

高等学校教學用書

普通水文地質學

苏联 阿·麥·歐維奇尼柯夫著

煤炭工業出版社

高等學校教學用書

普通水文地質學

苏联 阿·麥·歐維奇尼柯夫著

北京地質學院水文地質及工程地質教研室譯

苏联高等教育部批准作为地質探勘學院教材

煤炭工業出版社

本書原为苏联礦山地質高等技術学校水文地質專業用的材料。全書共分兩部分：第一部分說明了水文学、气象学和气候学上有关水文地質的一些問題；第二部分闡明了水文地質学的一些原理——地下水形成的学說，其中包括岩石和地質構造对地下水的影响，水的物理、化学性質，地下水和泉水基本类型的鑑定等。在最后一章里，概述了水文地質調查和制圖的方法。

本書的翻譯和校对工作是由北京地質学院水文地質及工程地質教研室全体人員集体担任的，原在北京礦業学院編譯室工作的余恒昌同志也参加了原序、緒論、第七章及第八章的翻譯工作。

本書除用作高等学校教材外，尙可供水文地質和工程地質方面的現場工作人員参考。

ОБЩАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ

苏联 А. М. ОВЧИННИКОВ 著

根据苏联國立地質書籍出版社 (ГОСГЕОЛИЗДАТ)

1949年莫斯科第一版譯

303

普通水文地質学

北京地質学院水文地質及工程地質教研室譯

*

煤炭工業出版社出版 (地址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版營業許可証出字第 084 号

北京市印刷一厂排印 新華書店發行

*

开本78.7×109.2公分 $\frac{1}{32}$ * 印張12 $\frac{1}{2}$ * 插頁13 * 字数285,000

1954年3月北京第1版

1956年8月北京第4次印刷

統一書号：15035·186 印数：12,351--17,380册 定价：(10) 1.80元

原 序

本書是根據作者在以 C. 奧爾忠尼啓制爲名的莫斯科地質探勘學院數年來講授的「普通水文地質學」講義提綱重新修改後而編成的。講授該課程時是以 Ф. И. 薩瓦連斯基的「水文地質學」教科書爲基礎。這本書曾在 1934 年 1935 年出過兩版，後來因他病倒而未能出第三版。Ф. И. 薩瓦連斯基建議由我擔負起編寫水文地質學新教科書的任務，由他做審校工作。根據近來水文地質學的研究，我與他共同擬定了哪些是要修改的篇幅，哪些是要從新編寫的篇幅。

Ф. И. 薩瓦連斯基的早日亡故，使我們共同編寫教科書的工作不能實現。書中只是一些原則性的措施取得了他的同意，這些原則性的措施也就是編寫教科書的基礎：大量地反映水文地質學及與其有關的一些科學（特別是水文學，氣象學，氣候學）的成就，並用地質材料來充實教科書，俾能以具體的實例來解釋水文地質的過程。

爲了與已經批准的（水文地質學，第一卷）教學大綱相符，本書分成了兩篇。

在第一篇內，研究了一些解決水文地質問題所必要的水文學及氣象學的基礎。因爲在水文學、氣象學、氣候學等方面已經有了很好的參考書（如 M. A. 維里卡諾夫、E. B. 布里茲尼亞克、B. B. 波里亞可夫、B. H. 奧保連斯基、Л. C. 貝爾格、B. 凱皮恩等人的作品），作者不打算詳盡地闡明所有的水文氣象問題，而祇是希望引起學生們對這些知識的興趣。這裏介紹兩種作品作爲第一篇的參考文獻：M. A. 維里卡諾夫的「陸地水的均衡」及 B. B. 波里亞可夫的「水文地質的分析與計算」。

第二篇是直接研究普通水文地質學的，其中前幾章是介紹一下地下水與岩石的相互關係及地下水的化學成分；後幾章是研究地下水的各種主要類型。

近年來在蘇聯水文地質學的研究工作上有着不凡的發展。同時新的蘇維埃的水文地質學也在發展與成長着，它已不只是簡單地描述一些泉以及與地下水有關的個別現象，而是研究地下水在各種歷史情況下形成過程的科學了。研究此過程時須與研究其他有關的地質過程同時研究的。

本教科書的編寫是以下列俄國學者們的著作為根據的：Ф. И. 薩瓦連斯基，Г. И. 卡門斯基，А. Ф. 列別捷夫，О. К. 藍格，Н. Ф. 波格列包夫，А. Н. 謝米哈托夫，Н. Н. 斯拉夫揚諾夫，Н. И. 托爾斯提漢等。

在編寫此書時，曾得到了Г. И. 卡門斯基、О. К. 藍格、Н. А. 普洛特尼可夫及В. А. 普利可隆斯基等人的寶貴指示。作者對他們表示誠懇的謝意。

此外，對於一切有助於這本水文地質學的指教，作者也深表謝意。

目 錄

原 序

緒 論	1
-----------	---

第一篇 水文學和氣象學基礎

逕流理論的一般問題	11
第一章 逕流和水的均衡的理論基礎	11
第1節 在自然界裏水的循環	11
第2節 流域	13
第3節 獨立流域的水的均衡	20
第4節 水文學和氣象學過程的週期性	23
決定地下水的補給與動態的氣象條件	25
第二章 大氣圈和地表的熱的條件	25
第1節 大氣圈的構造	25
第2節 地球熱的均衡	26
第3節 影響地表熱均衡的因素	27
第4節 土壤和岩石的熱的性質	29
第5節 在傳導介質中熱流的理論	31
第6節 地殼外層的溫度波動	32
第7節 地下水的溫度	35
第8節 年溫常定帶的深度	35
第三章 大氣中濕氣的轉換過程	39
第1節 空氣的濕度，蒸發	39
第2節 降水	49
第3節 氣團	54
第4節 空氣的壓力和空氣的運動，氣旋和逆氣旋	57

第5節 風	60
第6節 天氣圖	63
第四章 地球的氣候帶	66
第1節 氣候的基本類型	67
第2節 氣候帶	68
逕流的研究方法及水文學的計算	76
第五章 地表逕流	76
第1節 河流之氣候的分類	77
第2節 逕流的特徵	78
第3節 河流的動態	81
第4節 逕流的因素	91
第六章 水文計算法	100
第1節 多年的水文氣象觀察材料的整理	100
第2節 關於相關法的概念	102
第3節 幾近曲線和它對於逕流分析的應用	105
第4節 折線的夷平工作	114
第5節 水文學的參考書	116

第二篇 水文地質學基礎

岩石與水	117
第七章 岩石——地下水的收集者	117
第1節 地下水的分帶	117
第2節 岩石的孔隙度	121
第3節 岩石的粒度成分	127
第八章 岩石中的水	132
第1節 岩石的保濕量	132
第2節 水在岩石的形式	138
第3節 岩石的透水性	138
第4節 岩石中的毛細現象	143
地下水的水文化學	152
第九章 地下水的物理化學性質	152
第1節 水的物理性質	154

第2節	水污染的標誌	156
第3節	水的硬度	157
第4節	侵蝕性碳酸	159
第5節	水的總礦化量	161
第6節	氫離子的濃度	163
第十章	地下水的化學成份	164
第1節	地下水的化學分析	168
第2節	地下水的化學分類法	169
第十一章	天然水化學成分的組成	177
第1節	天然水的基本類型	177
第2節	水的化學成分改變的過程	179
	地下水基本類型的鑑定	185
第十二章	地下水的基本類型	185
第1節	地下水分類	185
第2節	地下水動態的概念	190
第十三章	包氣帶水	195
第1節	土壤水	195
第2節	沼澤水	198
第3節	上層滯水	201
第4節	沙丘水	202
第十四章	潛水	203
第1節	潛水的分帶	208
第2節	潛水的基本類型	211
第十五章	自流水	222
第1節	自流水的形成條件	222
第2節	自流水的儲量	226
第3節	典型自流盆地的敘述	228
第十六章	裂隙水和溶洞水(喀斯特水)	235
第1節	裂隙的基本概念	235
第2節	裂隙岩石的含水性	236
第3節	地下水在裂隙岩石中的運動	240
第4節	裂隙水的分類	240

第5節	溶洞水（喀斯特水）	242
第十七章	永久凍結帶的地下水	250
第1節	永久凍結	250
第2節	永久凍結地區地下水的基​​本類型	253
第3節	冰椎	257
第十八章	礦水	261
第1節	礦水分佈的規律	263
第2節	礦水的基​​本類型	266
第3節	礦水的引水工程	272
泉的調查方法和水文地質圖的繪製		273
第十九章	泉	273
第1節	泉的分類	274
第2節	泉的動態	278
第3節	泉的調查	282
第二十章	水文地質圖	285
參考書目錄		292
譯名對照表		298

緒 論

水文地質學是一種研究地下水的科學。它研究地下水的形成條件及分佈情況，因而幫助人們來合理地利用這種「最貴重的寶藏」(偉大的俄羅斯地質學家A. II. 卡爾平斯基這樣稱它)。

水文地質學是地質學的一部份，但它也包括了許多水文學上的問題(水文學一般是指研究地球上的水的科學)。地下水僅是地球上水的一部份。空中水(大氣水)、地表水及地下水本來是密切聯系着的。但歷來就這樣決定：研究大氣水是氣象學的重點；研究地表水是水文學的重點；研究土壤水是土壤學的重點；而研究地下水則是水文地質學的重點。因此，不引用氣象學、氣候學、水文學及土壤學的方法，就不能解決水在自然界中的循環問題及地下水的補給問題。

同時，水文地質學的成就與地質學的發展有着密切的關係，尤其是與地貌學、第四紀地質學、岩石學、大地構造學及礦床學的發展有着密切的聯系。在地下水形成中，大地構造過程及火山過程起着極大的作用。如果不把這些作用研究清楚就不可能解決水文地質學上的問題。

從前對地下水在地質過程中的意義是估計得不夠的。沒有一種自然物體對許多地質過程的影響能與水相比擬。地球上沒有一種物體(如礦物，岩石，生物)是不含水的，地球上的生物體的三分之二以上(按重量計)是由水組成的，且在許多有機物(水生)中，水佔99.5%以上。

「水決定並創造整個生物圈，地殼機構火成岩的外殼以上的基本特性都是由水形成的」(B. II. 韋爾那德斯基)。

活動性是水的特徵。它是地球上少數能以固體，液體，氣體三態存在的物體之一。

就活動性來說，與水相近的還有石油，它倆像孿生子似的聯系着，但絕大部份的地下水是經常循環的，而石油則只是在地殼發展史的一

定階段中在有限的範圍內移動着。

由於人類的迫切需要，遠在很古的時候就有了探尋地下水的技術。古老的引泉工程、近東的引水暗渠、許多由沙漠砂填塞的廢井及俄羅斯蘇維埃聯邦社會主義共和國北部尚保存的裝有鹽水吸取管的深礦井和水井，都顯然地證明在過去的幾世紀中，採水技術已達到相當高的水平。

但真正的地下水科學還是在偉大的十月革命之後，在廢除了土地、水、森林及地下資源的私有制度之後，才開始發展起來的。現在水文地質學的研究方法正處在探討階段，正在逐年地改進着。

蘇聯的地下水科學與西歐的「水源學」是有原則性的區別的。在西歐主要的是注意到一些水源的設備技術問題，而對於水的勘查則依賴於一些「魔棍」專家。在蘇聯，水文地質學已成長為科學中的一個獨立部份，它在研究水的形成過程時，是和分析地質構造及解決大地構造學、地球化學和地球物理學的基本問題密切配合着的。

在斯大林五年計劃的年代中，大規模的建設要求在各種國民經濟部門中（如在洪水、灌溉、水力工程及工業建設、軍事工程以及礦泉療養衛生事業等方面）運用水文地質方面的成就，因而有必要編製全蘇的水文地質地圖。

由於進行了水文地質工作而獲得了極其寶貴的資料，藉以更能廣泛地研究自然的地下水了。於是不僅能在那些以偶然泉水形式出現過水的地方取得地下水，而且可以在那些建設利益所需要的地方也取得了地下水。此外，在那些水量過多的地方、發生水災的地方以及妨害某些礦產開採的地方都製定了排水的措施。

現在在蘇聯將水文地質學分為幾個獨立的部份，這些部份是應該依次地去研討的：

- (1) 普通水文地質學（水文學與氣象學的基礎以及水文地質學的一般問題）；
- (2) 地下水水力學（地下水在地殼內的運動規律）；
- (3) 專門水文地質學（地下水的勘查與探勘）；
- (4) 區域水文地質學（蘇聯的地下水）；
- (5) 礦水學（醫療用水及工業用水）。

地下水的學說史 在地下水的學說發展史上可以分爲三派。一部分學者主張滲透說，認爲全部地下水都來源於大氣的降水。另一部份學者認爲地下水是由空氣中的水蒸汽凝結而成。第三部份則認爲地下水是海水直接透入於地下空隙中的結果。海水因失去鹽份而成淡水以河流的形式流動着。其中佔統治地位的是滲透說。

俄國學者們的研究工作在水文地質學的發展上有極大的意義。在十二到十六世紀的某些手稿和年鑑中，就能找到一些河流、湖泊及有趣的礦泉的描寫文字。特別是1725年彼得一世所創立的俄羅斯科學院在研究國家資源方面起過重大的作用，其探險隊研究過裏海、西伯利亞及其他地方，編製了很多地理圖，並作了一些其他工作。

第一流的科學院院士，俄國天才的學者M. B. 羅蒙諾索夫(1711—1765年)的觀念及他的研究工作，超過了許多外國學者幾乎達一百年。在他的氣象學及地質學的著作中已有了關於水的循環及在地殼中自然溶液的見解，這在某些方面是與現在的觀點很相近的。在十八世紀末及十九世紀初，B. M. 謝維爾金院士又發展了M. B. 羅蒙諾索夫的科學觀念。在1827年成立了水文管理總局，該局系統地研究湖泊和海洋，在1882年俄羅斯地質委員會成立，編製國家地質圖就是該會的任務之一。俄羅斯地質委員會的成員，當時的大地質學者И. B. 姆實凱托夫、C. H. 尼基金、H. A. 索可洛夫等人所作的各種有益的地質研究工作至今還有着莫大的意義。

在上一世紀的後二十五年中，由於П. H. 阿努勤、A. H. 伏依可夫、И. И. 謝明諾夫-姜-山斯基的研究，而發展了我國的地理科學。在1884年，A. H. 伏依可夫發表了他的名著《地球的氣候》，他在這本書中闡明各種氣候分佈的規律性，並強調了氣候因素對大陸水的規律的意義。早在1874年，屬於公路局及水路航行局的專門委員會，在И. A. 法捷耶夫的領導下，已開始有計劃地對俄國的河流、湖泊進行研究。大約在這以前，在普里皮亞基河流域還進行着疏乾池沼的工作，在高加索和土爾凱斯坦也進行着改良土壤的工作。由於荒年天旱而成立的以A. A. 基洛爲首的《俄羅斯歐洲部份主要河流水源研究勘察隊》(1894—1903年)的工作，在水文地質學的發展上有極大的意義。該勘察隊調查後曾發表

了有關各流域(伏爾加河、俄喀河、德涅泊河等)的測高學、土壤植物學以及水文學情況的精裝報告書四十份。地質學者C. H. 尼基金曾作過地下水的研究工作，他在具有世界性的文獻中頭一次闡明了潛水和自流水的分佈情況與一般的博物情況的聯系。

在十九世紀末二十世紀初，Л. A. 亞且夫斯基和A. Д. 斯托普涅維奇對地下水進行了有趣味的地熱的觀察。A. Д. 斯托普涅維奇在保全地下方面水做了很多工作。

突出的土壤學家B. B. 多庫卡耶夫(1846—1903年)的著作對地下水學說的發展有過巨大的意義。他的許多經典的著作爲俄國的土壤學爭得了世界上的首席，應該特別指出的有：[俄羅斯的黑土]，[我國草原的過去與現在]，[俄羅斯歐洲部份河谷的形成方式]，[自然帶的研究]。多庫卡耶夫學派的影響對所有自然科學是這樣的深刻而富有效果，以致使俄國的水文地質學具有與西歐的地下水學說不相同的獨特方向。

自1907年到1919年，俄國土壤物理學家A. Ф. 列別捷夫經過了有趣地思考與精密的實驗，研究了水在土壤中轉移的機械問題。他的結論與從前的觀念相比是前進了一大步。^①

A. Ф. 列別捷夫的主要功績是他按照水的物理特性確定並劃分出水在土壤中及基土中的五種狀態：1)水蒸汽，2)吸着水，3)薄膜水，4)重力水，5)固體狀態水(圖1)。

水蒸汽充滿了土壤中的全部空隙，並和其他氣體一樣地由壓力高的地方向壓力較低地方移動。除了夏季最上部的土壤層以外，通常蒸汽的最大張力總是存在於保濕量大於最大吸着量的土壤中。

吸着水爲多孔土壤所素有的水。它僅在預先變爲氣體後方能移動。在地下大氣中的水蒸汽飽和時，岩石所控制的水量(按乾燥岩石的重量的百分數計算)稱爲最大吸着量。

薄膜水是固着於岩石微粒上的水，呈薄膜狀，不受地心吸引力的影響。在分子吸引力的作用下，它可以由一個岩石微粒移向另一微粒(由薄膜厚的地方移向薄的地方)，靜水壓力對薄膜水不起作用。A. Ф. 列別捷夫稱以薄膜水形式被岩石所控制的最大水量爲最大分子水容量。

① 最初，A. Ф. 列別捷夫把自己的觀點發表在[氣態水在土壤水和潛水的規律上所起的作用](農業經濟氣象學文集，1913年第七卷)一文中。後來發表在1928年在列寧格勒召開的第二次全蘇水文學者代表大會上的講演中(講演的縮稿曾在[自然]雜誌1928年第十期發表過)。在A. Ф. 列別捷夫的著作[土壤水與潛水]中有水氣在土壤中凝結的研究史及實驗與總結的敘述。

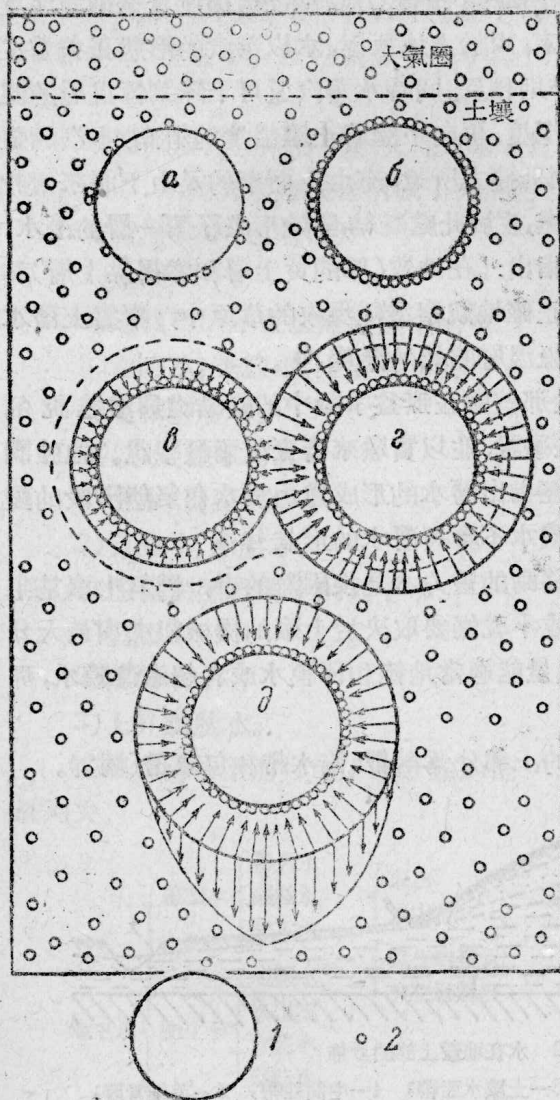


圖1 水在土壤中的各種狀態示意圖
(根據 A.Φ. 列別捷夫)

1—土壤微粒； 2—氣態的水分子。
a—不充分吸着量； b—最大吸着量； b和c—帶有薄膜水的土壤微粒；水正由c向薄膜較薄的b移動；d—帶有重力水的土壤微粒。

重力水是受地心吸引力影響的水，也就是超過最大分子水容量的水。靜水壓力對重力水可以起作用。

A.Φ. 列別捷夫把重力水又分為兩種：

a) 與潛水無直接聯系的懸着水；

b) 與潛水聯系的毛細水，此水沿毛細管由下上昇。

A.Φ. 列別捷夫對大氣的水蒸汽在土壤中凝結的觀察是極有意義的。這些觀察證實了他所假想的由於大氣中水蒸汽的張力大於表層土壤中水蒸汽的張力而發生的凝結。尤其是根據他的計算，證明了南方草原一年中由於凝結可額外地得到約70毫米的水分。

A.Φ. 列別捷夫假定說：當土壤吸收了大氣中的水蒸汽，在自然界中就進行所謂分子凝結，因此土壤的保濕量至少要增加100—150毫米。

根據1896年敖德薩

氣象台的材料，冬季土壤中水蒸汽的張力隨深度增加，夏季則隨深度減少。A. Ф. 列別捷夫斷定，由於上述原因，水以蒸汽的形態在冬季從下部土壤層向上移動，夏季則相反。同時水蒸汽還可下降到恆溫層的深度，即平均達到約20米的深度。再向下隨着土壤溫度的增高，水汽的張力則繼續增高。因此根據列別捷夫所說，有由上而來的及由下而來兩股水蒸汽氣流會集於恆溫層處，並於此處凝結，開始形成了第一層的潛水。

爲了證實這一點，他指出：「在地質（厚的黃土層和赤褐黏土層）和地形的條件適宜於經常很正確地觀察這種現象的草原中，事實上潛水的第一層通常是位於地殼恆溫層開始的深度」^①。

A. Ф. 列別捷夫不同於那些處在無益爭論中的凝結說與滲透說的擁護者們，他力求利用這些學說，並以實驗來審查這兩種學說。他強調說：「雖然我們的研究已經指出潛水的形成僅由於水在氣態階段的變動，但我們沒有權力說，液體水不參與潛水的形成」。

直接地觀察在土壤中移動的重力水是很困難的事，因為土壤是半乾燥的或是乾燥的。乾燥或半乾燥要取決於土壤的機械組成與最大分子水容量，如果土壤的保濕量能適當地飽和薄膜水或者超過薄膜水，那末就可能有滲透作用。

近代多數學者將地殼的上部分爲兩帶：飽水帶和包氣帶（圖2）。

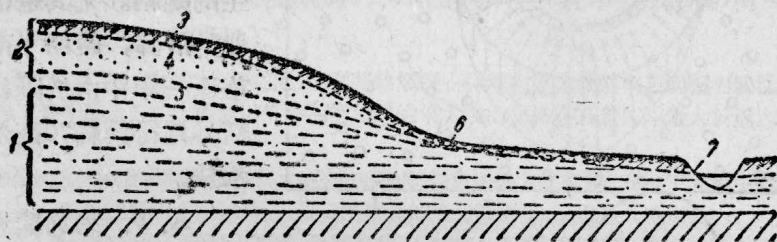


圖 2 水在地殼上部的分佈

- 1—飽水帶； 2—包氣帶； 3—土壤水亞帶； 4—中間亞帶； 5—毛細管層；
6—沼澤； 7—潛水露頭。

在飽水帶的透水岩層中充滿了水，這種水處於靜水壓力的狀態下，這種靜水壓力是按照水力學的規律流佈於各方面去的。

^① A. Ф. 列別捷夫過於誇大了土壤中的凝結作用，如И. И. 柯洛斯科夫和B. E. 蘇奇萬諾夫的研究作品所指出的：凝結只能在低溫區域進行，形成露水，它不能顯著地增加保濕量。

在包氣帶中，透水岩層的孔隙並不為水充滿，此處僅有暫時的水或季節水(上層滯水)，在包氣帶中又分為土壤水亞帶，中間亞帶及毛細管層。

根據成層條件，各個水文地質學者提出了各種不同的地下水分類法。H. H. 斯拉夫揚諾夫總括成下列的形式(有化學聯系的水未計入)。

I. 地表層的水(包氣帶):

- 1) 土壤水分;
- 2) 過渡帶的水或滲透過程中的水;
- 3) 暫時水, 季節水(上層滯水);
- 4) 毛細管層水。

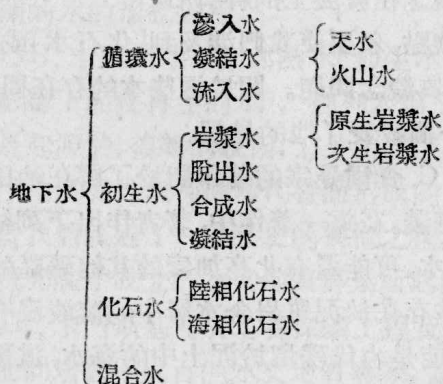
II. 層狀水(飽水帶):

- 1) 潛水, 自由水;
- 2) 自流水, 承壓水。

IV. 在堅固裂隙岩層中的地下水:

- 1) 裂隙水;
- 2) 溶洞水;
- 3) 上昇脈狀水。

按照成因特徵進行地下水分類的是 A. M. 瑞爾孟斯基和 A. A. 致最列夫。



1902年在卡爾斯巴德自然科學及醫務工作者代表大會上，維也納地質學者Э. 鳩斯作過報告以後，關於地下水起源於地層深處的學說在

科學界有了廣泛的傳播。Э. 鳩斯提出了許多證據說明某些礦水與熔融黏稠的岩漿有關，這些岩漿浸染着不同的氣態物。隨着岩漿的冷卻這些氣態物開始分化出來進入溫度更低的區域，進行凝結並形成初生水（處女水），以礦泉的形式流出到地表上。爲了區別於初生水，Э. 鳩斯把來自大氣中的水稱爲滲流水（俄文中是вадозные воды, вадозные 是根據拉丁字Vadere 來的。這個字的俄文意思是Блуждать, 卽流浪，徘徊之意）。

Э. 鳩斯的學說有人支持，也有人向他作各種批評性的指責。一部分學者證明，每一種火成岩在與空氣隔絕的空間裏加熱至紅熱時，都會分化出某些種氣體和水來。

另一部分學者否認火山噴出物中有初生水的存在，並根據自己的觀察作出了岩漿本身無水的結論。

在一部著名的有關俄國礦水的文集中，А. И. 蓋拉西莫夫指出，「調和這些矛盾是困難的，但就所有的顯著的事實看來，似乎認爲岩漿中有水蒸汽的存在是比較正確的，由此可以得出結論，地表上是有初生水存在的」。誠然，當初生水昇到地表時，當然會有地表水滲進去，結果，據А. И. 蓋拉西莫夫的意見，在礦泉中「……溶於初生水中的各種初生的氣體和鹽類，被地表水所稀釋，因此，礦泉本身就有了混合的性質」。

Э. 鳩斯所提出的學說在開始時是推動了各種問題的研究，但不久它就變成了對於自然水之正確觀念在發展上的絆腳石。

研究自然水要樹立歷史的觀點，就要使我們涉及到「化石水」或「埋藏水」（古代殘餘水）的水文地質觀念問題。關於這些水的存在問題，Н. Н. 安得魯索夫（1908年）第一個發表了他的見解。

А. Д. 阿爾漢傑爾斯基和Э. С. 查爾曼宗的著作對於了解在油田區的地下水演進過程有過很大的意義。在這一著作中，著者作出下列結論——「格羅茲尼區域的油田地下水，可能還有北高加索的其他礦區的地下水，按其化學成分來說，和那些存在於泥質岩含水層中的溶液沒有什麼本質上的區別」。這些溶液「可能是古代殘留於泥土中的海水，這種海水是發生過極大的變化的，可以說在成岩過程（由海洋淤泥變成岩石的過程）的影響下經過了根本的改造」。

作者們把海洋水變化過程的機械作用描寫爲在吸收水的雜岩內部