

中国科学院地理研究所編輯

热水平衡及其在 地理环境中的作用问题

第一輯

科学出版社

中国科学院地理研究所編輯

热、水平衡及其在
地理环境中的作用問題

第一輯

科 学 出 版 社

1 9 6 0

內 容 簡 介

热、水平衡及其在地理环境中的作用研究是用平衡法研究地表热量、水分的分布与轉化过程，又以热量平衡、水分平衡为基础研究地理环境中物质、能量交换过程。这是在理論上、实践上都有很重要意义的方向。

本书选譯自苏联有关文献。包括两类文章：第一类說明这一研究領域的内容、意义、方法和成果。第二类論述一些有关地表热量、水分研究的工作。这些工作在实践上是有用的，但如將它們作为整个研究領域的組成部分来进行，可以更有效地解决問題，發揮它們在理論上、实践上的作用。

本书可供自然地理学、土壤学、植物学和农业方面的工作者参考。

热、水平衡及其在 地理环境中的作用問題

第一輯

中国科学院地理研究所編輯

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 051 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1960 年 4 月第一版

书号：2183 字数：81,000

1960 年 4 月第一次印刷

开本：787×1092 1/27

(京) 0001—7,000

印张：3 23/27

定价：0.49 元

前 言

热量平衡、水分平衡及其在地理环境中的作用的研究是一个最近才开始发展起来、范围很广泛、前途很远的科学领域。它一方面包括热量平衡、水分平衡本身的研究，另一方面又包括地理环境中一切为热量平衡、水分平衡所制约的物质和能量交换过程的研究。在目前还不可能明确它的界限是在什么地方，但这并不影响它是重点、有完整的理论体系的领域。

由于这一课题范围很广泛，它的许多组成部分从十九世纪末期起就已经有不少人从事研究，积累了大量资料。可是分散的、缺乏正确的统一的理论来指导研究，很不容易真正解决问题，更不易看到研究对象的全部意义。例如，关于自然蒸发的著作前后共有三千种左右，工作已经做了很多，却直至最近，才得出了比较好的、而仍然不是最完善的结果。B. A. 凯勒 (Келлер) 院士曾经说过：“为了分析，便不能忘记综合，为了一部分，便不能忘记全体”。正是在实践上对这一原则注意得不够，妨碍着许多问题——我们现在所讨论的科学领域中的许多问题的解决。

自然地理学是一门很老的科学。自从十九世纪末期以来，为了研究的方便，自然地理学被划分为许多专业，逐渐地、自然地理学本身变成了事实资料以及基础不同的、局部的理论的混合物，总的趋势是日益衰颓，在有些国家(例如美国)甚至“无疾而终”。只有在苏联及其它社会主义国家，特别是在第二次世界大战结束以后，自然地理学的研究才又露出东方的曙光、新生的萌芽。老路肯定是走不通的绝路。抓新理论是自然地理学起死回生，成为有朝气、能为人类造福的科学的唯一康庄大道。热量平衡、水分平衡及其在地理环境中的作用的理论就是自然地理学最重要的基本理论。建国以来，在党的领导下，我国地理学已经获得很大的发展，

在六十年代中,自然地理学的繼續跃进,应该以上述領域为基础、为中心,带动自然地理学的全面发展。

热量平衡、水分平衡及其在地理环境中作用不但是自然地理学中的关键性問題,而且与許多邻近科学,如土壤学、植物学、农业物理学……等等有外緣部份迭合的关系,无论那一方面的成就都必然会相輔相成,得到共同的提高。至于此項研究在利用和改造自然中的意义,由于所要掌握的是主导的因素和全面的联系,当然可以认为是广泛的、多方面的、重要的。

在我国开展热量平衡、水分平衡及其在地理环境中的研究工作,必須发动全国的地理学和兄弟科学的工作者协作进行。为推动这一工作我們將选輯有关文献,分册出版。第一輯主要包括两类文章:一类是关于全部或部分工作的内容、意义、方法和成果的說明;另一类論述一些有关地表热量、水分研究的工作。这些工作在实践上有重要意义,如列入我們的課題中作为組成部分,可以更有效地解决問題,發揮更大作用的工作。这一輯是在比較短的时间內編譯完成的,选編、譯、校都不免会有不少缺点,敬希讀者多予指教。

黃秉維 1960年3月21日

目 录

前言.....	黃秉維	i
“关于地表热量及水分情况,它在自然过程动态中的 作用和为实践目的进行改造的方法問題”的會議.....		1
論陆地表面热量交换和水分交换的若干地理規律以 及进一步研究地理环境中物质与热量交换的途径	A. A. 格里哥里也夫	8
論自然地理学若干基本問題.....	A. A. 格里哥里也夫	14
地表热量平衡的研究.....	M. И. 布迪科	33
苏联土壤气候研究現狀.....	A. M. 舒里京	37
苏联欧洲地域的土壤气候与土壤地带性的关系.....	A. M. 舒里京	41
評价农作物水分保証率的农业气象方法.....	A. B. 普罗采罗夫	50
土壤湿度測量.....	A. И. 达尼林	54
土壤湿度資料在农业气象和农业气候工作中的应用	C. Б. 馬斯亭斯卡婭, Л. А. 拉祖莫娃	62
干旱的农业气象指标.....	M. C. 庫利克	70
冬作物越冬农业气象条件的評价方法.....	E. C. 烏兰諾娃	76
形成牧場产量的农业气象条件及其評价与預报的基 础.....	A. П. 費多謝也夫	82
論生物的热量平衡.....	M. И. 布迪科	90

“关于地表热量及水分情况,它在自然过程 动态中的作用和为实践目的进行 改造的方法問題”的會議

1959年4月7—11日在列宁格勒召开了“关于地表热量及水分情况,它在自然过程动态中的作用和为实践目的进行改造的方法問題”的有关部門會議,會議的組織者是苏联科学院地理研究所,А. И. 沃也依可夫地球物理觀象总台,參加會議工作所有直接从事該問題范围内各个題目研究的工作人員。

И. П. 格拉西莫夫在開幕詞中指出,會議的任务是分析這一問題的現狀,报导最近时期的研究工作結果和决定工作进一步开展的途径。

关于地表热量平衡的研究問題有4个报告。М. И. 布迪科(地球物理觀象总台)在其“地表热量平衡的研究”报告中概述了热量平衡的研究現狀和获得的結果在解决各种科学任务及实践任务方面的应用情况,最近期間,这些任务是訂正和詳細分析輻射平衡的情况及其地理分布,編制陆地上各月蒸发图和乱流热量交換图。关于热量平衡的組成要素的分布資料已經广泛地用于研究陆地水文情况、植被和土壤的发育条件,用来研究地理地带性形成的綜合問題,研究气候的成因和預报个别天气現象考虑太阳能的利用情况,論証土壤改良措施等等。

Ю. Д. 雅尼舍夫斯基(地球物理觀象总台)在他的“日射測量研究方法”报告中报导了現有的輻射流測量方法精度分析的結果。由于改良了測量仪器和方法,因此有可能消除在測定輻射平衡組成要素和照明度的大量系統誤差。目前,甚至热电平衡表(Теплоэлек-

трические балансомеры) 的誤差也不超过 3—5%，广大的站网測量了輻射平衡組成要素。当前的首要任务是进一步研究輻射的絕對光譜強度，广泛研究表面的反射率和发展船上日射測量方法。

Т. Г. 別尔梁德(地球物理現象总台)在“地球上太陽輻射分布情况”的报告中引述了研究地球上太陽輻射及其組成要素的月平均值分布的結果，分析了个别年分太陽輻射变率的性質、在不同气候条件下直接輻射和散射輻射之間的对比关系，主要气候地区总輻射的年过程和日过程。进一步的研究工作任务包括制訂間接計算短期的和地形复杂的地区的总輻射及其組成要素的方法，編制較詳細的太陽輻射月数值和年过程特征图，研究总輻射組成要素的非周期变率。

В. Л. 德泽尔德泽也夫斯基和 Ю. Л. 拉烏涅尔(苏联科学院地理研究所)在“森林热量平衡研究現狀和任务”这一报告中，叙述了苏联首次在林冠上下进行平衡观测的結果，这些观测除了說明現象的其他重要方面而外，观测还表明了对象森林蒸騰(林冠上总蒸发和森林中土壤蒸发的差別)这个重要的至今很少研究的过程的強度进行直接測量的原則可能性。报告人提出，今后研究工作的主要任务是增加林上平衡观测点，确定与无林地方热量平衡組成要素的关系，将广大地域造林所引起的結果进行地理概括。

第二类报告是水分平衡問題，在 Г. П. 加里宁(中央預报研究所)的“水分平衡的一般任务”的报告中，叙述了与整个水分热量情况問題总的关系最为直接的水分平衡研究的情况和任务。报告人強調指出，目前最重要的任务是研究取决于以径流因素为轉移的径流形成問題，因为經驗的依存性提供的只能是不完全的和間接地說明一些过程，而平衡方法和在不同地形、土壤、經濟活动等条件下的主要过程(滲漏、蒸发、化雪等)的實驗研究應該是基本的。应根据这些主要过程的綜合和按地域的地理概括去进行水分平衡形成的研究。对比各流域径流的經驗資料可以校正已獲得的結果。急切的任务是平衡研究潛水动态，目前，这项研究是孤立进行的，

所以不能与水分平衡联系起来。

在 B. И. 庫茲尼佐夫和 И. В. 波波夫(国家水文研究所)“陆地水分平衡的實驗研究”这一报告中,叙述了野外實驗室网和水文气象总局專門水文站网所应用的設備和所采用的方法。瓦尔达實驗室的研究工作于一万平方公里的地域,在三十五个流域試驗站、二十三个径流場和五个水分平衡場开展起来的。

M. И. 李沃維奇(苏联科学院地理研究所)在“水分平衡研究方法”的报告中強調指出:应该綜合利用不同規模的客体——径流場、細谷集水面积和河流流域——的資料来研究径流。用于径流的因素的分別研究的可能性随着集水面积的減少而扩大,但同时,足以代表广大地域的場地的选择問題也就复杂起来。简单地扩大客体的数量是无助于这个問題的解决的。必須仔細分析条件,那时这样做,代表性的客体即使不多,却能提供較有效的結果。作者根据已取得的經驗,提出了径流水分平衡研究的布局原則。

A. И. 布达哥夫斯基(苏联科学院地理研究所)报告了最近土壤水分平衡研究的任务和方法,他指出,土壤水分平衡的研究是水分热量平衡的關鍵問題:土壤水分平衡綜合反映了地表水分热量平衡的动态,并决定植被发育和成土过程的条件。报告人根据土壤水分平衡和土壤水分学現代成就的分析,根据热量平衡理論和植物生理,提出了鑑定这些組成要素及其地理概括的途径和方法。

B. Д. 可馬罗夫(中央預报研究所)的“苏联欧洲部分春季径流形成的地带特征”这个报告是应用水分平衡方法分析綜合地理現象的具体典范。报告中叙述了春汛时期融水損耗和径流系数空間变化和年际变化的規律,这些規律是根据这些現象对土壤的秋季湿度、冬季土壤的結冰情况和冻结厚度、雪中的水儲量、春季化雪和融水径流的动态而揭示出来的。

第三类报告闡述了积雪,冰川和多年冻土的形成的相互联系問題。

Г. А. 阿夫修克(苏联科学院地理研究所)在“本題目范围内冰川研究的一般任务”的报告中強調指出:冰川动态是衡定地表水

分热量情况其自然过程的多年变化的总指标。冰川研究对解决冰川和气候的相互作用、冰川在水分循环中的作用、冰川的地形形成作用这类自然地理的理論問題有重大的意义。目前的主要任务是用現代的地球物理方法来研究冰川中所发生的过程,为此,根据地球物理年的規程进行观察應該是工作的基础。

Г. Д. 里赫切爾 (苏联科学院地理研究所) 在“本題目范围内的雪和积雪的研究方法”中概述了积雪及其在国民經济中的作用的研究現狀,并指出了今后研究工作的任务。無論就工作计划而言,或就对每个站所在地区的多样性条件的代表性而言,积雪的多年观测資料都是不够的。为了解决水分热量土壤改良的实践任务和防止雪被吹散及雪崩,必須研究雪的结构和取决于堆积和搬运条件的雪的分布。

В. Н. 波戈斯洛夫斯基 (苏联科学院冻土研究所) 在“以南极冰盾为例談冰川形成和动态的热量物理 (теплофизические) 規律”这一报告中,叙述了分析地解决冰川运动及其热量情况問題的結果。用近似法和分析法解决所提出的方程式,其結果与“和平”区的冰川观察很相吻合。

Г. В. 波尔哈也夫 (苏联科学院冻土研究所) 在“冻土层形成的热量物理規律的研究和这些規律在实践中的应用”这一报告中,描述了冻土学上大气圈—岩石圈系統中热量交換和气团交換研究的两个方面:(1)通过物理—化学分析方法,生物化石放射性的研究,古植物学分析等来研究冻土形成的緩慢过程;(2)为了在国民經济中掌握热量和水分情况进行上述过程的研究;主要基于实践研究和理論探討的岩石圈内热流研究;为了应用地表热量平衡的資料,必須大大提高資料的准确性,因为所研究的热流数值比現在数据的可能誤差要小。

第四类报告的内容是气候的成因及其与地表水热情况的关系問題。

А. П. 加里佐夫 (苏联科学院地理研究所) 在“會議主題范围内气候成因研究的現狀和任务”这一报告中,把气候形成过程的研

究方法分为主要的三类：划分大气过程类型及探討其天气特征的方法(气压場类型划分、气团及天气条件分类)对于天气预报是有意义的,但由于对地表水分热量情况地方特征估計不足,这一方法現在只能提供不肯定的統計結果。最有希望的是气候要素的数学計算和重建分布情况的方法,但目前只能探討現象的經驗关系和半經驗关系(特别是研究降水成因时)。

M. E. 絲維茲(地球物理現象总台)的报告——“气候理論的現狀”概述了应用数学方法研究总大气环流机制形成和若干气候要素分布所获得的結果。指出,应用这些方法的成就取决于是否能正确地將概率論法則与水热力学規律結合起来,是否能正确选择可以容許的簡化方式,这方面获得的成果是:根据压力場編制了月平均风速图及平均經向大气环流图,并研究出利用地表热量平衡方程式作为界限条件的大气中温度的定位地带性分布理論。今后研究的首要任务是研究环流大規模扰动的成因、环流的稳定性和山文的影响。

O.A. 德羅茲多夫(地球物理現象总台)在“大气中的水分循环”报告中,报导了这一問題的現狀,引述了一系列关于降水特征与大气水分特征的联系的新資料。他衡量了陆地蒸发和山地降水形成中的作用。所編成的北半球上空大气月平均含水量图闡明了从海洋到大陆的垂直运动和水平移动对大气含水量有显著的影响。

M. П. 季莫菲也夫(地球物理現象总台)在“热量平衡和小气候”报告中,探討了地表热量平衡要素变化影响下小气候形成的一般条件,并介紹了陆上水域和灌溉地上小气候形成定量規律的研究結果。

第五类报告是关于与會議主題协作研究的基本目的有关的問題——分析地表水分热量情况在自然环境形成过程中的作用。

A. A. 格里哥里也夫院士报告的題目是:“热量交換和水分交換在地理外壳(主要是溫帶平原)的构成和发展中的作用及其对农作物产量的意义”。他引述了溫帶和熱帶每一地带地表热量平衡各种要素数值的計算情况,并将这些資料与天然植被产量的資

料对比, 与温带各地带栽培植物水分热量情况最适宜条件的最新生理資料对比。这些对比一致表明: 适量的水分和热量在植物产量中起着主要作用, 闊叶林地帶和森林草原地帶具有最适于植物发育的水分热量条件。

И. П. 格拉西莫夫院士在他們“成土过程水热因素”的报告中, 概述了成土过程水热因素問題的发展情况。成土过程的温度情况和水分情况早就成了土壤学中的研究对象。到现在为止, 已积累了大量的实际資料, 然而, 資料很不一致, 現有的一般概念很不統一。И. П. 格拉西莫夫曾研究过土壤成因类型的分布与水热条件指标之間的关系。他用作用面 10° 以上的积温和 М. И. 布迪科的干燥度作为水热条件指标。代表土壤类型的点子在这两个指标的相关图上的分布恰巧都落在与这类或那类土壤分布的水热条件相符的分布区内。所获得的结果达到了前所未有的准确性, 原因是采用的能量指标有較完备的代表性, 而新的土壤概图也較为准确。报告人強調指出: 已知的依存性还没有指示出现象之間的自然联系的实质, 这只是研究这类規律性的第一个阶段。

В. Р. 沃洛布也夫(阿塞拜疆苏維埃社会主义共和国科学院)在“由于水热条件用于成土过程总的能量消耗”一文中, 报导了首次的成土过程力能学研究的結果, 已經确定: 用于总蒸发的能量消耗与用于土壤中的生物循环过程及用于土壤中矿物分解的能量消耗三者之間的比例为 $100:1:0.01$ 。用于成土过程的能量消耗服从于依存关系 $Q = AR$, 其中 R ——輻射平衡, A ——成土过程中輻射能利用的完全性的系数, 这个系数随由于旱向湿润条件的变动而增大。已查明了用于成土作用的能量消耗与輻射平衡、相对湿度和生物地理羣落的生物活动的依存关系。

Д. Л. 阿尔曼德(苏联科学院地理研究所)的报告——“平衡方法对侵蚀研究的意义”, 内容包括主题的要点和研究这一現象的可能途径的一般說明。对侵蚀的定量研究來說, 除水分平衡外, 应采用岩石圈固体物質平衡法。任务在于闡明降水中落在高地的部分的位能, 即变为径流消耗于侵蚀和在水流中耗散 (диссипация)

的能。根据現有的概念,可以探索出問題理論方面,但为了求知不同自然条件結合中的参数值,必需进行野外的和实验室的試驗。

Ф. Ф. 达維塔亚(苏联水文气象总局)在“苏联的热量和水分分布情况与若干新的耕作問題”这个报告中指出,尽管已經进行了大量的农业气象研究工作,水分热量資源的进一步研究对于农业还有很重要的科学意义和实践意义。重要任务之一是按地带合理布置蔬菜,不同成熟期的水果、浆果等的生产,以便保证在一年中的大部分时期获得新鮮的产品,热量和水分分布的計算可能为防止干旱和論証土壤改良和农艺措施的合理配置提供有很大实践意义的結果。

A. H. 費尔莫佐夫在“热量和水分在动物的生态和分布中的作用”的报告指出了各类动物的复杂性和对这些环境基本条件的反映的特征。动物体温調节的性質、动物体的大小、表皮的性質在这方面都有很大意义。动物具有主动寻找小气候适宜地段的特性;因此,热量和水分决定着对动物在区内重新分布的决定影响比对动物按大区分布的影响更大,这一原則可以瘧蚊、蒼蝇等的分布的例子來說明。

在每一类报告之后都进行了討論,討論情况一般都反映在決議中,會議认为地球物理觀象总台在研究热量平衡方面采用的方法和获得的資料在其他题目的研究中得到了广泛的应用,并且特別強調了 A. A. 格里哥里也夫院士的忘我工作,他多年来致力于这个主题的最复杂的綜合部分的理論研究。

同时,會議认为:这个問題各部門的研究工作相互接触不够,建議加强有关研究工作的协作,包括整个题目和各个部分。这种协作的重要任务是积累水分热量平衡的資料,統一实验觀測資料地理概括的方法和組織包括主题中,所有問題的綜合性实践工作,會議决定出版会上上述报告文集,作为第三屆全苏地理学会代表大会、国际大地測量和地球物理协会第十二次大会及国际地理学会第十九次會議的文件。

(李 恆 譯自苏联科学院院报地理学丛刊 1959 年第 5 期)

論陆地表面热量交換和水分交換的若干 地理規律以及进一步研究地理环境 中物質与热量交換的途径*

A. A. 格里哥里也夫

地理环境构造和发展規律的最近研究工作表明: B. B. 道庫恰也夫所确定的地理环境的各成份的相互制約性(它的“整体性”)的基础是各成份之間物質和能量的交換,以及整个地理环境与“外界”(这里所指的“外界”首先应理解为太阳輻射和地壳内部物質[подкорковые массы])的物質交換和能量交換。

B. B. 道庫恰也夫所揭示的地理地带性的研究工作最近同样地闡明了: 地理外壳分异为地理地带的基础是地理地带性的周期規律(苏联科学院报告, 1956, т. 110, № 1), 因此, 地理环境的构造和动态的特征, 也与各种地理地带的分布一样, 首先取决于地表年輻射平衡值(是地理外壳表层能量的基本来源), 年降水量, 年輻射平衡值对換算成热量单位的年降水量(換言之, 就是蒸发年降水量所必需的热量)的比例等在地球表面的分布。

地理环境各成份之間の物質交換和能量交換的性質以地理环境的組成和构造为轉移。

由上述各規律性的比較可以推知: 地理环境各个彼此紧密联系的成分之間的热量交換和水分交換是地理环境各成份之間の物質和能量交換这个錯綜复杂的过程的基础, 这种过程使地理环境

* 在苏联科学院地理研究所1957年4月召开的“关于地表热量及水分情况, 它在自然过程动态中的作用和为实践目的进行改造的方法問題”會議上宣讀的报告加以适当补充。

变为一个統一的、不可分割的、同时具有地域差异的整体。

大家都知道，地表热量交换的总特征可以用下列热量平衡方程式表示：

$$R = LE + P + B \quad (1)$$

式中 R ——年輻射平衡值， LE ——年内蒸发热量支出， P ——下垫面和大气之間的乱流热量交换值(或者說乱流热量交换的热量支出)， B ——土壤中的热量交换。

由于在年平均值中 $B = 0$ ，我們为了方便起見，可以去掉这一項，方程式就簡化为：

$$R = LE + P \quad (2)$$

地表和大气之間乱流热量交换的热量支出值的变化在一定程度上影响空气下层的温度：在乱流热量交换的热量支出增加时，气温上升；在乱流热量交换的热量支出减少时，气温下降。

根据方程式(2)， LE 值和 P 值的关系是这样的：其中一个数值的变化就引起另一数值相向方向变化。因此，在輻射平衡值不变时，蒸发热量支出增加則乱流交换热量支出值减少，从而，空气下层的温度降低。在非常湿润地段的上空，这一现象往往导致温度逆增的形成。为蒸发热量支出的减少，流入大气中的热量值增加，則温度上升。

这样，上述各种能量过程有着完全不同的方向，并相应地，从不同的角度，最常是在相反的方向影响地理环境的結構和动态。

因此，研究各地带的热量-水分交换时，必須特別注意蒸发热量的支出与乱流热量交换的热量支出的比例問題。大家都知道，这一比例取决于土壤中的水分含量，即(在排水正常的情况下)取决于地表年輻射平衡对年降水量的比例，也就是取决于地理地带性周期律基本因素之一。

在过于湿润的地带，蒸发热量支出总是远大于乱流热量交换的热量支出。在非常干旱的地带，乱流热量交换的热量支出远大于蒸发的热量支出。在中間性地带，蒸发的热量支出值与乱流热量交换的热量支出值多少比較接近。

現在引述几个具体代表温带俄罗斯平原、中亚及哈薩克斯坦各平原上述比例数量变化的数字，这些数字不是很准确的。我們所利用的是 M. И. 布迪科編輯的“热量平衡图集”(1955 年)和若干其他資料。

在北半球温带的北界(苔原的南界)年蒸发的热量支出达到的数級是 10 大卡/平方厘米，而乱流热量交换的热量支出則为 1.5 大卡/平方厘米左右；也就是說，比年蒸发的热量支出少 $5/6-6/7$ 倍($P:LE = 1:6$ 或 $1:7$)。

在中泰加林亚地带与南泰加林亚地带之間的界綫附近，年蒸发的热量支出約 16—18 大卡/平方厘米，而乱流热量交换的热量支出約 4—5 大卡/平方厘米，即比前者少 $2/3$ 倍($P:LE = 1:3$)。

在闊叶-針叶林亚地带与闊叶林亚地带交界附近，蒸发热量支出約 19—22 大卡/平方厘米，乱流热量交换的热量支出約 9—10 大卡/平方厘米，即为前者 $1/2$ 左右($P:LE = 1:2$)。

沿森林草原亚地带与草原地带之間的界綫，乱流热量交换的热量支出与蒸发的热量支出之比接近于 $2:3$ 。

在草原地带和半荒漠地带之間的界綫上，上述比例接近于 1 (在 0.8 与 1.1 之間)，即 $P:LE = 1:1$ 。

在温带半荒漠地带与荒漠地带之間的界綫上，这个比例接近于 2 (在 1.8 和 2.3 之間)，同时，蒸发的热量支出大部分为 11—10 大卡/平方厘米，而乱流热量交换的热量支出为 20—23 大卡/平方厘米¹⁾。

上述数据所說明的各地理地带蒸发热量支出和乱流热量交换热量支出的比例变化的一般特征与地表輻射平衡值相結合，对植被的性質以及植被的产量都有很大的影响。

1) 从援引的数字中看出：下垫面与大气乱流交换的热量支出和蒸发热量支出之間的比例的年度指数在温带是向高緯方向遞減。至于夏季的比例指数，开始是向北遞減，但到温带的北部，进而到冻土带則愈北愈高。控制冻土带夏季月份 P 和 LE 的变化性質的輻射情况和水份状况在我的“亚北极”一书(1956 年，第 13—26 頁)中曾加以敘述。

特别是温带自然植被产量最高的地带具有最适宜的土壤-土质湿润条件,大家都知道,这个地带就相当于闊叶林和森林草原地带,根据上述的近似数据,这里年乱流热量交换的热量支出与蒸发热量支出之比在 1:2 和 2:3 之間。而在这种比例大大高于或低于前述数值的地带中,自然植被的产量也相应地降低。

由于乱流热量交换的热量支出与蒸发的热量支出之比可以通过灌溉、排水和一般的水分调节措施来人为地使之改变,了解上述比例关系无论在理論上或者在实践上都有很大意义。因此,最好是組織各地带、特别是苏联地域內的这种比例关系的深入研究,并探討各月、特别是春季和生长期这种比例关系的性质。

研究春季月份热量-水分交换的性质,可以发展和深入理解 Г. Д. 里赫切尔(Г. Д. Рихтер)将苏联温带基本上分为三类地区的意見。在一类地区,融解水是对农作物最珍贵的补充(有些地方是主要的)水分来源,所以这里必須采取措施在田里积雪,并把雪均匀分布到田里;在另一类地区——融解水只是加剧土壤-土质的过份湿润,因此必須設法避免它,加速积雪融解和融解水的排洩。最后,在过渡性地域內,某一年度,融解水起着良好作用,另一年度却又起着不良作用。

根据上述蒸发的热量支出和乱流热量交换的热量支出的比例与植被产量的关系的資料,可以认为:除研究地理环境结构特征与辐射干燥指数的相互关系的方法外,各地带和地带各部分这种比例变化的比較研究,是科学分析地理环境特征最有效的方法之一。

同时,除全面研究热量-水分交换之外,还必须研究发生于地理环境中的物质能量交换的其他过程,因为地理环境的结构和动态的特征甚至很大程度上是以它們为轉移的。必須研究其中与物质能量交换相联系的化学、地球化学、生物化学、生物地球化学、地球物理、地貌和生物生理等过程。特別重要的是,要研究那些为了实践目的而改造地理环境时所涉及的过程。

在一切可能場合进行这种研究都应采用平衡法。这种方法对这类的研究工作一般是很有效的,并保証有可能对比地理环境不