

अपरोधन, अंतःस्यंदन और वाष्पोत्सर्जन

अध्याय CHAPTER 4

INTERCEPTION, INFILTRATION AND EVAPOTRANSPIRATION

जलविज्ञानीय चक्र में, वर्षा के रूप में गिरने वाला पानी, समावेशित जल, (अंतःस्पंदित जल) सतही अपवाह और भूमिगत जल भंडारण के रूप में फिर से प्रकट होता है। इसे आधुनिक जलविज्ञान साहित्य में वर्षा विभाजन भी कहा जाता है। सतही और भूजल जलाशय लगातार पुनर्भरण (वर्षा) द्वारा पुनः भर रहे हैं और वाष्पीकरण द्वारा रिक्त हो रहे हैं। वर्षा के घटकों के विभाजन से संबंधित विभिन्न अवधारणाओं की प्राचीन भारतीयों द्वारा अच्छी तरह से कल्पना की गई थी। इस अध्याय में इस क्षेत्र में वेदों और अन्य प्राचीन भारतीय साहित्य में उपलब्ध प्राचीन ज्ञान के बारे में संक्षेप में चर्चा की गई है।

In the hydrological cycle, water which falls as rain reappears as infiltrated water, runoff, surface and underground water storage. This is also called as rainfall partitioning in modern hydrologic literature. The surface and ground water reservoirs are constantly getting replenished by recharge (precipitation) and depleted by evapotranspiration. The concepts related to the various components of rainfall partitioning were well conceived by the ancient Indians. This chapter briefly discusses about the ancient knowledge in this field as available in the Vedas and other ancient Indian literature.

अपरोधन और अंतःस्यंदन

Interception and Infiltration

अपरोधन वर्षा का हिस्सा है जो पृथ्वी की सतह के द्वारा ग्रहण किया जाता है और जो तत्पश्चात् वाष्पित हो जाता है। अपरोधन वर्षा की मात्रा का 15–50% हो सकता है, जो कि पानी के बजट का एक महत्वपूर्ण घटक है। कई प्रकार के अपरोधन हो सकते हैं, जो एक दूसरे के साथ परस्पर क्रिया भी कर सकते हैं (गेरिट्स 2010)। अंतःस्पंदन शब्द का उपयोग उस प्रक्रिया का वर्णन करने के लिए किया जाता है जिसमें पानी को मिट्टी द्वारा सोखा या अवशोषित किया जाता है (हॉर्टन, 1933) और यह जलविज्ञानीय चक्र के महत्वपूर्ण घटकों में से एक है। जलविज्ञानीय चक्र में जल महासागरों और भूमि पर विभिन्न सतही जल पिंडों से वाष्पीकृत होकर वायुमंडल का हिस्सा बन जाता है। वाष्पित नमी ऊपर उठती है और वायुमंडल में तब तक फैलती है जब तक कि यह भूमि पर या सागर में बरस नहीं जाती। वर्षा के पानी का अपरोधन हो सकता है और पौधों द्वारा वाष्पोत्सर्जन में उपयोग किया जा सकता है या यह जमीन पर बह भी सकता है।

Interception is the part of the rainfall that is intercepted by the earth's surface and which subsequently evaporates. Interception can amount to



15-50% of precipitation, which is a significant part of the water budget. One can distinguish many types of interception, which can also interplay with each other (Geritts, 2010). The term infiltration is used to describe the process involved where water soaks into or is absorbed by the soil (Horton, 1933) and it is one of the important components of the hydrologic cycle. In the hydrologic cycle, water from the oceans and various surface bodies on the land evaporates and becomes part of the atmosphere. The evaporated moisture is lifted and dispersed in the atmosphere until it precipitates on the land or in the ocean. The precipitated water may be intercepted and used in transpiration of the plants or may run over the ground.

अपरोधन के कुछ संदर्भ प्राचीन भारतीय साहित्य में अन्य विषयों यथा वर्षा, मेघ निर्माण और पर्यावरण शुद्धिकरण पर वनों और वनस्पतियों के प्रभाव की व्याख्या के साथ अन्तमिश्रित पाए जाते हैं। तैत्रीय (तैत्तरीय) संहिता में वर्षा के होने पर वनों के प्रभाव का उल्लेख किया गया है (टी.एस. II, 4.9.3)

Some references to interception are found intermixed with other topics in ancient Indian literature, such as explaining the effect of forests and vegetation on rainfall, cloud formation and environmental purification. Taithiriya Samhita mentions the effect of forests on causation of rainfall (TS.II,4.9.3)

सौभययैवाहुत्या दिवो वृष्टिमव रुन्धे मघुषा सं यौत्यपां
वा एष ओषधीनां रसो यन्मध्वभदय एवौषधीभयो वर्षत्यथो
अद्भय एवौषधीभयो वृष्टिं नि नयति ॥ TS,II,4.9.3 ॥

महाभारत के श्लोक 184.15–17 में कहा गया है कि पौधे अपने जड़ों से पानी पीते हैं। पौधों द्वारा पानी के उठने की प्रक्रिया को एक पाइप के माध्यम से पानी के चढ़ने के उदाहरण द्वारा समझा जा सकता है। यह कहा जाता है कि हवा के संयुग्मन से जल उठने की प्रक्रिया सुगम हो जाती है। इसके द्वारा स्पष्ट रूप से मिट्टी में केशिका प्रक्रिया के द्वारा पानी के ऊपर उठने और नीचे गिरने के ज्ञान का पता चलता है :

The verses 184.15-17 of Mahabharata state that the plants take water through their roots. The mechanism of water uptake by plants is explained by the example of water rise through a pipe. It is said that the water uptake process is facilitated by the conjunction of air. This clearly reveals the knowledge of capillary action of soil in movement of water up and down as:

पादैः सलिलपानाच्च व्याधीनां वापि दर्शनात् ।
व्याधिप्रतिक्रियत्वाच्च विघते रसनं दुमे ॥ MB.XII,184.15 ॥
वक्त्रेणोत्पलनालेन यथोर्ध्वं जलमाददेत ।
तथा पवनसंयुक्तः पादैः पिवति पादपः । MB.XII,184.16 ॥

जहाँ तक अंतःस्पंदन की बात है, विद्वान, वराह मिहिर ने स्पष्ट रूप से वृहत संहिता के उद्घाटन श्लोक में इसका उल्लेख किया है। प्रथम श्लोक में बताया गया है कि कुछ स्थानों पर जल स्तर उच्च है और अन्य स्थानों पर यह निम्न है:—

As far as infiltration is concerned, the scholar, Varahamihira clearly reveals it in the opening shloka of the Vrhat Samhita. Verse I tells us that at some places water table is higher and at others it is lower as:

पुंसां यथादेन शिरास्तथैव क्षितावपि प्रोन्नतनिम्नसंस्थाः (Vr.S,54.1)

इसका तात्पर्य है कि पृथ्वी के नीचे पानी की प्रवृत्ति मानव शरीर में नसों की तरह है, कुछ उच्च और कुछ न्यून।

It implies that the water veins beneath the earth are like veins in the human body, some higher and some lower.

एकेन वर्णेन रसेन चाम्भश्च्युतं नभस्तो वसुधाविशेषात् ।
ननारसत्वं बहुवर्णतां च गतं परीक्ष्यं क्षितितुल्यमेव ॥ Vr.S.,54.2 ॥

वृहत संहिता का श्लोक 54.2 यह बताता है कि आकाश से गिरता पानी पृथ्वी की विभिन्न प्रकृति से कई रंग और अलग-अलग स्वाद को ग्रहण करता है। इस प्रकार, तात्पर्य यह है कि वर्षा जल का अंतःस्पंदन भूजल का स्रोत है। भूजल वर्षा



जल का एक जटिल फलन है। वर्षा जल का मूल रूप से एक जैसा ही रंग होता है लेकिन पृथ्वी की सतह पर नीचे आने के बाद और अन्तःस्रवण के बाद विभिन्न रंगों और स्वादों को ग्रहण करता है।

Vrhat Samhita verse 54.2 says that the water falling from sky assumes various colours and tastes from differences in the nature of earth. Thus, it implies that the infiltration of rainwater is the source of groundwater. The ground water is a complex function of rainwater. Rainwater originally has the same colour etc., but assumes different colours and tastes, after coming down to the surface of the earth and after percolation.

1200 ईस्वी के युग में बापुदेश शास्त्री द्वारा लिखित तीन श्लोकों (भास्कराचार्य द्वारा लिखित सिद्धांत शिरोमणि में, भाग-2 गोलाध्याय, त्रिपाठी, 1969) में कोहरे या धुंध की घटना के लिए वैज्ञानिक विवरण प्रदान किए गए हैं। कोहरे हेतु “रजः सहित” शब्द का प्रयोग किया गया है। श्लोक में शुद्ध रूप में कहा गया है कि वर्षा के अंत में विघटित बादल (नमी) पृथ्वी की सतह और पर्वत, पेड़ वनस्पति आच्छादन या उद्यान के पास लटके रहते हैं और हवा और गर्मी की गतिविधि के माध्यम से इन सतहों से अदृश्य हो जाते हैं। इससे स्पष्ट रूप से जमीनी सामग्री, वनस्पति आदि द्वारा अपरोधन और हवा की गर्मी की गतिविधि द्वारा समय के साथ इसके अदृश्य होने के तथ्य का पता चलता है।



वर्षा उपरान्त पेड़ों के आस-पास आच्छादित कोहरा
Mist around trees after rain
(स्रोत / Source : Unsplash.com)

Three verses quoted by Bapudeva Sastri (in Sindhanta Siromani by Bhaskaracharya, Part II, Goladhayaya, Tripathi, 1969) belonging to an era prior to 1200 A.D., provide scientific details of the phenomena of fog or mist (for which the term *jit% lagfr* has been used). The verses purport to say that at the end of rainy season dissipated clouds (moisture) hang near the surface of the earth and eclipse mountains, trees, vegetation cover or gardens and disappear through the activity of air and heat from these surfaces. This clearly reveals the fact of interception by earthy materials, vegetation etc. and its disappearance with time by the activity of air and heat.

वाष्पोत्सर्जन

Evapotranspiration

वाष्पीकरण और वाष्पन-उत्सर्जन और अन्य जलविज्ञानीय प्रक्रियाओं के साथ इन घटनाओं



का अंतर्संबंध वैदिक और अन्य प्राचीन भारतीयों द्वारा अच्छी तरह से समझा गया था जैसा कि प्राचीन साहित्य से सिद्ध होता है। ऋग्वेद (I, 6.10) में यह उल्लेख है कि सूर्य की किरण पृथ्वी और अन्य पदार्थों में निहित जल को छोटे-छोटे कणों में तोड़ती है, फिर ये छोटे-छोटे कण हवा में चढ़ते हैं और बादल का निर्माण करते हैं, यथा :

The phenomena of evaporation and evapotranspiration and its interrelation with other hydrological processes were well understood by ancient Indians as evidenced by Vedic and other ancient literature. In Rig Veda (I,6.10) it is mentioned that the sun ray breaks the water contained in the earth and other materials into minute particles, then these minute particles ascend by air and form clouds as:

इतो वा सातिमीमर्हे दिवो वा पार्थिवादधि ।

इन्द्रं महो वा रजसः ॥ R.V.I,6.10 ॥

नव्यं तदुक्थ्यं हितं देवासः सुप्रवाचनम् ।

ऋतमर्षन्ति सिन्धवः सत्यं तातान सूर्यो वित्तं मे अस्य रोदसी ॥ R.V.I,105.12 ॥

ऋग्वेद के श्लोक I, 105.12 में कहा गया है कि समुद्र आदि से जल सूर्य की किरणों की गर्मी के कारण वाष्पित हो जाता है, जो वर्षा के बनने का प्राथमिक कारण है। ऋग्वेद के श्लोक IV, 58.1 में भी यही तथ्य सामने आया है :

The verse I,105.12 of Rig Veda says that the water from the sea etc., evaporates due to the heat of Sun rays, which is the primary cause of rain formation. The same fact is revealed in the verse IV,58.1 of Rig Veda as:

समुद्रादूर्मिर्मधुमाँ उदारदुपांशुना सममृतत्वमानट् ।

घृतस्य नाम गुह्यं यदस्ति जिह्वा देवनाममृतस्य नाभिः ॥ R.V.IV,58.1 ॥

ऋग्वेद के श्लोक आठवें, 72.4 में कहा गया है कि वायुमंडलीय हवा सूर्य के कारण गर्म हो जाती है, फिर यह गर्मी पृथ्वी तक पहुंचती है और आर्द्रता को वाष्प में परिवर्तित करती है और इसे बादलों के रूप में एकत्र करती है, जो वर्षा और खाद्य उत्पादन का कारण है यथा:—

The verse VIII,72.4 of the Rig Veda says that the atmospheric air gets heated due to Sun, then this heat reaches the Earth and converts the humidity into vapour and collects it as clouds, which is the cause of the rain and food production as:

जाम्यतीतपे धनुर्वयोधा अरुहद्वनम् ।

धर्दे जिह्वयाषधीत् ॥ R.V.VIII,72.4 ॥

भावार्थ : सूर्य के ताप से अन्तरिक्षस्थ वायु उत्तम होता है और वह ताप सुदूर भूमि तक पहुंचकर जहां-तहां की आर्द्रता को वाष्प में परिणत कर मेघ के रूप में एकत्र करता है और फिर वही एकत्रित बादल छिन्न-भिन्न होकर वर्षा में परिणत होकर अन्न के उत्पादन का कारण बनता है, इसी कारण अन्तरिक्षस्थ अग्नि 'वयोध' है।

ऋग्वेद की तरह, यजुर्वेद में वाष्पीकरण के साथ-साथ उत्सर्जन के बारे में कुछ ज्ञान भी सम्मिलित है, यथा :

Like Rig Veda, the Yajur Veda also contains some knowledge about evaporation along with transpiration as:

देवो वनस्पतिर्देवमिन्द्रं वयोधसं देवो देवमवर्धयत ।

सेन्द्रियं भगमिन्द्रे वयो दधद्वसुवने वसुधेर्यस्य वेतु यजं ॥ Y.V.,28.43 ॥

देवो देवैर्वनस्पतिर्हिरण्यपर्णा मधुशाखः सुपिप्पलां देवमिन्द्रमवर्धयत् ।

दिवमग्रेणास्पृक्षदान्तरिक्षं पृथ्वीमट्ट हीद्वसुवने वसुधेयस्य वेतु यज ॥ Y.V.,28.20 ॥

यह कहता है कि वनस्पति पृथ्वी से पानी को आकर्षित करती है एवं गर्मी, हवा इत्यादि द्वारा वायुमंडल में वाष्पित करती है जिससे बादलों का निर्माण होता है। इसी तरह, अथर्ववेद (IV, 25.2 और IV, 27.14) में कहा गया है कि सार्वभौमिक सूर्य और हवा के कारण, पानी आकाश में जाता है और वर्षा के रूप में वापस आता है। वाष्पोत्सर्जन सूर्य की किरणों और हवा के कारण होता है, यथा :

It says that the vegetation attracts water from Earth and evaporates it to the atmosphere due to heat, wind etc. to form clouds. Similarly, Atharva Veda (IV,25.2 and IV,27.14) says that due to universal Sun and air, the water goes to the sky and comes back as rain. The evapotranspiration is



caused due to Sun rays and wind as:

ययोः संख्याता वरिमा पार्थिवानि याभ्यां रजो युपितमन्तरिक्षे ।
ययोः प्रायं नान्वानशे कश्चन तौ नो मुञ्चतमंहसः ॥ A.V.IV.25.2 ॥
अपः समुद्राद् दिवमुद्वहन्ति दिवस्पृथिवीमभि ये सृजन्ति ।
ये अद्भिरीशाना मरुतश्चरन्ति ते नो मुञ्चन्वंहसः ॥ A.V.IV,27.4 ॥

ऋग्वेद के श्लोक 173.6 में कहा गया है कि वायु मंडल ने पृथ्वी को चारों तरफ से घेर रखा है ।

The verse I,173.6 of the Rig Veda states that the atmosphere encompasses the Earth.

प्र यदित्था महिना नृभ्यो अस्त्यरं रोदसी कक्ष्ये नास्मै ।
सं विव्य इन्द्रो वृजनं न भूमा भर्त्ति स्वधावाँ ओपशमिव द्याम् ॥ R.V.I,173.6 ॥



वनों में वाष्पीकरण द्वारा स्थानीय बादलों का निर्माण
Formation of local clouds in the forest by evaporation
(स्रोत / Source : Earth.org)

सौर घटनाएं आकाश या स्वर्ग से जुड़ी हैं, जबकि बिजली, वर्षा और हवा को वायुमंडल में होने वाली घटनाओं के रूप में संदर्भित किया जाता है (आर.वी., IV, 53.5, III, 56, I., 108.9–10) लेकिन इन पदों से यह संदिग्ध लगता है कि ऋग्वेद को वायु-मंडल की वास्तविक सीमा या ऊर्ध्वाधर ऊंचाई का पता या अनुमान था ।

The solar phenomena are associated with the vault of the sky or heaven, while lightning. Rain and wind are referred to as occurring in the atmosphere (R.V.,IV,53.5, III.,56, I.,108.9-10) but it is doubtful whether the Rig Veda knew or guessed exactly the limit or the vertical height of the atmosphere, from these verses:

यदिन्द्राग्नी परमस्यां पृथिव्यां मध्यमस्यामवमस्यामुत स्थः ।
अतः परि वृषणावा हि यातमथा सोमस्य पिवतं सुतस्य ॥ R.V.I,108.9-10 ॥
षड् भारौ एको अचरन्बिभर्त्युतं वर्षिष्ठमुप गाव आगुः ।
तिस्रो महीरुपरास्तस्थुरत्या गुहा द्वे निहिते दश्येका ॥ R.V.III, 56.2 ॥
त्री षधस्था सिन्धवस्त्रिः कवीनामुत त्रिमाता विदथेषु सम्राट ।
ऋतावरीर्योषणास्त्रिस्रो अप्यास्त्रिरा दिवो विदथे पत्यमानाः ॥ R.V.,III,56.5 ॥
त्रिरन्तरिक्षं सविता महित्वना त्री रजांसि परिभूस्त्रीणि रोचना ।
तिस्रो दिवः पृथिवीस्त्रिस्र इन्वति त्रिभिर्व्रतैरभि नो रक्षति त्मना ॥ R.V.,IV,53.5 ॥

हमने पढ़ा है "सवित्रा (सूर्य) परिमाण में आकाश के तीन खंडों, तीन दुनिया, तीन शानदार मण्डल, तीन आकाश, तीन गुना पृथ्वी को घेरे है । इस संबंध में एक बहुत ही महत्वपूर्ण प्रश्न मन में आता है कि क्या आकाश के तीन विभाजन क्षोभ मंडल, समताप मंडल और आयन मंडल हैं । पुनः पृथ्वी के अति शीतल, समशीतोष्ण और उष्ण में तीन विभाजन फिर से हमें यह सोचने योग्य बनाते हैं कि क्या आर्य अति शीतल और सम शीतोष्ण क्षेत्रों के बारे में जानते थे और यह संभव है कि उनकी समुद्री यात्रा और आवास के लिए अग्रिम अभियान के दौरान उन्हें अतिशीतल क्षेत्र का पता चला हो ।

We read "Savitr (the Sun) encompassing them by magnitude pervades the three divisions of the firmament, the three world, the three brilliant spheres, the three heavens, the three-fold Earth. In this connection a very significant question comes in to mind whether the three divisions of



firmament denote troposphere, stratosphere, and ionosphere? Again in the triple divisions of the earth are we entitled to identify frigid, temperate and torrid zones, for different schools regarding Aryan home do recognize the Rig Vedic Aryans' knowledge about frigid and temperate zones and, it is just possible that in course of their ocean voyages and advances for habitat, they might have known torrid zone also.

वैदिक लोग अच्छी तरह से जानते थे कि पौधों (या वनों) का पानी के क्षय और वर्षा के कारण पर कुछ प्रभाव हैं (टी.एस., I, II, 4.9.3)।

The Vedic people were well aware that plants (or forests) had some influence on the loss of water and causation of rainfall (T.S., II, 4.9.3).

सौभययैवाहुत्या दिवो वृष्टमव रुन्धे मघुषा सं यौत्यापां वा एष ओषधीनां
रसो यन्मध्वेभदय एवौषधीभयो वर्षत्यथो उद्भय एवौषधीभयो वृष्टिं नि नयति ॥
T.S., II, 4.9.3 ॥

सूर्यताप की अवधारणा और भूमिका को तैत्तिरिया संहिता में भी संदर्भित किया गया है। अग्नि (सूर्यताप) वर्षा का कारण बनता है (तैत्तिरीय संहिता, II, 4.10.2), यथा:—

The concept and role of insolation is also referred to in the Taithiriya Samhita. Agni (Insolation) causes the rain to arise (T.S., II, 4.10.2) as:

अहोरात्राभयां पर्जन्यं वर्षयतो ग्नेये धामच्छदे पुरोडाशमष्टाकपालं निर्वयेन्मारुतं
सप्तकपालसौर्यमेककपालमग्निर्वा इतो वृष्ट मुदीरयति मरुतः सृष्टां नयन्ति यदा खलु
वा असावादित्यो न्यड. रष्मिभिः प्यावर्ततेथ वर्षति धामच्छदिवि खलु वै भूत्वा
वर्षत्येता वै देवता वृष्टया ईशते ता एवं स्वेन भागधेयेनोप धावति ता
॥ T.S., II, 4.10.2 ॥

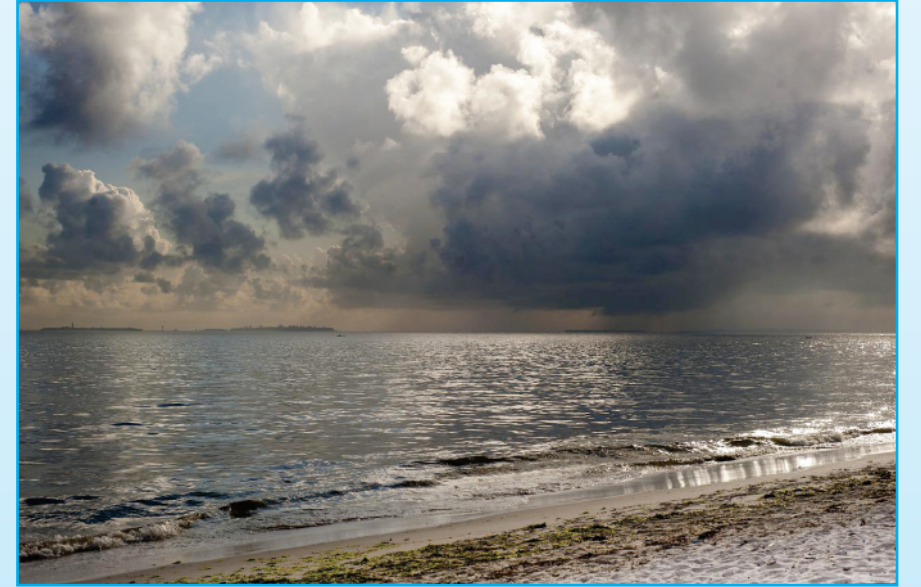
महाकाव्य रामायण, पृथ्वी से चंद्रमा की दूरी तक के वातावरण, इसकी स्थितियों और ब्रह्मांडीय क्षेत्रों के बारे में बहुत सारी जानकारी प्रस्तुत करता है। संपूर्ण वायुमंडलीय ब्रह्मांडीय फैलाव को नौ क्षेत्रों में विभाजित किया गया था, जहाँ अंतिम क्षेत्र सबसे लंबा है। रामायण (I, 47.4) पौराणिक रूप में वायुमंडलीय क्षेत्रों की उत्पत्ति का वर्णन करती है।

The epic Ramayana also furnishes a lot of information regarding the atmosphere, its conditions and cosmic regions, upto the distance of the Moon from the Earth. Entire atmospheric cosmic stretch was divided into nine regions, where last one is the longest. Ramayana (I.47.4) describes mythically the origin of the atmospheric regions.

वातस्कन्धा इमे सप्त चरन्तु दिवि पुचक।
मारुता इति विख्याता दिव्यरुपा मामात्मजाः ॥ Ramayana.I,47.4 ॥

गहन सूर्यताप और उच्च तापमान उपस्थित बादलों के विनाश या खंडन या विसर्जन के साधन के रूप में काम करता है इस प्रकार रामायण के श्लोक VI. 43. 29 में कहा गया है :

Intensive insolation and high temperature work as an agency of destruction or dispersion of the existing clouds is spoken of in VI. 43.29 of



सूर्य ताप द्वारा सघन बादलों का निर्माण
Formation of dense clouds by sun heat
(स्रोत / Source : Pixabay.com)



Ramayana as:

निर्विभेद शरैस्तीक्ष्णैः करैर्मघमिवांशुमान् ।। Ramayana.VI,43-29 ।।

रामायण में, हम श्लोक (II. 105.20) में सूर्य की किरणों द्वारा वाष्पीकरण के बारे में, और समुद्र के सौर तापन के कारण बादलों के बनने के बारे में (VII, 32.68) पढ़ते हैं, यथा :

In the Ramayana, we read about evaporation by the Sun's rays in verse (II.105.20), and about the formation of clouds due to solar heating of the ocean (VII,32.68) as:

आयूर्षि क्षपयन्त्याशु ग्रीष्मे जलिमवांशवः ।। Ramayana,II,105.20 ।।
उद्भूत आतपापाये प्योदानामिवाम्बुधौ ।। Ramayana,VII,32.68 ।।

रामायण के श्लोक VII, 25.30 में भी समुद्र के पानी के सूर्य ताप से गर्म होने को संदर्भित किया गया है ।

The insolational heating of the ocean water is also referred to in the Verse VII. 25.30 of Ramayana.

दौदात्म्येनात्मनोद्वतस्ताप्ताम्भा इव सागरः ।

ततो ब्रवीद दशग्रीवः कुद्रः संरक्तलोचनः ।। Ramayana.VII, 25.30 ।।

महाकाव्य महाभारत के बारहवें स्कंद में, वातावरण को सात क्षेत्रों (स्कंद, गोलाद्ध) में विभाजित किया गया है, और उन पर विस्तारपूर्वक चर्चा की गयी है। आवह, नाम की हवा (महाभारत XII, 328.37), जोर से आवाज के साथ बहती है। एक ओर हवा जो चार सागर से पानी पीती है और इसे चूसकर यह आकाश में बादलों को और बाद में वर्षा के देवता वर्षा को वर्षा करने के लिए देती है उसे उद्वह कहा जाता है (महाभारत XII, 328.38–39), यथा :

In the twelfth skanda of epic Mahabharata, the atmosphere is divided into seven regions (Skanda, Spheres) and they are discussed in considerable detail. The wind named as आवह (M.B.XII,328.37), blows with a loud noise.

Another wind which drinks up water from the four ocean and having sucked it up gives it to the clouds in the sky and subsequently to rain god is called उद्वह (MB.XII,328.38-39) as:

अम्बरे स्नेहमभयेत्य विधुदा भयश्च महाधुतिः ।
आवहो नाम संवाति द्वितीयः श्वसनो नदन ।। MB.XII,328.37 ।।
उदयं ज्योतिषां शश्वत सोमादीनां करोति यः ।
अन्तर्दहेषु चोदानां यं वदन्ति मनीषिणः ।। MB.XII,328.38 ।।
यश्चतुर्म्य समुद्रेभयो वायुर्धारयते जलम् ।
उद्वत्याददते चापो जीभूतेभयोम्बरे निलः ।। MB.XII,328.39 ।।

हवा के अलावा, सूर्य को वाष्पोत्सर्जन के मुख्य कारण के रूप में माना गया है। वन पर्व हमें बताता है कि सूर्य सभी पौधों और जल निकायों से नमी को वाष्पित करता है। जो वर्षा का कारण बनती है (महाभारत III, 3.49)। महाकाव्य हमें विभिन्न प्रकार के बादलों और वायुमंडलीय परतों की सूचना भी देता है।

Apart from the wind, the sun was realized as the main cause of evapotranspiration. The Vana Parva tells us that the Sun evaporates moisture from all plants and water bodies and causes rainfall (MB.III.3.49). The epic informs us of various types of clouds and atmospheric layers as well.

त्वमादायांशुमिस्तेजो निदार्घो सर्वदेहिनाम ।
सवौषाधिरसानां च पुनर्वर्षासु मुज्वसि ।। MB.III.3.49 ।।
संदहत्यैकार्णवं सर्वं त्वं शोषयसि रश्मिभिः ।। MB.III.3.59 ।।

महर्षि कणाद ने वैशे, सूत्र., 5.2.5 में पानी के वाष्पीकरण का कारण इस प्रकार बताया है, "सूर्य की किरणें हवा के साथ संयोजन के माध्यम से पानी के ऊपर उठने का कारण बनती हैं" :

Kanada in his Vaisesika Sutra (Vais.Sutra.,5.2.5) explains the cause of evaporation of water thus, "the Sun's rays cause the ascent of water, through conjunction with air":





खेत पर वाष्पीकरण
Evaporation on a Farm
(स्रोत / Source : Nationalgeographic.org)

नाइयो वायु संयोगादारोहणम् ॥ Vais.Sutr.5.2.5 ॥

महर्षि कणाद को वायुमंडल में संवहन धाराओं का भी ज्ञान था जिसे वे बहुत ही वैज्ञानिक शब्दों में संदर्भित करते हैं :-

Kanada was also acquainted with convection currents in the atmosphere which he refers to in very scientific terms as:

नोदनापीडनात्संयुक्त संयोगाच्च ॥ Vais.Sutr.5.2.6 ॥

लेखक और टिप्पणीकार शंकर मिश्र (1600 ईस्वी) ने इसे विस्तारपूर्वक समझाया है और इसे नीचे से गर्म पानी की कतली के उदाहरण के साथ चित्रित किया है (त्रिपाठी, 1969)। यह निर्णायक रूप से सिद्ध करता है कि महान दार्शनिक कणाद को पता था कि सूर्य की किरणें वायुमंडल में उपस्थित विकिरण और संवहन

धाराओं के माध्यम से पृथ्वी को गर्म करती हैं।

Author and commentator Sankara Misra (1600 AD) has beautifully explained this and illustrated it with the example of a kettle of water heated from below (Tripathi, 1969). It conclusively proves that the great philosopher Kanada knew that the Earth is heated by sun's rays through radiation and convection currents in the atmosphere.

विभिन्न पुराण हमें बताते हैं कि वायुमंडल में सात क्षेत्रीय परतें हैं (वात स्कन्ध) या सात प्रकार की हवाएँ हैं (वायु पुराण 49.163) हैं। नारद पुराण सात वायु मार्गों की बात करता है (60.13) अर्थात् स्पतैतेवायुमार्गाः कूर्मा अध्याय. 41.6-7 में भी थोड़े बदलाव के साथ यही बात कही गयी है, जैसा यहाँ वर्णित है:-

Various Puranas inform us that there are seven regions or layers (वातस्कन्ध) in the atmosphere or there are seven types of winds (Vayu. 49.163). Narada Purana speaks of seven air channels (60.13) viz. सप्तैतेवायुमार्गाः, Kurma Chapt. 41.6-7 also reveals same thing with little variations as described here:

रसातलतलात्सप्त सप्तैवाध्वतलाः क्षितौ ।

सप्त स्कन्धास्तथा वायोः सब्रह्मसदना द्विजाः ॥ Vayu.49.163 ॥

आवहः प्रवहश्चैत ततैवानुवहः पुनः ।

सम्बहो विवहश्चैव तदूर्ध्व स्यात्परावहः ॥ Kurma.41.6 ॥

तथा परिवहश्चैव वायोर्वे सप्त नेमयः ॥ Kurma. 41.7 ॥

वाष्पीकरण, बादल बनने और उनके वायु या वायुमंडल (वात स्कन्ध) के क्षेत्रों के साथ संबंध को (वात स्कन्ध) कई पुराणों (ब्रह्माण्ड खंड ॥, अध्याय 9, वायु अध्याय 51, लिंग, 1, 41, मत्स्य, 1, 54) में काफी संतोषजनक रूप से वर्णित किया गया है और इन विषयों पर उन्होंने एक पूर्ण पृथक अध्याय समर्पित किया है, जो सकारात्मक रूप से यह बताता है कि मौसमविज्ञान की इस शाखा के महत्व को अनुभव किया गया था। कुछ पदों को यहाँ उद्धृत किया गया है।

The phenomena of evaporation, cloud formation and their relationship with winds or regions of atmosphere (वातस्कन्ध) are quite satisfactorily



described in several Puranas (Brahamand Vol.II, Chapt.9., Vayu. Chapt. 51, Linga, I,41, Matsya,I,54) and a full-fledged separate chapter has been devoted to them in these topics, which positively evinces that due importance of this branch of meteorology was realized. Some of the verses are quoted here as:

नावृष्ट्या परिविश्येत वारिणा दीप्यते रविः ।
तस्मादपः पिबन्धो वै दीप्यते रविरंबरे ॥ Brahmanda II,9.138 ॥
तस्य ते रश्मयः सप्त पिबन्धुभो महार्णवात् ।
तेनाहारेण संदीप्ताः सूर्याः सप्त भवंत्युत ॥ Brahmanda II,9.139 ॥
वर्षाघर्मो हिमं रात्रिः संध्या चैव दिनं तथा ।
शुभाशुभं प्रजानां च ध्रुवात्सर्वं प्रवर्तते ॥ Vayu. 51.11 ॥
ध्रुवेणाधिकृतांश्चैव सूर्योपावृत्य तिष्ठतिः ।
तदेषदीप्त किरणः स कालीग्निर्दिवाकरः ॥ Vayu. 51.12 ॥
सूर्यः किरणजालेन वायुमुक्तेन सर्वशः ।
जगतो जलमादत्ते कृत्स्नस्य द्विज सत्तमाः ॥ Vayu. 51.13 ॥

वायु पुराण की उपर्युक्त पंक्तियों में बताया गया है कि सूर्य की किरणों हवा के साथ पृथ्वी से पानी निकालती हैं। लिंग पुराण (I, 41.11, 21 और 30), विशेष रूप से पानी के वाष्पीकरण में सूर्य की किरणों की भूमिका को पहचानता है, जो बादलों और बाद में वर्षा में परिवर्तित हो जाता है।

Above lines of Vayu Purana explain that the sunrays alongwith the air, extract water from earth. The Linga Purana (I,41.11,21 and 30), specifically recognizes the roll of sun rays in evaporation of water, which gets converted to clouds and subsequent rainfall.

प्रख्यात जैन ग्रंथ 'सूर्य प्रजनापति' में सूर्यताप, विकिरण और सूर्य के प्रकाश के परावर्तन और ऊर्जा और पृथ्वी और विभिन्न सतहों के ताप पर ध्यान केन्द्रित किया है। "धवलता अलवाड़ी" की अवधारणा में इनका योगदान अद्भुत प्रतीत होता है, जब हम इस तथ्य को ध्यान में रखते हैं कि यह काम कम से कम लगभग आधा सहस्राब्दी ई.पू. में किया गया था। धवलता अलवाड़ी की अवधारणा आधुनिक जल-मौसम विज्ञान का एक महत्वपूर्ण पहलू है। वाष्पोत्सर्जन की

प्रक्रिया एल्बिडो से प्रभावित होती है।

The celebrated Jain treatise 'Surya Prajnapti' has dwelt upon at length on insolation, radiation and reflection of the sun's light and energy and heating of the earth and various surfaces. Its conception of a contribution to "albedo" appears to be something wonderful, when we take into account the fact that the work was composed at least nearly half a millennium B.C. The concept of albedo is an important aspect of modern hydro-meteorology. The evapotranspiration process is greatly affected by the albedo.

वैद्युतोब्ज्जतु विज्ञेयस्तेशां यक्ष्ये तु लक्षणम् ।
वैद्यतो जाठरः सौरावारिगर्भास्त्रयोऽनियः ॥ Linga. I,41.11 ॥
यश्चासौ तपते सूर्यः पिवन्नभो गभस्तिभिः ।
पार्थिवाग्निविमिश्रोऽसौ दिव्यः शुचिरिति स्मृत ॥ Linga. I,41.21 ॥
वसंते चैव ग्रीष्मे च शतैः स तपते त्रिभिः ।
वर्षास्वथो शरदि च चतुर्भिस्त्रं प्रवर्षति ॥ Linga I,41.30 ॥
ध्रुवेणाधिष्टिताश्चापः सूर्यो वै गृह्य तिष्ठति ।
सर्वभूतशरीरेषु त्वापो ह्यानुश्चिताश्चियाः ॥ Matsya I,54.29 ॥
तेन चास्त्राणि जायन्ते स्थानमभ्रमयं स्मृतम् ।
तेजोभिः सर्वलोकेभ्य आदत्ते रश्मिभिर्जलम् ॥ Matsya I,54.31 ॥
समुद्राद्वायुसंयोगात् वहन्त्यापो गभस्तयः ।
ततस्त्वृत्वुवशात्कालेपरिवर्तन् दिवाकरः ॥ Matsya I,54.32 ॥

प्रभर्ता 4, सूत्र 25 या सूर्य की गर्मी (ताप क्षेत्र) प्रभर्ता 5, सूत्र 26) (लेखा प्रतिहति के रूप में नामित, सूर्य के प्रकाश का परावर्तन) सूर्य के प्रकाश के फैलने, विकिरण, सूर्यताप, परावर्तन और अल्बेडो के प्रकीर्णन की घटनाओं का सटीक वैज्ञानिक विवरण दिया गया है। सबसे पहले, इनमें अन्य संप्रदायों के अनुयायियों (परतीरथि का नाम) द्वारा रखे गए सूर्य के प्रकाश के परावर्तन पर बीस सिद्धांतों का उल्लेख है— फिर, यह एक अन्य महत्वपूर्ण तथ्य को संदर्भित करता है कि अनदेखी (अदृश्य) वस्तुओं में भी परावर्तन क्षमता होती है।

In Prabhrta 4, Sutra 25, detailed discussions are there dealing with



insolation or heat of the Sun (तापक्षेत्र), Prabhrta 5, Sutra 26 (designated as लेखा प्रतिहति, reflection of sun's light), presents a detailed discussion on the phenomena of scattering of sun's light, radiation, insolation, reflection and albedo and gives accurate scientific details. First, it mentions twenty theories on reflection of the sun's light held by the adherents of other sects (परतीर्थिकानाम). Then, it refers to another important fact that unseen (invisible) objects also possess reflective capacity.

प्रभर्ता 9 की सूक्ति 30 में संवहन की प्रकृति और पृथ्वी की सतह, जल निकायों और इसकी वस्तुओं और वातावरण और उनके महाद्वीपों के संदर्भों में सूर्य की किरण के माध्यम से तपने की चर्चा की गयी है सूर्य प्रजनाति के लेखक का भी कहना है कि सूर्य की तिरछी किरण, ऊर्ध्वाधर किरण की तुलना में कम गर्मी देती है इसकी सूर्य उदय, दोपहर और शाम और विभिन्न स्थानों (या आक्षांश) के संदर्भों में चर्चा की जाती है। इससे पता चलता है कि जैन काल के दौरान, भारतीयों को ऊष्मा विनिमय प्रक्रियाओं के गहन तकनीकी सिद्धांतों के बारे में अच्छी तरह से पता था।



सूर्योदय के समय निम्न ऊष्मा विकिरण
Low energy radiation during sun rise
(स्रोत / Source : Wikipedia)

In aphorism, 30 of the 9 Prabhrta, discusses about the nature of convection and radiation heating through the sun's ray with reference to earth surface, water bodies and its objects and atmosphere and its continents. The author of the Surya Prajanapti also speaks that slanting rays of the sun give lesser heat and vertical ones greater heat. This is discussed with reference to the rising of the sun, noon and evening and different places (or latitudes). This shows that during Jain period, the Indians were well known about the heat exchange processes with in-depth technical theories.

उपसंहार

Epilogue

अध्याय में प्रस्तुत विभिन्न संदर्भों और चर्चाओं से पता चलता है कि प्राचीन भारतीयों की अपरोधन, अंतःस्पंदन की प्रक्रियाओं के बारे में महत्त्वपूर्ण समझ विकसित थी। वनस्पति द्वारा अपरोधित जल एवं पृथ्वी की सतह के निकट अन्य पदार्थों पर जल की बूंदें, जो कि वायु एवं ऊष्मा द्वारा अदृश्य हो जाती हैं, का भी ज्ञान था। आधुनिक मृदा-विज्ञान हमें बताता है कि मिट्टी परस्पर जुड़े छिद्र



स्थानों से बनी है। इसका प्राचीन भारतीयों द्वारा स्पष्ट रूप से ज्ञान था और उन्होंने इसकी मानव शरीर में नसों के साथ तुलना की थी, जिसके माध्यम से अंतःस्पंदन होता है, जो भूजल का स्रोत है। प्राचीन भारतीयों का वाष्पीकरण और उत्सर्जन के बारे में भी बहुत वैज्ञानिक ज्ञान विकसित था। सूर्य की किरणें, हवा आर्द्रता, वनस्पति इत्यादि वाष्पोत्सर्जन के प्रमुख कारण हैं, यह उन्हें पता था। प्राचीन भारतीयों ने जलविज्ञानीय चक्र, ऊर्जा परिसंचरण और खाद्य उत्पादन और प्राकृतिक पारिस्थितिकी तंत्र को बनाए रखने के लिए वाष्पोत्सर्जन के महत्त्व को माना था। सौर घटना, प्रकाश, हवा, बादल का निर्माण आदि वायुमंडल की निचली परत में होते हैं। वायुमंडल को क्षोभ मंडल, समताप मंडल और आयन मंडल में और ग्लोब को समशीतोष्ण और नाजुक क्षेत्र में विभाजित किया गया था, जो आधुनिक मौसम विज्ञान के लिए तुलनीय है। पौधे जड़ों के माध्यम से पानी पीते हैं जो हवा के संयोजन द्वारा सुगम होता है जो महाभारत में वर्णित है महाभारत पूरी तरह से मिट्टी, पानी और पौधों के संबंध में केशिका की आधुनिक अवधारणा की पुष्टि करता है। यह तथ्य है कि पौधों और वन आदि पानी की हानि पर कुछ प्रभाव रखते हैं, महाद्वीपों और जल निकायों की तापन दर में अंतर, संवहन धाराओं का गठन और उनके प्रभाव अच्छी तरह से ज्ञात थे। हालाँकि, यह प्राचीन जलविज्ञान साहित्य में आगे शोध का विषय है कि अपरोधन, अंतःस्पंदन और वाष्पोत्सर्जन की प्रक्रियाओं को निर्धारित करने के लिए विशिष्ट उपकरण/ तकनीकें उस समय थी या नहीं।

The various references and discussions presented in the chapter show the ancient Indians had developed significant understanding about the processes of interception, and infiltration. The interception of water by

vegetation and hanging of water particles near the surface of Earth on other materials was also observed, which disappear through the activities of wind and heat. The modern soil science tells us that the soil is composed of interconnected pore spaces. This was clearly realized by the ancient Indians and was compared with the veins in the human body, through which infiltration takes place, which is the source of ground water. Ancient Indians also developed a very scientific knowledge about evaporation and transpiration. That sun rays, wind, humidity, vegetation etc. are the major causes of evapotranspiration, was known to them. The ancient Indians had realized the importance of evapotranspiration as an important facet of water cycle, energy circulation and food production and, for maintaining the natural eco-system. Solar phenomena, lightening, wind, cloud formation etc. take place in lower layer of the atmosphere. Atmosphere was divided in troposphere, stratosphere and ionosphere and globe in torrid, temperate and frigid zones which is comparable to modern meteorology. Plants drink up water through roots which is facilitated by the conjunction of air is alluded to in Mahabharata which fully corroborates the modern concept of capillarity in soil, water and plant relationship. The fact that plants and forests have some influence on water loss, differential rate of heating of the continents and water bodies, formation of convection currents and their effects were well understood. However, it is point of further research in the ancient hydrologic literature whether there were specific instruments/ techniques to quantify the processes of interception, infiltration and evapotranspiration.

