5

महासागरीय जल का तापमान
(Temperature of the Oceans)

पृथ्वी के लगभग तीन-चौथाई भाग पर विस्तृत महासागरों एवं सागरों के तापमान का भौगोलिक दृष्टि से विशेष महत्व है। स्थल की भाँति महासागरों को प्राप्त होने वाली ऊष्मा का मुख्य स्रोत सूर्य है। भूगोलवेत्ताओं के लिये महासागरीय जल की सतह के तापमान के साथ-साथ उसकी विभिन्न गहराइयों के जल का तापमान भी महत्वपूर्ण होता है।

महासागरीय जल के तापमान की दशाओं द्वारा ही उसकी भौतिक एवं जैविक विशेषताओं का निर्धारण होता है। समुद्री जीवजन्तुओं के प्रकार, उनकी अन्य विशेषताओं तथा उनके वितरण पर महासागरीय जल के तापमान का महत्वपूर्ण नियंत्रण होता है। महासागरीय धाराओं की उत्पत्ति में भी तापमान का विशेष योगदान होता है। महासागरों के जल में सौर ऊर्जा के भंडारण की अपार क्षमता होने के कारण पृथ्वी के ऊष्मा बजट में सन्तुलन बनाये रखने में भी इसका विशेष महत्व होता है। स्थल की अपेक्षा जल की विशिष्ट ऊष्मा (specific heat) अधिक होने के कारण महासागरों का जल स्थल की अपेक्षा अधिक देर से गर्म और शीतल होता है। अतः समुद्रों के तटवर्ती क्षेत्र समुद्र-जल की इसी विशेषता के फलस्वरूप ग्रीष्म ऋतु में कम गर्म तथा शीत ऋतु में कम सर्द होते हैं। इसी प्रकार महासागर अपने प्रभाव क्षेत्र में आने वाले भूखण्डों की जलवायु को सम (moderate) रखने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। इस प्रकार स्पष्ट है कि महासागरीय जल के तापमान की उपर्युक्त विशेषतायें भूगोलवेत्ताओं के लिये अत्यधिक महत्वपूर्ण होती हैं।

वास्तव में महासागरीय जल को ऊष्मा की प्राप्ति मुख्य रूप से दो विधियों से होती है -

(1) **सौर ऊर्जा के विकिरण के अवशोषण द्वारा**, तथा (2) **पृथ्वी की आन्तरिक ऊष्मा (internal heat) के कारण महासागरों में उत्पन्न संवहन धाराओं द्वारा**। इसी प्रकार महासागरीय जल अपने तल से होने वाले दीर्घ तरंगीय ऊष्मा विकिरण (**long-wave radiation**), संवहन धाराओं तथा वाष्पन की प्रक्रियाओं द्वारा ताप का विमोचन करके शीतल होता है। वस्तुतः महासागरीय जल के तापमान की सभी विशेषतायें उसके ऊष्मन और शीतलन की अन्तर्क्रियाओं के फलस्वरूप उत्पन्न होती हैं।

महासागरीय जल के तापमान का उसके घनत्व से प्रत्यक्ष सम्बन्ध होता है। तापमान में परिवर्तन होने से घनत्व में भी परिवर्तन होता है। तापमान में वृद्धि होने पर समुद्र के जल के घनत्व की कमी, तथा इसके विपरीत, तापमान में गिरावट के फलस्वरूप घनत्व में वृद्धि अंकित की जाती है। वास्तव में तापमान और सागर जल की लवणता में घनिष्ट सम्बन्ध होता है और इन दोनों का सम्मिलित रूप से घनत्व पर प्रभाव पड़ता है। घनत्व में अन्तर के कारण महासागरीय जल में विभिन्न प्रकार की गतियाँ उत्पन्न होती हैं।

महासागरीय जल के तापमान में स्थानिक अन्तर पाया जाता है। इसके अतिरिक्त सतह से नीचे की ओर जल का तापमान कम होता जाता है। अक्षान्तरीय प्रभाव के कारण जल का तापमान भूमध्यरेखीय क्षेत्र से ध्रुवों की ओर भी कम होता जाता है।

महासागरों की सतह का तापमान (Surface Temperature)

महासागरों के पृष्ठीय तापमान का वितरण अत्यधिक जटिल होता है। साधारण तौर पर खुले हुए महासागरों के तल का वार्षिक औसत तापमान भूमध्य रेखीय क्षेत्रों से ध्रुवों की ओर धीरे-धीरे घटता जाता है। भूमध्य रेखा के निकट पृष्ठीय तापमान का औसत 27° सेल्सियस होता है, जब कि 20° अक्षांश पर

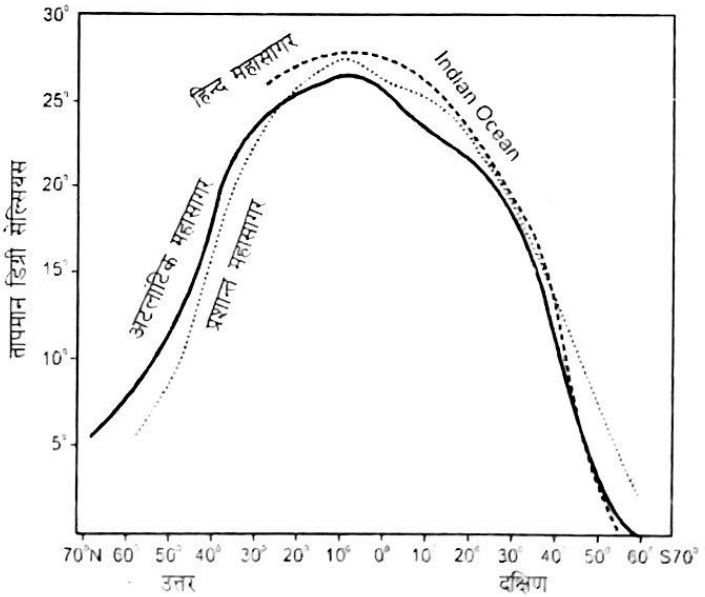
औसत तापमान 23° से., 40° अक्षांश पर 14° से. तथा 60° अक्षांश पर 1° सेल्सियस अंकित किया जाता है। ध्रुवीय क्षेत्रों में महासागरों की सतह पर तापमान -1.8° सेल्सियस अंकित किया जाता है जो सागरीय जल का हिमांक (freezing point) होता है। ग्रीष्मकाल में फारस की खाड़ी में औसत तापमान 32° से. अंकित किया जाता है। उत्तरी गोलार्द्ध की अपेक्षा दक्षिणी गोलार्द्ध में महासागरों का पृष्ठीय तापमान अन्टार्कटिक हिम टोप (ice cap) के शीतलकारी प्रभाव के कारण अपेक्षाकृत कम होता है।

सारणी 5.1

विभिन्न अक्षांशों में महासागरों के पृष्ठीय तापमान के औसत (तापमान अंश सेल्सियस में)

उत्तरी अक्षांश (अंशों में)	अटलांटिक महासागर	हिन्द महासागर	प्रशान्त महासागर	दक्षिणी अक्षांश (अंशों में)	अटलान्टिक महासागर	हिन्द महासागर	प्रशान्त महासागर
10-0	26.66	27.8	27.20	10-0	25.18	27.41	26.01
20-10	25.81	27.23	26.42	20-10	23.16	25.85	25.11
30-20	24.16	26.14	23.38	30-20	21.20	22.53	21.53
40-30	20.40	-	18.62	40-30	16.90	17.00	16.98
50-40	13.16	-	9.99	50-40	8.68	8.67	11.16
60-50	8.66	-	5.74	60-50	1.76	1.63	5.00
70-60	5.60	-	-	70-60	-1.30	-1.50	-1.30

सारणी 5.1 में दोनों गोलार्द्धों की विभिन्न अक्षान्तरीय पेटियों में पृष्ठीय तापमान के औसत प्रदर्शित हैं। इससे स्पष्ट हो जाता है कि सभी महासागरों में उच्चतम तापमान भूमध्य रेखा के उत्तर ही अंकित किये जाते हैं। इसका मुख्य कारण वायुमण्डलीय परिसंचरण माना जाता है। यद्यपि **महासागरीय तापीय भूमध्य रेखा** (oceanic thermal equator) का मौसमी विस्थापन होता है, तथापि कुछ क्षेत्रों को छोड़कर सर्वत्र इसकी स्थिति उत्तरी गोलार्द्ध में ही रहती है। इसके अतिरिक्त यह भी स्पष्ट हो जाता है कि समान अक्षांशों में उत्तरी गोलार्द्ध में दक्षिणी गोलार्द्ध की तुलना में अधिक तापमान अंकित किये जाते हैं। कारण यह है कि दक्षिणी गोलार्द्ध में महासागरीय जल का संचार शीतोष्ण एवं ध्रुवीय क्षेत्रों के मध्य मुक्त रूप से होता है, जब कि उत्तरी गोलार्द्ध में **अन्तःसागरीय कटकों** (submarine ridges) तथा संचार पथ के सँकरेपन के कारण जल के संचार में बाधा पड़ती है (चित्र 5.1)।



चित्र 5.1 महासागरो के पृष्ठीय तापमान में अक्षांशीय विभिन्नता।

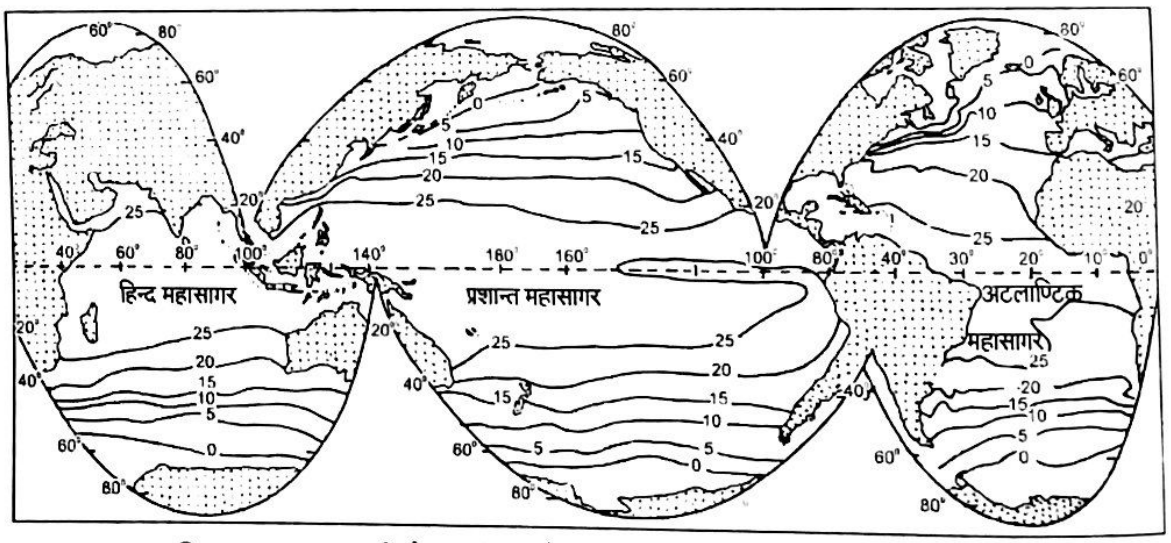
ज्ञातव्य है कि स्थल से घिरे उष्णकटिबन्धीय सागरों में ही सर्वाधिक तापमान रेकार्ड किये जाते हैं - उदाहरणार्थ, लाल सागर में ग्रीष्मकालीन तापमान कभी-कभी 38° सेल्सियस तक पहुँच जाता है। किन्तु इस

सागर का औसत ग्रीष्मकालीन तापमान 29.4° सेल्सियस है। शून्य अंश की समताप रेखा ध्रुवीय क्षेत्रों के चारों ओर लगभग वृत्ताकार होती है और शीत ऋतु में इसमें भूमध्यरेखा की ओर थोड़ा विस्थापन हो जाता है।

महासागरीय जल के औसत वार्षिक तापमान को देखने से ऐसा स्पष्ट हो जाता है कि कर्क और मकर रेखाओं के समीप वायु का तापक्रम समुद्र के जल के तापमान से कुछ अधिक होता है, किन्तु अन्य भागों में वायु का तापमान समुद्र के जल के तापमान से कुछ कम रहता है। किन्तु ग्रीष्मकाल में हिन्द महासागर को छोड़कर अन्य सभी महासागरों का तापमान संलग्न वायु के तापमान से कम पाया जाता है, जब कि शीतकाल में संलग्न वायु की परतों का तापक्रम समुद्र से कम होता है।

क्योंकि महासागरीय जल की सतह का तापमान मुख्य रूप से अक्षांश से नियंत्रित होता है, इसलिये समुद्री सतह की समताप रेखायें साधारणतौर पर अक्षांश रेखाओं के समानान्तर होती हैं। यद्यपि भूमध्य रेखा से दूरी बढ़ने पर तापमान कम होता जाता है, तथापि गर्म और ठण्डी महासागरीय धाराओं का तापमान पर विशेष प्रभाव दिखाई पड़ता है। ज्ञातव्य है कि गल्फ स्ट्रीम गर्म धारा के प्रभाव के कारण ही उत्तरी अटलान्टिक के पूर्वी भाग का तापमान उच्च अक्षांशों में भी 5°C से अधिक होता है। यही कारण है कि ग्रेट ब्रिटेन तथा पश्चिमोत्तर यूरोप के बन्दरगाह शीत ऋतु में भी खुले रहते हैं। इन्हीं अक्षांशों में अन्य महासागरों में तापमान मात्र 2° से. अंकित किया जाता है।

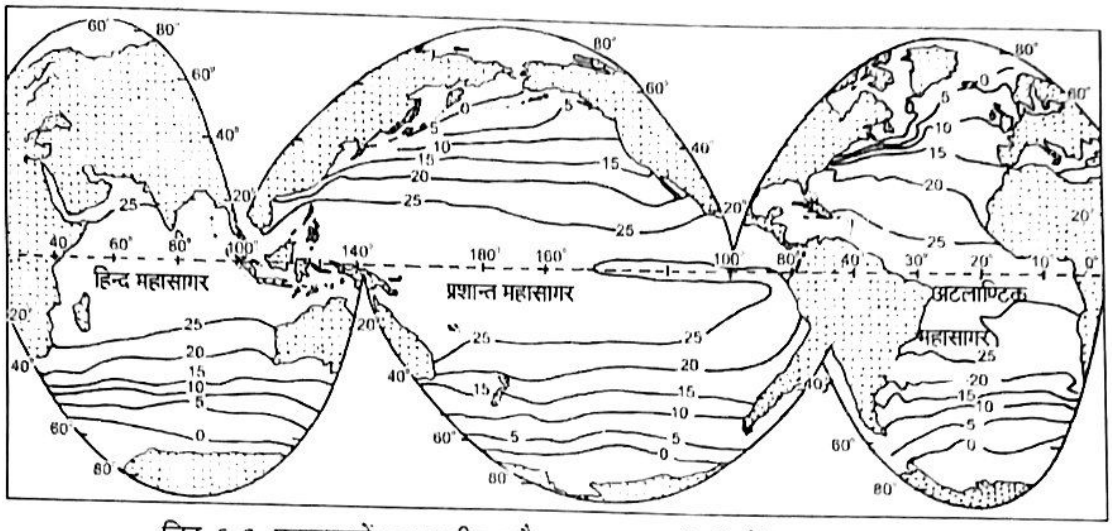
जनवरी में सभी महासागरों में 25° उ. अक्षांश तथा 40° दक्षिणी अक्षांश के बीच की पेटी में 21° से. से 32° से. तक के ऊँचे तापमान पाये जाते हैं। इस ऊँचे तापमान का क्षेत्र दक्षिणी गोलार्द्ध में उत्तरी गोलार्द्ध की अपेक्षा अधिक विस्तृत होता है। 10° उत्तरी अक्षांश तथा मकर रेखा के मध्य 26° से 32° से. तापमान अंकित किया जाता है। जनवरी में उत्तरी गोलार्द्ध की तुलना में दक्षिणी गोलार्द्ध के महासागरों का तापमान अपेक्षाकृत अधिक होता है। उत्तरी गोलार्द्ध की शीतऋतु में महासागरों की समताप रेखायें भूमध्य रेखा के लगभग समानान्तर होती है, जबकि दक्षिणी गोलार्द्ध में अयनवर्ती क्षेत्रों (tropical areas) में इनका झुकाव भूमध्य रेखा की ओर होता है। दक्षिणी गोलार्द्ध के उच्च अक्षांशों में स्थल खण्डों के अभाव के कारण समताप रेखायें अक्षांश रेखाओं के समानान्तर होती हैं। स्मरणीय है कि समताप रेखाओं की आकृति समुद्री धाराओं, महाद्वीपों के आकार, महाद्वीपों तथा महासागरों के वितरण तथा महासागरों के आकार आदि से नियन्त्रित होती है (चित्र 5.2)।



चित्र 5.2 महासागरों के पृष्ठीय औसत तापमान (डिग्री सेल्सियस) - अगस्त

जुलाई में 30° से 32° से. तापमान का क्षेत्रीय विस्तार मकर रेखा से 40° उ. अक्षांश तक होता है। इस महीने में सर्वाधिक तापमान (32° सेल्सियस) लाल सागर में अंकित किया जाता है। इस समय उत्तरी गोलार्द्ध में समताप रेखायें उत्तरी ध्रुव की ओर मुड़ी होती हैं तथा उनकी आकृति टेढ़ीमेढ़ी हो जाती है। इसके

विपरीत, दक्षिणी गोलार्द्ध में समताप रेखायें अधिक सुडौल तथा अक्षांश रेखाओं के समानान्तर होती है। जुलाई में -1° से. का सबसे कम तापमान 60° द.अक्षांश के समीप दक्षिणी अटलान्टिक तथा हिन्द महासागर में अंकित किया जाता है। उत्तरी गोलार्द्ध में ध्रुव वृत्त के उत्तर में महासागरों का पृष्ठीय तापमान लगभग 4° सेल्सियस रहता है। गल्फस्ट्रीम के प्रभाव के फलस्वरूप उत्तरी अटलांटिक में समताप रेखायें ध्रुव की ओर मुड़ जाती हैं (चित्र 5.3)।



चित्र 5.3 महासागरों का पृष्ठीय औसत तापमान (डिग्री सेल्सियस) - फरवरी

पृष्ठीय तापमान के क्षैतिज वितरण को प्रभावित करने वाले कारक
(Factors Affecting the Horizontal Distribution of Surface Temperature)

महासागरीय जल की सतह का तापमान अनेक कारकों द्वारा नियंत्रित होता है। उनमें से मुख्य कारक निम्नांकित हैं, जिनका संक्षिप्त विवरण यहाँ प्रस्तुत है -

(1) अक्षांश (Latitude) – महासागरों का जल "सौर ऊर्जा" के विकिरण का अवशोषण करके गर्म होता है। सूर्य की किरणें भूमध्य रेखा पर सीधी पड़ती हैं। किन्तु पृथ्वी की गोल आकृति के कारण ध्रुवों की ओर किरणों के तिरछेपन में वृद्धि होती जाती है। इसके फलस्वरूप भूमध्य रेखा से दूरी बढ़ने के साथ ही समुद्र की सतह पर प्राप्त होने वाली सौर ऊर्जा की मात्रा क्रमशः घटती जाती है। लम्बवत् किरणों की अपेक्षा तिरछी किरणों से किस प्रकार कम ऊर्जा मिलती है, इसका विस्तृत विवरण अध्याय 2 में दिया गया है। यहाँ इतना जानना ही पर्याप्त है कि तिरछी किरणों को सीधी किरणों की अपेक्षा अधिक क्षेत्र गर्म करना पड़ता है, और इसके अतिरिक्त तिरछी किरणें वायुमण्डल में अपेक्षाकृत अधिक दूरी तय करके धरातल पर पहुँचती हैं। इसके फलस्वरूप वायुमण्डल से होकर गुजरते समय **अवशोषण, परावर्तन, विकीर्णन** तथा **विसरण** आदि क्रियाओं से सौर ऊर्जा का अवक्षय हो जाता है। अतः स्पष्ट है कि भूमध्य रेखा से दूर सौर विकिरण की तीव्रता में कमी हो जाती है। प्रत्येक गोलार्द्ध की ग्रीष्म ऋतु में भूमध्य रेखा से ध्रुव की ओर दिन की लम्बाई बढ़ती जाती है, अर्थात् सूर्य – प्रकाश की अवधि में वृद्धि होती जाती है। इस प्रकार ध्रुवों पर दिन की लम्बाई सर्वाधिक होती है। फिर भी ध्रुव पर सदैव बर्फ जमी रहती है। ऐसा क्यों? यह सत्य है कि ध्रुवीय क्षेत्रों में ग्रीष्मकाल में वायुमण्डल की बाहरी सीमा पर सौर ऊर्जा की अधिकतम मात्रा प्राप्त होती है, किन्तु वहाँ धरातल का स्पर्श करने वाली किरणें अत्यधिक तिरछी होती हैं और प्राप्त सौर ऊर्जा का एक बड़ा भाग हिमाच्छादित धरातल से परावर्तित हो जाता है। अतः ध्रुव प्रदेश सदैव अत्यधिक सर्द होते हैं। ज्ञातव्य है कि शीत ऋतु में ध्रुव प्रदेशों में सूर्य प्रकाश की अवधि नगण्य होती है, जो ध्रुवों पर शून्य हो जाती है। इस प्रकार कुल मिलाकर वहाँ धरातल को गर्म करने के लिये सौर ऊर्जा की अत्यधिक न्यून मात्रा उपलब्ध होती है। यही कारण है कि जहाँ भूमध्य रेखा के समीपवर्ती महासागरीय जल का पृष्ठीय औसत तापमान 32° से. अंकित किया जाता है, वहीं ध्रुवीय क्षेत्रों में औसत तापमान -1.8° से. होता है। इस तापमान

पर समुद्र का खारा जल जम जाता है।

(2) महासागरीय धारायें (Ocean Currents) – महासागरीय जल के तापमान को महासागरीय धारायें भी प्रभावित करती हैं। गर्म धाराओं की उत्पत्ति उष्ण प्रदेशों में होने के कारण जब वे उच्च अक्षांशों में पहुँचती हैं, तब वहाँ के जल का तापमान कुछ बढ़ जाता है। गल्फ स्ट्रीम गर्म जल धारा इसका ज्वलन्त उदाहरण है। इसकी **नार्थ अटलान्टिक ड्रिफ्ट** नामक शाखा के कारण ही उत्तरी ध्रुवीय सागर में स्थित आर्केंजिल बन्दरगाह शीतऋतु में भी जमने नहीं पाता। इसके विपरीत, उच्च अक्षांशों से उष्ण कटिबन्ध की ओर चलने वाली शीतल धारायें वहाँ के तापमान को कम कर देती हैं। उदाहरणार्थ, **लैब्रेडोर** तथा **क्यूराइल** की ठण्डी धाराओं के कारण क्रमशः कनाडा और साइबेरिया के पूर्वी तट के तापमान में गिरावट आ जाती है।

(3) नियतवाही पवनें (Prevailing Winds) – प्रचलित पवनों का भी महासागरीय जल के तापमान पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। जब कभी अत्यधिक गर्म स्थलखण्डों से समुद्रों की ओर पवन प्रवाहित होता है, तब उष्ण वायु के द्वारा समुद्रों के जल का तापमान ऊँचा हो जाता है। इन हवाओं का विशेष प्रभाव स्थल से पूर्ण अथवा आंशिक रूप से घिरे हुए समुद्रों पर पड़ता है। मैक्सिको की खाड़ी, भूमध्यसागर तथा लाल सागर में समीपवर्ती उष्ण प्रदेशों से चलने वाली हवाओं का प्रत्यक्ष प्रभाव दिखाई पड़ता है, जिनके तापमान समीपवर्ती महासागरों से अधिक होते हैं। इसके विपरीत, शीत ऋतु में हिमाच्छादित प्रदेशों से समुद्रों की ओर चलने वाली शीतल और शुष्क हवायें जल के तापमान को नीचे गिरा देती हैं। उत्तरी सागर अथवा बाल्टिक सागर का शीतकालीन तापमान ऐसी ठण्डी स्थलीय हवाओं के प्रभाव से काफी नीचे गिर जाता है।

प्रचलित पवनों की दिशा जब स्थल से समुद्रों की ओर होती है, तब उनके प्रभाव से तट के समीप की उष्ण जलराशि पवन के साथ प्रवाहित हो जाती है। ऐसी स्थति में क्षतिपूर्ति स्वरूप समुद्र के नितल से ठण्डी जलराशि ऊपर उठ जाती है, जिससे तापमान में गिरावट आती है। किन्तु यदि प्रचलित पवन तट की ओर प्रवाहित होता है, तब तट के समीप उष्ण जलराशि एकत्रित हो जाने से समुद्र के सतह के तापमान में थोड़ी वृद्धि हो जाती है। यही कारण है कि व्यापारिक पवनों की पेटियों में समुद्रों के पूर्वी भागों का तापमान पश्चिमी भागों की अपेक्षा कम रहता है। उदाहरणार्थ, पीरू का तटवर्ती क्षेत्र **अपतट पवन** (offshore wind) के कारण अपेक्षाकृत शीतल होता है, जबकि ब्राजील का पूर्वी तट **अनुतट पवन** (onshore wind) के प्रभाव क्षेत्र में आने से सर्वदा गर्म रहता है, क्योंकि अन्ध महासागर के इस पश्चिमी भाग में उष्ण जल संचित हो जाता है।

(4) स्थानीय मौसम (Local Weather) – इसके अन्तर्गत् विभिन्न प्रकार के तूफान, मेघाच्छादन, वर्षा तथा अन्य मौसमी दशायें सम्मिलित की जाती हैं। विषुवत रेखीय प्रदेशों में सूर्य की लम्बवत् किरणों के बावजूद आकाश में बादलों की अधिकता के कारण सौर ऊर्जा की उतनी मात्रा धरातल पर नहीं पहुँच पाती जितनी कर्क और मकर रेखाओं के निकट पहुँचती है। उपोष्ण कटिबन्धीय क्षेत्रों में आकाश साफ होने के कारण सौर ऊर्जा की अधिक मात्रा प्राप्त होने से महासागरीय जल का तापमान अपेक्षाकृत अधिक होता है। भूमध्य रेखीय पेटी में प्रतिदिन होने वाली वर्षा भी तापमान को ऊँचा उठने से रोकती है, जबकि कर्क व मकर रेखाओं के निकट शुष्क मौसम तापमान वृद्धि में सहायक होता है। उसी प्रकार जिन भागों में मौसम अधिक तूफानी होता है, वहाँ समुद्री जल का तापमान अपेक्षाकृत कम होता है।

उपर्युक्त कारकों के अतिरिक्त अन्य बहुत से कारक होते हैं, जो समुद्री जल के तापमान को नियंत्रित करते हैं। **समुद्रों की स्थिति एवं उनके आकार, अन्तःसमुद्री कटक, वाष्पन की दर एवं संघनन की प्रक्रियायें** कुछ ऐसे ही अन्य कारक हैं जिनका महासागरीय जल के पृष्ठीय तापमान के वितरण पर प्रभाव पड़ता है। इस प्रकार स्पष्ट है कि महासागरीय जल के तापमान का क्षैतिज वितरण अत्यधिक जटिल होता है जिस पर अनेक कारकों का महत्वपूर्ण नियंत्रण होता है।

महासागरीय जल का तापान्तर (Range of Surface Temperature)

स्थल की अपेक्षा समुद्रों के उच्चतम एवं न्यूनतम तापक्रमों में कम अन्तर पाया जाना स्वाभाविक है। इसका कारण दोनों की प्रकृति में मौलिक अन्तर है। स्थल की अपेक्षा जल की विशिष्ट उष्मा अधिक होने

से जल देर में गर्म और देर में ठण्डा होता है। इसलिये महासागरीय जल के दिन और रात तथा ग्रीष्म और शीत ऋतुओं के तापमानों में स्थल की तुलना में कम अन्तर पाया जाता है।

दैनिक तापान्तर (Diurnal Range of Temperature)

महासागर जल की अपार राशि होने के कारण उसके तापमान में वृद्धि के लिये स्थल की अपेक्षा अधिक ऊष्मा की आवश्यकता होती है। स्थल की अपेक्षा देर में गर्म और ठंडा होने के कारण महासागर पर उच्चतम तापमान 2 बजे अपरान्ह तथा न्यूनतम तापमान 5 बजे प्रातः अंकित किया जाता है। महासागरों पर दैनिक तापनान्तर सूर्याभिताप एवं **पश्च विकिरण** (back radiation) के अन्तर के द्वारा नियंत्रित होता है। इसके अतिरिक्त, दैनिक तापान्तर आकाश में बादलों की मात्रा, समुद्रों के पृष्ठ भाग की दशाओं तथा वायु की स्थिरता अथवा अस्थिरता से प्रभावित होता है। महासागरों के दैनिक तापान्तर का औसत कदापि ०.2° से ०.3° से. से अधिक नहीं होता। **मीनार्डस (Meinardus)** के अनुसार निम्न अक्षांशों में महासागरीय जल का दैनिक तापान्तर 0.3° से 0.4° सेल्सियस तथा ऊँचे अक्षांशों में इससे भी कम होता है। **मीटियर (Meteor)** नामक जहाज से किये गए सर्वेक्षण के अनुसार अयनवर्ती क्षेत्रों में दैनिक तापान्तर मात्र 0.2° से 0.3° से. होता है। **मीटियर** तथा **चैलेन्जर अभियानों** से प्राप्त आँकड़ों के विश्लेषण से पता चलता है कि भूमध्य रेखा के निकट महासागरों की सतह का दैनिक तापान्तर **असममित** (asymmetrical) होता है, क्योंकि सूर्योदय के उपरान्त तापमान तेजी से बढ़ता है तथा सूर्यास्त के उपरान्त तापमान धीमी गति से घटता है। किन्तु भूमध्य रेखा से दूर दैनिक तापान्तर **सममित** (symmetrical) होता है। ब्रिटिश द्वीपसमूह के तटवर्ती क्षेत्रों के कई स्थानों के दैनिक तापान्तर की प्रवृत्तियों के निरीक्षण से पता लगा कि वहाँ दिसम्बर में दैनिक तापान्तर 0.2° से. था, जब कि मई में 0.69° से. तापान्तर अंकित किया गया।

चैलेंजर अभियान से प्राप्त आँकड़ों से पता लगा कि दैनिक तापान्तर पर मेघाच्छादन तथा पवन के वेग का बहुत अधिक प्रभाव पड़ता है। स्वच्छ आकाश होने पर दैनिक तापान्तर अधिक तथा मेघाच्छादन की मात्रा अधिक होने पर कम होता है। शान्त (calm) अथवा मन्द समीर (light breeze) के कारण दैनिक तापान्तर में वृद्धि, तथा पवन का वेग अधिक होने पर तापान्तर में कमी पायी जाती है।

महासागरीय जल के तापमान का दैनिक तापान्तर इतना कम होता है कि समुद्रों में पाये जाने वाले भौतिक अथवा जैविक प्रक्रमों की दृष्टि से उसका कोई महत्व नहीं है। किन्तु वायुमण्डल तथा महासागरों के मध्य होने वाले ऊष्मा के दैनिक आदान-प्रदान की दृष्टि से दैनिक तापान्तर का अध्ययन महत्वपूर्ण हो जाता है।

सारणी 5.2

अयनवर्ती क्षेत्रों में महासागरों की सतह का दैनिक तापान्तर

पवन एवं मेघाच्छादन	तापान्तर डिग्री सेल्सियस		
	औसत	उच्चतम	न्यूनतम
1. अल्पबल एवं सबल समीर			
अ. पूर्ण मेघाच्छादन	0.39	0.6	0.0
ब. स्वच्छ आकाश	0.71	1.1	0.3
2. शान्त अथवा अतिमन्द समीर			
अ. पूर्ण मेघाच्छादन	0.93	1.4	0.6
ब. स्वच्छ आकाश	1.59	1.9	1.2

वार्षिक तापान्तर (Annual Range of Temperature) – महासागरीय जल के पृष्ठीय तापमान का वार्षिक तापान्तर भी स्थल की अपेक्षा बहुत कम होता है। किसी क्षेत्र में पाया जाने वाला वार्षिक तापान्तर निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करता है - (i) **सूर्याभिताप (insolation) की मात्रा**, (ii) **महासागरीय**

धाराओं की प्रकृति-उष्ण अथवा शीतल धारा, तथा (iii) **प्रचलित पवन।** दक्षिणी गोलार्द्ध में स्थित महासागरों की अपेक्षा उत्तरी गोलार्द्ध के महासागरों जैसे उत्तरी अटलांटिक तथा उत्तरी प्रशान्त महासागर में वार्षिक तापान्तर अपेक्षाकृत अधिक होता है। इन उत्तरी महासागरों में शीतकाल में महाद्वीपों से चलने वाली, अत्यधिक ठण्डी हवायें जल के तापमान को कम कर देती हैं। इस प्रकार वार्षिक तापान्तर में वृद्धि हो जाती है। दक्षिणी गोलार्द्ध में वार्षिक तापान्तर का सम्बन्ध सौर विकिरण से प्राप्त ऊर्जा की मात्रा के घट-बढ़ से है। भूमध्य रेखीय महासागरों पर प्राप्त सौर ऊर्जा में अर्द्धवार्षिक परिवर्तन होने के कारण वहाँ के वार्षिक तापान्तर में भी यही विशेषता पाई जाती है।

महासागरों के अयनवर्ती क्षेत्रों (tropical areas) में वार्षिक तापान्तर 1° से 2° से. अंकित किया जाता है। दक्षिणी गोलार्द्ध में स्थित महासागरों में लगभग 35° अक्षांश के आसपास 5° से 6° से. तक का सर्वाधिक वार्षिक तापान्तर पाया जाता है तथा दक्षिणी ध्रुव की ओर उसमें गिरावट आ जाती है। अन्टार्कटिक के समीपवर्ती महासागरों में 2° से. वार्षिक तापान्तर होता है। उत्तरी प्रशान्त महासागर तथा उत्तरी अटलान्टिक महासागर में 40° अक्षांश के निकट औसत वार्षिक तापान्तर 9° से. तक पहुँच जाता है, किन्तु आर्कटिक महासागर की ओर इसमें काफी कमी हो जाती है। ज्ञातव्य है कि उत्तरी गोलार्द्ध के महासागरों में उत्तर से दक्षिण की तुलना में पूर्व से पश्चिम वार्षिक तापान्तर में काफी परिवर्तन पाया जाता है। इस प्रकार 40° उत्तरी अक्षांश पर जापान के पूर्वी तट पर वार्षिक तापान्तर 17° से. होता है, जबकि अमेरिका के पश्चिमी तट के समीप यह केवल 4° से रह जाता है। इस अन्तर का मुख्य कारण महासागरीय धाराओं का प्रभाव है।

उत्तरी गोलार्द्ध में स्थित महासागरों पर साधारणतौर पर सबसे गर्म और सबसे ठंडा महीना क्रमशः अगस्त और फरवरी होता है। दक्षिणी गोलार्द्ध में ठीक इसका उल्टा होता है। ज्ञातव्य है कि ऐसी स्थिति भूमध्य रेखीय क्षेत्र से बाहर उत्पन्न होती है।

अयनवर्ती एवं ध्रुवीय समुद्रों में वार्षिक तापान्तर सर्वत्र बहुत कम होता है। उत्तरी अटलान्टिक महासागर में 40° से 45° उत्तरी अक्षांश रेखाओं के मध्य खुले महासागरों में वार्षिक तापान्तर 8° से 9° से. तक पाया जाता है। इन्हीं अक्षांशों के मध्य उत्तरी प्रशान्त महासागर के खुले भागों में वार्षिक तापान्तर 9° से 10° से. तक अंकित किया जाता है। इन्हीं क्षेत्रों में विशेषकर महासागरों के पश्चिमी किनारे शीतकालीन स्थलीय पवनों के प्रभाव के फलस्वरूप समुद्रों का पृष्ठीय तापमान काफी कम हो जाता है जिससे वार्षिक तापान्तर में वृद्धि हो जाती है। किन्तु दक्षिणी गोलार्द्ध के महासागर इस प्रकार की शीतकालीन ठण्डी हवाओं के प्रभाव से बच जाते हैं। इन दक्षिणी महासागारों में 30° तथा 40° दक्षिणी अक्षांशों के मध्य 5° से 6° से. तक वार्षिक तापान्तर पाया जाता है। समीपवर्ती स्थल भागों के प्रभाव के कारण तटवर्ती छिछले समुद्रों का वार्षिक तापान्तर खुले समुद्रों की अपेक्षा अधिक होता है। उदाहरणार्थ, बाल्टिक सागर, काला सागर तथा फारस की खाड़ी में वार्षिक तापान्तर 14° सेल्सियस से ऊपर पहुँच जाता है। महासागरों के ऐसे भागों में जहाँ वर्ष में दो विभिन्न प्रकार की जल राशियाँ (water masses) क्रम से आती हैं, वार्षिक तापान्तर अपेक्षाकृत अधिक होता है।

महासागरों के अधस्तल में वार्षिक ताप परिवर्तन
(Annual Variation of Temperature in the Subsurface Layers of the Oceans)

महासागरों की सतह से नीचे अधस्तल के तापमान में होने वाले परिवर्तन निम्नलिखित कारकों द्वारा प्रभावित होते हैं - **(अ) विभिन्न गहराइयों पर प्रत्यक्ष रूप से अवशोषित ऊष्मा की मात्रा में विभिन्नता, (ब) ऊष्मा चालन (heat conduction) का प्रभाव, (स) जल राशियों के क्षैतिज विस्थापन (Horizontal displacement) से सम्बन्धित धाराओं में परिवर्तन, तथा (द) समुद्र के जल में उत्पन्न ऊर्ध्वाधर गति (vertical motion) का प्रभाव।** कैलीफोर्नियाँ की **मान्टरे खाड़ी** (Montrey Bay) में किये गए परीक्षणों से पता लगा कि महासागरों के अधस्तलों में वर्ष भर होने वाले ताप परिवर्तन के मुख्य कारण महासागरीय धाराओं में परिवर्तन, वायुमण्डल के तापमान में होने वाले मौसमी परिवर्तन, समुद्र के नितल से जल का उत्स्रवण (upwelling) तथा ऊष्मा का चालन क्रिया द्वारा स्थानान्तरण

आदि हैं। किन्तु जापान के दक्षिण में **क्यूरोशियो** के परीक्षणों से ज्ञात हुआ कि अधस्तल में ताप परिर्वतन का मुख्य कारण महासागर के पृष्ठीय तापमान का चालन क्रिया द्वारा निचले स्तरों में स्थानान्तरण मात्र है।

समुद्रों की सतह से नीचे गहराई में वृद्धि के साथ ही वार्षिक तापान्तर में निरन्तर कमी पाई जाती है। साधारणतया सतह से 100 मीटर नीचे तक ही वार्षिक तापान्तर स्पष्ट रूप से दिखायी पड़ता है। किन्तु असाधारण परिस्थितियों में वार्षिक तापमान का यह विभेद 300 मीटर की गहराई तक पाया जाता है।

महासागरीय जल के तापमान का ऊर्ध्वाधर वितरण
(Vertical Distribution of Temperature in the Oceans)

महासागरीय जल के लिये ऊष्मा का सर्वाधिक महत्वपूर्ण स्रोत सौर विकिरण है, जो समुद्र की सतह पर प्रत्यक्ष सौर विकिरण एवं विसरित व्योम विकिरण (diffuse sky radiation) के रूप में प्राप्त होता है। आकाश से होने वाला विकिरण वायुमण्डल में सौर विकिरण के प्रकीर्णन (scattering) के फलस्वरूप समुद्रों की सतह तक पहुँचता है। समुद्र के जल के भीतर ऊष्मा के प्रवेश की प्रक्रिया अत्यन्त जटिल होती है जिसकी विवेचना करना यहाँ सम्भव नहीं है। इसके विपरीत, धरातल पर केवल चालन क्रिया द्वारा ही ऊष्मा का प्रवेश होता है। समुद्र के अधस्तलों में ऊष्मा स्थानान्तरण का एकमात्र साधन संवहन माना गया है। अन्य साधनों में चालन क्रिया (conduction) प्रमुख मानी जाती है, जिससे अत्यन्त मन्द गति से ऊष्मा का स्थानान्तरण हो जाता है।

वैज्ञानिकों की गणनानुसार महासागरों के शुद्ध जल में सौर विकिरण का 27% प्रथम एक सेन्टीमीटर सतह में, तथा 62% ऊपरी एक मीटर मोटी सतह में अवशोषित होता है। केवल 0.45% ऊर्जा 100 मीटर की गहराई तक प्रवेश कर पाती है। तटों के निकट गँदले जल में ऊपरी सतह में ऊर्जा की अधिक मात्रा अवशोषित होती है। किन्तु महासागरीय जल में होने वाली मिश्रण की प्रक्रियायें, वाष्पीकरण में खर्च होने वाली ऊर्जा तथा पश्च विकिरण (back radiation) आदि के द्वारा अवशोषित सौर विकिरण का तापीय प्रभाव कम हो जाता है। इससे स्पष्ट हो जाता है कि सामान्य परिस्थितियों में सतह से नीचे की ओर जल का तापमान निरन्तर घटता जाता है।

यहाँ ध्यान देने योग्य बात यह है कि तापमान की दृष्टि से वायुमण्डल की तरह महासागरों में भी कई स्तर पाये जाते हैं। वायुमण्डल के क्षोभ मण्डल में जिस प्रकार तापमान धरातल से ऊपर की ओर घटता जाता है, उसी प्रकार महासागर में तापमान पृष्ठ तल से नीचे की ओर कम होता जाता है। निम्न अक्षांशों में वर्ष भर तथा मध्य अक्षांशों में ग्रीष्म ऋतु में उष्ण पृष्ठीय तल का विकास होता है। ज्ञातव्य है कि समुद्री लहरों के द्वारा ऊपरी सतह के जल का निचले स्तर के जल से मिश्रण होता रहता है। इसके फलस्वरूप एक ऐसी मोटी गर्म पर्त का निर्माण हो जाता है जिसकी मोटाई 500 मीटर तथा भूमध्य रेखीय क्षेत्र में जिसका तापमान 20°-25° सेल्सियस होता है। इस उष्ण पर्त के नीचे तापमान में तीव्र गति से ह्रास होता है जिससे एक दूसरी पर्त का विकास होता है जिसे **'ताप प्रवण स्तर' (thermocline)** कहा जाता है। इस स्तर के नीचे अत्यन्त ठण्डे जल की तीसरी पर्त होती है। इसका तापमान न्यूनतम तथा इसका विस्तार समुद्र के नितल तक होता है। इस स्तर में जल का तापमान 0° से 5° सेल्सियस तक पाया जाता है।

आर्कटिक और अन्टार्कटिक के निकटवर्ती क्षेत्रों में उपर्युक्त तीन स्तरों के स्थान पर समुद्रों में ठण्डे जल का केवल एक स्तर पाया जाता है। दूसरे शब्दों में, इन ध्रुवीय प्रदेशों में स्थित समुद्रों में सतह से नितल तक ठण्डे जल का विस्तार होता है।

महासागरों में तापमान के लम्बवत् वितरण की मुख्य विशेषता यह है कि तापह्रास की दर विभिन्न गहराइयों में भिन्न-भिन्न होती है। सतह से 1800 मीटर की गहराई तक तापमान 15° से 2° से. तक गिर जाता है। किन्तु 1800 से 4000 मीटर के मध्य तापमान में 2° से 1.6° से. तक की कमी पायी जाती है। दूसरी विशेषता यह है कि भूमध्य रेखा तथा ध्रुवीय क्षेत्रों में तापमान में गिरावट की दर असमान होती है। ध्रुवों की अपेक्षा भूमध्य रेखीय क्षेत्रों में तापह्रास दर अधिक होती है।

अधस्तल के तापमान को प्रभावित करने वाले कारकों में **समुद्री जल का उत्स्रवण (upwelling),**

अधिक घनत्व वाले सतही जल का मग्न होना, सौर विकिरण की मात्रा में प्रादेशिक असमानता तथा अन्तःसमुद्री अवरोध आदि विशेष उल्लेखनीय हैं। किन्तु इन सभी कारकों से अधिक महत्वपूर्ण गर्म और शीतल धारायें तथा महासागरों के नितल के उच्चावच (relief) होते हैं। इनका तापमान के लम्बवत वितरण पर विशेष प्रभाव पड़ता है।

महासागरों में कुछ ऐसे विशेष क्षेत्र होते हैं, जहाँ गहराई में भी तापमान ऊँचा रहता है। **सारगेसो सागर (Sargasso Sea)** में निचले स्तरों का तापमान **धाराओं के प्रतिचक्रवातीय संचरण, अधिक सौर विकिरण** तथा **ठण्डे जल के कम मिश्रण** के कारण सदैव ऊँचा रहता है। स्थलों से आवृत समुद्रों में भी उनके नितल की बनावट तथा अन्तःसमुद्री कटकों पर जल के उथलेपन के कारण खुले महासागरों के जल में अबाध गति से मिश्रण नहीं हो पाता, जिससे उनके अधस्तलों का तापमान खुले समुद्रों के तापमान की अपेक्षा अधिक होता है। उदाहरणार्थ, लाल सागर में 1000 फैदम की गहराई पर जल का तापमान 21° सेल्सियस अंकित किया जाता है, जबकि हिन्द महासागर में इसी गहराई पर तापमान मात्र 3.3° सेल्सियस रहता है। इसी प्रकार भूमध्य सागर में 1200 मीटर की गहराई पर तापमान 13.3° से 12.2° सेल्सियस तक होता है, जबकि अटलांटिक महासागर में इसी गहराई पर अंकित तापमान केवल 10° से. होता है।

महासागरों के नितल पर स्थित कटकों के कारण अधस्तलीय जल के मिश्रण में बाधा पड़ने से उनके दोनों ओर के तापमान में भिन्नता पाई जाती है।

संलग्न समुद्रों में तापमान का लम्बवत् वितरण
(The Vertical Temperature Distribution in Adjacent Seas)

जैसा कि इससे पहले दिखाया गया है कि खुले महासागरों में गहराई में वृद्धि के साथ-साथ तापमान में ह्रास होता जाता है, किन्तु उनसे संलग्न सागरों में ऐसा नहीं होता। ऐसे सागरों में जो महासागर से किसी छिछले सिल (Sill) द्वारा जुड़े होते हैं, एक निश्चित गहराई के उपरान्त तापमान समान बना रहता है, और उस पर गहराई का कोई प्रभाव नहीं पड़ता। **देफाँ (Defant)** के मतानुसार तापमान के संस्तरीकरण (Stratification) की दृष्टि से दो प्रकार के संलग्न सागर पाये जाते हैं :

(i) ऐसे संलग्न सागरों में जिनमें जल की मोटी परतों में वर्ष के सबसे ठण्डे महीनों में न्यूनतम तापमान अंकित किए जाते हैं। भूमध्य सागर तथा लाल सागर इस प्रकार के संलग्न सागरों की श्रेणी में प्रमुख हैं।

(ii) दूसरे प्रकार के संलग्न सागरों में वर्ष पर्यन्त सतह का तापमान ऊँचा बना रहता है। सिल से नीचे सागर की तापीय संरचना सिल की गहराई से नियंत्रित होती है। सिल की गहराई इस प्रकार परिभाषित की गई है : **''खुले महासागर से संलग्न सागर के प्रवेश पथ की अधिकतम गहराई को ही सिल की गहराई माना जाता है।'' इसे प्रवेश मार्ग का दहलीज की गहराई (Threshold depth) भी कहा जाता है।** स्मरण रहे कि प्रवेश द्वार से तात्पर्य महासागर और संलग्न सागर के मध्य उपस्थित अवरोध (barrier) में पाये जाने वाले गर्त से है। यहाँ ज्ञातव्य है कि अवरोध का पूरा भाग अथवा उसका कोई एक भाग समुद्र की सतह से ऊपर दिखाई पड़े। इस प्रकार के संलग्न सागरों में सिल के नीचे से महासागर का जल सागर में प्रवेश कर सकता है। **देफाँ (Defant)** के मतानुसार ऐसे सागरों की गहराई में महासागर का जल प्रवेश करके ऐसे सम्भाव्य तापमान (Potential temperature) का सृजन करता है जिसका प्रसार सागर के नितल तक होता है और इस सम्भाव्य तापमान का निर्धारण सिल की सतह पर खुले महासागर के संभाव्य तापमान से होता है, यहाँ सम्भाव्य तापमान का आशय किसी जल राशि के उस तापमान से है जिसे सतह तक एडियाबेटिकली लाकर प्राप्त किया जाए।

"The temperature of a water mass after being moved adiabatically to the surface is known as its potential temperature."

इस दूसरे प्रकार के संलग्न सागरों (Adjacent seas) की श्रेणी में आस्ट्रेलिया-एशिया की गहरी बेसिनों को सम्मिलित किया जाता है जो सिल के द्वारा प्रशान्त महासागर अथवा किसी अन्य समीपवर्ती गहरी

बेसिनों से सम्बद्ध हैं। निम्नांकित सारणी उपर्युक्त बेसिनों में तापमान के लम्बवत् वितरण का विस्तृत एवं वास्तविक चित्र प्रस्तुत करती है –

सारणी 5.3

एशिया की बेसिनों में तापमान तथा लवणता का ऊर्ध्वाधर (लम्बवत्) वितरण।

Depth (m)	Sulu sea 7°N 120°E., Sept. 1929		Celebes Sea 3°N., 121°E., Sept. 1929		Banda Sea 7°S., 128°E.,, April 1930	
	T(°C)	S(‰)	T(°C)	S(‰)	T(°C)	S(‰)
0	27.80	33.46	28.40	34.22	28.40	33.48
50	27.75	33.59	27.33	34.33	27.07	34.20
100	24.26	34.32	24.41	34.68	21.42	34.52
150	18.66	34.40	20.44	34.81	17.46	34.60
200	15.25	34.48	17.26	34.70	13.71	34.56
400	11.50	34.50	8.99	34.42	8.83	34.57
600	10.53	34.47	6.90	34.52	6.62	34.55
800	10.15	34.45	5.54	34.52	5.71	34.59
1000	10.08	34.46	4.49	34.55	4.70	34.59
1500	10.09	34.47	3.78	34.58	3.71	34.59
2000	10.14	34.47	3.61	34.57	3.24	34.61
3000	10.28	34.46	3.60	34.58	3.06	34.61
4000	–	–	3.72	34.59	–	–
Bottom	10.42	34.45	3.77	34.59	3.10	34.61
	Bottom		Bottom	4773m	Bottom	3308m

(After Defant)

इसी प्रकार की सारणी अमेरिकन मेडीटेरेनियन में तापमान एवं लवणता के लम्बवत् वितरण प्रदर्शित करने हेतु बनाये गए हैं। इन सारणीयों को समय-समय पर आयोजित महासागरीय अभियानों द्वारा प्राप्त आकड़ों के आधार पर बनाया गया है। वर्तमान पाठ्य पुस्तक की सीमाओं के कारण महासागरों तथा उनसे संलग्न सागरों के तापमान वितरण की विस्तृत व्याख्या एवं विवरण प्रस्तुत करना यहाँ सम्भव नहीं हो सका।

महासागरों का ऊष्मा बजट (The Heat Budget of Oceans)

महासागरों के तापमान में स्थानिक तथा कालिक दोनों प्रकार के परिवर्तन होते हैं जिसका मुख्य कारण सौर ऊर्जा के इनके द्वारा होने वाले अवशोषण में भिन्नता है। ध्रुवीय क्षेत्रों तथा भूमध्यरेखीय प्रदेशों के तापमान में पाई जाने वाली भिन्नता में कभी किसी दशा में परिवर्तन नहीं देखा जाता क्योंकि महासागरीय धाराओं, जल राशियों तथा पवनों की संचार प्रणाली के फलस्वरूप भूमध्य रेखीय क्षेत्रों की ओर से ऊष्मा का उच्च अक्षांशों अथवा ध्रुव प्रदेश की ओर निरन्तर स्थानान्तरण होता रहता है। अयनवर्ती क्षेत्रों से ध्रुवों की ओर गतिमान वायुराशियों द्वारा विभिन्न महासागरों में गर्म जलधारायें उत्पन्न होकर निम्न अक्षांशों से उच्च अक्षांशों की ओर ऊष्मा का बड़े पैमाने पर स्थानान्तरण करती रहती हैं। इसके विपरीत उच्च अक्षांशों से भूमध्य रेखा की ओर चलने वाली ठण्डी जलधारायें (cold ocean currents) अयनवर्ती क्षेत्रों में शीतल जल पहुँचाकर वहाँ की ऊष्मीय ऊर्जा में कमी करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। इस प्रकार निम्न और उच्च अक्षांशों में स्थित महासागरों के तापान्तर को स्थिर बनाये रखने में जल धाराओं तथा विभिन्न प्राकार की पवन संचार प्रणालियों यथा चक्रवात, प्रतिचक्रवात, सनातनी हवाओं तथा स्थानीय पवनों का महत्वपूर्ण योगदान होता है। उपर्युक्त प्राकृतिक उपायों के अभाव में ध्रुवीय क्षेत्रों का तापमान निरन्तर नीचे गिरता चला जाता तथा अयनवर्ती क्षेत्रों के तापमान क्रमशः ऊँचे होते जाते। किन्तु ऐसा नहीं होने पाता। महासागरों के विभिन्न क्षेत्रों का तापमान उन क्षेत्रों से होने वाले ऊष्मा के बहिर्गमन तथा उनके आगमन की मात्रा की दर पर निर्भर करता है। वस्तुतः महासागरों की जलराशियों (water masses) में ऊष्मा स्थानान्तरण के मात्रात्मक विचार से ही उन जलराशियों

का ऊष्मा बजट निर्धारित होता है। महासागरों के किसी क्षेत्र का ऊष्मा बजट निम्नलिखित समीकरण से जाना जाता है –

ऊष्मा की प्राप्ति – ऊष्मा का क्षय = ऊष्मा की प्राप्ति तथा उसका क्षय

$$(Q_s + Q_c) - (Q_r + Q_e + Q_n) = Q_t$$

जिसमें Q_s = सौर विकिरण से ऊष्मा प्राप्ति की दर

Q_c = महासागरीय धाराओं द्वारा ऊष्मा की प्राप्ति अथवा ऊष्मा का क्षय की दर

Q_r = अन्तरिक्ष में ऊष्मा के क्षय की दर

Q_e = वाष्पीकरण से होने वाला ऊष्मा की हानि

Q_n = वायुमण्डल में चालन क्रिया द्वारा ऊष्मा क्षय की दर

Q_t = किसी क्षेत्र में ऊष्मा की प्राप्ति अथवा उसके क्षय की दर

यदि Q_t का मूल्य धनात्मक होता है तो इससे उस क्षेत्र में तापमान में वृद्धि समझा जाना चाहिए, जबकि ऋणात्मक मूल्य से वहाँ तापमान में कमी का बोध होता है। यदि मूल्य शून्य होता है, तब जलराशि के तापमान में स्थिरता का बोध होता है। शून्य मूल्य से समझना चाहिये कि उस क्षेत्र में ऊष्मा का बहिर्गमन तथा उसका आगमन समान गति से होता है।

सैद्धान्तिक रूप से विश्व महासागर (world ocean) की दृष्टि से महासागरीय धाराओं के द्वारा ऊष्मा की प्राप्ति अथवा उसकी हानि तथा किसी क्षेत्र विशेष में ऊष्मा की प्राप्ति अथवा उसकी हानि की दर दीर्घकाल में शून्य होनी चाहिए। महासागरों के बजट को सन्तुलित बनाये रखने के लिए सौर विकिरण से प्राप्त ऊर्जा एवं विकिरण, चालन तथा वाष्पन की क्रियाओं द्वारा वायुमण्डल में भेजी गई ऊर्जा की मात्रा में समानता होनी चाहिए। अतः प्रतीकात्मक रूप से विश्व के सभी महासागरों के ऊष्मा बजट को निम्नलिखित समीकरण से प्रगट किया जा सकता है –

$$Q_s = Q_r + Q_e + Q_n$$

जबकि Q_s = सौर विकिरण से प्राप्त ऊष्मा,

Q_e = ऊष्मा का वाष्पीकरण से होने वाली क्षति

Q_r = विकिरण से ऊष्मा की क्षति

Q_n = चालन क्रिया से हुई क्षति

भूमध्य रेखा पर ऊष्मा की अधिकतम मात्रा प्राप्त होती है। सौर विकिरण से प्राप्त ऊष्मा की दैनिक मात्रा में वार्षिक अन्तर की मात्रा 12% से भी कम होती है। शीतोष्ण कटिबन्धीय क्षेत्र में 40° तथा 50° अक्षांशों के मध्य सौर विकिरण से प्राप्त ऊर्जा की मात्रा ग्रीष्मकाल के मध्य भाग में शीतकाल के उसी काल में प्राप्त ऊर्जा की मात्रा से 450 प्रतिशत अधिक होती है। ध्रुवों पर शीतकाल के अधिकांश भाग में सौर ऊर्जा की प्राप्ति नगण्य होती है। इसके विपरीत, ग्रीष्म काल के मध्य भाग में प्राप्त सौर ऊर्जा की मात्रा भूमध्य रेखा पर प्राप्त दैनिक ऊर्जा की मात्रा से भी अधिक होती है। इसका मुख्य कारण ध्रुवीय क्षेत्रों में ग्रीष्म ऋतु में चौबीस घण्टे सौर ऊर्जा की प्राप्ति होती है।

विकिरण, वाष्पन तथा चालन क्रिया द्वारा ऊष्मा की क्षति

अवरक्त किरणों (infrared radiation) द्वारा होने वाले विकिरण से ऊष्मा की क्षति की अधिकतम मात्रा निम्न अक्षांशों में पायी जाती है। इन अक्षांशों में सूक्ष्म तरंगों से प्राप्त सौर ऊर्जा का अधिकतम भाग धरातल द्वारा अवशोषित हो जाता है। भूमध्य रेखीय क्षेत्रों में वायु तरंगों का ऊपर उठना तथा न्यून दाब क्षेत्र का निर्मित होना मुख्यतः यहाँ होने वाली ऊष्मा की क्षति से वायुमण्डल के ऊष्मन पर निर्भर करता है।

वाष्पन, विकिरण तथा चालन क्रियाओं द्वारा महासागर की सतह के एक मीटर जल को वाष्प रूप में परिणित करने के लिये प्रति वर्ष अत्यधिक भारी मात्रा में महासागरों से ऊर्जा की क्षति हो जाती है। महासागरों की सतह से होने वाले वाष्पन की मात्रा उच्च अक्षांशों में 5 सेन्टीमीटर वार्षिक दर से होती है, जबकि अयनवर्ती क्षेत्रों (tropical regions) में वाष्पन की दर 140 से.मी./वार्षिक होती है। किन्तु भूमध्य रेखा के निकट वर्षा की मात्रा अधिक होने से वाष्पन की दर घटकर 110 से.मी. वार्षिक हो जाती है।

वायुमण्डल तथा महासागरों के मध्य चालन क्रिया द्वारा ऊष्मा के स्थानान्तरण की दृष्टि से वायुमण्डलीय विक्षोभों का विशेष महत्व होता है। वायु राशि तथा जल राशि दोनों के गतिमान होने की स्थिति में चालन किया द्वारा ऊष्मा स्थानान्तरण की दर में वृद्धि हो जाती है।

ऊष्मा प्रवाह एवं तापमान प्रवणता (Heat flow and Temperature Gradient)

वायुमण्डल तथा महासागर के मध्य ऊष्मा प्रवाह की दिशा (direction of heat flow) को निर्धारित करने में तापमान प्रवणता (temperature gradient) सर्वाधिक महत्वपूर्ण कारक माना जाता है। उदाहरणार्थ यदि महासागर के ऊपर की वायु अपेक्षाकृत शीतल है, तो ऐसी स्थिति में ऊष्मा का प्रवाह वायुमण्डल की ओर होता है। इस प्रक्रिया में संवहन से सहायता मिलती है क्यों कि हवा नीचे से गर्म होने पर ऊपर की ओर उठती है। इसके फलस्वरूप समीपवर्ती क्षेत्रों की शीतल और सघन वायु रिक्त स्थान की पूर्ति हेतु खिंच कर आती है जो महासागर की सतह से अतिरिक्त ऊर्जा का अवशोषण कर लेती है। इसके विपरीत यदि वायु महासागर की सतह के तापमान से अधिक गर्म हुई और वायुमण्डल से तापमान का स्थानान्तरण महासागर की ओर होता है, तब ऐसी स्थिति में संवहन धारायें नहीं उत्पन्न हो सकती क्योंकि वायुमण्डल की निचली पर्तों से ऊष्मा की क्षति होने से वे सघन हो जाती हैं। ऐसी दशा में वायुमण्डल की निचली पर्तों में स्थायित्व उत्पन्न हो जाता है।