3.7 भूमण्डलीय जलीय चक्र
(Global Hydrological Cycle)

स्थलीय सतह तथा महासागरीय सतह से वायुमण्डल (जलवाष्प के रूप में) में, वायुमण्डल से स्थलीय सतह (महाद्वीप) पर (वर्षा के रूप में) तथा स्थलीय सतह से पुनः सागरीय भाग में जल के चक्रीय रूप में संचरण (circulation) को जलीय चक्र कहते हैं।

भूमण्डलीय जलीय चक्र के अध्ययन में निम्न पक्षों (aspects) को सम्मिलित किया जाता हैं। इन्हें **जलीय चक्र का संघटक** (components) कहते हैं।

- जलीय चक्र का महत्व
- जलीय चक्र के तत्व (elements)
- जलीय चक्र में सम्मिलित ऊष्मा ऊर्जा (heat energy)
- जलीय चक्र की क्रियाविधि (mechanism)
- जलीय चक्र में मानव के प्रभाव

जलीय चक्र का महत्व

जैसा कि पहले भी बताया गया है कि जैवमण्डल में मानव सहित सभी जीवधारियों के जीवन-निर्वाह के लिए जल महत्वपूर्ण तत्व (elements) है। सभी जैविक प्रक्रियायें (biological processes) जलीय चक्र के क्रियान्वयन (functioning) पर निर्भर करती हैं। यद्यपि वनस्पतियों एवं जलीय चक्र के मध्य अन्तक्रियायें (interactions) सीमित होती हैं परन्तु जलीय चक्र का प्रभाव बहुत अधिक होता है, क्योंकि जैवमण्डल में वनस्पतियां **जैवभूरासायनिक चक्रों** (biogeochemical cycles) के माध्यम से अवसादों (sediments) एवं रासायनिक तत्वों के संचरण में प्रभावी माध्यम (effective medium) होती हैं। अर्थात् कार्बन चक्र, आक्सीजन चक्र, नाइट्रोजन चक्र, फासफोरस चक्र, अवसाद चक्र आदि जल के संचरण द्वारा सम्भव हो पाते हैं।

वास्तव में, जलीय चक्र ही जैवभूरसायन चक्रों को चालित करता है। ये चक्र इस तरह कार्य करते हैं कि रासायनिक तत्वों (पोषक तत्वों) का चक्रीय रूप में वायुमण्डलीय, अवसादी तथा जैविक प्रावस्थाओं (phases) से होकर चक्रण (cycling) होता रहता है।

जलीय चक्र पृथ्वी की सतह पर जल के वितरण में भी सहायक होता है। प्राकृतिक दशाओं में जलीय चक्र सुचारु रूप से क्रियाशील रहता है परन्तु मनुष्य द्वारा प्रकृति में अत्यधिक छेड़-छाड़ एवं हस्तक्षेप होने पर जलीय चक्र का

Scanned by CamScanner

सामान्य क्रियान्वयन विक्षुब्ध हो जाता है। परिणामस्वरूप प्रकृति के अन्दर होमियोस्टेटिक क्रियाविधि (homeostatic mechanism) भी अस्थिर हो जाता है (destabilized) जिस कारण कई प्रकार के प्रकोप एवं आपदायें (hazards and disasters) उत्पन्न हो जाती हैं। उदाहरण के लिए जून, 2013 की उत्तराखण्ड की तथा सितम्बर, 2014 की जम्मू एवं कश्मीर की प्रचण्ड बाढ़ मानव हस्तक्षेप के कारण ही विकराल हो गयी थी। अन्धाधुंध वनों की कटाई (वनविनाश), अस्थिर पहाड़ी ढालों पर अनियंत्रित भवन निर्माण, नदियों के बाढ़ क्षेत्रों (flood plains) में अनियंत्रित निर्माण कार्य, त्रुटिपूर्ण कृषि कार्य, नदियों के जलप्रवाह में अवरोध आदि ऐसे कार्य हैं जो जलीय चक्र को दुष्प्रभावित करते हैं।

जलीय चक्र के तत्व
(Elements of Hydrological Cycles)

जलीय चक्र की क्रियाशीलता (functioning) निम्न तत्वों/संघटकों की क्रियाविधियों (mechanisms) तथा संचालन (operation) पर निर्भर करती है :

- ऊष्मा ऊर्जा (सौर ऊर्जा—सूर्यातप (insolation) का अन्तर्वाह (inflow), अर्थात् सौर ऊर्जा का धरातल पर प्रवेश,
- वाष्पीकरण,
- वाष्पोत्सर्जन (evapotranspiration),
- रिसाव एवं अन्त:स्पन्दन (percolation and infiltration),
- संघनन एवं वर्षण (condensation एवं precipitation),
- सतही वाहीजल (surface runoff)

इन संघटकों (सौर ऊर्जा को छोड़कर) का अगले अध्यायों में विशद विवरण दिया गया है।

जलीय चक्र एवं सौर्यिक ऊष्मा ऊर्जा
(Hydrological Cycle and Solar Heat Energy)

भूमण्डलीय जलीय चक्र के क्रियान्वयन एवं चालन के लिए ऊष्मा ऊर्जा का प्रमुख स्रोत सौर विकिरण है तथा अन्य गौण ऊर्जा के अन्तर्गत निम्न को सम्मिलित किया जाता है :

(i) **प्रमुख स्रोत :** सौर विकिरण (solar radition)

(ii) **गौण स्रोत :**
- ब्रह्माण्डीय विकिरण (cosmic radition)
- भूतापीय ऊर्जा (geothermal energy)
- जीवाश्म ईंधनों (fossil fuels) में भण्डारित ऊर्जा के अवमुक्त होने पर प्राप्त ऊर्जा

जलीय चक्र के सुचारुरूप से क्रियान्वयन के लिए सूर्य सर्वप्रमुख ऊष्मा ऊर्जा (heat energy) का स्रोत है, क्योंकि सूर्य से प्राप्त ऊष्मा ऊर्जा (सूर्यातप) से ही निम्न का संचालन सम्भव हो पाता है :

- वाष्पीकरण की प्रक्रिया,
- वाष्पोत्सर्जन (evapotranspiration) की क्रिया,
- वायु का संचरण, जिससे स्थलीय एवं सागरीय जल की सतहों से वाष्पीकरण द्वारा जनित जलवाष्प (water vapour) का वायुमण्डल में परिवहन,
- बादलों को गतिशील होना,
- महासागरों में तरंगों तथा धाराओं का जनन एवं संचार (movements), आदि।

Scanned by CamScanner

सौर विकिरण प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से जैवमण्डलीय पारिस्थितिक तंत्र में **जैवभूरायन चक्रों** के माध्यम से जल का संचरण (circulation) करता है। स्मरण रहे कि जैवभूरसायन चक्र भी जलीय चक्र द्वारा ही चालित होता है।

आयन साइमन्स (1952) के अनुसार वायुमण्डल के ऊपरी सतह पर पहुंचने वाले सौरविकिरण की मात्रा 520×10^{22} जूल्स होती है जो कि सूर्य की वाह्य सतह से विकिरित होने वाली ऊर्जा की मात्र 1/2 अरबवां भाग ही होती है। इस सकल ऊर्जा का 100×10^{22} जूल्स ऊर्जा पृथ्वी की सतह तक पहुंचती है परन्तु इस ऊष्मा ऊर्जा का 40 प्रतिशत भाग प्रत्यावर्तित होकर (reflected back) वापस चली जाती है। अत: 60×10^{22} जूल्स ऊष्मा ऊर्जा वाष्पीकरण एवं वर्षण द्वारा जलीय चक्र को चालित करने (to drive) के लिए सुलभ हो पाती है।

यम० रसिन तथा **यल० फ्लिट** के अनुसार जल एवं स्थलीय सतह के प्रत्येक एक वर्ग सेण्टीमीटर सतह पर प्रतिवर्ष क्रमश: औसतन 82,000 कैलोरी एवं 50,000 कैलोरी सौर्यिक ऊष्मा की ऊर्जा प्राप्त होती है परन्तु स्थलीय सतह पर प्राप्त होने वाली ऊष्मा की ऊर्जा (heat energy) की मात्रा अक्षांशों के अनुसार बदलती रहती है। अर्थात् यह सौर ऊर्जा भूमध्यरेखा से ध्रुवों की घटती जाती है।

रसिन तथा फ्लिट ने जलीय एवं स्थलीय सतहों से वाष्पीकरण के लिए ऊष्मा ऊर्जा का अनुमान लगाया है जैसा की अगली पंक्तियों में दिया जा रहा है :

(अ) **स्थल एवं सागरीय जल की सतहों से वाष्पीकरण के लिए सुलभ ऊष्मा (सौर विकिरण की मात्रा)**

- सागरीय जल की सतह का क्षेत्रफल = 361.2×10^{6} km²
- आन्तरिक जल (स्थल) की सतह का क्षेत्रफल = 32.1×10^{6} km²
- सभी जल की सतह का कुल क्षेत्रफल = 393.3×10^{6} km²
- सभी जल (स्थल एवं सागर) की सतहों पर प्राप्त वार्षिक ऊष्मा ऊर्जा (सौर विकिरण) की मात्रा = 82,000 कैलोरी प्रतिवर्ग सेण्टीमीटर प्रतिवर्ष
- सभी जल की सतहों (स्थलीय तथा सागरीय जल) पर वाष्पीकरण के लिए सुलभ सौर ऊष्मा ऊर्जा की मात्रा = 29.03×10^{22} कैलोरी (वार्षिक)

(ब) **स्थलीय सतहों से वाष्पीकरण के लिए सुलभ सकल सौर ऊष्मा ऊर्जा** (solar heat energy)

- स्थलीय सतहों का क्षेत्रफल = 116.8×10^{6} km²
- मृदा आर्द्रता (soil moisture) से वाष्पीकरण के लिए सुलभ ऊष्मा ऊर्जा की मात्रा = 2.92×10^{22} कैलोरी प्रतिवर्ष

(स) पृथ्वी की समस्त सतहों से वाष्पीकरण के लिए सुलभ सकल ऊष्मा ऊर्जा की कुल मात्रा (अ+ब)
$=31.95\times10^{22}$ कैलोरी प्रतिवर्ष

(द) पृथ्वी की समस्त सतहों से सौर ऊष्मा ऊर्जा द्वारा अनुमानित वाष्पीकरण की कुल मात्रा (**रसिन** तथा **फ्लिट** द्वारा अनुमानित) = 5,22,500 km³

(य) पृथ्वी की समस्त सतहों से सौर ऊष्मा ऊर्जा द्वारा अनुमानित वाष्पीकरण की कुल मात्रा (M.L. Lvoich द्वारा अनुमानित) = 5,25,100 km³

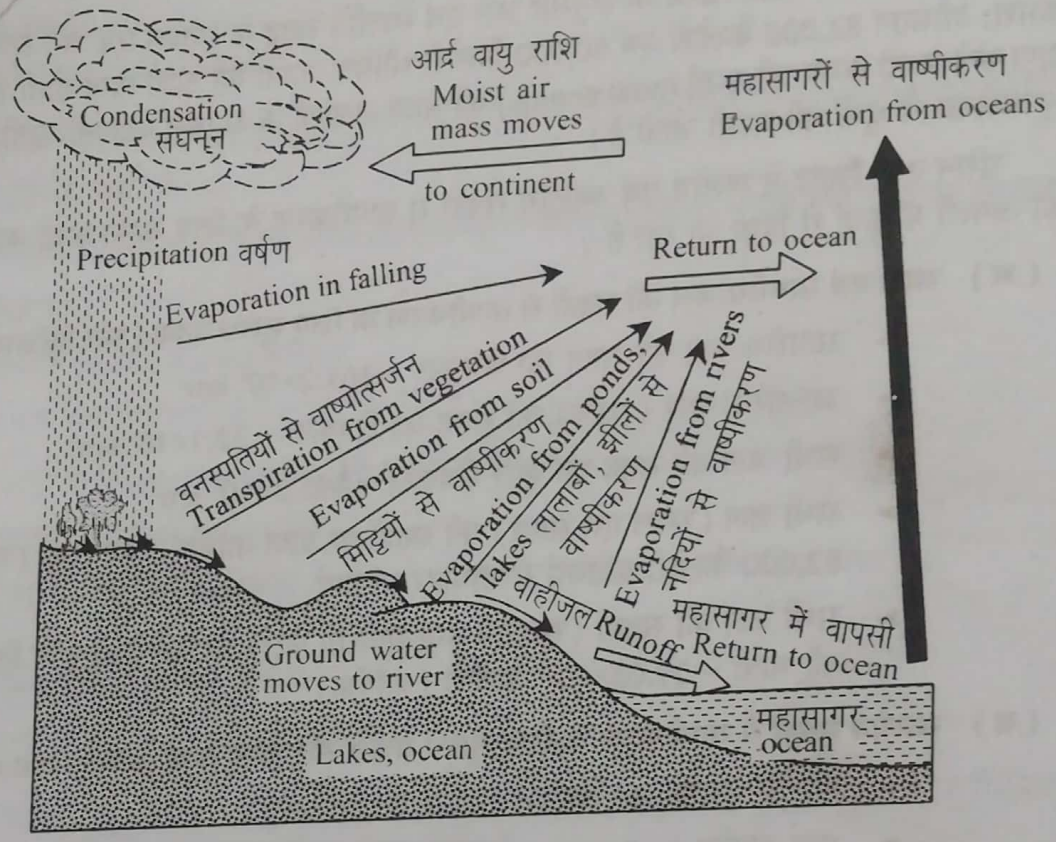
जलीय चक्र का क्रियान्वयन
(Mechanism of Hydrological Cycle)

भूमण्डलीय स्तर पर जलीय चक्र का क्रियान्वयन निम्न प्रक्रियाओं द्वारा सम्पन्न होता है :

- सौर्यिक विकिरण (सौर ऊर्जा) द्वारा सागरीय जल का वाष्पीकरण,
- जल का जलवाष्प के रूप में परिवर्तन, आर्द्रता का निर्माण,

Scanned by CamScanner

- वायुमण्डलीय परिसंचरण द्वारा .वायुमण्डलीय आर्द्रता (जलवाष्प) का महासागरों एवं महाद्वीपों के ऊपर क्षैतिज रूप में परिवहन,
- महाद्वीपों एवं महासागरों पर वायुमण्डलीय आर्द्रता का वर्षण द्वारा विभिन्न रूपों में विमोचन (या तो तरल रूप में, यथा : जल, ओस, कुहरा; या ठोस रूप में; यथा : हिम, बर्फ, पाला आदि),



चित्र 3.1 : भूमण्डलीय जलीय चक्र। विभिन्न मार्गों द्वारा जल का गमन, महासागरों से वायुमण्डल, वायुमण्डल से महाद्वीपों तथा महाद्वीपों से पुनः महासागरों में जल की वापसी।

- जलवर्षा का जमीन में रिसाव (percolation) तथा अन्त:संचरण (infiltration),
- सतही वाही जल (surface runoff) का जनन तथा उसका जलाशयों, झीलों एवं सरिताओं में पहुंचना,
- धरातलीय/महाद्वीपीय सतह से जल का वाही जल (runoff) तथा सरिताओं द्वारा सागरीय भागों में स्थानान्तरण (वापसी)। इन समस्त प्रक्रियाओं को चित्र 3.1 के माध्यम से दर्शाया गया है।
- महासागरीय सतहों पर प्रत्यक्ष वर्षा, आदि।

भूमण्डलीय जलीय चक्र के संचालन (operation) का निम्न रूपों में वर्णन किया जा सकता है :

महासागरों का जल सूर्यातप (सौर्यिक ऊष्मा ऊर्जा) द्वारा गर्म होता है तथा उसका अल्पांश गैसीय रूप अर्थात् जलवाष्प में बदल जाता है। इस आर्द्रता का वायुमण्डलीय पवन संचरण द्वारा महाद्वीपीय एवं महासागरीय भागों पर क्षैतिज परिवहन होता है। ऊपर उठने के कारण वायु ठंडी होती है जिस कारण जलवाष्प का संघनन (condensation) होता है तथा अन्ततः जलवाष्प वर्षण (precipitation) के रूप में महाद्वीपों एवं महासागरों पर अवमुक्त (release)

Scanned by CamScanner

हो जाती है। महाद्वीपों पर प्राप्त जलवर्षा तथा हिमद्रवित जल (melt-water) नदी-नालों से होकर पुनः महासागरों में वापस पहुँच जाता है (चित्र 3.1 तथा 3.2)। वर्षण का जल महाद्वीपीय सतह पर निम्न रूपों में आता है:

- वर्षा का कुछ हिस्सा महाद्वीपों की नदियों, झीलों, अन्य जल भण्डारों तथा स्थलीय भागों पर सीधे गिरता है। इस वर्षा को **प्रत्यक्ष वर्षण** या **सीधी वर्षा** (direct fall) कहते हैं। इस वर्षा के जल का नदियों द्वारा सागरों में विलय हो जाता है।
- जल वर्षा के कुछ भाग का वनस्पतियों द्वारा अन्तरारोधन (interception) हो जाता है। इस अन्तरारोधित अर्थात् पेड़ों के सबसे ऊपरी भाग से रोकी गयी मात्रा के कुछ भाग का वाष्पीकरण हो जाता है तथा शेष भाग वृक्षों की शाखाओं तथा तनों से होकर **तना प्रवाह** (stem flow) या **हवाई सरिता** (aerial strearmlets) के रूप में जमीन तक पहुँचता है।
- वर्षा का कुछ भाग वनस्पतिविहीन या विरल वनस्पति वाले क्षेत्रों में सीधे जमीन पर पहुँचता है (throughfall)।
- जलवर्षा के कुछ भाग का वनस्पतियों द्वारा वाष्पोत्सर्जन (evapotranspiration) होने से क्षय हो जाता है।
- जलवर्षा के कुछ जल का नदियों, झीलों, तालाबों आदि से वाष्पीकरण द्वारा वायुमण्डल में क्षय हो जाता है।
- ➤ धरातल पर प्राप्त होने वाली जलवर्षा का एक बड़ा भाग **प्रभावी स्थल प्रवाह** (effective overlandflow) का रूप धारण कर लेता है। धरातलीय सतह पर फैलकर बहने वाले जल को **वाहीजल** (runoff) भी कहते हैं। यह भूसतह की नदियों में मिल जाता है।
- ➤ वर्षा के जल के कुछ भाग का भूसतह के नीचे **अन्तःसंचरण** (infiltration) हो जाता है जो मिट्टियों में भण्डारित होता है। मृदा में स्थित इस जल के भण्डार को **मृदाजल भण्डार** कहते हैं।
- ➤ इस मृदा जल भण्डार से कुछ जल का **वाष्पीकरण** द्वारा तथा कुछ जल का पौधों से **वाष्पोत्सर्जन** (transpiration) द्वारा वायुमण्डल में क्षय हो जाता है। कुछ जल चश्मों एवं सोतों (springs) के रूप में पुनः सतह पर आ जाता है तथा **मृदा जलभण्डार** के कुछ जल का नीचे की ओर अन्तः संचरण हो जाता है। धरातल के नीचे भण्डारित इस जल के भण्डार को **भूमिगत जल भण्डार** कहते हैं।
- ➤ इस भूमिगत जल भण्डार से कुछ जल **आधार प्रवाह** (base flow) के रूप में नदियों में पहुँच जाता है, कुछ जल **केशिका क्रिया** (capillary action) द्वारा ऊपर उठता है तथा **मृदा जल भण्डार** से मिल जाता है तथा कुछ जल और नीचे चला जाता है तथा गहराई में स्थित आधार शैलों (bedrocks) में अवरुद्ध हो जाता है।

सरिता जलभण्डार में जल की आपूर्ति **धरातलीय वाही जल** (surface runoff) से, मृदा जलभण्डार से **अन्तःवाह** एवं **सीधावाह** (interflow तथा throughflow) के माध्यम से तथा भूमिगत जलभण्डार से **आधार प्रवाह** के माध्यम से होती है। वर्षण के (आगम) निवेश (input) का दो मार्गों से बहिर्गमन (exit) हो जाता है :

- ➤ नदियों, तालाबों, झीलों, मिट्टियों आदि से जल के वाष्पीकरण, वनस्पतियों के वाष्पोत्सर्जन (evapotranspiration) तथा जलवर्षा के धरातल पर पहुँचने से पहले वाष्पीकरण द्वारा जल का जलवाष्प (water vapour) के रूप में वायुमण्डल में वापसी, तथा
- ➤ धरातलीय जल का नदियों द्वारा सागरों एवं महासागरों में वापसी। इस समस्त प्रक्रिया की विश्वस्तर पर प्रतिवर्ष पुनरावृत्ति होती रहती है जिस कारण विश्वस्तरीय जलीय चक्र प्रभावी रूप में क्रियाशील रहता है।

ज्ञातव्य है कि यद्यपि सभी जलीय प्रक्रियायें महासागरों, महीद्वीपों तथा वायुमण्डल से होकर विश्वस्तरीय जलीय चक्र को कार्यान्वित करती हैं परन्तु जीवमण्डल में स्थित समस्त आर्द्रता का 95 प्रतिशत भाग विश्वस्तरीय जलीय चक्र के लिए भी सुलभ नहीं हो पाता है क्योंकि यह (अनुमानित मात्रा = $2,50,000 \times 10^{20}$ ग्राम) जल की मात्रा पृथ्वी की क्रस्ट की शैलों में सदा के लिए बन्द रहती है। इस तरह जीवमण्डल की समस्त नमी का मात्र 5 प्रतिशत भाग ही विश्वस्तरीय जलीय चक्र के लिए सुलभ हो पाता है। जीवमण्डलीय समस्त नमी के इस

Scanned by CamScanner

5 प्रतिशत (जिसे अब 100 प्रतिशत के रूप में लिया जा रहा है) का लगभग 97.2 प्रतिशत महासागरों में भण्डारित है तथा शेष 2.8 प्रतिशत नमी में से 2.15 प्रतिशत नमी ध्रुवीय हिमटोपियों एवं स्थायी हिमनदों में भण्डारित है, 0.62 प्रतिशत नमी भूमिगत जल के रूप में है (यह जल जलीय चक्र के लिए सुलभ होता है) तथा 0.03 प्रतिशत नमी नदियों, मिट्टियों, झीलों, तालाबों तथा आन्तरिक सागरों में भण्डारित है।

Scanned by CamScanner