

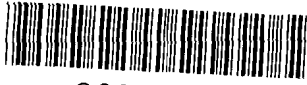
国外地质资料选编(八十六)

化探资料选编

(六)

地质矿产部情报研究所

一九八四.四



200350583

5145/07

15145



00291392

景观-地球化学区划基础*

Б.Ф.Мицкевич Ю.Я.Сушица



5145/31) 序

言

利用外生晕和分散流地球化学方法普查矿床的实践十分令人信服地表明, 这些地球化学方法的效果取决于对研究区的地质、地貌、气候和其他特征考虑得如何。因为正是这些特征决定着合理普查方法的选择、地球化学样品的正确采集方法和其他一些问题的解决。

从地球化学的角度研究上述特征, 要以景观-地球化学方法为依据。景观-地球化学是研究在决定着自然景观的诸因素影响下化学元素分布和迁移规律的一个学科。

景观-地球化学的应用方向之一, 是景观-地球化学区划, 即将研究区划分为化学元素迁移条件相同, 可采用类似地球化学普查方法组合的一些小区。

当前, 景观-地球化学区划对于进行地球化学测量的重要性和必要性已无人怀疑了。目前, 利用地球化学方法普查矿产的所有单位都在进行这种区划工作。

尽管以应用为目的的景观区划的意义越来越大, 但对于它的研究还远远不够, 还没有现成的方案和方法可供利用。

在А.И.彼列尔曼、М.А.格拉佐夫斯卡娅、В.В.杜布留夫斯基和景观地球化学方面其他一些专家的著作中, 通常只包含着苏联境内或其某些部分的景观地球化学区划的结果。在文献中至今尚无可以帮助没经过专门训练的地质人员根据地球化学普查方法的应用条件对研究区作区划和评价的方法资料。

本文作者抱着要填补这一空白的目的, 对景观地球化学区划的经验进行了总结, 对一些理论原则以及与区划方法和编图有关的实际问题进行了详细的分析。我们的研究立足于这样一个概念, 即化学元素的表生迁移过程和矿床外生分散晕和分散流的形成过程受同一一些因素的支配。

我们特别注意研究地球化学异常的问题, 因为景观-地球化学区划, 特别是大比例尺区划的过程, 是以相应的异常研究方法为前提的。因此, 本书用了一章的篇幅来阐述在大比例尺的景观-地球化学研究和异常评价中应用物理-化学方法, 主要是热力学方法的途径。根据初步的肯定结果可以预见, 这些方法在为地球化学测量的部署及其资料解释提供依据方面将会起相当大的作用。

* 这是苏联乌克兰加盟共和国科学院矿物地球化学和物理学研究所出的一本书《Основы ландшафтно-геохимического районирования》(Киев, "Наукова думка", 1981), 全文译出——译者注。

总的来说，笔者是把景观-地球化学区划作为一个工作阶段来看待的，它包括所有的准备性研究和试验研究，以保证地球化学普查方法有高度的可靠性和很好的效果。

本书责任编辑为白俄罗斯加盟共和国科学院院士К.И.卢卡舍夫，М.И.托尔斯泰教授和地质矿物学候补博士Л.С.加列茨基曾对本书稿提出过宝贵意见，一直致力于提高乌克兰地球化学量测效果的乌克兰加盟共和国地质部普查和勘探局局长И.С.彼沃瓦尔和总地质师А.И.扎里茨基曾极力促成本书的编写。

景观-地球化学区划基础*

Б.Ф.Мицкевич Ю.Я.Сущик

序 言

利用外生晕和分散流地球化学方法普查矿床的实践十分令人信服地表明,这些地球化学方法的效果取决于对研究区的地质、地貌、气候和其他特征考虑得如何。因为正是这些特征决定着合理普查方法的选择、地球化学样品的正确采集方法和其他一些问题的解决。

从地球化学的角度研究上述特征,要以景观-地球化学方法为依据。景观-地球化学是研究在决定着自然景观的诸因素影响下化学元素分布和迁移规律的一个学科。

景观-地球化学的应用方向之一,是景观-地球化学区划,即将研究区划分为化学元素迁移条件相同,可采用类似地球化学普查方法组合的一些小区。

当前,景观-地球化学区划对于进行地球化学测量的重要性和必要性已无人怀疑了。目前,利用地球化学方法普查矿产的所有单位都在进行这种区划工作。

尽管以应用为目的的景观区划的意义越来越大,但对于它的研究还很不够,还没有现成的方案和方法可供利用。

在А.И.彼列尔曼、М.А.格拉佐夫斯卡娅、В.В.杜布留夫斯基和景观地球化学方面其他一些专家的著作中,通常只包含着苏联境内或其某些部分的景观地球化学区划的结果。在文献中至今尚无可以帮助没经过专门训练的地质人员根据地球化学普查方法的应用条件对研究区作区划和评价的方法资料。

本文作者抱着要填补这一空白的目的,对景观地球化学区划的经验进行了总结,对一些理论原则以及与区划方法和编图有关的实际问题进行了详细的分析。我们的研究立足于这样一个概念,即化学元素的表生迁移过程和矿床外生分散晕和分散流的形成过程受同一些因素的支配。

我们特别注意研究地球化学异常的问题,因为景观-地球化学区划,特别是大比例尺区划的过程,是以相应的异常研究方法为前提的。因此,本书用了一章的篇幅来阐述在大比例尺的景观-地球化学研究和异常评价中应用物理-化学方法,主要是热力学方法的途径。根据初步的肯定结果可以预见,这些方法在为地球化学测量的部署及其资料解释提供依据方面将会起相当大的作用。

* 这是苏联乌克兰加盟共和国科学院矿物地球化学和物理学研究所出的一本书《Основы ландшафтно-геохимического районирования》(Киев, "Наукова думка", 1981),全文译出——译者注。

总的来说，笔者是把景观-地球化学区划作为一个工作阶段来看待的，它包括所有的准备性研究和试验研究，以保证地球化学普查方法有高度的可靠性和很好的效果。

本书责任编辑为白俄罗斯加盟共和国科学院院士К.И.卢卡舍夫，М.И.托尔斯泰教授和地质矿物学候补博士Л.С.加列茨基曾对本书稿提出过宝贵意见，一直致力于提高乌克兰地球化学量测效果的乌克兰加盟共和国地质部普查和勘探局局长И.С.彼沃瓦尔和总地质师А.И.扎里茨基曾极力促成本书的编写。

第一章

景观-地球化学区划的一般问题

一、基本概念

科学，首先是处于不同知识领域接合处的边缘学科的蓬勃发展是本世纪的一个特征。在地质学、化学和地理学的接合处产生的一个新学科——景观地球化学，便是上述趋势在自然科学发展中的一个反映。

地球化学和生物地球化学的奠基者В.И.维尔纳茨基曾经对化学元素的迁移和生物循环问题，世界不同地区的农牧业产量问题，以及与生命物质对地质和地球化学过程的影响有关的所有问题，都给予了极大的注意。在А.Е.费尔斯曼的经典著作中，对荒漠、极地地区和其他自然地理带的地球化学特征作过描述，也就是为景观-地球化学作为一个学科出现创造了基本前提。在化学、生物学、土壤学和地质学的一些著作中，都曾对景观地球化学某些方面的问题作过阐述。

由于В.В.多库恰耶夫关于自然带的经典研究的结果，出现了“景观”的概念和景观学说。但是，产生出这一学说的自然地理学并未拥有相应的研究方法，因此也未能揭示出景观内各种关系的机理。寻求这些方法就导致了景观-地球化学的产生。景观-地球化学的研究对象是景观，其研究方法则是地球化学方法（彼列尔曼，1967）。

作为一个独立学科的景观-地球化学的基础，是在40年代由В.В.波雷诺夫的著作奠定的。他曾指出，地表的各个地段不仅具有自己的外貌和构成，而且还具有决定其特性的特殊化学作用。因此，他开始划分出钠的、钙的、镁的和其他性质的景观，同时指出了这些景观所特有的化学元素。В.В.波雷诺夫写道：“这些元素的迁移给土壤、当地的水和植被留下了鲜明的烙印，并且以一种牢靠的、互为因果的可逆关系将‘景观特征’相互联系起来”（波雷诺夫，1948）。

В.В.波雷诺夫发展了В.И.维尔纳茨基的思想，划分出化学元素在景观中迁移的一种基本形式：生物成因迁移。他以土壤形成过程的头几个阶段为例，揭露了生物循环的机理及其意义。他对化学元素迁移的另一个最重要方面——水迁移，也给予了极大的注意。В.В.波雷诺夫所查明的元素水迁移序列至今仍有它的意义。В.В.波雷诺夫研究出对景观作地球化学研究的方法——组合分析。该方法的实质就是同时对景观的所有组成部分——岩石、土壤、地表水、地下水、植物——进行研究。这种方法不仅可以确定导致各元素富集或分散的迁移作用的方向，而且可以对这种迁移的强度作定量的评价。В.В.波雷诺夫对格鲁吉亚的亚热带、滨里海的半沙漠地区等一些最重要的景观类型，曾作过地球化学描述。В.В.波雷诺夫的学生和继承者А.И.彼列尔曼、М.А.格拉佐夫斯卡娅、К.И.卢卡舍夫、В.В.杜布留

夫斯基对景观-地球化学作了进一步的发展。

由于景观-地球化学学说与社会的实际要求密切相关,并且越来越广泛地用于人类活动的各个方面,因而有了飞速的发展。此外,景观-地球化学还是地球表面研究的一个更高阶段,它对于解决保健、农业等越来越多的问题是必不可少的。在用地球化学方法普查矿产方面,景观-地球化学具有特别大的意义。

景观-地球化学研究的是化学元素在决定着地理景观的一些因素影响下发生迁移和分布的规律性,也就是研究地球表面的某一部分,由于地形、气候、地表水和地下水成分、土壤盖层和植被、动物界和人类活动以一定形式结合对其作用而产生的面貌。矿床的地球化学普查方法是以了解化学元素迁移和形成分散晕的规律为依据的。因此,景观-地球化学是地球化学方法的理论基础。各种地球化学普查方法无论在总的方面,还是在不同自然条件下的应用特点方面,都是互有区别的。自然条件,即化学元素迁移的外部因素,对这些地球化学普查方法的效果有着巨大的影响。正因为如此,决定了地球化学方法与景观-地球化学有着密切的联系。进行地球化学普查的经验表明,在原始森林、沙漠或者高原地区,应按不同的方法普查同一类型的矿床;这些地带中的异常是以不同的方式形成的,并且要用不同的定量指数对其作评价。例如,一种金属在土壤、坡积物、水或者植物灰分中的同一含量,在一个地区内可能是异常的和指明矿体的;而在另一个地区内可能是背景的;在第三个地区内则可能是低于背景的。同样一种金属,在一个地区内可能形成从矿体延续达数百和数千米远的分散晕和分散流;而在另一个地区可能只在离矿体数十米甚至数米的距离内形成分散晕和分散流。

之所以会出现这种情况,是由于在不同的气候带中,化学元素迁移的条件各不相同,因而形成分散晕的条件也不相同。但就是在同一气候带中,化学元素迁移条件和相应的进行地球化学普查的条件也是不一样的,并且在相当大程度上取决于地质构成、地形特点和一些其他因素。因此,为了正确运用地球化学方法和正确评价这些方法的结果,必须在研究区内划分出一些化学元素迁移条件相同的地区和地段。每一个这样的地区和地段,都具有在矿床周围形成分散晕的特别条件和化学元素在土壤、风化壳、天然水和有机物中的特别背景含量。因此,地球化学普查方法也应当针对这些地区和地段因地制宜。

与矿床普查有关的景观-地球化学的基本任务,是根据进行地球化学普查的条件而进行区划工作。理想的情况是,景观-地球化学区划是在已经完成了景观-地球化学调查和编制出景观-地球化学图的地区进行。这是因为,这两项工作是以普查为目的的景观-地球化学区划的基础,只有景观-地球化学图才会有助于对化学元素的迁移规律作深入的估计。但是,目前这种图件的数量还很少,许多景观的地球化学还研究得不够。

然而,上述情况并不排除进行以普查为目的的景观-地球化学区划的可能性。而且,近年来,景观-地球化学区划由于地球化学普查规模的扩大已具有景观-地球化学中的一个独立学科的意义,而景观-地球化学区划图的编制甚至比地球化学景观图还要多。尽管这种实践在方法上并非完全可靠,但生产上的需要促进着这一方面的发展。

在矿床普查中,景观-地球化学区划起着保证普查效果的依据的作用。对此,М.Г.格拉佐夫斯卡娅早在1962年就指出过这种关系:“地球化学普查的效果,在相当程度上取决于依据化学元素在不同地质和自然地理环境中的某些地表迁移条件,正确选择一套具体的方法(岩石地球化学法、生物地球化学法、水地球化学法)。因此有必要将一个大的区域划分为

一些在迁移条件上大致相同，在地球化学上相近，因此需要采用相同地球化学普查方法的地区。”用于矿床普查的景观-地球化学区划，应当完成查明在研究区应用地球化学方法的可能性和应用这些方法的特点这样一项任务。如果只根据进行区划的结果对一个地区的地形、土壤、植被等作了一番详细的描述，但并没有回答所提出的问题，则这种地球化学区划并没有完成自己的任务。

二、景观-地球化学区划对地球化学普查实践的意义

用地球化学方法普查矿床的效果，取决于用这些方法能否查明在研究区形成的分散晕和分散流。在关于地球化学普查方法的理论和实践问题的最新研究中，应当数A.И.彼列尔曼(1975)、A.A.别乌斯和C.B.格里戈良(1975)、B.B.波利卡尔波奇金(1976)、A.莱文森(1976)的著作。

每一个矿床在理想的情况下都会形成两种类型的分散晕：内生晕或原生晕和外生晕或次生晕。

内生分散晕在成因上与矿床本身有关，它是岩石中成矿元素及其伴生元素的含量从工业含量逐步降至背景含量的一个范围。极少情况下也会看到上述组分由于被带出而变贫的内生晕。

外生分散晕是由于外生作用过程对矿床发生影响在残坡积层、淤积层、土壤、植物、地下水和地表水中形成的。根据发育着晕的介质不同，可以区分出岩石地球化学晕、水地球化学晕和生物地球化学晕。此外，还存在着气体地球化学晕，它们是在两种情况下形成的：①矿产本身为液态或者含有气态混入组分；②在表生作用带中因矿质发生变化而形成气态物质。

由于放射性矿石蜕变的结果在这种矿床之上形成的射气，是气体晕的最有代表性的例子。

外生晕或者次生晕，是在矿体或其原生晕出露的侵蚀截面之上的疏松产物盖层中，流经矿体的地下水和地表水中，以及其根系与矿体或其原生晕相接触的植物中形成的成矿元素或其伴生元素浓度异常偏高的局部地带。

分散流是在河谷和溪流的水和淤积层中形成的线性延伸的外生晕。它们通常与矿床的晕相衔接，其成矿元素含量逐步降低。上述三种分散晕都可构成分散流，但通常为水地球化学分散流，部分为岩石地球化学分散流。

按相态，外生晕和分散流可以划分为机械的和盐类的，但最常为混合类型的。在机械分散晕和分散流中，矿石组分为一些以机械方式迁移、在表生作用带中稳定的矿物。

在盐类分散晕和分散流中，矿石组分溶解于地表水和地下水，以溶液形式发生迁移。但它们既可呈液相，也可呈固相表现出来。在岩石地球化学分散晕和分散流中，盐晕以固相表现出来。在这种情况下，矿石组分或者在疏松沉积物中形成次生矿物，或者为氧化铁、氧化锰、粘土矿物、淤泥颗粒和有机物质所吸附。

水地球化学晕和生物地球化学晕都只是盐类迁移晕。

根据形成条件，外生晕可区分为残留晕和上置晕。残留晕是在破坏中的矿体或其原生晕的

风化产物中形成的。上置晕是由于矿石组分与毛细管水一道向地表扩散，或者由于植物的生命活动，在疏松沉积层中形成的。

根据与地表的关系，可以划分出露晕和隐伏晕。出露晕出露于地表，通过对土壤取样可以查明。隐伏晕发育于一定深度中，它不能达于地表。如果外生晕形成后又为较年青的沉积物所覆盖，则称它们为埋藏晕。

所列的资料表明，矿床的外生晕可以根据其相态，根据与周围环境的相互关系和可发现的程度来区分。1963年，A.П.索洛夫夫利用地球化学普查的实际经验，将外生分散晕划分成对不同景观地球化学环境都有代表性的7种最重要的类型：①在强剥蚀区的现代残坡积物中形成的出露残留晕；②在干旱区、温暖-潮湿区和潮湿区的堆积-剥蚀条件下形成的扩散型的出露上置晕；③由于化学元素在干旱带的蒸发富集和温暖带的生物堆积而形成的矿上堆积型的出露上置晕；④由于晕的一部分发生间断和沿水流方向位移而形成脱离矿体位置的出露上置晕；⑤在潮湿地带由于成矿元素被从上部带出而形成的残留淋滤晕和极度贫化的晕；⑥由于第一类晕被异地运积物覆盖而形成的埋藏残余晕；⑦上置埋藏晕，它类似于扩散晕，但被异地运积物覆盖。

A.П.索洛夫夫的分类法颇为流行。但这一分类只适用于岩石地球化学晕。包括了所有类型的外生分散晕和分散流，和根据成因标志建立起来的更加完整的分类，是由B.Б.波利卡尔波奇金研究制定出来的。

I 分散晕*

A. 岩石化学分散晕

1. 机械分散晕：

- (1) 扩散分散晕；
- (2) 重力分散晕；
- (3) 流成分散晕；
- (4) 潜蚀分散晕；
- (5) 海洋和湖泊分散晕。

2. 盐分散晕：

- (1) 上升迁移盐晕：扩散分散晕和喷发分散晕，毛细管分散晕和毛细管-蒸腾分散晕；
- (2) 下降和侧向迁移盐晕：下降分散晕—包气带和胶结带的晕，侧向分散晕—地下含水层和壤中径流的晕。

B. 水化学分散晕

- (1) 上升迁移—扩散分散晕和毛细管分散晕；
- (2) 下降迁移—包气带的晕；
- (3) 侧向迁移—地下含水层和地表面状径流的分散晕。

B. 气体化学分散晕—地下气圈和壤中气的分散晕

Г. 生物地球化学分散晕

- (1) 植物地球化学分散晕；

* 这一分类表的译文直接引自《次生分散晕和分散流》（地质出版社，1981）一书的2—3页，略有删节。

- (2) 动物地球化学分散晕；
- (3) 土壤地球化学分散晕；
- (4) 泥炭地球化学分散晕。

II 分散流

A. 岩石化学分散流

1. 机械分散流

- (1) 河流分散流；
- (2) 冰川分散流；
- (3) 风成分散流；
- (4) 与海流和湖流有关的海洋和湖泊分散流。

2. 盐分散流：

- (1) 河流分散流；
- (2) 海洋和湖泊分散流。

B. 水化学分散流（河流分散流，海洋和湖泊分散流）

B. 气体化学分散流（地上气圈的分散流）

- (1) 气体分散流；
- (2) 微尘分散流。

根据晕在其中发育的介质成分的不同，可区分出岩石地球化学、水地球化学、生物地球化学和气体地球化学普查方法，而这些方法合起来组成地球化学普查方法。

岩石地球化学方法既用于普查内生分散晕，也用于普查外生分散晕。但由于内生晕的形成与地表的条件无关，因而原生晕的岩石地球化学普查与一个地区的景观-地球化学特征无关。气体地球化学方法也与景观-地球化学条件无关（不过有时也有一点关系）。

以化学元素在表生作用带中的迁移为依据的次生晕和分散流岩石地球化学普查方法，以及水地球化学法和生物地球化学法，都直接与研究区的景观-地球化学特征有关，而这些方法的效果首先取决于景观-地球化学区划的结果。

次生晕和分散流岩石地球化学普查（又称金属量测量）用得最为广泛。近来出现一种倾向，把任何采取样品并进一步作金属测定的做法都称为金属量测量，这是完全不合适的，只会造成术语上的混乱。次生分散晕岩石地球化学普查的实质，就是通过对疏松沉积物或者土壤作系统的取样，来查明其中成矿元素或伴生元素的异常含量。

岩石地球化学测量中的主要问题之一是正确选择取样深度，它取决于外生晕的类型和特点，以及景观地球化学条件。与此相关，非常重要的工作是确定代表性的普查层位、足够的普查水平和覆盖产物的临界厚度。

代表性普查层位可以理解为最接近地表且次生分散晕发育面积最大和最可靠的层位（叶列麦耶夫，1963）。近年来，这一定义有了更详细的解释，把代表性层位被看作是一个立体地质体，它最常是发育着最稳定和广泛的晕的疏松覆盖层剖面中的某个地质体。

足够的普查水平可以理解为能足够可靠地查明矿床分散晕的某个水平。它是位于晕体上部的一个面，当晕为出露晕时，地面就是这样的一个水平。

临界厚度可以理解为能使盐分散晕达于地表的覆盖层的最大厚度。临界厚度与决定着—

个地区景观-地球化学特征的许多因素有关,首先与疏松沉积物的成分、厚度和成因有关(沙尔科夫等,1973)。大多数的研究者认为,在沉积盖层最大厚度为10米以内时,扩散晕可以在地表上表现出来。同时,也有当覆盖层厚度达40—50米,甚至100米时,还能确定矿化标志的情况。因此,每一个新区的临界厚度值,要根据对拟寻化学元素的特性和外界环境的物理化学条件的分析来确定。

在选择代表性普查层位、确定足够的普查水平和临界厚度的基础上,得出合适的取样深度的结论。

金属量测量实践还提出象测量网度的选择,用于分析的合适粒级及分析方法等其他问题,而其中一部分问题同样要在景观地球化学区划的基础上加以解决。

分散流普查是岩石地球化学方法的一种,它通过对常年水流和季节水流的底积物取样来实现。这种方法被看作是对研究区的含矿远景作快速评价的一种最有效和最可靠的方法(波利卡尔波奇金,1976)。分散流普查还可以借助水地球化学方法进行,但还是对底积物取样更为合适和更为有效(索洛夫夫,1959)。

分散流的长度,因而还有取样密度的选择取决于剥蚀源的规模和剥蚀盆地的景观地球化学条件。因此,景观-地球化学区划直接影响到这种普查工作的效果。

水地球化学普查方法是以查明天然水中的矿石组分和伴生组分或可以指明矿床破坏产物被水带出的其他标志为依据的。该方法的主要优点是可以查明在地表没有露头的矿床,即埋藏在疏松沉积盖层下的矿床和隐伏-埋藏矿床。目前已经证明,水地球化学方法适合于普查甚至在表生作用带中仍然稳定的矿床,但以普查硫化物矿床效果最好(戈列娃,1968)。

水地球化学方法的效果取决于一些因素,其中景观-地球化学条件是主要因素之一。因为它是影响地表水和地下水的物理特性和化学成分,以及化学元素在其中的迁移能力的主要因素。

生物地球化学普查方法的基础是查明植物灰分中的金属异常含量,或者查明植物在土壤金属异常含量影响下发生的形态变化。地植物普查方法就是以后一标志为依据的。尽管该方法很简单,但尚未得到广泛的应用。

生物地球化学方法的一个最重要特征是探测深度较大,这是由植物根系的发育特点所决定的。但由于该方法需要灰化样品,增大了工作的繁难程度,一般不用于大规模普查。当其他地球化学方法效果不好时,采用生物地球化学方法是合适的。具有埋藏晕或者晕发生了地表淋滤的地区,异地运积物盖层厚度在10—20米以内的地区,以及上部土壤层发生强烈金属淋滤的地带等,都是适于采用这种方法的地区。因此,生物地球化学普查方法的应用实际上完全取决于研究区的景观-地球化学条件,在景观-地球化学区划过程中应对它的有效性加以确定(科瓦列夫斯基,1974,1979;别乌斯,格里戈良,1975)。

无论在苏联还是在外国,根据外生晕和分散流普查矿床的上述地球化学方法已经广泛地用于地质普查工作实践。在普查金属矿床方面取得了尤其可观的成绩。近年来,仅在苏联就利用这些方法查明了相当数量的矿床,其中有一部分还是在作大比例尺的普查测量工作时漏掉的。

所有地球化学普查方法都建立在将取样结果与基岩、疏松沉积物、土壤、地表水和地下水、植物灰分中的地球化学背景值相对比的基础上。确定地球化学背景值是景观-地球化学区

划过程中要完成的主要研究任务之一。

所谓背景含量，就是它的形成没有受到成矿过程、矿床的内生晕或外生晕影响的化学元素含量。

在岩石中，背景值取决于无矿岩石中的化学元素含量，它与化学元素的分布特点和岩石类型有关。既然在同一种类型的岩石范围内化学元素的含量也不会是恒定的，就要针对每一个新的研究区的每一种类型岩石确定地球化学背景值。在理想的情况下，该值与克拉克值相一致，但最经常的情况是稍高于克拉克值，较少的情况是低于克拉克值。

在疏松沉积物、地表水、地下水、土壤和植物灰分中，地球化学背景值与无矿地段的化学元素含量有关，并且还决定着该地段景观-地球化学特征的一些因素——气候、地质构成、岩石成分、地形等——有关。确定化学元素在土壤中的背景含量值是特别复杂的事情，因为该值不仅在不同类型的土壤中有很大的变化，而且在同一类型土壤的不同成因层中也会有很大的变化，尤其在分层明显的剖面中如此。

在任何情况下，地球化学背景值都要利用数理统计方法来计算，这种方法在 A. A. 别乌斯和 C. B. 格里戈良《固体矿床地球化学普查与勘探方法》（1975）一书中有十分详细的介绍*。

提高对地球化学普查所查明的异常作评价的可靠性，是在景观-地球化学区划过程中景观-地球化学调查的又一项相当重要的任务。所有偏离正常情况的现象都可称为异常。在地球化学普查实践中，岩石、疏松沉积物、底积物、土壤、水或植物灰分样品中成矿元素或伴生元素含量超过最低异常值的范围都称为异常。高于地区性地球化学背景的最低异常值，应以给定的显著性水平用数理统计方法凭试验来确定*。显著性水平值则视一个地区的地质和景观地球化学特征而定。

并非任何异常都与矿体有关。因此，异常可以分为矿致异常或远景异常和非矿异常或无远景异常。

查明异常的性质是一项复杂而极其重要的任务，只有利用昂贵的山地工程和钻探工作才能完成。在深入研究化学元素迁移特征的基础上可以节省研究费用。在一个景观中，是由同样一些因素影响矿床外生分散晕的形成和控制着化学元素的迁移，这就为解决这一问题提供了前提。

非矿异常的形成与化学元素的表生富集作用有关，即与引起部分化学元素从溶液中沉淀出来的化学元素迁移条件的急剧变化，某些金属含量很高的岩石发生风化，由人类活动造成的污染等有关。

也存在有因取样和分析误差而错误地断定异常的情况。

要确定在化学元素迁移条件急剧变化的地段，即所谓地球化学障（表1）上形成的异常的性质，是最为复杂的事情。地球化学障可由酸-碱条件和氧化-还原条件的变化、迁移速度和岩石吸收特性的变化以及其他原因造成。既然地球化学障是迁移条件变更的界面，它在平面图上便常常具有线性延伸的形态。

*这里指的是该书的第十一章《数理统计方法在地球化学普查中的应用》。该文由吴传璧翻译，发表在地质部情报研究所《国外地质科技》1979年第1期上（78—100页）。——译注

表生作用带的地球化学障
(据A. H. 彼列尔曼, 1972)

表 1

障的类型	发生富集的元素	障的特征和富集实例
物理-化学障		
氧化型的铁或锰障	Fe, Mn	当贫氧潜水与富氧地表水相遇时产生; 沼泽和湖泊相的矿石
氧化型的硫障	S	当含硫化氢的水发生氧化时产生; 谢尔内耶布格雷、加乌尔达克、朔尔苏类型硫矿床
还原型的硫化氢障	Fe, V, Zn, Co, Cu, Pb, U, As, Cd, Hg, Ag, Se	在氧化环境和硫化氢环境的接触部位, 引起大多数金属以硫化物形式沉淀; 后成铀矿床、含铜砂岩
还原型潜育障	U, Se, Cu?	在氧化环境和潜育环境的接触部位引起一系列成阴离子金属沉淀; 后成铀矿床, 沼泽区的自然铜
黄铁矿障	亲铜元素	在氧化环境转变为还原环境时产生; 硫化物矿床胶结带
硫酸盐障	Ba, Sr, Cd	碳酸盐水或氯化物水与硫酸盐水相遇时产生; 重晶石和天青石
碳酸盐障	Cd, Fe, Ba, Sr	氯化物水, 硫酸盐水和重碳酸盐水与碳酸盐硬水相遇时产生; 方解石, 毒重石, 菱锶矿, 菱铁矿等
碱性障	Fe, Ca, Mg, Mn, Sr, V, Cr, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd	在酸性环境和碱性环境的接触部位产生; 在硫化物矿石氧化地段的碳酸岩中产生
酸性障	SiO ₂ , Mo, Se, U	在中性、碱性和酸性环境的接

		触部位产生；后生矿床的铀-硒-钼矿石
蒸发障	金属元素, S, Cl, F, I, Br	在潜水强烈蒸发的地段产生；常常是非矿的蒸发异常
吸附障	金属元素, P, S	在表面活性物质的接触面上产生，造成许多金属从地表水和潜水中沉淀到泥炭和粘土中
	机械障	
水障, 空气障	Fe, Ti, Zr, C, Cr, Nb, Th, Ta, Sn, Pt, Pd等	在水流或空氧流动速度发生改变的地段产生；金刚石砂矿, 砂金矿等
	生物地球化学障	
未分类的	金属元素, O, C, H, N, P, S等	在有机物富集地段产生；次生晕和土壤腐殖层中的非矿异常, 鸟粪石堆积, 骨头中的稀有元素

在景观-地球化学区划过程中应完成的研究任务中, 还包括查明可能形成非矿异常地段的地球化学障。但不应该忘记, 在地球化学障上也可能形成金属的工业富集。

评价异常的经验目前还不多, 但已经有不少在研究化学元素迁移和地球化学障的基础上查明各别异常和整个异常场性质的成功实例。

根据上述可以得出结论, 景观-地球化学区划是正确应用地球化学普查方法的指南, 可以保证这些方法有较好的效果。正因为如此, 为地球化学方法普查矿产服务的景观-地球化学区划, 正以越来越大的规模进行着。

苏联第一幅地球化学普查条件景观-地球化学略图, 是由 А. И. 彼列尔曼和 Ю. В. 沙尔科夫在 1957 年编制出来的。后来, 这幅图又经过补充和修改 (彼列尔曼, 1964, 1966)。М. А. 格拉佐夫斯卡娅 (1961, 1964) 和 М. М. 叶尔莫拉耶夫 (1966) 在乌拉尔, В. В. 杜布留夫斯基 (1962) 在滨巴尔喀什湖地区, Б. Ф. 米茨凯维奇 (1965, 1971) 在乌克兰, А. А. 米亚斯尼科夫 (1973) 在萨颜岭地区, 以及 Т. Т. 泰萨耶夫 (1973) 在布里亚特都做了一些更详细的景观-地球化学区划工作。在 А. Е. 萨瓦多卡娅 (1968) 领导下, 完成了哈萨克斯坦全境及其各部分的详细景观-地球化学区划。

三、地球化学景观分类和区划原则

“景观”这一术语是由自然地理学确定的, 从这一学科出发, 把景观定义为地球的地理

学结构单位。

地球表面是由不同级别的结构单位——从小而简单的单位到较大而复杂的单位——组成的，这些单位组成了一个并列的地理单位的系统。其中，景观被看作是基本单位，把它作为区域性研究的基本对象，因而它就构成了自然地理学的一个分支——景观学的核心。同时，景观并不是最小的单位，可以把它划分成更为简单的地表单元，这些单元可视为景观的形态组成分部。对这些较简单的单元，不同研究者有不同叫法，但Б. Б. 波雷诺夫提出的“基元景观”这一术语用得最广。他认为同一种类型的土壤是划分基元景观的主要准则。因此，基元景观就是最小的不可再分的地表单位，按А. И. 彼列尔曼1975年下的定义，就是“景观的原子”；而景观本身则是景观学的基本单位，它由基元景观组成，已经是较为复杂的地表系统。

划分景观本身的主要标志是地质基底、地形和气候的同一性。

地理景观可理解为“在成因上相同的地域综合体，它具有同样的地质基底，同一类型的地形和相同的气候，并且仅仅是由该景观所特有的一套在动力学上相关和在空间上有规律重现的主要和次要地表要素组成”（索尔采夫，1962）。这并不是唯一的定义。随着自然地理学的发展，景观的定义总是会有变化，看来，将来还会进一步完善，使之更为确切。

“地球化学景观”这一概念是由Б. Б. 波雷诺夫的工作而产生的。他利用化学元素的迁移特征作为划分地球化学景观的依据。根据现代的定义，地球化学景观乃是由于化学元素的迁移使之相互联系起来有关基元景观的组合（彼列尔曼，1975）。

因此，地球化学景观就如地理景观一样，是由基元景观组成的，但划分地球化学景观依据的不是地理标志（地形、土壤、植被的特点），而是地球化学标志——化学元素表生迁移的特征。

由于地理标志在相当程度上反映了化学元素表生迁移的条件，便产生一个问题：地理景观和地球化学景观之间是否存在着差别呢？这一问题目前还没有最后解决。Б. Б. 波雷诺夫（1956）并不把地球化学景观与地理景观对立起来，而只是把对地理景观的地球化学研究看作是了解地理景观各组成部分间相互作用机理的方法，是认识地理景观结构的一种方法。

在地理学文献中（伊萨钦科，1965），对地球化学景观是这样定义的：“地球化学景观也就是地理景观，不过要从对化学元素和化合物进行分析的角度来研究它。划分地球化学景观和地理景观的准则是一致的，没有任何证据可说明它们在地域上是不相对应的。”

同时，А. И. 彼列尔曼（1966）在研究这一问题时写道：“严格地说，我们不能证明，根据对化学元素迁移的研究划分出来的景观与根据其他标志（植物、土壤等）划分出来的景观总会是一致的。”

我们应当同意这种意见。两个地区可以有相同的地形、气候和地质基底，但在覆盖产物厚度上则会有不同。根据地理标志，它们是统一的一种景观，但这两个地区的化学元素迁移作用将是各不相同的，因此不能将它们并入统一的地球化学景观中去。人们对“地球化学景观”这一术语的定义之所以不明确，还由于在景观-地球化学区划时往往将地球化学景观与基元景观混为一谈。

Б. Б. 波雷诺夫根据化学元素迁移条件划分出三种主要的基元景观类型——残积景观（элювиальные ландшафты）、水上景观（супераквальные ландшафты）和水下景观

(субаквальные ландшафты)。

根据 Б. Б. 波雷诺夫 (1956) 的定义, 残积景观的特点是: 产生分水岭上, 成壤过程与潜水无关, 物质不会通过两侧的液体和固体流搬运而来, 物质由于径流和渗透作用而流失, 生长着有利于阻止矿化元素渗透和带走的植物, 在土壤剖面中形成淋积层, 在漫长的地质时期中形成残留的古风化壳。

水上景观为附近产有潜水的低地形。从分水岭的风化壳和土壤中冲洗出来的化学元素和化合物与这些潜水一道进入水上景观。化学元素和化合物在这里可能发生相当的积聚, 并明显地表现在地表特点上。积聚着各种盐类的盐丘就属于这种积聚, 植被则具有特殊的面貌。

水下景观 (也就是河流、池塘、湖泊) 的特点是物质随着侧向的液体和固体流被大量带入。在水体中带来了组成周围分水岭空间的所有化学元素和化合物, 首先是最活动的那些化学元素和化合物。同时, 水下景观有可能与下伏岩石无关。

Б. Б. 波雷诺夫划分上述景观类型的出发点是: 在一定的气候区内, 在地表的每一点上都肯定存在着岩石圈、水圈、大气圈和生物圈之间在化学上的长时期相互作用。这种相互作用取决于许多因素, 其中地面与地下水面深度的相对位置具有首要意义。由此出发来谈问题, 水面低于地面的地方属残积景观; 在水上景观中, 水面和地面相一致; 水域景观是水层经常处在固体面之上的河流和湖泊。

М. А. 格拉佐夫斯卡娅 (1964) 对基元景观作了更详细的划分。在残积景观中, 她划分出移积残积 (трансэлювиальные) 景观 (斜坡上部)、残积-堆积景观 (斜坡下部和干沟) 和堆积-残积景观 (潜水位深的原地封闭低地)。她将水上景观分为动水上 (трансупераквальные) 景观和正水上景观本身 (水交替弱的封闭低地)。水下景观则划分为动水域 (трансаквальные) 景观 (河流、流动的湖泊) 和水域景观 (不流动的湖泊) (图 1)。

在残积景观中, 物质带出占优势。А. И. 彼列尔曼为了强调这种情况, 将其称作独立 (автономные) 景观, 而把水上景观和下水景观称作从属 (подчиненные) 景观, 目的是要以此指明地下的和地表的固体和液体流在这些景观形成中起着主导的作用。

在一个具有同样地质构成、气候、地形和同一形成历史的地区, 残积基元景观、水上基元景观和下水基元景观的总合, 组成了一个基元景观的地球化学系列, 或者按 Б. Б. 波雷诺夫对这一系列的叫法, 组成了一个地球化学景观。

在一个基元景观内, 景观的所有要素——岩石、风化壳、水、土壤和植物——之间的地球化学关系保持不变, 形成一定的化学元素迁移类型, 在景观存在的每一个阶段, 化学元素富集和分散的规律保持不变。每一个基元景观都具有一定的化学元素含量水平和一定的垂直地球化学剖面类型 (格拉佐夫斯卡娅, 1961)。

因此, 从地球化学景观学的角度来看, 基元景观就是化学元素迁移条件相同的地区。既

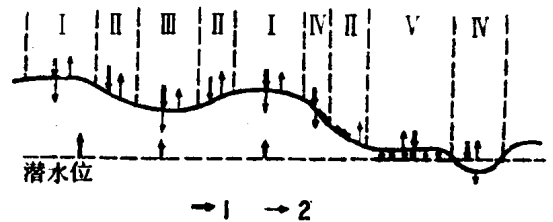


图1 由Б. Б. 波雷诺夫提出和经М. А. 格拉佐夫斯卡娅补充的主要类型的基元景观
基元景观: I——残积景观; II——残积-堆积景观;
III——堆积-残积景观; IV——移积残积景观; V——水上景观; VI——水下景观; 图右边IV应为VI
1——物质由大气、地下水和地表水进入景观; 2——物质从景观内迁入大气、地下水和地表水

然这一概念是以针对矿床地球化学普查的景观-地球化学区划为依据的,则“地球化学景观”和“基元景观”两个术语在实践中具有同样的意义。

例如,根据国立莫斯科大学一些人员(格拉佐夫斯卡娅等,1961)在乌拉尔工作的结果编制出了一些图件,上面所划分出来的地球化学景观主要是基元景观。B. B. 杜布留夫斯基(1962)在滨巴尔喀什湖西部和东部作景观-地球化学区划时,把现代表生作用过程中古生代-前寒武纪基底的化学元素参与程度相同的地区称为地球化学景观。

因此,在作景观-地球化学区划时,地球化学景观通常理解为化学元素迁移条件相同或者非常接近的地区,这与“基元地球化学景观”的概念是相吻合的。

在探讨景观分类和景观-地球化学区划原则之前,必须强调指出这两种研究之间的原则差别。

景观分类是以地理综合体定性的相似或相异性为依据的,而不管它们在地域上的关系如何,分类的单位在地域上并不具有整体性。景观区划则是对地球表面的一种划分,被划分出的地段要保持地域的整体性,每一个区划单位都是一个具体的地域。

在研究化学元素迁移作用的基础上作景观分类,是景观地球化学的一项任务,也是它的一个学科。在这种任务中,划分出来的同一类别的典型单位在地域上可能相距很远。

在研究化学元素迁移作用的基础上所作的区划,或者景观-地球化学区划,是针对一定地域——苏联全境、苏联欧洲部分、各加盟共和国全境或其一部分等——进行的。

地球化学景观的分类问题是个非常复杂的问题。B. B. 波雷诺夫已经提出一些基本论点,但只是在A. И. 彼列尔曼和M. A. 格拉佐夫斯卡娅的著作中才对这些问题作了较详细的研究。

在A. И. 彼列尔曼(1966)的分类中,把独立景观看作是基本的分类单位,因为独立景观占据着地球化学景观的大部分面积,并且在相当程度上决定着化学元素在从属景观中的迁移特征。

分类的依据的是化学元素的迁移(生物迁移和水迁移)特征,并且生物迁移比水迁移具有更大的分类学意义。因此,大的分类——群(группы)、类(типы)、族(семейства)——根据生物循环特征来划分,较小的分类——型(классы)、属(роды)、种(виды)——则根据水迁移特点来划分(表2)。在最高级的分类中,作者划分出两个地球化学景观系(ряды)——生物成因系和非生物成因系。近年来,由于在自然界中不存在失去了生命的非生物成因的景观,这种划分受到批评。

景观系可根据靠空气传播的生物循环*类型,分成4个景观群——①森林群;②草地和草原群;③苔原群;④原始荒漠群。这些群分别与植物的4个群系(формации)——森林群系、草本植物群系、苔藓群系和藻类群系——相对应。

在群的范围划分景观类时,也要根据靠空气传播的生物循环特征,但须考虑生物总量及其成分、生命物质的年产生量和死亡量。景观的类实际上与植物的门相当。例如在森林景观群中,包括了潮湿的热带森林景观类,几个泰加森林景观类,温带阔叶林景观类等。在草

原文为Гигиенический круговорот воздушных мигрантов,意思指靠空气传播种子并生长出新一代植物的循环过程——校注。