

論短期天氣預報方面的幾個原則問題*

卡興 (Кашин К. И.), 帕高西揚 (Погосян Х. П.)

在任何一門科學範圍內研究的成就，都決定於作為研究基礎的方法論。氣象學也如其他科學一樣，方法是起着決定作用的。氣象學日益發展，在研究上就出現了方法的差異。最近幾十年內，不論在觀測材料的累積上及在一些發現上，還沒有在整個系統內克服形而上學。這種狀況在短期天氣預報方面最為顯著。

如所周知，在編製天氣預報以前，要進行大氣過程的分析，在其中加以歸結而作出預報。故在討論天氣預報時，首先要敘述分析的方法。1938—1944 年之前，廣泛採用的是所謂“挪威”派鋒面分析方法。這個方法在 1930—1931 年間，為我們所採用，而其基礎幾乎一直沒有任何變更。在鋒面法中所應用的觀點就是：在大氣中冷暖兩種氣團間存在着一個界面，在界面上有着最大的溫度梯度，天氣變化也最為急劇。這種地帶稱之為鋒，按該方法創立者的意見在鋒上是要產生波動而形成氣旋的。

波動學說只能用以說明氣旋的產生這件事實，但不能預知這些波的發展，因而不能預知氣旋的產生以及它們發展的性質。這點氣旋波動學說的作者也承認了的，特別是貝爾根 (Bergen) 學派創始人之一白亦隆 (Bergeron) 關於這方面曾寫道：“……大概在穩定與不穩定情況下，都有足夠的外界波動，但這個波以後的發展，顯然決定於動力穩定性”^[1]。

從這裏顯然可以看出，學說的作者本人對鋒上波動發展過程也不是明確的。不僅那時代，甚至在以後的年代內，由於決定氣旋產生與發展的直接原因尚未發見，學說一直是模糊不清的。

這個學說在原則上的缺點已在可欽 (Н. Е. Кочин) 及塔巴洛夫斯基 (Н. Л. Таборовский) 傑出的工作裏詳盡而令人信服地指出過了。我們同意他們的結論，但不需要在此處完整敘述這個問題，因此只敘述問題中有關鋒面方法具體應用的幾點。波動學說的結論，不能直接在實際工作中應用，在實用時不能不

*原文載“水文與氣象”，1949 年第 2 期。

加以補助的質的判斷，其中有一部分與學說的原理並無關連。在實際中應用學說的原理是有一些問題的，其中有一些如下所述：

1. 氣旋產生最大可能時，溫度對比值的測定。白亦隆將這地帶定為是在 1000 公里距離內地面水平溫度梯度大於 10° 的地帶。

2. 這種溫度密集形成的條件。假定它是當氣流與溫度場的構造，足以保證勢力不同的兩個區域的氣團互相接近的條件下形成的。同時假設，大氣中存在着按溫度梯度值看來性質相當均勻的氣團（1000 公里距離小於 10° ）。

3. 地球上主要產生氣團的所謂“源地”基本區域的決定。這種源地有四，並按它們以命名氣團：北極氣團、極地氣團、熱帶氣團、赤道氣團。氣團之間的過渡帶則為主要鋒，北極鋒，極地鋒，熱帶鋒。氣旋波的發展是與主要鋒有關的。

這裏所引用的原理長期組成天氣學範圍中研究的基礎。在氣象學中鋒面分析方法發生時，還沒有大氣溫度探測記錄。因此方法的基本原理，是從近地面層觀測記錄與“間接高空學”而得出的。在它們的基礎上得到氣團的一些平均性質。

實際上，如果我們統計歐洲氣溫的平均值，則從北方來的空氣一般的與從南方或大西洋來的空氣間是存在着差異的。

最初的每天探空記錄是用以計算平均位溫或平均相當位溫，以定氣團性質與名稱。故採用氣團名稱時，也表示了它的高空性質。這些原則直到現在仍為多數預報員在實際工作中分析天氣過程的基礎。預告員違背了觀測事實，強將鋒面不按其物理性質，而形式地按氣團分類來決定。

從 1930 年到 1938—1939 年間，在蘇聯所進行的研究工作基本上可分做三類：

1. 研究地方性自然地理條件對天氣的影響；
2. 大氣過程的型式劃分；
3. 氣團的詳細分類。

第一類的工作是絕對有用的。詳細研究地方性自然地理因素對天氣特性的影響，其中應當注意到研究氣團的變性。地方性條件影響的研究是應該做的，而今後也要（大規模地）做，因為在一些小的區域內，自然地理因素改變了大的天氣過程所決定的天氣性質。

第二類工作，即大氣過程的分型，這除了許多別的條件之外，在三十年代的時期是曾有用的，甚至是必須的。大概天氣過程分型在將來應滿足一些專門的目的，首先就是大區域中環流的氣候研究。但它應在天氣過程中廣泛的研究與運

用近代天氣方法與工具的基礎上來完成的。到目前為止, 這工作只在氣候學一方面的內容豐富了, 對於實際天氣預報工作是沒有多大作用的。

第三類工作, 即氣團分類工作, 在天氣學理論與實踐方面沒有用處。氣團分類的研究, 就是觀測在一定的氣團命名下所出現的天氣的性質上的變化。除此而外, 還觀測在兩個名稱不同氣團之間的主鋒及該鋒在一定的自然地理區域與季節中所出現的各種不同的天氣情況。在氣團分類與實際的應用裏。可知主要鋒, 即北極鋒與極地鋒, 似乎常常出現在對流層中溫度密集較小的地帶, 而副鋒則相反的出現在溫度密集較大的區域。在決定氣團名稱有困難時, 則所觀測到的鋒多數認為是屬於錮囚鋒, 而不屬於副鋒。其結果, 就喪失了錮囚鋒真正的意義, 模糊了實際錮囚鋒與那些構造簡單不大活躍的鋒面間的區別。有些研究者認為這個矛盾的出路是將氣團分類詳細化。這類工作有德日爾德育 (В. А. Джорджно) 及布加也夫 (В. А. Бугаев) 所提出的蘇聯氣團分類, 這類氣團名稱, 冬夏共有 30 種之多^[2]。

大致在研究中(在個別的實例中), 可以應用將一些連續性的系統分為有條件的幾類的辦法。但不可能得出各類羣間互相區別的絕對性質, 因為在這些類羣之間, 由於連續性, 區別是相對的與有條件的。在天氣學中, 也分析相隣兩類羣間的矛盾性的差異, 以作為大氣過程發展的基本因子。

恩格斯在反杜林論^[3]的序言中, 談到自然科學的分類性質時, 寫道: “到現在為止, 當生物學進化的理論出現時, 在有機世界內, 機械分類的界限就相繼消失了; 在過渡的環節裏, 分類是日益不能令人滿意的, 更準確的研究, 就會將一種有機體由這一類變為另一類, 而一些顯著的標誌, 也不足為可靠的憑據, 它喪失了絕對的意義”, 他繼續寫道: “這種強制造成的分類界限, 給近代理論自然科學, 加上局限的形而上學的性質”。

氣團與鋒分類的擁護者的觀點是只用一種記號就可能決定在大氣不同區域裏位能的儲藏*。因此, 從這個觀點出發, 真正位能儲量的客觀測定, 已為主觀起着決定作用的不完整的方法代替了。氣團及鋒的分類的唯心本質是無需證明的。如所周知, 辯證唯物論認為真理永遠是客觀的。它是在具體時間與空間條件所決定的特殊性反映出的現象。從這裏就完全明確, 預報員在分析大氣過程的發

* 氣團的名稱由作為位能最大儲藏帶主要鋒來決定, 而這種位能最大儲藏帶由密度的對比, 而在具體工作裏是按溫度的對比來決定的(按高空觀測記錄)。

展並作預報時，不應從形式上的條件出發，而要從當時真實的，具體的條件出發。它應當是建立在當時當地空氣的實際性質分析的基礎上。

詳細分類的結果，不僅不能減少分析的困難，相反地，困難更增加了，因為類羣之間差異程度的縮小，就會引向氣團名稱的混亂。完全自然的，這種細分，不能解決上述的困難，因為在本質上，空氣狀況的一些連續性的數量的性質的分劃是任意進行的。

假設，將某些性質的數值，在 A 到 B 的間隔內，按增大的順序處理，如 A 點有着最小值，在 B 點有着最大值。

如果將這些用某種方法分為數類，兩類之間平均數值之最小差為 a ，而我們在這相鄰的兩類中，找出這個任意的數值差，其差值可以為由 $2a$ 到 0 之間任一值。從這裏可知，兩類之間的差值不可能按其指數來判斷。將這種分類，進一步細分後，不會有更好的結果。因為在二相鄰類間的界限永遠是由 0 到 $2a$ 。在真正的大氣中不存在平坦的形成源地，不同的氣流分類是可能的，因為空氣的變化是連續的，永遠在運動着的，而在地球上任一地點，所找到的空氣。其性質變化的範圍都是夠廣的。

如果在三十年代之初，具體天氣工作中應用與氣團分類有關的平均性質，還有某些價值，則自然在高空網的工作出現之後與關於大氣過程觀念方面被新的研究豐富了之後，則這些平均值在具體工作中應當是喪失了它的意義。但有些研究者與實際天氣工作者到現在還把在天氣圖上決定氣團的名稱以辨認氣團當做天氣過程分析中不可少的一步。例如在布加也夫 1947 年出版的“天氣分析技術”一書內，正如從前一樣，利用氣團與鋒分類的基礎，並將這當作天氣圖分析中的主要步驟。

他將天氣圖分析為 7 個步驟，劃等壓線按順序是第六步，分析的第一、第二步就是說明氣團。赫洛莫夫 (С. П. Хрозов) 在 1948 年出版的“天氣學基礎”一書中也有類似的介紹。我們不知道，在近十幾年內是誰應用了這樣荒唐的分析程序。在任何情況下，大多數預報員，雖然決定了氣團與鋒的名稱，但實際上並不用這個程序。

從這些介紹當中顯然可知，到目前為止，用氣團的地理名稱來決定氣團在天氣過程分析中，佔着最重要的地位。

氣團與鋒的分類，與“氣團產生源地”的存在之間，是有着不可分解的關係的。

在我們曾提到的那本書中,赫洛莫夫曾寫道:“空氣取得其單一氣團性質的區域,即為氣團形成區,這氣團就用其源地的名稱”……“在氣團的源地應當是晴朗的天氣,這就大致保證了在該區內輻射條件的均勻,故其地面溫度也是一致的”,更進一步:“……環流,必須長期的保存空氣,使其可能在該區有着較大的厚度”。

高空圖指出,所有條件的配合是極少出現,而且是短時的。如果在自然界發生了這樣的條件那也是極少見的。在自然界內並沒有什麼氣團的形成,有的只是其性質的連續變化。在空氣處於連續運動時,則必須在這種運動的過程中分析空氣性質變化,在這種分析時,必不可免的會得出結論,在源地形成氣團的觀念是不正確的。在某區域某瞬時空氣的性質,是很多因子(首先是空氣所經過的地面)長期與連續作用的結果。如果流來的空氣與該地輻射及其他條件相差很遠時,則其性質變化,比空氣長期停留在一定區域內要顯著得多。可以假設流來的空氣最初的性質與在該區空氣應有的性質毫無關係,但它在該區內停留極長的時間。僅在這種情況下,才能談到氣團的形成。但在實際情況下,空氣在有限的區域內不會停留這樣久,而地球上也沒有這樣廣大的地面對大氣影響條件均勻的區域,故不可能談到氣團的形成。自然,在近地面層的空氣是隨着地面的條件,迅速改變其性質的。但分析整個的對流層或其下半部,甚至空氣流過北歐與北亞的時間却不足以使其取得與該緯帶輻射條件相當的性質。例如冬天對流層內的暖平流可以從歐洲西北海岸達到亞洲東北海岸,雖然在這樣情況下,空氣從北大西洋到雅可其亞通過北極區,在該區是有利於空氣失去熱量的。

因此,經常運動的空氣,是連續變性的。地面對氣團的影響,主要決定於地面與空氣之間的溫度差。由此自地球某一部分可在某些時間內對於流過其上的空氣的變性有着極強的影響。一定區域的地面,在一定的季節內,在某短時間,可以使其上的空氣受熱或冷卻,(這要看地面與空氣間的溫度差而定)。這與大氣緯度間交換與海陸的存在有關的。

爲了預報的目的,重要的首先是測定溫度與濕度的高度分佈,及氣團在地面流過過程中的時間變化。在任何時候的空氣性質,是它所流過的地面一切影響總和的結果。因此必須在觀測的基礎上,按地面的具體狀況(濕度,輻射平衡,熱平衡)以測定在最近短時間內空氣性質的變化。

因此,在研究上和實際天氣工作裏,必需以溫度與濕度空間分佈。預報的物理觀點以代替氣團的命名。

在天氣的討論中，爲要說明在短期內空氣性質的變化，空氣所流過的自然地理區域自然是應該指出的，然而並不是說明要由此去創造某種新的氣團分類。關於大氣鋒的問題，應當按溫度的對比決定其性質。因此應當注意，在鋒上的溫度對比值雖然是極爲重要的，但不能完全決定鋒的活動，因爲鋒的活動是與對流層的溫壓場及其他副鋒都有關係的。

如上所指出，在三十年代裏，天氣學的研究方向就是鋒面分析的方法。在這個方向裏相當大的一部份是說明分類問題與描寫天氣模式方面的。

儘管如此，但是在蘇聯學者之中也有這樣的，完成了一些初步的工作，深入而廣泛的研究大氣過程的物理本質而且已經大大地超過了外國。首先要提到的是托洛依茲基（С. И. Троицки）的工作，他首先在 1930—1931 年中指出在空間中氣流場與溫度場之間的關係。其後在這方向上還有其它研究者的工作。特別是在 1932 年米海爾（В. А. Михел）首先得出在對流層中部氣流場與地面氣壓構造演化間的關係。順便指出，米海爾的工作是所謂氣旋輻散理論的基礎。

丟不由克（А. Ф. Дюбюк）發展了托洛依茲基的觀念，於 1934 年得出在實際當中極爲有用的結果，並已在當時應用於最先進的天氣服務工作中。可惜是，這件工作在以後五年內發展不夠，因爲當時預報員傾向於僅注意在地面天氣圖的基礎上研究大氣的過程。

自從溫濕壓高空觀測網的工作出現以後，在天氣過程的研究方面產生了新的方向（1938—1939 年）。研究的方向與托洛依茲基的一樣，把全部注意用來研究在對流層中熱力場與氣壓場之間的互相關係上的天氣過程。這就確定了，在對流層中溫度場與氣壓場的變化是影響天氣過程發展的因子。首先是確定決定着對流層中溫壓場的構造的氣壓動力變化與平流變化之間的關係。這樣可預告對流層中溫壓場的變化，鋒生、鋒消、氣旋與反旋發展。這新的方向就使我們創造出了目前大家所知道的平流動力分析方法。在這方面最早的論文是 1940 年^[4]初發表的。

在平流動力分析發展的過程中，它們的創造者一天天的把它在天氣學中最重要問題的範圍中推廣了，這裏面很多問題是鋒面分析的支持者所不曾注意到的。特別提出的是關於反氣旋生成問題的解決。在這方面問題範圍推廣的程度上，也慢慢從最有才能的青年專家中增加了後繼者的數目。

蘇聯科學在天氣學中的勝利，是與在動力氣象學範圍中的勝利同時的。1940

年，基倍爾（И. А. Кибел）發表了他敘述風、溫度與氣壓預報的理論，在歷史上空前地能作這些要素的短期數值預報了。在這個理論的基礎上，應用許維茲（М. Е. Швец）討論溫度日變化的工作的結果的基礎上，溫度的數值預報已應用於實際工作中了。無論如何，這個理論的價值還不限於此。它已被許多研究者用來解決天氣學與動力氣象中的許多問題了。這個理論的方程式已為平流動力分析方法的奠基人之一，塔巴洛夫斯基（И. Л. Таборовский）用於平流動力分析基本原理的理論基礎上了。在 1946 年，塔巴洛夫斯基指出：平流動力分析的基本原理，與流體力學理論所得出的結論是完全符合的。這還可以用以整理以前從討論平流動力分析方法的發展中所得的結果，而創造最先進的氣旋與反氣旋生成的理論。

現在已經可以說，在目前有天氣過程的物理的本質的分析方法，其中包括一天到三天的天氣過程的預告的具體辦法。這個方法可以直接解決最困難的雲象與鋒水的預告問題。它可用作為中期預告的基本方法。

研究中的第一個方向裏，已看到將來發展的遠大前途。這就可使我們將天氣過程當作其所流過一定自然地理區域所發生的物理過程來研究，這種過程應看做影響過程的變化性質與天氣性質的因素之一。

這現在似乎是所有的研究者與實際工作者在天氣學領域中堅定地站到一條有希望的道路上的時候了。在實際的情況裏，到現在為止，還有一部份工作者，堅持運用落後的天氣與天氣過程分析預報方法。到現在為止，他們還運用形式符號在天氣圖上表示各種模式，以代替空間的物理分析。目前在很多天氣局裏，還可以聽到嚴格的，但本質上無意義的爭辯，例如某某氣團或鋒的命名等。

如果近年來沒有人嘗試氣團分類的工作，那末在個別的研究裏仍有以氣團名稱作為研究對象。雖然這在主要著作裏，常常也有其位置，但按作者的意見，他們也應當針對着天氣預報的改善具體問題的解決。在這些工作中，如果研究者應用高空資料，那也只是為了趕“時髦”，而在研究方法與高空資料應用之間感覺不到有機的連系。這只有將高空資料，首先應用於實際天氣預報工作中，才有可能改正。這工作也指明了，這些工作者到現在尚未了解他們應該走的什麼方向才能在發展天氣過程研究的物理方法裏能得到主要的具體結果。但不管如此就在蘇聯近十年來，創造出了平流動力分析方法，而且在這方面發表了很多論文。在這裏每個研究者與實際工作者，過去和現在應該都有可能研究更進一步去發展

這個方法；此外，這方面多年來的科學研究結果，已得到了很多在這方面卓越的氣象學家的贊同。

爲什麼這個新方向到現在爲止，還沒有在蘇聯氣象服務方面的實際工作與研究工作中佔有地位。這個問題的回答只有一個——即新的成就宣傳得不夠，首先是作爲蘇聯氣象服務技術中心的中央預報研究所作得不夠。其中在近兩年來所發佈的幾本關於天氣問題的教程中，平流動力分佈方法的問題敘述得非常零亂，不能構成一個觀念，在其具體的應用方面，更是如此。這裏應當提到的就是赫洛莫夫，布加也夫與柯尼茨（Куниц）的書。

赫洛莫夫的書出版於 1948 年，與前幾版比較，是有了相當的改正，但原則的基礎還是與以前一樣，即作者所敘述的基本問題——關於天氣過程與天氣預報的學說，還是從鋒面的觀點出發。至於關於該書中一些原則性缺點我們在上面已經簡單地提到過了。

柯尼茨“天氣學”一書爲高等教育部所批准爲氣象專科學校的教材，出版於 1947 年。但對這個課程的講解，正像是在三十年代的中葉一樣。唯一的補充就是“高空圖方法”一章。該章只有十五面，位置是在書後“天氣過程預告的補充方法”一章之後，而在其中就結束了全部關於天氣和預報的具體介紹，在說明天氣預報的各章裏，任何一章，不僅不提到平流動力方法的應用，而一致的不提到高空觀測，但作者卻是莫斯科水文氣象技術學校的講師。

在 1947 年出版的布加也夫“天氣分析與預報技術”一書中，是指定爲天氣實際工作者用的，也沒有敘述近代分析的方法，雖然在其註解（Аннотаций）中說過：“在書裏敘述到近代分析與短期預告中基本的實際問題”。主要的是書裏有相當大的一部份介紹了許多在我們實際天氣工作中，從未用到的表格與圖解，而其中大多數是從外國借來的。書裏的基礎是鋒面分析方法，而蘇聯科學的成就只佔極小的地位，不僅是圖解，甚至在天氣圖的格式裏，也有很多是從外國搜集來的，布加也夫甚至沒有費力用說明在我國具體自然地理條件下的天氣過程的材料做出了圖解。

這本書印行了那末多，不僅不能在日常的工作裏幫助實際天氣工作者，相反地僅能模糊其方向。

奇怪的是，作者是中亞西亞大學的氣象學講師，竟沒有理解這些。真不知誰推薦這本書出版的。

這位作者的第二本書“高空圖方法”也出版於 1947 年，這本書爲了天氣實際工作者繪製與應用高空圖時作爲指導用的，在這本書中作者也用很大篇幅介紹不必要的表格與圖解，僅在第二部份裏，才有不大的篇幅，敘述平流動力分析方法，不能瞭解，爲什麼這本書叫做“高空圖方法”。須知在其第二部份敘述的平流動力分析，就是天氣過程的研究方法，而高空圖僅是表示大氣溫壓場的手段。

因此關於實習教科書內，這方法沒有任何應用。這就引起混亂，而不能使訓練較少的專家迅速區別重要的與不重要的。也應提出，到現在，在 1937 年編的，奠基於地面圖鋒面分析方法，天氣圖教程還仍是訓練實際天氣分析學員的基礎。

這就是我們在學校裏培養青年幹部與進修的天氣實際工作者的教科書。

讓我們略離本題，從我們所說的一般觀念當中，順便評論所謂動力氣候學。氣團與鋒的分類不僅影響天氣學，也影響了氣候學。例如：這影響到國立莫斯科大學阿里索夫（Б. П. Алисов）所主持的以羅蒙諾索夫氣象學講座上發展出來的氣候學方向。阿里索夫的蘇聯氣候分區，即是基於氣團與鋒的分類之上。作者是按鋒名（屬於其中的有：“北極鋒帶”，“極地錮囚鋒”帶）以區分氣候帶，並小心地計算了每一氣團等的頻率。

上面已敘述清楚，這種研究氣候與氣候因子的方法是沒有理論上的位置的，而不能滿足任一國民經濟部門的實際要求。這個方向顯然是沒有前途的。我們在這裏不必多說這本書的所有缺點，而僅接觸到構成這個動力氣候方法的基本觀念。

關於這種妨害新方向的發展和教導大家在實際工作中把新方法付諸實施問題的論文我們不是第一次發表。第一篇還是在 1941 年發表的^[6]，第二篇論文作於 1946 年，而於 1947 年^[7]發表。

關於這樣原則性問題的論文出現後，到目前還未得到任何反應。但這不意味着在這些問題裏，我們的論題沒有批評。大部份的批評是用這樣的批評形式的，正如斯大林同志所說的下列形式：“也許有人說，隱瞞並不是批評。但這是不對的。作爲特別藐視辦法的隱瞞手段，也是一種批評方式，固然是愚蠢可笑的，但畢竟是一種批評方式。”*

最大的問題，其中有些是已經解決了——但極少在討論會上提出。就已提出的而論，人們對我們的批評到現在爲止，是陳舊的，觀點幾乎沒有變化，並從這

* 斯大林：“列寧主義問題”，莫斯科外文出版局，1950 年，中文版，684 頁。

些觀點去批評新方向。從已提出的看來，特別是布加也夫，德日爾德育與其不大的一羣的跟從者，認為在短期預報的範圍內，存在兩個主要方向：

1. 奠基於地面天氣圖與間接高空學的鋒面分析，慢慢吸收高空分析方法，而成為現在三度空間的分析。在這方面，這些作者仍然以為氣團（主要是氣團分類）在天氣圖分析上起着重大的作用，而認為從氣團性質的高空氣象學觀點看來，氣團應該是研究的對象。

2. 平流動力分析在本質上是三度空間的，但牠曾被人在一定程度上把它和地面天氣圖，隔離開來看的。

布加也夫與德日爾德育本質上，不可能反對新的方向，但努力於用不正確的方法說明其在具體工作上的應用。這就在平流動力分析上投下一些陰影。

關於這個方法與地面天氣圖隔離的看法，與實際情況是不符合的，相反地這個方法，首先就是分析在整個空間與時間內所產生的大氣過程。根據這種方法地面與自由大氣中觀測的記錄都是天氣過程分析的材料。

總之，我們認為應該認真地審查現存的短期預報方法，在實際工作中除去不必要的、形式主義的原則和方法，這些正如其他所有的衰亡的現象一樣，僅僅是進步觀念發展中的障礙。這個結論在科學研究中更為正確，因為這裏還沒有最後地驅逐唯心因素。在實際工作中與科學研究中一樣，首先就是關於氣團及鋒的分類問題。

只有從預報員的實際工作與研究工作各部門，首先是在中高級幹部的訓練培養裏開始，才能勝利地完成肅清這些有害的影響。其次，與此直接有關的，就是編寫新型的教科書，因為目前還沒有一本這樣的教本或參考書，能令人滿意地說明蘇聯科學在天氣預報方面的成就。

（張家誠譯）

參 考 文 獻

- [1] 白亦隆，三度綜合天氣分析，第二卷第二部分。
- [2] 赫洛莫夫，天氣學基礎，水文氣象出版處，1948 年。
- [3] 恩格斯，反杜林論。黨的出版局，莫斯科 1932 年。
- [4] 帕高西揚和塔巴洛夫斯基，高空變形場和它對氣旋生成和反氣旋生成的作用，“水文與氣象”莫斯科，1940 年，第 5 號。
- [5] 基倍爾，斜壓流體方程式的補充，蘇聯科學叢刊，地理及地球物理類，1940 年，第 5 號。
- [6] 卡興和帕高西揚，論氣團分類問題，“水文與氣象”，1941 年，第 6 號。
- [7] 卡興和帕高西揚，論鋒面分析問題的現狀的諸問題，“水文與氣象”，1947 年，第 6 號。