

# 风 化 壳

第 2 輯

苏联科学院金属矿床地质学、岩石学、  
矿物学及地球化学研究所編

唐 永 璠 譯

中国工业出版社

# 壳 化 风

## 第 2 輯

苏联科学院金属矿床地质学、岩石学、  
矿物学及地球化学研究所 編

唐 永 鑾 譯

本书是论文集，文集中着重探讨古风化作用及与其有关的矿产以及正在发展中的关于古风化作用的学说。此外，对风化壳的调查方法和实验研究也作了介绍。本书在苏联已出版第4辑。为满足我国工业及建筑工程需要，将陆续译出出版。本辑除第一篇外，其余各篇的参考文献均略。另有三篇文章是节译的。

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПЕТРОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОХИМИИ  
КОРА ВЫВЕТРИВАНИЯ  
ГЕОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ,  
ПРОЦЕССЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ,  
МИНЕРАЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
Выпуск 2  
ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР  
МОСКВА-1956

风 化 壳

第 二 辑

苏联科学院金属矿床地质学、岩石学、  
矿物学及地球化学研究所编  
唐 永 馨 译

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(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第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787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张21<sup>1</sup>/<sub>8</sub>·插页13·字数491,000

1962年11月北京第一版·1962年11月北京第一次印刷

印数0001—637 定价(10-7)3.25元

统一书号: 15165·1430(地质-149)



Б. Б. 波雷諾夫  
(1877—1952)



# 目 录

|                                              |                                           |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 前 言.....                                     | (5)                                       |
| Б. Б. 波雷諾夫院士的著作在地質学和地球化学上的意义.....            | А. И. 彼列尔曼 (7)                            |
| 第一部分 矿物学和地球化学.....                           | (25)                                      |
| 和灰化土成因相联系的灰化土中的矿物的研究.....                    | Е. И. 帕尔菲諾娃 (25)                          |
| 安山玄武岩上亚高山草地的黑土的矿物研究 (亚美尼亚) .....             | Е. А. 雅里洛娃 (36)                           |
| 植物灰份参与风化細土产物的和土壤的形成.....                     | М. А. 格拉佐夫斯卡娅 (48)                        |
| 鋰、鉍、鉍在現代风化物 and 土壤中的分布.....                  | Д. Н. 伊万諾夫 (60)                           |
| 在深处石油天然气藏中的盐份和气体迁移的影响下土被的化学-矿物組成的变化<br>..... | В. А. 科夫达 (67)                            |
| 化学元素在风化壳中的迁移能力.....                          | А. И. 彼列尔曼 (72)                           |
| 关于粘土矿物的組成与环境性質的依存关系<br>.....                 | Г. С. 格里察因科, С. И. 別尔欣, В. С. 魯德尼茨卡娅 (79) |
| 哈薩克斯坦的阿克札尔矿床中的含鋅粘土.....                      | Ф. В. 丘赫罗夫 (83)                           |
| 关于下塔吉尔的蛇紋石岩体的某些鎂鋁含水矽酸盐.....                  | И. А. 魯卡維什尼科娃 (97)                        |
| 硷性伟晶岩中的鋅蒙脫石.....                             | Е. И. 謝麦諾夫 (140)                          |
| 中央哈薩克斯坦的鉛鋅矿床的风化壳中的鋅蒙脫石<br>.....              | И. И. 金茲堡, И. В. 維托夫斯卡娅 (144)             |
| 乌克兰风化壳中的鎂蛭石.....                             | А. П. 尼基齐娜 (147)                          |
| 乌克兰苏維埃社会主义共和国的一些綠泥石的风化物<br>.....             | И. И. 金茲堡和 А. П. 尼基齐娜 (151)               |
| 乌克兰南部紅褐色賽庫提粘土的矿物学及其成因.....                   | П. С. 薩莫杜罗夫 (171)                         |
| 水云母—蒙脫石組成的粘土中石英的溶蝕作用<br>.....                | И. И. 金茲堡和 И. В. 維托夫斯卡娅 (185)             |
| 克里沃罗格富矿与风化壳过程的联系.....                        | Д. С. 科尔仁斯基 (188)                         |
| 风化壳中接触-喀斯特型的矿床 .....                         | И. З. 科林 (192)                            |
| 第二部分 古风化壳 .....                              | (201)                                     |
| 阿尔泰边区的古风化壳及其在决定地形的年龄和成因上的作用.....             | Е. Н. 舒基納 (201)                           |
| 哈薩克山原西北部的风化壳.....                            | В. Н. 拉祖莫娃 (211)                          |
| 中央哈薩克斯坦干燥区域的石榴石岩、斧石岩和透閃石岩的风化<br>.....        | И. И. 金茲堡和 И. В. 維托夫斯卡娅 (230)             |
| 中央哈薩克斯坦的风化壳的年龄.....                          | К. В. 尼基福罗娃 (245)                         |
| 关于中央哈薩克斯坦的风化壳的年龄的問題<br>.....                 | И. И. 金茲堡和 И. А. 魯卡維什尼科娃 (248)            |

|                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| 南烏拉尔岡长岩上的 风化壳.....               | K. K. 尼基亭(249)                 |
| 卡卢加隆起地区的古风化壳.....                | A. Г. 查維多諾娃和M. M. 維謝洛夫斯卡婭(256) |
| <b>第三部分 实验研究和調查方法</b> .....      | (268)                          |
| 碳酸盐岩层对水的浸蚀作用的稳定度.....            | B. T. 帕尔維列夫(268)               |
| 水的浸蚀作用和它在岩石中运动的关系.....           | И. И. 金茲堡(273)                 |
| 粘土矿物的伦琴射綫分析的方法.....              | С. И. 別尔欣(301)                 |
| ✓ 疏松岩层的細粒級的分离.....               | B. A. 諾維科夫(303)                |
| ✓ 应用加热处理来分离某些矿物.....             | B. A. 諾維科夫和A. И. 布哈諾娃(311)     |
| 矽酸盐岩层的淋溶产物的微量化学分析的方法和技术<br>..... | B. T. 帕尔維列夫和Л. A. 安德列伊契娃(317)  |
| 测定石灰岩、白云岩和泥灰岩中碳酸鈣和碳酸鎂的快速法.....   | Л. A. 普契林采夫(323)               |
| <b>第四部分 論文摘要和評論</b> .....        | (325)                          |

## 前 言

在本論文集中，闡明了古风化壳以及在成因上与其有关的矿产的成分、年龄、产状条件和发育的問題。本論文集也和第一集一样，在这里，同样很注意收集关于这些方面的实验工作和調查方法的論文。

收罗在論文集的論文，都是1952年“风化壳”第一集出版以后，苏联学者在研究古风化壳的范围内发表的新的論文。它們涉及到的方面很广，包括发育在烏拉尔、哈薩克斯坦、俄罗斯地台和西西伯利亚的风化壳。限于篇幅，本論文集未能收容編者收集的全部資料，只得将部分材料留待下一集发表。

本論文集和第一集的区别在于：編者認為必須收容关于研究在現代土壤形成过程中产生的矿物的調查論文。这些調查說明了土壤学家研究土壤矿物学和地球化学的成就，并且扩大了对风化壳中的矿物形成作用的現有的看法。这些成就在頗大程度上是和B. B. 波雷諾夫院士的工作相联系的，因此，本論文集作为对他的紀念。

除开創作性論文以外，在本論文集中，也收集了一系列学术报告和評論，它們提供了我国科学研究所和實驗室在研究风化壳的領域内进行的巨大工作的一些概念。在本論文集后的論文索引中列举的关于风化壳的著作是1950—1952年在不同出版物上所发表的。

在风化壳的第一集和第二集中，均沒有发表关于鉄帽、氧化带与退色带等的調查著作。其中同样也沒有涉及在风化壳和矿床的氧化带发育区域內的地球化学找矿和化学矿物学找矿的問題。

編者将扩大“风化壳”以后各集的題材，并且将充分注意到这些問題。

地質、地質勘测和調查机关的工作者对上述所有問題无疑已积累了很重要和有价值的观察資料，对我们地質学界广大的領域來說，是有理論和实际的意义。編者希望讀者将关于研究风化壳、矿床的氧化带和普查矿产的地球化学法的任务的問題的論文、短文以及个别有意义的观察和評論寄来。



## Б. Б. 波雷諾夫院士的著作在地質学和 地球化学上的意义

А. И. 彼列尔曼

在19世紀末叶，多庫恰耶夫学派的誕生，无疑是自然科学史上光輝的一頁。

深入鑽研过程的本質，特別注意自然界各个現象之間的相互联系，因而將自然界理解为一个統一整体，卓越的科学的綜合能力，善于結合不同科学的概念，將它們在科学著作中組織成为一个綜合体系，將最抽象的理論問題联系到农业实践，制定了綜合利用的自然力的伟大計劃——这就是Б. Б. 多庫恰耶夫的科学创造性的基本特点，他的許多学生和后輩繼承了这种科学创造性的特点。

在Б. Б. 多庫恰耶夫的学生和后輩中，我們可以举出許多著名的学者，其中应当提出的，В. И. 維尔納德斯基、Ф. Ю. 列文生-列星格、Н. М. 西比尔泽夫和 К. Д. 格林卡等。Б. Б. 波雷諾夫也是多庫恰耶夫学派的一个特出的代表。

Б. Б. 波雷諾夫的科学兴趣的領域是非常广的。我們都知道他曾作过乌克兰和頓河草原、西格魯吉亚湿润亚热带、阿穆尔泰加林以及蒙古草原和半荒漠的不同自然区域的土壤地理調查，并且詳細研究过不同的土壤形成的成因类型，例如盐漬化过程、脫盐过程、紅壤形成过程，并且研究过风化过程。在地理学中建立了新的地球化学学派，也是Б. Б. 波雷諾夫的功績。他也注意自然科学一般理論性問題，如地球上生命的起源，有机体的地質作用，地壳化学元素对地球上生物演化的影响。

所以，Б. Б. 波雷諾夫不单是一个巨大的土壤学者，而且也是一个出色的地球化学家和地理学家。

現在这篇报导不是从各方面来評論Б. Б. 波雷諾夫院士的科学創作，这是将来作他的传记的任务。我們这里只限于分析他对地質学和地球化学有最大意义的工作。

苏联地質学者和地球化学学者之所以知道Б. Б. 波雷諾夫，主要是由于他提出风化壳的学說和岩层与矿物的风化过程的实質的一些新概念。当然，这些問題早已引起各方面专家的注意。在苏联和国外，他們曾經发表过許多关于这方面的著作。但是在世界文献中，还找不到象Б. Б. 波雷諾夫“风化壳”（1934）的專門論文和以后研究这些問題的一系列的著作（1944<sub>2,3</sub>，1945，1947<sub>1,2</sub>等）的那样深刻。

Б. Б. 波雷諾夫研究风化壳的門径，特別表现在他的整个体系貫穿着发展的观点，而且在发展中他揭露了一系列矛盾的特征。作者在“风化壳”本身的概念中，包含有很广泛的内容：“这样一来，风化壳乃是由火成岩、变質岩破碎的疏松产物所組成的岩石圈的上部”（1934，24頁）。

风化作用也和任何其他过程一样，除开物質轉化以外，也发生能的轉化，能的轉化也是波雷諾夫研究的对象。他肯定风化壳的特征是同时进行着外能和內能的过程。氧化作用、水化作用、物質由气体状态轉变为液体的作用是属于第一种过程，溶解、有机化合物的

合成、矿物的还原、水溶液蒸发等作用是属于第二种过程。

物質在风化壳中迁移的一般規律当中，B. B. 波雷諾夫特別注意它們的循环，然而他否定了封閉循环的形而上学的观点，而把物質循环看作是不可逆的和前进的过程。

作者在他的著作中，曾經分析地壳中分布最广的化学元素在风化壳中的循环，这些元素如氧、氢、氮、矽、鋁、鉄、硷金屬、硷土金屬、氯、硫和磷。波雷諾夫在說明这些資料时，除开广泛引用文献以外，也利用他亲身調查的資料，并且确定了一系列的一般的原理。

不过，最有意义的，无疑是該書第五章的結語，其中作者提出了风化壳的类型及其分布的新学說。

作者分析风化壳中各种化学元素的归宿时，确定了它們迁移能力的概念<sup>①</sup>。如果风化壳中所有元素迁移能力是一样的話，那末，自然，岩层的組成和河水干残余物的組成也会相同。不过事实并不如此。但是，在水的干残余物中經常以Ca、S（为SO<sub>4</sub>状态）这样元素为主，而在岩层中，却以另一些元素占优势，如SiO<sub>2</sub>、Al和Fe。由此，可以得出下列結論：第一类元素迁移能力比第二类元素大。B. B. 波雷諾夫曾将由火成岩中排出的河水的干残余物的平均化学組成和这些岩层的平均化学組成加以对比，并且运用了一些特有的計算方法，得出了风化壳中元素迁移的序列，这使他获得了广泛的声誉。

后来，作者屢次精确地确定了这些元素的迁移序列。在“风化壳”最后的一次校訂本中（1948），將它們排列为下列形式（表1）。

元素迁移序列  
(根据B. B. 波雷諾夫的著作，1948)

表1

| 元素迁移序列     | 迁移序列的組成                        | 迁移等級的指标                 |
|------------|--------------------------------|-------------------------|
| 强烈迁移的元素    | Cl, (Br, J), S                 | $2n \times 10^1$        |
| 容易迁移的元素    | Ca, Na/Mg, K                   | $n \times 10^0$         |
| 移动元素       | SiO <sub>2</sub> (矽酸盐的), P, Mn | $n \times 10^{-1}$      |
| 惰性(輕微移动)元素 | Fe, Al, Ti                     | $n \times 10^{-2}$      |
| 实际不移动的元素   | SiO <sub>2</sub> (石英)          | $n \times 10^{-\infty}$ |

应当指出这些資料是由整个风化壳、并且由火成岩风化的情况下得出的。当研究具体自然区中的个别部分的风化循环时，波雷諾夫強調指出，元素迁移能力的数值等級和迁移序列的順序性可能是不同的（1944）<sup>②</sup>。

B. B. 波雷諾夫的元素迁移序列有巨大的地球化学的意义，作者进而利用它們建立了一系列深刻的地球化学的学术体系，无疑，这样就有进行地球化学的分析的可能，它所引起的

① B. B. 波雷諾夫在他較早期的著作中，虽利用“元素相对移动”的术语（1934），但是后来（1944）以“迁移能力”代替，正因为如此，必須強調指出，这里所指的不是离子的純粹的化学移动，而是一种較复杂的現象，其中活的有机体和胶体起着很大的作用。

② 当該地有某种元素的矿床时，元素迁移序列的順序性和迁移能力值的变化特別显著。所以，在研究長观中化学元素迁移的基础上，有可能制定普查有用矿物的特有的地球化学方法。其中某些方法（例如根据水中元素一定含量的普查方法）已經为地質学所利用。根据B. B. 波雷諾夫的风化壳的学說，可以建立該問題的一般理論，无疑，这些理論使我們有可能更加扩大实际利用这样方法的前途。

作用还限于这一点<sup>①</sup>。

从元素迁移的序列中，发觉钙比钠、镁和钾有更高的迁移能力，好像是“意外的发现”。这样似乎和简单盐类溶解度的资料（钠盐照例比钙盐容易溶解得多）和设尔曼（費尔斯曼，地球化学，卷Ⅱ，1937年，423页）的地球能的学说相矛盾。不过这只是一表面上的矛盾，如果我们想到一些已经知道清楚的现象，如原生的钙矿物（基性斜长石、闪石等）抵抗风化的能力比钠和钾的矿物（酸性斜长石、正长石和云母等）微弱，钙有较高的迁移能力是容易理解的。

这样，不同化学元素在风化壳中迁移能力是不一样的，并且，对一些重要的元素而言，它们迁移能力的变动可达到几千甚至几万倍。所以，如果我们提出任何火成岩体的风化时，那末，根据波雷諾夫的意見，在这种风化过程的进程中，可以指出一系列的阶段。例如，显然，最先淋溶的，主要是氯和硫，嗣后，由风化壳中解放出大部盐基（而且钙和钠将会比钾、镁淋失快），更迟，风化壳丧失大部矽酸盐态的 $\text{SiO}_2$ ，并且其中主要保留的是三氧化二物（特别是 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）和 $\text{SiO}_2$ （石英）。

Б.Б.波雷諾夫从这样一些推論，确定正残积土即火成岩的残余风化壳有下列四个发育阶段。

第一阶段称为粗碎屑正残积层阶段，它的化学组成一般和原岩很少差别。这样风化壳类型（例如，粗碎石堆等）在幼年山地上可以发现。

我們已经知道，还有另外一种发育較久的风化壳类型，其上复盖着发育的土被，其中除粗碎屑以外，还有相当数量經常含有碳酸钙的細土。这种风化壳波雷諾夫称为钙质正残积层，相当风化壳发育的第二阶段。它已经丧失了頗大部分的氯和硫，但是其中累积的 $\text{CaCO}_3$ ，相当稳定。这样钙质正残积层在山地-草原地区分布特別广泛，例如，苏联的中亚、哈薩克斯坦、以及波雷諾夫曾調查过的蒙古人民共和国。

在自然界，还发现一种更加发育的风化壳类型，其中全部 $\text{CaCO}_3$ 和頗大部分的其他盐基已经搬走，并且部分 $\text{SiO}_2$ （矽酸盐的）开始迁移，根据波雷諾夫的意見，这相当风化过程的第三阶段。結果形成了矽铝正残积层，它的頗大部分是由各种类型的粘土矿物（高岭土、拜来石、多水高岭土等）所組成。

当风化壳的搬运过程繼續发展时，几乎丧失全部盐基和矽酸盐态的 $\text{SiO}_2$ 。結果，其中相对累积着移动性最小的成分： $\text{Al}_2\text{O}_3$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，并且在一系列情况下，累积着 $\text{SiO}_2$ （石英）。

第四阶段形成铝铁正残积层，現在，在赤道地区（刚果、圭亚那、印度尼西亚等）有广泛的分布，它为砖紅壤（латериты）和类似砖紅壤的形物。

可見，地質学者已经知道的各种残余风化壳的类型（砖紅壤、高岭土风化壳等），波雷諾夫并没有把它们看作是孤立的类型，而是把它们看作总的风化过程的一些阶段来研究，在这些阶段中，表現由风化壳中带走了各种可移动的化合物，而且随着这过程的发展，愈来愈多地搬走了不太移动的成分。

由此可見，時間因素在形成风化壳中所起的作用，显然是很突出的。特別是，Б.Б.

<sup>①</sup>Б.П.克罗托夫教授于1952年11月在全苏沉积岩討論会上作的报告中，曾經指出：特別是，利用Б.Б.波雷諾夫元素迁移顺序性的学说，可以說明沉积矿产的成因。

波雷諾夫指出，最后阶段即鋁鉄残积层阶段不只是存在风化进行特别强烈的区域（湿润而炎热的气候），而且也存在古陆区域，古陆区域早在第三紀已经开始风化，而且几百万年来沒有中断过。在这些区域的較年青的岩层上，往往沒有砖紅壤，它們还来不及形成。那里发育的是风化壳发育的前一阶段，即各种鋁砂正残积土类型，例如，馬尔加什的第四紀熔岩还没有形成鋁鉄风化壳，不过邻近的古陆地段却有这种风化壳（波雷諾夫，1934）。

作者特別強調指出，从他的风化壳的学說出发，决不当这样来理解，残积层在它的发育过程中，經常会达到鋁鉄风化壳的阶段，如果要这样理解，例如在荒漠中那末就应当逐漸形成砖紅壤。事实上，在干燥气候下，风化壳中累积了  $\text{CaCO}_3$ ，妨碍后一阶段的进展，而且由残积层中搬运  $\text{CaCO}_3$  的作用进行得非常緩慢，因此在整个地質时期的片段時間內荒漠中是以鈣質正残积层的阶段居优势。在湿润温带的条件下，同样我們也沒有发现砖紅壤，因为这里风化还没有达到鋁鉄风化壳的阶段。

在湿润气候区域中許多情况下，风化壳沒有形成鈣質正残积层就迅速达到了鋁砂正残积层的阶段。誠然，在某种情况下，也会发生鈣的相对累积的阶段，但是它表現比較微弱，不会有大量  $\text{CaCO}_3$  的堆积，而只在粘土胶体复合体中，累积着交换性鈣（波雷諾夫指出，有时在这样鋁砂正残积层形成物中，肉眼可見的碳酸鈣已經淋失，而在显微镜下，发现有个別的方解石結晶）。

这些是 B. B. 波雷諾夫关于正残积层的类型和发育阶段的一般概念。当他进一步論述时，把問題轉到被表流和地下水由正残积层搬运出的可溶性风化物的归宿。这些产物部分被河流帶到海洋中去了，部分停留在大陆上地形的低下部分，堆积为各种大陆沉积（坡积层、洪积层、湖成和河成冲积层等）。結果，形成了各种堆积风化壳的类型。自然，象氯化物和硫酸盐这样移动最大的风化物，搬运到离正残积层发育区域最远的地方，碳酸鈣沉积比較近，矽酸堆积在离正残积层更近的地方。

这样，根据波雷諾夫的意見，残积风化壳和一定的堆积风化壳的类型互相之間是有一定关系的。例如，在鈣質正残积层发育的区域，其中主要搬运出去的为氯化物和碳酸盐，于是在低地形成氯化物-硫酸盐风化壳，这是飽含氧化物和硫酸盐的各种組成（亚粘土、亚砂土、砂土等）的沉积物。地質学家和土壤学家对此种沉积物知道很清楚，它們就是在荒漠和草原的低地中广泛分布的盐土和盐漬泥濘地以及其他形成物。

当然，和鋁砂正残积层有关系的，有两种堆积风化壳类型，靠近正残积层的为碳酸盐堆积风化壳（其中  $\text{CaCO}_3$  是由潛水和表流沉淀出来的），距正残积层較远的为氯化物-硫酸盐堆积壳。

这样看来，就不应当象教科書中通常所描述的，只有在干燥气候条件下，才可能有氯化物-硫酸盐的堆积。实际上，在地形的和其他有利的条件下，即使在湿润气候的地方，也可能发现这种的堆积。例如，根据波雷諾夫(1934)的記載，在恒河三角洲的加尔各答附近、印度斯坦的孟加拉湾沿岸、中国台湾省西海岸和其他地方都有这样形成物。

在波雷諾夫风化壳的学說范疇內的基本結論可轉述于下：

1. 风化壳有两种不同的类型：残积风化壳（残积层）和有丰富移动的风化物的堆积风化壳。

2. 残积风化壳循序地經過下列几个发育阶段：粗碎屑残积层、碳酸盐残积层、鋁砂残

积层（残积粘土）和铝铁残积层。

3. 堆积风化壳有三个基本型：氯化物-硫酸盐型、碳酸盐型和铝砂型。

4. 在残积和堆积风化壳的类型、阶段与型之间以及它们与地形要素之间存在一定规律的联系。风化壳的残积阶段常出现在分水岭高地上，分水岭的地位愈优越，则其上的残积风化壳的阶段愈典型而且愈明显。

当碎屑残积层向铝砂残积层阶段循序地发展时，同时地形应当由分割的嶮崖式分水岭顺序地转变为平台状分水岭。

5. 氯化物-硫酸盐堆积通常是复盖在内流洼地、沿海与滨湖的沿岸的平坦低地、河谷的低级阶地和排水不良的山前平原的疏松沉积物。

6. 淋失了氯化物-硫酸盐的碳酸盐堆积最常见于复盖斜坡的坡积层、有内流的洪积山前平原和河谷阶地上。

7. 铝砂堆积层经常是在内流表现十分明显的条件下形成的所有的大陆沉积（但不是残积层）。

8. 在冲积层中，可能有所有的堆积型。

残积和堆积风化壳类型相互联系的情况，可以归结如下：

I. 在分水岭上为碳酸盐残积层，则复盖在斜坡上的沉积中为碳酸盐堆积，在该流域内最低洼地的沉积中为氯化物-硫酸盐的堆积，它们相互结合在一起。而且组成洼地集水区域的整个残积风化壳和堆积风化壳的岩层均为氯化物-硫酸盐的集水区域（戈壁型）。

II. 分水岭上为铝砂残积层，则复盖在斜坡上沉积中为铝砂堆积层，而在斜坡下部以及在地形上与分水岭相联系的洪积层中为碳酸盐堆积，在洼地沉积中为氯化物-硫酸盐堆积，它们是相互结合在一起。该流域内风化壳的整个铝砂层是碳酸盐堆积、氯化物-硫酸盐堆积的供应区域。同时碳酸盐风化壳即整个集水区域的堆积风化壳也是氯化物-硫酸盐堆积的补充来源（北蒙型）。

III. 分水岭上为铝铁残积层，则复盖在斜坡上与洼地中的堆积，和前面已经指出的情况一样<sup>①</sup>。

坡积、洪积和冲积层不可能有铝铁类型，因为在斜坡上和低地中再沉积的铝铁物质，必然受到流来的二氧化矽溶液的作用，会富集为二氧化矽的化合物。只有当形成新分水岭和在它范围内产生残积层（新残积层）新中心的条件下，则可能推想，会发生转变为典型的铝铁残积形成物的过程<sup>②</sup>。

上面我们已经简要阐明了B.B. 波雷諾夫关于火成岩的残积风化壳（正残积层）发展及与其相联系的堆积风化壳类型的观点。但是，在自然界，往往不只火成岩而且海相沉积岩和大陆沉积均会发生风化作用，它们的残积风化壳（根据波雷諾夫意见，称为“副残积层”和“新残积层”）在它发展中，也经过具有一系列特有的特征的阶段。这样和副残积层与新残积层相联系的堆积风化壳类也是极有意义的。所有这些问题波雷諾夫都曾作过详尽的讨论，不过限于篇幅，我们将不论述这些问题。

① 我们尚不知道有这样的具体例子：铝铁残积层和各种堆积风化壳类型相互结合在一起，顺序地，由铝砂堆积一直到碳酸盐和氯化物-硫酸盐的堆积。不过在蒙古盐湖的大谷中的汉盖及其南坡有近似这样完整的图式。这里，由亚高山草地风化带开始，已经象上面指出的，有铝铁残积层的趋势，自此，可能找到所有堆积类型，一直到氯化物-硫酸盐湖滨沉积。

② 不过这样铝铁新残积层的真实情况尚不清楚。

由此可見，把風化壳的各種類型（磚紅壤風化壳等）看作不變的“風化的氣候型”是過去學者的片面的概念，而B.Б.波雷諾夫却與他們相反，在他的著作中，創立了風化發育的三個基本循環的學說（正殘積層、副殘積層和新殘積層的發育循環）。而且，作者不只是分析了殘積風化壳（在以前的著作中也只是描述過），而且也研究過和殘積風化壳相聯系的堆積風化壳的類型，例如荒漠和其他地區的氯化物-硫酸鹽的堆積就屬於這種類型。結果，波雷諾夫分出了風化壳的基本的具體的類型並且確定了它們地理分布的規律性。

舊有的概念只把風化壳看作是氣候的函數，現在，科學上，已經提出了新的概念，不只是把風化壳看作是氣候的函數，而且也把它看作是時間（風化壳的發育階段學說）、地質構造（風化壳的發育循環）、當地地形（殘積層及與其相聯系的堆積壳）的函數。在這些研究的進程中，波雷諾夫也擬定了研究風化壳的地球化學的方法，並且將它和景觀地球化學的研究緊密地聯系了起來，稍後，我們將會評論這個方法。

波雷諾夫的風化壳學說在頗大程度上是根據他親身的野外調查的材料建立起來的。例如鈣質正殘積層及其相聯系的氯化物-硫酸鹽堆積是他在蒙古草原和半荒漠中見到的，新殘積層的各種類型是他在南伏爾加和里海沿岸低地發現的，而紅壤風化壳是他在西格魯吉亞研究出來的。

他對殘積的紅壤風化壳和氯化物-硫酸鹽堆積的風化壳研究得特別詳盡，曾對這些風化壳的鑑定提出過一系列的典型著作（紅壤風化壳——1933<sub>1</sub>，1935<sub>2</sub>，1936，1944<sub>3</sub>；氯化物-硫酸鹽堆積風化壳及其土壤——1930<sub>2,3</sub>，1931，1932<sub>1,2</sub>，1933<sub>2,3</sub>，1934<sub>2</sub>，1935<sub>3</sub>）。

西格魯吉亞的巴統地區自然是蘇聯現代紅壤風化壳唯一分布的地區，早已引起許多調查者的注意。我們可以聯想到，在B.Б.波雷諾夫以前，B.Б.多庫恰耶夫、П.А.澤馬特欽斯基、К.Д.格林卡、П.С.科索維奇、С.А.查哈羅夫以及其他偉大的地質學者和土壤學者都曾到這裡工作過。在調查的第一階段，將此地的土壤看作是磚紅壤（多庫恰耶夫），但是後來，証實它和典型磚紅壤不同，因此開始又命名為紅壤（К.Д.格林卡）。而且把這種土壤看作為第三紀的殘遺物，認為在當時濕潤熱帶的氣候條件下，進行着強烈的風化作用並且形成了紅壤形成物。按照這種說法，認為在現代，由於氣候的變化，不會形成紅壤，並且在它的上面應當產生新的土壤形成過程——灰壤化的形成過程，在紅壤的上層曾發現有不同程度的灰壤化過程。這種理論曾經得到普遍的承認並且也曾用到教科書中，他們以這種理論作証據，認為在該地區的第四紀階地上不會有紅壤。而B.Б.波雷諾夫及其同事為了達到擴大副熱帶農業的目的，曾在這裡進行過調查，得出了在本質上和他們不同的結論。

首先，B.Б.波雷諾夫肯定決不能把磚紅壤和紅壤看作象黑土或灰化土概念相同的土壤。B.Б.波雷諾夫指出誰也未曾看到過黑土或灰化土厚到幾十米，而紅壤和磚紅壤往往正有這樣的厚度。磚紅壤與紅壤正和黃土、高嶺土、冰碛亞粘土相類似，是屬於風化壳的類型，自B.Б.多庫恰耶夫著作出版以後，象黃土等這樣土壤誰也不會稱之是土壤。由此可見，在紅壤上發育的灰化土決不能把它看作是現代灰化土形成物疊置在古老紅壤之上，因為在黃土上的黑土誰也不會把它看作是現代土壤形成物疊置在古老的土壤之上。根據波雷諾夫的意見，在紅壤風化壳之上可以形成不同的土壤，但是他指出，決不能把它列於灰化土類。可是將紅壤看作殘遺形成物的觀點是否正確呢？B.Б.波雷諾夫使人信服地

証實了，在巴統地區的現代風化階段中，正朝着紅壤形成物的方向進行。特別是，在該地區的河水干的殘余物中， $\text{SiO}_2$  含量很高，指出了矽酸現在正從風化殼中搬運出來，因而，其中相對累積了鐵和鋁的化合物，這就証明了上述的看法。至於談到低級階地沒有紅壤的問題，那里之所以不能形成紅壤，因為紅壤是殘積風化殼的類型，它不會形成在階地上，階地上應為堆積風化殼的類型。巴統地區的現在的濕潤副熱帶氣候（年雨量達2500毫米）也有利於風化作用的強烈進行。同時，巴統地區的紅壤風化殼是很老的形成物：早在第三紀，在平原條件下已經開始形成紅壤風化殼，在這種條件下，阻礙了沖刷作用的進行，有利於形成很厚的風化殼。後來，由於構造的隆起，發生地形的還童作用，紅壤風化殼開始發生強烈的沖刷作用，它堆積為現在山麓的丘陵地形。該地區的現在的地形條件（丘陵地形）不利於繼續形成很厚的風化殼（由於強烈沖刷），但是風化過程進行的方向仍然是和第三紀相同。

在巴統的紅壤地區，沒有自由的氫氧化鋁，因此，這不是鋁鐵風化殼，而是鋁矽鐵風化殼；其中含鐵的粘土全部已經破壞，形成了氫氧化鐵，而在含鋁的粘土中，主要為高嶺土—多水高嶺土。可見，這是真正鋁鐵風化殼的過渡階段，其中含鐵和含鋁的粘土均發生了破壞。

Б.Б.波雷諾夫（1944<sub>2</sub>）在紅壤中發現有意義的現象，紅壤中往往含  $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  比含兩價陽離子的數量多，例如從下列紅壤風化殼一個樣品的分析，可以明顯看出。其中陽離子是由20%  $\text{HCl}$  提取液中測定的：

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| $\text{Cl}^-$ ——2.77      | $\text{Ca}^{++}$ ——0.09 |
| $\text{SO}_4^{2-}$ ——0.28 | $\text{Mg}^{++}$ ——0.69 |
| ——                        | $\text{Na}^+$ ——0.08    |
| ——                        | $\text{K}^+$ ——0.11     |

波雷諾夫曾經指出，甚至不以當量計算，已經明顯看出，紅壤風化殼中以陰離子占優勢，而且後者不是以水由紅壤中提出來的，而是以磷酸鹽處理樣品時，它們轉入溶液中的。Б.Б.波雷諾夫和А.И.特羅伊茨基（1935<sub>2</sub>）同時指出，在該種情況下，顯然是由於帶正電的含鐵膠體上吸著的陰離子和磷酸根發生了交換吸著作用，這些膠體也富有二氧化矽。

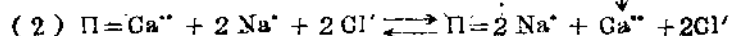
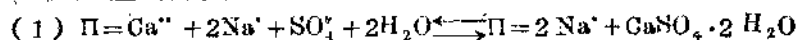
波雷諾夫研究巴統地區的紅壤風化殼中的元素遷移能力（根據上述方法）時，曾經確定這裡移動最小的元素是鐵。鋁的移動能力也不大，然而，它的移動能力比起鐵那就高得多了，這由下列事實足以證明，生長在紅壤風化殼上的喬木的葉子中含有鋁（測定榆樹葉子灰份中， $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量達16%）並且在堆積風化殼中富集著鋁（和  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  比較）。波雷諾夫推斷，在該種情況下，鋁或者以溶膠狀態（有機礦物質溶膠，矽—氧化鋁溶膠）或者甚至部分呈離子形式發生遷移。調查鋁沉積礦床形成的條件的地質學家必須考慮這種情況。在這些條件下， $\text{SiO}_2$  具有很高的遷移能力，它搬運的強度幾乎和鈣一樣。在形成風化殼的後一階段，剛剛相反，鎂的遷移能力比較微弱，這是在風化殼中形成了吸收性的鎂化合物和累積了交換性  $\text{Mg}$ 。紅壤風化殼的這樣一些地球化學基本特征首先是Б.Б.波雷諾夫確定的。

這些研究的成果已為他的學生和同事（特羅伊茨基等）所繼承，並且從中建立了紅壤風化殼及其土壤的新概念，這對蘇聯發展副熱帶的農業，特別是發展茶作業有很大的意

义。这些概念对研究苏联境内广泛分布的古红壤风化壳的地質学家們也是极重要的。

Б.Б. 波雷諾夫对氯化物-硫酸盐堆积风化壳及其相联系的土壤經過30年的研究，已經获得不小的成果。进行这些工作主要是为了設計南伏加尔的灌溉系統，这项工作是以后进行土壤改良勘测的基础。

Б.Б. 波雷諾夫和他同事（Б.И. 菲洛索佛夫、С.В. 貝斯特罗夫、П.Ф. 馬尔提諾夫等）的实驗工作特别有意义，闡明了潛水在土壤和底土中移动时它的化学組成发生变化的过程。茲列举一組实驗为例來說明，这組实驗是研究在底土中沿毛管上升的氯化鈉和硫酸鈉組成的溶液。发现氯化物上升比硫酸盐快得多，而且在这种情况下，底土中出現了石膏。根据波雷諾夫的意見，在該种情况下，是由于上升溶液和底土的吸收复合体(Π)发生了交换反应，溶液中的鈉离子代換了吸收复合体中的交换性鈣。結果，溶液中出現了难溶解的石膏，并且发生了沉淀，因此硫酸盐移动的速度延緩，土壤上层开始以氯化物为主，特别是，出現了  $\text{CaCl}_2$ （也是由于溶液中鈉离子和吸收复合体中的鈣离子的交换反应）。这些反应可以下列反应式表示：



当盐渍化过程进一步发展时，含硫酸鈉的溶液可能上升到表面，并且和  $\text{CaCl}_2$  发生反应，在这里形成石膏。

由此可見，根据波雷諾夫的意見，当强烈盐渍化时，土壤中  $\text{Cl}^-:\text{SO}_4^{--}$  之比值比潛水中的大。表面累积着  $\text{CaCl}_2$  也是盐渍化的最初阶段的标志。当发生脱盐过程时，刚刚相反，氯化鈉由土壤中淋失要比硫酸盐快，因此，土壤中  $\text{Cl}^-:\text{SO}_4^{--}$  之比值比潛水中的少。

根据波雷諾夫的意見，研究土壤和潛水的盐份組成对解决盐份迁移的方向和是否存在盐渍化或脱盐化等問題，在理論上和实践上都是重要的。

我們在这里不可能論及 Б.Б. 波雷諾夫及其同事进行的所有的实驗工作，列举上述实驗也只是当作一个例子。他和 П.Ф. 馬尔提諾夫及其他人員曾共同进行的去硫作用的重复实驗是有不小的意义。Б.Б. 波雷諾夫領導在南伏尔加和里海沿岸低地进行調查时，曾詳細拟定出盐渍化和脱盐化过程的野外調查方法，并且提出了許多鑑別整个巨大面积上盐份迁移过程的新方法。

特别是，他采用了潛水水位的临界（对盐渍化而言）界限的概念，并且提出了决定这个界限的方法，也拟定了构制盐份剖面图的方法（这些方法現在广泛被利用），同时，建立了南伏尔加盐渍化土壤演化的新概念并拟定了盐渍化土壤成因分类的根据。

Б.Б. 波雷諾夫的学生，苏联科学院通訊院士 В.А. 科夫达教授曾經进一步研究当盐渍化土壤形成时，盐份在风化壳中的迁移。他的研究和他同事的許多研究，扩大到盐渍化土壤和底土分布的各个不同的地区（中亚、庫拉-阿拉克辛低地、巴拉宾森林草原等），从这些研究中，他們曾提出許多新的实际資料并且将这部分資料进一步加以綜合，現在，盐渍化土壤的研究已是苏联土壤学中一个巨大独立的部門（科夫达，1937，1946）。波雷諾夫及其后輩的这些研究不只是对土壤学和土壤改良学，而且对地球化学、水文地質学和湖泊学都有很大的意义。

波雷諾夫在苏联不同的自然区中，曾經广泛进行过土壤-地理調查，从而，他得出了必