

荒漠地方水及其利用問題

B. H. 庫寧 著



科學出版社

В. Н. КУНИН
МЕСТНЫЕ ВОДЫ ПУСТЫНИ
И ВОПРОСЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Издательство АН СССР
Москва, 1959

內 容 簡 介

本书是作者 30 多年来在苏联荒漠地区进行水源研究的成果,并且综合了其他某些与荒漠区有关的文献资料;书中较详细地阐述了荒漠区当地径流(龟裂地径流和山前径流)的形成及利用问题,对沙漠蓄积淡水的主要形态的浮游透镜体的形成及利用(包括潜水的化学成分及其变化),以及矿化水的评价及利用问题也予很大的注意。书中对荒漠地区居民所创造出来的独特用水方法也做了介绍,这对于我国研究和开发荒漠地区水利资源将有重要参考价值,不仅有助于在荒漠地区寻求新水源,而且对用现代科学技术方法来改善群众的传统的供水方法也具有很大的意义。

本书可供地理、地质专家、特别是水文、水文地质学家及水利工作者之参考。

荒漠地方水及其利用问题

В. Н. 庫 寧 著

翁綿霖 刘西平 譯

吳滄阳 王崇樞

陈墨香 沈显杰等校

*

科学出版社出版 (北京朝阳门大街 117 号)

北京市书刊出版业营业许可出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总经售

*

1962 年 8 月第一版

书号: 2567 字数: 230,000

1962 年 8 月第一次印刷

开本: 850×1168 1/32

、(京) 0001—1,000

印张: 8 11/16

定价: 1.50 元

目 录

前言	1
一、大气降水的利用	3
(一) 龟裂地径流	4
1. 小龟裂地的集水	9
(1) 补给来源	9
(2) 集水方法	19
(3) 龟裂地地下透鏡体	30
(4) 現有經驗的簡要介紹	54
(5) 龟裂地径流的进一步利用問題及其研究的任务	61
2. 大龟裂地的集水	75
(二) 山前径流	78
1. 低山带及山麓平原临时径流的利用	84
2. 山前径流的进一步利用問題	104
二、沙漠地区的淡水透鏡体	125
(一) 小型沙地地下透鏡体	130
(二) 大型沙地地下透鏡体	133
(三) 潛水化学成分的变化	154
1. 盐渍化的发生	157
2. 盐渍化变化的原因	171
(四) 淡透鏡体水的成因和利用問題	189
三、矿化水的利用	221
(一) 水味評价	223
(二) 飲用水	229
(三) 牲畜飼水	237
(四) 关于荒漠水的集中供水問題	247

(五) 利用矿化水灌溉	251
結論	259
参考文献	265

前 言

持久的干旱、极高的气温、微少的大气降水、极低的空气相对湿度，所有这些荒漠地带的自然地理的典型特征造成了荒漠地区水量不足的情况。只有在解决了水的问题之后，荒漠地区才有可能发展稳定的经济，无论是畜牧业、农业或者是工业生产。无论在荒漠地区经营任何事业，即使是规模很小的事业，都应该从解决这一问题开始。

荒漠地带本身所形成的地方性水往往是最便宜和最容易获取的。在蓄水和利用这种地方性水利资源方面，当地居民创造了各种有效的方法，正因为如此，他们才得以在荒漠地带经营了数百年的畜牧业。然而，不熟悉荒漠地区自然条件及经济条件的水文地质工作者及其他专业的工作人员，有时会对这种地方性水抱有偏见，认为在荒漠地带不可能形成具有重要实际意义的水利资源，因此他们对民间的用水方法未能给予足够的重视。

研究和开发荒漠地区水利资源的任务在于：一方面用现代科学技术的方法来改善民间的传统的供水方法，另一方面则是寻求和开发新的水源。

当地居民依靠民间技术有时无法利用天然水，甚至可能不知道天然水的存在，因为要发现这种水只有利用现代的工程技术方法才有可能办到。在这方面有着极为广阔的前景，这方面的工作可能比改进和完善现有的供水方法更为重要。

本书概略地论述龟裂地和荒漠低山集水区的雨水的利用问题和沙漠地区形成的潜水的利用问题；同时，对作为蓄积淡水的主要形态的浮游透镜体给予了相当的注意，并且引用了某些资料来说明荒漠地区居民所创造出来的独特的用水方法，这些方法是别的地区所没有的。

如果本书对荒漠地区供水事业的改进和荒漠地区水的研究能有所帮助的话,那么,我们将认为在某种程度上来说自己的任务是完成了的。

本书于 1956 年写成,因此以后的材料未能包括进去。

借此机会,谨向曾对手稿提出宝贵意见的 Н. И. 巴齐列维奇 (Базилевич) 和 Л. В. 杜宁-巴尔可夫斯基 (Дунин-Барковский) 致以衷心的谢意。

一、大气降水的利用

大气降水通常是荒漠地带容易获取的唯一供水来源。如果没有这种水,那么,为了开发自然资源就必须现有的经济水平上付出大量的补充费用,以便从某个别的地区进行引水;不然,自然资源的开发将是不可能的。

在地球上的很多荒漠地带,大气降水被用来建立蓄存于人工的和天然的蓄水池中的淡水储备,或让之渗入地下成为天然的地下集水区的潜水。为汇集和保存大气降水而采用的方法是多种多样的。目前主要使用的是雨水的地表径流,这种地表径流有的是从散布在平原上的单独的粘土集水区(龟裂地)汇流而成,有的是从低山带与山前地带集水区汇流而成。龟裂地集水区的面积是比较小的,径流可以在集水区本身观察得到,而低山带与山前地带集水区的面积则比较大,一般有数十平方公里,甚至数百平方公里。

汇集雨水是荒漠地带各个孤立的龟裂地上进行水利建设的主要任务。保存从小龟裂地汇流起来的比较少量的水不会遇到技术上的困难。未被河流洪水淹没的平坦的年轻的三角洲上的龟裂地的集流情况也大致如此。

然而,由于三角洲龟裂地面积较大,所汇集的水量可能比沙漠荒漠或石质荒漠上的孤立的龟裂地上汇集的水量要大。

在山前平原粘土质荒漠上进行水利建设的时候,无须对集流措施给予很大的注意,因为天然的情况保证形成大量的径流。但是这里会出现另一个任务,即保存大量水的任务,如果考虑到需要保存全部径流的话,那么,这个任务有时在技术上是难于实现的。

既然龟裂地与山前地带的水利建设的主要任务是不同的,因此,龟裂地径流与山前地带径流将在以后分别研究。

(一) 龟裂地径流

龟裂地(Тапыр)是民間使用的一个术语。从十九世纪俄罗斯考察者在中亚荒漠地区进行考察时起,这个术语就开始在科学著作中出现了。Тапыр(龟裂地)源自突厥語,俄語的譯意即光的、秃的、无植被的。在最后的的一个意思上,也是做为景观学的一个术语使用的。

典型的龟裂地只有在荒漠地带才能看到,非典型的龟裂地在半荒漠地带有时也会出现。龟裂地的典型特征是高度的平坦性,也許正是对龟裂地來說才更能使用“理想的平原”这一概念。

然而,很多龟裂地为临时性径流的河道所切割,不过大部分河道对地表之切割程度都是不大的。

龟裂地地表之另一个典型特征是高度的持水性,这主要是由于含有大量的粘粒(其中包括胶粒)的缘故。随着粘粒含量的减少,龟裂地不仅会丧失上述的高度持水性,而且整个地面之平坦性也将会逐渐消失,因为在荒漠的条件下,坚实程度較差的复盖层是不能在一个很长的时期內保持住极端平坦的地表的。

关于龟裂地的形成問題还存在着不同的意見。地質学家与地貌学家把龟裂地看作是地質形成物或地貌形成物。土壤学家、地植物学家及农学家把龟裂地看成是土壤形成物,并开始研究改良龟裂地的途径。考虑到很多龟裂地块可以发展灌溉农业,因此說,这种研究是十分重要的。同时,对做为集水区的龟裂地的分类來說,这种研究同样也是非常必須的,因为不同地区的龟裂地的表面在水理性質方面是具有极大差別的。

典型的龟裂地和龟裂土型土地通常見于大河的寬闊的三角洲平原上、山麓平原的下部与中部——其中主要是在 A. П. 巴甫洛夫(Павлов, 1951)确定为洪积的那些山麓平原的尾部地段。同时也經常見于穿过荒漠的古河床的底部、低山带及壠間低地的干河谷之底部和緩坡上、在廣闊的荒漠平原上的沙地間、在由海成石灰岩組成的高原上和由原生粘土組成的侵蝕地段上。因此,龟裂

地并不一定分布在某种特殊的地貌单元上；不論是面积为几公頃的龟裂地，还是几百几千平方公里的龟裂地平原，龟裂地的地表，正象上面所說的，差不多永远是一种特殊的地形形态即理想平原。

無論土壤学家对龟裂型土壤之成因实质抱着什么观点，他們总是一致認為，龟裂型土壤只是在下述的条件下才形成起来的：周期性（季节性）地出現湿润和随后出現的干旱，以致形成龟裂地所特有的多边形裂紋。

自然，水之停滯或緩慢的层状径流过程只有在这样的条件下才会出現：即水被聚积在坡度很小而不大透水的地表上。平原三角洲上寬广的粘土-亚粘土复盖层与山麓傾斜平原之下部正符合这个条件。因此，在阿姆河（Аму-Дарья）、錫尔河（Сыр-Дарья）、捷真河（Теджен）、穆尔加布河（Мургаб）、阿特列克河（Атрек）以及某些其他河流的三角洲上就有可能出現这样非常大的龟裂地块，同样，在东科彼特与西科彼特的山麓平原以及荒漠地带某些其他山脉外坡的山麓平原上，也有可能出現这样的龟裂地块。

然而，龟裂地不仅会出现在冲积三角洲平原和山麓平原上（在这种平原上龟裂地造成了粘土荒漠的典型景观，并占有很大的面积），而且，除了这种龟裂地以外，还有无数的、具有高度持水性能的典型的龟裂地，以相互隔离的小块地的形式出現于寬广的沙質荒漠或石質荒漠地域上，在这里龟裂地造成了砂質粘土荒漠或石質粘土荒漠的景观。

龟裂地持水底层具有不同的成因。可以以卡拉庫姆低地为例，在这里沙壠和龟裂地交替出現，因此形成了南北向的地形，而卡拉庫姆低地之大龟裂地地区是經受了风积过程变化的捷真河古代三角洲（М. Г. 格拉威，1954）。这样，这种龟裂地的地質基础便是砂質粘土質的冲积沉积物。在卡拉庫姆的其他地区同样也有形成于卡拉庫姆岩系的古冲积层上的龟裂地，在卡拉庫姆岩系里見有巨厚的粘土質隔水夹层（Водоупорные глинистые прослои），这些夹层构成了地表的坚硬的护盖层，但同样也可能伏于龟裂地周围的沙壠之下。

从上述可知，卡拉庫姆龟裂地可以在冲积亚粘土和粘土上得到发育。

在古阿姆河的固体径流里，至少是在哈查尔时期（хазарское время），沙是主要成分，而粘土或是只占次要成分，或是被搬运到更西边卡拉庫姆范围以外的一些地方。如果我们对卡拉庫姆岩系的上层进行了仔细的研究，那么我们是一定会得出这个结论来的。风积过程在冲积平原的整个地表上进行得非常强烈，而在粘土地区表现得最为微弱。粘土地区以自己的坚硬的护盖层保护着地表。在研究阿姆河年轻的薩雷卡麦什三角洲之地形发育情况的时候，也可以观察到类似的过程。

河流固体径流内的粘粒对龟裂地的形成的作用，从龟裂地在卡拉庫姆冲积平原范围内的分布情况是显而易见的。从这样的地段开始，即从捷真河流入古阿姆河的地方开始，或者说，从古阿姆河接近科彼特山脉（即洪积作用的范围）的地方开始，龟裂地的数量和面积都显著地增大了。在形成于冲积物的基础上的所有地带的荒漠上，原则上类似的情况也可以观察得到。

此外，还存在着这样的龟裂地，即其粘土底层是依靠从邻近的山坡搬运下来的坡积物而形成的。如果在这种山坡上生草粉砂地分布很广的话，那么，在这种山坡上所发生的片蚀将会形成极薄的粘土复盖层，但它只分布在該洼地之最低部分。然而，为地方性径流搬运至低地底部的物质具有很高的分散度，因此，这种粘土复盖层往往具有很优良的持水性能。在这种粘土层上形成的龟裂地对实现集水措施，特别是对长期保存淡水来说是非常方便的。但遗憾的是，这种类型的龟裂地占有的面积一般是不大的，而且有时具有非单向的坡降。

在与由原生砂质-泥质岩组成的高地相邻的地方，例如在翁古茲（Унгуз）地区和塔烏尔喀尔褶皱（Тауркырские складки）区，依靠坡地径流可以形成相当大的龟裂地（面积可达数平方公里），这种龟裂地同样也具有很高的持水性能。在集水方面具有非常优良条件的龟裂地可以直接在粘土裸露的侵蚀面上形成，比如在中新

統(翁古茲地帶)或漸新統(烏斯提尤尔特)的海相粘土层上。

在烏斯提尤尔特(Устьюрт)和曼格什拉克(Мангышлак)的平原部分,疏松物質复盖层是由灰質(薩尔馬特)高原上坡度平緩的洼地的坡积物构成。这种复盖层通常不是很厚的,多数情况下是由相当粗大的坡积物質构成的,因此持水性能差,水很快就渗到下面的基岩底板。有些地方,这种复盖层是由細粒物質构成的,在这种情况下,有可能暂时性地拦蓄住雨水而逐漸形成龟裂型土壤。看起来,如果同粘土質岩层的龟裂地比較,那么,裂隙性基岩上的龟裂地就具有較差的持水性。

汇集到龟裂地上的大气降水含有較多的悬移质泥沙,因此水是非常混浊的;这些悬移质泥沙是坡面冲刷和龟裂型土壤胶体粒組被混浊的結果。这种土粒在每次雨季之后都在龟裂地的地表上形成一层沉积泥,而泥层在变干时就迸裂成单个的多角体。

沉积泥(有时很厚)不断的积聚(季节性的积聚)便在地表上形成一层坚实的硬壳(在变干时),在个别地方此种硬壳同时还具有很严重的盐漬化。上述情况就为高級植物的生长造成极不利的条件。至于說卡拉庫姆龟裂地和三角洲龟裂地,那么,虽然所形成的季节性沉积泥层在不少情况下是由重粘土构成的,并且一般是不厚的,有时甚至还不到1厘米,但如果和山麓龟裂地的条件比較起来,那么对高級植物的生长來說,这里具备的条件是更为有利的,虽然山麓龟裂地上临时径流形成的季节性沉积泥有时可以到达数厘米的厚度。

然而,龟裂地地表的高度持水性的形成不仅是由于粘土(亚粘土)底层的存在,而且它同时也是由于現代龟裂地土壤形成的物理化学过程和生物过程的結果。

关于这两种过程的实质,存在着两种不同的观点。一种观点认为,物理化学过程是决定性因素,这种过程导致碱土型土壤的形成,在这类土壤形成当中,吸附鈉造成龟裂地表壳的高度的分散性和持水性(И. П. 格拉西莫夫等)。

另一种观点认为,龟裂地土壤的形成取决于各种低級植物(特

別是藍綠藻類) 的生長。這種低級植物在龜裂地充水期表現出極強的生命力, 因此將會造成特殊的生物化學條件。這種條件使其他形態的植物不能生長, 或是造成困難, 這也就是龜裂地缺少高級植物或是高級植物生長不盛的原因 (H. H. 鮑雷謝夫, 1955 年等)。在這種情況下, 龜裂地的高度持水性(其特徵為溜滑性和在濕潤狀態時表殼的粘著性) 決定於藻膜的特性。比如, 甚至在這情況下, 即在表層沉積的機械組成不能造成這樣好的不透水性的時候, 龜裂地地表具有良好的持水性的原因或許也能用藻膜的存在來解釋。

然而, 在研究藻類植物的生長問題時, 不能把原因和結果混淆起來。如果藻類植物羣的生長決定了龜裂地形成過程, 那麼, 藻類植物膜的生長就是龜裂地季節性充水的結果, 而龜裂地季節性充水只有通過造成持水性的粘質泥沙的積聚才是可能的。

在某些情況下, 當龜裂地為含有較多鹽分的水淹沒的時候, 藻類植物差不多就不能生長, 但雖然如此, 龜裂地在某些時間內差不多仍然保存住自己的不透水性。

龜裂地土壤的形成過程的全面闡述只能提供對現象的綜合研究。

證明下述的原理對我們是非常重要的。不管龜裂地形成過程發展當中什麼是決定性因素(是碱土類可溶鹽分之遷移、相應的堆積和分布, 還是藻類植物羣的生長, 還是兩者兼備), 龜裂地形成過程總是加強了龜裂地表殼的保護作用, 並在相當大的程度上使已形成的平原地形得到保護。這樣, 我們就可以把龜裂地的形成看作是一個綜合的過程, 在這個過程當中, 地質因素創造了基礎, 而土壤因素鞏固了這個基礎。

也許土壤學家沒有把有幾毫米或幾厘米厚的新沉積的泥層稱作龜裂地。我們能夠親眼看到這種沉積泥層在幾小時之內依靠臨時性湖泊水之沉淀即可形成¹⁾; 而如果挾帶泥沙的水消失了, 泥層

1) 實際上, 這個沉積泥層還純粹是一種地質形成物, 而土壤過程在這種地質形成物上才僅僅開始發育。

就会变干成为一个持水面，那么，不管在这持水面上有无藻类植物，不管在土壤剖面里的碱土类盐分的分布得到了发展没有，从我們所关心的实践方面来看，即从雨水集流的可能性来看，就要算是龟裂地了。

在位于龟裂地以上的山麓平原上，具有另外一种性质的龟裂土型土壤带得到了发育。这种土壤的持水性较差，但具有良好的土壤改良条件。因此，这种土壤上的植被是很丰富的，不过地表径流条件较差。然而，龟裂土型土地具有相当大的坡度，所以在这种土壤上水网得到了很好的发育，相应地，地表径流的排洩也比较快。

1. 小龟裂地的集水

(1) 補給來源

在苏联大部分荒漠地带，年降水量只有 100—150 毫米。离山区愈近，降水量增加得愈显著。里海和咸海实际上并不能起到增加降水的作用，只是提高了空气的相对湿度和促进了露水的形成。

在土庫曼的某些荒漠地区（包括卡拉庫姆的大部分）、土庫曼的西北部和烏斯提尤尔特高原（連同曼格什拉克平原一起），降水量也是非常少的。这里年降水量平均只有 100 毫米左右，而在烏斯提尤尔特部分地域上，看来降水量还要少（在烏斯提尤尔特的氣候方面，尚非常欠缺研究）。

中亚荒漠地带西南部的特点是，降水的季节分配特别显著。在暖季的半年里——夏季和初秋——差不多没有降水，在秋末和初冬，降水较多。冬季是较为湿润的，也许，与其说这是由于降水之增多，不如说是由于空气的相对湿度之提高。最大降水出现在春季的两三个月内，在这个时期内，降水通常要占年降水量的 50% 以上。甚至在年降水量只有 100 毫米的地方，由于这个规律的緣故，也会出现約有两个月的多水月，每月之降水量达 20—40 毫米。而在年降水量約为 200 毫米的山麓黄土平原上，在春季月份内，降

水可达 100 毫米左右。

上述的規律对中亚荒漠地带自然的改造和经济活动来说都是极为重要的。

春季降水保证了短生植物和多年生短生植物的生长,使其在春季期间度过自己的全部生长期(除特别干旱的春季以外)。其次,春季降水使土壤获得水分储备,在较长的时期内保存在沙土和黄土内,部分土壤所含水分保证了灌木植物和半灌木植物生长的需要,这些植物和草被是荒漠地带经营大规模的放牧畜牧业的饲料基地。最后,春季降水还能形成临时地表径流,使我们有可能建立有一定保证的全年的水量储备。正是这种情况对我们所研究的问题来说是非常重要的。

从中亚荒漠西南地带向北向东,降水量逐渐增加,同时降水的季节性分配也逐渐被破坏。在荒漠地带的北部亚地带,降水量在季节分配较为平衡的情况下大约为 150—200 毫米。在这里雪和夏季暴雨具有重要意义。这就使当地的水源能够得到较多的补给,同时也为建立人工水量储备创造了比较有利的条件。然而,对北部亚地带来说,人工水量储备只具有次要的意义,因为在那里,为寻找和利用天然水源存在着极为广泛的可能性。

谈到龟裂地径流时,必须强调指出,如果从龟裂地径流这一术语一般的理解来看,那么,在很多龟裂地上是不能形成径流的。

在絕大多數的情況下,各个孤立的龟裂地是该地段最低洼最平坦的地方,因此,地表径流是不能流出这个范围的。但是,地表径流同样也不能流到孤立的龟裂地上去。在龟裂地上形成的幻变湖(эфемерное озеро)只是在該龟裂地范围内的径流的后果。誠然,外部径流也能流到龟裂地上来,例如可能流到位于翁古茲和烏斯提尤尔特阶坎之下的龟裂地上来,但是,我們研究的是龟裂地径流的最不利条件,因此我們就做了假定,即认为地表径流的产生和完結均不超越該龟裂地的范围。

無論我們研究的是面积为 1 公頃左右的粘土質地塊(龟裂地塊),还是面积为 1 平方公里左右的龟裂地,都会遇到单位“瞬时”

径流的問題,这种径流在形成径流的降雨結束以后,經過很短的时间就会消失。

在沒有坡度(这种情况很少)或坡度很小(这种情况非常多)的情况下,在这样小的集水区上,天然的集水网不能得到很好的发育,因此,水只能以层状径流的形式移动。在这种情况下,径流量将在更大的程度上取决于降雨的強度。在降雨強度非常小的情况下,水流停滞着或非常緩慢的运动,以致水分吸收的损失到达非常惊人的程度,甚至使龟裂地不能产生任何径流。这样,如果我們想利用这块地表的天然持水能力并获得尽可能多的淡水而使耗損减少到最低限度,那么,我們就必须建立人工集水网。对龟裂地径流的估算曾做过不止一次的嘗試。关于这个問題在 B. B. 波格丹諾夫的著作里(Богданов, 1954)。已簡略談到。这些估算的基础不是直接观测的資料,而是間接的推想和有条件的假設。评价这些估算的基础的标准是沒有的,关于这一点,进行这些估算的作者也明确地指出了。

大約在 15 年以前,为了获得較为可靠的資料,我們曾进行过計算,这个計算是以某一个龟裂地羣的需水量为根据进行的,在这个龟裂地羣曾进行极細致的供水工作以滿足居民区的用水要求。通过这种方法确定了最低年儲水量。根据集水区单位面积的年需水量,我們得出 1 平方公里的径流量为 5,000 立方米。当然,根据这个数据是不能得出关于透鏡体依靠龟裂地径流获得补給的任何結論的。而且,目前还缺乏关于透鏡体之大小、性質和动态的資料。

上述的 5,000 立方米的径流量是符合年降水量为 80 毫米、径流系数为 0.06 的情况的。这种計算的实践意义在于我們所根据的是需水量的实际大小和一个龟裂地透鏡体經營了差不多十年的資料。

大約十年以前, B. B. 波格丹諾夫曾进行过龟裂地径流的研究。他进行这种研究的方法和期限是非常有限的,沒有專門的設備。

由于 B. B. 波格丹諾夫 (1949a, 6, 1954) 所进行的观测是研究龟裂地径流均值的问题, 而他进行观测的期限是非常短的, 因此, 观测只是在人工的集水网上进行, 以便能减少通常在龟裂地可以观察得到的缓慢的层状径流和水之停滞现象。这样, 我们所研究的资料是属于人工的集水网所保证的径流方面的问题。

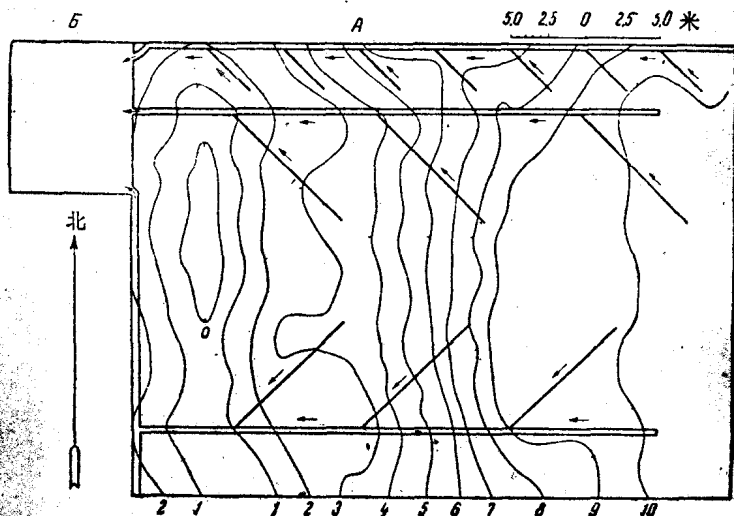


图 1 在勃霍尔多克龟裂地上的径流试验场

A——具有人工集水网之径流试验场；B——测量径流量之受水池。等高距为 1 厘米。

在下列三个地点进行了短期的观测：基兹尔-阿尔瓦特 (Кизыл-Арват) 区、捷真城附近、勃霍尔多克镇 (Бохордок) (中卡拉库姆, 大约在阿什哈巴德以北 100 公里)。勃霍尔多克最符合卡拉库姆的条件。

勃霍尔多克龟裂地上的径流试验场如图 1 所示。试验场上筑了围堤, 受水池之底部和边壁由粘土构成。试验场的面积为 30×40 平方米, 平均坡度为 0.002。这样的坡度对龟裂地来说不能认为是很小的; 看来, 正是这种坡度保证了降水之天然径流的产生。然而, 散布在整个龟裂地上的封闭的小洼地 (有一个洼地在试验场

上很明显地表现出来)滯留住一部分径流,并使滯留住的水損耗于蒸发和土壤的浸湿。甚至象試驗場上那样密的集水网也不能避免水的停滯,何况这样密的集水网未必能广泛地在龟裂地上得到实现。

降水的观测是使用标准的雨量計进行的,在观测中記錄了降雨的开始時間和結束時間,同时还記錄了降水深度。关于降水強度的其他資料还没有。龟裂地表壳和表壳下土层的湿度,在降雨之前后进行了測定。蒸发值沒有加以考虑,因为径流历时只有几小时或甚至不到1小时,所以在径流过程中蒸发值就没有什么实际意义了。

1947年春季,在勃霍尔多克有5个降雨日,而1948年春季有4个降雨日(同时也有降雪)。1947年径流的观测資料列于表1。

表1 1947年勃霍尔多克龟裂地径流观测資料(以毫米計)
(根据 B. B. 波格丹諾夫, 1954)

指 标	日 期				
	13/III	20/III	21/III	17/IV	18/IV
降雨前龟裂地的地表状态	干	干	湿	干	湿
一次降雨的降水深度	1.9	3.6	8.8	15.7	2.7
径流深度	0.0	0.1	4.0	9.6	0.0
在其后开始径流的降水深度	—	3.0	2.8	2.9	—
为土壤吸收的降水深度	—	0.4	2.0	3.2	—

1948年春季,在降落了深度为3毫米的降水之后,試驗場上也同样开始形成了径流。

观测結果表明,龟裂地地表并不象經常为人们所认为的那样不透水。在幻变湖里,水可以保持几昼夜,有时甚至几星期;在这幻变湖的下面,粘土层的浸湿深度有数米之大,而在径流过程中龟裂地的浸湿深度較小,通常只有几厘米,这是在径流形成时和到达受水池时的迅速流动所造成的。

B. B. 波格丹諾夫(1949a, 6, 1954)曾对大約十次的降雨进行过观测。他根据这些观测得出了下列的結論。