने सारखे तळपत राहिले असते. असंख्य प्रकारचे क्षैतिज व ऊर्ध्व वायुप्रवाह वातावरणात निर्माण होत असतात. वातावरणातील निरनिराळ्या थरांतील तपमान, जलबाष्पाचे प्रमाण आणि हवेची घनता एकसारखी बदलत असते. बिंदुवत् दिसणाऱ्या ताऱ्यापासून निघालेली सूक्ष्म आणि अति अरुंद प्रकाशकिरण शलाका पृथ्वीपृष्ठाच्या रोखाने मार्ग आक्रमू लागते तेव्हा वातावरणाच्या विविध थरांत चालणाऱ्या अनेक विक्षोभक घडामोडींमुळे त्या बारीक प्रकाशकिरणांचे प्रणमन, अनेक ठिकाणी पूर्ण अंतर्गत परावर्तन, एक प्रकारे परिपीडन (ट्विस्टिंग) व प्रकीर्णन होते. अनेकदा हे किरण आपल्या मार्गापासून विचलित होतात, ताऱ्यांचे स्थानही बदललेले दिसते. ज्या त्वरेने हे सर्व बदल घडून येतात तितक्या त्वरेने मानवी डोळ्यांना प्रकाशकिरणांत होणाऱ्या स्थित्यंतरांचे आकलन होत नाही.

- आणि म्हणूनच आपल्याला तारे क्षणात निस्तेज, क्षणात तेजस्वी, इतस्ततः भ्रमण करणारे किंवा आकाशात नृत्य करणारे असे दिसतात. ह्या प्रकाराला आपण लुकलुकणे म्हणतो. ताऱ्यांचे चित्र काढताना तारकाबिंदूला बारीकबारीक काटे आल्यासारखे किंवा मुख्य बिंदूभोवती चारपाच शंखाकृती टोके निघालेली दाखवितो ते याच कारणांमुळे !

चंद्रबिंब किंवा सूर्यबिंब लुकलुकताना दिसत नाही. कारण त्याच्या पृष्ठभागावरील अगणित बिंदूंपासून असंख्य प्रकाशकिरण निघत असतात. त्यातील काही किरणांची चाळवाचाळव झाली तरी इतर असंख्य किरण त्या विकृतीची किंवा विचलीकरणाची भरपाई करू शकतात. त्यामुळे सूर्य किंवा चंद्रबिंबाच्या भासमान प्रतिमेच्या स्थान-

भ्रष्टतेचा प्रश्नच निर्माण होत नाही. ताऱ्यांचे लुकलुकणे वातावरणाच्या प्रक्षोभजनक हालचालींशी, वातावरणीय स्तरांच्या अस्थिरतेशी, व ताऱ्यांपासून निघणाऱ्या किरणशलाकांच्या बारीकपणाशी निगडित झालेले असते.

अतिदूरस्थ ताऱ्यांच्या मानाने आपल्या सूर्यमालेतील ग्रह पृथ्वीच्या पुष्कळच जवळ असतात. त्यांच्यापासून परावर्तित झालेल्या किरणशलाका ताऱ्यांपासून उगम पावलेल्या किरणांच्या मानाने बऱ्याच जाड असतात. पृथ्वीच्या वातावरणात घडणाऱ्या क्षोभकारक चलनवलनाचा ग्रहांपासून निघालेल्या जाड किरणसमूहावर विशेष परिणाम होत नाही. त्यामुळे ग्रहांचे तेज व स्थान विशेष बदललेले दिसत नाही. आकाशात परिभ्रमण करीत असताना ते क्वचितच लुकलुकतात. ग्रह क्षितिजावर आल्यास मात्र परिस्थिती वेगळी असते. ग्रहांपासून निघालेले किरण तिरप्या दिशेने आपल्याकडे येऊ लागल्यामुळे त्यांना अधिक जाडीच्या वातावरणाच्या अनेक थरांतून, अधिक लांबीचा मार्ग आक्रमावा लागतो. प्रत्येक थरातून जाताना ह्या किरणांचे प्रत्येक वेळी प्रणमन होते आणि प्रत्येक वेळी ग्रहांच्या भासमान प्रतिमेच्या स्थानात फरक पडत जातो. त्यामुळे ग्रहही क्षितिजावर आले की लुकलुकू लागतात. तारे क्षितिजावर आले की अधिकच लुकलुकतात.

तारे किंवा ग्रह क्षितिजावर आल्यानंतर आणखी एक चमत्कार पाहावयास मिळतो. ते जितके जितके क्षितिजाच्या जवळ येतील तितके तितके ते क्षीणत्तर किंवा मंदप्रभ व आकाराने मोठे झालेले दिसतात. त्यांच्या किरणांना वातावरणातून अधिक लांबीचा प्रवास करावा लागतो हेच त्या क्षीणतेचे कारण. तारे किंवा ग्रह डोक्यावर असताना आपण पाहतो त्यावेळी त्यांच्या किरणांना आपल्या डोळ्यांपर्यंत पोचायला न्यूनतम जाडीच्या वातावरणातून प्रवास करावा लागतो. त्यावेळी त्यांच्या तेजात विशेष फरक पडलेला दिसत नाही.

चंद्राभोवती वातावरण बहुतेक नाहीच. चांद्रपृष्ठावरून आपल्याला जर तारे पाहता आले तर ते लुकलुकणारे, तेजात किंवा दीप्तीत बदल होत असलेले दिसणार नाहीत. ते सारख्याच तेजाने तळपताना दिसतील. चंद्रावर वातावरणीय धूसरता नाही. पृथ्वीवरून तारे पाहताना त्यांचे जे तेज आपल्या प्रत्ययास येते त्यापेक्षा चंद्रावरून तेच तारे पाहताना त्यांचे तेज शतगुणित झालेले आपल्याला दिसेल.

आकाश निळे का दिसते ?

वातावरणातील वायूंचे रेणू आणि धूलिकण यांनी सूर्यप्रकाशाचे प्रकीर्णन केल्यामुळे आकाश निळे दिसते.

अनेक वायूंच्या मिश्रणामुळे आपल्या पृथ्वीभोवतालचे वातावरण बनले आहे. नायट्रोजन, ऑक्सिजन, आरगॉन आणि कार्बन डाय ऑक्साइड ह्या चार वायूंमुळेच वातावरणाचा शेकडा 99.99 टक्के भाग व्यापिलेला असतो. उर्वरित आकारमानात निऑन, हीलियम, क्रिप्टॉन, हायड्रोजन, ओझोन, नायट्रोजन डाय ऑक्साइड, नायट्रस ऑक्साइड, कार्बन मोनॉक्साइड, झीनॉन, रेडॉन, मीथेन ह्यांसारखे दुर्मिळ वायू अत्यंत विरलावस्थेत परंतु चिरस्थायी प्रमाणात सामावलेले असतात. ह्यांशिवाय वातावरणात बदलत्या प्रमाणात जलबाष्प आणि काही घन व द्रव वस्तूंचे सूक्ष्मकण उपस्थित असतात. त्यांत धूलिकणांचाच भरणा अधिक असतो. धूलिकणांमुळे व वायूंच्या रेणूंमुळे प्रकाशाचे परावर्तन, विवर्तन, अपस्करण व प्रकीर्णन होते.

पृथ्वीकडे येणारे सूर्यकिरण जेव्हा वातावरणात शिरतात तेव्हा पुढे सरकणाऱ्या सूर्यप्रकाशीय तरंगमुखाच्या मार्गात हे वायूकण व धूलिकण येतात. हे कण सूर्यप्रकाशाची ऊर्जा घेऊन आपल्या वस्तुमानाप्रमाणे कंप पावू लागतात व निरनिराळ्या प्रकाशतरंगांना जन्म देतात. सर्व दिशांनी ते हवेत विखुरले जातात. त्यामुळे सर्वत्र लहानलहान तरंगमुखे निर्माण होतात. ह्या आविष्काराला प्रकाशाचे प्रकीर्णन असे म्हणतात.

सूर्यापासून निघालेला पांढरा प्रकाश हा अनेक रंगांचा मिळून तयार झालेला असतो. VIBGYOR या नावाने सूर्यप्रकाशाचा दृश्य वर्णपट प्रसिद्ध आहे. प्रत्येक रंगाच्या प्रकाशतरंगाला विशिष्ट लांबी असते. त्याला तरंगायाम असे म्हणतात. निळ्या प्रकाशाचा तरंगायाम लाल प्रकाशाच्या तरंगायामापेक्षा जवळजवळ निमपट असतो. प्रकाश प्रकीर्णन तरंगायामावर अवलंबून असते. सूर्यप्रकाश धूलिकणांनी समृद्ध अशा वातावरणातून मार्ग आक्रमतो तेव्हा वायू व धूलिकणांकडून लघुतरंगायामी किरणांचे अधिकांशाने प्रकीर्णन होते. त्यामानाने निळ्या रंगाचे कमी प्रमाणात प्रकीर्णन होते. त्यानंतर हिरव्या, पिवळ्या व नारिंगी प्रकाशकिरणांचे कमी कमी प्रमाणात प्रकीर्णन होते. लाल किरणांचे सर्वात कमी प्रकीर्णन होते.

जांभळ्या रंगाचे सर्वाधिक प्रमाणात प्रकीर्णन होत असल्यामुळे आकाश वस्तुतः जांभळे दिसावयास हवे. पण सूर्यप्रकाशात जांभळ्या रंगाचे प्रमाण अत्यल्प असल्यामुळे जांभळ्या रंगाचे प्रकीर्णन अधिकतम असले तरी आकाश मुख्यत्वेकरून निळेच दिसते. शिवाय मानवी चक्षू जांभळ्या रंगापेक्षा निळ्या रंगाच्या किरणांच्या बाबतीत अधिक संवेदनशील असतात. ते निळा रंगच अधिक सुलभतेने पाहू शकतात. आकाश व सखोल जलाशयांतील पाणी आपल्याला निळे दिसते ते याच कारणामुळे.

सूर्योदय व सूर्यास्ताच्या वेळी मात्र क्षितिजाजवळील आकाश लाल दिसते. यावेळी सूर्यकिरणांना आपल्या डोळ्यांपर्यंत पोहोचायला वातावरणातून अधिक लांबीचा प्रवास करावा लागतो. अधिकतम संख्येने धूलिकण त्यांच्या मार्गांत येतात. क्षितिजस्थ सूर्याचा प्रकाश आपल्यापर्यंत येण्यापूर्वीच निळ्या रंगाचे पूर्णांशाने प्रकीर्णन होऊन तो सूर्यप्रकाशातून पूर्णपणे वगळला जातो. इतर रंगही क्रमाक्रमाने वगळले जातात. शेवटी उरतो लाल रंग. तोच आपल्याला प्रकर्षाने दिसतो.

वातावरणीय वायूंचे रेणू आणि धूलिकण यांच्याकरवी झालेल्या प्रकाश-प्रकीर्णनामुळेच संधिप्रकाश व वातावरण नसते तर सूर्यास्त होऊन सूर्य क्षितिजाखाली गेल्याबरोबर पृथ्वीवर सर्व दिशांनी एकदम अंधार पसरला असता. वस्तुस्थिती तशी नाही. वातावरणीय थरांत होत असलेल्या सूर्यकिरणांच्या वक्रीभवनामुळे सूर्योदयापूर्वी काही मिनिटे व सूर्यास्तानंतर काही मिनिटे सूर्याची भासमान प्रतिमा आपल्याला दिसत राहते. सूर्य क्षितिजाखाली गेला तरी वातावरणातील क्षितिजाजवळील काही भागांवर सूर्यकिरण पडतच असतात. त्यांतील अनेकविध कणांमुळे प्रकाशाचे प्रकीर्णन होते व सूर्यास्तानंतर काही वेळ तरी प्रकाश रेंगाळत असतो.

वातावरणाच्या प्रकाशीय गुणधर्मांवर जलबाष्पकणांचे, धूलिकणांचे व वायूकणांचे महत्त्वाचे परिणाम होतात. वातावरणामुळे अंतरीक्षातील ग्रह व तारे प्रत्यक्षापेक्षा अधिक लालसर व मंदप्रभ दिसतात. वातावरण नसते तर तारे रात्रंदिवस सारख्याच तेजाने तळपताना आपल्याला दिसले असते. आकाश काळेकुट्ट दिसले असते. तारे कधीच लुकलुकले नसते. निर्वात अवकाशात प्रवास करणाऱ्या अंतराळवीरांना आकाश काळे दिसते.

साधारणपणे एक घन सेंटिमीटरमध्ये ५०लक्ष किंवा त्यापेक्षा अधिक धूलिकण वातावरणात असू शकतात. सिगरेटच्या एका झुरक्याबरोबर सुमारे ४० लक्ष धूम्रकण वातावरणात निसटतात असा अंदाज आहे. वातावरणात धूलिकणांचे प्रमाण वाढले की प्रकाशीय आविष्कारही अधिक विलोभनीय दिसतात. दिनांक २० मे १८८३ ला इंडोनेशियाच्या सुंद्रा सामुद्रधुनीतील क्रॅकाटोआ नावाचे बेट तेथील ज्वालामुखीच्या तीव्र उद्रेकामुळे पूर्णतया विध्वंस पावले. ज्वालामुखीच्या उद्रेकाबरोबर मोठमोठ्या खडकांचे तुकडे 9 किलोमीटरपर्यंत उंच उडाले तर धूलिकण 30 किलोमीटर उंचीपर्यंत जाऊन पोहोचले. उपरि-वारे, क्षैतिज व उदग्र वायुप्रवाह यांमुळे धूलिकण सर्वत्र पसरले. तीन वर्षे ते उपरि-वातावरणात परिभ्रमण करीत होते. त्यामुळे काही महिने चंद्रबिंब हिरवे दिसत होते तर सूर्यबिंब नीलहरित रंगाचे झाले होते आणि मध्य

कटिबंधांतील अनेक ठिकाणी पुढील तीन वर्षे सूर्योदय आणि सूर्यास्ताच्या वेळचे रंग सौंदर्यपूर्ण आणि अवर्णनीय होते, असे अनेकांनी नोंदले आहे. ज्वालामुखीच्या एका हृदयविदारक उत्पाततून निर्माण झालेल्या धूलिकणांनी आकाशाला ही अवर्णनीय शोभा दिली होती!

ताऱ्यांचे रंग वेगवेगळे का ?

रात्रीच्या वेळी आकाशाकडे दृष्टी वळविल्यास आपल्याला त्यात अनेक दीप्तिमान तेजःपुंज वायुगोल दिसतात. ते सर्व वरकरणी सारखेच दिसतात. पण हा सारखेपणा फसवा असतो. सरोवरांतील, समुद्रांतील व महासागरातील जीवसृष्टीत जी विविधता आढळते तशीच विविधता ह्या तारकांच्या विश्वातही आपल्याला आढळते.

आकार, रंग, भास्वरता, तेजस्विता, दीप्ती, आणि तपमान ह्यासारख्या घटकांमुळे ताऱ्यांचे विविध प्रकार पाडता येतात. ताऱ्यांच्या रंगावरून तो किती तप्त आहे हे सांगता येते.

ताऱ्यांचे विविध रंग नुसत्या डोळ्यांना दिसत नाहीत. दुर्बिणीतून पाहिल्यास तारकामंडळाची अवर्णनीय शोभा दिसते.

दुर्बिणीतून अधिक बारकाईने पाहिले तर हळूहळू लुब्धक (सायरस), अभिजित (व्हेगा), मघा (रेग्युलस) आणि चित्रा (स्पायका) यांसारखे पांढरे शुभ्र तारे किंवा नक्षत्रे, ब्रह्महृदय (कॅपेला), प्रोशियन आणि ध्रुव हे पिवळे तारे, कॅस्टरसारखा हिरवा तारा, स्वाती आणि ज्येष्ठा (ॲन्टारेस) यांसारखी तांबड्या रंगाची झाक असलेली नक्षत्रे आणि मृगपुंजातील आर्द्रा (बीटलगूज) व वृषभराशीतील रोहिणी (अल्डेबॅरन) हे तांबडे लाल तारे आपले लक्ष वेधून घेतात. हे दृश्य कितीही आल्हाददायक असले तरी आपण एक लक्षात ठेवायचे असते की ताऱ्यांचे विविध रंग त्यांना तपमानामुळे प्राप्त झालेले असतात. अत्युष्ण तारे नीलधवल दिसतात तर शीततम तारे लाल दिसतात.

❑ ❑ ❑

३१

■■

सौर ऊर्जा

अनादि कालापासून अनेक धर्मांत सूर्याला दैवत मानण्यात येते. सूर्यापासून उत्पन्न होणाऱ्या प्रकाशावर आणि उष्णता प्रारणावर पृथ्वीवरील मनुष्य आणि वनस्पति-जीवन अवलंबून आहे. ज्योतिषिकांच्या दृष्टीने आपली पृथ्वी ज्या सूर्यकुलातील एक ग्रह आहे त्या कुलाचा स्वामी सूर्य हा G वर्गाचा एक प्रचंड तारा आहे, वायुरूप वस्तूंनी बनलेला विराट दीप्तिगोल आहे. त्याचा व्यास ८ लक्ष चौसष्ट हजार मैल (१३ लक्ष ८१ हजार किमी.) असून पृथ्वीपासून तो ९ कोटी ३० लक्ष मैलांच्या (१४ कोटी ९७ लक्ष ३० हजार कि.मी.च्या) अंतरावर आहे. सूर्यापासून निघालेले प्रकाशकिरण पृथ्वीवर सुमारे ८.३ मिनिटांनी किंवा ४९९ सेकंदांनी पोचतात. सौरपृष्ठभागाच्या प्रत्येक चौरस इंचाची दीप्ती ३ लक्ष मेणबत्त्यांइतकी असते. प्रत्येक चौरस सें.मी.ची दीप्ती ४६५०० मेणबत्त्यांइतकी असते.

सूर्याच्या पृष्ठभागाचे तापमान सुमारे ६०००° से. असते. परीघापासून केंद्रभागाकडे जाताना दर मैलाला ३०° से. (किंवा १८.८° से./किमी.) याप्रमाणे ते वाढत असते. घनताही वाढत असते. केंद्रीय विभागात तापमान सुमारे १ कोटी ३० लक्ष से. अंशांइतके असते तर घनता पाण्याच्या पन्नासपट असते. येथील वस्तू वायुरूप असते. वायुभार प्रति चौरस इंचाला ५० कोटी टन (किंवा प्रत्येक चौरस सेंमी.ला ८ कोटी टन) याप्रमाणे असतो. येथील अणूंचे पूर्णपणे आयनीभवन झालेले असते. मुख्यत्वेकरून सूर्यगोलात ९८ टक्क्यांपेक्षा जास्त हायड्रोजन आणि हीलीयम वायू असतात. बाकीच्या २ टक्के भागात इतर जड मूलद्रव्यांचा समावेश झालेला असतो.

सूर्य ही एक प्रचंड अणुभट्टी आहे. सूर्याच्या गाभ्यात सातत्याने हायड्रोजन वायूंचे हीलीयम वायूच्या अणूंमध्ये रूपांतर होत असते. पृथ्वीला मिळणाऱ्या प्रचंड ऊर्जेचा उगम सूर्याच्या अंतरंगात त्याच्या गाभ्यात होणाऱ्या क्रिया प्रक्रियांत असतो.

एक ग्रॅम हायड्रोजन वायूचे हीलीयम वायूमध्ये अण्वंतर होताना दरताशी २ लक्ष सहस्र जूल इतकी प्रचंड ऊर्जा बाहेर पडते. सूर्यगोलात प्रत्येक सेकंदाला ६० कोटी टन हायड्रोजन वायूचे ५० कोटी ६० लक्ष टन हीलियममध्ये अण्वंतर होते. उरलेली ४० टन वस्तू प्रकाशतरंग किंवा विद्युत्-कर्षुकीय तरंगांच्या रूपाने बाहेर पडते. ह्यावरून सूर्यापासून किती प्रचंड प्रमाणात ऊर्जा बाहेर पडत असते याची कल्पना येईल.

सौरपृष्ठभाग निष्कलंक नाही. अधून मधून सूर्यबिंबावर डाग निर्माण होतात. ते पर्यायी किंवा आवर्तनीय असतात. प्रतिवर्षी त्यांची संख्या बदलत असते. सूर्यावरील डागांची महत्तम संख्या आणि लघुत्तम संख्या यांच्यांत सरासरीने पाहता साडेपाच वर्षांचे कालांतर असते. सूर्यकलंक म्हणजे उद्दीपित वायूंचे प्रचंड भोवरे. जेव्हा जेव्हा सूर्यावरील डागांची संख्या वाढते तेव्हा सूर्याची प्रभावनशक्ती किंवा क्रियाशीलत्वही वाढते. सौर वातावरणात अनेक ज्वालमाला (फॅक्युले) उज्वाला (फ्लेअर्स), आणि उद्रेक झालेले दिसून येतात. तसेच, रजःकिरणांचे अनेक स्रोत सूर्यापासून उगम पावून पृथ्वीच्या वातावरणात शिरतात. सौर वातावरणात होणाऱ्या अनेकविध घटना पृथ्वीवर विद्युत-कर्षुकीय वादळे निर्माण करतात, दिशादर्शी नादुरुस्त होतात, तारायंत्रे निकामी होतात. आयनांबराची ठेवण बदलते. सांवहिक दळणवळणात अडथळे निर्माण होतात. ऑरोरा किंवा ध्रुवीय प्रकाश आविष्कारांची संख्या वाढते.

सूर्यापासून ३०० कोटी परार्ध दीपिकांइतकी कार्यत्वरा किंवा ५ लक्ष परार्ध तुरगता मुक्त होते. पृथ्वीला ह्या ऊर्जेचा अत्यल्प अंश मिळतो. बराचसा भाग पृथ्वीच्या वातावरणाकडून शोषिला जातो. सौरपृष्ठावरील एक चौरस सेंटिमीटर ६ हजार २०० कोटी अर्ग ऊर्जा प्रत्येक सेकंदाला बाहेर फेकतो. त्यापैकी पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील प्रत्येक चौरस सेंटिमीटरला फक्त साडेतेरा लक्ष अर्ग ऊर्जा मिळते. वरवर पाहणाऱ्याला ह्या अमाप ऊर्जेची कल्पना येत नाही. प्रतिदिवशी प्रत्येक चौरस सेंटिमीटर गणिक ३६७० परार्ध कॅलरी उष्णता सूर्यापासून पृथ्वीला मिळते. सबंध जगात प्रत्येक दिवशी मनुष्य वापरतो त्यापेक्षा शेकडो पटींनी सूर्य पृथ्वीवर औष्णिक ऊर्जेचा वर्षाव करतो. दर दिवशी आपल्या घराच्या छप्परावर पडणारी सौर ऊर्जा, आपण वापरतो तेवढ्या विद्युत्ऊर्जेपेक्षा हजारो पटींनी जास्त असते. भारतातील थरच्या वाळवंटावरील १०० चौरस मैल (किंवा २५६ चौरस किमी.) जमिनीच्या वालुकामय पृष्ठभागावर एका दिवसात जेवढी औष्णिक ऊर्जा आदळते तेवढ्या ऊर्जेवर सबंध भारतातील सर्व कारखाने संपूर्ण महिनाभर रात्रंदिवस चालू शकतील !

पण पिकते तेथे विकत नाही, हेच खरे ! सहजासहजी आणि विनामूल्य मिळणाऱ्या

ह्या अखंड अमाप, अमर्याद आणि अतुलनीय अशा ऊर्जेबद्दल आपण अगदीच अनभिज्ञ आहोत. पृथ्वीवर घडून येणाऱ्या बहुतेक सर्वच चमत्कारांचे मूळ ऊर्जेत आहे हे, किंवा मानवी संस्कृती केवळ ऊर्जेचा वापर केल्यामुळेच प्रगत झाली आहे हे कितीकांना पटेल? पण ते खरे आहे.

वनस्पतींच्या हिरव्या पानांवर सूर्यप्रकाश पडल्यामुळेच कार्बन डाय ऑक्साइडचे विघटन होते, वनस्पतींना कार्बन आणि आपल्याला ऑक्सिजन मिळतो. जेव्हा आपण लाकूड, कोळसा किंवा पृथ्वीच्या उदरात दडलेली खनिज तेले आणि द्रव्ये जाळतो, तेव्हा अनेक युगांपूर्वी पृथ्वीच्या पोटात कार्बनी संयोगांच्या रूपात गुप्त झालेली सौरऊर्जाच आपण मुक्त करतो. जलशक्ती, पवनशक्ती ह्यासुद्धा अप्रत्यक्षपणे उपलब्ध होणाऱ्या सौरशक्तीच आहेत. सूर्याच्या उष्णतेमुळे अनेक जलाशयांतील पाण्याची वाफ होते, वातावरणात ढग निर्माण होतात, सूर्यामुळेच पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे वेगवेगळे भाग विषम प्रमाणात तापतात, त्यामुळे अवदाब (कमी वायुभाराची) क्षेत्रे अस्तित्वात येतात आणि हवेला गती मिळते. ढगांपासून पाऊस पडतो. पावसामुळे शेती पिकते, जंगले वाढतात, मानवी जीवन जोपासले जाते - आणि ह्या सर्वांचे मूळ म्हणजे सूर्यदेवता !

मानवजातीचा किंवा राष्ट्रांचा विकास व्हायला अमाप ऊर्जा लागते. ती त्यांना लाकडांपासून, ज्वालाग्राही वायूंपासून, दगडी कोळशापासून, पेट्रोलियम - केरोसीन सारख्या खनिज तेलांपासून, अणुऊर्जेपासून उपलब्ध झाली आहे. वाढत्या लोकसंख्येच्या गरजा भागविण्यासाठी सतत कराव्या लागणाऱ्या वापरामुळे ह्या वस्तू पुढील १००-२०० वर्षांत संपुष्टात येतील. त्यावेळी मानव सूर्याकडे आणि सूर्यगोलातून उत्सर्जित होणाऱ्या ऊर्जेकडे धाव घेईल. पृथ्वीवरील जीवन तगवून ठेवायला शेवटी तीच मूलभूत ऊर्जा कारणीभूत होईल.

विज्ञान, यंत्रे आणि तंत्रे यांच्या सहाय्याने झालेल्या मानवी विकासाचा इतिहास पाहिला तर एक गोष्ट चटकन् लक्षात येते. ती ही की, ऊर्जेची गरज पुरविण्यासाठी जेव्हा जेव्हा नवीन तऱ्हांचे इंधन उपयोगात आणले गेले, तेव्हा तेव्हा वातावरण अधिकाधिक दूषित होऊ लागले. लाकूड आणि दगडी कोळसा जाळल्यामुळे वातावरणात विस्तृत प्रमाणात धूर आणि कार्बन डाय ऑक्साइड पसरू लागला. केरोसीन पेट्रोल आले, हवेत कार्बन मोनॉक्साईड, हायड्रोजन सल्फाइड आणि मीथेन वायू पसरू लागले. अणुऊर्जेच्या वापरामुळे उर्वरित त्याज्य वस्तू किंवा अपशिष्टे कुठे दडवून ठेवाव्या याबद्दल गंभीर समस्या निर्माण झाल्या. त्या वस्तू हवेत सोडल्या तर

वातावरण किरणोत्सारी व्हायचे, समुद्रात सोडल्या तर समुद्रच दूषित व्हायचा आणि त्यामुळे असंख्य मासे व इतर जलचर प्राणी मरून वर यायचे, अन्नसमस्या बिकट व्हायची. जपानमध्ये पेट्रोलवर चालणाऱ्या इतक्या मोटारी आहेत की त्यांनी सोडलेल्या कार्बन मोनॉक्साइडमुळे वाहतूक नियंत्रक पोलिस सार्जंटचा जीव गुदमरून जातो आणि त्याला प्रत्येक अर्ध्या तासाला ऑक्सिजन सिलिंडरकडे धाव घ्यावी लागते किंवा ऑक्सिजन-वायुत्राण तोंडावर चढवावे लागते. अतिविकसित देशांत मानवी जीवन जितके सुखी झाले, तितकाच त्याला धोका देखील वाढला आहे.

सौर ऊर्जेचा वापर केल्यास वातावरणाच्या दूषितीकरणाचा प्रश्न आपोआप सुटेल. अत्यंत सोज्वळ, निर्भेळ आणि निर्मल अशी ऊर्जा आहे ही! अणुऊर्जेनंतर सौरऊर्जा उपयोगात आणल्याशिवाय मानवाला आता दुसरा पर्यायच नाही. भविष्यकाळात ह्याच सौर ऊर्जेवर मानवाला संपूर्णतया अवलंबून राहावे लागणार आहे.

सूर्यापासून शास्त्रीय उपकरणांच्या सहाय्याने ऊर्जा मिळविणे ही कल्पना नवीन नाही. समुद्राचे पाणी समुद्रकाठच्या लहान लहान वाफ्यांत साचवून सौर उष्णतेकरवी पाण्याची वाफ करून त्यापासून मीठ मिळविण्याचे तंत्र आपण कित्येक वर्षांपासून आचरीत आहोत. सध्या ह्या सौर बाष्पकायनामुळे प्रतिवर्षी जगात एकंदर १ कोटी टन मीठ उत्पन्न होते. सौर ऊर्जेवर चालणारी घरगुती कामांसाठी पाणी गरम करणारी सौर तापक यंत्रे (सोलर हीटर) सध्या इझराईलमध्ये बनविली जातात आणि ती पोर्तुगाल, ब्राझील इ. देशांत निर्यात केली जातात. उत्तर ऑस्ट्रेलियातहि अशीच तापकयंत्रे तयार केली जातात आणि ती ईस्ट इंडीज, न्यू गिनी सारख्या द्वीपसमूहातील बाजारपेठांत विकली जातात. जपानने आतापर्यंत दहा लाखांच्यावर प्लॅस्टिकची जलतापक यंत्रे तयार केली आणि ती दक्षिण फ्लॉरिडा, पेरू व दक्षिण सोव्हिएट राज्यसंघातील प्रदेशात विकली. सौर ऊर्जेवर गरम केलेले पाणी जगात कमीत कमी एक किंवा दीड कोटी लोक वापरतात असा अंदाज आहे. ॲरिझोनाच्या वालुकामय प्रदेशात राहणाऱ्या लोकांच्या घरांच्या वातानुकूलनासाठी किंवा शीतपेट्यांतून त्यांना थंड पेये देण्यासाठी सौर ऊर्जेचा उपयोग करतात, तर ताश्कंद सारख्या पौर्वात्य शहरात आंघोळीचे पाणी गरम करण्यासाठी सौरऊर्जाच वापरतात. शीत कटिबंधात राहणाऱ्या लोकांची घरे सौर ऊर्जेवर चालणाऱ्या साधनांनी उबदार ठेवली जाणे आता शक्य झाले आहे. टेलिफोनसाठी लागणाऱ्या विजेऱ्यांचे सतत नूतनीकरण सौरऊर्जेमुळे शक्य होत आहे. सूर्यऊर्जेवर चालणारी व समुद्राच्या खाऱ्या पाण्याचे ऊर्ध्वपातन करून गोडे पाणी मिळविणारी, काही साधने ग्रीस, स्पेन आणि ऑस्ट्रेलिया

या देशांत काही ठिकाणी उपयोगात आणली जात आहेत. प्रतिवर्षी सुमारे ४० लक्ष टन गोडे पाणी ती तयार करतात आणि जवळपास राहणाऱ्या माणसांना पुरवितात. रेंजर, मरिनर, निंबस् आणि सर्व्हेयर या कृत्रिम उपग्रहांतील आणि चंद्रविजयी अवकाशयानातील बहुतेक सर्व उपकरणांची कामे सौर ऊर्जेवर चालणाऱ्या सिलिकन विद्युत्‌घटांतून उपलब्ध होणाऱ्या विद्युत्‌शक्तीमुळेच शक्य झाली आहेत. अवकाश प्रवासाचे युग आता सुरू होत आहे. ह्या प्रवासाला लागणारी सर्व शक्ती व ऊर्जा सूर्यापासूनच मिळवावी लागणार आहे. ती कशी मिळवावी यावरील संशोधनाला रशियात व अमेरिकेत सध्या चालना मिळाली आहे. सूर्यप्रकाशाचे विजेत रूपांतर करणारी अनेकविध उपकरणे आज सर्वत्र तयार होत आहेत. वजनाने ती हलकी, कार्यक्षमतेच्या बाबतीत भरंवशाची, अल्पशा विद्युत्‌ऊर्जेवर चालणारी आणि बिनचूक काम देणारी असल्यामुळे सध्याच्या अवकाशयुगात त्यांना अतिशय महत्वाचे स्थान प्राप्त झाले आहे. गणकयंत्रे (कॉम्प्युटर्स), अतिसूक्ष्म संवह तरंगांवर चालणारी अभिचालित्र किंवा संक्रम-स्थानके (रीले-स्टेशन्स) आणि मानवरहित स्वयंचलित वाहतूक-नियंत्रक, दीपगृहांवरील अनेक उपकरणे ह्या प्रकाश-विद्युत् रूपांतरकांवर चालत आहेत. पृथ्वीवर आणि अवकाशात काम करणारी अशी सर्व रूपांतरके जेमतेम केवळ १०० किलोवॉट विद्युत् कार्यत्वरा निर्माण करीत असतील पण त्यावर प्रतिवर्षी एक कोटी डॉलर्स खर्च होत असतात. ह्या सूक्ष्म यंत्रांना सध्या फार मागणी आहे.

सूर्य-ऊर्जेचा यशस्वी रीत्या वापर करणारे काही महत्वाचे प्रयोग आणि व्यवहार आपण पाहिले. आता काही अयशस्वी प्रयोग बघूया. गेल्या तीस चाळीस वर्षांत फक्त मोजक्याच ठिकाणी घरे आणि प्रयोगशाळा सौर ऊर्जेचा वापर करून उबदार ठेवल्या गेल्या. सूर्यशक्तीवर स्वयंपाक करणारी यंत्रे मेक्सिको, भारत, कोलंबिया आणि इतर काही देशांत तयार केली गेली, पण ती बहुजन समाजाचे लक्ष वेधू शकली नाहीत. काही यंत्रे अमेरिकेत विकली गेली पण ती 'केवळ प्रायोगिक गंमत' म्हणूनच. अल्पकालीन सहलींना गेलेल्या व्यक्तींनीच त्यांचा 'उबदार अन्नपेटी' म्हणून उपयोग केला.

भारतातील राष्ट्रीय भौतिकीय संशोधन शाळेने दिल्ली येथे ४५ वर्षांपूर्वी एक चांगली सौरशेगडी किंवा सौर-पाकयंत्र (सोलर कुकर) तयार केले होते. त्याचे वजन साधारणपणे १५ किलोग्रॅम असून त्याची किंमत ९० रुपये ठेवली होती. साधारणपणे ३० मिनिटांत पदार्थ शिजून तयार व्हायचे. पण लोकांच्या अज्ञानामुळे आणि काही भ्रामक समजुतींमुळे ह्या यंत्रांचा व्हावा तेवढा प्रसार होऊ शकला नाही.

चकचकीत धातूच्या अन्वस्तिक (पॅराबोलिक) पृष्ठभागावर आदळणाऱ्या सौर किरणांचे परावर्तन करून ते एका छोट्याशा जागेत केंद्रित केले तर त्या क्षेत्राचे तापमान १६०० ते ३५००° से. पर्यंत जाऊ शकते. असल्या उष्णतेत अनेक अशुद्ध खनिज धातू वितळवून त्यांचे शुद्धीकरण करणे सोपे जाते. फ्रेंच पिरनिज पर्वतावरील माऊंट लुई येथील प्रकाश परावर्तकाचा व्यास ३५ फूट (१०.५ मी.) आहे. जवळच १०० फूट (३० मी.) व्यासाचा संहतक किंवा संकेंद्रक सध्या उभारला जात आहे पण ह्या भट्ट्या फक्त संशोधनासाठीच वापरतात. काही वर्षांपूर्वी इजिप्तमधील कैरो येथे ४७ किलोवॉट कार्यत्वरा उपलब्ध करून देणाऱ्या अनेक योजना आखण्यात आल्या, पण अद्यापही त्या केवळ कागदावरच आहेत. इस्रायल आणि रशियामध्ये मात्र आता फार मोठ्या प्रमाणात सौर ऊर्जेचा वापर करण्याच्या योजना तयार करण्यात येत आहेत. सौरऊर्जा वापरून प्रशीतन किंवा बर्फ करण्याचे प्रयोग अमेरिका, फ्रान्स, रशिया आणि श्रीलंका ह्या देशांत केले गेले. काही प्रयोगांत कित्येक टन बर्फ तयार करता आले. पण मोठ्या प्रमाणावर ह्या योजना राबविण्याच्या बाबतीत जनतेत आणि सरकारी गोटात उत्साह निर्माण झाला नाही. सौर ऊर्जेचा वातानुकूलनासाठी वापर अमेरिका, ऑस्ट्रेलिया आणि रशिया या देशांत करण्यात आला पण जनतेकडून त्याला प्रतिसाद मिळाला नाही. फिजी बेटात ओल्या नारळांना सौर ऊर्जेवर चालणाऱ्या यंत्रांच्या साह्याने वाळविले जाते.

सौर ऊर्जा मोठ्या प्रमाणावर वापरण्यासाठी सुरुवातीलाच मोठ्या आकाराचे आरसे किंवा निम्न परावर्तक तयार करावे लागतात. त्यासाठी खूप खर्च येतो. पण नंतर खर्चाचे प्रमाण अत्यंत कमी होते ह्याच कारणामुळे सूर्यापासून शक्ती मिळविण्याच्या योजना अंतिम दृष्टीने हितकारक आणि फायद्याच्या ठरतील.

औद्योगिक कारखान्यांना सूर्यापासून निघणारी ऊर्जा कशी देता येईल याबद्दल काही ठिकाणी महत्वाचे संशोधन चालू आहे. सूर्यामुळे दोन प्रकारांनी विद्युत् निर्मिती होऊ शकते. पहिल्या प्रकारात सूर्याचा प्रकाश विद्युत् प्रवाहाला चालना देतो तर दुसऱ्या प्रकारात सौर उष्णतेमुळे विद्युत् प्रवाह निर्माण होतो. बोरॉन या मूलद्रव्याचे कण विखुरले आहेत अशा सिलिकॉनच्या पापुद्र्यावर आर्सेनिक किंवा फॉस्फरसचे अनेक कण मिसळलेला सिलिकॉनचा दुसरा थर ठेवला आणि ह्या दुसऱ्या थरावर सूर्याचे किरण पाडले, तर आर्सेनिकच्या बाजूकडून इलेक्ट्रॉन निघून ते बोरॉनच्या भागाकडे जाऊ लागतात. हे प्रवाही विद्युत् कण म्हणजे विद्युत प्रवाहच ! असे अनेक विद्युत् घट एकमेकांना "समांतर" पद्धतीने जोडले की पुष्कळच कार्यत्वरा उत्पन्न

करता येते. या सिलिकॉन विद्युत् घटाला प्रकाश-विद्युत्-परिवर्तक म्हणतात. रेंजर, सर्व्हेयर, टेल्स्टार, अर्लीबर्ड, यासारख्या उपग्रहांत विद्युत्-निर्मिती सौरघटांमुळेच साध्य झाली. दुसऱ्या प्रकारच्या बीजघटात टॅंटॅलम् - निकेलच्या संमिश्रित धातूंची एक तार सीसियम् वायूने भरलेल्या नळीत सोडतात. सूर्याची उष्णता तारेवर संकेंद्रित केली तर तिच्यातून इलेक्ट्रॉन निघून ते थंड भागाकडे वाहू लागतात. नळीतील सीसियम्चे कण इलेक्ट्रॉनांची संख्या वाढवितात आणि मोठ्या प्रमाणावर विद्युत् प्रवाह सुरू होऊन बरीच कार्यत्वरा उपलब्ध होते. ह्या घटांना ऊष्मोद्भव विद्युत् परिभावक असे म्हणतात. डॉ. पीटर ग्लेसर या शास्त्रज्ञाने काही अर्धसंवाहक (सेमी कंडक्टर) व प्रकाश-विद्युत्त्वाचा गुण असलेली कार्बनी संयुगे वापरून अशा अनेक परिवर्तकांकडून अडीच कोटी किलोवॅटची कार्यत्वरा मिळू शकेल असे गणित करून दाखविले. असल्या प्रचंड योजनांबरोबर सध्याच्या अवकाश युगात कृत्रिम उपग्रहांच्या सहाय्याने अन्वस्तिक आकाशीय फिरता ठेवून त्यामुळे सौरउष्णतेचे आणि प्रकाशाचे पृथ्वीकडे प्रक्षेपण करणे शक्य आहे असेही सांगण्यात आले. अडीच कोटी किलोवॅट्स सारखी प्रचंड शक्ती पृथ्वीवर आणायला २ किलोमीटर व्यासाचा आकाशक विषुववृत्तीय कक्षेत ३५७०० किलोमीटर्सच्या उंचीवर फिरवावा लागेल !

ही योजना म्हणजे सुपीक मेंदूतून निघालेली नुसती रम्य कल्पना नव्हे. २ किलोमीटर व्यासाचा उपग्रह फिरता ठेवण्याच्या वल्गनाही नव्हेत. सौरशक्ती मिळविण्याचा हा एक योजनाबद्ध मार्ग पद्धतशीरपणे आखला गेला आहे. त्यात अपयश येण्याची मुळीच भीती नाही. अमेरिकन शास्त्रज्ञांनी इ.स. १९७० च्या आत चंद्रावर मानव उतरवून त्याला सुरक्षितपणे पृथ्वीवर परत आणण्याचे मनसुबे केले होते तितकी सौरऊर्जा पृथ्वीवर वापरण्याची समस्या खचित कठीण नाही.

मानवाला पृथ्वीच्या पोटातील इंधनावर फार वेळ अवलंबून राहता येणार नाही. शेवटी सूर्यच त्याला मदत करणार आहे.

आणि म्हणूनच आम्ही सूर्यप्रार्थनेत म्हणतो :

मित्राय नम : । भास्करायनम : ।
जपाकुसुमसंकाशं काश्यपेयं महद्युतिम् ।
तमोरिं सर्वपापघ्नं प्रणतोऽस्मि दिवाकरम् ॥

□ □ □

३२

■■

भाग्यविधाता अणु

विसाव्या शतकाच्या पूर्वार्धांतील पहिल्या ३० वर्षांत एखाद्या संशोधकानं 'अणु' आणि 'अणु-संशोधन' हे शब्द उच्चारले की लोक मोठ्या कौतुकानं त्या व्यक्तीकडे बघत. अणु म्हणजे मोठं आवडतं अर्भक होतं शास्त्रज्ञांचं त्यावेळी. अणूची अंतर्रचना, गुणधर्म, त्याचं विभाजन, विदलीकरण, रदक्रिया, सायक्लोट्रॉन, क्ष-किरण, वैश्वकिरण वगैरे शोधांची वर्णनं लोक आदरानं वाचीत. नंतर आल्फा-बीटा किंवा अ किंवा ब अल्पकण, धनवीजक (पॉझिट्रॉन), ऋणवीजक (इलेक्ट्रॉन), वस्तुक (न्यूट्रॉन), धानक (प्रोटॉन), अणुगर्भीय अल्पक किंवा चणुक (न्यूक्लिऑस), आकाय अल्पक (न्यूट्रिनो), प्रकाशकण (फोटॉन), संकृष्टि अल्पक (ग्रॅव्हिटेशन), प्रतिधानक (ॲन्टिप्रोटॉन), ल्वाणु (मेसॉन) आणि त्याचे अनेक भाऊबंद, ह्यांसारख्या मूलकणांचे शोध लागले. विश्वाच्या रचनेचं कोडं सुटतंय् अशी निश्चिती वाटू लागली. ज्ञानाचा विस्फोट झाल्यासारखं वाटलं. पण हा ॲटम किंवा अणु मानवी आयुष्यात येऊन कधीकाळी प्रलय किंवा धुमाकूळ घालील असं त्यावेळीं सर्वसामान्य लोकांना कधीही वाटलं नाही. इ.स. १९३९ मध्ये दुसरं जागतिक महायुद्ध सुरू झालं. अणुसंशोधनाची गती-प्रगती थांबल्यासारखं वाटलं.

पण ते संशोधन गुप्तरीतीनं काही राष्ट्रांत चालू होतं. कालपर्यंत केवळ कौतुकाचा विषय असलेल्या बाळाचं रौद्र स्वरूप हळूहळू प्रकट होत होतं.

आणि एकाएकी ६ ऑगस्ट १९४५ ला सकाळी ८-१५ वाजता जपानमधील हिरोशिमा इथं "न भूतो न भविष्यति" असा हृदयद्रावक प्रसंग घडला. लोक नुकतीच आपली रात्रीची झोप संपवून, सकाळची आन्हिकं आटोपून, न्याहारी घेत होते. हिरोशिमावर अजून बॉंबवृष्टि झाली नव्हती. लोक निर्धास्त होते. पण त्या दिवशी एकच अमेरिकन बॉंबफेकी विमान हिरोशिमाच्या हवाई हद्दीत शिरलं. एकच बॉंब

त्यानं शहरावर टाकला.

- आणि तिथूनच अणुयुगाला प्रारंभ झाला !

आगीचा एकच डोंब उसळला. सूर्यप्रभेपेक्षाहि प्रखर अशी ह्या अग्नीची चमक होती. सूर्याच्या तपमानापेक्षाहि अधिक असं येथील तपमान होतं. पृथ्वीला तीव्र हादरा बसला. सोसाट्याचे उष्ण वारे वाहू लागले. हवेत एक मोठा ढग निर्माण झाला. हिरोशिमा शहराच्या मध्यभागाचा मागमूसही उरला नव्हता. इतस्ततः धूलिकणांचे समूह भ्रमण करीत होते. त्यांतून अदृश्य पण प्राणघातक किरणांचा उत्सर्ग होत होता. या दुर्घटनेत ७८,१५० लोक मृत्यु पावले, १३,९८३ लोकांचा पत्ताच लागला नाही.

हे मनुष्ययज्ञसत्र केवळ एका अणुध्वमामुळं घडून आलं ! अमेरिकेत सर्व प्रयोगशाळांतील शास्त्रज्ञांना कापरं भरलं. हे त्यांच्याच संशोधनाचं फळ होतं ! अणुयुगाला अशा विध्वंसक रीतीनं सुरुवात व्हावी हे त्यांना रुचत नव्हतं; पण इलाज नव्हता.

कांही दिवसांनी नागासाकी शहरावर असाच आणखी एक अणुध्वम् पडला. ताबडतोब जपाननं शरणागति पत्करली आणि युद्ध थांबलं.

अशा रीतीनं अणूंमध्ये अमाप शक्ति साठविलेली असते हे सिद्ध झालं.

आता अनेक प्रश्न उद्भवतात. अणूंमध्ये ही प्रचंड शक्ति कोठून येते ? ती कशी मुक्त होते ? विधायक कार्यासाठी आपण अणुशक्ति वापरात आणू शकतो का ?

ह्या प्रश्नांची उत्तरं देण्यासाठी आपण अणूंची रचना आणि स्वरूप कसं असतं ते पाहू या.

जगातील सर्व वस्तू ही अतिसूक्ष्मकणांची रेणूंची बनली आहे हे सर्वश्रुतच आहे. रेणू अनेक अणूंपासून बनतात. हा अणू अत्यंत लहान असा कण असतो. पाण्याचा एक थेंब वाढवून त्याचा आकार जर पृथ्वीच्या आकाराएवढा केला तर त्यातील प्रत्येक अणूचा आकार साधारण सफरचंदाएवढा होईल. पाण्याच्या एका थेंबात ४००० परार्ध अणू हायड्रोजनचे तर २००० परार्ध अणू ऑक्सिजनचे असतील. कोणत्याही एका मूलद्रव्याचे किंवा मौलाचे अणू एकसारखे असतात. अणूचा प्रकार बदलला की मूलद्रव्यहि बदलतं. अशी एकंदर ९२ मूलद्रव्यं किंवा मौलं पूर्वी मानली जात. आता आणुकेय वास्तव- शास्त्रातील संशोधकांनी हा आकडा १०४ वर नेला आहे.

अणूची एक विशिष्ट रचना असते.अणु म्हणजे एक चिमुकलं सूर्यकुलच म्हणा

ना! सूर्याच्या ठिकाणी अणुका किंवा अणुगर्भ, आणि त्याभोवती फिरणाऱ्या ग्रहांच्या जागी काहीं वीजक ठेवले की झाला अणु तयार ! अणुगर्भात धानक आणि वस्तुक हे कण असतात. त्यांची विशिष्ट परिस्थितीत परस्परात रूपांतरं होऊ शकतात. आणि म्हणूनच अणुगर्भांतील कणांना न्यूक्लिऑन्स म्हणजे चणुक किंवा अणुगर्भीय अल्पक असंहि म्हणतात. युरेनियम २३८ च्या अणुगर्भात ९२ धानक आणि १४६ वस्तुक असे मिळून २३८ चणुक नांदत असतात. कधी गुण्यागोविंदानं, तर कधी संघर्षानं !

अणूंमधील वीजक म्हणजे इलेक्ट्रॉन हा विश्वांतील अगदी अविस्मरणीय कण आहे. वजनानं तो धानकाच्या १/२००० पटींनी लहान असला, तरी ह्या इवल्याशा कणानं मानवी जीवनात क्रान्ती घडवून आणली आहे. रेडिओ, टेलिव्हिजन, चलत् बोलपट, गणकयंत्र, वीजकीय सूक्ष्मदर्शक यंत्र, इत्यादिकांसारख्या असंख्य आयुधांनी आणि उपकरणांनी मानवजातीचं जीवन समृद्ध आणि सुखी केलं आहे.

अणुगर्भात प्रचंड शक्ति साठविलेली असते. दोन प्रकारच्या परस्परविरोधी विक्रियांनी ती मुक्त होऊ शकते. एक विक्रिया म्हणजे फिशन, द्विधाभवन किंवा अणुद्वेधा. जड पदार्थांच्या अणुगर्भाचं द्विधाभवन होऊन दोन हलक्या मौलांचे अणू तयार झाले तर बरीच शक्ति मुक्त होऊ शकते. याच्या उलट दोन हलक्या मौलांचं विलयन किंवा फ्यूजन केलं तर एक जड पदार्थाचा अणु तयार होईल आणि ह्या अणुसंगक्रियेमुळंहि पुष्कळशी शक्ति उपलब्ध होऊ शकेल.

धानक आणि वस्तुक यांना अणुगर्भात बांधून ठेवायला एक प्रकारची प्रेरक शक्ति किंवा जोष लागतो. अत्यंत हलक्या किंवा अत्यंत जड पदार्थांच्या अणुगर्भात हे पाश क्षीण असतात. मध्यम वजनाच्या अणुगर्भात तेच पाश बळकट असतात. मध्यम वजनाचे अणु स्थिर असतात. अतिशय जड आणि अतिशय हलक्या पदार्थांच्या अणूंत हे स्थैर्य आढळत नाही. त्यामुळं दोन हलक्या अणूंचं फ्यूजन म्हणजे विलयन होऊन त्यामुळं एक मध्यम वजनाच्या अणूचं मूलद्रव्य तयार होतं, तर जड पदार्थांच्या अणूंचं फिशन किंवा द्विधाभवन होतं आणि, तौलनिक दृष्ट्या, दोन हलक्या वजनाच्या मौलांत त्यांचं रूपांतर होतं.

ह्या दोन्ही विक्रियांमध्ये थोडंसं वस्तुमान नाश पावतं, पण ते प्रारणशक्तीच्या स्वरूपात पुनर्जन्म घेतं. हीच ती अणुगर्भीय विक्रियांमुळं मुक्त झालेली शक्ति. प्रोफेसर आल्बर्ट आइन्स्टाईनच्या सिद्धांताप्रमाणे $E = mc^2$ म्हणजे मुक्त झालेली शक्ति ही वस्तुमान गुणिले प्रकाश वेगाचा वर्ग या संख्येबरोबर असते.

प्रकाशाचा वेग दर सेकंदाला ३० अब्ज सेंटिमीटर्स इतका असतो. ह्या वेगाचा

वर्ग केल्यास परार्ध अशी महाप्रचंड संख्या तयार होते. यावरून एक निष्कर्ष निघतो. तो हा कीं, १ ग्रॅम वजनाच्या वस्तुमानाचा अणुगर्भीय विक्रियांत विनाश झाला तर ९ परार्ध अर्ग शक्ति उपलब्ध होऊ शकते. अडीच हजार टन कोळसा जाळला तरच त्यापासून मिळणारी शक्ति ह्या अणुशक्तीची बरोबरी करू शकेल. फरक इतकाच की, अणुगर्भातील आपल्या स्वकीयांचे मायापाश तोडून, सर्वसंगपरित्याग करून, एकदम संपूर्णपणे मुक्त झालेली शक्ति कुठलेच निर्बंध पाळीत नाही. तिच्या बेछूटपणाला कुणी आळा घालू शकत नाही. ती निमिषार्धात आपलं उग्र-स्वरूप धारण करू शकते. आपल्या सूर्यापेक्षा अधिक धगधगीत प्रतिसूर्य निर्माण करू शकते. हिरोशिमा-नागासाकी सारख्या शहरांचा एकदम विनाश करू शकते. कोळशाचं तसं नाही. हळूहळू भस्मसात होताना तो मानवाच्या उपयोगी पडत असतो. त्याचं ज्वलन नियंत्रित असूं शकतं.

अणुशक्तीवर कोळशासारखं नियंत्रण आणून ती हळूहळू मुक्त करता येणं शक्य नाही का, यावर शास्त्रीय संशोधनाचा आता भर आहे. युरेनियम २३५ हे मौल पृथ्वीवर स्वाभाविक स्वरूपात आढळतं. त्याचं आणि मानवनिर्मित युरेनियम २३८ व प्लुटोनियम २३९ यांच्या अणूंचं द्विधाभवन करून मुक्त झालेली शक्ति आपण उपयोगात आणू शकतो. हायड्रोजन हे मौल डॉयटेरियम (हेवी हायड्रोजन) आणि ट्रायटियम (रेडिओ-हायड्रोजन) यांसारख्या जड अणुगर्भाच्या पण हायड्रोजनच्या समान गुणधर्मांच्या अणूंच्या रूपानं आढळतं. अणुसंगक्रियेनं त्यांच्यापासूनहि विपुल प्रमाणात शक्ति प्राप्त करून घेता येते. इ.स. १९५५ च्या जिनीव्हा इथं भरलेल्या अणुशास्त्रज्ञांच्या परिषदेत कैलासवासी डॉ. होमी भाभा म्हणाले होते : 'विलयन किंवा अणुसंगक्रियेनं जेव्हा नियमितरीत्या अणुशक्ति मिळविण्याचं तंत्र अवगत होईल, तेव्हा जगाच्या कार्यशक्तीसाठी चाललेला सध्याचा शोध संपेल. जगातील महासागरात सध्या जितकं जडपाणी म्हणजे हेवी वॉटर आहे तितकं आणुकेय इंधन मानवाला पृथ्वीवरील अणूंपासून मिळेल.' जगातील प्रसिद्ध शास्त्रज्ञांना खूप आश्चर्य वाटलं हे विधान ऐकून. पण त्यांतील अक्षर न् अक्षर खरं होतं!

अणुगर्भात जर खूप कमी किंवा खूप अधिक वस्तुक (न्यूट्रॉन्स) असले तर तो अणु अस्थिर असतो. जड अणुगर्भात सारखी ढवळाढवळ चालू असते. त्याचं अविरतपणे विभंजन होत असतं, सातत्यानं बीजक किंवा इतर मूलकण बाहेर पडत असतात, सारखा किरणोत्सर्ग होत असतो, शक्ति बाहेर पडत असते. हीच ती रद-क्रिया किंवा रेडिओ ॲक्टिव्हिटी. ह्याच उत्सर्गांचा उपयोग निरनिराळ्या व्यवसायात,

उद्योगधंद्यात करून घेऊन राष्ट्रीय विकास साधता येणं शक्य आहे. न्यूट्रॉनसारख्या बीजोच्चय नसलेल्या कणांचा मारा करून कोबॉल्टसारखे स्थिर अणु सुद्धा तात्पुरत्या स्वरूपात 'रदनशील कोबाल्ट म्हणून परिवर्तित' करता येतात. त्यांच्यापासून निघालेल्या अल्पकांचा आणि किरणांचा वैद्यकशास्त्रात, शेतकी व्यवसायात आणि अनेक उद्योगधंद्यात उपयोग करून घेता येतो.

फ्रान्स, इंग्लंड, रशिया आणि अमेरिका या देशांत अनेक अणुभट्ट्या अस्तित्वात आल्या आहेत. आणि त्या असंख्य घरांना, औद्योगिक कारखान्यांना वीजपुरवठा करीत आहेत. भारतामध्येही तारापूर इथं ४ लक्ष किलो वॉटच्या शक्तीचं त्वरेनं रूपांतर करणारं अणुकेंद्र अमेरिकेच्या सहकार्यानं उभारलं गेलं आहे. दिनांक १९ जानेवारी १९७०ला प्रधानमंत्री श्रीमती इंदिरा गांधींनी विश्वशांती वृद्धिंगत व्हावी म्हणून शांतताप्रिय भारत देशाला ते अर्पण केलं. अशा रीतीनं भारतानं अणुशक्ति युगात पदार्पण केलं आहे.

खरंच, अणु काय करू शकत नाही? महाराष्ट्रातील कापडगिरण्यांना आणि इतर औद्योगिक कारखान्यांना लागणारी शक्ति आता अणुकेंद्रांमुळं सातत्यानं मिळू शकेल. अणुशक्तीवर चालविलेल्या असंख्य पंपांमुळं भूमि-अंतर्गत जलवाहिन्यांतील पाणी वर आणून पर्जन्यविहीन दिवसांत शेतांना ते पुरविता येईल. अणुशक्तीवर रासायनिक खतांचे कारखाने चालविता येतील आणि त्या खतांचा उपयोग करून शेतकी-उत्पादन अनेकपटींनी वाढविता येईल. विस्फोटक लोकसंख्येमुळं पृथ्वीवर आत्ताच गोड पाण्याची टंचाई भासू लागली आहे. पाण्यासाठी समुद्राकडे धाव घेण्याखेरीज मानवाला आता गत्यंतर नाही. समुद्रातील पाण्याची वाफ करून नंतर तिचं संद्रवण केलं तरच विपुल प्रमाणात माणसाला पाणी मिळू शकेल. त्यासाठी लागणारी प्रचंड शक्ति आणुकेय इंधनाशिवाय इतरत्र मिळणं शक्य नाही. अणूंच्या रदनशील क्रियेचा उपयोग करून पृथ्वीच्या कवचात वहाणाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहांचं नक्की स्थान आणि त्यांची गती कळू शकते. रदनशील अणूंच्या उत्सर्गानं धान्यं आणि इतर खाद्य पदार्थ जास्त वेळ टिकवून ठेवता येतात, शेतातील पिकांचा नाश करणाऱ्या कृमिकीटकांचा संहार करता येतो, इतकंच नव्हे, तर पिकांच्या नवीन जाती निर्माण करता येतात.

ज्या अणुध्वमानं हिरोशिमासारखं सुंदर शहर निमिषार्धात उध्वस्त करून मानव जातीवर आपल्या विध्वंसक सामर्थ्याचा पहिला हल्ला चढविला, तोच अणु आता मानवजातीला ग्रासणाऱ्या काही असाध्य रोगांचं निर्मूलन करण्यास सज्ज झाला आहे. कॅन्सरसारख्या व्याधीवर उपचारासाठी रदनशील कोबाल्ट ६० हे मूलद्रव्य वापरतात.

हृदयाच्या रोगांवर आयोडीन १३१, रक्ताच्या कर्करोगावर फॉस्फरस ३२, मेंदूतील ट्यूमरसारख्या फोडांवर सुवर्ण १९८ किंवा टॅंटलम १८२, त्वचेच्या आणि डोळ्यांच्या काही विकारांवर स्ट्रॉन्शियम ९० ह्या रदनशील अणूंपासून निघणाऱ्या उत्सर्गाचे उपचार करतात. हे रदनशील समस्थानीय अणु किंवा रेडिओ आयसोटोप्स् मुंबईच्या भाभा अणुसंशोधन केंद्रात तयार होतात.

अणूंपासून मिळणाऱ्या शक्तीला आणि उपकारकतेला मर्यादा नाही. राजकारणी पुरुषाच्या हाती गेला की अणु विध्वंसक बनतो. पण तोच अणु मानवी जीवन सुखी आणि समृद्ध करू इच्छिणाऱ्या हितचिंतकांच्या नियंत्रणाखाली आला की अत्यंत उपयुक्त, उपकारक ठरतो.

बाळपणी केलेल्या लाडानं मुलं बिघडतात, तारुण्याच्या जोषात काहीही करतात, नियंत्रण नसलं तर विध्वंसक प्रवृत्तींना स्वैर वाव देतात. पण तो जोर उतरला की असल्या घातक कृत्यांचा फोलपण लक्षात येतो. कुणीतरी उपदेशक भेटतो. मन पश्चात्तापानं दग्ध होतं. नव्या आशा, नवीन क्षितिजं दिसू लागतात. आयुष्य सत्कारणी लावण्याची इच्छा बळावते. आणि तीच मुलं पुढे सन्मार्गाला लागतात. अणूची जीवनकथा अशीच आहे. त्याचं विध्वंसक स्वरूप आता लोपलं आहे. मानवाची उन्नती, प्रगती आणि विकास करण्यासाठी त्याला उत्तेजना, चेतना मिळाली आहे. हाच अणु आता भाग्यविधाता ठरू पहात आहे.

□ □ □

३३

भारतीय भूमीवर अणुऊर्जा

अणु, अणुऊर्जा किंवा अणुशक्ति ह्यांसारख्या विषयांवर काही वाचायचं किंवा बोलायचं ठरविलं की अजूनहि हिरोशिमा-नागासाकी सारख्या शहरांवर अणुध्वमानं केलेला हलकल्लोळ, धिंगाणा, मृत्युसत्र आणि विध्वंस आठवतो. दुसरं जागतिक महायुद्ध थांबल्यानंतर अण्वस्त्रं, क्षेपणास्त्रं, अणुबॉंब तयार करून साठविण्याची अतिप्रगत राष्ट्रांत चाललेली स्पर्धा डोळ्यासमोर येते.

आणि मग दिनांक ८ डिसेंबर १९५३ ला अमेरिकेचे अध्यक्ष आयसेनहॉवर यांनी राष्ट्रकुलसंघासमोर केलेलं भाषण आठवतं. ते म्हणाले होते : 'युद्धात जय मिळावा म्हणून विध्वंसक अस्त्रं आणि आयुधं तयार करण्यासाठी अणुशक्तीचा सध्या जो वापर केला जात आहे तो ताबडतोब बंद करावा अशी अमेरिकेची इच्छा आहे. मानवजात नष्ट करण्याऐवजी अणुशक्तीचा उपयोग करून मानवजातीला जास्त सुखसोयी उपलब्ध करून दिल्या आणि मानवी जीवन सुखी केलं तरच मानवजातीवर अगणित उपकार होणार आहेत. हे उद्दिष्ट साध्य करण्यासाठी आपल्याला एक आंतरराष्ट्रीय संघटना स्थापावी लागेल. समृद्ध राष्ट्रांनी आपल्याजवळ असलेला युरेनियम किंवा तत्सम रदनशील वस्तूंचा साठा ह्या संघटनेकडे सोपवावा - तज्ज्ञांचं एक मंडळ नेमावं आणि ज्या अविकसित राष्ट्रांना अणुशक्तीची आवश्यकता असेल त्यांना ह्या रदनशील वस्तू द्याव्या आणि अणुऊर्जा उपलब्ध करून घेण्याचं तंत्र शिकवावं. त्यामुळं शेतकी, वैद्यकीय, औद्योगिक, शास्त्रीय आणि इतर उपयुक्त व्यवसायांत ह्या अणुशक्तीचा वापर करून जगात सर्वत्र मानवी जीवन समृद्ध आणि सुखी करता येईल.'

अध्यक्ष आयसेनहॉवर ह्यांच्या ह्या इतिहासप्रसिद्ध भाषणानंतर डोळ्यांसमोर एक मूर्ती उभी रहाते ती ख्यातनाम भारतीय अणुसंशोधक डॉक्टर होमी जे. भाभा यांची

! जागतिक शांतता वृद्धिंगत व्हावी म्हणून अणुशक्तीचा शांततामय मार्गांनी वापर करण्यास उत्तेजन देणारी पहिली आंतरराष्ट्रीय परिषद राष्ट्रकुलसंघानं आयोजित केली त्या परिषदेचे पहिले अध्यक्ष होते डॉ. भाभा ! ऑगस्ट १९५५ मध्ये केलेल्या अध्यक्षीय भाषणात डॉ. भाभा म्हणाले होते : 'भारताच्या नवनिर्मितीसाठी, विकासासाठी भरपूर कार्यशक्ति उपलब्ध होणं जरूर आहे. जलप्रपातांपासून मिळणारी विद्युत्शक्ति आणि नैसर्गिक खनिज इंधनापासून मिळणारी शक्ति आम्ही उपयोगात आणतोच आहोत. पण अमेरिकन लोकांच्या राहणीप्रमाणं भारतीयांनी आपल्या राहणीचं प्रमाणं वाढविलं आणि त्यांची अर्थव्यवस्था अंगिकारली तर आम्हाला सध्या उपलब्ध होणारी शक्ति दहा वर्षं सुद्धा पुरणार नाही. आम्हाला आता अणुशक्तीकडे धाव घेतल्यावाचून गत्यंतर नाही. युरेनियमचे भरपूर साठे असलेल्या राष्ट्रांकडून आम्हाला मदत हवी आहे.....'

डॉ. होमी जे. भाभा हे महान द्रष्टे होते. सुदैवानं पंडित जवाहरलाल नेहरूंचं सहकार्य त्यांना लाभलं होतं. भारतात अणुशक्तिविभाग ऑगस्ट १९५४ मध्ये स्थापन झाला. लवकरच मुंबईला ट्रॉंबे उपनगरात एक अणुभट्टी तयार झाली. तिला कैलासवासी प्रोफेसर के. एस्. कृष्णन्‌नी सुचविलेलं 'अप्सरा' हे यथार्थ नाव देण्यात आलं. दिनांक ४ ऑगस्ट १९५६ ला दुपारच्या पावणेचार वाजता ती संपूर्णपणे कार्यक्षम झाली. दिनांक २० जानेवारी १९५७ ला त्यावेळचे प्रधानमंत्री जवाहरलाल नेहरू यांनी मोठ्या समारंभानं ती देशाला अर्पण केली. त्यापुढील कालखंडात 'अप्सरे' नं अत्यंत भरीव स्वरूपाची कामगिरी केली आहे. अनेक क्षेत्रांत अत्यंत उपयुक्त संशोधन केलं आहे. डॉक्टर भाभांच्या मृत्यूनंतर ट्रॉंबेच्या अणुशक्तिकेंद्राला "भाभा अणुसंशोधन केंद्र" असं सार्थ नाव देण्यात आलं.

भारतात अणुऊर्जेच्या वापराची सुरुवात ही अशा रीतीनं झाली.

विस्तृत प्रमाणावर अणुशक्ति उपलब्ध करून देणारं भारतात एक मोठं केंद्र असावं, अशी डॉ. भाभांची महत्वाकांक्षा होती. त्यासाठी त्यांनी मुंबईच्या उत्तरेला ६५ मैलांवर असलेलं तारापूर हे खेडं निवडलं. दिनांक ६ डिसेंबर १९६३ ला भारतानं अमेरिकेशी एक करार केला. ह्या कराराप्रमाणं भारताला अमेरिकेकडून ५६ कोटी २५ लक्ष रुपयांची मदत आणि २५ वर्षे पुरेल इतकं संवर्धित युरेनियम् मिळायचं होतं. स्वर्गीय प्रधानमंत्री जवाहरलाल नेहरू ह्या महत्वाच्या प्रसंगी उपस्थित होते. डॉ. भाभा आणि अमेरिकेचे राजदूत चेस्टर बौल्स ह्यांनी करारपत्रावर सह्या केल्या. इसवी सन १९६४ मध्ये कामाला सुरुवात झाली, १९६९ मध्ये तारापूरचं अणुशक्तिकेंद्र पूर्ण झालं. आणि दिनांक १९ जानेवारी १९७० ला विद्यमान प्रधानमंत्री श्रीमती

इंदिरा गांधी यांनी राष्ट्राला ते अर्पण केलं. ह्या केंद्राच्या निर्मितीसाठी ६,५०० लोकांनी कष्ट उपसले. १२००० टन पोलाद, ४४००० टन सीमेंट, एक लक्ष ५ हजार घनयार्ड गिट्टी, ५२००० घनयार्ड वाळू, ४० मैल लांब पाण्याचे पाईप्स् आणि २५० मैल लांब विद्युत्वाहक तार लागली ! तारापूरचं अणुकेंद्र प्रतिदिवशी ४ लक्ष किलोवॉटच्या त्वरेनं शक्तीचं रूपांतर करू शकतं.

जगात सध्या अणु विद्युतशक्ति निर्माण करणारी १०५ केंद्रं आहेत. तारापूरचं वीजकेंद्र केवळ भारतातच नव्हे तर आशिया खंडांतहि पहिल्या क्रमांकाचं वीज केंद्र आहे. जगातील जी काही थोडी राष्ट्रं अणूंपासून निर्माण केलेली विद्युत्शक्ति वापरतात त्यांत भारताचा समावेश तारापूरच्या वीजकेंद्रानं करून दिला आहे.

मानवी उत्क्रांतीचा इतिहास पाहिला तर चटकन् एक अनुमान निघतं. ते हे की, जेव्हा जेव्हा मानवानं शक्ति उपलब्ध करून घेण्याचे नवनवीन मार्ग आत्मसात केले, तेव्हाच त्याला प्रगतीचा आणि विकासाचा पुढचा टप्पा गाठता आला. जंगलात किंवा गुहेत राहणाऱ्या आदिमानवानं अग्नीपासून मिळणाऱ्या उष्णतेचा स्वयंपाकासाठी, स्वतःच्या सुखसोयींसाठी आणि स्वसंरक्षणासाठी उपयोग केला तेव्हाच त्याच्या जीवनात स्वारस्य आलं. माकेल फॅरडेनं इसवी सन १८३१ साली लहानसा डायनामो किंवा जनित्र तयार करून विद्युत्शक्ति वापरात आणली तेव्हा मानवानं प्रगतीचा दुसरा महत्वाचा टप्पा गाठला. ती एका ठिकाणी निर्माण करता येते आणि विद्युत्वाहक तारांच्या मदतीनं हजारो मैल दूर असलेल्या अनेक ठिकाणी वापरता येते. फॅरडेच्या शोधामुळं शक्तीची 'वाहतुक', नियंत्रण आणि वितरण करणं सोपं झालं. देशातील कोनेकोपरे प्रकाशानं उजळून काढणं, पाहिजे तिथं कारखाने स्थापन करणं, राहत्या घरांचं वातानुकूलन करणं शक्य झालं. जलप्रपात आणि कोळसा, केरोसीन, पेट्रोलियम यासारख्या खनिज इंधनांच्या ज्वलनक्रियेमुळं जलीय आणि औष्णिक शक्ति मुक्त करता येऊन तिचं विद्युत्शक्तीत रूपांतर करता येऊ लागलं. मानवी संस्कृति जसजशी सुधारत गेली तसतशी कार्यशक्तीची गरज वाढू लागली. पृथ्वीवरचं खनिज इंधन लवकरच संपुष्टात येईल अशी भीति वाटू लागली. गरज ही शास्त्रीय शोधांची जननी. शास्त्रज्ञ अधिक शक्ति मिळविण्याचे मार्ग शोधू लागले. अणुगर्भात साठविलेली प्रचंड शक्ति मुक्त करण्याचा ते प्रयत्न करू लागले.

आणुकेय शक्ति दोन प्रकारच्या परस्परविरोधी विक्रियांनी मुक्त होऊ शकते. एक विक्रिया म्हणजे फिशन म्हणजे द्विधाभवन किंवा अणुद्वेधा. जड पदार्थांच्या अणुगर्भाचं द्विधाभवन होऊन दोन हलक्या मौलांचे अणू तयार होतात. याच्या उलट दोन हलक्या

मौलांचं विलयन किंवा फ्यूशन केलं तर एक जड पदार्थाचा अणु होतो. ह्या क्रियेला अणुसंगक्रिया असंहि म्हणतात.

या दोन्ही विक्रियांमध्ये थोडंसं वस्तुमान नाश पावतं, पण ते प्रारणशक्तीच्या स्वरूपात पुनर्जन्म घेतं. हीच ती अणुगर्भीय किंवा आणुकेय शक्ति ! प्रोफेसर आल्बर्ट आईन्स्टाईनच्या सिद्धांताप्रमाणं -

$$E = mc^2$$

म्हणजे मुक्त झालेली शक्ति ही (वस्तुमान गुणिले प्रकाशवेगाचा वर्ग) ह्या संख्येबरोबर असते. एक ग्रॅम वजनाच्या वस्तुमानाचा अणुगर्भीय विक्रियेत विनाश झाला तर ९ परार्ध अर्ग शक्ति उपलब्ध होऊ शकते. अडीच हजार टन कोळसा जाळला तरच त्यापासून मिळणारी शक्ति ह्या अणुशक्तीची बरोबरी करू शकेल. युरेनियम-२३५ हे अतिशय जड आणि म्हणूनच अत्यंत अस्थिर आणि रदनशील असं मौल आहे. १ पौंड युरेनियमचं संपूर्णतया शक्तीत रूपांतर केलं तर दरताशी ११ महापद्म किलो वॅट शक्ति उपलब्ध होऊ शकेल. इतक्या प्रचंड शक्तीवर अमेरिकेचे सर्व प्रकारचे उद्योगधंदे आणि कारखाने संपूर्ण दोन आठवड्यापर्यंत चालू शकतील.

बहुतेक आणुकेय शक्ति निमिषार्धात अमाप उष्णतेच्या स्वरूपात मुक्त होते हीच ती विराट शक्ति वापरण्याच्या मार्गात मुख्य अडचण आहे. एका भांड्यात किंवा अणुध्वमात युरेनियम-२३५ धातूचे दोन किंवा तीन गोळे ठेवले आणि त्यांवर न्यूट्रॉन्सचा मारा केला, तर प्रथम युरेनियमच्या एका अणूचं द्विधाभवन होईल, दोन न्यूट्रॉन्स् अतिद्रुतगतीनं बाहेर पडतील आणि ते युरेनियमच्या इतर दोन अणूंना धडक देऊन त्यांचं विभाजन करतील, त्यांतून ४ न्यूट्रॉन्स द्रुतगतीनं बाहेर पडतील. ते ताबडतोब इतर चार अणूंना धडक देऊन त्यांचं विभंजन करतील. अशा रीतीनं द्विधाभूत झालेल्या अणूंचा आणि द्रुतगति न्यूट्रॉन्सचा आकडा वाढत जाईल. प्रत्येक वेळी दुपटीनं ! प्रथम पिढीत दोन, नंतर चार, आठ, सोळा.... दहाव्या पिढीत तो आकडा ५१२ वर, तर विसाव्या पिढीत ५ लक्ष २४ हजार दोनशे अठ्ठयाऐंशी (५,२४,२८८) च्या वर जाईल. ऐंशीव्या पिढीत १२ लक्ष परार्धपेक्षां अधिक अणूंचं द्विधाभवन होईल आणि असंख्य द्रुतगति न्यूट्रॉन्स निर्माण होतील. ह्या शृंखलासम विक्रियेत प्रत्येक द्विधाभवनात जे काही वस्तुमान नाश पावेल. ते उष्णताप्रारणाच्या स्वरूपात प्रकट होईल. हे सर्व निमिषार्धात घडून येईल ! दिनांक ६ ऑगस्ट १९४५ ला हिरोशिमाला हेच घडलं. अल्पावकाशात अणुध्वमानं अमाप औष्णिक ऊर्जा निर्माण केली, म्हणूनच त्या शहराचा संपूर्णतया विनाश झाला.

पण ह्या विक्रियांच्या साखळीत निर्माण होणाऱ्या द्रुतगति न्यूट्रॉन्सची संख्या आणि गती कमी केली तर ती विक्रिया नियंत्रित होऊ शकेल, असं प्रसिद्ध इटॅलियन अणुशास्त्रज्ञ एनरिको फर्मी यांना वाटलं. काही न्यूट्रॉन्सचं जर युरेनियम-२३८ च्या सहाय्यानं शोषण केलं किंवा ग्रॅफाईटच्या विटा मध्ये घालून, त्यांच्या साह्यानं द्रुतगति न्यूट्रॉन्स परावर्तित करून त्यांची गती कमी केली, तर ह्या अणुद्विधाविक्रियेवर नियंत्रण घालता येऊन शेवटी ती स्वावलंबी करता येईल की काय ते पाहण्यासाठी त्यांनी एक प्रयोग करायचं ठरविलं. प्रयोगासाठी त्यांनी शिकागो युनिव्हर्सिटीच्या स्टॅगफील्ड क्रीडाभूमीच्या मागं एक अणुभट्टी बांधली. अत्यंत गुप्ततेनं हे संशोधन चाललं होतं. प्रयोग फार महत्वाचा होता. तो फसला की सबंध शिकागो शहराला धोका होता. प्रयोग यशस्वी झाला की अमाप अणुशक्तीवर नियंत्रण आणून मानवी इच्छेप्रमाणं हवी तशी ती राबवून घेण्याचं तंत्र हस्तगत करता येणार होतं. दिनांक २ डिसेंबर १९४२ ला सकाळी पावणेदहा वाजता प्रोफेसर फर्मींनी आपली अणुभट्टी सुरू केली. अधूनमधून यंत्रांची, उपकरणांची चाळवाचाळव, जुळवाजुळव, त्यांत फेरबदल केले जात होते. त्यांची निरीक्षणं केली जात होती, नवीन गणितं मांडली जात होती. वेळोवेळी तपमान आणि भट्टीत निर्माण होणाऱ्या न्यूट्रॉन्सची संख्या मोजली जात होती. सर्व वातावरण चिंताग्रस्त, तटस्थ निःशब्द झालं होतं. उत्कंठा अगदी शिगेला जाऊन पोचली होती. पण फर्मी अगदी शांत होते. साडेअकरा वाजता ते म्हणाले : 'मला भूक लागलीआहे. चला, आपण जेवण घेऊन परत येऊ'. जेवणानंतर २ वाजता ते अणुभट्टीजवळ आले. तपमान मोजलं. न्यूट्रॉन्स्चा आंकडा अजमाविला, थोडंसं गणित केलं, आणि २ वाजून ३१ मिनिटांनी, एकाएकी पण आनंदातिशयानं, ते ओरडले : 'ही विक्रिया आतां स्वावलंबी झाली आहे!'

माणसानं निसर्गावर आणखी एक विजय मिळविला. मानवी संस्कृति सुधारण्याच्या दृष्टीनं मानवी प्रगतीचा तिसरा अत्यंत महत्वाचा टप्पा गाठला ! सांकेतिक कूटभाषेत प्रोफेसर कॉंपटननी प्रोफेसर कोनांटला टेलिफोन केला : "The Italian navigator has landed. The natives are friendly." म्हणजे ''इटॅलियन नाविक इच्छित स्थळी सुखरूप उतरला आहे. तद्देशीय लोक त्याच्याशी मोठ्या मित्रत्वानं वागत आहेत.'' ह्या टेलिफोनचा खरा अर्थ काय होता ते माहीत आहे का आपल्याला ? फर्मींची अणुभट्टीची योजना यशस्वी झाली आहे. अणुगर्भातील शक्ति नियंत्रितपणे मुक्त करून घेण्याचं तंत्र आता साध्य झालं आहे. अणु मानवाचा मित्र बनला आहे, असं कळवायचं होतं प्रोफेसर कॉंप्टन्ना !

दिनांक २ डिसेंबर १९४२ हा मानवी संस्कृतीच्या इतिहासात अत्यंत महत्वाचा दिवस समजला जातो. शिकागो युनिव्हर्सिटीनं स्टॅगफील्ड क्रीडाभूमीवर एक मोठा स्मृतिफलक उभारला आहे. '२ डिसेंबर १९४२ ला मानवानं ह्या ठिकाणी पहिली अणुगर्भीय-विक्रिया स्वावलंबी करून दाखविली आणि त्यायोगे नियंत्रितपणे आणुकेय ऊर्जा मुक्त करण्याच्या प्रयत्नांना चालना दिली,' अशीं वाक्यं त्यावर कोरली आहेत.

आणुकेय ऊर्जा प्राप्त करून ती राष्ट्रांतील उद्योगधंद्यांना पुरवून राष्ट्रीय विकास साधण्याच्या दृष्टीनं तारापूर इथं अणुवीजकेंद्राची स्थापना करणं हे भारताचं प्रथम धाडस अभिमानास्पद आहे.

अणुगर्भांत साठविलेल्या शक्तीला इतरत्र कुठंहि तोड नाही. तारापूरचं अणुवीजकेंद्र प्रतिदिवशी १७० पौंड संवर्धित युरेनियम-२३५ चं इंधन उपयोगांत आणतं, आणि त्याच्या द्विधाभवनामुळं प्रचंड प्रमाणात उष्णता निर्माण होते. या उष्णतेमुळं इंधनाभोवती खेळत्या ठेवलेल्या पाण्याची वाफ होते. त्या वाफेच्या जोरावर टरबाईन आणि जनित्र फिरतं. प्रत्येक जनित्र २ लक्ष किलोवॅट्स् ऊर्जेची वीज निर्माण करतं. अशी दोन जनित्रं तारापूरला स्थापिली आहेत. त्यातून एकूण ४ लक्ष किलोवॅट ऊर्जेची वीज बाहेर पडते. एवढी प्रचंड विद्युत्शक्ति कोळसा जाळून निर्माण करायचं ठरविलं असतं तर एक कोटी २० लक्ष पौंड कोळसा प्रतिदिवशी लागला असता, आणि तो ६०० मैलांपेक्षाहि दूर असलेल्या खाणींतून तारापूरला आणण्यासाठी दररोज तीन मालगाड्यांची आवश्यकता भासली असती !

तारापूरचं वीजकेंद्र ३ लक्ष ८० हजार किलोवॅट वीज महाराष्ट्र आणि गुजराथ या प्रांतांतील उद्योगधंद्यांना पुरवितं. पावसाळ्यात पुरेसा पाऊस पडला नाही तर तलावात, सरोवरांत किंवा नद्यांत पुरेसं पाणी जमत नाही. त्यामुळं अनेकदा जलविद्युत् योजनांना वीजपुरवठ्यात कपात करावी लागते. त्यामुळे कारखाने बंद करावे लागतात, राष्ट्रीय उत्पन्न घटतं, राष्ट्रीय विकास खुंटतो. तारापूरच्या अणुवीजकेंद्रापासून वीज उपलब्ध झाल्यामुळं ही कपात आता रद्द झाली आहे. अणुविद्युत् शक्तीच्या पुरवठ्याला मान्सूनच्या कमी अधिक पावसाचं बंधन नसतं. ती सातत्यानं उपलब्ध होऊ शकते. पश्चिम भारतातील कोट्यवधि लोकांचं जीवन ह्या विद्युत्शक्तीवर आधारित झालं आहे.

या विद्युत् शक्तीमुळे महाराष्ट्र आणि गुजराथमध्ये अनेकविध औद्योगिक कारखाने स्थापन करता आले. समुद्रातील खाऱ्या पाण्यातील मीठ काढून ते गोड पाणी लोकांना पुरवून गोड पाण्याची जागतिक टंचाई दूर करता येईल. त्यातील काही पाणी

वाळवंटांतील उजाड प्रदेशांपर्यंत पोचचून तिथं वनस्पतींची लागवड करणं शक्य होईल. निरनिराळ्या प्रकारच्या रासायनिक खतांचे कारखाने काढून ती खतं शेतांना पुरवून धान्योत्पादन अनेकपटींनी वाढविणं सोपं होईल. अणुशक्तीवर चालविलेल्या असंख्य पंपांमुळं भूमि-अंतर्गत जलवाहिन्यांतील पाणी वर आणून पर्जन्यविहीन दिवसांत ते शेतांना देता येईल. शेतकरी साधारणपणे वर्षांतून एकच पीक काढतात. खतांच्या आणि पाण्याच्या नवीन सोयी उपलब्ध झाल्यामुळं आता त्यांना वर्षांतून तीन पिकं काढता येतील. वीज खेडोपाडी पोचविणं शक्य झाल्यानं आता तिथंहि लहानसहान उद्योगधंदे सुरू करता येतील. अणुऊर्जा म्हणजे कामधेनूच जणु !

एवढ्या प्रचंड प्रमाणावर अणुऊर्जा प्राप्त झाल्यास देशाचा कायापालट होण्यास विलंब लागू नये. लोकांच्या जीवनात सुबत्ता आणि समाधान आल्याशिवाय देशात शांती नांदू शकत नाही. निसर्गाशी सहकार्य करून मानवानं अणूंतील अंगभूत शक्ति काढून घेण्याची कला आत्मसात केली. मानवानं आता मानवाशी सहकार्य करून ह्या अणुऊर्जेचा उपयोग शांती प्रस्थापित करणारं प्रभावी अस्त्र म्हणून केला पाहिजे हे उघड आहे.

❐ ❐ ❐

३४

शास्त्रीय संशोधनाचे अंतिम उद्दिष्ट काय असावे ?

नुकतेच मी एका प्रसिद्ध पाश्चात्य संशोधकाचे व्याख्यान ऐकले. विज्ञानाने मानवी जीवनात केवढी क्रांती घडवून आणली आणि ते किती सुखी केले आहे हे व्याख्याते समजावून सांगत होते. ते म्हणाले : "आपण अणुयुगात राहात आहोत. श्वसनक्रियेमुळे तुम्ही जी हवा आत फुफ्फुसात घेता ती हवा, ज्या आसनावर तुम्ही स्थानापन्न झाला आहात ते आसन, जी वस्त्रे तुम्ही परिधान केली आहेत त्यात असंख्य अणुरेणू सामावलेले आहेत. प्रत्येक अणू प्रचंड शक्तिसामर्थ्याचा साठा आहे. एका दुःखद घटनेमुळे - हिरोशिमावर इ.स. १९४५ मध्ये टाकलेल्या ॲटमबॉम्बमुळे - जरी ह्या विराट शक्तीचा प्रत्यय मानवाला आला तरी आता त्याच मानवाने शांततामय कार्यासाठी अणुशक्तीचा उपयोग करावयास सुरुवात केली आहे. रदनशील किंवा किरणोत्सारी अणूंच्या विघटनामुळे किंवा दोन भिन्न अणूंच्या एकीकरण किंवा विलयनक्रियेमुळे आता प्रचंड प्रमाणावर विद्युत् शक्ती निर्माण करता येते, त्यामुळे उद्योगधंदे वाढविता येतात. आणवीय शक्तीवर आता जलनौका चालविता येतात. जर्मनीची "ऑटो हान", रशियाची "लेनिन", अमेरिकेची "सॅव्हाना" या जलनौका किंवा "पोलॅरिस" ही अमेरिकेची पाणबुडी नौका, हे सिद्ध करीत नाही का ? ... कदाचित् अणुशक्तीवर चालणारे वायुयानही लवकरच अस्तित्वात येईल. त्यामुळे आवाजाच्या वेगाच्या अनेक पट वेगाने मानवाला आकाश किंवा अवकाश संचार करता येईल. किरणोत्सारी रसायनांच्या साह्याने, निरनिराळ्या खतांमधून वनस्पती आपले अन्न कसे शोषून घेतात आणि त्या किती वेगाने कशा वाढतात ते कळून आले आहे. किरणोत्सारी मार्ग व तंत्राच्या साह्याने अनेक रासायनिक क्रियाप्रक्रिया कशा होतात ह्यांचे ज्ञान प्राप्त झाले आहे., आण्विक इंधन वापरून पृथ्वीवर प्रतिसूर्य किंवा सूर्याची उष्णता निर्माण करणे आता शक्य झाले आहे. पृथ्वीचे वय किंवा पृथ्वीवरील

जीर्ण अवशेषांचे वयही अजमावणे आता कठीण नाही.... मानवाने चंद्रावर पदार्पण केले आहे. सौरशक्ती राबवून घेण्याच्या मार्गावर तो आला आहे. मंगळावर स्वारी करण्याच्या योजना तो आखीत आहे.....

"देवाचे अस्तित्व मानायचे आधुनिक विज्ञानयुगात कारण नाही, किंवा त्या प्रश्नावर रणे माजवायचीही आवश्यकता आता उरली नाही. मानवाची निर्मिती शास्त्रज्ञ परीक्षण- नलिकेत करू शकतील. योग्य त्याच गुणांची वाढ मानवी व्यक्तित्त्वात करता येईल. दुर्गुण वगळता येतील. दुष्टपणाचे समूळ उच्चाटन करता येईल. मानवांना भंडावणाऱ्या अनेक रोगांचे निदान आणि त्यांवर उपाय आता चटकन् करता येतील. 'औषधांचे सुवर्णयुग' नुकतेच सुरू झाले आहे. मानव आता मृत्यूशी झुंज देऊ शकेल. अंतिम विजय मानवाचाच यात शंका नाही.....

"माणूस पाहिजे तेथे कृत्रिम उपायांनी हवा तितका पाऊस पाडू शकेल. हवे तेवढे धान्य पिकवू शकेल...."

व्याख्याते पुढे म्हणाले : "The future belongs to science. मानवाचे सर्व भवितव्य विज्ञानावर अवलंबून आहे. कोणत्याही राष्ट्राचा विकास केवळ विज्ञानामुळेच होणार आहे. मूस किंवा धातुरसपात्र आणि सूक्ष्मतुला हींच वैज्ञानिक विकासाची आवश्यक उपकरणे ! सध्या अनेक राष्ट्रे ह्या मुशीत पडून आकारली जात आहेत. तरी काही राष्ट्रे विकासाच्या सूक्ष्मतुलेवर आंदोलत आहेत.

"जीवशास्त्र, वैद्यकशास्त्र आणि वास्तवशास्त्र यात सध्या जे संशोधन चालले आहे त्यामुळे मनुष्याच्या हाती आश्चर्यकारक शक्ती येत आहे. निसर्गावर मात करून मृत्यूवर विजय मिळविण्याच्या मानवी महत्वाकांक्षेला मूर्त स्वरूप येत आहे.... माणसाला आता वार्धक्य टाळता येईल. अतिवृद्ध माणूस मध्यमवयीन माणसासारखा वागू लागेल : मध्यम वयाचा माणूस तरुण होईल आणि आजपासून वीस वर्षांनी आता आपण आहोत त्यापेक्षा वीस वर्षांनी तरुण होऊ, चिरंतन तारुण्याचा आनंद, उन्माद आता आपण सतत उपभोगू शकू.... मृत्यूला टाळून आपण आपल्या आयुष्यातील वीस वर्षांची संख्या पाहिजे तेवढ्या पटींनी वाढवू शकू....."

श्रोतृवृंद ह्या भाषणावर बेहद्द खूष होता. सर्वांना आपण ययाती झाल्याचा भास होत होता !

पण एकाकी माझे लक्ष त्या भाषणातून उडाले. मन विचार करू लागले : निसर्गावर मात करण्याच्या वल्गना करणारा हा वक्ता एका अतिप्रगत, समृद्ध आणि वैभवसंपन्न राष्ट्राचा नागरिक होता. विमाने, मोटारी, बंगले, रेडिओ, दूरध्वनी, दूरचित्रवाणी,

वातानुकूलक, शीतपेट्या, मदिरा, मदिराक्षी इत्यादी गोष्टींनी विनटलेल्या सुखासीन आयुष्यातच मानवी जीवनाचा आनंद साठविला आहे किंवा भोगनिष्ठ जीवन हेच खरे जीवन व खरी मानवी प्रगती आहे अशी त्याची प्रामाणिक समजूत होती. विज्ञानाने हे सुख त्याला त्याच्या देशात प्राप्त करून दिले होते. पण जगात अन्यत्र मानवजातीच्या वाट्याला केवढे दुःख येत होते याची त्याला कल्पना नव्हती. कोट्यवधी माणसे जगात उपासमारीने मरत होती, लक्षावधी लोक रोगराईंना बळी पडत होते. विज्ञान तेथे पोहोचू शकत नव्हते. कित्येक ठिकाणी लढाया होत होत्या. प्रचंड प्रमाणावर मनुष्यसंहार होत होता. अती आधुनिक अशी विध्वंसक अस्त्रे, शस्त्रे वापरली जात होती. वैज्ञानिक विकासाचा आणि संशोधनाचा तोही एक वेगळाच आविष्कार होता. विज्ञानाच्या प्रगतीमुळे मानवी जीवनात सुखाबरोबर दुःखही निर्माण व्हावे याचे मला आश्चर्य वाटले.

मला प्रश्न पडला : शास्त्रीय संशोधनाचे अंतिम उद्दिष्ट काय असावे ?

मला अजून त्या प्रश्नाचे उत्तर सुचले नाही, पण मला वाटते की, अखिल मानवजात प्रगत व्हावी, मानवी जीवनात अनिर्बंध आनंद पसरावा, हेच विज्ञान संवर्धनाचे उद्दिष्ट असावे. भोगात तृप्ति नाही. अतृप्तीतून अशांतता निर्माण होते. वैज्ञानिक प्रगती ही कुठल्याही राष्ट्राची किंवा व्यक्तीची मक्तेदारी होऊ नये. त्यामुळे मानवी सुखदुःखांची विषम वाटणी होते. नुसत्या सुखसोयींच्या साधनांनी मानवी संस्कृती वृद्धिंगत होणार नाही, मानवी मूल्ये टिकून राहणार नाहीत. विज्ञान सर्वत्र सारख्या प्रमाणात पोचले पाहिजे. विज्ञानाने सर्वांचे जीवन सुखाने आणि आनंदाने भरून निघाले पाहिजे. औषधांच्या साह्याने मानवी आयुष्यात अनेक वर्षांची निव्वळ भर घालण्याऐवजी, किंवा मरण येत नाही म्हणून केवळ जगण्याऐवजी, मानवी आयुष्याच्या प्रत्येक वर्षात प्रत्येक क्षणात जीव ओतला पाहिजे, आनंदाने ते उजळून निघाले पाहिजे. We must not add years to our life; we should give life to our years. तरच मानवातील संघर्षाचे निर्मूलन होईल.

मानवी दुःखांचा भागाकार करून आनंदाचा गुणाकार करावा हेच वैज्ञानिकांचे आणि त्यांच्या संशोधनाचे ध्येय असावे. जागतिक विश्वबंधुत्वाची आणि सहकार्याची कल्पना साकार करण्याचा तोच एक मार्ग आहे !

❑ ❑ ❑