GLOBAL CHANGE
IGBP

کرۂ ارض کی تبدیلی اور نظام ارضی (ایک خلاصہ)

دباؤ کے زیر اثر ایک سیارہ

ول سٹیفن
انجیلا ئنہ سانڈرسن
پیٹر ٹائسن
جل جیگر
پامیلا میٹسن
بیرین مور (سوئم)
فرینک اولڈ فیلڈ
کیتھرائن رچرڈسن
جان شیلن ہیوبر
بی۔ایل۔ٹرنر-II (دوئم)
رابرٹ ویسن

ترجمہ۔
ڈاکٹر غزالہ نسیم
ڈاکٹر رخسانہ باجوہ
ڈاکٹر امیر محمد

شعبۂ مائیکالوجی اینڈ پلانٹ پیتھالوجی
پنجاب یونیورسٹی، لاہور۔ 54590 پاکستان
شعبۂ مائیکالوجی اینڈ پلانٹ پیتھالوجی
پنجاب یونیورسٹی، لاہور۔ 54590 پاکستان
ریکٹر نیشنل یونیورسٹی آف کمپیوٹر اینڈ امرجینگ سائنسز
فاسٹ ہاؤس، روہتاس روڈ، G-9/4، اسلام آباد

DEPARTMENT OF MYCOLOGY & PLANT PATHOLOGY
UNIVERSITY OF THE PUNJAB
MPPL

پیش لفظ

ہر دو حوالے یعنی طبعی و حیاتیاتی اور معاشی و اقتصادی سے گلوبل تبدیلی اس قدر برق رفتاری سے واقع ہو رہی ہے کہ قطع نظر اس کے کہ کوئی اس کا ذمہ دار ہے یا نہیں اس نے کرۂ ارض کے باشندوں کو اپنی لپیٹ میں لے لیا ہے۔ پاکستان آب و ہوا کی گلوبل تبدیلی، حیاتیاتی تغیرات، دنیا کی تجارت اور اقتصادیات کے بدلتے ہوئے حالات سے براہ راست متاثر ہوا ہے۔ چنانچہ یہ انتہائی ضروری ہے کہ ہماری عوام کم از کم تعلیم یافتہ طبقہ نہ صرف اس تبدیلی سے آگاہ ہوں بلکہ اس کے ذمہ دار عناصر اور بحیثیت قوم لیے جانے والے بچاؤ کے اقدامات سے بھی بخوبی واقف ہوں۔ انتہائی ضرورت اس امر کی بھی ہے کہ وہ ایک معاشرے کے طور پر ترقی کی ایسی سرگرمیوں میں اپنا کردار ادا کریں جو خود انحصاری پر مبنی ہوں اور ماحول کی حفاظت کی ضامن بھی ہوں۔ ہم نے انٹرنیشنل بائیوسفیئر جیوسفر پروگرام (IGBP) کی درخواست پر اس موضوع پر لکھی گئی ایک کتاب ''گلوبل تبدیلی اور نظام ارضی'' کے خلاصے کا اردو زبان میں ترجمہ کرنے کی جسارت کی ہے۔ اس کا بنیادی مقصد یہ ہے کہ پاکستان کی عوام کی اکثریت تک گلوبل تبدیلی کے حوالے سے دنیا بھر میں ہونے والی جدید ترین تحقیق کے نتائج پہنچائے جاسکیں۔ اس طرح امید کی جاسکتی ہے کہ یہ کاوش مختلف سطحوں پر پاکستان سے براہ راست متعلقہ اِن حقائق کو ایک اہم تدریسی نصاب کی صورت میں پڑھائے جانے اور اُس کے مختلف پہلوؤں پر تحقیق کی راہیں کھولنے میں محرّک ثابت ہو۔

اس سلسلے میں ہم IGBP کے تہہ دل سے مشکور ہیں کہ اُنہوں نے ہمیں اس کام کے لیے اجازت دی اور ساتھ ہی ساتھ پاکستان اکادمی برائے سائنسز کے بھی انتہائی شکر گزار ہیں کہ انہوں نے ہمیں اس کتابچے کی طباعت اور تقسیم کے لیے فراخ دلانہ امداد فراہم کی۔

غزالہ نسیم

رخسانہ باجوہ

امیر محمد

کرۂ ارض کی تبدیلی
اور
نظام ارضی

دباؤ کے زیر اثر ایک سیارہ

ایک خلاصہ

دیباچہ

انسانوں کا مادر اِرضی کے ماحول سے رشتہ انسانی ارتقاء کے تمام تر مراحل اور معاشرتی ترقی کے مختلف ادوار کے دوران بدلتا رہا ہے۔ ہر دور میں کرۂ ارض پر انسان کی تمام تر بقا کا انحصار اُسکے ماحول کے ساتھ مقامی یا علاقائی روابط میں مضمر رہا ہے۔ اگر ہم پوری زمین کے ماحول کی بات کریں تو موسموں کا گزرنا، موسم اور آب وہوا کی ترنگ و موج، دریاؤں اور گلیشیرز کا اتار چڑھاؤ اور ہر قسم کی حیات کی بہتات وتنوع وہ تمام کواکب ہیں کہ جن میں رہتے ہوئے لوگ مصروف کار رہے ہیں۔ اس دور کے انسان کو فطرت کی عظیم الشان قوتوں کا سامنا رہا ہے اور کبھی کبھی اسکا واسطہ غیر زمینی مداخلت سے بھی رہا ہے ہماری زمین کا ماحول تمام زرائع کا منبع ومصدر رہا ہے۔ اور حیات کو قائم ودائم رکھنے میں بھی مُمد ومعاون رہا ہے۔ اسکی بدولت انسانی تہذیبیں بڑھی اور پھلی پھولی ہیں۔

ہماری زمین کے ماحول کا عمیق استحال اب واضع ہو چلا ہے۔ یہ اس وجہ سے نہیں کہ فطرت کی عظیم الشان قوتوں نے اِسے بدل دیا ہے یا پھر غیر زمینی ذرائع اسکا باعث بنے ہیں بلکہ یہ خود حضرتِ انسان کی تعداد اور اسکی کاروائیوں کا نتیجہ ہے۔ یعنی زمین کی تبدیلی کا عمل (The Phenomean of Global Change) جس کا یا پلٹ کا آغاز صدیوں پہلے ہوا بیسویں صدی کے دوسرے حصّے میں نہایت برق رفتاری اختیار کر چکا ہے۔ گزشتہ سو سالوں کے دوران انسانی آبادی ایک بلین سے بڑھ کر چھ بلین تک پہنچ چکی ہے اور 1950 سے لیکر 2000 تک اقتصادی ترقی میں 10 گنا اضافہ ہوا ہے۔

دنیا کی آبادی جتنی مضبوطی سے آج کے دور میں باہم مربوط ہے پہلے کبھی نہ تھی۔ اور یہ اس لئے ممکن ہوا کہ دنیا اقتصادی حوالے سے گلوبل چینج بن چکی ہے اور معلومات کا باہمی تبادلہ بھی بہت آسان ہو گیا ہے۔ زمین کی خشکی کا نصف حصہّ تبدیل کر دیا گیا ہے جو کہ بلا واسطہ انسان کے استعمال میں ہے۔ دنیا کی زیادہ تر ماہی گیری یا تو مکمل طور پر ختم ہو چکی ہے یا پھر ضرورت سے زیادہ استعمال ہو جانے کی وجہ سے خطرہ میں ہے۔ آج جو فضاء میں مختلف گیسوں کی آمیزش ہے، اور گرین ہاوس گیسیں، تعملاتی گیسیں، انواع واقسام کے معلّق ذرات ہیں وہ ایک صدی پہلے کی صورتحال سے یکسر مختلف ہے۔ زمین اب اپنی فنا کے چھٹے عظیم واقعے کے تقریباً درمیان میں پہنچ چکی ہے۔ سال بہ سال اِن ثبوتوں کی توانائی اور تواتر میں اضافہ ہو رہا ہے کہ جن سے یہ پتہ چلتا ہے کہ یہ تبدیلیاں کرہ ارض کے بنیادی عوامل خاص طور پر آب وہوا پر قابل ذکر اثرات مرتب کر رہی ہیں۔ گزشتہ نصف ملین سالوں کے دوران انسان کی لائی ہوئی تبدیلیوں کے زمین پر ماحول کو متاثر کرنے کی حدود اور رفتار کے بارے میں شواہد موجود نہیں ہیں۔

یہ مختصر اشاعت زمین کی تبدیلی اور نظامِ ارضی کے رازوں سے پردہ اُٹھانے کی ایک عاجزانہ کوشش ہے۔ اسمیں کئی ایک اہم اور مشکل سوالات کا جواب دینے کی کوشش کی گئی ہے۔ کسطرح نظامِ ارضی انسان کی خاطر خواہ مداخلت کی غیر موجودگی میں عمل پذیر ہوتا ہے؟ انسانی عوامل کے نتیجے میں وقوع پزیر ہونے والی تبدیلیاں فطرتی طور پر ظہور ہونے والے عوامل سے کس حد تک مختلف ہیں؟ انسانی فلاح و بہبود پر تبدیلیٔ ارض کس طور پر اثر انداز ہو گی؟ نظامِ ارضی اپنی اس اندرونی تبدیلی کا مقابلہ کرنے کے لئے کس حد تک

تیار ہے۔ کیا انسانی کاروائیاں اس بے ہنگم اور نا قابلِ واپسی تغیرات کو جنم دے سکتی ہیں کہ جنکے ساتھ گزارہ کرنا ممکن ہوگا؟ اور انسان کا اپنی زندگی کی بقا کو قائم رکھنے والے نظام کے ساتھ غافلانہ تجربہ کتنا سنجیدہ اور خطرناک ثابت ہوسکتا ہے؟

Will Steffen	ول سٹیفن
Angelina Sanderson	انجیلا ئنہ سانڈرسن
Peter Tyson	پیٹر ٹائسن
Jill Jager	جل جیگر
Pamela Matson	پامیلا میٹسن
Berrien Moore III	بیرین مور (سوئم)
Frank Oldfield	فرینک اولڈ فیلڈ
Katherine Richardson	کیتھرائن رچرڈسن
John Schellnhuber	جان شیلن ہیوبر
B.L. Turner II	بی۔ایل۔ٹرنر-II (دوئم)
Robert Wasson	رابرٹ ویسن

سائنسی شہ سرخیاں

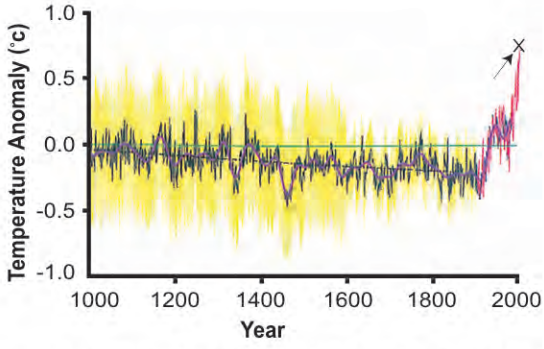
آج سے قریباً ایک دہائی قبل دنیا کے سائنسدان اس بات پر متفق ہوئے کے زمین ایک مربوط نظام کے طور پر کام کرتی ہے۔ یہ بحرِ بے کراں، یہ لامتناہی کرۂ ہوائی، یہ مادرِ ارضی، یہ جاندار اور بے جان اشیاء سب اِس نظام کے ماتحت ہیں اور باہم منسلک ہیں۔ باوجود اِس حقیقت کے کہ دنیا کے سائنسدان اِس نظریے پر متفق تھے مگر اِس نظریے کو تبدیلی پذیر زمین کے حالات پر تحقیق کے حوالے سے خاطر خواہ تقویت حاصل نہ ہوسکی۔ سائنسدان یہ سمجھنے سے قاصر تھے کہ زمین کسطرح ایک مربوط نظام کے تحت چل رہی ہے اور کیونکر اس نظام کی جزیات باہم منسلک ہیں، اور اِن اجزاء کی انفرادی اہمیت کا احساس بھی مفقود تھا۔ ایسے عوامل کے بارے میں جو خود اپنے آپ کو یا دوسرے عوامل کو متاثر کرتے ہیں اور ایسے محرکات کے متعلق جو اس نظام کو کنٹرول کرتے ہیں کوئی واضع معلومات نہ تھیں۔

گزشتہ کچھ سالوں میں بہت کچھ سیکھا گیا۔ کئی حوالوں سے کرۂ ارض میں مستقبل میں وقوع پذیر ہونے والی تبدیلیوں کی ماہیت کے بارے میں گزشتہ غیر یقینی کی کیفیات میں بتدریج کمی واقع ہوئی ہے۔ تاہم اس میں کوئی شک نہیں کہ غیر یقینی کا پہلو پھر بھی کسی حد تک قائم رہتا ہے۔ پچھلے دس سالوں کے دوران ہماری اس فہم و فراست نے خاصی پیش رفت کی ہے کہ کسطرح انسانی کاروائیاں کرۂ ارض پر تبدیلی لا رہی ہیں۔ ان تبدیلیوں کے پسِ پشت انسانی کاروائیوں اور کرۂ ارض پر وقوع پزیر فطرتی عوامل کو علیحدہ علیحدہ پس منظر میں پیش کرنے کی کوششیں بھی کئی حوالوں سے خاصی بار آور ثابت ہوئیں۔ اس لحاظ سے گزشتہ دھائی کو سائنسی چیلنج، اسکے حصول اور اس سے متعلقہ جوش و جزبہ سے بھرپور وقت کہا جا سکتا ہے۔ اگر موجودہ دور اور 1980 کے عشرے کے آخری حصے کا سائنسی موازنہ کیا جائے تو بڑا واضع فرق محسوس کیا جا سکتا ہے۔ عمومی طور پر کرۂ ارض کی تبدیلی کی تحقیقی سائنس (Global Change Research) نے کئی مفروضوں اور خاکوں کو حقیقت کا رنگ دیا ہے۔ اور تمام درجات پر عوامل کی تفصیل اور اِنکا تقابلی جائزہ پیش کیا گیا ہے۔ یہ سب اس لئے ممکن ہوا کہ سائنس نے ماضی کو کھنگھالنے کے حوالے سے خاصی ترقی کی اور اسی وجہ سے ان تمام تبدیلی پیدا کرنے والے محرکات کا پتہ چلنا شروع ہوا۔ یہ بات اب واضع ہو چکی ہے کہ اس نئے میلینیئم کے آغاز کے ساتھ انسانیت کو اب جو سب سے بڑا مسئلہ ماحول کے حوالے سے درپیش ہے وہ زمین کے بدلتے ہوئے حالات ہیں۔ اس سلسلے میں گذشتہ پندرہ سالوں کی تحقیق نے دنیا بھر کے سائنسدانوں کو کئی ایک اہم نتائج پر پہنچنے میں مدد دی ہے۔ مختصراً وہ نتائج درج ذیل ہیں:۔

☆ کُرۂ ارض کا نظام ایک ایسا نظام ہے جسے اِسپر بسنے والی حیات کنٹرول کرنے کی اہلیت رکھتی ہے۔ حیاتیاتی عوامل طبعی اور کیمیائی عوامل کے ہمراہ چل رہے ہوتے ہیں اور اسطرح سے کُرۂ ارض پر مخصوص ماحولیاتی نظام جنم لیتے ہیں۔ مگر ان سب میں سے زیادہ مضبوط و توانا کردار اس پر بسنے والے جانداروں کا ہے۔

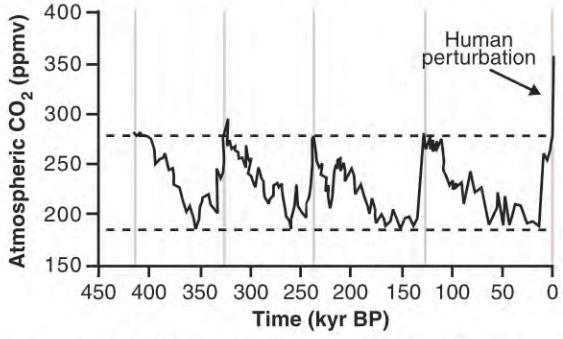
☆ کرۂ ارض کی تبدیلی (Global Change) کی حیثیت آب و ہوا کی تبدیلی (Climate Change) سے کہیں زیادہ ہے۔ کرۂ ارض کی تبدیلی اب حقیقت کا روپ دھار چکی

زمین کا نظام ایک خودکار نظام کے طور پر کام کر رہا ہے۔ انسانی افعال ماحول کو گلوبل سطح پر کافی حد تک تبدیل کر رہے ہیں۔



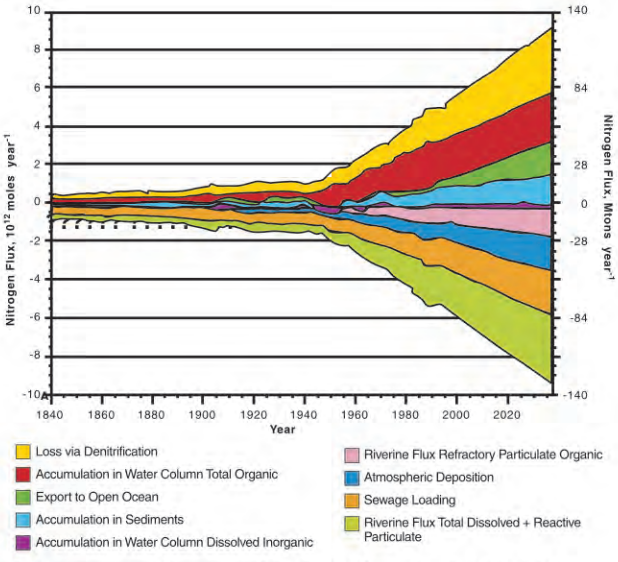
Source: Mann et al (1999) Geophys Res Lett 26, 759-762

آب وہوا : اوسط درجۂ حرارت



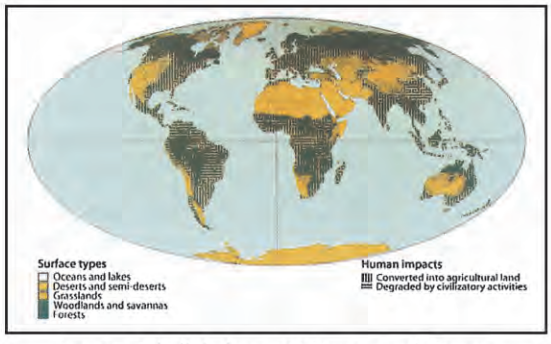
Source: Petit et al(1999) Nature 399, 429-436; Keeling and Whorf (2000), In: Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Centre.

فضا : کاربن ڈائی آکسائیڈ کی مقدار



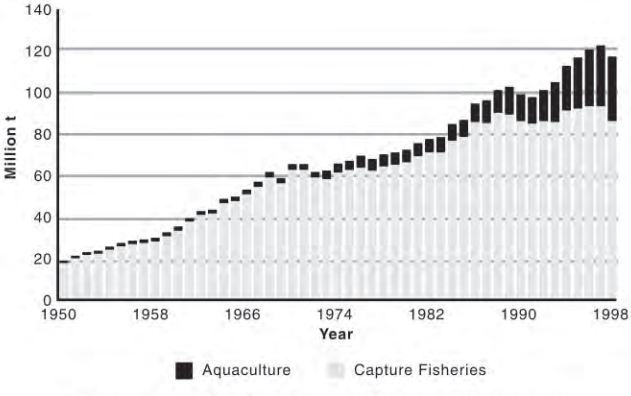
Source: Mackenzie et al. (2002) Chem Geol, 190, 13-32

ساحلی علاقے : نائٹروجن کا بہاؤ



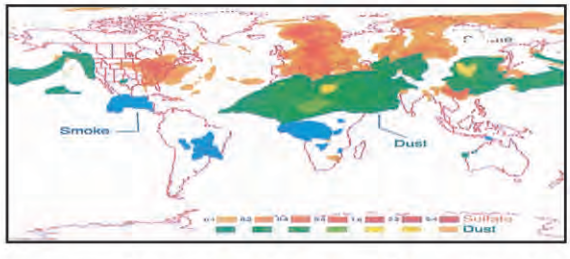
Source: Schellnhuber (1998), In: Earth System Analysis, Springer-Veriage, pp 3-195

زمین : مادر ارضی کا غلاف



Source: FAO (2000) The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agricultural Organization of the United Nations.

سمندر : ماہی گیری



Source: (http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/ and Heintzenberg et al. (2003). In: Brasseur et al. "The changing atmosphere", Springer- Verlag, pp. 125-156

فضا : نمی والے زرات

ہے اور اسمیں وقت کے ساتھ ساتھ برق رفتاری آتی جا رہی ہے۔ انسانی سرگرمیاں نظامِ ارض کے معمولات کو بُری طرح متاثر کر رہی ہیں۔ اِن سرگرمیوں کی بدولت آنے والی تبدیلیوں کو اُن تبدیلیوں سے شناخت کرنا آسان ہو گیا ہے جو قدرت کا حصہ ہیں۔ بسا اوقات یہ تبدیلیاں کسی آفت ناگہانی یا عذاب الٰہی کا حصہ محسوس ہوتی ہیں۔

☆ انسانی سرگرمیوں نے مختلف الاجہتی اور ایک دوسرے سے متصل اثرات کو جنم دیا ہے جو نظامِ ارضی کو بڑے پیچیدہ انداز میں اپنی لپیٹ میں لے رہے ہیں۔ کرۂ ارض کو صرف علّت۔ معلول یا عمل ردِّعمل کے اصول پر رہتے ہوئے بلکل نہیں سمجھا جا سکتا۔ ان اثرات کے لامتناہی سلسلے کئی ایک مقامی یا خطہ وار مسائل سے منسلک ہیں۔

☆ مادر ارض پر چلنے والے مختلف قسم کے چکروں کی برداشت کی بھی حدود ہیں۔ اور کبھی کبھی فطرت میں بھی یکا یک یا انہونے واقعات رونما ہو سکتے ہیں۔ مگر حضرت اِنسان نے مسائل کے ایک ایسے سلسلے کو جنم دیا ہے جس کے اثرات نظام ارضی کیلئے آفات کے مترادف ہیں۔ مثلاً سٹریٹوسفیئر میں اوزون کا انحطاط ایک ایسا مسئلہ ہے کہ ہم اس سے بال بال بچے ہیں۔ اسمیں کوئی شک نہیں کہ زمین تقریباً نصف ملین سالوں سے کئی مرتبہ زیرِ عتاب رہی ہے۔ مگر ہر مرتبہ اس میں سے سرخرو ہوئی ہے۔ اب خطرہ تو یہ ہے کہ انسان اس سیارے کو ایسے مسائل سے دوچار نہ کر دے جہاں سے واپسی کے تمام راستے مفقود ہوں۔

ایک مربوط نظام ارضی

گزشتہ دو دہائیوں کے دوران ماحول سے متعلقہ مسائل پر ایک نیا نقطۂ نظر حاوی دکھائی دیتا ہے۔ حیاتِ ارضی کو قائم رکھنے والے نظام کی حقیقت کے بارے میں آگاہی میں برق رفتاری سے اضافہ ہو رہا ہے اور اُس کے ساتھ ساتھ اِس امر کی سمجھ بوجھ میں بھی اضافہ ہو رہا ہے کہ حضرتِ انسان کی کاروائیاں بھی نظامِ ارضی کے مختلف انواع معملات پر زود اثر انداز سے اور تیز رفتاری سے اثرات مرتب کر رہی ہیں۔ اس نظام پر کہ جس کے قائم و دوائم رہنے پر خود انسان اور اس کے معاشرے کی بقا کا انحصار ہے۔

انسان کا ماحول سے رشتہ:

ماحولیاتی تغیرات اور انسانی معاشروں کے درمیان تعلقات کی تاریخ بہت طویل پیچیدہ اور کئی ہزار برسوں پر محیط ہے اور تعلقات وقت گزرنے کے ساتھ اور مختلف جگہوں کے اعتبار سے مختلف رہے ہیں۔ ان زمانی اور مکانی تفرقات کے باوجود حالیہ کچھ سالوں میں ایک ارضیاتی (گلوبل) نقطہ نظر ابھرا ہے جو ماحولیاتی سائنسز میں جاری تحقیق کی اساس بن گیا ہے۔ اس نقطہ نظر کے حوالے سے جو بات بہت اہم ہے وہ یہ کہ اس نے ہماری توجہ ہمارے سیارے زمین کے بارے میں دو بنیادی حقائق کیطرف مبذول کروائی ہے۔ پہلی بات تو یہ کہ زمین بذاتِ خود ایک نظامِ واحد ہے جسمیں حیات ایک فعال اور ضروری جز کی حیثیت کی حامل ہے۔ کھیل کے میدان کی مثال اگر لی جائے تو زندگی ایک کھلاڑی کی مانند ہے نہ کہ ایک تماشائی کی دوسری بات یہ کہ انسانی کاروائیاں اپنے نتائج کے حوالے سے پرزور اور تندو تیز ہوتی جا رہی ہیں اور اسطرح انھوں نے زمین کو وسیع پیمانے پر پیچیدہ اور زُود افزوں انداز سے متاثر کیا ہے۔

انسانوں میں اب یہ اہلیت موجود ہے کہ وہ نظامِ ارضی کو اس طور پر بدل دیں کہ جس کے نتیجے میں تمام عوامل اور جزئیات ارضی، دونوں حیاتیاتی اور غیر حیاتیاتی خطرے سے دو چار ہو جائیں اور پھر خود حضرتِ انسان کی بقا خطرے میں پڑ جائے۔

زمین کے بارے میں نظامی انداز فکر اور اسکو ماحول پر لاگو کرنا کوئی انہونی بات نہیں ہے۔ تاہم کچھ عرصہ قبل تک زمین کے طریقِ کار کے بارے میں سوچ و سمجھ، نظامِ ارضی کے جزئیات پر لاگو کی جا رہی تھی۔ حقیقتاً اِس فکر کے حوالے سے جو نئی بات گزشتہ دس سے پندرہ سالوں کے دوران سمجھ میں آئی ہے وہ یہ کہ اب یہ نقطہ نظر نظامِ ارضی کو کلی طور پر اپنے احاطہ میں لینے کی طرف گامزن ہے۔ اندازِ فکر کی اس خاطر خواہ تبدیلی کیوجہ بہت سارے تغریات و ترقیاں یا پیش رفت ہیں جو سائنس کے میدان میں واقع ہوئی ہیں۔

☆ خلائی جہاز سے زمین کا نظارہ ایک سبزی مائل نیلگوں سیارہ تاریکیوں میں تیرتا ہوا جزبات انسانی کی ایک ایسی لہر کو جنم دیتا ہے کہ یوں محسوس ہوتا ہے کہ ایک گھر، زندگی سے بھرپور، رونقوں سے مالا مال ہے جو لمبے بے آب و گیاہ اور بے حیات و بے جان خلاوں کی اتھاہ تاریکیوں میں محوِ سفر ہے اور کچھ اِس طرح کی سوچ ذہن میں کلبلانے لگتی ہے کہ یہ پررونق مادرِ ارضی نہایت محدود وسائل کے ساتھ اپنی اور اپنے اوپر بسنے والوں کی بقا کے لئے سرگرداں ایک مکمل حیثیت کا مالک ایک جسمِ فلکی ہے۔

☆ کرۂ ارضی کے لئے نت نئے مشاہداتی نظاموں نے اس امر کو ممکن بنا دیا ہے کہ ان خیالات و رجحانات کو جو پہلے جزئیات کی سطح پر یا مقامی اور علاقائی سطح پر لاگو ہوتے تھے اب زمین پر کُلّی طور

پر لاگو کیا جا رہا ہے۔

☆ ارضیاتی مشاہدات کے مجموعات نے اعداد و شمار کی مسلسل ترسیل کی مدد سے زمین کی سطح پر واقع ہونے والے عوامل کو سمجھنے میں اہم کردار ادا کیا ہے۔ ان اعداد و شمار نے ہمیں اس قابل بنایا ہے کہ ہم ہمہ وقت مختلف عوامل کے بارے میں باخبر رہتے ہوئے ان میں موازنہ کر سکیں۔

☆ ماضی میں نظامِ ارضی میں واقع ہونے والے عوامل کے بارے میں نتائج اخذ کرنے کی صلاحیتوں میں ڈرامائی تبدیلی واقع ہوئی ہے۔ جس نے ہمیں وقت کے ساتھ ساتھ ظہور پذیر ہونے والے عوامل کا احاطہ کرنے کا شعور دیا ہے۔

☆ کمپیوٹر کے علم میں بیش بہا اضافے نے نہ صرف اعداد و شمار کو زیرِ تجربہ لانے میں اہم کردار ادا کیا ہے بلکی نت نئے ماڈلز نے مختلف افعال کی عمل پذیری اور اس نظام کی حساسیت کے ادراک میں بھی بے انتہا مدد فراہم کی ہے۔

☆ جدید سائنس نے انسان اور ماحول کے رشتہ کی فہم و فراست کی تبدیلی کی حدود کو بھی پار کر لیا ہے۔ اور ساری انسانیت کو ایک وقت میں نظر میں رکھتے ہوئے اور زمین کو بحیثیتِ ایک نظامِ واحد کے طور پر شاملِ بحث کر لیا ہے۔

زمین بطور ایک نظام:

یہ حقیقت کہ زمین ایک واحد، مربوط اور خود کار نظام کے طور پر عمل کرتی ہے 1999 میں اسوقت سامنے آئی جب واسٹوک کی برف کے تجربے کے بعد 42000 سالہ پرانے ریکارڈ شائع ہوئے۔ ان اعداد و شمار نے بلا بحث و تمحیث بیسویں صدی کے سائنسی معاشرے میں جنم لینے والے نہایت اہم شواہد پیش کئے کہ جنھوں نے زمین کے مربوط ماحولیاتی نظام پر مزید روشنی ڈالی۔

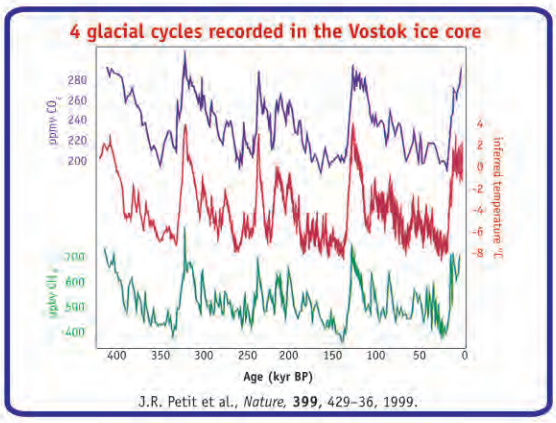
واسٹک کی برف سے حاصل کردہ اعداد و شمار ہمیں نظامِ ارضی کو مزید تفصیل اور باریک بینی سے پرکھنے کیلئے ایک گہری نظر مہیا کرتے ہیں۔ حیران کن صفات نے بغیر کسی شک و شبہ کے یہ بات واضع کر دی ہے کہ زمین ایک نظام ہے۔ ایک ایسا نظام کہ جس کی صفات اور رویہ بعین ہی ایک مکمل نظام کے تقاضوں کو پورا کرتے ہیں۔

☆ زمینی درجہ حرارت اور ارضیاتی کاربن کے چکر (GLOBAL CARBON CYCLE) کے زمانی اتار چڑھاؤ کہ جسکا اندازہ قلیل مقداری گیسوں (TRACE GASES) جیسے کاربن ڈائی آکسائیڈ اور میتھن کی صورتحال سے ہوتا ہے، ایک دوسرے کے شانہ بشانہ چل رہے ہیں۔ گزشتہ تمام ریکارڈ میں ایک تسلسل اور ایک ہی جیسا انداز ظاہر کرتے ہیں۔

☆ کرۂ ہوائی کے درجہ حرارت اور ٹریس گیسوں کی زیادہ سے زیادہ اور کم سے کم مقدار وقت گزرنے کے ساتھ باقاعدہ انداز سے بدلتے رہے ہیں۔ اتار چڑھاؤ کا ہر چکر تقریباً 10,0000 سال پر محیط ہے۔

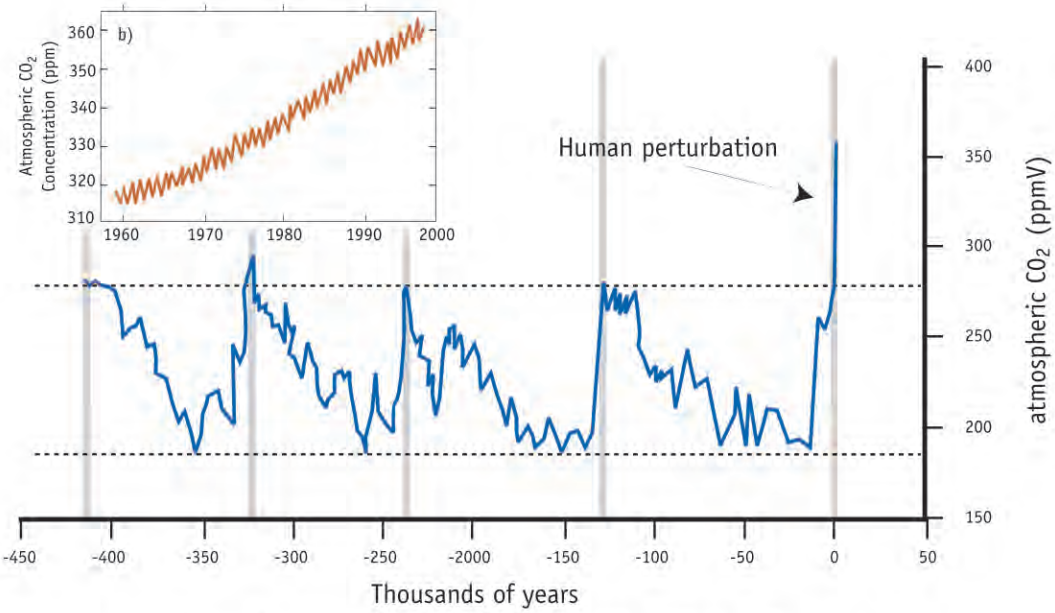
☆ درجہ حرارت اور دوسری گیسوں کی مقدار بدلتی تو رہتی ہے مگر اسکی زیادہ سے زیادہ اور کم سے کم مقدار کی حدود ہیں اور پچھلے نصف ملین سالوں کے دوران یہ چکر ایک ہی انداز میں چار مرتبہ دہرایا گیا۔

زمین کے ماحول کے نظام کا رویہ بہت سی بیرونی قوتوں کے مجموعے کا مرہون منت ہے۔ اول تو یہ سطح زمین پر پڑنے والی سورج کی شعاعوں میں تبدیلی اور پھر خود زمین کے اپنے ماحول میں موجود عظیم اور پیچیدہ قوتیں جو اسکا سبب ہیں۔ یہ نہایت اغلب ہے کہ اس نظام کے اندرونی اتار چڑھاؤ نے ہی اس سیارے کو قابل رہائش بنایا ہے



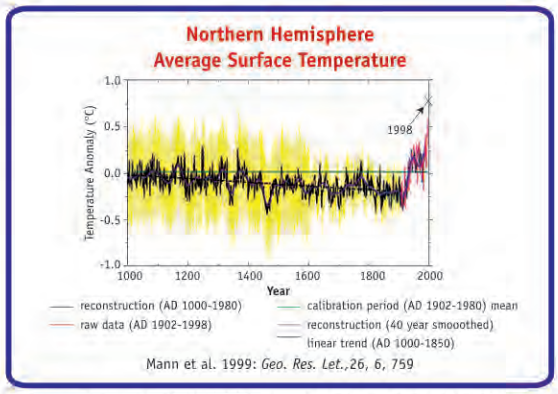
Source: Adapted from Petit et al. (1999) Nature 399, 429-436 by the PAGES (Past Global Changes) International Project Office.

شکل نمبر1: 420,000 سال پہلے کے واسٹوک کے مقام سے لئے گئے برف کے نمونوں سے حاصل کردہ ریکارڈ یہ ظاہر کر رہے ہیں کہ کس طرح گزشتہ چار منجمد ہونے اور پگھلنے کے چکروں کے دوران کاربن ڈائی آکسائڈ اور میتھین کی مقداروں میں کیا تغیرات آتے رہے ہیں۔ اس سے اخذ کردہ درجہ حرارت کے ریکارڈ بھی اس شکل میں دکھائے گئے ہیں۔ اس میں دکھائے گئے تینوں متغیرات کے اوپر اور نیچے والے کنارے ایک دوسرے کے ساتھ ساتھ گویا بندھے ہوئے ہیں۔ یہ تمام کوائف ایک مخصوص خودکار نظام کی نشاندہی کرتے ہیں۔



Source: Petit et al. (1999) Nature 399, 429-436 and National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA

شکل نمبر2: اس شکل میں واسٹوک برف کے نمونوں سے حاصل کردہ فضا کی CO_2 کے ریکارڈ کو حالیہ انسانی دخل اندازیوں کے ساتھ دکھایا گیا ہے۔ جبکہ کونے میں دی گئی ایک چھوٹی شکل میں مونالوا، ہوائی کی مشاہدہ گاہ سے حاصل کیے گئے فضا میں موجود CO_2 کی مقدار کے ریکارڈ دکھائے گئے ہیں۔



Source: Mann et.al. (1999) Geophys. Res. Lett. 26, 759-762.

شکل نمبر 3: زمین کے شمالی حصے میں گزشتہ 1000 سال میں وقوع پذیر ہونے والے سطح کے اوسط درجہ حرارت کے تغیرات۔

نہ کہ بیرونی قوتوں نے۔ مثال کے طور پر بالا کرۂ ہوائی میں موجود اوزون گیس (OZONE) کی ایک پتلی سی تہہ سورج سے خارج ہونے والی نہایت مہلک بلائے بنفشی شعاعوں (UV-RAYS) کو زمین کی سطح تک پہنچنے سے روکتی ہے، اوراسی طرح زیریں کرۂ ہوائی میں موجود حدت جزب کارنے والی گیسوں کے بغیر ہمارے سیارے کی سطح کا اوسط درجہ حرارت موجودہ صورتحال سے 33 ڈگری سینٹی گریڈ کم ہوتا۔

کرۂ ارض کی تبدیلی:

گزشتہ چند ایک دہائیوں کے دوران اس بارے میں مصدقہ حقائق حاصل ہو چکے ہیں کہ ھمارے سیارے زمین پر بحیثیتِ کُلّی تبدیلیاں بہت تیزی سے رونما ہورہی ہیں۔ ان تبدیلیوں کیوجہ سے اورعوامل اورقوتوں میں بھی تغیرات رونما ہورہے ہیں جس کے نتیجے میں نظامِ ارضی میں رواں رواں مختلف افعال بھی متاثر ہو رہے ہیں۔ اس کے چیدہ چیدہ مظاہر میں ایک تو کاربن ڈائی آکسائیڈ گیس کی کرۂ ہوائی میں مقدار ہے جو بہت تیزی سے بدل رہی ہے، اوراس طرح کے عوامل کا انسانی کاروائیوں سے گہرا تعلق ہے۔ اب یہ امر نہایت واضع ہو چکا ہے کی نظامِ ارضی انسانی کاروائیوں کی بدولت جنم لینے والی نئی نئی قوتوں کے سامنے بر سرِ پیکار ہے۔

انسانی کاروائیوں میں مصنوعی طور پر نائیٹروجن گیس سے مرکبات بنانا، اور حدت جزب کرنے والی گرین ہاوس گیسوں (GREEN HOUSE GASES) کا اخراج اور قدرتی نباتات وسبزہ کوختم کر کے کھیت یا کچھ اور بنا ڈالنا یا پھر اس کے حصّے بخرے کر ڈالنا اور مختلف النواع کا ضیاع شامل ہیں۔ تو گویا اس طرح کی اور مزید قسم کی کاروائیاں ہی دراصل گلوبل تبدیلی کا موجب بن رہی ہیں۔

حاشیہ نمبر 1:

نظامِ ارضی، آب و ھوا اور گلوبل چینج

نظامِ ارضی کی اصطلاح سے مراد آپس میں عمل اور ردِعمل کرتے ہوئے طبعی، کیمیائی اور حیاتیاتی عوامل کے وہ تمام سلسلے ہیں جو مختلف مادوں اور توانائی کے اِدھر سے اُدھر لانے لے جانے میں اوران کی ھیئت تبدیل کرنے میں ممد ومعاون ہیں تا کہ اس سیارے پر حیات کے لئے تمام ضروری حالات مہیا ہوسکیں۔ آب وہوا سے موسم کی تمام جزئیات مراد ہیں۔ مثلاً بارش، درجہ حرارت، ابر آلودگی، وغیرہ مگر آب و ہوا کے نظام میں فضا کے علاوہ بحری، برّی اور سمندری برف سے متعلقہ عوامل بھی شامل ہیں۔ نظامِ ارضی آب وہوا کے تمام نظاموں کا احاطہ کئے ہوئے ہے اوراس طرح نظامِ ارضی میں واقع ہونے والی بہت سی تبدیلیاں براہِ راست آب وہوا پر اثر انداز ہوتی ہیں۔ تاہم نظامِ ارضی میں مزید اور جزئیات اور عوامل بھی شامل ہوتے ہیں۔ حیاتیاتی وطبعی اور انسانی جو کہ اس کی کارکردگی کے لئے بہت اہم ہوتے ہیں۔ لہٰذا نظامِ ارضی میں وقوع پذیر ہونے والی بہت سی تبدیلیاں (قدرتی یا انسان کی پیدہ کردہ) آب وہوا میں کوئی بھی تبدیلی لائے بغیر کافی اہم نتائج پیدا کرنے کی اہل ہوتی ہیں۔ گویا گلوبل چینج کو تبدیلیٔ آب وہوا کے ساتھ نہیں ملایا جاسکتا کیونکہ گلوبل چینج تبدیلیٔ آب وہوا سے کہیں زیادہ اہم ہے۔

سیارے کی مشینری

ایک خود کار نظامِ ارضی کہ جس پر انسانی اثرات حاوی نہیں، کی خصوصیات اور عوامل زمان و مکان کے لحاظ سے بہت درجہ مختلف ہیں۔ مگر پھر بھی نظامِ ارضی ہمیشہ بڑی واضح حدود اور بڑے باقاعدہ انداز سے عمل پذیر رہا ہے۔ زمان و مکان کے لحاظ سے طبعی، کیمیائی اور حیاتیاتی عوامل میں باہمی ربط اور اس کا زمین، سمندر اور فضا سے رشتہ اس نظام کی کارکردگی کے لئے مسلّمہ اور بہت ضروری ہے۔ برق رفتار اور بے ہنگم تبدیلیاں اس نظامِ ارضی میں واقع ہوسکتی ہیں اور اس کی ھیئت کو بالکل ہی تبدیل کرسکتی ہیں۔

زمانی تغیرات (TEMPORAL VARIABILITY)

تغیر اور تبدیلی نظامِ ارضی کا خاصہ ہیں اور بالکل واضح حقیقت ہیں۔ اور مجمند یا یوں کہیے کہ متوازن صورتحال کا اس نظام میں پایا جانا کسی بھی دور میں ممکن نہیں رہا۔ پرانے اعداد و شمار کے جائزہ سے پتہ چلتا ہے کہ نظامِ ارضی ہر دور میں مسلسل ایک تبدیلی کے عمل سے گزرتا رہا ہے۔ ماضی سے حاصل کردہ مشاہدات اور ثبوت کے محتاط معائنے کے مطابق معلوم ہوا ہے کہ:

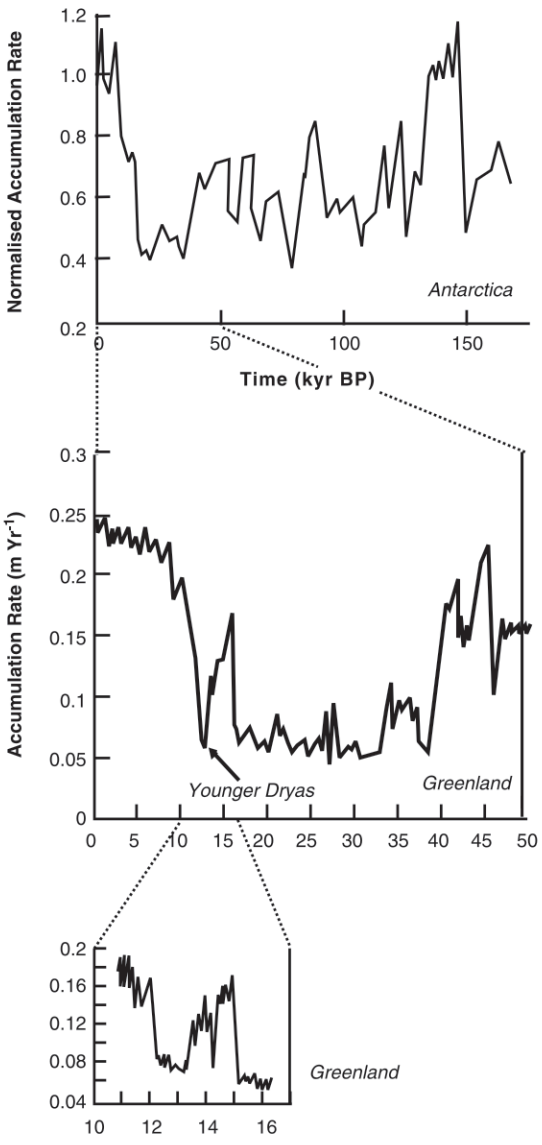
☆ تغیرات نہ صرف درجہ حرارت کے سلسلے میں منعکس ہو رہے ہیں بلکہ آبی چکر (Hydrological Cycle) بھی اس کی لپیٹ میں ہے۔ آبی چکر انسانی آبادکاریوں کے لحاظ سے نہایت اہمیت کا حامل ہے کیونکہ ماضی میں ہر دور پر اس کی انتہا کارکردگی نے خاصے اثرات مرتب کیے ہیں۔

☆ کوئی ایک پیمانہ یا میدان ایسا نہیں کہ جو گلوبل چینج کو صحیح طور پر ظاہر کریں۔ گلوبل سطح سے مراد ایک ایسی سطح ہے کہ جو علاقائی اور مقامی سطح کے ردعوامل پر حاوی ہوں۔

☆ جبکہ فطرتی طور پر حالات و کواکب ایسے ہی تھے جیسے آجکل ہیں اور اس دور کے مطالعے سے نہایت اہم اور طاقتور ثبوت حاصل ہوتے ہیں، کہ دراصل جو تغیرات اس دور میں واقع ہوئے وہ اس سے کہیں زیادہ ہیں جو مختلف قسم کے آلات کی مدد سے ریکارڈ ہوئے ہیں۔ تو گویا ان آلات کے مختصر دورانیے کے ریکارڈ پر انحصار کرنا نظامِ ارضی کے اصل تغیرات کا بالکل غلط اندازہ لگانے کے مترادف ہے۔ (شکل نمبر 4)۔

حیاتیات کا نظامِ ارضی کے افعال میں کردار:

حیاتیاتی عوامل طبعی و کیمیائی عوامل کے ساتھ مل کر عمل پیرا ہوتے ہیں اور اس طرح ایک ایسا ماحول جنم لیتا ہے جو مادرِ ارضی کو قابلِ رہائش بناتا ہے۔ جتنا تفصیلی ہم نظامِ ارضی کے عوامل کا مطالعہ کرتے ہیں، اتنا ہی ہمیں یہ احساس ہوتا ہے کہ اس نظام کو کنٹرول کرنے میں زندگی کا کیا کردار ہے۔ مثلاً سمندر میں کاربن ڈائی آکسائڈ (CO_2) کے جذب ہونے میں حیاتیاتی عوامل ایک بہت اہم کردار ادا کرتے ہیں جو پھر طویل مدت کے لئے فضا میں CO_2 کی مقدار کو کنٹرول کرتا ہے۔ ننھے منے تیرتے ہوئے پودوں (Phytoplankton) کے ضیائی تالیف (Photosynthesis) کے عمل کی بدولت سطح سمندر پر CO_2 کی مقدار میں کمی واقع ہوتی ہے جس کے نتیجے میں ہوا سے مزید CO_2 سمندر کے پانی میں حل ہوتی جاتی ہے۔ سطح سمندر پر ان ننھے منے پودوں کی فکس کردہ 25 فیصد CO_2 سمندر کی تہہ میں بیٹھ جاتی



Sources: Adapted from Jacobson et al. (Eds.) (2000) Earth System Science, Academic Press, P. 479.

شکل نمبر 4: زمین کے نظام کے افعال میں فطرتی تغیرات: برف کے جمع ہونے کی شرح کی تاریخ تین مختلف اوقات میں دکھائی گئی ہے۔ سب سے اوپر انٹارکٹکا اور نچلے دو گرین لینڈ سے حاصل کردہ اعداد و شمار ہیں۔

ہے اور اس طرح یہ کاربن سینکڑوں ہزاروں سالوں کے لئے فضاؤں سے دور سمندروں کی گہرائیوں میں پوشیدہ ہو جاتی ہے۔ (شکل نمبر 5 a)۔

یہ حیاتیاتی پمپ اور بہت سے دیگر طبعی و کیمیائی دباؤ کے ساتھ مل کر CO_2 کی لین دین کو کنٹرول کرتے ہیں۔ سوطے یہ پایا کہ ننھے منے تیرتے پودوں کی اقسام جو اس حیاتیاتی پمپ میں حصہ لے رہی ہیں ان پر منحصر ہے کہ کاربن کی ذخیرہ اندوزی کی شرح اور قوت کیا ہوگی۔ (شکل نمبر 6) خشکی پر موجود حیات بھی فضا میں موجود CO_2 کو کنٹرول کرنے میں ایک اہم کردار ادا کرتی ہے (شکل نمبر 5 ب)۔ پودے ضیائی تالیف کے عمل سے فضا میں موجود CO_2 کو نشاستہ دار خوراک (Carbohydrates) میں تبدیل کر دیتے ہیں۔ تاہم پودے یا پودوں کے حصے آخر کار مر جاتے ہیں اور پھر گل سڑ جاتے ہیں۔ یا پھر انہیں سبزی خور (Herbivores) جانور کھا لیتے ہیں۔ یا یہ قدرتی آگ کا شکار ہو کر جل جاتے ہیں۔ مگر ان سب ممکنات کے نتیجے میں نشاستہ دار خوراک کے اجزاء گل سڑ کر دوبارہ CO_2 میں تبدیل ہو جاتے ہیں جو فضا میں واپس چلی جاتی ہے۔ خشکی پر کاربن کا چکر سمندر کے چکر کی نسبت عام طور پر بہت تیز ہوتا ہے۔ لہٰذا فضا میں CO_2 کی مقدار میں جو اضافہ ہے اس میں مختصر دورانیے کے تغیرات دراصل خشکی پر کاربن کے چکر کی تبدیلی پر منحصر ہیں۔ (شکل نمبر 5 b)۔

خشکی پر موجود زندہ اقسام اس کے علاوہ بھی کئی طریقے سے نظامِ ارضی کے افعال کا ایک اہم جز ہیں۔ مثلاً زمین پر موجود نباتات کی اقسام کا اس امر سے گہرا تعلق ہے کہ کتنا پانی بخارات بن کر فضا میں واپس شامل ہو گیا ہے اور یہ کہ سورج کی کتنی شعاعیں جذب یا منعکس ہونگی۔ اور ان نباتات کا جڑیں بنانے کا انداز اور پھر جڑوں کی کارکردگی بھی کاربن اور پانی دونوں کی ذخیرہ اندوزی اور زمین میں فضا کے مابین لین دین کو کنٹرول کرنے میں اہم کردار ادا کرتی ہے۔

آپس کے تعلقات اور باہم منسلک ہونا:

گلوبل چینج کے حوالے سے زیادہ تر تحقیق فضا میں سطحِ زمین کے عمودی (Vertical) رشتہ پر بہت زیادہ مرکوز ہوتی ہے۔ تاہم گلوبل چینج کی جزئیات جیسا کہ خشکی اور سمندر کے ماحولیاتی نظام نظامِ ارضی کے چلنے کی وجہ سے اطراف (Latral) سے منسلک ہیں۔ اور پانی اور دیگر اجزاء کی متوازی (Horizontal) حرکت بھی اسی میں سے جاری و ساری ہے۔ اور اس کے علاوہ فضاء میں واقع ہونے والی حرکات بھی اور پھر اجزاء کا تہہ در تہہ بیٹھنا اور پودوں اور جانوروں کی حرکات۔ مزید براں یہ قوت کی منتقلی (Energy Transfers) کے لحاظ سے بھی وابسطہ ہیں جو کہ ہمیشہ قائم رہنے والے کیمیائی اور حیاتیاتی سانحات ہی سے ممکن ہے۔ گلوبل چینج کی تحقیق کا ایک بہت بڑا چیلنج یہ ہے کہ اس بات کو ثابت کیا جائے کہ اندرونی افعال و عوامل کا نظامِ ارضی میں کیا کردار ہے۔ اس طرح کے رشتوں پر نظامِ ارضی کی طویل مدد و کارکردگی کا انحصار ہے۔ ایک مثال برّی اور بحری حیات کا رشتہ ہے اور فضا میں گرد و غبار کی پیداوار، اس کی ایک جگہ سے دوسری جگہ منتقلی اور پھر کسی مقام پر اس گرد و غبار کا بیٹھ جانا ہے۔ ایک نسبتاً خشک اور خنک آب و ہوا زمین پر موجود نباتات میں کمی کا باعث بنتی ہے اور اس کے نتیجے میں مٹی برہنہ ہو جاتی ہے۔ اور پھر اس طرح یہ غبار فضا میں معلق ہو جاتا ہے۔ لوہے کے ذرات پر مشتمل یہ غبار ہوا کے ذریعے خشکی سے سمندر کی طرف چلا جاتا ہے اور پھر سطحِ سمندر پر بیٹھ جانے کے بعد یہ سمندر کی سطح پر تیرتے ننھے منے پودوں

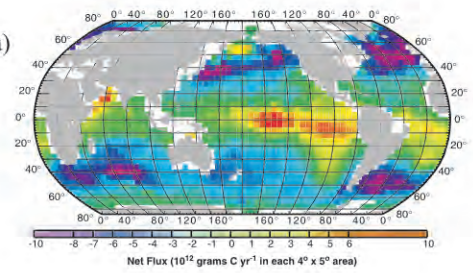
(Phytoplankton) کے لئے کھاد کے طور پر کام کرتا ہے۔ لوہا نباتات کے لئے قلیل مقدار میں درکار ایک اہم جزو خوراک ہے۔اس کی وجہ سے ننھے منے تیرتے پودوں کا ایک مرغولہ جنم لیتا ہے۔ اور سمندری حیات کی پیداوار کو بڑھاتا ہے اور نتیجتاً فضا سے CO_2 کو سمندر کی جانب کھینچنے میں اہم کردار ادا کرتا ہے۔ فضا میں کاربن ڈائی آکسائڈ کی مقدار میں کمی سے آب و ہوا خنک اور خشک ہوجاتی ہے اور اس طرح یہ ایک مثبت چکر مکمل ہوجاتا ہے۔

واسٹوک کے برف کے نمونوں سے حاصل کردہ گرد و غبار کے بیٹھ جانے کے جو ریکارڈ حاصل ہوئے ان سے یہ اشارہ ملتا ہے کہ ایک مثبت Feedback چکروں کی زمین کے منجمد ہونے اور پگھلنے کے چکروں کے انداز کی نظامِ ارضی کے افعال میں بہت اہمیت ہے۔(شکل نمبر 1) حالیہ تحقیق سے یہ پتہ چلتا ہے کہ گزشتہ منجمد دور کی انتہا کے دوران ایک گرد و غبار پیدا ہوا تھا اور اس غبار سے جنوبی سمندر میں اتنا لوہا شامل ہوا کہ نتیجتاً پھر Phytoplankton کا ایک عظیم مرغولہ پیدا ہوا تھا اور اس سے کافی CO_2 اندر آئی۔ جو کاربن ڈائی آکسائڈ اندر آئی اس کے ریکارڈ کی تصدیق سمندر کی تہوں سے ملنے والے ذرات سے بھی ہوگئی۔ گزشتہ منجمد دور (Glaciation period) کے انتہائی دورانیے میں پائے گئے فضا میں گرد کے ذرات کی زیادتی کی ذمہ دار کئی وجوہات قرار پائیں۔مثلاً تیز ہواؤں کی وجہ سے فضائی منتقلی میں اضافہ، ایک مختصر رہ جانے والا آبی چکر، خاص طور پر بارشوں میں کمی۔ جس کا تعلق سمندری حالات کی خنکی سے ہے، اور پودوں کی بڑھوتی میں کمی جس کا تعلق ماحول میں CO_2 کی کمی اور خشک تر آب و ہوا کے حالات سے ہے۔اس مثال میں خشکی پر موجود حیات اور فضائی تبدیلی کو ختم کرنا ضروری ہے تاکہ ہمیں یہ معلوم ہو سکے کہ زیادہ گرد و غبار کس طرح اس ماحول میں پیدا ہوا۔ جبکہ بحری ننھے منے پودوں ڈائیاٹومز (Diatoms) کی ابتدائی پیداوار میں اضافہ حیاتیاتی پمپ کے چلنے کے لئے ایندھن کا کام کرتا ہے اور کاربن گہرے سمندروں میں بیٹھی رہتی ہے۔ سو خشکی اور سمندر دونوں میں موجود حیات اس عمل ردِعمل کے نظام کا ایک جزو لانیفک ہے۔ جو نظامِ ارضی کے اس نہایت دلچسپ و عجیب چکر کو مکمل کرتا ہے۔

غیر ہمواریاں، حیران کن عوامل اور قوتِ برداشت:

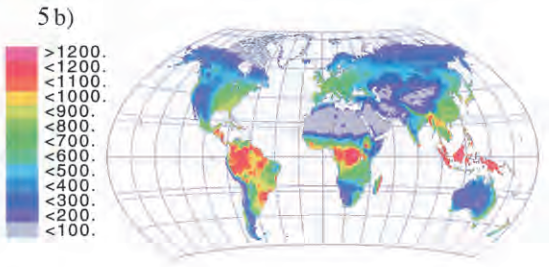
کیونکہ انسانی معاشرے نظامِ ارضی کے نقطۂ نظر کے حوالے سے ایک بہت مختصر عرصے میں وجود میں آئے، بڑھے و پھولے اور چونکہ آلات کے مشاہدے اور سائنسی تجسس و تحقیق کا دور مزید مختصر ہے لہٰذا زمین کے ماحول کا ایک تنگ قسم کا نظارہ ذہنوں میں گھر کر چکا ہے۔اب یہ کہنا کہ زمین کے ماحول کی فطری حالت کوئی متوازن صورتحال ہوگی غلط ثابت ہوتا جا رہا ہے۔ کیونکہ اس خیال کی تصدیق ماضی میں واقع ہونے والے گلوبل قسم کی تبدیلیوں کے مشاہدے سے نہیں ہو پا رہی تھی۔ زمین کے ماحول کا خاصہ توازن نہیں ہے بلکہ اس میں نہایت مضبوط قسم کی غیر ہمواریاں (non linearities) پائی جاتی ہیں۔ جہاں پر کچھ عوامل میں چھوٹی چھوٹی تبدیلیاں اس نظام کو اس کی قوتِ برداشت سے بھی آگے دھکیل دیتی ہیں اور یہ سب کچھ اس نظام کے افعال کے اہم پہلوؤں میں یکا یک تبدیلیوں کی صورت میں ظاہر ہوتا ہے۔ مثلاً گلیشیئرز کے گھٹنے کی رفتار میں اضافہ شمالی اوقیانوس کے علاقے میں گرم ہونے اور سرد ہونے کے واقعات میں تیزی، خشک سالی اور انتہائی قسم کے واقعات کے بھیانک ادوار اور صحارا کا خستر رنگت اختیار کر جانا (حاشیہ نمبر 2)

5a)



Sources: (a) Takahashi et al. (1997)
Proceedings of the National Academy
of Science (USA) 94:8292-8299.

5 b)



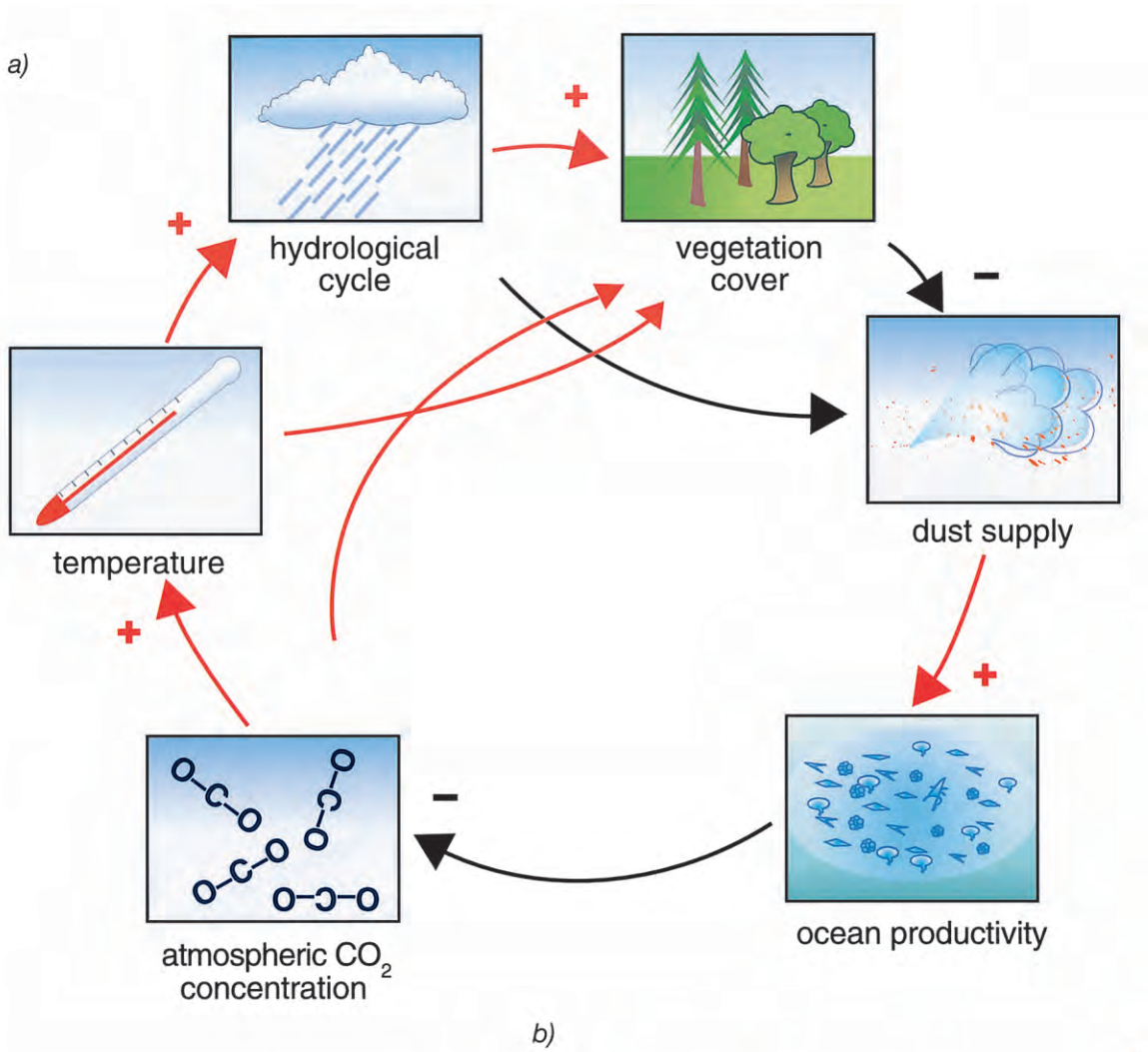
Sources: (B) Cramer etal. (1999)
Global ChangeBiology 5 (Suppl. 1): 1-15.

شکل نمبر 5 ا: سطح سمندر پر واقع ہونے والی کاربن ڈائی آکسائیڈ کی اوسط سالانہ لین دین: نیلے اور جامنی رنگ ان علاقوں کو ظاہر کر رہے ہیں۔ جہاں بہت زیادہ مقدار میں CO_2 سمندر میں جذب ہو جاتی ہے۔ جبکہ مالٹی اور پیلے رنگ ان جگہوں کو ظاہر کرتے ہیں جہاں CO_2 کی بہت بڑی مقدار پانی سے باہر نکل جاتی ہے۔

ب: اس شکل میں خشکی پر حاصل کردہ کل پیداوار کا تخمینہ (gcm^{-2}) دکھایا گیا ہے۔ اور یہ اوسط اعداد و شمار 17 حیاتیاتی، ارضی و کیمیائی ماڈلوں سے لئے گئے ہیں۔

Sources: Helge Thomsen, Danish Fisheries
Research Institute

شکل نمبر 6: بحری حیات نظامِ ارضی میں ارضی، کیمیائی توازن کو برقرار رکھنے میں بہت اہم کردار ادا کرتی ہے۔ اور جو کاربن بھی سمندر میں تیرتے ننھے منے پودے فکس کرتے ہیں، اس کا زیادہ تر انحصار بھی ان سمندروں میں موجود انواع کی جسامت اور ان کی گروہ بندی پر منحصر ہے۔ مثال کے طور پر ان ننھے منے پودوں کا ایک گروہ جسے کوکولیتھوفورائڈز (coccolithophorids) کہتے ہیں کا ایک رکن ایمیلیانا ہگزلیائی (*Emiliana huxleyi*) (جس کی تصویر دکھائی گئی ہے) نہ صرف ضیائی تالیف کے عمل کے ذریعے کاربن کو استعمال کر لیتا ہے بلکہ چونے کے پتھر ($CaCo_3$) کی ننھی منی پلیٹیں جنہیں لیتھز (Liths) کہتے ہیں بھی بناتا ہے۔ ہر لیتھ صرف 2.5µm لمبی ہوتی ہے مگر ہر سال لاتعداد بنتی ہیں۔ یہ تخمینہ لگایا گیا کہ *E. huxleyi* کے غول (Blooms) کے غول ہر سال سمندر کے 1.4 ملین مربع کلومیٹر کو اپنی لپیٹ میں لے لیتے ہیں۔ لہٰذا ارضیاتی وقت کے دوران کوکولیتھوفورائڈز کتنی ہی کاربن کو لیتھ بنانے میں بھی استعمال کر چکے ہیں۔ ڈوور Dover کی سفید چوٹیاں انہی کوکولیتھوفورائڈز کے بنائے ہوئے پلیٹ نما لیتھ سے مل کر بنی ہیں۔



Sources: a) Adapted from Ridgwell and Watson (2002) Paleoceanography 17:10. 1029/2001PA000729.
b) From Petit et al. (1999) Nature 399, 429-436.

شکل نمبر 7: ا: نظام ارضی سے حاصل کردہ معلومات: اس شکل میں ایک سادہ سا نظام دکھایا گیا ہے جس میں زمین پر موجود روئیدگی کا غلاف، گرد وغبار، فضاء میں چیزوں کا ادھر ادھر جانا، بحری حیاتیاتی پمپ، فضا میں CO_2 کی مقدار اور آب وہوا دکھائی گئی ہے۔

ب: اس شکل میں واسٹوک سے حاصل کردہ ریکارڈ دکھائے گئے ہیں۔ جس میں گزشتہ چار منجمد ہونے اور پگھلنے کے چکروں کے دوران گرد وغبار کے جمنے کے انداز دکھائے گئے ہیں۔

ماضی کے ریکارڈ سے جو باتیں خاص طور پر سامنے آئیں وہ درج ذیل ہیں:

☆ نظامِ ارضی کے افعال میں وقوع پذیر ہونے والی بڑی بڑی تبدیلیاں منجمد ہونے اور پگھلنے کے چکروں Glacial/interglacial cycles: کی نسبت بہت مختصر دورانیے میں واقع ہوئیں۔

☆ ریکارڈ ہو جانے والی تبدیلیاں اکثر بہت برق رفتار اور حجم کے اعتبار سے نہایت ضخیم تھیں۔ یہاں تک کہ کچھ علاقوں میں 10 درجہ سینٹی گریڈ کی تبدیلی واقع ہوئی۔

☆ اگرچہ بڑے اور اچانک واقع ہونے والے تغیرات کہ جن سے نظامِ ارضی کی پہچان ہوتی ہے زیادہ تر خنک اور منجمد ادوار میں ہی وقوع پذیر ہتی نظر آتی ہیں مگر پچھلے 12,000 سالوں میں بھی یہ بالکل غائب نہیں ہو گئے۔ خاص طور پر زیریں عرض بلد (latitude) پر۔

☆ یہ تبدیلیاں وسیع تر مکانی یگانگت کو ظاہر کرتی ہیں مگر گلوبل سطح پر یہ ہمیشہ ایک ہی وقت میں واقع نہیں ہوتیں۔

☆ ایسے بہت سے پیچیدہ مگر تیز اور سست رو واقعات جو رونما ہوتے رہتے ہیں مگر ان واقعات زمان و مکان کے لحاظ سے بڑھنے پھولنے اور پنپنے کے لئے بہت سے Feedback معاملات کی ضرورت ہے۔

یکا یک تبدیلی واقع ہو جانے کی قوت ایک ایسا خاصہ ہیت جو نظامِ ارضی کی فطرت کو سمجھنے کے لئے انتہائی ضروری ہے۔ ایسی تبدیلیوں کا وجود پچھلی دہائی میں حاصل ہونے والے رکازوں اور دیگر ثبوت قائل کرنے کی حد تک واضح کر چکے ہیں۔ اب اس سیارے کی مشینری کو سمجھنے میں انہی فہم و فراست کو بہتر بنانے کے حوالے سے جو سب سے اہم چیلنج درپیش ہے وہ ہی ہے کہ ہم ان عوامل کا پتہ چلائیں جو ان تغیرات کو شروع کرنے کے ذمہ دار ہیں۔ اور یہ کہ نظامِ ارضی کے باطنی معاملات کی نشاندہی بھی کریں جو ان عوامل کو حاصلِ عوامل سے منسلک کرتے ہیں۔

حاشیہ نمبر 2:

صحارا کی تبدیلئ رنگت

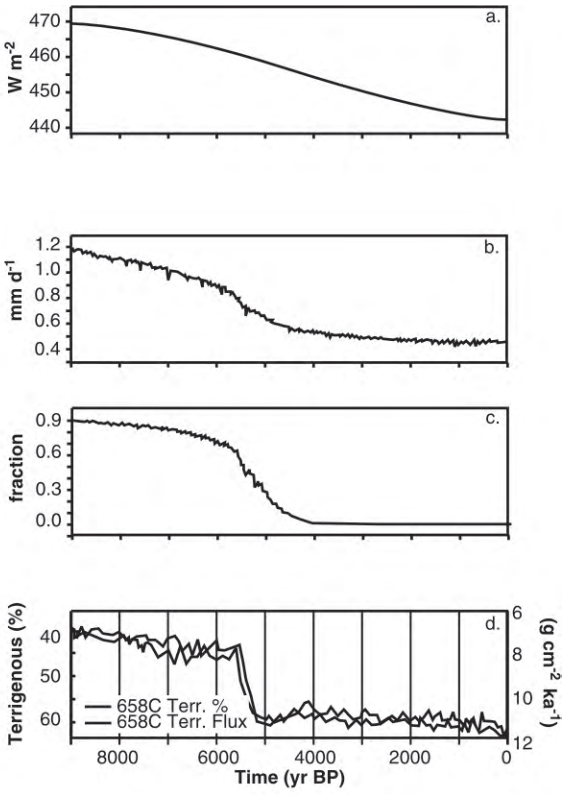
ماضی بعید کے ادوار میں ساہلین (Sahelian) علاقے کا صحرا بن جانے کا ڈرامائی عمل نظامِ ارضی کے افعال کی کئی اہم خصوصیات سے پردہ اٹھاتا ہے۔ تقریباً 6000 سال قبل ساہل، صحارا کے علاقے کی آب و ہوا آج کے مقابلے میں بہت زیادہ مرطوب تھی۔ اور اس زمانے میں جو نباتات اس علاقے میں پائی جاتی تھی وہ آجکل کے دور میں آپ افریقی ساوانا (African Savanna) میں دیکھ سکتے ہیں۔ تقریباً 5500 سال بیشتر اس علاقے کی آب و ہوا میں ایک یکا یک تبدیلی واقع ہوئی۔ جس نے صحارا کو انتہائی برق رفتاری سے ایک صحرا میں تبدیل کر دیا جو کہ اب ہمارے سامنے ہے۔

a پارٹ: اس کی حتمی وجہ بہت چھوٹی سی تھی۔ زمین کے مدار میں ایک معمولی سی تبدیلی آئی تھی جس کے نتیجے میں سطحِ زمین پر پہنچنے والی سورج کی شعاعوں کی تقسیم میں ایک مختصر تبدیلی واقع ہوئی۔

b پارٹ: ماڈلز کی مدد سے یہ بات واضح ہوتی ہے کہ اس چھوٹی سی تبدیلی نے حیاتیاتی۔طبعی رویوں کا ایک سلسلہ شروع کر دیا جس نے بالآخر آب و ہوا کو خشک بنا دیا۔

c پارٹ: بارش کے عمل میں تبدیلی آنے سے نباتات میں بھی فوری تبدیلی واقع ہوئی۔

d پارٹ: اور اس طرح یہ علاقہ موجود صحرا کی صورت اختیار کر گیا۔ ماڈلز سے کی گئی پیشین گوئی کے مطابق یہ پتہ چلتا ہے کہ جنوبی افریقہ کے ساحلوں پر ہوا کی رفتار اور اس سے اڑ کر بیٹھنے والی گرد بھی ان شواہد کی تصدیق کرتی ہے۔



Photos: D. Parsons. Figure: Claussen et al. (1999) 24, 2037-2040 and deMenocal et al. (2000) Quat. Sci. Rev. 19, 347-361.

حاشیہ نمبر2: صحارا کی تبدیلیٔ رنگت

ماضی بعید کے ادوار میں ساہلین(Sahelian) علاقے کا صحرا بن جانے کا ڈرامائی عمل نظامِ ارضی کے افعال کی کئی اہم خصوصیات سے پردہ اٹھاتا ہے۔تقریباً 6000 سال قبل ساہل، صحارا کے علاقے کی آب وہوا آج کے مقابلے میں بہت زیادہ مرطوب تھی۔اوراس زمانے میں جو نباتات اس علاقے میں پائی جاتی تھی وہ آجکل کے دور میں آپ افریقی سوانا (African Savanna) میں دیکھ سکتے ہیں۔تقریباً 5500 سال بیشتر اس علاقے کی آب وہوا میں ایک یکا یک تبدیلی واقع ہوئی۔جس نے صحارا کو انتہائی برق رفتاری سے ایک صحرا میں تبدیل کر دیا جو کہ اب ہمارے سامنے ہے۔

a پارٹ: اس کی حتمی وجہ بہت چھوٹی سی تھی۔زمین کے مدار میں ایک معمولی سی تبدیلی آئی تھی جس کے نتیجے میں سطحِ زمین پر پہنچنے والی سورج کی شعاعوں کی تقسیم میں ایک مختصر تبدیلی واقع ہوئی۔

b پارٹ: ماڈلز کی مدد سے یہ بات واضح ہوتی ہے کہ اس چھوٹی سی تبدیلی نے حیاتیاتی۔طبعی رویوں کا ایک سلسلہ شروع کر دیا جس نے بالآخر آب وہوا کو خشک بنا دیا۔

c پارٹ: بارش کے عمل میں تبدیلی آنے سے نباتات میں بھی فوری تبدیلی واقع ہوئی۔

d پارٹ: اوراس طرح یہ علاقہ موجود صحرا کی صورت اختیار کر گیا۔ماڈلز سے کی گئی پیشین گوئی کے مطابق یہ پتہ چلتا ہے کہ جنوبی افریقہ کے ساحلوں پر ہوا کی رفتار اوراس سے اڑ کر بیٹھنے والی گرد بھی ان شواہد کی تصدیق کرتی ہے۔

دور بنی نوع انسان

یہ سیّارہ اب انسانی کاروائیوں کی لپیٹ میں ہے۔ نظامِ ارضی میں انسان کی لائی ہوئی تبدیلیاں کئی جہتی، پیچیدہ، باہم مربوط، اکثر تیزی سے بڑھتی ہوئی اور ارضیاتی لحاظ سے ضخامت میں اہم ہوتی ہیں۔ وہ نظام ارضی کے ہر جز مثلاً زمین، ساحلی علاقوں فضاؤں اور سمندروں پر بری طرح اثر انداز ہوتی ہیں۔ ان تغیرات کی زمہ داری انسان کی پیدا کردہ زوراثر اور انتہائی قوتیں بہت پیچیدہ اور ایک دوسرے کے ساتھ باہم مربوط ومنسلک ہیں اور پوری کرۂ ارض کو اپنی لپیٹ میں لئے ہوئے ہیں حضرتِ انسان کی شروع کردہ ان تبدیلیوں کا حجم مکانی درجہ اور رفتار نہ نہ صرف انسان بلکہ زمین کی تاریخ میں اپنی مثال اپنی مثال آپ ہے۔ زمین کا نظام اب ایک غیر تمثیلی انداز میں عمل کر رہا ہے۔

کرۂ ارض کی تبدیلی کی حیثیت:

زمین کی تاریخ میں کچھ دیر پہلے تک انسان اور اسکی کاروائیاں نظام رہی کی کارکردگی کے حوالے سے ایک غیر اہم قوت کی حیثیت رکھتے تھے۔ آج بنی نوح انسان حیات کے چکر کو تبدیل کرنے اور نظام ارضی گر کے اور رخوں کو متاثر کے حوالے سے فطرت کے بلمقابل آن کھڑی ہوئی ہے بلکہ اس سے بازی لے گئی ہے۔ انسان کی جاری کردہ ان تبدیلیوں کے حجم، مکانی درجہ اور رفتار کی اس سے بیشتر کوئی روایت نہیں ملتی۔ اب کئی ارضیاتی حیاتیاتی چکروں میں انسانی کاروائیاں یا تو فطرت کے برابر یا پھر اس سے سبقت لے گئی ہیں۔ اگر مکانی لحاظ سے دیکھا جائے تو ان اثرات کا دائرۂ کار پوری زمین کو اپنی لپیٹ میں لے چکا ہے۔ زمینی چکروں کے بہاؤ کے ذریعے یا پھر مختلف معاملات معملات میں ظہور پزیر مجموعی تبدیلیوں کے زریعے ان تبدیلیوں کی رفتار صدیوں میں شمار کی جاسکتی ہے۔ جبکہ فطرت کے نظام میں اس قسم کی تبدیلیاں صدیوں سے ہزاروں سالوں پر محیط ہوتی ہیں۔

جس حد تک انسانی کاروائیاں زمین کے ماحول اور اسکی کارکردگی کے اور تعداد رُخوں متاثر کر رہی ہیں یا اسپر حاوی ہونے کی کوشش کر رہی ہیں۔ اس نے ایک تجویز کو جنم دیا ہے۔ کہ اگر اس ارضی دور کا نام پال کرٹزن (Paul Crutzen) اور یوٗضن سٹرورمر (Eugene Stoermer) کے بقول انسانی دور یا Anthropocene Era رکھ دینا چاہیے شروع ہو چکا ہے۔

☆ پچھلے تقریباً 150 سالوں کے دوران بنی نوح انسان نے تیل کے 40 فیصد معلوم ذخائر کا خاتمہ کر دیا گیا ہے۔ اِن ذخائر کو بننے میں کئی سوملین سال کا عرصہ لگا۔

☆ سطح زمین پر خشکی کا تقریباً 50 فیصد حصہ براہِ راست انسان کے افعال کیوجہ سے تبدیل ہو چکا ہے۔ اور اس تبدیلی کے اثرات حیاتیاتی تنوع اجزئے خوراک کے چکروں، مٹی کی ساخت، مٹی میں موجود زندہ اجسام اور آب وہوا پر خاطر خواہ اثر انداز ہو رہے ہیں۔

☆ کیمیائی کھادوں کے بنانے کے عمل کے دوران اور رکازی اندھن کے جلانے سے خشکی کے ماحولیاتی نظاموں میں نائٹروجن کی زیادہ مقدار غیر فطرتی طور پر فکس ہو رہی ہے۔ جبکہ فطرتی طریقے پر یہ عمل نہایت سست ہے۔

☆ فضا میں آب وہوا کے لحاظ سے حدت جرب کرنے والی گرین ہاؤس گیسوں (کاربن ڈائی آکسائیڈ اور میتھن

کے علاوہ) کی مقدار میں خاصا اضافہ ہو چکا ہے۔

☆ ساحلی اور سمندری (بحری) آماجگاہیں ڈرامائی حد تک تبدیل ہو چکی ہیں۔ مینگرووز (Mangroves) میں 50 فیصد کمی واقع ہوئی ہے جبکہ آبی زمین (Inet land) کے ماحولیاتی نظام بھی سکڑ کر آدھے رہ گئے ہیں۔

☆ تقریباً 22 فیصد تسلیم شدہ بحری ماہی گیری کا استحصال ہوا ہے۔ اور اسمیں کمی واقع ہوئی ہے۔ اور مزید 44 فیصد خاتمے کے پر جا پہنچی ہے۔

☆ ساری دنیا کے بحری اور خشکی کے ماحولیاتی نظاموں میں بسنے والی حیاتیاتی تنوع کے خاتمے کی رفتار میں تیزی سے اضافہ ہوا ہے۔ زمین ایک واحد نوع یعنی انسان کے پیدا کردہ عظیم انحطاط انواع (Species Extention) کے دور کے عین درمیان میں پہنچ چکی ہے۔

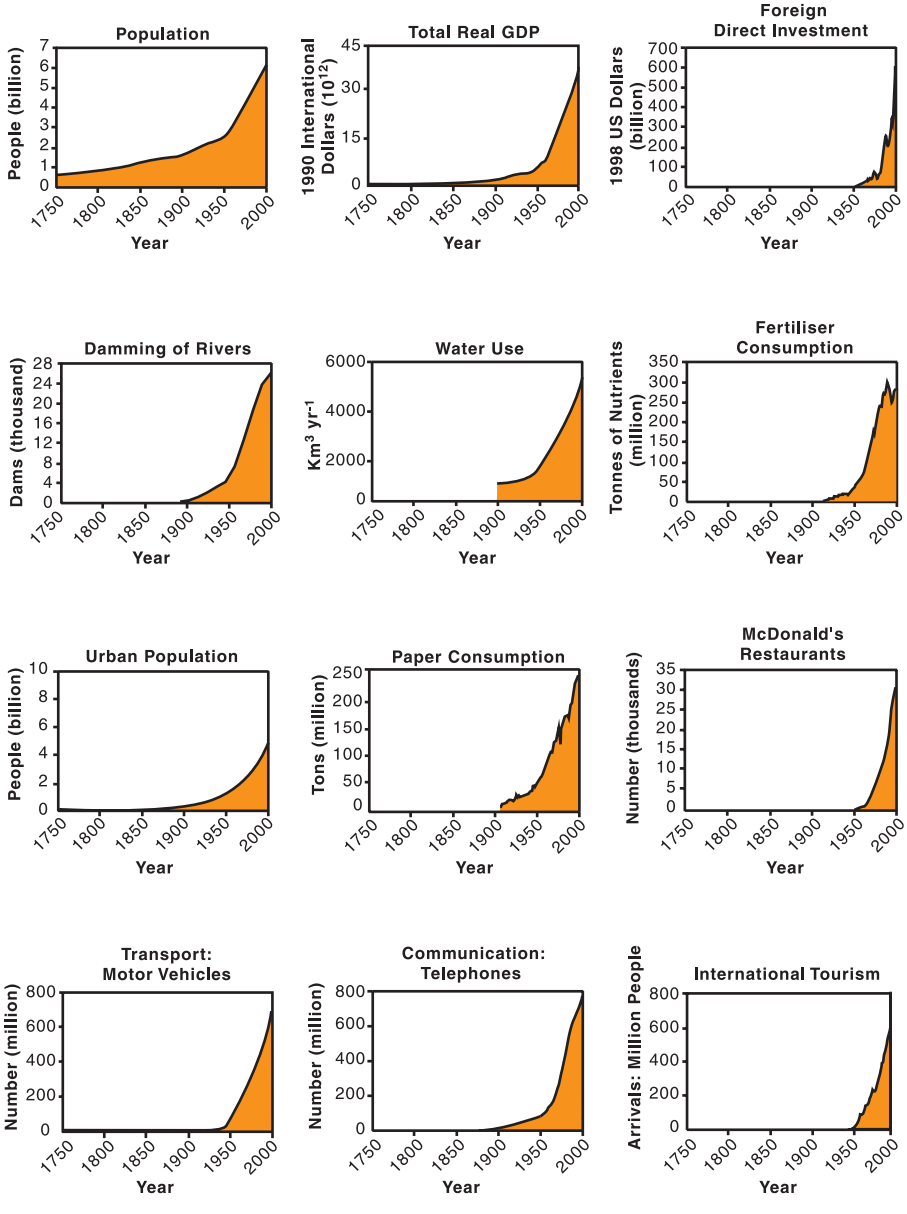
تبدیلی کے محرکات

پچھلی دو صدیوں کے دوران انسانی آبادی اور دنیا کی اقتصادی دولت میں بے پناہ اضافہ ہوا ہے۔ اِن دو عوامل کیوجہ سے زرائع کی کھپت بھی بہت حد تک بڑھی ہے۔ اس کا ثبوت، زراعت اور خوراک کی پیداوار، جنگلیات، صنعتی ترقی، زرائع آمدورفت، بین الاقوامی تجارت و توانائی کی پیداوار، شہری آبادی میں اضافہ اور سیر و تفریح میں واضع طور پر ملتا ہے۔

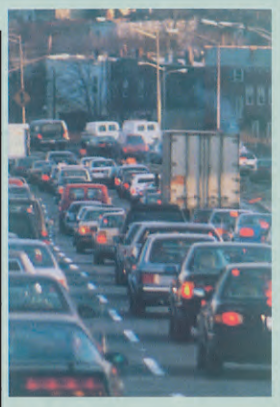
ایک محتاط اندازے کے مطابق قریباً 6 بلین لوگ اس وقت سیارے پر موجود ہیں۔ اور تمام کے تمام انسانی ضروریات کے طلبگار ہیں۔ جسمیں پانی، خوراک، تحفظ، معاشرتی صحت اور روزگار کے مسائل درپیش ہیں۔ جس طریقے سے انسان کی ان ضروریات کو پورا کیا جا رہا ہے وہ تمام سطح پر ماحول پر مرتب ہونے والے نتائج کے ذمہ دار ہیں۔ (جدول-1) ترقی یافتہ دنیا میں کثرتِ دولت اور مزید اہم یہ کہ مختلف سامان اور سہولیات جیسے کہ سیر و تفریح نقل و حرکت، زرائع موصلات کی طلب نے زمین کے زرائع پر طلب و رسید کا بوجھ بڑھا دیا ہے۔ 1970 اور 1997 کے درمیان دنیا بھر میں توانائی کے استعمال میں 84 فیصد اضافہ ہوا ہے اور مختلف عناصر کی کھپت ڈرامائی انداز میں بڑھی ہے۔ جبکہ دنیا کی آبادی پچھلی صدی کے دوسرے حصے میں دوگنی ہوگئی۔ اناج کی پیداوار تین گنا ہوگئی توانائی کے استعمال میں چار گنا اضافہ ہوا اور اقتصادی عوامل کئی گنا ہوگئے۔ اگرچہ یہ رفتار اقتصادی ترقی زیادہ تر ترقی یافتہ ممالک میں واقع ہوئی مگر ترقی پزیر دنیا نے بھی عالمی اقتصادیات میں اہم کردار ادا کرنا شروع کر دیا ہے۔ اسطرح سے زرائع اور ماحول پر اثرات مزید گہرے ہونا شروع ہوگئے ہیں۔

تمام ممالک خواہ وہ صنعتی ہوں یا غیر صنعتی مختلف عوامل کے لئے توانائی کی ضرورت مسلمہ ہے۔ توانائی کی ایک بڑی مقدار کاغذی ایندھن کو جلا کر حاصل کی جاتی ہے جس کے نتیجے میں ہوا میں کاربن ڈائی آکسائیڈ اور قلیل مقداری گیسوں اور زرات کی مقدار میں اضافہ ہوا ہے۔ صنعتی ترقی نے قدم بہ قدم فضائی اور آبی آلودگی میں زوداثر اضافہ کیا ہے۔ خام مال کے نچوڑ نے پیداوار حاصل کرنے کھپت اور سامان کا ٹھکانے لگانا وہ تمام اقدام ہیں کہ جو انتہائی مہلک ہیں۔ گزشتہ تین صدیوں کے دوران زراعت کے لئے استعمال ہونے والی زمیں میں 5 گنا اضافہ ہوا ہے۔ مزید براں یہ کہ زمین کا ایک بہت بڑا حصہ ناکارہ ہو چکا ہے۔ جسکی بنیادی وجہ زمین کا کٹاؤ (Soil Erosion)۔ کمیائی آلودگی اور نمکیات ہیں۔ بحری ماحولیاتی نظام میں انسان کی لائی ہوئی تبدیلیاں کچھ کم اہمیت کی حامل نہیں۔

Sources: US Bureau of the Census (2000) International database; Nordhaus (1997) In: The economics of new goods. University of Chicago Press; World Bank (2000) Data and statistics; World Commission on Dams (2000) The report of the World Commission on Dams; Shiklomanov (1990) Global water resources; International Fertilizer Industry Association (2002) Fertilizer Indicators; UN Centre for Human Settlements (2001); The state of the world's cities, (2001); Pulp and Paper International (1993) PPI's international fact and price book; MacDonalds (2002) http://www.mcdonalds.com; UNEP (2000) Global environmental outlook 2000; Canning (2001) A database of world infrastructure stocks, 1950-95 World Bank; World Tourism Organization (2001) Tourism industry trends.



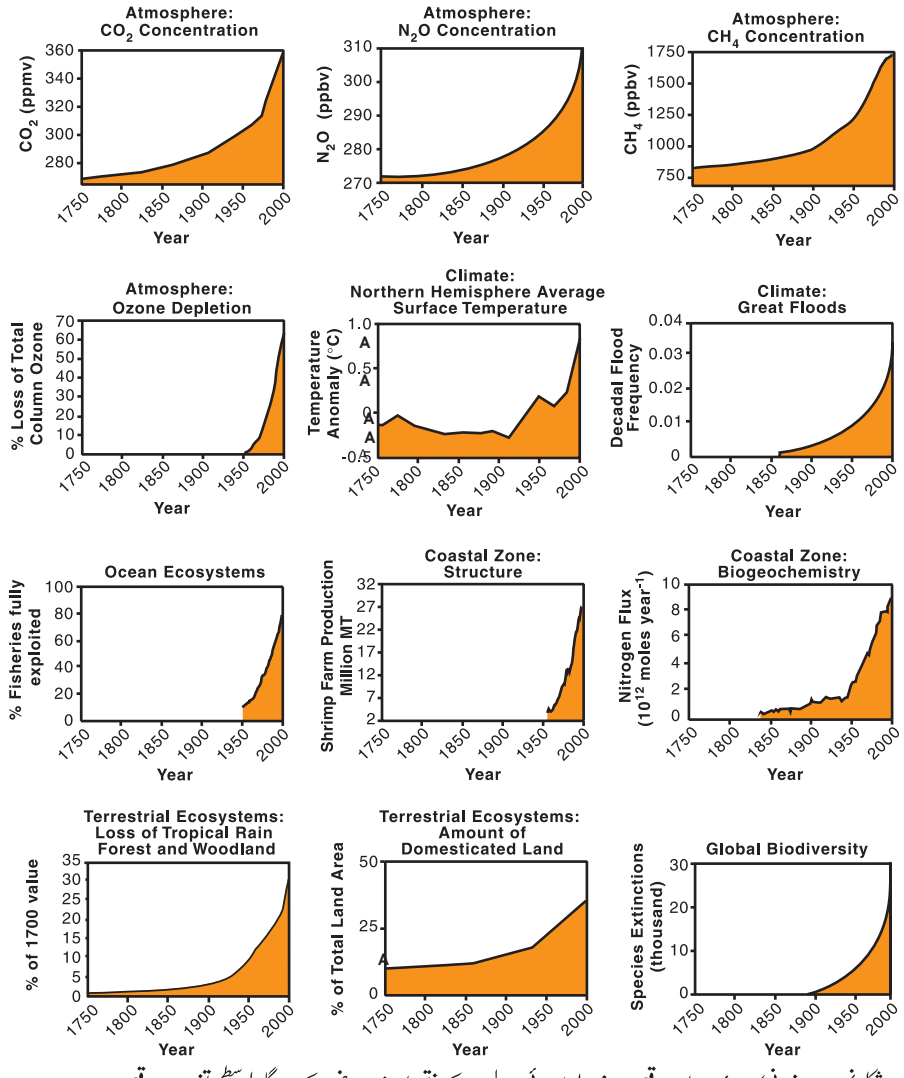
شکل نمبر 8: صنعتی انقلاب کے آغاز سے انسانی کاروائیوں کی تبدیلی کی شرح میں بڑھوتی کے رجحانات۔ اوپر دی گئی شکل میں ہر معاملے میں بڑھوتی 1950 کی دہائی کے اردگرد ہی نظر آتی ہے۔ اس شکل میں یہ بھی واضح ہے کہ پچھلے 50 سالوں میں جتنی ڈرامائی اور بغیر کسی گذشتہ رجحان کے انسانی تاریخ میں جو تغیرات واضح ہوئے وہ پہلے کبھی نہ ہوئے تھے۔



جدول نمبر 1:

ماحول کا حصہ/متغیر چکر Compartment/ Cycle transformed	سامنے کے محرکات (Proximate Drivers)	در پردہ محرکات (Underlying Drivers)
خشکی	زمین کو صاف کرنا (جنگلات کی کٹائی اور نذر آتش کرنے کا عمل)، زراعتی عوامل مثلاً ہل چلانا، کھادوں کا استعمال، آب پاشی، کیڑے مکوڑوں پر قابو پانا، زیادہ پیداوار والی فصلیں وغیرہ ایک جگہ سے دوسری جگہ جانا۔	خوراک کی طلب (خوردنی ترجیحات) تفریح، ماحولیاتی نظام سے حاصل ہونے والے دیگر فوائد
فضاء	رکازی ایندھن کی آتش زدگی، زمین کے استعمال میں تبدیلی، (مثلاً زراعتی عوامل) حیاتیاتی مواد کا جلائے جانا۔ صنعتی ٹیکنالوجی	متحرک ہونے کی طلب، عام استعمال کی اشیاء، خوراک
آب	بند بنانا، پانی ذخیرہ کرنے کے تالاب، نہری نظام، غلاظت کو ٹھکانے لگانے کا نظام اور دیگر انتظامی کاروائیاں وغیرہ	طلب آب (براہِ راست انسانی ضروریات کے لئے)، خوراک (آب پاشی)، ضرورت کی عام اشیاء، صنعتی عوامل میں پانی کا استعمال
ساحلی علاقے/سمندر	زمین کی روئیدگی میں تبدیلی، زیرِ زمین پانی کا نکالے جانا، بے انتہا ماہی گیری اور اس کا طریقہ، ساحل پر تعمیرات کا انداز، شہر کے گندے پانی کے ساتھ کئے جانے والے سلوک کی ٹیکنالوجی، شہروں کی طرف آنے کے رجحانات	تفریح کی طلب، طرز زندگی، خوراک، روزگار
حیاتیاتی تنوع	جنگلات کی صفائی، قدرتی ماحولیاتی نظام: پردیسی انواع کا کسی نئی جگہ تعارف	خوراک کی طلب، حفاظت، آرام و آسائش، خوبصورت نظارے

جدول نمبر 1: سامنے کی وجوہات وہ فوری انسانی وجوہات ہیں جو کہ کسی مخصوص ماحولیاتی تبدیلی کا باعث بنتی ہیں۔ جبکہ در پردہ وجوہات کا تعلق افراد یا گروہ کی بنیادی ضروریات وخواہشات سے ہے۔ سامنے کی ہوں یا در پردہ وجوہات۔ دونوں اصل میں ایک تسلسل کے ساتھ اور درمیانی روابط سے منسلک حد حاصل ہیں۔ ان درمیانی روابت میں مارکیٹ، ادارے اور دیگر قسم کی تعمیرات، پالیسی، سیاسی نظام اور تہذیبی اقدار شامل ہیں۔



شکل نمبر 9: انسانی کاروائیوں میں واقع ہونے والی ڈرامائی تبدیلیوں کے نتیجے میں نظامِ ارضی کے اندر گلوبل سطح پر تغیرات واقع ہوئے ہیں۔

(a) فضاء میں CO_2 کی مقدار، (b) فضاء میں N_2O کی مقدار (c) فضاء میں CH_4 کی مقدار

(d) انٹارکٹکا پر اوزون (O_3) کی مقدار میں کمی (e) کرۂ ارض کے شمالی حصے میں سطح کے اوسط درجۂ حرارت میں آنے والی تبدیلیاں (f) 30 سالہ دورانیے میں حاصل کردہ مشاہدات پر مبنی اعداد و شمار یہ ظاہر کرتے ہیں کہ 1860 کے بعد $200,000 Km^2$ سے بڑے دریائی میدانوں میں صدسالہ شرح پر سیلابوں کے واقع ہونے کی کیا صورتحال ہے۔

(g) پوری طرح ختم ہوجانے والی، تباہ ہوجانے والی یا بہت زیادہ کی جانے والی گلوبل ماہی گیری کی فیصد شرح۔

(h) ساحلی علاقوں کی تبدیلی کے پیشِ نظر جھنگا مچھلی کی سالانہ پیداوار کا حدف (i) 1850 سے لے کر اب تک کے دوران دنیا بھر کے ساحلی علاقوں میں نائیٹروجن کی مقدار میں اتار چڑھاؤ

(j) جیسا کہ مرطوب افریقہ: لاطینی امریکہ، جنوب اور جنوب مشرقی ایشیاء سے حاصل کردہ اعداد و شمار سے حساب لگایا ہے کہ گرم مرطوب جنگلات اور نباتات کا خاتمہ ہوا ہے۔ (k) کتنی زمین چراگاہوں اور زراعتی زمین میں تبدیل ہوچکی ہے

(l) ریاض کی کی مدد سے شرح ناپایہ حساب

Sources: Etheridge et al. (1996) J. Geophys. Res. 101:3115-4128; (b) atmospheric N2O concentration. Source: Machida et al. (1995) Geophys. Res. Lett. 22:2921-2924; (c) atmospheric Ch4 concentration. Source: Blunier et al. (1993) J. Geophys. Res. 20: 2219-2222; (d) percentage total column ozone loss over Antarctica, using the average annual total column ozone, 330, as a base. Image: J.D. Shanklin, British Antarctic Survey; (e) northern hemisphere average surface temperature anmalies. Source: Mann et al. (1999) Geophys. Res. Lett. 26(6):759-762; (f) decadal frequency of great floods (one-in-100-year events)after 1860 for basins larger than 200 000 km2 with observation th at span at least 30 years. Source: Milly et al. (2002) Nature 415:514-517; (g) percentage of global fisheries either fully exploited, overfished or collapsed. Source: FAOSTAT (2002) Statistical databases; (h) annual shrimp production as a proxy for coastal zone alteration. Sources: WRI (2003) A guide to world resources, 2002-2004; FAOSTAT (2002) Statistical databases; (i) model-calculated partitioning of the human-induced nitrogen perturbation fluxes in the global coastal margin for the period since 1850. Source: Mackenzie et al. (2002) Chem. Geology 190: 13-32; (j) loss of tropical rainforest and woodland, as estimated for tropical Africa, Latin America and South and Southeast Asia, Sources: Richards (1990) In: The Earth as transformed by human action, Cambridge University Press; WRI (1990) Forest and rangelands; (k) amount of land converted to pasture and cropland. Source: Klein Goldewijk and Battjes (1997) National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). Bilthoven, Netherlands; and (l) mathematically calculated rate of extinction. Source: Wilson (1992) The diversity of life, the Penguin Press.

نظامِ ارضی کا نظریہ

نظام ارضی کی کارکردگی کے حوالے سے پیچیدہ اور باہم مربوط ومرتکز محرکات کی حتمی اہمیت اس انسانی گاڑی میں کیا ہے؟ Fig 8 میں پچھلے چندسو سالوں کے دوران انسان کی بنائی ہوئی دنیا میں واقع ہونے والی کچھ تبدیلیوں کو ظاہر کیا گیا۔ یہ ان ساری وجوہات پر رروشنی ڈالنے کی ایک موھوم سی کوشش ہے جو اس نازک اور اھم وقت پر انسانی معاشرے کی بدلتی ہوئی ھیئت ، بدلتے ہوئے انسان اور ماحول کے رشتے پر روشنی ڈال سکیں۔تمام کے تمام زاویے (انداز) گلوبل ہیں اور بعض اہم علاقائی تفرقات پر حاوی ہیں۔ پھر بھی نظامِ ارضی کی سطح پر اشارے صحیح اور اہم ہیں۔ ہمارا مستقبل تابناک ہے۔ بیسویں صدی کا دوسرا حصّہ اس زمین پر انسان کی بقا کے لحاظ سے بہت عجیب وغریب ہے۔انسان کی بہت سی کاروائیوں نے بیسویں صدی ہی میں بلندیوں کو چُھونا شروع کر دیا اور اس سے بیسویں صدی کے آخر میں خاص تیزی آ گئی۔ گزشتہ پچاس سالوں نے بلاشک وشبہ انسانیت کی تاریخ میں انسان کے فطرتی دنیا کے ساتھ تعلق کو برق رفتاری سے تبدیل ہوتے دیکھا ہے۔

(Fig-9) میں اس امر کو واضع طور پر دیکھایا گیا ہے کہ کسطرح ان تمام کے تمام نظامِ اراضی کی سطح پر تیزی سے بڑھتی ہوئی انسانی کاروائیوں کے اثرات واضع ہو چکے ہیں۔نظام ارضی کی افعال پذیری کے بہت سے اہم اشاروں نے اب گلوبل تبدیلیوں کے ان اشاروں (جو کم ازکم کسی حد تک ضرور ہیں) اور اس زمین پر واقع ہونے والی انسانی کاروائیوں کے ساتھ ساتھ چلنا شروع کر دیا ہے۔ اس زمین کے ماحول کے تمام اجزاء مثلاً سمندر ساحلی علاقے ، آب وہوا اور زمین متاثر ہو رہے ہیں اگرچہ انسان کی شروع کردہ کاروائیاں ڈرامائی ضرور ہیں مگر ہمیں انکی اہمیت کی فہم وفراست کے آغاز کے لئے انکی شرح اور حجم کو نظامِ ارضی میں تبدیلی کے فطرتی اندازواں کے ساتھ موازنہ کرنا ہوگا۔

فضا میں موجود Co_2 کی مقدار ہمیں ایک اچھا پیمانہ مہیا کرتی ہے کہ جس کے ساتھ ہم انسان کی شروع کردہ تبدیلی کا قدرتی طور پر واقع ہونے والے تغیرات سے موازنہ کر سکیں۔(Fig.2) کاربن ڈائی آکسائیڈ کی مقدار پر انسان کے چھاپ میں کسی غلطی کی گنجائش نہیں۔فضا میں کاربن ڈائی اکسائیڈ کی موجودہ مقدار 370 پی پی ایم بحساب حجم ہے جو واسٹوک کے برف کے ریکارڈ مطابق درج شدہ مقدار یعنی 280 پی پی ایم حجم زیادہ ہے۔ برف کے ریکارڈ کی موجودہ صورتحال اور سمجھ بوجھ کے مطابق گزشتہ 429,000 سالوں میں کاربن ڈائی آکسائیڈ کی موجودہ مقدار میں بڑھوتی کی شرح کم ازکم 10 یا ممکن ہے 100 گنا زیادہ ہے۔ چنانچہ اس خاص معاملے میں انسان کی شروع کردہ تبدیلیاں گزشتہ نصف ملین سالوں میں نظامِ ارضی میں قدرتی طور پر وقوع پزیر ہونے والے تغیرات کے زمرے سے کہیں باہر نہیں۔

گزشتہ چندسو سالوں کے دوران ہی نظامِ ارضی کی کارکردگی کے حوالے سے انسانی کاروائیاں واضع طور پر ابھر کر سامنے آئی ہیں اور انکی وجہ سے زمین پر کلی طور پر اثرات مرتب ہوئے ہیں جو کہ:

- ☆ قدرت کی عظیم تر قوتوں کے حجم کے قریب مرتب ہوئے یا ان سے سبقت لے جا رہے ہیں۔
- ☆ قدرتی لحاظ سے واقع ہونے والے تغیرات کی نسبت ان تبدیلیوں کی شرح کئی گنا سے بھی زیادہ ہے۔
- ☆ اگر اِن کو حد، حجم، شرح اور وقوع پزیری کے لحاظ سے دیکھا جائے تو انھوں نے زمین کے نظام کے افعال وعوامل کو ایک بے مثال حالت میں لا کھڑا کیا ہے۔

تبدیلی کی بازگشت

نظام ارضی پر انسان کے اثرات علیحدہ علیحدہ اور وجہ اثر کے انداز میں مرتب ہوتے ہیں۔ انسان کی شروع کردہ ایک قسم کی تبدیلی نظام ارضی میں بار بار وقوع پذیر ہوتی ہیں اور آکر قدرتی تغیرات کے ساتھ ضم ہو جاتی ہے۔ یہ ردِعمل شاذونادر ہی ایک سیدھی زنجیر کی صورت میں وقوع پزیر ہوتے ہیں۔ اکثر یہ ایک دوسرے کے ساتھ باہمی رقابت میں ہوتے ہیں۔ بعض اوقات یہ انسانی عوامل کے اثرات کو کم کرتے ہیں اور بعض اوقات انھیں مزید بڑھا چڑھا دیتے ہیں۔ یہ ردِعمل ایک بازگشت کیطرح واپس لوٹتے ہیں جو نتیجاً مزید زود افزوں ہوتے چلے جاتے ہیں۔ اور نظام اراضی کی کارکردگی میں مزید خلل انداز ہوتے چلے جاتے ہیں۔

بلند سے بلند تر اثرات

نظامِ ارضی کے بشری تباہ کاریوں کی جانب ردعمل صرف وجہ، اثر یعنی Cause-Effect کے رشتے تک محدود نہیں رہتے بلکہ اس سے کہیں زیادہ پیچیدہ ہو چکے ہیں۔ مثلاً سبز خانوی حدتی اثر رکھنے والی گیسوں کا اخراج جو کہ کرۂ ارض کی حدت پذیری (Global Warming) کا باعث بن رہا ہے۔

رکازی ایندھن کے جلائے جانے کی وجہ سے انواع و اقسام کی گیسوں کا فضا میں اضافہ ہو رہا ہے جو لا متناہی اور بلند سے بلند تر اثرات کا موجب بن رہی ہیں۔ مثال کے طور پر کاربن ڈائی آکسائیڈ گیس نہ صرف آب و ہوا کو متاثر کر رہی ہے بلکہ اس امر پر بھی اثرات مرتب کر رہی ہے کہ پودے اور درخت کسطرح اگتے ہیں۔ یہ سمندروں میں پائے جانے والے کاربونیٹ کی کیمیا کو بھی تبدیل کر رہی ہے۔ جسکا اثر بالآخر سمندری حیات پر پڑتا ہے۔ کاربن ڈائی آکسائیڈ کی تبدیل ہوتی ہوئی مقدار دنیا بھر میں کورل ریف (Coral Reef) نامی مشہور ماحولیاتی نظاموں کے بڑے پیمانے پر انحطاط کا ایک اہم اور بنیادی سبب ہے۔

رکازی ایندھن کے جلانے سے آکسیڈائزنگ گیسیں جیسے کہ نائٹرک آکسائڈ اور سلفر ڈائی آکسائیڈ بنتی ہیں جو کہ چند نہایت تسلیم شدہ اثرات جیسا کہ ماحولیاتی نظاموں کی تیزابیت اور یوٹرافیکیشن (Eutrophication) کا باعث ہیں تاہم یہ گیسیں بالآخر نظامِ ارضی کے بنیادی افعال مثلاً خلا کی انعکاسی خصوصیات اور نتیجتاً آب ہوا کو بلا واسطہ طور پر بدلنے میں خاصا اہم کردار ادا کرتی ہیں۔ اس مقصد کے لئے وہ دوسری گیسوں سے بھی تعمل کرتی ہیں اور فضا کی خود اپنے آپ کو اکسیڈیشن کے عمل کے زریعے کئی قسم کے مرکبات کو نکال باہر پھینکنے کی خصوصیت پر اثر انداز ہوتی ہیں۔

رکازی ایندھن کے جلائے جانے کے عمل سے جو ذرات ہوا میں معلق ہو جاتے ہیں وہ براہ راست انسانی صحت پر اور حالات کے مطابق پودوں کی بڑھوتی کو بڑھا یا گھٹا سکتے ہیں۔

حتیٰ کہ بڑے واضع قسم کے اثرات کو اگر دیکھا جائے تو انکا پیش خیمہ بھی رکازی ایندھن کے جلائے جانے کا عمل ہے۔ کاربن ڈائی آکسائیڈ کی فضا میں مقدار بڑھے جانے کے اثرات کے تحت خشکی کے پودوں کے پتوں پر سوراخوں سے پانی کا ضیاع کم ہو گیا ہے۔ جس کے نتیجے میں ان پودوں میں پانی کے استعمال میں بہتری آئی ہے۔ یہ اثرات صحرائی اور نیم صحرائی پودوں کے سلسلے میں خاصے نمایاں ہیں اور اس طریقے سے انکی پیداوار بھی بڑھ گئی ہے۔ کیونکہ

زمین میں نمی موجود رہتی ہے جو پودوں کی بڑھوتی میں کام آتی ہے مزید براں یہ کہ عمومی طور پر کوئی بھی دوانواع ایک ہی انداز میں فضا میں موجود کاربن ڈائی آکسائیڈ کی مقدار میں اضافے کی طرف ردِعمل ظاہر نہیں کرتی۔اس کے نتیجے میں پودوں کے ایک دوسرے سے مقابلے کی صلاحیت میں بھی تبدیلی آتی ہے اور اس سے انواع کی بہتات اور معاشرتی بناوٹ میں بھی تغیرات واقع ہو رہے ہیں لہٰذا رکازی ایندھن کے جلانے کے عمل نظام اراضی میں بازگشت کے طور پر انواع میں تنوع کے مسائل کو بھی متاثر کرتا ہے۔

رکازی ایندھن کے جلانے کے عمل کیطرح زمین کی روئیدگی اور زمین کے استعمال میں جو تبدیلی واقع ہوئی ہے وہ بھی مقامی، علاقائی اور ارضی سطح پر وسیع وعریض اور سلسلہ وار اثرات کا باعث بن رہی ہیں۔صفحہ نمبر 18 کے باکس نمبر 3 میں چند ایک ایسے راستے دکھائے گئے ہیں کہ جن کے زریعے زمین کے استعمال کی تبدیلی کے اثرات جو کہ آغاز میں مقامی تھے۔علاقائی اور گلوبل سطح پر نمودار ہونے لگے ہیں

مختلف الجہت باہم متصل اثرات

گلوبل سطح کی تبدیلی تخلیہ میں عمل پیرا نہیں ہوتی بلکہ یہ لاتعداد انوع و اقسام کے قدرتی تغیرات کے ماڈلز اور بہت سی سطح پر انسان کی پیدا کردہ تبدیلیوں کے ساتھ عمل ردِعمل ظاہر کرتے ہیں۔خاص طور پر ان معاملوں میں یہ اہمیت کے حامل ہوتے ہیں جہاں یہ دباؤ حد برداشت کو عبور کر جاتے ہیں۔اور فعالیت میں ایک برق رفتار تبدیلی کو جنم دیتے ہیں۔

کورل ریف (Coral Reef) نامی سمندری پہاڑ حدِ برداشت اور یکا یک تبدیلی کی ایک عمدہ مثال ہیں۔کورل ریف قدرتی خلل اندازی کے عمل سے گزر رہے ہیں۔ان قدرتی مسائل میں انھیں سمندری طوفانوں اور کانٹوں کے تاج والی ستارہ مچھلی کے وقت بے وقت ریلوں کا سامنہ ہوتا ہے۔

پچھلی کچھ دہائیواں کے دوران انسانی دباؤ مثلاً اجزائے خوراک اور مٹی کے ذرات کا ساحلی علاقوں سے سمندر کے پانی میں معلق ہوجانا۔ماہی گیری اور سیاحت بہت زیادہ بڑھ گئے ہیں۔اور قدرتی دباؤ کے ساتھ باہم دست وگریباں ہیں۔نتیجتاً کورل کے پہاڑی ماحولیاتی نظام نہایت زیادہ دباؤ کا شکار ہیں۔اور گلوبل پیمانے پر واقع ہونے والی تبدیلیاں کچھ اور ہی مختلف نوعیت کے دباؤ ڈال رہی ہیں۔فضا میں کاربن ڈائی آکسائیڈ کی مقدار میں اضافے کی وجہ سے سمندر کی اوپری سطح کے پانیوں کی کاربونیٹ کی کیمیا بھی بدل رہی ہے جسکی وجہ سے کورل کے پہاڑ بنانے والے ننھے منے اجسام کے لئے اپنے سخت خول بنانا اور مشکل ہوتا جا رہا ہے۔اسی کے ساتھ سمندر کی اوپر والی سطح کے گرم ہونے کہ وجہ سے بہت سے علاقے پر بلیچنگ کے واقعات ہو رہے ہیں۔یہ نت نئے گلوبل سطح کے دباؤ پر ہر جگہ عمل پیرا ہیں، ثابت قدم ہیں اور بلا شک وشبہ بڑھوتی کیطرف مائل ہیں۔اِن مقامی سے لے کر گلوبل اثرات کے کافی زیادہ دباؤ کے تحت کورل ریف نامی زیرسمندر پہاڑوں کی قوت برداشت جواب دے جائے گی اور بڑے پیمانے پر انکی اموات واقع ہونگی اور اسطرح بے رنگ کائی کے بڑے بڑے لوتھڑے نظر آئیں گے۔

1997/98 کی جنوب مشرقی ایشیاء کے کچھ حصوں میں لگنے والی انتہائی خطرناک آگ اور 2003 کی کنبرا (Canberra) کی جھاڑیوں میں لگنے والی آگ اس حقیقت کی ایک عمدہ مثال ہے کہ کوئی بھی ماحولیاتی نظام باہم دست وگریباں مختلف قسم کے دباؤ کی جانا یک سیدھی لکیر کی صورت میں کبھی بھی ردِعمل ظاہر نہیں کرتے۔

جنواب مشرقی ایشیاء میں 1997/98 میں لگنے والی آگ بلا شک و شبہ زمین کے استعمال کی تبدیلی اور غیر معمولی طور پر تند و تیز ENSO کے پیدا کردہ مسائل کا نتیجہ تھی۔

آگ لگنے کے واقعات زمین کو ٹھیک ٹھاک کرنے کی کچھ کاروائیوں کے بعد واقع ہوئے جب گرم مرطوب (Tropical) جنگلات کو ختم کر کے آئل پام کی شجرزار (Plantation) میں تبدیل کر دیا گیا۔ عموماً جنگلات کو کاٹ کر صاف کرنے کے عمل کے دوران ضائع شدہ لکڑی اور پودوں کو جون سے اکتوبر تک کے جنوبی مون سون کے نسبتاً خشک وقفے کے دوران جلایا جاتا ہے۔ چونکہ اکتوبر نومبر میں مرطوب شمالی مون سون کا دورانیہ شروع ہو جاتا ہے، لہٰذا جلانے کی کاروائیاں روک دی جاتی ہیں۔ اور سب آگیں بجھا دی جاتی ہیں تاہم نہایت شدید قسم کے ENSO والے سالوں نے جنوب مشرقی ایشیاء میں جولائی ستمبر کے وقفے کے دوران خشک سالی کے واقعات کو جنم دیا جس کی وجہ سے سال کے آخر میں غیر معمولی طور پر کم بارشیں ہوئیں۔ ان حالات کے تحت پودوں اور درختوں کے بے قابو قسم کے آگ پکڑنے کے امکانات زیادہ بڑھ گئے۔

حاشیہ نمبر 3

استعمالِ زمین کی تبدیلی کے قدم بہ قدم بڑھتے ہوئے اثرات

استعمال زمین (Land use) کی تبدیلی کے اثرات کی بازگشت نظامِ ارضی میں کئی سطحوں پر اور کئی انداز سے ہوتی ہے۔ آغاز میں تو یہی ہوتا ہے کہ استعمال زمین عام طور پر کسی نظام جیسے کہ جنگلات کو زراعتی ماحولیاتی نظام میں تبدیل کرنا ہی ہے۔ مگر پھر اس کے فوری نتائج ظاہر ہونے لگتے ہیں۔ جیسا کہ اس تمام حیاتیاتی مادے کو جلانے (Biomass burning) سے اس میں موجود کاربن ڈائی آکسائڈ ہوا میں تحلیل ہو جاتی ہے۔ اوائل میں ہونے والے تغیرات کے بعد استعمال زمین کئی انداز اختیار کرتا ہے۔ عام طور سے جو طریقہ کار ہوتا ہے وہ یہ کہ آغاز میں ذرا تھوڑی کم زراعت کی جاتی ہے۔ مگر اس کے کچھ سالوں کے بعد اس زراعت میں انتہائی برق رفتاری سے تیزی آتی ہے۔ یعنی پیداوار کی بڑھوتی کے لئے کیمیائی کھادوں کا استعمال، آب پاشی، کیڑے مکوڑوں پر قابو پانا، اس کی چند ایک مثالیں ہیں۔ یہ انتہائی سخت قسم کی زراعت زمین کے اوپر جو نباتات کا ایک غلاف موجود ہے اسے اتار پھینکنے کے عمل سے پیدا ہونے والے اثرات کو مزید دو چند کر دیتی ہے۔ نتیجتاً کچھ عوامل دب جاتے ہیں یا بالکل رک جاتے ہیں۔ جیسا کہ نائٹروجن کے مرکبات کا اضافہ اور یا پھر ان کا متحرک ہو جانا اور پھر فضا میں یا پانیوں میں شامل ہو کر ضائع ہو جانا وغیرہ۔

مقامی اثرات :

حیاتیاتی مواد (Biomass) کی آتش زدگی کا وہ عمل جو ایمازون (Amazon) کے جنگلات کی اندھا دھن کٹائی سے وابستہ ہے، مقامی اور علاقائی بادو باراں پر اثر انداز ہو سکتا ہے۔ رکازی ایندھن کی طرح، حیاتیاتی مواد کی آتش زدگی سے کئی ایک جسامتوں کے ذرات (Aerosols) پیدا ہو کر فضا میں شامل ہو جاتے ہیں۔ بڑے ذرات عمل اور بادلوں میں بارش کے قطرے بننے کے عمل کے لئے مرکز کا کردار ادا کرتے ہیں۔ اور چھوٹے سائز کے لاتعداد ذرات جو بادلوں میں جا کر چھوٹے چھوٹے مگر بہت زیادہ بخارات بنا دیتے ہیں وہ اصل میں بارش کے عمل کو روک دیتے ہیں۔ یوں ظاہر ہوتا ہے کہ یہ عمل ایمازونیہ کے علاقے میں ہو رہا ہے۔ اسی طرح بہت زیادہ تیزی سے اثر پذیر ہونے والے استعمالِ زمین میں تبدیلی کے اثرات کہیں اور یعنی جنوبی افریقہ میں خاص طور پر اندازِ بادو باراں کو بدلنے میں ایک اہم حیثیت کے حامل ہو سکتے ہیں۔

علاقائی اثرات :

افریقہ کے بڑے سبزی خور جانوروں میں بہت سے ایسے ہیں جو آب و ہوا، فراہمیٔ آب اور گھاس پھونس کے حوالے سے واقع ہونے والے موسمی تغیارت سے نبرد آزما ہونے کے لئے اپنے ہجرت کے راستوں کا سہارا لیتے ہیں۔ حال ہی میں کینیا کے سیرنگیٹی کے کچھ علاقوں میں جو وائلڈ بیسٹ (Wild Beast) کے ہجرت کے روایتی راستے تھے وہاں دنیا بھر میں خرید و فروخت کی مارکیٹ میں حالیہ رجحانات کے پیشِ نظر گندم کی کاشت ایک وسیع پیمانے پر شروع ہو چکی ہے۔ اس تبدیلی نے وائلڈ بیسٹ کے روایتی

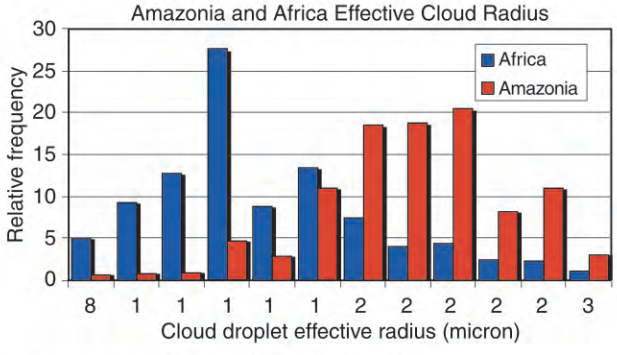
راستے میں خلل ڈال دیا ہے اور جہاں ان جانوروں کو پہنچنا ہوتا تھا اب وہاں نہیں پہنچ پاتے۔ جس کی وجہ سے ان کی آبادی تیزی سے کم ہوگئی ہے۔ اس کے مقابلے میں تنزانیہ والی سائڈ پر سیرنگیٹی والے حصہ میں کچھ مختلف اقتصادی حالات کے عمل پیدا ہونے کی وجہ سے استعمالِ زمین میں چند ایک ہی ایسی تبدیلیاں واقع ہوئیں اور اسی وجہ سے وائلڈ بیسٹ کی تعداد اور آبادیاں صحیح حالت میں قائم ودائم ہیں۔

گلوبل اثرات :

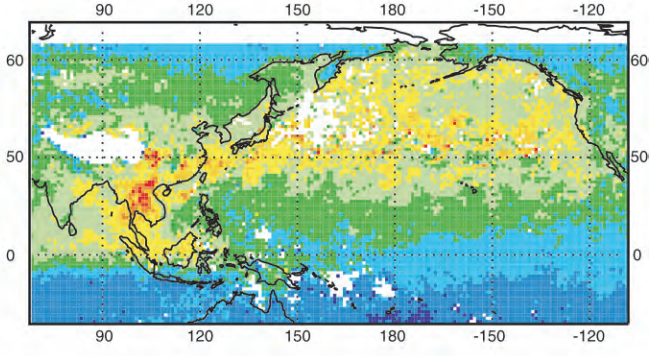
جنوب مشرقی ایشیاء میں سطح زمین کے جنگلات کاٹنے کے عمل اور ذراعتی عوامل سے وابستہ حیاتیاتی مواد کی آتش زدگی کی وجہ سے گلوبل سطح پر ماحولیاتی اثرات مرتب ہوئے ہیں۔ فروری 2001 میں سیٹیلائٹ کے بعید مطالعاتی طریقۂ کار (Remote sensing) کی وجہ سے یہ بات سامنے آئی کہ تھائی لینڈ کے علاقے میں کاربن مونو آکسائڈ گیس کی ایک بڑی مقدار ہوا میں شامل ہو رہی ہے۔ اس کی وجہ سے انکا روایتی اور عام طریقۂ زراعت ہے۔ جس میں وہ کچھ خاص موسموں کے دوران آتش زدگی کرتے ہیں۔ کاربن مونو آکسائڈ جو کہ ایک تکسیدی گیس ہے اور جس کے مضر اثرات نظامِ ارضی کے افعال پر نہایت واضح ہیں، اس موقع پر ایک مرغولے (Plume) کی شکل اختیار کر گئی ہے اور یہ مرغولہ Pacific Ocean کے بیچوں بیچ بڑھتا ہی چلا گیا اور پھر شمالی امریکہ کے جنوبی ساحلوں کی جانب نکل گیا۔

Photos: IGBP image archive

Source: Remote Sensing and Regional Analysis Laboratory, UCLovain, Belgium; Suzanne Semeels.



Source: Daniel Rosenfeld AVHRR Analysis



Source: J. Gille and L. Emmons, National Center for Atmospheric Research, USA; J. Drummond, University of Toronto, Canada; National Aeronautics and Space Administration (NASA), USA.

نظامِ ارضی کے ردِ عوامل:

گلوبل سطح پر نظام ارضی کے انسانی کا روائیوں کی جانب ردِعوامل اب حیاتیاتی وارضی چکروں، آبی چکراور آب وہوا پر بڑے نمایاں طور پر دیکھے جا سکتے ہیں۔ کاربن کا چکر بڑے واضع طور پر اپنا توازن کھو چکا ہے۔ اگر چہ سمندر اور خشکی انسانی کا روائیوں اور رکازی ایندھنوں کی آتش زدگی اور زمین کے استعمال اور اسپر موجود پودوں کی بہتات میں تبدیلی اور کمی کے نتیجے میں پیدا ہونے والی کاربن ڈائی آکسائیڈ کو کسی حد تک جذب کر لیتے ہیں۔ مگر یہ ردِعمل فضا میں یکا یک بڑھنے والی کاربن ڈائی آکسائیڈ کی مقدار کو کم کرنے کے حوالے ناکافی ہیں۔ اسی نظامِ ارضی انسانوں کے تخلیق کردہ نائٹروجنی مرکبات خاص طور پر کھادوں کو 'ہضم' کرنے سے بھی قاصر ہے۔ نائیٹروجن کی ایک بہت بڑی مقدار نباتات، مٹی اور زیرِ زمین پانی میں ذخیرہ ہو رہی ہے۔ جہاں سے یہ ساحلی علاقوں اور فضا میں شامل ہو رہی ہے۔

آبی چکر (Hydrological Cycle) زمیں پر بسنے والی حیات کا روحِ رواں ہے۔ اور کئی طریقے سے آب وہوا کے نظام کے انجن کے طور پر کام کرتا ہے۔ نظامِ ارضی کے انسانی اثرات کی جانب ردِعوامل آبی چکر میں بازگشت کی صورت میں ظاہر ہوتے ہیں۔ اور انسان کی پینے کی صاف پانی، زراعت اور صنعت کی آبی ضروریات کو عبور کر کے آگے نکل جاتے ہیں۔ یہ ردِعوامل بارشوں کے طریقہ کار اور ان میں تبدیلی کے طور پر ظاہر ہوتے ہیں۔ خاص طور پر بالائی طول بلد پر بارشوں میں اضافہ ان کی شدت اور اوقات میں تبدیلی زیادہ بارشیں اور سیلاب مگر اسکے علاوہ کئی جگہ شدید اور طویل خشک سالی، عملِ تبخیر کا فقدان اور آخر کار بارش میں کمی (بخارات میں کمی کے باعث) اور زمین پڑنے والی سورج کی شعاعوں عملِ تبخیر اور زمین کے نباتات ختم ہونے کے نتیجے میں زمین کے برہنہ ہونے کی وجہ سے جو تبدیلی آرہی ہے وہ اس پانی پر اثر انداز ہوتی ہے جو دریائی نظاموں میں شامل ہوتا ہے اور پھر مٹی میں بھی جذب ہوتا رہتا ہے۔

زمین کا آب وہوا کا نظام آبی چکر میں تبدیلی کے علاوہ بھی مختلف بلاواسطہ اور بلواسطہ قسم کی انسانی تبدیلیوں پر کئی طریقے سے ردِعمل ظاہر کر رہا ہے۔ فضا کی انعکاسی خصوصیات میں تبدیلی اور زمین کے حدت کے توازن میں تغیرات واضع طور پر انسان کی حرکات کا ردِعمل ہیں۔ ان حرکات میں نہ صرف CO_2 دوسری گرین ہاوس گیس جیسے کہ CH_4، NO_2 اور ہیلوکاربن جیسے CFCs تعملاتی گیس اور فضا میں معلق ہونے والے انواع واقسام کے ذرات شامل ہیں۔ جو کہ آبی چکر کے علاوہ کئی ذریعے سے آب وہوا کو متاثر کر رہے ہیں۔ آب وہوا کا نظام انسان کی پیدا کردہ زمینی نباتات کی کمی یا تبدیلی کیطرف شدید ردِعمل ظاہر کرتا ہے۔ اسکی وجہ سے جذب اور منعکس ہونے والی سورج کی شعاعوں میں فرق واقع ہو رہے ہیں۔ یعنی زمین کی انعکاسی خصوصیات بدل رہی ہیں۔ ایسے اثرات زمین کی آب وہوا پر مقامی، علاقائی اور بسا اوقات گلوبل سطح پر نمایاں ہو رہے ہیں یہ بات کچھ زیادہ حیران کن نہیں ہونی چاہیے کہ آب وہوا کا انسانی مداخلت کی جانب ردِعمل پہلے سے زیادہ شدید اور بظاہر اً بڑھوتی کیطرف مائل ہے۔ چونکہ انسان کی پیدا کردہ آب وہوا کی انعکاسی تبدیلیاں بہت زیادہ ہیں جبکہ اسکے بلمقابل فطرتی طوواقع والے سورج کی شعاعوں کے انعکاس اور آتش فشانوں سے حدت کا اخراج کہیں کم ہیں۔

حاشیہ نمبر 4

کنبرا کی جھاڑیوں میں لگنے والی آگ کی تباہ کاریاں:

18 جنوری 2003 کو آسٹریلیا کے دارالحکومت کنبرا کی جنوبی پہاڑیوں میں موجود خودرو جھاڑیوں میں آگ لگنے سے ایک بہت بڑا علاقہ متاثر ہوا۔ یہاں تک کہ اس آگ نے نہایت غیر معمولی برق رفتاری سے شہر پر بھی حملہ کر دیا۔ اس کے نتیجے میں 500 سے زیادہ گھر مکمل طور پر تباہ ہو گئے۔ چار افراد ہلاک اور سینکڑوں کی تعداد میں ایسے افراد کو ہسپتالوں میں داخل کیا گیا جو کسی نہ کسی طور جل گئے تھے۔ آسٹریلیا کی ایک نہایت قدیم نجوم کی مطالعہ گاہ بھی اس قدر جل گئی کہ اب ناقابلِ مرمت ہے۔

نقصانات کا تخمینہ 400 ملین آسٹریلین ڈالر لگایا گیا یہ تباہی صرف علت و معلول (Cause & Effect) کے اصول کی بدولت واقع نہیں ہوئی تھی بلکہ یہ زمین کے طریقہ استعمال، انتہائی قسم کے سخت موسموں اور آب و ہوا کی کچھ مستقلاً تبدیلیوں سے پیدا ہونے والے رویوں اور ضبط کی کمی کے عمل اور ردِعمل کا نتیجہ تھی۔

استعمالِ زمین:

کنبرا ایک باقاعدہ منصوبہ بندی کے تحت تعمیر کیا گیا شہر ہے۔ جس جگہ یہ تعمیر ہوا اس کے گرد و نواح کے ماحولیاتی نظام ایسے ہیں جہاں آگ لگنے کے واقعات قدرتی طور پر واقع ہو سکتے ہیں۔ اور مزید یہ کہ جنوب میں وہ علاقہ ہے جہاں کافی تعداد میں نیشنل پارک موجود ہیں۔ ان پارکوں کی چونکہ خوب دیکھ ریکھ کی جاتی ہے لہٰذا یہاں بھی آگ لگنے کے لئے کافی کچھ موجود ہوتا ہے۔ اس دور سے پیشتر لوگ یہاں پر سوکھے ہوئے پودوں اور جھاڑیوں کو بذاتِ خود نذرِ آتش کر دیا کرتے تھے۔ لہٰذا آتش زدگی کے قدرتی واقعات آجکل کی نسبت بہت کم تھے۔

انتہائی موسم:

17 جنوری کو شام کے وقت موسمی حالات تیزی سے ٹھنڈک سے بدلتے ہوئے دوسرا رخ اختیار کرنے لگے۔ صبح 9 بجے کے قریب درجہ حرارت پہلے ہی 30 درجہ سینٹی گریڈ تک پہنچ چکا تھا۔ اور ساتھ ہی ساتھ شمالاً جنوباً والی ہوائیں 30 کلومیٹر فی گھنٹہ کی رفتار سے چلنے لگیں۔ شام کے آغاز ہی سے درجہ حرارت $38^{\circ}C$ ہو گیا تھا۔ نمی کا تناسب صرف 2 فیصد تھا اور ہوائیں 70-80 کلومیٹر فی گھنٹہ کی رفتار کو پہنچ چکی تھیں۔ اس طرح کے حالات کی وجہ سے فوراً آگ کا ایک طوفان شروع ہو گیا کہ جس کے شعلے 100 میٹر اونچے اٹھتے ہوئے آسمان کو چھو رہے تھے۔ ان شعلوں کی توانائی (50,000) کلوواٹ فی مربع میٹر) ایک بڑے بم کی مانند تھی۔

تبدیلیٔ آب و ہوا:

جنوب مشرقی آسٹریلیا گزشتہ کئی سالوں سے شدید خشک سالی سے گزر رہا ہے۔ جس کی وجہ سے آگ لگ جاتی ہے۔ ان تین چار مہینوں میں جبکہ آگ لگنے کے ہولناک واقعات ہوتے ہیں، ہوا میں نمی کا تناسب بھی کم ہو جاتا ہے یعنی اوسط سے 12 فیصد نیچے: اُسو جنگلات بھی شدید گرمی کا سامنا کر رہے ہیں۔ درجہ حرارت 3 درجہ زیادہ سینٹی گریڈ زیادہ تھا۔ اور طرح یہ کہ موسم گرما میں بارشیں بالکل نہیں تھیں۔ اس سے مراد یہ ہے کہ جنگلات کچھ زیادہ ہی خشک تھے۔ اور اس طرح کے حالات میں بہت بھیانک آگ لگنے کے امکانات کافی واضح تھے کنبرا کی تباہی کے ذمہ دار یہ حالت ہی تھے۔ جو اصل میں مہینوں بلکہ سالوں سے پنپ رہے تھے۔ اور ان کا تعلق ایک تواتر سے گلوبل سطح پر واقع ہونے والی تبدیلیٔ آب و ہوا سے جڑا ہوا محسوس ہوتا ہے۔

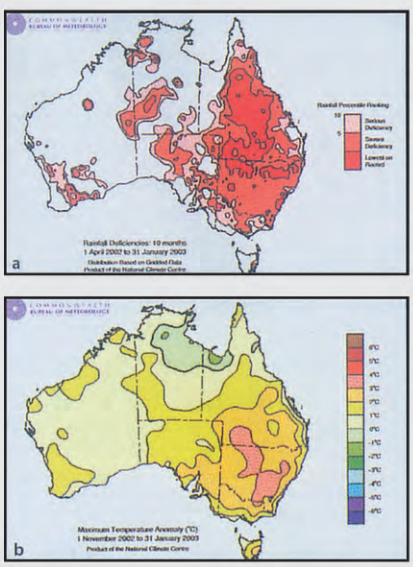
خاص طور سے مشرقی مرطوب اوقیانوس (Tropical pacific) کے سمندروں کی سطح کے کم درجہ حرارت اور مغربی مرطوب اوقیانوس (Western Tropical Pacific) اور بحر ہند (Indian Ocean) کے سمندروں کی سطح کے گرم درجہ حرارت سے پیدا ہونے والا وہ مستقل ہوا کا کم دباؤ اس کی بنیادی وجہ ہے۔ اور یہ سب فطرتی طور پر واقع نہیں ہوا بلکہ اس کی ایک وجہ سبز خانوی اثر (Green house effect) رکھنے والی گیسوں کی فضا میں بڑھتی ہوئی مقدار ہے۔

کنبرا کی جھاڑیوں کی آگ کئی قسم کے ایک دوسرے سے عمل ردِعمل کے تحت منسلک جزئیات کا نتیجہ ہے۔ مثلاً زمین کے اوپر موجود نباتات کی کمی، زمین کے استعمال میں تبدیلی، شدید موسمی حالات اور دیرپا تبدیلیٔ آب و ہوا وغیرہ۔ ان سارے جزئیات کے مجموعے نے جنوب مشرقی آسٹریلیا کو ایسی جگہ پر لا کھڑا کیا۔ جہاں آتش گیر مواد حد سے زیادہ ہو گیا اور ایسی صورتحال پیدا ہوئی کہ جونہی موسم بھی کچھ دورانیے کیلئے موافق ہوا فوراً ہی ایسی ہولناک اور بھڑکیلی آگ لگی کہ جو قابو سے باہر ہو گئی۔

Photo: IGBP image archive

A satellite image of southeastern Australia on 19 Jan. 2003 showing active fires (highlighted in re), including the fire that devastated parts of Canberra on 18 Jan.

Source: NASA



Pre-fire climatic conditions: (a) rainfall deficit (expressed as percentiles from the mean) for the period April 2002- Jan. 2003; (b) maximum temperature anomalies for the period Nov. 2002-Jan. 2003; (c) relative humidity anomalies at 700 hPa (corresponding to 2000 m above sea level) for the period Nov. 2002- Jan. 2003.

Sources: Commonwealth Bureau of Meteorology, Australia; NOAA-CIRES Climate Diagnostic Center.

نظامِ ارضی کی کارکردگی میں جو تبدیلیاں رونما ہو رہی ہیں۔ وہ بنی نوع انسان کی فلاح و بہبود کے لئے ایک خطرہ ہیں۔ ہمارے سیارے کے زندگی کی بقا کو قائم رکھنے والے نظام کی مہیا کردہ بنیادی سہولیات جیسا کہ خوراک کا معیار اور اس کی مقدار، ذرائع آب و ہوا کا معیار اور ایک ایسا ماحول جو انسانی صحت کے لئے سازگار ہو۔ یہ سب ارضیاتی تغیرات کی زد میں ہیں۔ اور ایک اور سطح پر یہ ارضیاتی تبدیلی بذاتِ خود نظامِ ارضی کے توازن کے لئے نہایت خطرناک نتائج کا پیش خیمہ بنتی جا رہی ہے۔ عظیم حادثاتی ناکامیاں جیسا کہ شمالی بحرِ اوقیانوس میں خلیجی لہری نظام میں سست روی یا رکاوٹ وغیرہ ممکنات میں شامل ہیں کیونکہ یہ نظامِ ارضی حضرتِ انسان کے پیدا کردہ تبدیلیوں کے ایک تسلسل کے خلاف ردِعمل ظاہر کرتا ہے۔

نتائج کا قبل از وقت ادراک:

اب نہایت ٹھوس ثبوت موجود ہیں جو اس امر کی دلیل ہیں کہ انسانی کاروائیاں نظامِ ارضی کے ماحول کو گلوبل سطح پر متاثر کر رہی ہیں۔ نہایت تیزی سے جمع ہوتے ہوئے شواہد اور ثبوتوں سے یہ حقیقت آشکار ہے کہ ان کاروائیوں کے نتیجے میں نظامِ ارضی بھی تغیر پذیر ہے۔ ہم کس طرح قبل از وقت گلوبل چینج کے انسانی معاشرے پر اثرات کا ادراک کر سکتے ہیں؟

اثرات اور نتائج کے بارے میں معلومات حاصل کرنے کا طریقہ کار یا رسائی جو حالات پر مبنی ہو وہ سب سے زیادہ عام طریقہ کار سمجھا جاتا ہے اور یہ طریقہ کافی کامیاب بھی ہے۔ یہ طریقہ کچھ اس طرح سے ہے کہ کسی بھی گلوبل چینج کے پہلو کو استعمال کیا جائے یا پھر اکثر آب و ہوا کے کسی پہلو کو استعمال کیا جاتا ہے اور پھر 50 سے 100 سال کیلئے حیاتیاتی و طبعی ماحول (مثلاً فصلوں کی پیداوار وغیرہ) میں اس تبدیلی کے ماڈلز کو چلایا جاتا ہے۔ یہ اثرات پھر معاشی و اقتصادی صورتِ حال پر واضح کرنے کیلئے مزید منسلک کر دیئے جاتے ہیں۔ مزید بہترین اور اعلیٰ قسم کے طریقۂ کار جیسا کہ مربوط تحقیقی تکنیک، جو نہ صرف گلوبل چینج کے محرکات کے آپس میں عمل اور ردِعمل کی چھوٹ دیتے ہیں بلکہ وہ اثرات اور نتائج کا خود گلوبل چینج کے مختلف پہلوؤں سے رشتہ استوار کرنے میں مددگار رہتے ہیں۔ حالات و کوائف پر مبنی طریقۂ کار اپنی کامیابی کے باوجود خاصی بندشوں کا شکار ہے۔ جس میں ماڈلوں کی بے حد زیادہ اقسام کی وجہ سے غیر یقینی میں اضافہ، قوتِ برداشت اور غیر ہمواریوں کی نشاندہی کرنے اور ان کا نقشہ کھینچنے میں دشواریاں اور کئی قسم کے آپس میں Interact کرتے ہوئے دباؤ یا حالات کا مقابلہ کرنا۔

خطرے کی جانچ Vulnerability assessment کرنے کا طریقۂ کار بھی اثرات کا جائزہ لینے والی روایتی طریقہ کار سے کئی لحاظ سے مختلف ہے۔ (جدول نمبر 2) دراصل اثرات کا جائزہ لینے والے طریقۂ کار میں دلچسپی کے حامل کسی ایک خاص ماحولیاتی معاشرے اور ماحولیاتی نظام کے خوائص پر مرتب ہونے والے اہم نتائج کی نشاندہی کرنے کی جستجو کی جاتی ہے۔ جبکہ اس کے برخلاف خطرے کی جانچ کرنے والے طریقۂ کار میں دلچسپی کے حامل کسی گروپ یا انفرادی جز کو چنا جاتا ہے (مثلاً بغیر زمین کے کسی کسان، بوریل (Boreal) جنگلوں کے ماحولیاتی نظام اور ساحلوں کے ساتھ بسنے والے جانور اور پودے وغیرہ) اور پھر مختلف قسم کے دباؤ کے زیرِ اثر اس جز کی خاص مخالف سمت میں جاتی ہوئی کارکردگی کا سراغ لگانے کی جستجو کی جاتی ہے۔ اور ان تمام جزئیات کی نشاندہی کی جاتی ہے کہ جو اس کے ردِعمل کرنے کی قوت

کو کم کر دیں یا پھر دباؤ میں کام کرنے کا عادی بنا لیں۔ اصولاً وہ گلوبل چینج کا عمل دونوں حوالوں سے جانچا جا سکتا ہے۔ بلحاظِ عمل اثرات کا جائزہ لینے والی تحقیقات اس وقت بہت زیادہ مددگار ثابت ہوتی ہیں۔ جب اس نظامِ کے ردِعوامل میں سے ایک سب سے نمایاں دباؤ پر مرکوز کیا جائے۔ تاہم اب یہ بات واضح ہوتی جا رہی ہے کہ انسان اور ماحول کے باہمی عمل وردِعمل کے نتیجے میں ابھرنے والے بڑے بڑے چیلنجوں نے پیچیدہ قسم کے ردِعمل کو جنم دیا ہے اور یہ ردِعمل آگے چل کر مزید کئی اور پیچیدہ قسم کے دباؤ میں تبدیل ہو جاتے ہیں جو معاشرتی اور ماحولیاتی صورتحال میں جنم لیتے ہیں۔ خطرات کا جائزہ لینے والا طریقہ کار ان حالات میں ہمیں ایک سلجھی ہوئی اور بالغ راہ دکھاتا ہے۔

خطرات کا جائزہ لینے کے لئے ماضی کے ریکارڈ (Palaeo data) سے بھی فائدہ اٹھایا جا سکتا ہے۔ ماضی کے مشاہدے سے پتہ چلتا ہے کہ کس طرح اوائل کی تہذیبیں نظامِ ارضی کی فطرتی تبدیلیوں کا سامنا کرتی تھیں اور ان کے ذرائع پر ان تغیرات کے کیا اثرات ہوتے تھے۔ ماضی کی تہذیبوں کی کامیابی و ناکامی کے ذمہ دار کئی محرکات ہیں خاص طور پر ان کے رسم ورواج اور گروہ بندی یا نظم وضبط وغیرہ۔ تاہم کچھ معاملات میں قائل کرنے والے ثبوت موجود ہیں کہ آب وہوا کی تبدیلی خاص طور پر آبی چکر کا بدل جانا بھی ایک اہم جز تھا۔ شاید ایک فیصلہ کن جز جو کہ کسی بھی تہذیب کے مقدر کا فیصلہ کرنے میں اہم حیثیت رکھتا تھا (شکل نمبر 10)۔ یہ واضح ہے کہ انسانی معازرے (بشمول آجکل کے) انتہائی قسم کے واقعات مثلاً سیلاب اور خشک سالی سے بہت زیادہ متاثر ہوتے تھے اور بسا اوقات ان واقعات کے خطرناک اثرات سے دوچار ہوتے تھے۔

جدول نمبر 2:

رسائی (Approach)	موجودہ صورتحال (Scenario)	خطرات (Vulnerability)
سوچا ہوا حاوی دباؤ	آب و ہوا، سبز خانوی گیسوں کا حالیہ اخراج، سمندر کے درجہ حرارت، ہوا میں معلق ذرّات	مختلف اقسام کے دباؤ: آب و ہوا (تاریخی تغیراتِ آب و ہوا)، استعمالِ زمین و آب، تبدیل شدہ خلل اندازیاں، پردیسی انواع، آلودہ کرنے والی یا نقصان پہنچانے والی اشیاء، جانوروں کے رہنے کی جگہ کا خاتمہ۔
احساسات کا عمومی دورانیہ	طویل دورانیہ، دوگنا CO_2، مستقبل کے 30 سے 100 سالوں میں ہونے والے معاملات	مختصر دورانیہ (0 سے 30 سال) اور طویل دورانیہ کی ریسرچ
احساسات کی عمومی سطح	گلوبل یا شاذ و نادر علاقائی، تاہم اس امر کو طے کرنے کے لئے ثبوت تو زیادہ نہیں کہ موجودہ ماڈلز آب و ہوا کی صورتحال کی مقامی اور علاقائی سطح پر حقیقت سے بھرپور صحیح اور سچی تصویر پیش کرتے ہیں۔	مقامی، علاقائی، قومی اور گلوبل سطح
توجہ طلب بڑے بڑے معاملات	مکان کے لحاظ سے درجہ حرارت اور بارشوں میں اوسط تبدیلیاں جو کئی خاصے بڑے گرڈ سیلز (Grid cells) پر پھیلی ہوئی ہیں۔	کئی ایک مدوں میں انتہائی مقداروں کا پایا جانا۔ (مثلاً درجہ حرارت، بارش، برف کے بغیر دنوں کی تعداد وغیرہ) اور انتہائی واقعات پر مزید اثرات (مثلاً سیلاب، آتش زدگی، خشک سالی وغیرہ وغیرہ) پر غیر یقینی کی کیفیت کا اندازہ لگانے کے اقدامات

Source: Pielke and de Guenni (2004). In Kabat et al. 'Vegetation, Water, Humans and the Climate' , Springer.

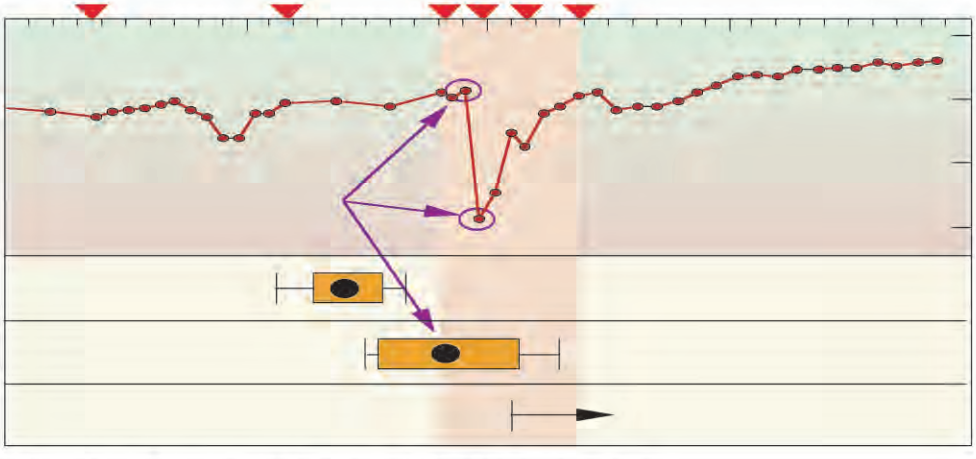
جدول نمبر 2: گلوبل تبدیلیوں کے خطرات اور عوامل کا انسانی زندگی پر اثرات کا موازنہ۔

اہم ذرائع کو لاحق خطرات:

اب اس میں شک وشبہ کی بہت کم گنجائش ہے کہ گلوبل چینج ہر جگہ زندگی کے کئی پہلوؤں پر اثر انداز ہو رہی ہے اور ہوتی رہے گی۔ خوراک کی فراہمی کے نظام، ذرائع آب، فضا کی کوالٹی اور کیڑے مکوڑے اور بیماری چار نہایت ہی اہم امور ہیں اور ان چاروں میدانوں میں سیر حاصل تحقیق سے ہمیں جو معلومات حاصل ہوئیں ہیں ان سے ہمیں کچھ اندازہ ہوتا ہے کہ تیزی سے بدلتے ہوئے اس دنیا کے ماحول کی جانب مختلف معاشروں کا ردِعمل کیا ہوگا۔

آئندہ چند دہائیوں میں خوراک کی طلب میں اضافہ ہوگا جس کی وجوہات آبادی میں اضافہ، انفرادی آمدنی میں اضافہ، اور انتہائی غریب لوگ جنہیں مناسب خوراک مہیا نہیں۔ ان کو خوراک کی فراہمی ہونگی، سو پیداوار میں مزید اضافہ کی ضرورت ہو گی اور خوراک کے دیگر اجزاء جیسا کہ گوشت کے زیادہ سے زیادہ حصول کو ممکن بنانا ہوگا تا کہ لوگوں کو ان اجزاء کی طرف راغب کیا جا سکے۔ گلوبل چینج اس سے پہلے ہی سے نہایت مشکل اور چیلنج سے بھرپور کام کو مزید پیچیدہ بنا رہی ہے۔

اکیسویں صدی میں تحفظِ خوراک پر تبدیلیٔ آب و ہوا کے اثرات کے حوالے سے کئے گئے ایک حالیہ تجزیے نے موجودہ صورتحال اور خوراک کی پیداوار کے نظاموں کی اہلیت پر آب و ہوا کی تبدیلی کے اثرات پر روشنی ڈالی ہے۔ مختلف ممالک کے لحاظ سے تجزیہ یہ ظاہر کرتا ہے کہ کچھ ملک فائدے میں ہونگے جبکہ کچھ نقصان اٹھائیں گے۔ دنیا کے ترقی یافتہ ممالک جن کے پاس کافی خوراک ہے اور جو خوراک برآمد کرنے میں سرِ فہرست ہیں، اس تبدیلیٔ آب و ہوا سے فائدہ اٹھائیں گے۔ جبکہ ترقی پذیر ممالک بدلتی ہوئی آب و ہوا



Adapted from Cullen et al. (2000) Geology 28, 379-382 by the PAGES (Past Global Changes) International Project Office.

شکل نمبر 10: خشک سالی اور انسانی تہذیب کے زوال کے درمیان رشتہ کی ایک مثال اگرچہ کسی بھی تہذیب کی کامیابی و ناکامی یا عروج و زوال کی تغیراتِ ماحول کے علاوہ بھی دیگر وجوہات ہیں۔ مگر 4000 سال قبل سلطنتِ اکادیہ کے زوال کی ایک اہم وجہ اس علاقے کی آب ہوا کا ایک اہم جز یعنی خشک سالی تھی۔

کی وجہ سے نقصان اٹھا سکتے ہیں کیونکہ ان کے یہاں خشکی پر خوراک کی پیداوار متاثر ہوگی۔ ذرائع آب کے حوالے سے بھی جو صورتحال پیدا ہوگی وہ خوراک کے مسئلے سے حیران کن حد تک مماثلت رکھتی ہے۔ انسانی معاشروں کو ذرائع آب کی تیزی سے بدلتی یا کم ہوتی ہوئی حالت سے جو خطرہ درپیش ہے وہ خوراک کی پیداوار کو بڑھانے کی ضرورت سے براہِ راست منسلک ہے۔ دنیا میں تازہ پانی کے ذرائع کا تقریباً 70 فیصد حصہ زراعت میں استعمال ہو رہا ہے مگر یہ اعداد و شمار چین اور بھارت کے لحاظ سے اب 90 فیصد تک جا پہنچے ہیں کیونکہ یہاں بہت زیادہ آب پاشی کی جاتی ہے۔ ابھی حال ہی میں آبادی میں اضافے اور تبدیلیٔ آب و ہوا پر مبنی ذرائع آب کی بدلتی ہوئی حالت کا تجزیہ علیحدہ علیحدہ اور مختلف گروپس کی صورت میں کیا گیا ہے (شکل نمبر 11)۔ اگرچہ تبدیلی آب و ہوا 2025 تک تازہ پانی کے ذرائع پر جو اثرات مرتب کرے گی وہ سب پر آشکار ہونگے۔ مگر صرف آبادی میں اضافہ اور دیگر اقتصادی کاروائیاں ذرائع آب کی ضرورت میں اضافہ کو کئی درجہ بڑھا دیں گی۔ اگر ہم حتمی اعداد کی زبان میں بات کریں تو اس وقت 2.2 بلین لوگ پانی کی بہت سخت یا ذرا کم سخت کمی کے ساتھ زندگی بسر کر رہے ہیں اور یہ تعداد 2025 تک بڑھ کر 4.0 بلین تک جا پہنچے گی۔ اور قلتِ آب کا معاملہ بعض براعظموں کے لحاظ سے مزید شدت اختیار کرتا جا رہا ہے۔ افریقہ، ایشیاء اور جنوبی امریکہ تینوں کے تینوں طلب و رسد میں تناسب کے لحاظ سے بالترتیب 73 فیصد، 60 فیصد اور 93 فیصد کی مد میں انتہاء زیادہ اضافہ ظاہر کریں گے۔ افریقہ اور جنوبی امریکہ کے لئے تو پیشین گوئی یہ ہے کہ تبدیلیٔ آب و ہوا قلتِ آب کے مسئلے کو دوچند کر دے گی۔ (شکل نمبر 12)۔

اب جب کہ تحفظِ خوراک اور قابلِ اعتماد ذرائع آب تک رسائی گلوبل مسائل بن چکے ہیں، تو فضا کی کیفیت روائتی طور پر ایک مقامی مسئلہ بن کر رہ گئی ہے جو صرف شہری علاقوں یا زیادہ سے زیادہ ملحقہ علاقوں پر ہی اثر انداز ہو رہی ہے۔ تاہم اب یہ احساس بڑھتا جا رہا ہے کہ گیسوں اور ایروسول ذرات کی بین البراعظم منتقلی نے دنیا کے دور دراز علاقوں کو آپس میں منسلک کر دیا ہے۔ بڑے بڑے شہروں (Megacities) جیسے پوائنٹ ذرائع (Point Sources) سے جو بے انتہا اخراج ہو رہا ہے وہ ان شہروں کی فضا میں کہیں زیادہ دور دراز علاقوں تک پھیلتا ہے۔ اکیسویں صدی کے پہلے نصف حصے کے دوران بڑے شہروں کی آبادی میں اضافہ کی وجہ سے ہوا کی کیفیت بذاتِ خود ایک گلوبل مسئلہ بن چکی ہوگی۔ اس بدلتی ہوئی فضائی کیفیت کے اثرات ضیائی کیمیائی تعملات سے پیدا شدہ غبار (Photochemical smog) کے ذریعے سے زیادہ محسوس کیے جا رہے ہیں۔ اس غبار میں ٹروپوسفیر (Trophospheric) میں موجود اوزون ایک ہم کردار ادا کرتی ہے۔ جو ہوا میں موجود ایروسول کے بخارات اور بلائے بنفشی شعاعوں کے بڑھ جانے کی وجہ سے پیدا ہوتی ہے۔ یہ بلائے بنفشی شعاعیں سٹریٹوسفیر (Stratospheric) میں پائی جانے والی اوزون کی کمی کے باعث زمین تک پہنچتی ہیں۔

خوراک کے نظاموں، ذرائع آب، اور ہوا کی کیفیت پر ظاہر ہونے والے اثرات انسان کی فلاح و بہبود کے لئے واضح اہمیت کے حامل ہیں۔ انسانی معاشرے ماحولیاتی نظاموں کی پیش کردہ بیش بہا خدمات اور فائدوں پر بھی انحصار کرتے ہیں اور اس امر کا انحصار اس حقیقت پر ہے کہ برّی بحری اور ساحلی ماحولیاتی نظام مسلسل اپنے افعال سرانجام دیتے رہیں۔ گلوبل چینج کے کیڑے مکوڑوں اور بیماری پر اثرات اس حقیقت کی ایک اہم مثال ہے کہ کس طرح ماحولیاتی نظاموں کی پیش کردہ خدمات اور فائدے پہلے ہی گلوبل

چینج سے متاثر ہو رہے ہیں۔ بہت سے تغیرات پہلے ہی واضح ہیں۔ مثلاً شمالی امریکہ کے بوریل (Boreal) جنگلات میں سپروس یا صنوبر کے درختوں کی چھال میں پائی جانے والی بیٹل (کیڑا) کا پھوٹ پڑنا، سویڈن میں شمال کی جانب ایک کیڑے (Tick) کا پھیلایا ہوا Encephalitis ہے جو اب انتہائی بڑھ چکا ہے۔ اور افریقہ میں استعمالِ زمین اور آب و ہوا کی تبدیلی کے باعث ایک بیکٹیریا Escherichia Coli کی پھیلائی ہوئی بیماری کا پھوٹ پڑنا۔ ان کیڑے مکوڑوں کے پیدا کردہ اثرات مستقبل قریب میں بہت زیادہ تیزی سے بڑھیں گے۔ کیونکہ یہ جاندار بہت تیزی سے اپنا زندگی کا چکر مکمل کرتے ہیں اور اس طرح یہ تیزی سے بدلتے ہوئے ماحول کے جلد ہی عادی ہو جاتے ہیں۔

نظامِ ارضی کو لاحق خطرات:

ماضی کے ریکارڈ سے پتہ چلتا ہے نظامِ ارضی میں یکا یک تبدیلیاں اور حیران کن عوامل اس کی ایک عام خصوصیت ہے۔ اور ماحول کے انتہائی معاملات جو آلات سے حاصل شدہ ریکارڈ جس سے پہلے موجود ہیں اب اکثر واقع ہوتے ہیں۔ خاص طور پر نظامِ ارضی کو لاحق خطرات اس یکا یک تبدیلی کیلئے قوت برداشت سے گہرا تعلق رکھتے ہیں اور یہ اس وقت واقع ہوتے ہیں جب ایک اچھا بھلا کام کرنے والا نظام ایک حد سے آگے دھکیل دیا جاتا ہے۔ جب تک یہ قوت برداشت کی حدود نہیں آجاتیں ایسا لگتا ہے کہ اس خطرے کیطرف نظام کوئی ردِعمل ظاہر نہیں کر رہا ہے۔ تاہم جب یہ برداشت کی حدود گزر جائیں تو نظام فوری طور پر ایک دوسری حالت میں داخل ہو جاتا ہے۔ یہ وہ حالت ہے جو واپسی کا رستہ نہیں رکھتی۔ گلوبل چینج کے پیرائے میں اس طرح کی تبدیلیاں بہت خطرناک ہو سکتی ہیں۔ سائنسدانوں کے پاس یا تو بالکل معمولی یا نہ ہونے کے برابر طریقہ کار ہیں کہ وہ یہ بتا سکیں کہ کونسا جزوِ نظامِ ارضی ان ساری حدود کو کس وقت عبور کرے گا۔ اور جب نظامِ ارضی میں ایسی کوئی تبدیلی ظاہر ہو گی تو پھر ہمیں بہت دیر ہو چکی ہو گی کہ ہم اس تبدیلی کو روک سکیں یا واپس کر سکیں۔ جس جس طرح نظامِ ارضی انسان کی پیدہ کردہ مداخلتوں کے باعث اپنے آپ کو عادی بنا رہا ہوتا ہے اس اس طرح اس بات کے امکانات موجود ہیں کہ ان یکا یک تبدیلیوں کے باعث کئی قسم کی آفات واقع ہوں۔ سب سے بڑی آفت یا مصیبت جو نظامِ ارضی میں نظر آتی ہے وہ شمالی اٹلانٹک تھرموہیلائن گردش کا رک جانا یا بالکل بند ہو جانا ہے۔ اور پھر اسی کے ساتھ خلیج کی لہر کی بھی تبدیلی (حاشیہ نمبر 5)۔ تاہم سٹریٹوسفیر کی اوزون کے واقعہ نے یہ بات ثابت کر دی ہے۔ نظامِ ارضی کی آفات کی صورت میں ناکامی نہ صرف ممکن ہے بلکہ نسلِ انسانی اس طرح کے واقعہ سے بال بال بچی ہے۔

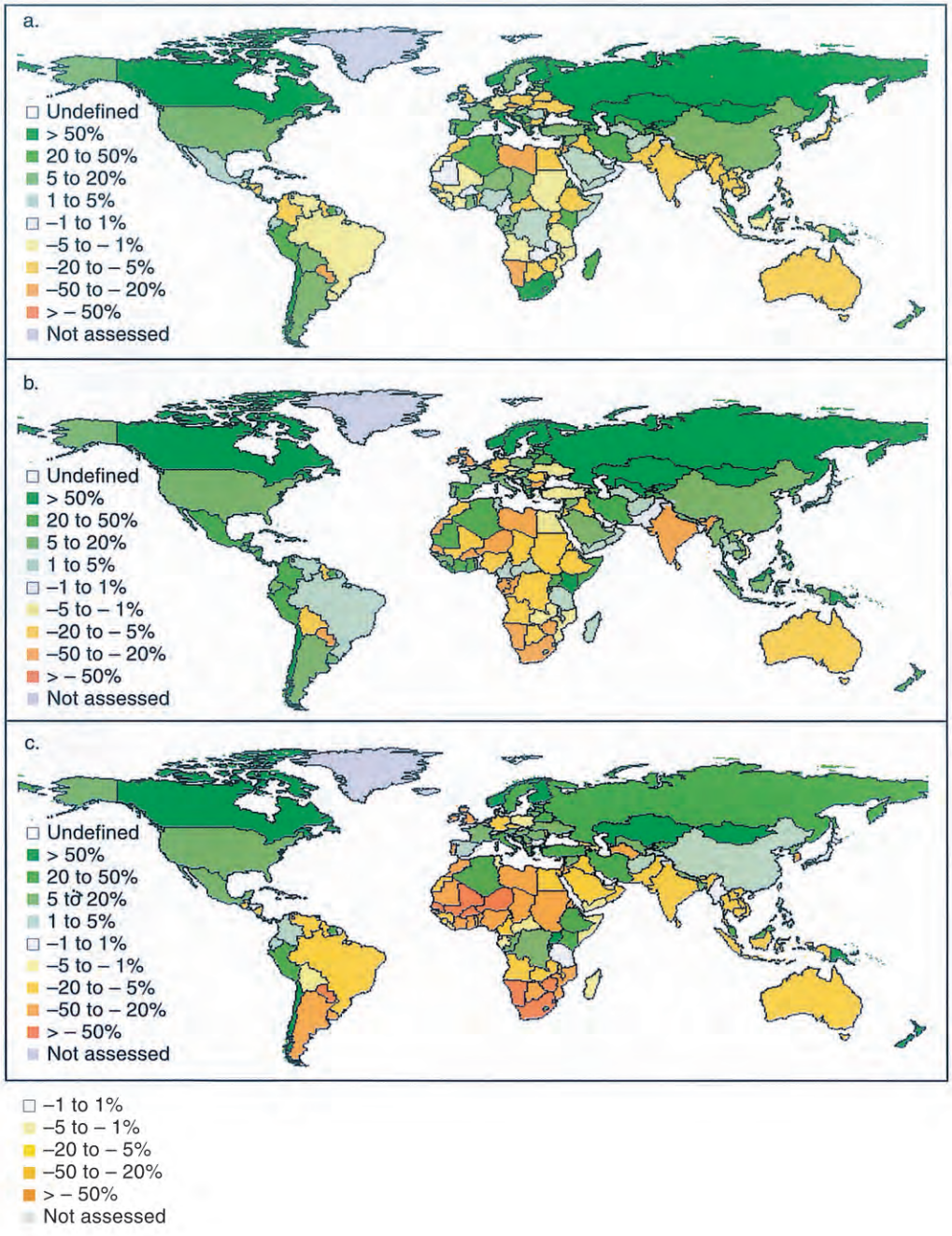
اوزون کے سوراخ کا بننا ایک ایسی غیر متوقع اور ان دیکھی صورتحال تھی جو کلوروفلوروکاربن مرکبات کے وسیع تر استعمال کی وجہ سے پیدا ہوئی۔ کلوروفلوروکاربن مرکبات کا استعمال ایروسولز کے طور پر سپرے کین، محلولات، منجمند کرنے والے مرکبات اور فوم بنانے والے مرکبات میں ہوتا ہے۔ اگر اس کی جگہ بروموفلوروکاربن مرکبات کا استعمال کیا جاتا تو اس کے نتائج مزید آفت انگیز ہوتے۔ منجمند کرنے اور انسولیٹ کرنے والے مرکبات کا جہاں تک تعلق ہے بروموفلوروکاربن مرکبات ہی فعال ہیں جتنا کہ کلوروفلوروکاربن مرکبات۔ تاہم جہاں ایٹم برائے ایٹم کی بنیاد پر بات ہوتی ہے تو برومین اوزون کو تباہ کرنے میں کلورین کی نسبت 100 گنا زیادہ فعال ہے۔ ایک نوبل انعام یافتہ سائنسدان ہونے کے ناطے پال کرٹزن (Paul Crutzen) نے لکھا ہے کہ ''یہ ایک بھیانک

خواب ہے کہ اگر کیمیا کی صنعت نے نامیاتی CFC کی جگہ برومین کے مرکبات دریافت کئے ہوتے اور بنائے ہوتے یا یوں کہہ لیجئے کہ اگر کلورین کی کیمیا برومین کی کیمیا سے بہت ملتی جلتی ہوتی تو ہم 1970 کی دہائی کے دوران بغیر کسی تیاری کے ہر جانب اوزون کے سوراخ کی ہولناک آفت سے گزر رہے ہوتے۔ اُس وقت سے کہیں پیشتر جب سائنسدان اپنے علم کے معیار کو اتنا بڑھا لیتے کہ مسئلہ کا آحاطہ کر سکتے اور پھر اس کی ضروری جانچ کیلئے تکنیک وضع کرتے۔ یہ یاد رہے کہ کسی فرد واحد نے بھی 1974 سے قبل کلورین اور برومین کے ہوا میں چھوڑے جانے کے نتائج پر کوئی غور وغوض نہیں کیا، میں صرف یہ نتیجہ نکال سکتا ہوں کہ نسل انسانی نہایت خوش قسمت رہی ہے، (ذریعہ: پی۔کرٹزن (1995) اوزون O_3، نائٹروجن کے آکسائڈ (NO_3) اور YZO_xs کے ساتھ میری زندگی۔ یسپرکس نوبل (نوبل انعام) 1995۔ سٹاک ہوم: ایلمکولیسٹ اور ولکسل انٹرنیشنل صفحہ نمبر 123۔153)۔

ایک اور مثال جو کہ ایک اور ہولناک آفت کے بارے میں ہے وہ نظامِ ارضی پر موجود خشکی اور بحری حیات کا فضا میں CO_2 کی بڑھوتی کو روکنا یا کم کرنا ہے۔ یہ ممکن ہے کہ ان کی یہ خصوصیت اس صدی کے آخر تک بالکل ناکام ہو جائے (شکل نمبر 13)۔ اس وقت رکازی ایندھن کو جلائے جانے کے نتیجے میں جو CO_2 فضا میں خارج ہو رہی ہے اس کے تقریباً آدھے سے زیادہ حصے کو بری اور بحری حیات جذب کر لیتی ہے۔ برّی حیات جہاں CO_2 کی کھپت ہوتی ہے آب و ہوا کی تبدیلی کے لئے بہت حساس اور نسبتاً گرم سالوں کے دوران ان کی CO_2 جذب کرنے کی قوت کم ہو جاتی ہے۔ ایسے ماڈلز جو ان برّی کھپت کے مقامات پر انحصار کر کے بنائے گئے ہیں ان سے یہ پتہ چلتا ہے کہ CO_2 جذب کرنے کی قوت اس صدی کے درمیان میں بالکل ہموار ہو جائے گی اور پھر اس میں وقت کے ساتھ ساتھ کمی واقع ہو گی۔ اور اسی وقت CO_2 کی مقدار میں اضافہ جاری رہے گا۔ اس وقت تک کہ جب تک اس کو مؤثر طور پر کم نہیں کیا جائے گا۔

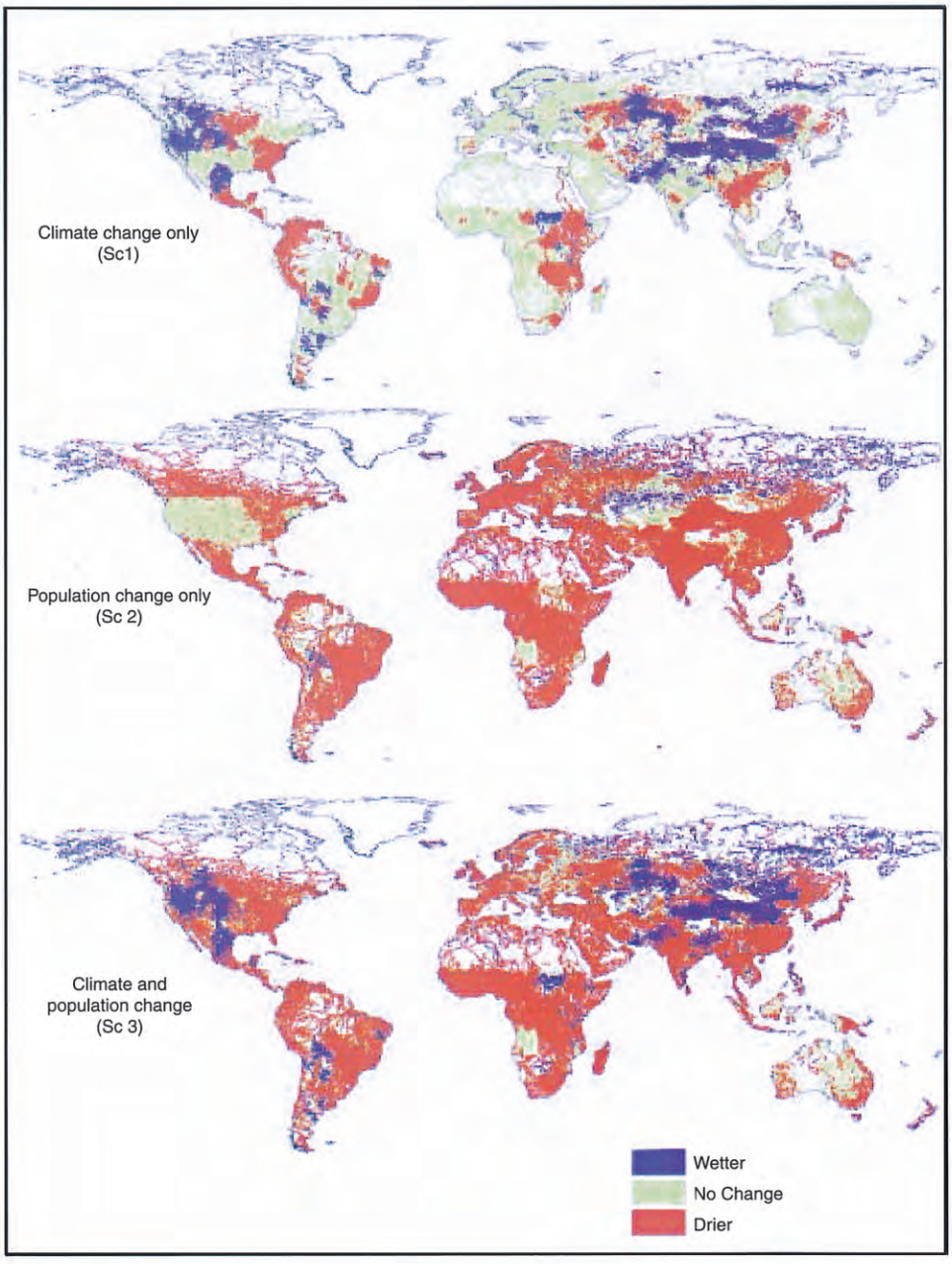
کاربن ڈائی آکسائڈ کی بحری کھپت بھی درجہ حرارت کے حوالے سے کافی حساس ہے۔ کیونکہ سمندر کے پانی میں CO_2 کی حلشد گی پانی کے گرم ہونے کے ساتھ کم ہوتی جاتی ہے۔ جب ہم ان عوامل کو جو سمندر میں CO_2 کی کھپت کو کنٹرول کرتے ہیں مستقبل کے حوالے سے دیکھیں تو یہ معلوم ہوتا ہے کہ یہ مقامِ کھپت بھی تبدیلیٔ آب و ہوا کے ساتھ ساتھ کمزور پڑتا جائے گا۔

ایسے تمام بڑے بڑے اور اہم عوامل جن کی بدولت فضا کی CO_2 کی مقدار میں کمی واقع ہوئی ہے اس صدی کے دوران کمزور پڑتے جائیں گے اور نظامِ ارضی جو انسان کی وجہ سے ہونے والے CO_2 میں اضافہ کو روکنے یا کم کرنے کے لئے سرگرداں ہے بری طرح ناکام ہو جائے گا۔ اور نتیجتاً CO_2 کی مقدار یکا یک بہت زیادہ بڑھ جائے گی۔ اس کے بعد کچھ ایسے مثبت نتائج سے آگاہی کا سلسلہ شروع ہو گا جو نظامِ ارضی کو کسی اور ہی حالت میں دھکیل دے گا۔



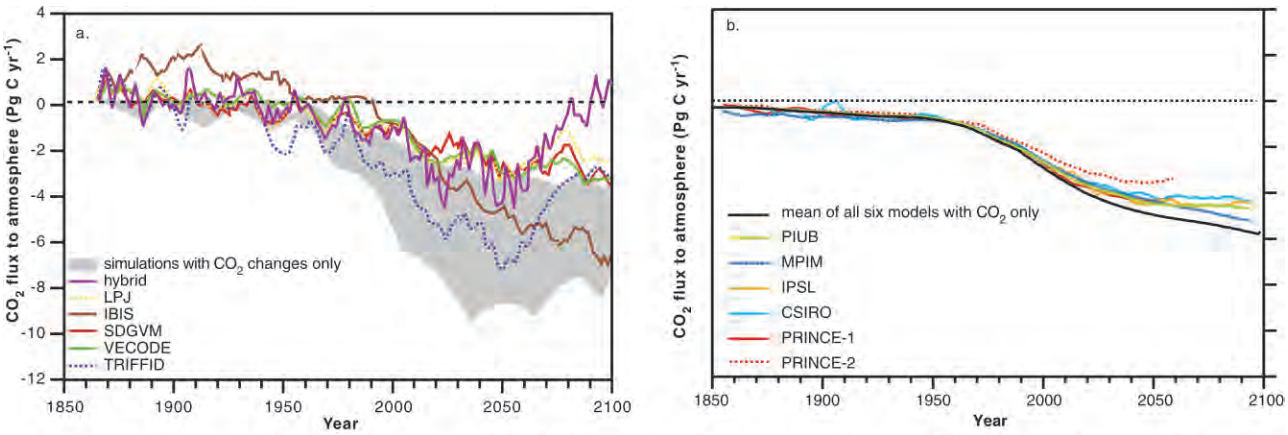
Source. Fischer et al. (2001) IIASA Land Use Project Report, Austria.

شکل نمبر 11: اناج کی پیداوار کے لحاظ سے موجودہ زیرِ کاشت زمین پر 2050 کی دہائی کے لئے مختلف ممالک میں متوقع آب وہوا کے تغیرات کے اثرات۔ ان اثرات کو آب وہوا کے تین ممکنہ انداز پر قائم کیا گیا ہے۔ ایک میکس پلانک (Max Plank) ماڈل، ایک ہیڈلی سینٹر ماڈل اور ایک کینیڈا کا ماڈل ہے۔



Source. Vorosmarty et al. (2000) Science 289:284-288.

شکل نمبر12: پانی کے دوبارہ استعمال کے انڈیکس یا اعداد وشمار کے نقشے۔ (اس انڈیکس کی تعریف کچھ یوں کی جاسکتی ہے کہ تمام گھریلو، صنعتی اور زرعی سیکٹر کی پانی کی ضروریات کو جمع کر کے اوسطاً سالانہ سطحی اور غیر سطحی پانی سے (جو دریا کے بہاؤ کی صورت جمع ہو جاتا ہے) تقسیم کر دیا جائے۔ یہ نقشے صرف آب وہوا کی تبدیلی پر مبنی CGCM اور WBM ماڈلوں سے (پہلی صورتحال) اور صرف آبادی اور اقتصادی ترقی پر مبنی (دوسری صورتحال) اور وجوہاتِ تغیرات کے اثرات پر مبنی (تیسری صورتحال)۔ اس شکل میں ان تمام حالیہ معاملات سے متعلقہ تغیرات کو ظاہر کیا گیا ہے۔ اور تقریباً 20 فیصد کی زیادتی یا کمی کو ایک خاطر خواہ تبدیلی کی حیثیت سے دکھایا گیا ہے۔



Source. Cramer et al. (2001) Global Change Biology 7:357-373; IPCC (2001) Climate change 2001, IPCC Third Assessment Report, Cambridge University Press.

شکل نمبر 13: ا۔ برّی اور ب۔ بحری مقامات پر 21 (اکیسویں) صدی کے دوران کاربن ڈائی آکسائڈ کی کھپت کو ظاہر کیا گیا ہے۔ تصویر نمبر a میں IPCC SAR IS92a کے مستقبل کے اندازے کی مدد سے چھ عدد نہایت محرک نباتات کے گلوبل ماڈلوں کو ظاہر کیا گیا ہے ان ماڈلز کا انحصار کاربن ڈائی آکسائڈ کی مقدار پر ہے۔ اور اس میں IS92a کے تحت ہیڈلی سینٹر کے آب وہوا کے ماڈل پر مبنی آب وہوا کی تبدیلی کے مستقبل کے انداز کو بھی شامل کیا گیا ہے۔ ہیڈلی سینٹر کے ماڈل کاربن ڈائی آکسائڈ اور سلفر کے ذرّات پر منحصر ہوتے ہیں۔ جہاں گرے رنگ کا شیڈ موجود ہے وہ حصہ صرف یہ ظاہر کر رہا ہے کہ فضا میں بڑھتی ہوئی CO_2 کی مقدار کے خلاف نباتات کیا ردِعمل ظاہر کرتے ہیں۔

تصویر نمبر b میں سمندروں میں CO_2 کی کھپت پر فضا میں موجود کاربن ڈائی آکسائڈ کی بڑھتی ہوئی مقدار اور بدلتی ہوئی آب وہوا کے مشترکہ اثرات کا تخمینہ لگانے کے لئے چھ عدد بحری کاربن کے ماڈلز کو استعمال کیا گیا ہے۔

حاشیہ نمبر 5

تھرموہیلائن گردش: ماضی کے تغیرات اور مستقبل کے اچھنبے

تھرموہیلائن گردش (Thermohaline circulation) یا THC گرمی اور تازہ پانی کی مدد سے چلنے والی سطحی بہاؤ کی سمندری لہروں پر مشتمل ہوتی ہے۔ ان کی وجہ سے سمندر کے اندرون حصے میں گرمی وارنمکیات آپس میں گھل مل جاتے ہیں اور اسے اختصار میں کچھ یوں بیان کیا جاسکتا ہے کہ یہ گلوبل سطح پر سمندروں کی گہرائیوں میں سے پانی کے ضخیم حجم کو اوپر اٹھاتی ہیں (شکل ملاحظہ کریں)۔ THC کی ایک اور واجح خصوصیت یہ ہے کہ یہ شمالی بحر اوقیانوس (Atlantic Ocean) سے اس طرح چلتی ہے کہ گویا گہرائی کی جانب ڈوب رہی ہو اور جیسے پانی ٹھنڈا ہوتا ہے اور گہرائی کی طرف جاتا ہے۔ یہ حدّت کی ایک بہت بڑی مقدار فضا میں خارج کرتی ہے اور یہ شمالی یورپ کو اسی عرض بلد پر واقع اور علاقوں کی نسبت خاصی حد تک گرم کردیتی ہے۔

THC ایک بہت ہی نازک نظام ثابت ہوا ہے جو کہ سطح کی آب و ہوا میں تبدیلی کی جانب غیر فطرتی انداز میں اپنا ردِعمل ظاہر کرتی ہے۔ اس بارے میں بہت مضبوط ثبوت حاصل ہیں۔ ماضی میں بارہا ایسا ہوتا رہا ہے اور ہماری دلچسپی کی وجہ یہ ہے کہ آئندہ مستقبل میں پھر دوبارہ ایسا ہو سکتا ہے۔ THC کی ماضی میں ضخیم تبدیلیوں کے بارے میں بہترین ثبوت آج سے کوئی 120,000 سے لیکر 10,000 سال پیشتر واقع ہونے والے گلیشیائی دور (Glaciation period) سے حاصل ہوئے ہیں (شکل ملاحظہ کریں)۔ اس دور کے دوران اب و ہوا میں دو نہایت اچانک اور بہت بڑی تبدیلیاں رونما ہوئیں۔ ان کے نام ڈینگارڈ۔ اوئشگر (Dansgaard-Oeschger) وار ہنرتیج (Heinrich) کے واقعات قرار پائے۔

پہلے والے سانحات خاص طور پر اس وقت شروع ہوتے ہیں جب اچانک چند دہائیوں یا اس سے بھی کم عرصے میں گرمی پیدا ہو جائے (مثلاً گرین لینڈ میں 10 درجہ سینٹی گریڈ کا اضافہ) اور اس کے بعد درجہ بدرجہ کئی سو بلکہ ہزاروں سالوں میں خنکی اس کی جگہ لے لے، ''ہینرتیخ سانحات'' عموماً اس وقت ظہور پذیر ہوتے ہیں جب شمالی امریکہ پر موجود برف کی تہوں (Ice Sheet) کے پگھلنے سے تازہ پانی کا بہت بڑا ریلا آئے، یہ سانحات شمالی اوقیانوس میں پانی کے بڑے بڑے حصوں کی رد و بدل (Overturning) کو یا تو بالکل بند کردیتے ہیں یا پھر بہت زیادہ سست یا کم کردیتے ہیں۔ اس کے نتیجے میں شمالی اوقیانوس کے علاقے میں سخت سردی کی لہر آجاتی ہے۔

تبدیلی آب و ہوا کی وجہ سے مستقبل میں شمالی اوقیانوس کے علاقے میں تازہ پانی کے توازن کی تبدیلی کے کئی امکانات پیدا ہوگئے ہیں جن کے نتیجے میں THC کے تغیرات شروع ہو جائیں گے یا پھر یہ بالکل بند ہو جائیں گی۔ اور اس طرح یہ گلوبل حدّت پذیری (Global Warming) کے دوران ہی اس علاقے میں سردی کی ہولناک لہر کا باعث بن جائیں گی۔ جب ہوا کا درجہ حرارت بڑھتا ہے تو سطح کے قریب پانی بھی گرم ہو جاتا ہے۔ یہ ایک ایسا اثر ہے جو بلند عرض بلد پر جا کر بذریعہ گلوبل حدت پذیری، خشکی کی برف اور بحری برف کی کمی بہت زیادہ شدت اختیار کر جاتا ہے۔ مزید یہ کہ ایک نسبتاً گرم آب و ہوا میں آبی چکر بھی تیزی سے چلنے لگتا ہے۔ بلند عرض بلد پر دریاؤں میں پانی کے بہاؤ میں اضافہ کی بڑی وجہ یہی عوامل ہیں۔ ان اثرات سے THC میں کمی یا سستی آجائے گی۔ کیونکہ حرارت پذیری اور تازہ پانی کا شامل ہونا دونوں عوامل سطح کے پانی کی کثافت کو کم کردیتے ہیں۔

گلوبل آب و ہوا کے زیادہ تر ماڈلز یہ ظاہر کرتے ہیں کہ آئندہ 100 سالوں کے دوران فضا میں موجود CO_2 کی مقدار میں جو اضافہ ہوگا اسکے ردِعمل کے طور پر THC میں 10 فیصد سے 80 فیصد کمی واقع ہو گی۔ (شکل آگے ملاحظہ کریں)۔ بہت اہم گومگوں کی کیفیات موجود ہیں، جس کا اظہار THC میں متوقع تغیرات کے وسیع پھیلاؤ سے ظاہر کیا گیا ہے۔ آب و ہوا کے مختلف ماڈلز کی مدد سے جو طویل دورانیے کی متوقع

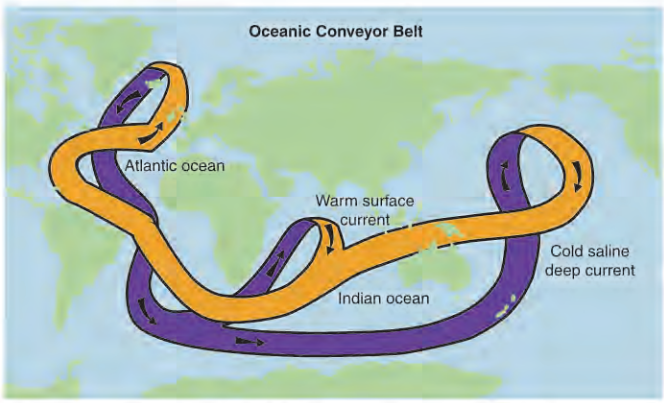
صورتحال سامنے آئی ہے اس سے یہ اندازہ ہوتا ہے کہ اس بحرِ اوقیانوس کی THC کی فضائی CO2 کی مقدار کے لحاظ سے کچھ حدود برداشت ہیں اور اس CO2 کی مقدار کو پہنچتے ہی یہ THC بند ہو جائے گی۔ اوائل میں حاصل کئے گئے متوقع اعداد و شمار یہ ظاہر کرتے ہیں کہ یہ CO2 کی مقدار جو THC کے لئے برداشت کی حد قرار پائی ہے وہ قبل از صنعتی دور میں CO2 کی مقدار کا دوگنے اور چاگنا کے درمیان کی مقدار ہے۔ ماڈلز سے حاصل کردہ پیشین گوئی کے مطابق اگر حالات کی سختی بہت زیادہ ہوگی یا پھر لمبے عرصے تک رہے گی تو یہ حدِ برداشت عبور ہو جائے گی۔ جس طرح حالات و کواکب نظر آتے ہیں یہ حدِ برداشت اگلے 100 یا تھوڑے کم سالوں میں گلوبل حدّت پذیری کی بدولت بآسانی آ پہنچے گی۔ اگر ہم فنوطیت پسند ہونے کے ناطے حدّت پذیری کی بات کریں تو پھر یہ سمندری گردش کے تغیرات کے بارے میں یہ خطرات بہت اہم بھی ہو سکتے ہیں۔ مگر ان خطرات کو کافی حد تک کم بھی کیا جا سکتا ہے اگر ہم گلوبل حدت پذیری کو IPCC کی نچلی حدود تک ہی محدود رکھیں۔ CO2 کی مقدار میں اضافے کی شرح اصل اور اہم معاملہ ہے: اور سمندر کی فضا ان تیزی سے ظاہر ہوتی خلل اندازیوں کے سامنے غیر متوازن ہوتی دکھائی دیتی ہے۔ ہم اگر آب و ہوا کے نظام کے بارے میں اپنے موجودہ علم پر انحصار کریں تو درج ذیل نتائج سامنے آتے ہیں:

☆ بحر اوقیانوس کی THC حدِ برداشت کے حوالے سے کئی قسم کے توزن کی متحمل ہو سکتی ہے۔

☆ اس THC کی تنظیم نو سطح کی حرارت اور تازہ پانی کے ریلوں کی وجہ سے شروع ہو سکتی ہے۔

☆ کئی ماڈلز اگلے 100 سالوں میں THC میں کمزوری بڑھ جانے کی نشاندہی کرتے ہیں جو اصل میں مختلف حدودِ برداشت پر مبنی ہے۔

☆ اگلی صدی کے دوران ان حدودِ برداشت کا عبور ہو جانا اور اس سے متعلقہ سمندری گردش میں واپس نہ ہونے والے تغیرات کو متوقع تبدیلی آب و ہوا کے نقشے سے خارج از امکان نہیں کیا جا سکتا۔

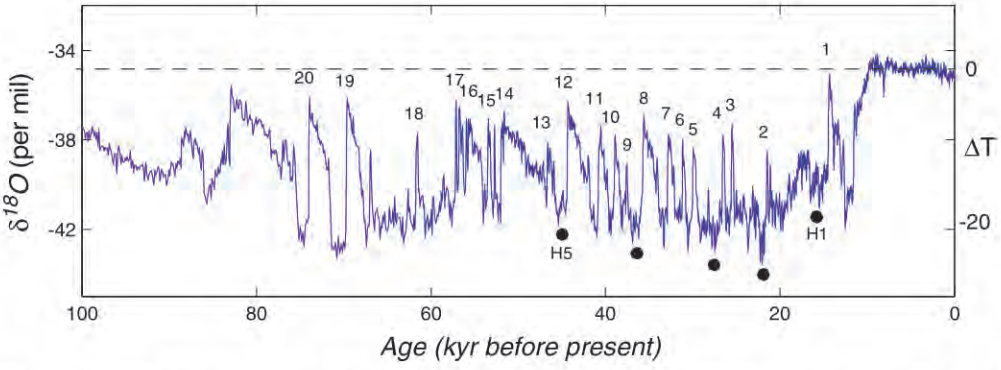


Schematic representation of the thermohaline circulation of the ocean.

Source: Broecker (1991) Oceanography 4: 79-89.

حاشیہ نمبر 5 کی شکل نمبر 1

سمندر کی گرمی کی لہر کی گردش کو ایک سکیم کے مطابق ظاہر کیا گیا ہے۔

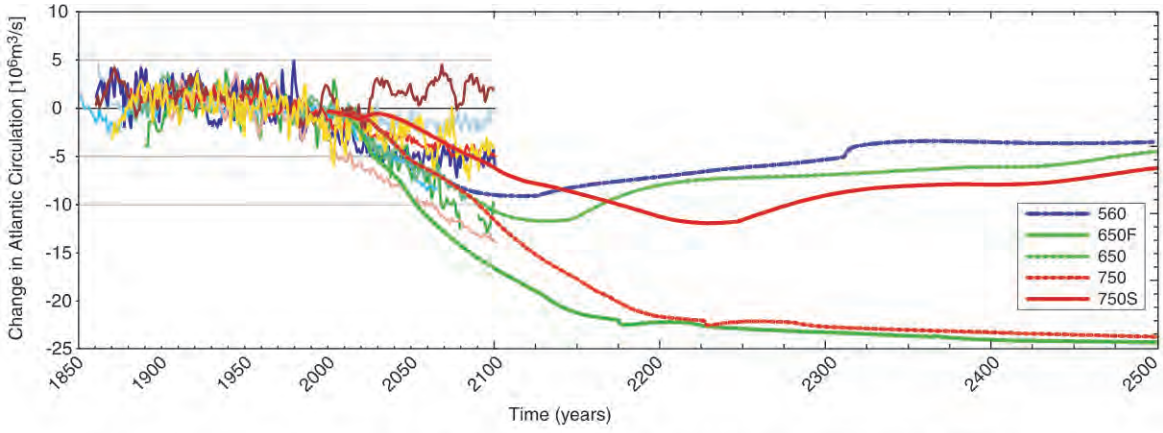


Record of $\delta^{18}O$ (per mil, scale on left) from the Greenland Ice Sheet Project (GRIP) ice core, a proxy for atmospheric temperature over Greenland (approximate temperature range, in C relative to Holocene average, is given on the right), showing the relatively stable Holocene climate in Greenland during the past 10 000 years and Dansgaard- Oeschger (D/O) warm events (numbered) during the preceding colder glacial climate.

Source: Ganopolski and Rahmstorf (2001) Nature 409: 153-158.

حاشیہ نمبر 5 کی شکل نمبر 2

گرین لینڈ کے برفیلی تہوں کے مطالعہ پر مبنی پروجیکٹ (Green Land Ice Sheet Project, GRIP) کے دوران حاصل کردہ $\delta^{18}O$ کے ریکارڈ (فی ملی لیٹر، بائیں ہاتھ والی طرف ملاحظہ کریں)۔ یہ گرین لینڈ پر درجہ حرارت کے بارے میں لگایا گیا ایک اندازہ ہے اور اس کا سینٹی گریڈ مین ہولوسین کے اوسط درجہ حرارت سے موازنہ کیا گیا ہے۔ (اسے سیدھے ہاتھ والی سائڈ پر دکھایا گیا ہے)۔ اس شکل سے ظاہر ہوتا ہے کہ پچھلے 10000 سالوں کے دوران گرین لینڈ پر ہولوسین کی آب و ہوا متوازن رہی ہے۔ اس سے پہلے کی گلیشیائی آب و ہوا کے دوران ڈینسگارڈ اوشگر حدت کے سانحات کو نمبر دے کر ظاہر کیا گیا ہے۔



Sources: Cubasch et al. (2001) IPCC TAR, Cambridge; Stocker and Schmittner (1997) Nature 388:862-865.

حاشیہ نمبر 5 کی شکل نمبر 3

بڑے جامع آب و ہوا کے ماڈلز (باریک خطوط) کو جمع کر کے 2100 تک بحر اوقیانوس کے پانیوں کی اتھل پتھل میں واقع ہونے والی متوقع تبدیلیوں کو ظاہر کیا گیا ہے۔ اور طویل دورانیے کے رویے کو ظاہر کرنے کے لئے ایک کم پیچیدگی کے ماڈل کو اس شکل پر ضم کر دیا گیا ہے۔ اس میں CO_2 کی مقدار کی فرضی بڑھوتی دکھائی گئی ہے۔ CO_2 کی مقدار میں 0.5، 1 اور 2 فیصد سالانہ کی شرح سے اضافہ اس مقدار کو 560، 650، 750 پی پی ایم تک لے جائے گا اور اس کے بعد یہ مستحکم ہو جائے گا۔ CO_2 کی بڑھوتی کی شرح اور اس کی زیادہ سے زیادہ مقدار اور پھر اس کے نتیجے میں حدت پذیری پر منحصر ہوگا کہ THC کب حدِ برداشت کو عبور کرتی ہے اور پھر یہ گردش بالکل رک کر ختم ہو جائے گی۔

گلوبل چینج کے بارے میں انسان کا نقطۂ نظر:

درحقیقت انسان کی فلاح و بہبود کے حوالے سے گلوبل چینج کے نتائج کے بارے میں ساری کی ساری بحث ایسی تبدیلی کے مادی اور طبعی پہلوؤں پر مرکوز ہوتی ہے۔ مثلاً خوراک اور پانی کی فراہمی، رہائش کی سہولت، اقتصادی حالت پر اثر وغیرہ وغیرہ۔ دراصل کوئی بھی تجربہ ایسا نہیں کیا گیا۔ جو ذہنی اثرات یا کسی فردِ واحد پر یا پھر معاشرے پر گلوبل چینج کے اثرات کا جائزہ لے۔ اس سائنسی معاشرے میں بہت سے ایسے بھی ہیں جو ان پہلوؤں کو غیر سمجھدارانہ اور بغیر کسی ممکنہ نتائج کے سمجھتے ہیں۔ تاہم آخر میں جو تجزیہ ہوگا اس میں گلوبل چینج کا یہ انسان ہی کا نقطۂ نظر ہوگا جو گلوبل چینج اور اس سے وابستہ خطرات کی جانب معاشرے کے رویے کو وضع کرے گا۔ اس تمام نقطۂ نظر میں فطری دنیا میں ایک بنیادی حیثیت انسانیت کی ہے۔ تین عدد مثالیں اس نقطہ کی وضاحت کریں گی:

☆ خطِ استوا پر برف کا موجود ہونا زمین کا ایک جغرافیائی خاصہ ہے۔ کہ جس نے صدیوں تک انسانوں کو اپنے سحر میں گرفتار کیئے رکھا حتیٰ کہ چند ہی نسلوں میں کالیمنجارو (Kolimanjaro) پر وسیع و عریض برف کا میدان اور اس کی چوٹی پر موجود گلیشیرز غائب ہو جائیں گے۔ شاید انسان کی شروع کردہ آب و ہوا کی تبدیلی کی وجہ سے ہو۔ موجودہ شرح کے مطابق 2015 یا 2020 تک یہ پہاڑ برف سے فارغ ہو چکا ہوگا۔ اور اس سیارے پر موجود کئی لوگ اپنی زندگیوں میں یہ ہوتا دیکھیں گے۔ اس کا سب سے اہم نتیجہ ذہنی طور پر واقع ہوگا۔ سو یہ حقیقت کہ روزانہ کی بھانت بھانت کی کاروائیوں میں گرم مرطوب افریقہ سے کہیں دور انسانیت گلوبل ماحول کو اس طرح متاثر کرتی ہے کہ اس طرح کی اہم تبدیلیاں اس برق رفتاری سے واقع ہوسکتی ہیں۔

☆ سوئس آلپس کے گلیشئرز تیزی سے دور ہٹتے جا رہے ہیں اور بالکل ہی غائب ہو سکتے ہیں۔ سوئٹزرلینڈ کے پہاڑوں کی اہمیت کو اگر یہاں پر بسنے والے لوگوں کی ذہنیت کے حوالے سے دیکھا جائے تو گلوبل چینج کے جو اثرات یہاں رونما ہونے والے ہیں وہ یہاں کے باشندوں کے ذہنوں میں موجود اپنی مادرِ وطن کے نقشے کو بگاڑ کر رکھ دیں گے اور اس طرح سے ایک قوم کی روح کو تباہ و برباد کر دیں گے۔

☆ حیاتیاتی تنوع کا خاتمہ گلوبل چینج کا ایک اہم پہلو ہے جو اتنا ہی اہم ثابت ہوسکتا ہے جتنا کہ تبدیلیٔ آب و ہوا۔ بالآخر انسان کا یہ نقطۂ نظر کہ زمین پر موجود حیات کے ایک پیچیدہ جال کا بکھر جانا، ٹوٹ پھوٹ جانا ہمیں ایک نہایت خطرناک راستے کی طرف لے جاتا ہے اور یہ بہت ہی اہم تصور بن جائے گا نسبتاً سائنسی علم کے جو یہ بتائے گا کہ ماحولیاتی نظام کی کارکردگی پر حیاتیاتی تنوع کی تبدیلی کے کیا اثرات ہیں۔ جنوبی چین میں ایک علاقے سے (جہاں پھلوں کی پیداوار ایک اہم اقتصادی کاروائی ہے) شہد کی مکھیاں غائب ہوگئیں۔ وہاں کے مقامی لوگوں نے اس پر فوری ایکشن لیا اور درختوں کی زیر پاشی بدست خود کرنا شروع کر دی ہے۔ (شکل نمبر 14) اور بدست خود زیر پاشی کرنے کی وجہ سے ہونے والے اقتصادی نقصان کا تخمینہ بھی بخوبی لگایا جا سکتا ہے۔ مگر انسانوں کا درختوں پر چڑھ کا زیر پاشی کرنے کا خیال کتنے پر اثر انداز سے مسئلے

کی بنیادی نوعیت کی طرف اشارہ کررہا ہے۔

یہ مثالیں کچھ نہایت بنیادی، اصولی اور اخلاقی مسائل کو اجاگر کررہی ہیں۔ دنیا بھر میں انسانی تہذیبوں نے عقلمندی، ادب، فنونِ لطیفہ اور موسیقی کے انبار لگادیئے جو نسل در نسل منتقل بھی ہورہے ہیں۔ اور یہ سب کچھ ایک فطرتی طور پر بدلتے گلوبل چینج کے حالات کے پیش منظر میں ہورہا تھا۔ ایک سیّارے کا ایسا نظام جو ہر دم تبدیلیوں کے ساتھ زندگی کو ایک قوت بخش رہا ہے اور کئی تہذیبیں ان حالات میں بڑھی پھولیں اور جوان ہوئیں۔ اب جبکہ انسانی کاروائیاں مادرِ ارضی کی فطرتی اتار چڑھاؤ کو اس طریقے سے تبدیل کررہی ہیں کہ جس کو سمجھنا بہت دشوار ہے اور حالات و کواکب اس کو اس طرف لے جارہے ہیں جو اس سیارے کے ماحول کی عجیب و غریب حالت ہوگی اور یہ صورتِ حال نہ صرف اور جانداروں بلکہ خود انسان کا اس زمین پر رہنا بسنا بھی دشوار کردے گی۔ تمام سائنسی کاموں اور تحقیقات کے بعد، تمام اقتصادی تجزیات کرکے گلوبل چینج سے ہونے والے نفع نقصان کا انداز کر لینے کے بعد یقین کرنے والوں اور بے یقین لوگوں کے مابین تمام قسم کے بحث و مباحثے کے بعد اس گلوبل چینج کی بحث میں ایک بہت بنیادی اور اخلاقی سوال سامنے آتا رہا ہے۔ اس وقت مادرِ ارضی پر رہنے والے انسانوں کی نسلیں اس حقیقت کے خلاف اپنا ردِ عمل ظاہر کریں گی کہ ان کی اپنی کاروائیاں ایک خطرے کو جنم دے رہی ہیں، ایک نہایت ہی عظیم خطرے کو جو مادرِ ارضی کے زندگی کو سہارا دینے والے نظام کے مستقبل کے لئے ایک ہولناک خطرہ ہوگا؟

ماضی کے مطالعے کے مختلف طریقوں کی مزید ترقی کے باعث اب خطرات کا تجزیہ کرنا ممکن ہوتا جارہا ہے اور ہماری فہم و فراست مختلف عوامل جیسا کہ زمین کی شکست و ریخت، مٹی کا بہاؤ، پانیوں میں خوراک کے ذرات کی زیادتی سے Eutrophication کا عمل اور تازہ (پینے کا پانی) اور بحری پانی کے ماحولیاتی نظاموں کی آلودگی، سطحی پانی کی تیزابیت، پانی میں نمکیات کا اضافہ، ماحولیاتی نظاموں کی ساخت اور افعال میں غیر ہموار تبدیلیاں اور اس کے علاوہ بھی بے تحاشا اقسام کے دباؤ جو کہ آب و ہوا کی تبدیلی اور انسانی کاروائیوں کی بدولت پیدا ہورہے ہیں، کے بارے میں بہتر ہوسکے۔

Source. ICIMOD

شکل نمبر 14: موگزین (Maoxian) کے ملک میں (چین اور نیپال کی سرحد کے نزدیک لوگ سیب کے درختوں کی بدستِ خود زیر پاشی کرتے ہیں۔ اس کی وجہ ہے کہ جو اقسامِ مگس ان درختوں کی زیر پاشی (Pollination) کیا کرتی تھیں وہ اب ناپید ہوگئی ہیں۔ اب تقریباً 20-25 افراد دو عدد چھتہ مگس کے برابر کام سرانجام دیتے ہیں۔

نظام ارضی کی سائنس اور اجتماعی خودانحصاری کی جانب ایک قدم

اجتماعی یا گلوبل خود انحصاری کے حصول کے لئے ہمیں بہت سے پیچیدہ سوالوں کے جواب درکار ہیں؟ اگلی دہائی میں نظام ارضی میں وقوع پزیر ہونے والے تغیرات کی نوعیت کیا ہوگی؟ ان تغیرات کے بنی نوع انسان پر کیا اثرات مرتب ہونگے؟ پرہیز سے لے کر عادی ہوجانے تک یا پھر مزید فعال کیس قسم کی ارضی انجیرنگ تدابیر اختیار کرنا ہونگی اور انکی سطح کیا ہوگی؟ اور انکا سائنس علم کی بنیاد کے ساتھ کیا تعلق ہوگا؟ سائنس کو اپنے اندر کیا تبدیلیاں لانا ہونگی جو اسے آگے درپیش مسائل حل کرنے میں ممد وثابت ہوں؟ کسطرح ایک جدید اور مربوط نظام ارضی کی سائنس کی بنیاد رکھی جائے آئندہ آنے والی دہائیوں میں برق رفتار ممکنہ تبدیلیوں کا نظام ارضی سے جع رشتہ نظر آتا ہے اور تیزی سے بڑھتی ہوئی انسانی آبادی کے پیشِ نظر ضرورت اس امر کی ہے کہ نظامِ ارضی کی سائنس اور گلوبل خود انحصاری کے مقاصد کو جلد از جلد محسوس کرلیا جائے۔

نظامِ ارضی کی سائنس کی تخلیق:

تیزی سے بدلتی ہوئی زمین کے چیلنجوں کے پیشِ نظر ضرورت اس امر کی ہے کہ معاشرے کے افعال کو توانا کرنے کے لئے درکار سائنسی علوم کے حصول کیلئے طریقِ کار وضع کیا جائے۔ پہلے سے کہیں زیادہ پر جوش جدید علم، ادراک اور فہم وفراست نظامِ ارضی کے جزئیات پر ہونے والی بنیادی تحقیق سے حاصل ہورہے ہیں۔ اور اس سے کہیں زیادہ کی ضرورت ابھی بھی موجود ہے۔ تاہم سب سے بڑا چیلنج تو یہ ہے کہ ایک ایسی پختہ اور مربوط سائنس وضع کی جائے جو کہ تمام جزئیات کو انوکھے انداز میں اکٹھا کرکے ایک بامعنی طریقے سے زمین کے قائم ودائم رکھنے والے نظاموں کے افعال کو کُلی طور پر سمجھنے کے قابل بنا سکے۔

نظامِ ارضی کی سائنس کے مستقبل کے ایجینڈا کو سمجھنے کے لئے جس تحقیق کی ضرورت ہے اسمیں کچھ نت نئے اوصاف کا ہونا بہت ضروری ہے مثلاً یہ لازم ہے کہ:

1۔ اس تحقیق کو زمین کے سیارہ کی مشنیری کے جزئیات کی باریکیوں کو بحثیت ایک نظام کے علم کو نہ صرف آسان بنانا چاہیے بلکہ اسے توانا بھی کرے۔

2۔ اس کلاسیکی تجزیہ نگاری کی سائنس یعنی وجہ۔اثر کے رشتہ کی شناخت کی بصیرت کو مختلف نظاموں کے پیچیدہ تجزیہ میں ضم کردے جو کہ مختلف امتزاجوں، عوامل ورِدعوامل، غیر ہمواریوں کو بلاواسطہ مخاطب کرسکے اور بذاتِ خود روایتی طریقِ کار کو تبدیل کردے

3۔ نیچے سے اوپر کی جانب یا نتیجے سے آغاز کی جانب کی جانے والی تحقیق کی تائید کرلے تاکہ ایسے طریق کار وضع کئے جاسکیں جو مختلف نظاموں کی انفرادی سطح پر چھان بین کرنے کی اہل ہو اور براہِ راست ایسے مسائل کی بیخ کنی کرسکیں اور ان سے بخیر وخوبی نبٹ سکے جو پیچیدہ نظاموں میں بڑے پیمانے پر سر اُٹھاتے ہیں۔

4۔ اور سب سے بڑھ کر اسے فطرتی اور معاشرتی سائنسز کے حدودِ کار کے درمیان موجود خلا کو باٹنا ہوگا کیونکہ نظامِ ارضی کی سائنس کسی واحد میدانِ علم کی دسترس سے کہیں آگے کے مسائل سے متعلق ہے۔

نظام ارضی کی ایک مربوط قسم کی سائنس پہلے ہی معرضِ وجود میں آچکی ہے۔ سطح زمین اور خلا کی وسعتوں سے ہمارے سیارے کے مشاہدے کے نتیجے میں روز بروز کئی تحقیقات سامنے آرہی ہیں۔ دنیا

بھر میں ایسے بین الاقوامی ادارے کھولے جا رہے ہیں جو گلوبل تبدیلی کی تحقیق کو اپنا نصب العین بنائے ہوئے ہیں۔ اور گلوبل تبدیلی کی ریسرچ کے یہ پروگرام نظامِ ارضی کی سائنس کے حوالے سے بین السائنسی ڈھانچہ تعمیر کر رہے ہیں۔ تاہم کونسے سوال اس سائنس کی رہنمائی کریں گئے؟ اور نظامِ ارضی کی پیچیدگی سے نبٹنے کیلئے کن جدید طریق کار کا ہونا لازمی ہے۔ یا اس مقصد کے حصول کے لئے کون سے نئے ہتھیاروں کی ضرورت ہے۔

بنیادی سوالات :

گلوبل تبدیلی کی تحقیق میں گزشتہ دہائی سے اہم سوالات کے جوابات مہیا کئے ہیں۔ مگر اس کے ساتھ ساتھ کئی نئے سوالات کو بھی جنم دیا ہے۔ اس سے بھی زیادہ اہم بات یہ ہے کہ فہم و فراست کا ایک معیار حاصل کر لیا ہے جس نے ہمیں اِن اہم سوالات کو محسوس کرنے میں مدد دی ہے۔ اور جو ماحولِ ارضی کے حوالے سے مختلف انفرادی نظاموں کی سطح پر تحقیق کا ایجنڈا وضع کرنے میں ممد ومعاون ثابت ہونگے۔ اور نتیجتاً گلوبل خودانحصاری (Globle Sustainaleility) کیطرف اپنی توجہ مرکوز کریں۔ جدونمبر 3 میں ایسے سوالات کی (جو ابھی تیاری کے مراحل میں ہیں) مثالیں پیش کی گئی ہیں۔ ان میں تجرباتی اور طریق کار کے حوالے سے لیکر اصول وقوانین اور بین الاقوامی حدود وحقوق کے بارے میں سوالات شامل ہیں۔

پیچیدگی اور غیر ھمواری کے ساتھ گزارہ :

بہت سے ماحولیاتی نظاموں میں غیر ھموار اندرونی معاملات ہوتے ہیں اور بہت سے بے قاعدہ بیرونی دباؤ۔ نتیجتاً وہ اکثر اوقات باقاعدگی سے اور پیش گوئی کے مطابق عمل پیرا نہیں ہوتے بلکہ اس کے بجائے مختلف قسم کے بیرونی عوامل کے زیرِ اثر قوانین وضوابط کہ جس میں وہ کسی نئے طریقِ کار کی جانب یکا یک یا بے ہنگم تبدیلی اور تغیر ظاہر کرتے ہیں۔ اور جب انسانی کاروائیاں ملوث ہوں تو یہ نظام عام طور پر مزید پیچیدہ ہو جاتے ہیں اور اس کی وجہ سے بے یقینی کا ایک اور عنصر بھی شامل ہو جاتا ہے۔ یہ تمام قسم کی مشکلات بالکل عیاں ہیں اور گلوبل عوامل کے تعلقات اور اثرات کا بطور خاص خیال رکھنا پڑتا ہے۔ نظامِ ارضی کی پیچیدگی، غیر ھمواری اور باقاعدگی کی ایک مثال تو سطح زمین پر لاکھوں ایک دوسرے کے ساتھ وابستہ مقامی، علاقائی اور گلوبل عوامل کے تعلقات اور اثرات کا بطورِ خاص خیال رکھنا پڑتا ہے۔ نظامِ ارضی کی پیچیدگی، غیر ھمواری اور بے قاعدگی کی ایک مثال تو سطحِ زمین اور کرہ ھوائی میں موجود کاربن ڈائی آکسائیڈ کے بہاؤ کے حوالے سے زمان ومکان کے پیچیدہ اتار چڑھاؤ ہیں اور اسی طرح نہایت بے ہنگم اور بظاہراً عجیب وغریب اتار چڑھاؤ جو کہ درجہ حرارت کے سلسلے میں گرین لینڈ کے برف کے مشاہدے کے نتیجے میں سامنے آئے غور طلب ہیں۔ معاشرے اور فطرت کے ایک دوسرے پر اثرات کے باعث جو فالیت میں جو پیچیدگیاں پیدا ہوئی ہیں وہ مستند سائنسی تجزیہ نگاری کے لئے بھی ایک چیلنج ہیں۔

اِن چیلنجوں کا مقابلہ کرنے کیلئے نظامِ ارضی کی سائنس گلوبل تبدیلی کی تحقیق کے مخصوص اکھاڑے سے باہر موجود مختلف میدانوں میں کی گئی حالیہ ترقی سے بھی فائدہ اٹھا سکتی ہے۔ ان میں سے چند ایک کے نام درج زیل ہیں:

مثلاً غیر راست تبدیلیاں، پیچیدہ نظاموں کا تجزیہ، شماریاتی طبعیات،

تجزیاتی سوال :

1. کارکردگی اور ارتقا کے لحاظ سے اردگرد کے ماحول (ecosphere) کے اہم عضو کون سے ہیں؟
2. اس سیارتی مشینری کے بڑے بڑے چالو انداز، بعید روابط اور معلومات کی بازگشت کیا ہے؟
3. نظامِ ارضی کے پیچیدہ عناصر (قوتِ برداشت، بوتل کی گردن کی طرح کے معاملات اور سوئچ وغیرہ) کیا ہیں؟
4. قدرتی طور پر اس سیارے پر واقع ہونے والے تغیرات کے خصوصیات اور اوقات کیا ہیں؟
5. انسان کی پیدا کردہ خلل اندازیاں کیا ہیں اور یہ دور سے پیدا کردہ خلل نظامِ ارضی کی سطح پر کس طرح اثر انداز ہوتے ہیں؟
6. وہ کون سے ماحولیاتی عضو ہیں یا اس سیارے کے وہ کون سے ایسے پیچیدہ عناصر ہیں جنہیں خاص طور پر انسان تبدیل کر سکتا ہو؟
7. وہ کون سے خطے ہیں جن کا گلوبل چینج سے متاثر ہونے کا سب سے زیادہ خطرہ ہے؟
8. فطرت اور معاشرے کے آپس میں عمل و ردِعمل سے کس طرح اچانک واقع ہونے والے اور انتہائی عوامل گزر سکیں گے؟

قابلِ عمل سوالات :

9. ایک میکروسکوپ (Macroscope) یا کلاں بین کے تعمیر کرنے کے لئے کون سے اصول کارفرما ہیں؟ اس کلاں بین سے مراد وہ تمام اظہار ہیں جو نظامِ ارضی کی سطح پر واقع ہو رہے ہیں؟
10. نظامِ ارضی کے ماڈلز کے حوالے پیچیدگی اور باریک بینی کی کونسی سطح درکار ہوگی؟
11. کیا یہ ممکن ہے کہ نظامِ ارضی کو کچھ مختلف جزئیات اور اعضاء کی مدد سے بیان کیا جا سکے۔ اور کیا بعد میں ان حصوں کی مدد سے سیارے کی مشینری کی تعمیرِ نو کی جا سکے گی؟
12. نظامِ ارضی سے متعلقہ اعداد و شمار کا مکمل سیٹ حاصل کرنے، اس پر کام کرنے اور اس کو مربوط کرنے کے لئے گلوبل حکمتِ عملی کیا ہو گی؟
13. غیر متواتر واقعات کا تجزیہ کرنے اور انکے بارے میں پیشین گوئی کرنے کے لئے بہترین ٹیکنالوجی کیا ہوگی؟
14. قدرت کا مطالعہ کرنے کی سائنس اور سماجی سائنس کے علم کو مربوط بنانے کے لئے موزوں ترین طریقۂ کار کیا ہوگا؟

اصولی سوال :

15. خود انحصاری پر مبنی اور بنا خود انحصاری کے مستقبل کی تفریق کے لئے عمومی بنیاد اور اصول کیا ہونگے؟
16. زمین کی قوتِ برداشت کیا ہے؟
17. فطرت اور انسانیت کی بیک وقت ارتقاء کے درمیان قابل رسائی مگر نا قابلِ برداشت حدود کیا ہونگی؟
18. جدید معاشرے کو کس قسم کی سائنس کی ضرورت ہے؟
19. برابری کے وہ کونسے اصول ہیں جنہیں گلوبل ماحول کی مینجمنٹ کا خیال کرنا ہے؟

سائنسی اعدادو شمار براستہ کمپوٹر ،مصنوئی ذہانت کی تحقیق وغیرہ (Stochastic) مثلاً دو حصّوں میں توڑے (Bifurcation) تھوری اور سٹوکاسٹک تجزیہ سے حاصل مواد کو باہم مدغم کرنے سے گزشتہ آئس ایج میں واقع ہونے والی درجہ حرارت کی شدید تبدیلیوں کو بڑے پیمانے پر واضع کیا جاسکے گا۔

اب حیاتیاتی طبعیات (Boiphysics) میں ایسے طریقے موجود ہیں جو قبل از وقت یہ بتا سکتے ہیں کہ نظامِ ارضی کی قوتِ برداشت کی حدود کب عبور ہو جائیں گی۔ یہ طریقے ہمیں خطرے کے نشانوں کو جانچتے ہوئے کایا پلٹنے کے بارے میں کچھ اندازے بہم پہنچا سکتے ہیں۔ مزکورہ طریقے نظامِ ارضی کی تجزیہ نگاری سے متعلق ہیں جو ہمیں اس سیارے کی مشینری میں انسان کے پیدا کردہ چلنے اور رک جانے کی پوائنٹ کے بارے میں مکمل معلومات دے سکنے کے اہل ہیں۔

حقیقت میں سائنس نظام ارضی میں پائی جانے والی نہایت واضع بے قاعدگیوں سے بھی فائدہ اٹھا سکتی ہے۔ وہ اسطرح کہ خود انحصاری کے الٹ چلنے والے طریقے بنائیں جو کہ اس چیز کا حساب لگا سکے کہ انسانی مداخلت سے قیمت پر کسطرح بچا جاسکتا ہے۔

ان نہایت ہی قابلِ عمل نسخوں کے علاوہ نظامِ ارضی کی سائنس کو ایسے طریقوں پر بھی محنت کرنا ہوگی کہ جنھیں گلوبل چینج رسیرچ کی پچھلی دہائی کے دوران کامیابی سے استعمال کیا جاتا رہا ہے۔ ان ہتھیاروں کو بے شک بنانا سنوارنا ہوگا۔ اور یہ کہ انھیں مربوط کرتے ہوئے ایک ایسی مضبوط راہ عمل منتخب کرنا ہوگی کہ جس میں سارے طریقے استعمال کرتے ہوتے ہوں ۔ اور اسطرح سے نظام کی پیچیدگیوں کو حل کرنا آسان ہوجائے گا۔

نظامِ ارضی کی سائنس کا ٹول کٹ:

نظامِ ارضی کی سائنس کے لاگو ہونے کیلئے ضروری ہے کہ ہمارے پاس موجودہ اور نئی بننے والی تکنیکوں پر مشتمل ایک ٹول کٹ موجود ہو۔ مثلاً ایک مکمل مواصلت شدہ سہ طرفہ عمومی بہاؤ کا فضائی۔ بحری ماڈل اور وہ تمام نت نئی اور انوکھی تکنیکیں اور طریقے جنکا ذکر اس سے پیشتر بھی آچکا ہے۔

اب چیلنج تو یہ ہے کہ اس ٹول کٹ کا استعمال اسطرح نہ کیا جائے کہ یہ تنہائی میں علیحدہ علیحدہ اوزار کی ایک مسلسل زنجیر کے طریقے سے خودکار انداز میں عمل پیرا نہ ہو اور سیارے کی مشینری کے کل پرزوں کا معائنہ نہ کرے بلکہ اسے مختلف عوامل اور طریقوں کے ایک باہم مربوط اور منسلک سلسلے کے طور پر فعال ہونا چاہیے جو بحیثیتِ مجموعی نظامِ ارضی کے کردار اور رویے کو محسوس کر سکے اور اسکی توجیہات واضع کر سکے۔

• ماضی کی سائنس:

نظامِ ارضی کے ایسے تمام عوامل جو کہ موجودہ دور میں مہیا مختلف طریقوں اور تکنیکوں سے حاصل شدہ ریکارڈوں اور اعداد و شمار کی پہنچ سے دور ہیں یا بہت عرصہ قبل سے فعال ہیں تو انکو سمجھنے کے لئے ہمیں ماضی سے متعلقہ ماحولیاتی تحقیق (Palaeo Enviromental Reasearch) کا سہارا لینا پڑتا ہے۔ نظامِ ارضی اپنے رویّے کے باقیات وشواہد اور سراغ انوع واقسام کے اعداد و شمار کی صورت میں چھوڑتا چلا آتا ہے۔ مثلاً سمندروں اوار جھیلاوں کی تہوں میں رفتہ رفتہ بیٹھنے والی ریت و مٹی، برفیلی چوٹیاں، درختوں کے تنوں میں محفوظ چھلّے، درازعمر رکھنے والی کورل کی اقسام، اور آثارِ قدیمہ کی باقیات اور دوسرے تاریخی شواہد۔

اگرچہ ماضی کی سائنس (Palaeo-Science) نظامِ ارضی کے طریقۂ کار کی موجودہ فہم وفراست کے خدوخال درست کرنے میں ایک شاندار کامیابی حاصل کرلی ہے مگر ابھی بھی اسے بہت سے اہم چیلنجوں کا سامنا ہے مثلاً یہ کہ ماضی سے حاصل شدہ ثبوتوں اور مشاہدات پر مبنی ایک زیادہ مربوط نظام وضع کرے اور ماضی کی تہوں میں سال ہا سال سے محفوظ ماضی میں واقع ہونے والی تبدیلیوں کے ثبوتوں کو حاصل کرلیا جائے اس سے پہلے کہ وہ حال میں نہایت برق رفتاری سے وقوع پزیر ہونے والی تبدیلیوں کے دھارے میں بہہ جائیں۔

• ہم عصر مشاھدات اورمتواتر نگھداشت:

خلا سے کئے گئے زمین کے مشاہدات نے انسان کی فہم وفراست اور سمجھ بوجھ کو انقلابی انداز میں بدل ڈالا ہے۔ اور زمین کی سطح پر کئے گئے تجربات ومشاہدات سے حاصل شدہ اعداد وشمار میں اضافہ کیلئے عمدہ قسم کے ریموٹ سنسنگ (Remote Sensing) کے اوزاروں سے خلاؤں سے حاصل کردہ معلومات کا ایک بحرِ کراں موجود ہے۔ نظامِ ارضی میں انسان کے کردار کو مکتوب کرنے کیلئے جو تخلیقی قابلیتیں استعمال کی جارہی ہیں امید ہے کہ جلد ہی وہ زمین کے اجرامِ فلکی میں ایڈ ہونے کے ناطے اور اسمیں انسان کی دخل اندازیوں پر روشنی ڈال سکے۔ بہتر طریقے سے بنائے گئے اور نہایت عمدہ طریقے سے لاگو ہدہونے والے مسلسل نگہداشت کے ایک جال نے اس امر کو بھی اب ممکن بنا دیا ہے کہ وہ گلوبل تبدیلی کے نئے انوکھے خیالات پہلے ہی پیش کئے جاچکے ہیں اور رفتہ رفتہ ترقی کے مراحل سے گزر رہے ہیں۔ اور اس سلسلے میں پہلا ٹھوس اقدام یہ ہے کہ ایک اسی گلوبل میکروسکوپ (Microscopic) تشکیل دی جائے جو حقیقت میں ایک ایسا مربواط نظام ہو جو کہ نظامِ ارضی کے افعال کی باریکیوں کا مشاہدہ کرسکے۔ (شکل نمبر 15)

• نظامِ ارضی کے تجربات:

مستقبل کی ماحولیاتی کیفیات کے زمین پر ہونے والے اثرات کو اب تجربات کی مدد سے دکھانا بھی ممکن ہوگیا ہے۔ اس طرح سے ہمیں مستقبل میں متوقع آب و ہوا اور فضا کے نئے میل کے تحت ماحولیاتی نظام کی کارکردگی کو سمجھنے میں خاصی مدد ملی ہے۔ انواع کے انحطاط اور اضافے نے ہمیں بدلتی ہوئی پیچیدگی کے تحت ماحولیاتی نظام کی کارکردگی کو سمجھنے میں خاصی مدد ملتی ہے۔ انواع کے انحطاط اور اضافے نے ہمیں بدلتی ہوئی پیچیدگی کے تحت حیاتیاتی نظاموں کے ردِعوامل کی گہرائی میں پہنچنے کیلئے خاصی مدد ملی ہے۔ انواع کے انحطاط اور اضافے نے ہمیں بدلتی ہوئی پیچیدگی کے تحت حیاتیاتی نظاموں کے ردِعوامل کی گہرائی میں پہنچنے کیلئے خاصی مدد فراہم کی ہے۔ اسی طرح مختلف عناصر کے بہاؤ میں کچھ تبدیلیاں پیدا کرنے کے تجربات مثلاً سمندر کے کچھ مخصوص حصوں میں جو خوراک کی کمی کا شکار ہیں لوہے کے ذرات کا شامل کردینا۔ اس طرح کے تجربات سے نظام کے حیاتیاتی ارضیاتی کیمیائی (Biochemical) چکروں کی جانب ردِعوامل کا پتہ چلتا ہے۔ فطرت نے بذاتِ خود اور پھر انسانی کاروائیوں نے ایسے ناقابلِ یقین اور اہم تجربات مہیا کئے ہیں جو کہ ہمیں نظامِ ارضی کے افعال کو سمجھنے میں مددگار ثابت ہو سکتے ہیں جو کہ آفات جیسا کہ آتش فشان پہاڑوں کا اور انمیں سے بہنے والا لاوا اس جگہ پر موجود ماحولیاتی نظام کو صفحۂ ہستی سے مٹادیتے ہیں۔ اس سے ہمیں یہ فائدہ ہوتا ہے کہ ہمیں اس سارے عمل کا مطالعہ کرنے کا موقع ملتا ہے۔ اور ہم اُس جگہ پر دوبارہ اپنے قدم جمانا شروع کردیتے ہیں اور اسطرح وہ قدرتی آفات کا مقابلہ

کرتے ہیں۔اور یہ بھی کہ کسی طور پر سادگی سے پیچیدگی کا سفر شروع ہوتا ہے۔انسانوں نے بلا سوچے سمجھے ان گنت ایسے تجربات بھی کئے ہیں کہ جسمیں انھوں نے زمین کے استعمال میں تبدیلی لاتے ہوئے ماحولیاتی نظاموں میں متعارف کروایا اور پھر حیاتیاتی۔ارضی کیمیائی چکروں میں تبدیلی لاتے ہوئے خشکی اور ساحلی علاقون میں کھادوں کا بے تحاشا استعمال۔حقیقت میں یہ مادر ارضی۔پوری کی پوری یہ زمین ایک تجربہ گاہ کی صورت اختیار کر چکی ہے کہ جسمیں انسانیت نہ چاہتے ہوئے بھی اپنی بقا کو قائم رکھنے والے نظام کے ساتھ سیارے کی سطح کے تجربات کرنے میں مشغول ہے اور دن بدن برق رفتاری کا مظاہرہ کر رہی ہے۔

• گلوبل نیٹ ورکس:

تیزی سے ابھرتی ہوئی وہ سائنس کہ جو کرۂ ارض کا مطالعہ کرنے کے لئے ضروری ہے۔اسکی ''ریڑھ کی ہڈی'' کی مظبوطی کیلئے سائنسی نیٹ ورکس کا کام میں آنا ضروری ہے۔سیارے کے افعال کے انداز اسی صورت میں واضع طور پر سامنے آتے ہیں جب چھوٹی سطح کے یا موقع کی مناسبت سے متعلقہ پیمائشوں اور معملات کا مطالعہ پوری کرۂ ارض پر ثابت قدمی اور مزید فہم و فراست سے کیا جائے۔بنیادی چیلنج جو اس وقت درپیش ہے وہ یہ ہیں مختلف علاقوں اوار مختلف جگہوں سے حاصل کردہ معلومات کو باہم یکجا کرتے ہوئے اسے کرۂ ارض کی سطح پر لے آئیں اور اس کے مکمل تجزیہ کرتے ہوئے اس سے نتیجہ اخز کرتے ہوئے نظامِ ارضی کے سوالوں کے جوابات دیں۔ان چیلنجوں کا مقابلہ کرتے ہوئے کرۂ ارض پر پھیلے ہوئے جال ٹیکنالوجی،طریق کار اور تجربات کو بانٹنے کیلئے ایک ایسے معیار تخلیق کئے جو عموماً انفرادی تحقیقاتی گروپوں کی پہنچ سے دور ہوتے ہیں۔(شکل نمبر 16)

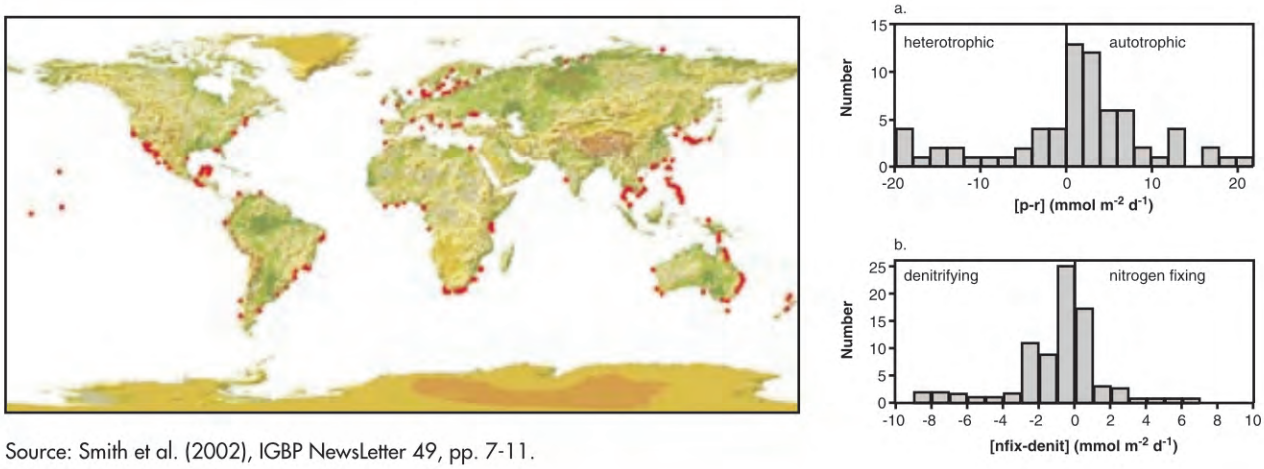
• مربوط علاقائی معلومات:

کرۂ ارض کی تبدیلی دنیا میں مختلف مقامات پر مختلف انداز میں ارتقاء کے مراحل سے گزر رہی ہے۔آبادی میں اضافے میں ایک متنوع اور برق رفتار شرح اضافہ،کرۂ ارض کو ڈھانپے رکھنے والے نباتات واشجار کی بہتات میں تیز رفتار کمی گنجان انسانی آبادکاریاں، بڑے شہروں میں واقع ہووالا ارتقاء،بڑی سطح پر واقع ہونے والی صنعتی اور اقتصادی ترقی،بہت تیزی سے علاقائی معاشی ومعاشرتی حالات بڑی،بحری اور فضائی نظاموں،علاقائی ماحول زرائع کی ترقی وترویج،اور کرۂ ارض کے ماحول کو پیچیدہ طریقے سے متاثر کر رہے ہیں۔کیونکہ مختلف علاقوں کی بڑی محصوص ایک جیسی عمومی حیاتیاتی وطبیعاتی (Biophysical) خصوصیات ہوتی ہیں (مثلاً ایشیائی مون سون وغیرہ) اور وسیع تر ایک قسم کے معاشی ومعاشرتی خوائص پائے جاتے ہیں۔لہذٰا گلوبل چینج کی علاقائی معلومات اور خود انحصاری میں زود افزوں ترقی کے لئے ضروری ہے کہ وہ اپنے آپ کو خطرات کے تجزیے،خطرے کے سپاٹ (Hot spots) کی پہچان ان کی ممکنہ خطرات کے تجزیے کے عمل سے گزریں۔اور اس موجودہ ماحولیاتی تباہی کے عفریت کو قبل از وقت پہچان لیں۔ اگر ہم نظامِ ارضی کے حوالے سے جائزہ لیں تو یہ اندازہ ہوتا ہے کہ مختلف صورتِ حال کا سامنا ہے لہذٰا علاقائی سطح کی حیاتیاتی و طبیعاتی (Biophysical) حیاتیاتی،ارضیاتی و کیمیاوی (Biogeochemical) اور انسانی کاروائیوں میں ایک تنوع موجود ہے اور اس وجہ سے گلوبل سطح پر خاطر خواہ حد تک مختلف نتائج کی توقع کی جاسکتی ہے۔

مختلف علاقے کسی قسم کے مقید نظام نہیں ہیں۔چنانچہ نظامِ ارضی اور علاقائی تبدیلی میں ایک سنجیدہ اور اہم تعلق موجود ہے۔جغرافیائی

Source: NASA, USA

شکل نمبر15: اس شکل میں دنیا کے گنجان آباد علاقوں کو دورانِ شب بجلیوں کی مدد سے دکھایا گیا ہے۔



Source: Smith et al. (2002), IGBP NewsLetter 49, pp. 7-11.

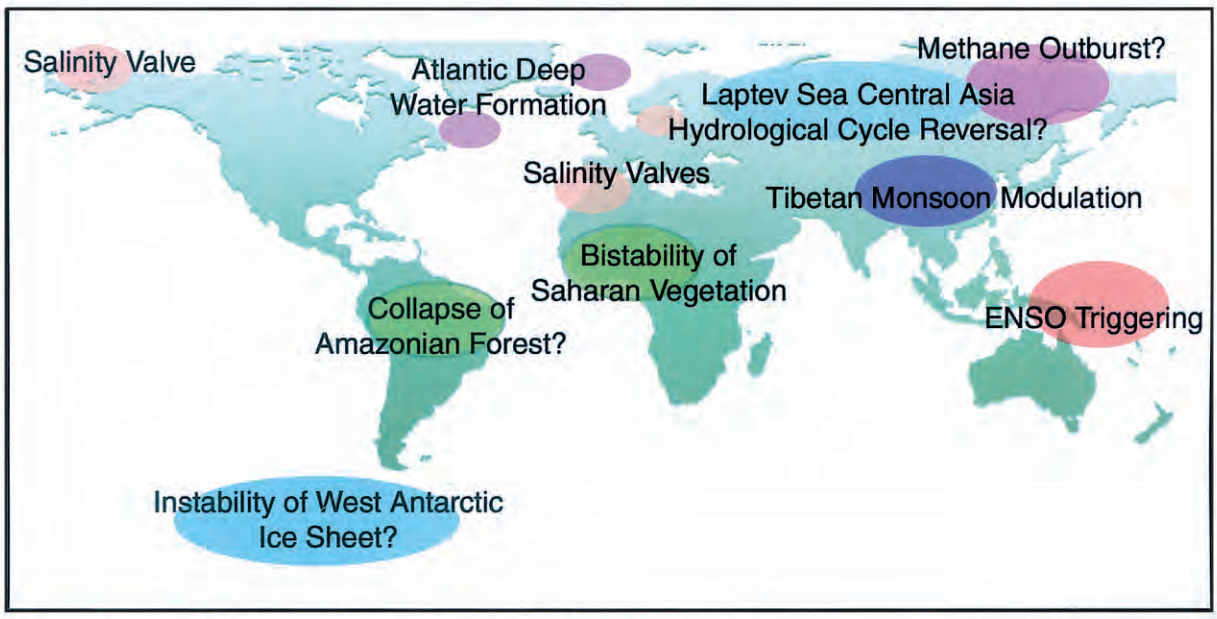
شکل نمبر16: جنوری2002میں لواسز (Loisz) کے حیاتیاتی،ارضی و کیمیائی (Biogeochemical) معاملات کی تحقیقات کے مراکز کے جال کو اس شکل میں دکھایا گیا ہے۔ ساتھ ہی چھوٹی اشکال میں انہی مقامات پر پی آر (PR) اور این فکس۔ڈی نٹ- (N-fix Donit) کی صورتحال دکھائی گئی ہے۔ پی۔آر کے لئے ابتدائی پیداوار (Primary Productivity) کو عمل تنفس سے منہا کر کے اور این فکس ڈی نٹ کے لئے نائٹروجن کے اسقات (Nitrogen Fixation) کو نائٹروجن کی تحریک (Denitrification) سے منہا کر کے حاصل کیا جا سکتا ہے۔

علاقے کسی ایسے سوئچ یا چوک پوائنٹ کی طرح کام کرتے ہیں۔ اور علاقائی نظاموں میں معمولی تبدیلیاں نظامِ ارضی کے افعال میں بڑی اہم تبدیلیوں کا پیش خیمہ بنتی ہیں۔ علاقائی تحقیقات گلوبل سطح پر علاقے کے اپنے طریق کار کے مطابق تبدیلی کے انداز کو ازسرنو تخلیق کر کے سمجھنے میں خاطر خواہ مدد فراہم کرتی ہیں۔ چنانچہ یہ مربوط علاقائی تحقیقات اور علوم ایک عجیب و غریب طریقے کی نمائندگی کرتی ہیں کہ جس کے تحت مختلف نظامِ ارضی کی ازسرنو تعمیر کی جاسکے۔ (شکل نمبر 17)

• نظامِ ارضی کے طریق کار اور مشابہت کی تخلیق:

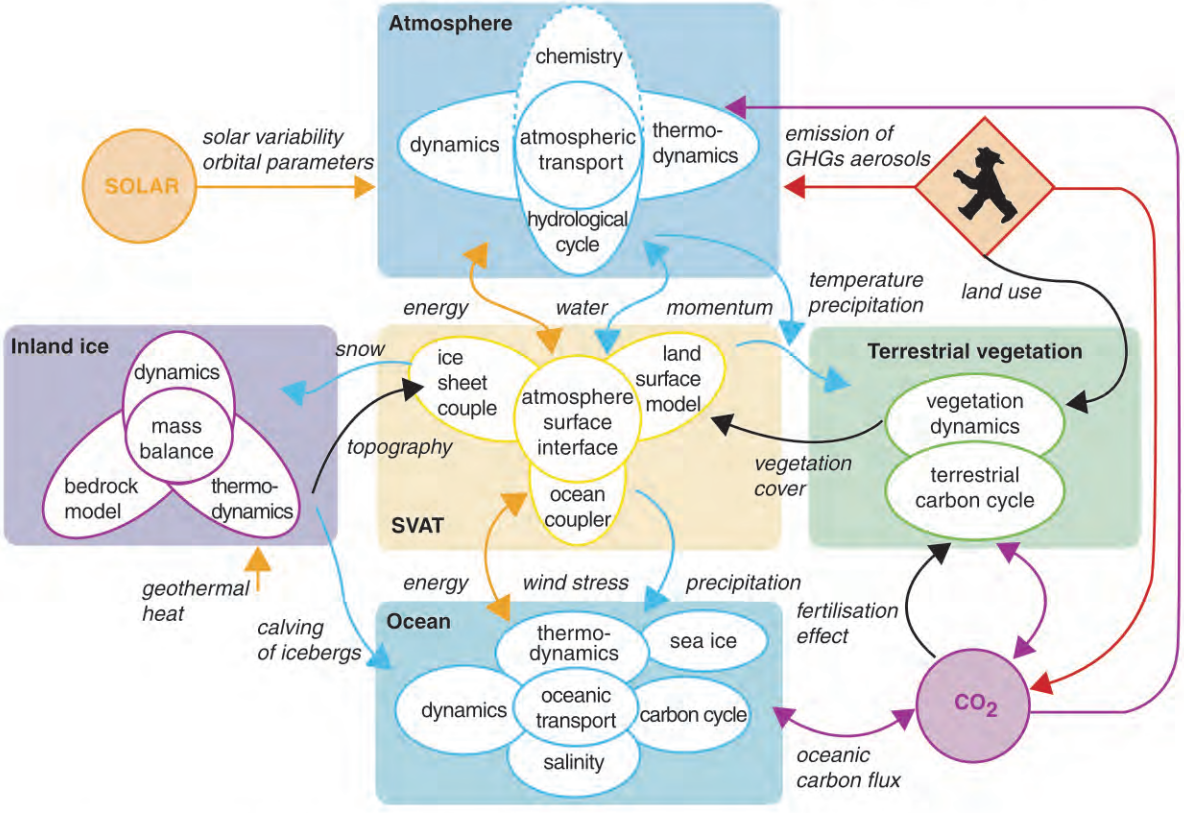
مشاہدات و تجربات کے نتائج، ضخیم علاقائی معلومات کو آخر کار یک جان انداز سے اکٹھا کرنا ضروری ہے تا کہ نظامِ ارضی کے انداز کار کو کُلّی طور پر سمجھا جا سکے اور اس کی مشابہت کو تخلیق کیا جا سکے۔ نظامِ ارضی اور اس کے جزئیات کی کارکردگی کو سمجھنے کے لئے ریاضی کے ماڈلز کی بے انتہا اقسام پہلے ہی ڈیزائن کی جا چکی ہیں۔ نظامِ ارضی کے بالکل سیدھے سادھے ماڈلز اس سیارے کی مشینری کے بڑے بڑے اور اہم خدوخال کو سمجھ بوجھ اور تعریف و توصیف کو ہی اپنا نصب العین بنائے ہوئے ہیں جبکہ نظامِ ارضی کی مفصّل تشبیہات نہایت نفیس قسم کے جزوی ماڈلز بنانے کی طرف متوجہ ہیں۔ اور اس کے بین بین پیچیدگی کے لحاظ سے وہ ارضیاتی ماڈلز ہیں جو اس نظام کے کردار کے بارے میں پیشین گوئی اور تبصرہ کرنے کے حوالے سے مستند قرار دیئے جا چکے ہیں۔ مگر انسانی اور معاشرتی کردار کی پیچیدگی کو نظامِ ارضی کی کارکردگی کا لازم حصہ بنانے کے لئے مزید نت نئی رسائیوں کی اشد ضرورت ہے۔

جو رسائیاں نظامِ ارضی کے ماڈلز کی تخلیق کے لئے اختیار کی جا رہی ہیں۔ ان کی حدود کیمر بوطیت کی سطح کے لحاظ سے درجہ بندی کی جا سکتی ہے۔ سادہ Concephial ماڈلز جنہیں تدریسی ماڈلز بھی کہا جاتا ہے۔ ان کی بنیاد چند ایک میکانکی طریق کار ہوتے ہیں۔ لیکن جب مختلف عوامل یکجا ہو جائیں۔ تو یہ ہر چند ایک نہایت پیچیدہ کردار کے حامل بن جاتے ہیں۔ نظامِ ارضی کے ماڈلز کی قوس وقزح کے دوسرے کنارے پر نہایت مفصّل عمومی بہاؤ کے ماڈلز ہیں۔ جنہیں جنرل سرکولیشن ماڈلز General Circulation Models یا جی سی ایم ماڈلز کہا جاتا ہے۔ اور اب حال ہی میں ترمیم شدہ یکجا کئے گئے عمومی بہاؤ کے ماڈلز دستیاب ہیں۔ جی سی ایم ماڈلز آب و ہوا کی تبدیلی و تغیر کو سمجھنے اور ان کی مشابہت تخلیق کرنے کے حوالے سے نہایت قوی اوزار ثابت ہو چکے ہیں۔ چونکہ ماڈلز میں زیادہ عوامل شامل کئے جا رہے ہیں۔ لہٰذا ان کی آب و ہوا کی بجا طور پر تشبیہات تخلیق کرنے کی قابلیت میں بھی خاصا اضافہ ہوا ہے۔ دونوں قسم کے ماڈلوں یعنی سادہ اور جی سی ایم۔ نظام ارضی کی پیچیدگی کے لحاظ سے بین Earth System Models of Intermediate Complacity یا ای ایم آئی سی (EMICs) قسم کے ماڈلز نظامِ ارضی کے فطرتی پہلوؤں کی کارکردگی کی تشبیہات تخلیق کرنے میں مصروف ہیں۔ جس میں انسان اور اس کی کاروائیاں بیرونی عوامل کے طور پر کام کرتے ہیں۔ یہ ماڈل جی سی ایم کے مقابلے بے انتہا مختلف الجہتی ہوتے ہیں اور جلد سمجھ آنے والے ہوتے ہیں۔ EMICs کی ایک اور خوبی یہ ہے کہ ان میں سے زیادہ تر مختلف عوامل کی باہم Interaction پر زور دیتے ہیں اور اسی وجہ سے وہ حیاتیاتی، ارضی چکروں اور طبعیاتی کارکردگی کے بہت سے قوی اثرات اور



Source: Schellnhuber (2002) In Steffen et al., Challenges of a Changing Earth, Springer.

شکل نمبر17: ہاٹ سپاٹ یا سوئچ اور چوک (Switch & Chock) کے پوائنٹس کا ایک تنقیدی تجزیہ۔ یہ ایک قبل از وقت کوشش ہے۔ کہ زمین کے ان حصوں کے بارے میں بنایا جائے۔ جہاں علاقائی سطح پر واقع ہونے والی تبدیلیاں نظامِ ارضی کے افعال پر مجموعی طور پر گہرے اثرات مرتب کرسکتی ہیں۔



Source: Petoukhov et al. (2000) Clim. Dyn. 16, 1-17.

شکل نمبر18: کلائمبر (Climber) نامی ماڈل کی شکل وصورت۔ یہ نظامِ ارضی کے ایک درمیانی درجہ کی پیچیدگی کے ماڈلز میں سے ایک ہے۔

فیڈ بیکس کو منظر عام پر لاتے ہیں۔ مزید براں یہ کہ زیادہ مفصّل ماڈلوں کی نسبت ان کی سادگی کی وجہ سے ان ماڈلوں کی بدولت سینکڑوں بلکہ ہزاروں سالوں پر محیط تغیرات وعوامل کی تشبیہات تخلیق کی جاسکتی ہیں۔ یعنی یہ کہ EMICs کو بڑی آسانی سے بہت قدیم ریکارڈوں سے ٹیسٹ کیا جاسکتا ہے۔ (شکل نمبر 18)

• گلوبل روابط تخلیقات اور مواصلات:

نظام ارضی کی ٹول کٹ (Toolkit) اس سیارے کی زندگی کو قائم و دائم رکھنے والے نظام کی کارکردگی کو سمجھنے کے لئے نہایت مضبوط رسائی کی نمائندگی کرتے ہیں۔ چنانچہ نظام ارضی کے حوالے سے بہت سی Insights اور نئے Concepts پیش کئے جائیں گے اور اس پر بحث ہوگی۔ اور بالآخر انہیں قبول کرلیا جائے گا، انہیں مزید سنوارا جائے گا یا پھر انہیں رد کر دیا جائے گا۔ نظامِ ارضی کی کارکردگی کے علم میں بہت برق رفتاری سے وسعت پیدا ہوگی۔ تاہم معاشرہ توقع کرتا ہے کہ سائنسدان زمین کے ماحول کے بارے میں ان کی طرف سے پوچھے گئے سادہ مگر بنیادی سوالوں کے جوابات براہِ راست انہی کو دیں گے۔ لہٰذا کوئی بھی ٹول کٹ اس وقت تک مکمل تصور نہیں کی جاسکتی جب تک کہ نظامِ ارضی سے متعلقہ بہت تیزی سے وسعت پذیر علم کی بنیاد کو سنوارنے، مربوط بنانے اور دوسروں تک پھیلانے کے لئے واضح طریق کار موجود نہ ہوں۔ تاکہ گلوبل خود انحصاری کے عمل کو موافق بنایا جاسکے۔ گلوبل تبدیلی سائنس اور معاشرے کے دوراہے پر واقع ہوتی ہے۔ لہٰذا اس وسعت پذیر بنیاد علم کی وسیع تر ناظرین، پالیسی بنانے والوں، ذرائع کے مینیجروں اور عام رعایا تک پھیلایا جاسکے۔ اور اس طرح سے اس امر کی انتہائی شدید ضرورت ہے کہ سائنسدانوں کی اگلی نسل کو نظامِ ارضی کے سائنس پر تحقیق کے لئے درکار ساز وسامان سے آراستہ کیا جائے۔ دنیا بھر میں کئی جامعات میں پہلے ہی ارضی تغیرات پر مرکوز کردہ نصاب رائج کیا جا چکا ہے۔ جو نوجوانوں سائنسدانوں کو جو کہ اپنے بزرگوں کو چیلنج کر رہے ہیں وہ ایک وسیع تر فہم وادراک کے ساتھ نظامِ ارضی کے اتار چڑھاؤ کو جانچنے کے لئے نبرد آزما ہیں۔ آخر میں یہ کہ ترقی یافتہ اور ترقی پذیر ممالک کے درمیان جو تحقیق وتعلیم، سہولیات اور مواصلات کے حوالے سے جو خلیج حائل ہے وہ بھی سائنسی دنیا پر اثر انداز ہو رہی ہے۔ اس امر کی انتہائی ضرورت ہے کہ اس خلیج کو پاٹا جائے۔ لہٰذا ان میدانوں میں مخصوص اور مخلص کوششیں کرنے کی ضرورت ہے تاکہ نظامِ ارضی کی سائنس کو پوری دنیا (کرۂ ارض) پر محیط کر دیا جائے۔

• نظامِ ارضی کی سپہ سالاری:

انسانیت پہلے ہی اس سیارے (زمین) کو اپنے طریقے سے چلا رہی ہے۔ مگر بہت سی غیر متسلسل اور بے ہنگم طریقے سے۔ جس کے پس پشت انفرادی اور اجتماعی ضروریات بطور متحرک کارفرما ہیں۔ انگنت انسانی کاروائیوں کے نتیجے میں جو کہ کرۂ ارض کے ماحول پر اثر انداز ہو کر اسے تبدیل کر رہی ہیں، نظامِ ارضی اپنے فطرتی دائرۂ کار سے کہیں آگے جا چکا ہے۔ ان گلوبل تبدیلیوں میں سے بہت سی اس وجہ سے تیزی سے بڑھ رہی ہیں کہ کھپت پر منحصر مغربی طرزِ زندگی پر دنیا کی بڑھتی ہوئی آبادی کا ایک بہت بڑا حصہ وسیع پیمانے پر کاربند ہے۔ ایک خود انحصار مستقبل کے حصول لئے درکار مختلف مینیجمنٹ چیلنجوں کا طریقۂ کار بھی پہلے سے وضع نہیں ہے۔ نظامِ ارض کی سائنس ایک مفید طریقۂ کار کے لاگو کرنے کے سلسلے میں ایک کنجی کی حیثیت رکھتی ہے۔ ایک ایسا طریقۂ کار کہ جس پر عمل پیرا ہوتے ہوئے اس سیارے (زمین) کی احسن انداز سے دیکھ ریکھ کی جاسکے۔

• خود انحصاری :

گلوبل چینج سے مقابلہ کرنے کے لئے جو فہم وفراست درکار ہے اس میں اضافہ کے حوالے سے سائنس کو ایک مرکزی حیثیت حاصل ہے۔ توانائی کی تاثیر بخشی، کاربن کا تبدیلیٔ حالت اور نئی خود انحصاری پر مبنی ٹکنالوجی برائے توانائی، (جیسا کہ ہائڈروجن پر مبنی نظامِ توانائی) میں اضافے کی انتہائی ضرورت ہے۔ زراعت کے شعبے میں خوراک کی پیداوار میں مسلسل اضافہ اور اس کی فراہمی اور رسائی کے نظاموں کی بہتری میں فوری پیش رفت کی ضرورت ہے۔ کیونکہ دنیا میں انسانی آبادی میں اضافہ جاری ہے اور لوگوں کی خوراک کے بارے میں پسند ناپسند بدلتی رہتی ہے۔ پانی کی حکمتِ عملی کے بارے میں تدابیر کو زیادہ مربوط اور علاقائی طریقۂ کار پر عمل پیرا ہونا ہوگا۔ اور اسی طرح ہوا کی کیفیت کے بارے میں جو بھی حکمتِ عملی ہو اس میں ہمیں مقامی کی نسبت علاقائی سطح کے مختلف الجہت پہلوؤں کو فوقیت دینا ہوگی۔ اور جہاں تک ماحولیاتی نظاموں کی پیش کردہ خدمات اور فوائد کو قائم ودائم رکھنے کا تعلق ہے، مختلف قسم کی کاروائیوں کی بدولت مزید مربوط انداز سے لینڈ سکیپ کی منصوبہ بندی کے طریقے زیرِ غور ہیں جو ماحولیاتی نظاموں کے افعال کو انسانی، سماجی اور اقتصادی سرگرمیوں میں توافق پیدا کریں گے۔

ان خاص تراکیب کے علاوہ نظامِ ارضی کی مہتممی (Stewardship) کے لئے ایک بھرپور، جامع اور باطنی طور پر ثابت قدم طریقۂ کار کی انتہائی ضرورت ہے۔ نظامِ ارضی کی سائنس کے حوالے سے ہمیں ایک بنیادی سمجھ بوجھ کی بھی ضرورت ہے جو نئی نئی جہتوں جیسے گلوبل خود انحصاری، جواب سر اٹھا رہی ہیں کی وضاحت کر سکے۔

• معیار بندی :

کنٹرول کے اس طریقۂ کار کا مطلب ہے کہ ماحول کی خصوصیات یا مجموعی افعال کہ جنہیں خود انحصاری کے نشاں کہا جاتا ہے کی ایک محفوظ حدود میں رہتے ہوئے نظامِ ارضی کی ارتقا کو برقرار رکھا جا سکے۔

• رجائیت بندی :

ایک آئیڈیل دنیا میں کنٹرول کا طریقۂ کار کی سب سے زیادہ پرکشش سوچ یہ ہے کہ عمومی استعمال کو کچھ وقت کے لئے بڑھا دیا جائے۔ اس استعمال کی تعریف کچھ یوں ہے کہ اسے دنیا بھر میں کئی طریقوں اور کئی انسانی عمل اور ردِعمل کے حوالے سے سمجھا جا سکتا ہے۔

• قنوطیت بندی :

اس طریقہ میں سب سے پہلا قدم احتیاط کے اصول پر قائم ہوتا ہے یعنی بُرے سے بُرے واقعہ سے احتیاط برتتے ہوئے بچا جا سکتا ہے۔ مثال کے طور پر وہ اچانک تبدیلیاں جن کے اثرات آفات کی طرح ہوتے ہیں۔

• برابری :

کنٹرول کے اس طریقہ کار کا بنیادی نقطۂ نظر یہ ہے کہ گلوبل مینجمنٹ مثلاً پوری انسانی نسل میں جو جو حصہ دار ہیں ان کے مابین توازن قائم رکھنا مگر نظامِ ارضی کے بدلتے حالات کو نظر میں رکھنا۔

• موجودہ حالت (بدستور) :

اس نظریے کا مقصد یہ ہے کہ گلوبل ماحول میں ایک توازن کو نہ صرف متعارف کروایا جائے بلکہ بعد میں اسے قائم ودائم بھی رکھا جائے۔

حقیقت میں انسانی معاشرے اوپر بیان کئے گئے طریقوں میں سے کسی کو بھی اس کی اصلی حالت میں قبول نہیں کریں گے۔ اگر وہ کرنا بھی چاہیں تو مکمل سائنسی ادراک اور پیشین گوئی کرنے کی حدود کسی بھی طریقۂ کار کے لاگو ہونے کی راہ میں رکاوٹیں ہیں۔ اس صورتحال میں عاوی بنانے والی انتظامیہ ہی آگے بڑھنے کا عام سا رستہ ہے۔ ایک وسیع تر نقطۂ نظر کے مطابق عادی بنانے والا طریقہ سیکھنے کا ایک

اچھا طریقہ ہے۔اس میں کچھ کر کے سیکھنا ہوتا ہے اور جو کچھ بھی کرنا ہے اس سے کچھ سیکھنا ہے۔گلوبل چینج اور نظامِ ارضی کے حوالے سے یہ بات سامنے آتی ہے کہ ان کنٹرول کے طریقہ کار کی ایک سے زیادہ اقسام کو ملا کر استعمال کرنا ہوگا۔مثال کے طور پر ایک سب پر حاوی حکمتِ عملی یہ ہوگی کہ ایسی تبدیلیوں سے بچا جا سکے جو آفات کی صورت اختیار کر لیتی ہیں۔لیکن اس حکمتِ عملی پر اور طریقے بھی عمل پیرا ہونگے۔نظامِ ارضی کو تبدیلی کے کسی متفقہ معیار پر متوازن کیا جا سکتا ہے جبکہ برابری اور اقتصادی اور معاشی قیمت کو بھی ذہن میں رکھنا ہوگا۔

سیارے کی سطح پر عادی بنانے والے طریقہ انتظام کو لاگو کرنے کی کوئی بھی کوشش نظامِ ارضی کی سائنس کے بغیر مکمل نہیں ہے۔ان انتظامی سرگرمیوں کو قوت بخشنے کے لئے پہلے ہی سے مضبوط ہتھیار موجود ہیں۔مثال کے طور پر نظامِ ارضی کے مربوط ماڈلز جو مختلف حالات میں فطری اور انسان کی پیدا کردہ تبدیلیوں کو پرکھتے اور ظاہر کرتے ہیں۔اس طرح کے ماڈلز کے لئے یہ ضروری ہے کہ انہیں تجرباتی سچائی کے مدِ مقابل بار بار ٹیسٹ کیا جاتا رہے تا کہ ان پر اعتماد میں اضافہ ہو سکے۔مزید یہ کہ پھر وہ ماڈلز ہیں جو ان پہلے ماڈلز کی بنیاد پر بنائے گئے ہیں۔ان میں بھی مزید کام کرنے اور انہیں مزید ترقی دینے کی ضرورت ہے اور ایسا صرف مختلف میدانوں میں مربوط قسم کی تحقیق سے ہی ممکن ہے اور یہ بھی ضروری ہے کہ سائنسدانوں اور پالیسی سازوں کے درمیان مختلف سطحوں پر بحث ومباحثہ چلتا رہے۔

سب سے زیادہ بڑا چیلنج دینے والا سائنسی کام تو یہ ہے کہ نظامِ ارضی کی سائنس کے لئے ایک مشترکہ بین الاقوامی لائحہ عمل تیار کیا جائے۔جو کہ دنیا بھر میں ہزاروں محققین، تحقیقاتی گروپس اور اداروں کی مل جل کر کی گئی تحقیق سے فائدہ اٹھا سکے۔مگر آخر کار جو چیلنج ہے وہ حکومت اور انتظامیہ سے متعلق ہے کہ یہ لوگ بھی نظامِ ارضی کی سائنس کی باریکیوں کو سمجھنے کی کوشش کریں۔کہ کس طرح خود انحصار قوموں کا ایک بڑا گروہ جس میں مختلف تہذیبوں، مختلف روایتوں، دولت کے مختلف معیار، سماجی تنظیموں اور مختلف نظریات کی دنیا میں بسنے والے لوگ یکجا ہو کر اپنی زندگی کو چلانے والے ایک واحد نظام کو زیادہ مربوط اور مؤثر انداز میں چلانے کی کوشش کرتے ہیں۔

اب چونکہ گلوبل چینج نے انسانی معاملات میں زیادہ مرکزی جگہ حاصل کر لی ہے، تو سائنس کو بھی یہ ذمہ داری قبول کرنا ہوگی کہ وہ اس ضمن میں ضروری علمی بنیاد کو نہ صرف قائم کرے، بڑھائے اور دوسروں تک پہنچائے تا کہ معاشرے اس علم کو بحث کرنے کے لئے، سوچنے سمجھنے کے لئے اور بالآخر یہ فیصلہ کرنے کے لئے کہ وہ کس طرح گلوبل چینج کا سامنا کریں گے استعمال کر سکیں۔آخر کار اسی سائنس پر حیاتِ ارض کو مدد فراہم کرنے والے نظام کی بقا کا دار و مدار ہے۔ایک خود انحصار مستقبل کی یقین دہانی کا چیلنج بالکل آشکار ہے اور بہت مشکل بھی مگر اسے صرف اور صرف ایک ہی صورت میں پورا کیا جا سکتا ہے اور وہ یہ کہ ایک مربوط نظامِ ارض کو جانچنے اور منظّم طور پر چلانے کے لئے نت نئے اور زیادہ محنت طلب طریقۂ کار وضع کئے جائیں۔

ضمیمہ جات

انٹرنیشنل جیوسپیر بائیوسفیر پروگرام:

International Geosphere Biosphere Program

IGBP ایک بین الاقوامی سائنسی تحقیقاتی پروگرام ہے اور اس کو بین الاقوامی کاؤنسل برائے سائنس (ICSU) کی معاونت حاصل ہے۔ اسے مختلف میدانوں کے درمیان باہم روابط اور رشتہ پر استوار کیا گیا ہے۔IGBP میں دنیا بھر سے سینکڑوں ہزاروں سائنسدان ایک رضا کارانہ جذبے کے تحت حصہ لے رہے ہیں۔ IGBP کا بنیادی مقصد یہ ہے کہ یہ نظامِ ارضی کو کنٹرول کرنے والے طبعی، کیمیائی اور حیاتیاطی عوامل کو نہ صرف بیان کرے بلکہ ان عوامل کی کارکردگی کا مکمل ادراک حاصل کرے۔ مزید یہ کہ IGBP کی کوشش ہے کہ اس کا بھی احاطہ کرے کہ کس طرح یہ نظام ایک نہایت عجیب وغریب ماحول پیدا کرتا ہے تا کہ زندگی کی بقا اور تسلسل کو ممکن بنا سکے۔ اور یہ کہ اس نظام میں پیدا ہونے والی تبدیلیوں کی نوعیت کیا ہے اور وہ انداز کہ جس کے تحت یہ انسانی سرگرمیوں سے متاثر ہو رہی ہیں۔ یہ پروگرام سائنسی علم کی رسد کا فریضہ سرانجام دے رہا ہے تا کہ انسانی معاشرے ماحولِ ارضی کے ہمراہ قدم سے قدم ملا کر چل سکیں۔

IGBP مدد کرتا ہے:

☆ تحقیق کے لئے ایک مشترکہ بین الاقوامی لائحہ عمل مرتب کرنے میں جو متفقہ ایجنڈا کے مطابق ہو۔

☆ ایسے تحقیقی جال کے پھیلانے میں جو خاص الخاص اور مرکوز سوالوں کے جواب تلاش کرے اور معیاری طریقوں کو فروغ دے۔

☆ گلوبل اعداد وشمار کو اکٹھا کرنے کے عمل میں مدد اور رہنمائی فراہم کرنے میں

☆ ماڈلز کے درمیان موازنہ کرنے میں

☆ نظامِ ارضی کے وسیع تر پہلوؤں کا تجزیہ کرنے، نتائج حاصل کرنے اور انہیں مربوط کرنے میں۔

IGBP کی مصنوعات:

☆ اعداد وشمار، ماڈلز اور تحقیقی اوزار

☆ ماہرین کے پرکھے ہوئے ریسرچ کے رسالے (خاص رسالہ نمبر یا مضمون وغیرہ)

☆ نظامِ ارضی کی سائنس پر مبنی کتابیں

☆ پالیسی سے متعلق معلومات جو بآسانی حاصل کی جا سکتی ہیں۔مثلاً IGBP کی سائنسی سیریز

IGBP کی تحقیقی کاوش:

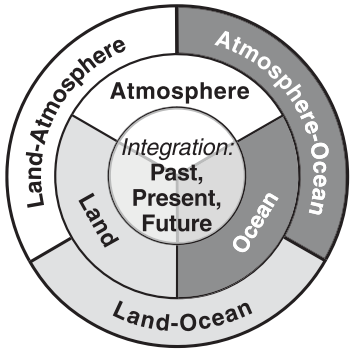
IGBP کی تحقیق آٹھ پروجیکٹس کے گرد منظم کی گئی ہے۔ یہ پروجیکٹس نظامِ ارضی کی نمائندگی کرتے ہیں یعنی خشکی، فضا اور سمندر اور پھر ان کے بین بین تمام جگہیں (یعنی زمین، فضا و فضا سمندر اور زمین، سمندر)؛ ان پروجیکٹس کا مقصد سیارے کے ماضی، حال اور مستقبل میں بدلتے ہوئے ماحول کو نظر میں رکھتے ہوئے مربوطیت

قائم کرنا اور ماڈلز بنانا۔

IGBP کے پروجیکٹس درج ذیل ہیں۔

لسٹ دے دیں Atmosphere

IGBP کے بہت سارے پروجیکٹس کو دوسرے اداروں کی معاونت حاصل ہے۔



نظامِ ارضی کی سائنس پارٹنرشپ:

Earth System Science Partnership

بین الاقوامی ہیومن ڈائمنشن پروگرام برائے گلوبل ماحولیاتی تغیرات،

(International Human Dimensions Program on Global Environmental Change),

ورلڈ گلائمٹ ریسرچ پروگرام

(World Climate Research Program),

اور Diversitas کے ساتھ مل کر کام کر رہا ہے۔ یہ چاروں بین الاقوامی پروگرام نظامِ ارضی کے سائنس کی پارٹنر شپ (Earth Science Partnership, ESSP) کی بنیاد پر قائم کئے گئے ہیں تا کہ نظامِ ارضی کے مربوط مطالعے کو ممکن بنایا جا سکے۔ اور جو تبدیلیاں اس نظام میں آ رہی ہیں اور اس کے اثرات گلوبل خود انحصاری (www.essp.org) پر مرتب ہو رہے ہیں انہیں بھی دیکھا جا سکے۔ ICSU ان چاروں بین الاقوامی گلوبل چینج ریسرچ پروگراموں کا مشترکہ معاون ہے۔

IGBP کے بارے میں مزید معلومات حاصل کرنے کے لئے آپ ہماری ویب سائٹ www.igbp.kua.se پر ضرور جائیں۔

Acknowledgements:

Many scientists contributed to the scientific synthesis on which this summary is based. For a more complete listing of scientists who contributed to the book, "Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure", see the acknowledgements section at the back of the book.

Here we list scientists who contributed to the book in the form of expert boxes on critical aspects of Earth System science:

Alverson, Keith
PAGES (Past Global Changes) International Project Office, Bern, Switzerland

Anisimov, Oleg
State Hydrological Institute, St.Petersburg, Russia

Betts, Richard
Hadley Centre for Climate Prediction and Research, UK Meteorological Office

Blunier, T.
Climate &Environmental Physics, Physics Institute, University of Bern, Switzerland

Brasseur, Guy P.
Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg, Germany

Clark, William C.
Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard University, USA

Claussen, Martin
Potsdam Institute for Climate Impact Research, Germany

Cole, Julia
Department of Geosciences, University of Arizona, Tucson, USA

Crossland, Chris
Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ) International Project Office, Texel, The Netherlands

Crutzen, Paul
Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany

De Fries, R.
Department of Geography and Earth System Science Interdisciplinary Center, University of Maryland, USA

Ehleringer, Jim
Department of Biology, University of Utah, USA

Farquhar, Graham D.
Cooperative Research Centre for Greenhouse Accounting, Research School of Biological Sciences, The Australian National University, Canberra

Folke, Carl
Center for Transdisciplinary Environmental Studies (CTM) and Department of Systems Ecology, Stockholm University, Sweden

Fu, Congbin
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing

Galloway, James
Department of Environmental Sciences, University of Virginia, USA

Goodwin, Ian
The University of Newcastle, Australia

Hanson, Roger B.
Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS), International Project Office, Bergen, Norway

Harvey, Nick
The University of Adelaide, Australia

Heintzenberg, Jost
Leibniz-Institute for Tropospheric Research, Leipzig, Germany

Held, H.
Potsdam Institute for Climate Impact Research, Germany

Jansson, Åsa
The Centre for Research on Natural Resources and the Environment, Stockholm University, Sweden

Jayaraman, A.
Physical Research Laboratory, Ahmedabad, India

Kates, Robert W.
Independent Scholar, USA

Kaye, Jack A.
Research Division, Office of Earth Science, NASA Headquarters, Washington, DC, USA

Lavorel, Sandra
Laboratoire d 'Ecologie Alpine, CNRS, Université Joseph Fourier, Grenoble, France

Leemans, Rik
Office for Environmental Assessment, Bilthoven, The Netherlands

Leichenko, Robin
Department of Geography, Rutgers University, USA

Lenton, Tim
Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK

Lohmann, Ulrike
Department of Physics and Atmospheric Science, Dalhousie University, Canada

Messerli, Bruno
Institute of Geography, University of Bern, Switzerland

Meybeck, Michel
Laboratoire de Géologie Appliquée, Université de Paris,France

Mitra,A.P.
National Physical Laboratory, New Delhi, India

Nobre, Carlos A.
Center for Weather Forecasting and Climate Research – CPTEC, Cachoeira Paulista, SP, Brazil

Norby, Richard J.
Oak Ridge National Laboratory, USA

O 'Brien, Karen
Center for International Climate and Environment Research, Oslo, Norway

Pataki, Diane
Department of Biology, University of Utah, USA

Petschel-Held, Gerhard
Potsdam Institute for Climate Impact Research, Germany

Rahmstorf, Stefan
Potsdam Institute for Climate Impact Research, Germany

Raynaud, D.
Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l 'Environnement, Centre National de la Recherche Scientifique and Université Joseph Fourier, Saint-Martin-d 'Hères, France

Richey, Jeffrey E.
School of Oceanography, University of Washington, Seattle, USA

Roderick, Michael L.
Cooperative Research Centre for Greenhouse Accounting, Research School of Biological Sciences, The Australian National University, Canberra

Scholes, R.J.
Council for Scientific and Industrial Research, South Africa

Serneels, Suzanne
University of Louvain, Belgium; currently at the International Livestock Research Institute, Kenya

Stocker, Thomas F.
Climate and Environmental Physics, University of Bern, Switzerland

Vörösmarty, Charles
Complex Systems Research Center, University of New Hampshire, USA

Watson, Andrew J.
School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK