

土壤改良水文地质学

〔苏联〕A. E. 符拉基米罗夫 著

中国工业出版社

苏联地质保矿部

全苏水文地质工程地质科学研究所

土壤改良水文地质学

(干旱带土壤改良水文地质调查和措施)

[苏联] A. Γ. 符拉基米洛夫 著

孙昌仁等 译 李宝兴 校

中国工业出版社

А. Г. Владимиров
МЕЛИОРАТИВНАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ
МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ В ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЕ
ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ Москва 1960

* * *

土壤改良水文地质学
(干旱带土壤改良水文地质调查和措施)
孙昌仁等译 李宝兴校

*

地质部地质书刊编辑部编辑 (北京西四羊市大街地质部院内)

中国工业出版社出版 (北京德胜门内大街10号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $6\frac{1}{4}$ · 字数 126,000

1965年7月北京第一版，1965年7月北京第一次印刷

印数0001—2610，定价(科五) 0.80元

*

统一书号：15165·3988 (地质-338)

前 言

水文地质調查在編制农业土壤改良設計时經常起着重要作用。現在，在实现了一系列的这样設計之后，当需要检查土壤改良措施的有效性已經成熟并进一步完善其設計方法（特别是新开垦土地的土壤改良計劃）的时候，专门的水文地质調查就具有了更重要的意义。

为論証土壤改良設計而进行的水文地质工作任务的特殊性在于发展特殊的調查方法和对調查結果所取得的資料进行解释。水文地质学家常常需要与土壤改良学家一起直接参加制定土壤改良措施，其目的是为了改善对农业不利的水文地质条件。所有这些都导致了不論在水文地质学的理論上，还是实践上的特殊的方向的发展，故得名“土壤改良水文地质学”。

作者与农学家、土壤学家和土壤改良学家密切协作，在其多年調查研究的基础上，在本书中提出了可以形成水文地质学一个分支的土壤改良水文地质学的内容的某些結論，并給研究論証土壤改良設計的水文地质学家提出了肯定的方法性建議。

作者在书的开头确定土壤改良水文地质学的同时指出，普通水文地质学的这一分支要求研究和制定为提高农作物产量的目的而改善水文地质条件的方法，在干旱带要求进行土壤灌溉，在过湿带广泛发育着土壤沼泽化作用。但是作者接着就集中注意力来論述为灌溉服务的灌溉水文地质学問題，因为正是在这个方面作者可以取得在中亚細亚和外高加索許多項目上进行水文地质調查的丰富經驗。

IV

作者在編制本文时并不限于个人的观测和調查資料。他广泛地利用了苏联上述区域内工作过的水文地质学家的丰富的文献資料，以及研究了許多机构和企业的广泛的档案資料。

“土壤改良水文地质学”一书在苏联是首次有系統地論述了为灌溉服务的水文地质学的方法問題。虽然內容比較緊湊，但它涉及到的問題相当全面而深入。当然，应用于实践并对其进行詳細的分析，也可以发现一系列的不足之处，作者今后应給予注意。与此同时，这本书的問世无疑会推动在这些地区工作的其他水文地质学家，闡述自己在干旱带和过湿地区（非常希望这样做）的观点和工作經驗。

“土壤改良水文地质学”一书对于同农学家、土壤学家和土壤改良学家一起工作的水文地质学实践家們将非常有益。它同样可以广泛地作为农业、水利和其它高等院校学生以及各大学土壤改良专业学生的教材。

O. K. 明格教授

目 录

前 言

土壤改良水文地质学是水文地质学的实用部分	1
盐渍土是土壤改良的对象	6
盐渍土的成因	6
盐渍土的分布	9
盐渍土的肥力	14
潜水是土壤改良水文地质调查的主要对象	18
潜水的概念	18
天然潜水和灌溉潜水	21
潜水和植物	24
土壤改良水文地质调查	27
土壤改良水文地质测量	28
地植物调查法	35
潜水动态和均衡的观测	40
潜水的季节动态	47
潜水的多年动态	52
潜水动态预测和新灌溉土地上的水位上升	57
水均衡方法	62
潜水微分均衡	69
潜水临界深度	78
修建排水渠的有效作用距离	81
集水-排水系统的效果	86
土壤改良-水文地质措施	91
灌溉系统的经营和农业技术措施	92
渠道水向土层中渗透的损失	100

不稳定-有利的潛水动态条件下的农作物的灌溉制度	109
淡化的灌水制度是同稳定-不利的潛水动态条件下的	
天然盐渍化土壤作斗争的方法	114
排水設施的分类基础	122
植物排水	124
垂直排水系統	130
利用水平排水控制潛水位	139
盐渍土冲洗和修建水平排水渠的某些結果	152
盐分調节-排水沟的計算原理	164
利用地下水灌溉作为土壤改良-水文地质措施	167
干旱地带的土壤改良-水文地质区域和为	
了改善水文地质条件所必需的措施	175
参考文献	186

土壤改良水文地质学是 水文地质学的实用部分

不久以前，在十九世紀末叶，在地质学中出現了一門新的学科——水文地质学，而且很快就形成了一門独立的科学。A. M. 奥弗琴尼柯夫(1955)，对水文地质学提出下列的概念：“水文地质学——是研究关于地壳內地下水的起源、运动、发展和分布的科学”。

在二十世紀前半期，由于水文地质調查的广泛发展，实驗資料和新方法的不断积累丰富，除了研究地下水形成的普通水文地质学之外，在水文地质学中与国家經濟有关的，如下列的一些方向性問題也得到了明确的肯定：

1. 淡地下水水文地质学 由于利用地下水作为供水和灌溉用的实际需要而出現的；

2. 矿水水文地质学 它的出現是与疗养——保健事业和工业用水中（在性质上是化学原料的来源）对矿水利用的需要有关的；

3. 石油矿床水文地质学 利用外圍水作用的方法，解决改善石油鑽井的开采条件問題；

4. 矿山和矿井水文地质学 它的任务是同矿山坑道充水进行斗争；

5. 工程水文地质学 是研究改善水利工程建筑物問題，以及民用、工业和水利工程建筑物的建設和經營；

6. 普查水文地质学 它的主要实际任务是普查矿产，特

別是放射性矿床（放射性水文地质学）。

現在，在水文地质学中又形成了一个与解决农业領域内有关的实际問題的新方向——土壤改良水文地质学。

关于土壤改良水文地质学的应用范围和任务，以及土壤改良水文地质工作的內容和方法，暂时还没有完全定論。但是，土壤改良水文地质学作为水文地质学的一个分支，在实际生活中越来越占有重要的位置，而它在相近学科中的位置，也是十分肯定的。

在苏联土壤改良水文地质学是在与土壤改良有关的水文地质調查的基础上以及在疏干地区和灌溉地区的土壤改良系統的設計、建筑和經營的基础之上发生和发展起来的。

在过湿地帶，很久以前，在农业而前就提出了与土壤沼泽化作斗争的复杂任务。

在上一世紀，B. B. 多庫恰耶夫、П. B. 奧多茨基和 Г. И. 維索茨基的著作以及 A. A. 季洛勘察队在俄罗斯西部边区省进行的工作是俄罗斯欧洲部份天然条件，特别是水文地质条件現代概念的基础，并提出了沼泽土壤和干燥土壤形成的一般概念，以及与这些不利的自然条件，如土壤过湿或土壤过干进行斗争的途径。在二十世紀沼泽的起源和分类問題，在 B. P. 維利亚姆斯的著作中得到了进一步的发展。同时提出了控制沼泽化地区潜水而动态的措施（A. Д. 勃卢达斯托夫等），主要是在于采用不同形式和种类的排水沟。

現在已知管狀的水平排水設備成功地疏干沼泽的例子，但是沼泽土壤改良的整个問題仍是未決的問題，而且在各种水文地质条件下，形成大片沼泽地仍然是未被疏干和未被征服的。

沼泽排水的成效取决于排水沟結構和类型的正确选择以

及排水沟的深度和它們之間的距离。这些都是排水沟設計中主要应探求的数值。它們不可能对所有的情況都是标准的，而主要是取决于疏干地区的水文地质条件。

为此产生了沼泽地的水文地质条件类型化的任务，其目的是为了对每种类型确定一定的綜合性土壤改良措施。这样典型化沼泽地的类型，可以作为拟定沼泽化地区編制疏干地区的設計所需要的土壤改良-水文地质分区的基础。

其次的重大任务是确定已制定的措施的有效性，它与研究进行土壤改良措施而形成的新的水文地质条件有关。措施有效性研究的結果，应用来使它更加进一步的完善。

上述任务中的各別問題有不同的土壤改良部門在进行研究，但是与土壤沼泽化作斗争問題相联系的全部綜合問題，誰也沒有研究。

大家对水文地质方面很少給予注意，它实际上是极为重要的一个部份。

在干旱地区沼泽是很少遇到的。在这里气候特征和水文地质特点（广泛的分布着高矿化潜水和高的蒸发度）决定着土地灌溉的后患——土壤盐渍化的发育。

在上世紀末，在高加索（阿塞尔拜疆的穆干草原和阿尔明尼亚的阿拉斯达揚草原）和在中亚（飢餓草原）开始建筑了新的灌溉系統，在灌溉土地上工程师們第一次接触到盐渍化作用，在二十世紀初期，就已开始进行組織广泛的水文地质調查，尤其是在伟大的十月社会主义革命胜利以后有了迅速的开展（在外高加索——Ф.П. 薩瓦連斯基、B.A. 普里克郎斯基；在中亚——O.K. 郎格、M.M. 列肖特金和其他等人），并伴随着建設大量的灌溉和排水系統，使灌溉区内的水文地质和土壤改良任务发生了緊密的关系。

水文地质調查方法的发展是在干旱地区和过湿地区土壤改良設計的基础，并且是形成土壤改良水文地质学的基础。在这种情况下，被水文地质学家們建議的改善水文地质条件的措施的广泛实践，朝着用专门試驗工作和理論計算，来論証这些建議的方向发展，这是水文地质工作者开始时主要任务的研究工作，逐步的变成了只是为拟定控制潜水动态（改善水文地质条件）措施的方法。这同样的有助于完善和正确选择地下水的研究方法，因为在解决实际任务时就容易了解到需要研究什么和如何研究。

Ф. П. 薩瓦連斯基、Г. Н. 卡明斯基、В. А. 普里克郎斯基、О. К. 郎格、М. М. 克雷洛夫和另外的一些水文地质学家，为土壤改良水文地质学的发展作了許多工作。

应该指出，由土壤改良工程师和土壤学家們解决的被称为土壤改良水文地质学的实际任务，在天然条件下和實驗室中亲自进行必要的水文地质作用研究的水文地质工作者的著作中未得到应有的回答，在土壤改良水文地质工作中貢獻巨大的有А. Н. 科斯加柯夫、В. А. 柯夫达、Л. П. 罗佐夫、А. П. 勃魯达斯托夫、С. Ф. 阿維里亚諾夫、В. В. 叶戈罗夫等人。

目前，在土壤改良水文地质的任务和可能日趋十分明显的时候，必須叙述这門应用科学分支的内容。

土壤改良水文地质学是水文地质学的一門分支，它的任务是拟定和研究改善水文地质条件的方法，使之达到提高土壤肥力和保証农作物稳定的高度丰收的目的（符拉季米罗夫，1957₂）。

对土壤改良学家和水文地质学家來說研究的对象是地下水（主要是潜水），其主要方法是借助各种措施影响地下水（在水力学上和化学成分上），其最終目的是为了提高农作

物的产量。

土壤改良水文地质学的辅助方法有：

1) 地下水的水力学和水化学指标动态的试验和理论研究；

2) 水盐均衡的试验和理论研究；

3) 在天然和人工建立的条件下，土中的不同矿化水的运动途径和速度的试验以及理论研究；

4) 这一或那一措施在地下水水力学和水化学指标上的作用的理论计算和试验检查；

5) 为提高土壤肥力和农作物产量所采用必要的综合性土壤改良水文地质措施的自然和农业的指标，进行土壤改良水文地质分区。

土壤改良水文地质学由于历史上的某种情况，在干旱地区的灌溉区内要比在过湿地区发展的快，这是某些研究者错误的认为，土壤改良水文地质学应用的范围只是在灌溉地区的原因（克雷洛夫，1951）。

本书是现今在干旱带灌溉区内土壤改良水文地质工作的经验积累和丰富的结果。实质上这是土壤改良水文地质学的第一部份——方法指南；第二部份应当是在过湿地区，土壤改良水文地质工作的经验积累。

盐渍土是土壤改良的对象

盐渍土的成因

在地壳中水溶盐的起源，可以认为是水同岩浆岩的相互作用，引起凝固的岩浆逐渐溶解和组成它的矿物转变为盐溶液。这就促进了各种剥蚀作用，其中最重要的是岩石的化学风化作用。由岩石风化而形成的水溶液在空间的运动，就形成了盐分堆积的新的源泉，新的，但是次生的盐分的来源——沉积岩层中含盐地层，盐矿层及海水中的盐分储量等。

促进盐分移动的有四种已知的因素：1) 生物的；2) 飞腾的(вспульверизационный)；3) 水文的；和4) 水文地质的。所有这些因素在某种程度上都参与了盐渍土的形成。

生物因素可认为是动物和植物的机体吸收了盐分和在机体死亡的地方再回到土壤中的过程。水溶盐的这种移动方式属于物质的生物小循环，在土壤的形成过程中它不具有较大的作用。

盐分成固体粉末随风移动，亦可成溶液随海水和降雨的水珠而移动。这些因素的作用表现在各个地方，但实际上影响土壤盐渍化显著的仅仅是在陆地的个别地段——临近海洋的地区、盐矿体和盐沼地附近。

水文因素：是盐分以水溶液的形式随溪流及暂时性水流和河流而移动。它有助于水溶盐从大陆带入到海洋中；内流盆地例外（在哈萨克斯坦的巴尔喀什湖水系、查内湖水系和撒哈拉的乍得湖等）在这里被水带入的盐分进行陆地范围内

的盐分浓缩。

水文地质因素，水溶盐的移动虽然是缓慢的作用，但它是广泛分布的。它是盐渍土壤形成的主要原因。

取决于地下水的盐渍土形成的作用过程如下。

按其质是盐溶液的地下水(潜水)，自其自由表面向上沿毛细管的孔隙移动和在毛细管上升的最大可能高度上不断的蒸发。在毛细管上升带内溶液逐渐的过饱和，盐分开始析出，并且成结晶体堆积在岩石孔隙中。

如果地下(潜水)水面距地表很近时，则溶液就沿着毛细管孔隙浸透到土壤的活动层中。在这种情况下，蒸发和由其引起的盐分析出，就会导致土壤的盐渍化。

土壤盐渍化作用的发生和强度，不仅取决于潜水面的位置和气候(蒸发度)。而沉积地区的岩性组成也有很大意义。例如：在近地表部位，埋藏有分布广泛的良好透水岩层(砾石层、粗粒砂)，可以产生潜水的强烈逕流(如果，在有地下水的天然排洩条件时)。在这种情况下，就是潜水位埋藏的很浅，盐分仍会聚集在土壤的活动层中，被大气降水冲洗到深部或被良好的透水岩层的潜水带走。在这些情况下，潜水多少是淡水。所以在土壤中不会再发生过剩的水溶盐的聚集。

在自然界中土壤盐渍化过程是可逆的。如果潜水由于蒸发引起了盐分在土壤中的聚集，那末，水渗透淋溶(大气降水、河水、灌溉渠道水等)又可使盐分从土壤中析出——土壤脱盐。因此，最终结果是由力量的对比关系面决定的。人为的加强或减弱是它的一个方面，可以控制盐分的分异过程。

在沒有良好的潜水排出的天然条件下，而潜水面又距地表很近时，则土壤盐渍化作用发展的最强烈。由于降水和人

工灌溉使土壤盐分逐步往深处淋洗，从而引起潜水矿化度的增加和潜水面的上升。这就更增大了土壤盐分的堆积速度。土壤盐渍度的增加，减弱了它的渗透性，从而也就减弱了脱盐因素的作用。所以在这种条件下，土壤盐渍化程度和潜水矿化度在不断地增加。只有用人工的办法加强潜水的流出量（排水）才有可能停止发展中的盐渍化作用和创造有利于土地脱盐的条件。

A. Ф. 斯利亚德涅夫(1957)在飢餓草原的一个集体农庄，在水均衡要素的精确测定的基础上，用下列的方法说明当灌溉时使土壤盐渍化的原因。

由于在研究地段上包气带中潜水和水分均衡中消耗部份相当（蒸騰 5467 米³/公頃、蒸发 2275 米³/公頃、总共 7742 米³/公頃），而比进入部份（灌溉水在一米土层中的渗入量 3543 米³/公頃）大的多，所以在可耕地和已耕地的土层中发生盐分的堆积。在植物生长末期的时候，在弱盐渍土地的上部 20 厘米的层位上全盐量（干涸残余物）增加到 1—1.5%，而在深度 20—40 厘米的层位上是 0.75%。在下一年之初，由于秋冬的降雨而使在上部 20 厘米层内的盐量减低到 0.5—0.6%。在中等的盐渍化土地上盐分发生大量的富集。在植物生长期內土壤上部 20 厘米层中固形物增加 1.25% 到 3—4%。

在飢餓草原上的棉花灌溉 4—5 次，灌溉定额等于 1200 米³/公頃，但实际灌溉是 4800—6000 米³/公頃。在灌溉时期总蒸发消耗 7800—8000 米³/公頃，因而 2000—3000 米³/公頃的蒸发是取决于含盐的潜水储量。这是在飢餓草原上广泛发育盐渍化土壤的主要原因。

在灌区以及在于旱地区的处女地带，由于地面的起伏不

平，常常遇到所謂鹽斑（斑點狀的鹽漬化土壤）。地形存在着的微隆起，導致大氣降水或灌溉水在土壤表面的不均勻分布。結果一部份地帶的土壤淋洗較好，而另外的（在隆起的地方）淋洗的比較差或者完全沒有淋洗（圖1）。此外，在洼地中在降雨或者灌溉之後，鹽化天然潛水被較淡的滲入水覆蓋，它可以預防土壤中很快的反鹽。同時在隆起的地段上活動的土壤層中天然潛水沿毛細孔隙不斷的和潛水的強烈蒸發。這樣在非鹽漬化或弱鹽漬化的土壤中就形成了鹽斑。

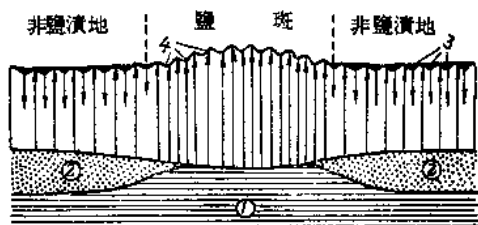


圖 1 在灌溉地上鹽斑形成的圖示

- 1—鹽化天然潛水；2—非鹽化的灌溉-潛水；3—灌溉時充水的壟溝；4—灌溉時無水的壟溝。
 箭頭表示包氣帶內水運動的方向

鹽漬土的分布

鹽漬土主要分布在荒漠和半荒漠地區（圖2）。

荒漠和半荒漠帶大約占有3千5百萬平方公里，占干旱氣候帶面積的39%或占所有大陸表面的10%。在蘇聯荒漠、半荒漠大約占國土的14%，或相當於3百萬平方公里（柯夫達1954）。

在亞洲鹽漬土分布在東部和西部西伯利亞、蒙古、中國的東北部及中部、中亞細亞、伊朗、阿富汗、巴基斯坦和印度（在恒河和印度河的階地上）。在小亞細亞半島（土耳其），

在阿拉伯半島上，在伊拉克、叙利亞都有盐漬土分布。在非洲的东部，南部和北部，尤其在尼罗河三角洲上，以及利比亚等地都有相当大面积的盐漬土分布。在澳大利亚也同样有广泛的盐漬土分布。

在欧洲的土地上，在法国的南部，在西班牙、意大利、罗马尼亚、匈牙利(在堤薩河阶地上)，在乌克兰的南方，在克里米亚和近里海地区都有盐渍化土壤。

在美国盐渍化土壤主要分布在西部 (Дальнего Запада) 和加利福尼亚州。同样在加拿大的某些地区，在墨西哥、阿根廷、智利和秘魯也有盐碱土分布。

В.А.柯夫达 (1954) 总结了苏联的大量盐碱土资料，划分出盐分堆积作用的四个省 (图3)。

氯化物盐渍土省，出现在炎热的干旱荒漠地区，主要是近里海地区，在这里土壤和潜水中氯化物的钠盐和镁盐占优势。在上部10—20厘米的土壤层中，可达50—70%的水溶盐。在盐沼区潜水矿化度可达100—150克/升。

硫酸盐-氯化物盐渍土省，包括荒漠和半荒漠地区，比较隆起的低地 (例如，图拉低地、巴尔喀什低地和斋桑低地)，同样沿莫内卡和黑海沿岸均有盐渍土，而氯化钠在盐碱土中占优势，同时硫酸盐也有较大的含量。

氯化物-硫酸盐盐渍土省，是隶属于干旱的和半荒漠草原的，其中包括有下頓河流域、下伏尔加流域、南烏拉尔地区，以及中哈薩克斯坦和中亚細亚-費尔干盆地的一部分以及阿姆河下游。盐渍土出现在冲积扇的边缘部分、三角洲和河流阶地上。在这里主要是硫酸盐。在土壤的上部水溶盐数量不超过5—8%，盐沼地的潜水矿化度变化幅度在10—30克/升的范围内。