



蘇聯水文地质工程地质專家報告



95



地质出版社

143.07

3563

3563

443.07

2852

47010;8

5048

蘇聯水文地質工程地質專家報告

中華人民共和國地質部 編
水文地質工程地質局

地質出版社

1955·北京

本書係中華人民共和國地質部蘇聯水文地質工程地質專家魯薩諾夫和馬舒柯夫，及北京地質學院蘇聯水文地質專家克雷洛夫等，於1954年冬季在地質部水文地質工程地質局野外隊冬訓班，和地質部1955年全國區域水文地質會議上所作的報告及發言。

本書適用於一切從事水文地質及工程地質工作的人員。書內各報告由地質部水文地質工程地質局整理，經左全農、吳光輪兩同志校訂。

蘇聯水文地質

書號0168 工程地質專家報告 145千字

編者	中華人民共和國地質部 水文地質工程地質局
出版者	地質出版社 北京宣武門外永光寺西街三號 北京市書刊出版業營業許可證出字第零玖號
發行者	新華書店
印刷者	地質印刷廠 北京廣安門內教子胡同甲32號

印數(京)1-2500	一九五五年八月北京第一版
定價(8)0.81元	一九五五年八月第一次印刷
開本317×437 ¹ / ₃₂	印張5 ⁵ / ₈ 插頁2

前 言

我國水文地質工程地質工作是一項新的工作，近兩年來，由於黨和政府的重視及大力支持，在蘇聯專家大公無私的幫助下，有着一定的發展，但限於基礎較差，所以無論在理論研究或實際技術方面還遠不能滿足當前大規模建設的需要。

1954年冬季我局各野外隊回京集訓，由我部魯薩諾夫及馬舒柯夫兩專家分別做了幾次專題報告，內容皆針對當前我國水文地質工程地質工作的需要，並包括了一些主要的問題。舉行報告時曾有二十餘個其他單位的同志參加，並印發了文件。在報告後我局不斷接到許多單位和同志的來信，希望能將各報告彙成專冊，故我局決定將兩專家之報告連同他們以及北京地質學院水文地質專家克雷洛夫等在地質部 1955 年全國區域水文地質會議上的報告和發言，一併交地質出版社出版成冊，以供各方面的需要和幫助從事水文地質工程地質工作的同志們學習，提高理論和業務水平。

本書各報告前因時間匆促，翻譯及打印均有某些錯誤，現已經過整理和修改，但其中可能仍有個別不妥之處，故歡迎讀者們提出意見、批評和指導！

中華人民共和國地質部
水文地質工程地質局

目 錄

蘇聯水文地質史及其近代之發展.....	魯薩諾夫 (5)
關於中國的水文地質科學發展方向的意見.....	魯薩諾夫 (28)
不同勘探階段中水文地質工作的內容和要求.....	魯薩諾夫 (37)
第四紀地層的調查及第四紀地質圖的編製.....	魯薩諾夫 (52)
地貌圖的編製.....	魯薩諾夫 (60)
工程地質的概念、發展史及任務.....	馬舒柯夫 (84)
關於中華人民共和國工程地質任務的幾點意見.....	馬舒柯夫 (97)
搜集和整理中華人民共和國的地下水資料的簡明指南.....	克雷洛夫 (102)
關於編製中國水文地質分區圖工作計劃的理論根據.....	克雷洛夫 (107)
克雷洛夫專家在全國區域水文地質會議上的發言之.....	(121)
克雷洛夫專家在全國區域水文地質會議上的發言之二.....	(124)
巴甫林諾夫專家在全國區域水文地質會議上的發言.....	(124)
魯薩諾夫專家在全國區域水文地質會議上就討論克雷洛夫專家和 姜工程師報告的發言.....	(126)

蘇聯水文地質史及其近代之發展

魯薩諾夫

中國水文地質科學的發展，對順利完成國家工業發展的五年計劃來說，具有極其重大的意義。目前，中國的水文地質學還是一門很新的科學，它尙處在創建的階段。因此，對各種科學特別是對新的科學來說，中國水文地質學利用現代世界上最先進國家——蘇聯水文地質發展的經驗乃是非常重要的。這樣做所以很重要，其目的是爲了使中國水文地質科學工作者不致浪費很多時間去解決已經研究出來的科學的和實際的任務及方法，而能創造性地把蘇聯科學的成就應用到中國的實際情況中去。此外，更重要的是爲了確定中國水文地質科學今後的發展方向，以便幫助工業和農業的建設及解決今後發展此科學的理論問題。

本報告想闡明以下幾個問題：

- 一、蘇聯現代科學關於地球上水的資料。
- 二、水文地質科學的對象。
- 三、俄國及蘇聯的水文地質史。
- 四、蘇聯現代水文地質學的幾個基本理論問題。

一、蘇聯現代科學關於地球上水的資料

水在自然界中具有非常重大的意義。據蘇聯著名的科學院士維爾納德斯基的正確判定，水具有到處可見的特性。

實際上自然界中的一切現象，沒有一種是不受到水或多或少的影響的。已得出的地球上的各種水的數量數字，補充了維爾納德斯基的意見。只要我們看一看地圖就足以相信這一點。

佔整個地球表面29%的大陸，四面爲世界大洋水所圍繞。據統計，世界大洋水的水量是很大的，爲 1.3×10^{18} 噸或 1336×10^6 立方公里（1,336,000,000立方公里）。

大量的水都結成兩極冰及大陸冰，這些冰都成大地聚集在北極及南極的周圍。水量據計算爲 21×10^{15} 噸或 21×10^6 立方公里（21,000,000立方公里）。如將這些冰融化，則可在地球整個表面形成一層厚四十餘公尺的水層。

地球表面有着無數的河川。此外還有無數大小湖泊與沼澤。

全世界雪層中所含的少量的水約為250立方公里。陸地上的水共約為4,000,000立方公里。最後還有含於大氣中的水。

地球內部所含的水，也不比地球表面少。

維爾納德斯基認為，在地殼深達20公里的距離內，甚至於可能在60公里的距離內，分子水的重量約佔地殼物質的8%。

地殼中水的分佈形式是各種各樣的。這一點據維爾納德斯基的說法，第一是膠體溶液，它分佈得非常廣泛。根據已有之資料，這種溶液僅存在於地殼數十公里的深度內。被認為膠體的火山玻璃，其中含水量達25%。此種近於膠體的水，在地球構造中對地殼下部來說分佈是異常普遍而且也是很重要的。

當結晶格子中含有分子水時，結晶水就有很大的意義。

此外，還有一種是包圍岩石顆粒的薄膜水。最後尚有充填岩石細小裂隙的毛細管水。如花崗岩中的細小裂隙能佔其體積的0.5%。

在各種岩石中，毛細管水的重量佔該岩石本身重量的0.1到8.0%。毛細管水或薄膜水在溫度為100°—500°時仍能存留於岩石中。毛細管水的水量很大，若其在塊狀岩石中的含量僅1%，則可得出約10⁸立方公里的數量，等於海洋水量的1/14。

大氣圈，水圈及地殼三者間重量比例是多少呢？大氣圈為0.03%，水圈為6.18%，地殼（僅按16公里內的深度計）為93.79%。16公里深度內的地殼體大約比水圈體積大十四倍。大氣圈體僅為水圈體的1/200。這就表明地球上主要水量都集中在大洋和岩石中。

維爾納德斯基院士在其很著名的科學著作“天然水的歷史”一書中統計了世界天然水的水量約為18—20億立方公里或 2×10^{18} 噸。如果可以製成一個每秒鐘能流10000噸（或立方公尺）水（等於一條非常大的河流的流量）的計量器，那麼就需要數百萬年才能使地球上所有的水全部流過此計量器。

所有這些水，在太陽能、地球內力及地球引力的影響下，經常改變自己的物理狀態，並且沿地球各層（大氣圈、水圈、岩石圈、地殼深部地帶）移動。衆所週知，這些連續的變化就形成了水的大循環（水的大循環路）。

這條循環路，大家公認是從世界大洋水面蒸發開始的，由於蒸發作用，水汽便在世界大洋面上上昇。以後這些水汽在溫度變化的影響下一部分又重新凝結成各種不同形式的降水而回到世界大洋中。另一部分水汽被氣流帶到陸地上，並在這裡由於新的溫度條件的影響，變成了點滴液體狀態（雨）或固體狀態（雪、雹）而降落到陸地上。落到陸地上的大部分雨水，又在太陽熱的影響下，重新蒸

發而跑到大氣圈裡，一部分則又流入海洋中。

此時，一部分降水降下後，遇上了很好的地質條件，於是就滲透到地殼表面的下部而形成地下水。地下水逕流又在地面以下流向海洋。總之，對一次循環的水分子來說，降水的形態既是其循環運動的開始，又是其循環的結束。在這裡我不準備敘述與地殼深帶以及與封存水有關的水之運動問題，這種水可以於現已沒有海洋盆地（位於侵蝕基準面以下）的沉積岩中遇到。

二、水文地質科學的對象

水文地質科學係研究地殼內各種地下水之科學。

水文地質學研究地下水的各種形態：氣態、液態及固態。研究各類地下水（土壤水、潛水、層狀水、裂隙水及溶洞水）各種不同的運動條件。研究地下水與其他天然水之間的關係。研究地下水與岩石間相互作用的物理條件及化學條件。所有這些都要從地下水形成的歷史條件出發來進行研究。某些人把水文地質學看作是地球內部的水文學，亦即把水看作是地殼中的活動體，這種看法是不正確的。

地下水與地殼有着一系列物理的及化學的聯繫。水並不是簡單地在岩石中機械地移動，而是與岩石相互發生作用並對它有一定的影響。水對岩石的作用，改變了後者的物理性質，並常常使其具有另一種完全不同的性質。在緻密石灰岩中出現喀斯特溶洞。黏土膨脹，其物理性質也發生變化。砂具有流砂的特性。同時，岩石也對水起作用，使其具有新的性質。大家都知道，在各種岩石中，都含有數量不等的各種鹽類。當水流動時，水就從岩石中把這些鹽類溶解掉。水含有大量的鹽類後，就由淡水變成富含鹽類的水，而具有所謂礦化度的新的性質。礦化度之大小及礦化的性質可以反映出地下水之成因。

如果說地質學是研究地殼的科學，而水文學是研究地殼的地表水（地球的水殼——水圈）的科學的話，那麼水文地質學就是研究地殼中的地下水的科學。它首先與上述這些科學有關。同時，應該注意它與水力學、水文化學、地球物理學及土壤學也有着密切的關係。

三、俄國及蘇聯的水文地質史

水文地質學以一門獨立的科學來說，乃是一門比較新的知識科目。人類社會對地下水的認識是經過了長期的許多事實的積累過程的，以後它才成為一門科學。僅在十九世紀末二十世紀初，對水文地質所積累的事實及其總結達到了這樣

的水平，即地下水規律性的知識已能與地質學分開而成爲一門獨立的科學。

俄國水文地質科學的發展可以分爲幾個主要階段：

在一千年的人類社會歷史中，古老的中國、印度、敘利亞、巴比倫、埃及、中亞細亞各民族、南高加索以及黑海沿岸的灌溉農業、城市供水、採礦事業等技術都已經得到了發展。三千年以來至第十世紀止，是人民千百年來積累地下水知識經驗的一個重要階段。

俄國水文地質學是獨立地發展起來的，它與西方水文地質學發展的道路不同。由於古代俄國各民族間的戰爭及貿易上的聯系，因而也就逐漸擴大了地理上的眼界，同時也特別擴大了人民對河流系統分佈方面的知識，因為當時主要的交通就是河流。

把流水用於經濟及國防方面就促進了在水文學及水動力學方面實際知識的積累。

爲了供應古代俄國的城堡及城市用水以及戰爭中軍隊的用水，這就使得我們不僅要懂得地表水的實際知識，而且也要懂得地下水的知識。

遠在十七世紀前夕，就已積累了相當多的經驗。這些經驗表現在從水井及泉源取水供給城市的極其複雜的水力工程上，表現在水力設備的堤壩工程上，以及表現在採取地下鹽水的鑽探上。

積累的知識與經驗都記載在作爲十一至十四世紀有俄年鑑的資料中（歷史事件的記載），也記載在十五至十七世紀國內的文獻中，以及十七世紀的軍事文件中。

十七世紀初，曾編製了全國地圖，圖上除繪有河湖外，尚繪有地下水的供水泉、水井、小河、飲用水之質量，無水區等等。

在十八世紀，曾出版了以「古代俄國水文地理學」爲名的「大圖」。

大約在十六世紀前夕，就培養出了獨特的水利工程技師：飲用水的專家（特別是在戰時），採礦水專家——「鹽」及「套管」技師，修堤「能手」，「水下挖掘者」——善於在河下挖掘坑道的專家。

十六世紀前夕，爲探鹽而進行的普查與研究鹹水的事業，具有全國性的意義。在個別情況下開始進行的普查與保護飲用水的工作，也具有全國性的意義。

但是，多世紀對天然水特別是對地下水的認識，雖在十七世紀就已具有一種實際技術的單憑經驗的性質，但這種單憑經驗所得的認識不能發展成爲科學的研究。十八世紀初，俄國的採礦事業特別是冶金工業有了很大的發展。這就爲採礦科學及與其有關的「地層」（地質學的舊稱）科學的生產創造了有利的條件。

偉大的俄國學者羅蒙諾索夫是研究地下水科學理論的第一位學者，他在各種知識領域方面都大大超過了西歐的學者們。羅蒙諾索夫爲俄國的古典自然科學的

唯物主義打下了基礎。十八世紀中葉，他擬定了研究地下水的科學方法。羅蒙諾索夫把地下水看做為生活與地史全景的一部分。他的地球發展學說在當時（1750年）是一種先進的思想。

羅蒙諾索夫把地下水看成是一種溶液，其礦化作用首先取決於其與岩石的相互作用。他對自然界中水的循環有了一個明確的概念，並且把化學元素的置換以及金屬礦床的形成與其相聯系起來。當時，羅蒙諾索夫認為水在岩石的形成方面有着極大的意義，並且把水看成是近代及古代都起作用的地質因素。

為了對羅蒙諾索夫的基本理論成就的意義加以評價，必須回憶一下，當時乃是形而上學世界觀統治的時代，亦即認為自然界不變的觀點統治的時代。羅蒙諾索夫以他的唯物主義的觀點超過了當時的時代，給停滯和保守的環境帶來了重要的新思潮。

十七世紀末十八世紀初，俄國的鞏固，貨幣的發展，商業資本的增長以及國際貿易聯系的加強（特別是因為通波羅的海及裏海出口的恢復），都促進了工業的進一步發展。

彼得一世清楚地認識到發展工業及研究與工業有關的國家生產力的重要性。十八世紀初，在彼得一世倡議下，建立的俄國科學院（1724）首次採用了全國性的科學研究方法。十八世紀中葉，羅蒙諾索夫對該方法從理論上加以論證並竭力進行了宣傳。

十八世紀下半期，科學院考察隊廣泛而實際地採用了此種方法，並且也使其得到了發展。

十八世紀末，科學院考察隊搜集了當時的有關自然界、俄國的自然特點、特別是地下礦藏方面的許多實際材料。考察隊也搜集了有關全國地表水和氣候方面的實際資料，以及有關地下水的豐富資料。進行工作的結果，這些考察隊提出了許多重大的理論問題作為科學上討論用，這些問題如自然界中水的循環，地下水的來源，地下水之形成，鹹水及礦化水之起源。

這些考察隊也查明了自然界中各種現象的相互關係，如地形，岩石的性質，土壤的性質，植物的性質，地下水的深度及鹹度。找到了根據植物性質幫助尋找較淺的淡水及鹹水的標誌。同時也找到了根據水井、泉中地下水的化學成分尋找某些金屬礦床的標誌。

考察隊發現了地下水由北向南礦化增大的情況，以及山區礦泉量的增大情況，同時也發現了鹹水在俄國歐洲部分的東南部分佈很廣。

考察隊也發現了鹹水及礦水的巨大資源，瞭解到各種地下水對居民的健康具有很大的意義，同時也確定了礦泉地及製鹽的發展遠景，並提出了改善某些城市

供水的建議。

由於達到這種空前未有的規模的結果，因而無論是在俄國或世界科學中，對地下水的認識都擴大的眼界。

在這些考察隊的工作過程中，成長了一批在不同程度上研究俄國地下水科學問題的第一流俄國學者（列彼欣，克拉舍尼科夫，奧傑列茨科夫斯基，朱也夫，雷奇科夫及謝維爾庚）。

在整個十八世紀及十九世紀初這段時期，俄國科學院是俄國科學思想的中心。

十八世紀末，科學院的考察隊為俄國地下水的區域研究奠定了基礎，但未製定出進行此項研究的其他科學方法，而且地下水科學當時也還未產生。

地下水科學在最初產生時是被當做是地質學中的一門實用科目。這乃是對俄國自流水盆地進行研究的結果。

在十九世紀下半期，俄國的資本主義得到了迅速的發展。這就為地質學及其他科學的發展創造了有利條件。水文學、氣候學、氣象學、土壤學及化學也較快地發展了起來，所有這些都促使所積累的地下水的資料成為一門獨立的科學。

在發展水文地質學成為一門獨立科學的工作中，著名的俄國土壤學家多庫恰耶夫的工作及著作起了很大的作用。

多庫恰耶夫在研究自然界中每種現象時，不僅力求查明其構造，而且也力求查明與其起源及發展有關的作用。

多庫恰耶夫清楚地認識到自然法則知識之必要性。並對其進行了宣傳，以便利用這些法則使祖國的國民經濟更提高一步。

在多庫恰耶夫工作初期，他就已確定了從自然現象的起源觀點出發來研究這些現象的科學方法。例如在當時（1870—1880年）某些人認為俄國平原上的河谷乃是在第三紀以後陸地被淹沒，由於巨大的海流作用而形成的。這是一種不足相信的觀點。

多庫恰耶夫在其「俄國歐洲部分河谷形成之方法」一書中創立了河網發展的規律。他指出了地表水在平原地形形成過程中的巨大作用。

多庫恰耶夫對土壤的含水性質及其在各種不同條件下的濕度作了科學的解釋，解釋了土壤自空氣中吸收水蒸汽的情況以及地下水含水層的供水情況。多庫恰耶夫科學地論證了整個地理環境（土壤、植物、氣候、化石）的水平分帶與垂直分帶。目前，多庫恰耶夫關於地理環境分帶的思想，在蘇聯水文地質學使用地下水方面已有了極大的發展。

1882年，俄國由於資本主義的發展，曾組織了地質委員會。該委員會進行了系統的研究工作——俄國廣闊領土的地質測量。此種措施促進了全國地下水知識

其他科學原理的建立。

由於城市與鐵路供水的需要，以致不得不進行專門的水文地質研究工作。1891年歉收以後，曾建立了許多考察隊來解決發展灌溉的水利問題，這些考察隊也研究了地下水的利用問題（日林斯基、安涅科夫、多庫恰耶夫及其他人的考察隊）。

十九世紀末，偉大的俄國學者尼基亭對俄國歐洲部分的自流水及潛水做了一個廣泛的總結。尼基亭指出了主要自流水盆地的總界限，確定了水文地質學的基本情況及概念，也擬定了俄國水文地質學的理論與實際任務。

尼基亭不僅是俄國水文地質家的創始人，而且也是全世界水文地質學的創始人。他的最大特點就是對自然界各種現象分析得很全面，理論思想很深，組織能力很強。當時在西歐和美國還沒有一個人能在地下水科學方面與尼基亭相提並論。尼基亭是被俄國人民推為創造世界各種科學知識的偉大天才家之一。

繼尼基亭之後，二十世紀初，俄國學者奧托茨基對地下水的學說進一步作了新的結論。奧托茨基根據多庫恰耶夫有關自然現象分帶的學說對俄國歐洲部分的潛水作了結論，同時也查明了潛水在分佈及性質方面的分帶規律。

雖然在十月革命前已搜集了許多有關俄國地下水的資料，但對整個領土來說還研究得十分不夠，因為這些資料主要是俄國歐洲部分的材料。在方法方面，調查材料也非常不一致，而且大部沒有發表。

水文地質調查工作發展遲緩的原因就在於革命前的俄國乃是一個資本主義國家，無論是在技術方面或經濟方面都是很落後的。

水文地質科學的主要發展及其空前未有的繁榮是在偉大的十月社會主義革命以後才開始的。

從十月革命後的第一日起，蘇維埃政權就向學者們提出了必須完成恢復被戰爭破壞的經濟的實際任務。

由於當時許多大城市供水的情況不良，共產黨及蘇維埃政府提出了廣泛採取健康衛生措施的任務。在工業、文化中心區以及各加盟共和國內，進行了大規模的水文地質調查工作。水文地質調查時所搜集的材料，為擬定地下水科學的理論根據提供了可能。

根據偉大的列寧的指示，在蘇聯制定了全國電氣化的計劃，並且展開了巨大的水力工程建設。在我國南部及東部的乾旱地區內，展開了新土地灌溉的巨大工程建設。在北方和西部地區，大規模地開展了改良土壤的工作。在各個礦產地區，完成了調查地下水的巨大工作。在礦產開採方面，特別是煤和石油，開採的深度比從前大大地增加了。

因此，調查地下水條件就愈複雜起來了。正在進行開採的礦區水文地質事

業，也發展起來了。由於新的鐵路和公路修築以及工業企業的供水的需要，因而進行了大量的水文地質調查工作。爲了建立與正確地使用礦泉水而對礦水進行系統的調查方面，也已經做了不少工作。

水文地質科學的發展，與社會主義建設及國民經濟發展的五年計劃的完成有着密切的關係。

第一個五年計劃時期，由於完成了許多水文地質工作，因而到1933年爲止積累了許多有關蘇聯水文地質方面的材料。爲了總結這些材料和制定第二個五年計劃的水文地質工作計劃，於1931年召開了水文地質工作者代表大會。會後刊印了七份闡述蘇聯水文地質成就的大會文獻集。同年並出版了有關調查地下水許多問題的方法規範，同時也出版了許多描述蘇聯區域水文地質的書籍。

由於1933—1937年第二個五年計劃執行的結果，因而就爲設計大型水力發電站、水庫、運河、工廠、沃爾霍夫水電站、斯維爾水電站、德涅泊爾水電站、白海運河、莫斯科地下鐵道、庫茲涅茨冶金聯合工廠、亞速大煉鋼廠等工程提供了許多水文地質資料。同時，也發現了許多新的礦泉，因而也就擴大與改善了許多礦泉療養地。

兩個五年計劃期間所積累的許多水文地質工作經驗，使我們有可能發表許多區域水文地質方面的評論。此外，也出版了水文地質方面的方法文獻及教科書。

在第三個五年計劃期間，成立了蘇聯政府直屬地質委員會及全蘇水文工程地質研究所。在工農業各個部及其他各部門都建立了規模很大的水文地質處，它們直到現在還在工作着。在第三個五年計劃期間，也詳細調查了許多自流水盆地，並發表了這些工作的結果。闡述水文地質工作方法及結果的書籍雜誌數量日益增多了。以蘇聯學者們研究過的有關地下水運動的新理論概念爲基礎，普查與勘探地下水的方法及其儲量計算方法都已臻完善。

爲了更易於正確而迅速地完成調查全國大部地區的水文地質任務，也繪製了水文地質圖。在全國中、小比例尺的綜合地質測量工作中，也繪製了水文地質圖。在全國國民經濟極關重要的廣大地區，對地下水的狀態進行了長期觀測。在偉大的衛國戰爭時期，完成了大量的水文地質工作。戰後在蘇聯成立了地質部，目前它仍在領導着主要的水文地質工作。

1944年，在蘇聯科學院成立了水文地質問題實驗室。該實驗室研究地下水形成方面的複雜問題，它也是理論水文地質學的方法中心。

所有這些調查地下水工作的蓬勃發展，大大地促進了蘇聯水文地質科學的成長。

無數有創造性的調查地下水規律的水文地質幹部也成長起來了。其中出現了

許多研究地下水重要理論問題的著名學者，如薩瓦連斯基、李西荅、郎格、李契科夫、波格列博夫、卡明斯基、斯拉維揚諾夫、伊格納托維奇、奧弗琴尼科夫、馬科夫，茹科夫斯基等等。

由於上述俄國及蘇聯學者們以及無數水文地質幹部創造性地工作，蘇聯近代水文地質科學無論是在理論問題研究方面，或者是在為國民經濟服務方面，都已取得了極其輝煌的成就。

四、蘇聯現代水文地質學的幾個基本理論問題

蘇聯水文地質學所研究的全部理論問題非常多，因此在本報告中不可能全部講到。

蘇聯水文地質科學中研究過的最大的理論問題，有下列幾個：

1. 地下水的形成學說。
2. 地下水的垂直分帶問題。
3. 地下水的水平分帶學說。
4. 地下水運動規律的學說（地下水動力學）。
5. 地下水狀態及其預測方法問題。
6. 地下水逕流及其與地表逕流的關係問題。
7. 礦水的成因及分佈問題。
8. 關於地下水的新科學——礦床水文地質學的研究。

為了更好地瞭解現代蘇聯水文地質科學的發展情況，並從中得出必需的結論，現在簡單地把上面提到的每一個問題談一下。

1. 地下水的形成學說

地下水的形成問題涉及到有關地下水成因的一切問題。這些問題包括水的成因和匯集（水的儲量和水的資源），現代地下水化學成分的成因，地下逕流的形成以及地下水對礦床的形成等問題。

現在就首先談一談本問題的最重要部分——地下水化學成分的形成。

地下水的形成學說可使我們有可能根據化學成分預見到該區地下水的種類。因此它對於正確地組織地下水的尋找和勘探是非常重要的。

此外，它還能幫助我們瞭解該地區地下水的形成歷史，同時能使我們得到該地區最新的水文地質歷史方面的資料。特別是對瞭解第四紀時期該區最新的水文地質史往往有着很大的用處。

爲了研究地下水化學成分形成的過程，應對幾種主要類型的天然水的成分有一個清晰的概念。此外，還須識別影響天然水物理化學性質發生變化的主要作用和次要作用，以及水文地質作用。水的化學類型是很多的，因而應仔細研究主要類型地下水的成分變化，也應考慮到引起水中各種元素富集的作用。在這裡附有地下水化學成分的形成作用簡表（表1）。

地下水化學成分的形成作用簡表

表 1

形成水的各種化學類型的基本作用	改變水成分的作用	水中特殊組成部分（組份）富集的條件
1. 淋濾作用 A. 土壤和岩石的淋濾； B. 礦物和岩石的全部溶解 2. 海相成因的古沉積水自沉積岩—粘土、泥灰岩等岩石中的排擠 3. 結構水、結晶水、吸着水從結合狀態向自由重力水的過渡	1. 不同成因的水的混合 2. 蒸發作用下水的濃縮及熱動力變質條件變化時天然溶液中鹽類的沉澱 3. 膠體化學作用（水與淤泥、土壤及粘土質岩石的吸收物之間陽離子的置換： $\text{Ca}^{++}-\text{Na}^{+}$ 和 $\text{Na}^{+}-\text{Ca}^{++}$ ） 4. 微生物作用（存在有機物時） 5. 在高溫高壓下岩石發生變質作用時地下水被二氧化碳的飽和	1. 砷、鐵和其他金屬的富集，和在黃鐵礦、磷礦及其他礦石的氧化帶內 pH 值的降低 2. 在主要的超基性岩石的風化殼地區水中鎂的富集 3. 在有石油層和含瀝青物質的地區水中溴、碘、氯、環烷酸、硝酸鹽化合物及重碳酸化物的富集 4. 在幼年火山和泥火山地區以及在沉積層和火成岩內某些集聚的礦物遭受淋濾時，水中理、氟、硼及其他微量元素富集 5. 放射性元素的富集（在酸性侵入體及其破壞產物發育的地區）

從表1中可以看出，根據化學成分形成條件，地下水可劃分爲三種主要類型。

1. 淋濾水：是由於岩石的淋濾作用而形成的。從前認爲幾乎所有地下水的成分都是經過淋濾作用而形成的。溶解水也屬於此種類型。

2. 沉積水：是在沉積物形成過程中，淤泥沉積時期，或較晚的成岩作用階段，或岩石形成後落入岩石中的水。此種水可以反映出沉積物沉積過的古盆地內水的成分。研究此種水可使我們解決許多古水文地質方面的問題。

3. 再生水：是在岩石受高溫和高壓的作用下形成的，通常是在火山及侵入體

附近。這種水是一種結合狀態過渡到自由狀態的水。

以上三種主要類型的地下水，形成它們的自然環境的標誌是溶解在水中的氣體成分。淋濾水在氧化帶中流動，其特徵是含有大氣中的氣體。沉積水常分佈在還原作用帶，其特徵是含有生物化學成因的氣體。

在火山和侵入體範圍內的水的特徵是變質作用。在這種水中含有大量二氧化碳，後者是在岩石受高溫時產生的。

淋濾水 含有重碳酸鈣或重碳酸鎂鈣成分，礦化度較小。硫酸鈣含量增加和水之硬度增大決定於岩石中是否有石膏存在。如果岩石中的鹽類由於降水而發生淋濾作用，則淋濾水可能變成氯化鈉水。

沉積水 陸地上大部分地區為海相沉積地層，其中有着很大的地下水流域。在這些地層中，古海水對其中液體的性質和岩石中鹽類的成分均有所影響，所有這些對地下水化學成分在該地層中的形成有很大的意義。近代海洋中的水乃是氯化鈉水，其次為硫酸鹽和鎂。

但是，在這些岩石中流動的地下水具有另一種礦化度。其中除鈉以外通常為鈣、而氯之後常為重碳酸鹽離子。有時硫酸鹽完全不見，代之而出的是硫化氫。這些變化乃是由於脫硫作用（硫還原）、白雲石化和陽離子置換的影響所致。由於受了上覆岩層的壓力，從海相和陸相盆地的沉積物中逐漸析出溶液。在成層岩石圈範圍內該壓力可達3000公斤/公分²，此時水的礦化程度減低。

再生水 岩石受高溫作用的結果，水便從結合狀態過渡到自由狀態。此種作用在火山及侵入體區域最為劇烈，因為這些區域在攝氏幾百度高溫的影響下，從岩石中便逸出二氧化碳和水。再生水的溫度一般較高，礦化度不大。其中有含量較高的矽酸、碑和硼。

當主要類型的水繼續流動時，在下列一些情況下，水的成分將發生變化：

(1) 水與其他地下水相混合，(2) 水由於蒸發及鹽類沉澱和溫度壓力的改變而使其濃度加大，(3) 從水中逸出氣體，(4) 水與岩石之間的陽離子發生置換，(5) 與瀝青質岩石有關的微生物的作用及(6) 由於岩石發生變質而使水飽含碳酸等。

陽離子的置換，在於地下水成分中某些陽離子從粘土質岩石中把位於岩石顆粒表面的所謂吸附陽離子排擠出去，這種陽離子就叫做吸收性陽離子。

粘土中地下水的化學成分的不同與發生海侵或是海退的地質歷史有關。可以斷言，水的化學成分及其礦化度乃是表示地下水生於何種地層中以及這些地層為何種地質歷史的標誌。

在研究地下水的形成條件時，各種化學元素含量的比例係數具有很大的意義。

許多化學組份彼此間都有一定的關係。彼此物理化學性質近似及在門德雷耶夫週期表內位置近似的元素 $\frac{Cl}{B^2}$, $\frac{B^2}{I}$, $\frac{Ca}{S_2}$, $\frac{Mg}{Ca}$ 之間以及其他元素之間的關係，都具有很重要的意義。

例如溴鹽和氯鹽的溶解度各不相同，在結晶時均分別地沉澱。這樣就可使我們根據此係數值的大小，來解決該地下水的形成問題，它是由於古海水被排擠出而形成的還是由於岩鹽的淋濾或溶解而形成的。因此，根據此係數的大小，就可以判斷水的成因和用來尋找鹽礦。同樣也採用 $\frac{Cl}{SO_4}$, $\frac{Cl-Na}{Mg}$, $\frac{MgSO_4}{MgCl_2}$, $\frac{B_2}{I}$ 等的係數來尋找石油產地。

當 CO_2 由碳酸水中析出時，水中不溶解的 $CaCO_3$ 和 $MgCO_3$ 便開始沉澱。這些鹽類的沉澱速度是不相同的。所以水中 $\frac{Mg}{Ca}$ 之比能發生變化，根據此種比例，可以判斷某些類型碳酸水的變化過程。

在石油產地及其他具有瀝青質岩石的地區，水成分的變化主要是決定於微生物的生物化學作用。此種作用在於硫自氧化物還原（脫硫作用）及其呈游離硫化氫狀從水中逸出。在尋找石油產地時，應注意地下水的分析結果，注意所謂水的脫硫係數（ $\frac{SO_4}{SO_4+Cl}$ ）。此係數隨着接近油田的程度而變小，因此可以利用它來作為找礦的特徵。

前面已經說過，氣體對於瞭解地下水的形成條件是有着很大的意義的。蘇聯的學者們根據成因把它分成三組：化學氣體，生物化學氣體和自空氣吸收的氣體。屬於化學氣體的有火山氣體和在岩石變質時（過熱，重熔）產生的氣體。通常這些氣體是由二氧化碳、氧化碳、沼氣、氮、硫化氫等氣體組成。

生物化學氣體由沼氣（為主）、二氧化碳、硫化氫和氮組成。

自空氣中吸收的氣體由氮、氧和二氧化碳組成。

由此可以看出，根據地下水中氣體的存在和其性質，配合地質條件及其他資料的瞭解，可使我們在明地下水的成因、形成以及其與某些礦床的關係。

最後，水中一些元素，如碘、溴、碑、鋰、鐵等，對於我們瞭解水的形成條件也有很大的意義。

上述談到的一切，對於瞭解形成該地下水的歷史條件乃是有着很重要的意義的。

關於地下水的成因問題，在本報告中不能夠詳細講解。只能簡短地說明一點，即蘇聯水文地質學在地下水的成因方面非常注意以下幾個因素：