

厚复盖层的 铀矿床普查

В.И. 科拉斯尼科夫
Ю.Б. 沙尔科夫

科学技术出版社

本書提要

隨着在鈾礦普查方面科學研究工作的深入，已初步確定出第四紀現代復蓋層和生物氣候條件在普查鈾礦中的作用。這本書是蘇聯專家科拉斯尼科夫和沙爾科夫於1958年寫的，他們首次指出了在厚復土掩蓋地區進行鈾礦普查的一些原則性意見，可供從事這方面工作的人員參考。

總號：1358

厚復蓋層的鈾礦床普查

著者：B. H. 科拉斯尼科夫
Ю. B. 沙爾科夫

譯者：韓 淑 興

出版者：科學技術出版社

(北京市西便門外德勝門)

北京市書刊出版業營業許可證出字第081號

發行者：新 華 書 店

印刷者：北 京 市 印 刷 一 廠

(北京市西便門南大街乙1號)

開 本：787×1092 1/32 印張：7

1958年5月第1版 字數：15,000

1959年8月第2次印刷 印數：3,020

統一書號：13051·267

定 價：(9)1角2分

目 次

在不同的生物气候帶內形成鈾矿床次生暈圈的

某些特征..... 3

在干燥帶內形成次生暈圈的特征..... 7

在潮湿帶內形成的暈圈的特征..... 11

第四紀复蓋層在鈾矿床普查中的作用..... 16

十余年来，世界各国大力进行铀矿普查，并在地質机构內建立装备良好的調查队和無数的“順便普查”队。在資本主义国家，除了国家地質机构外，許多私人企業、資本家，以及被轟动一时的广告和一系列獎勵制度所吸引的探矿人員都从事铀的普查。世界各国为了进行放射性矿石的普查，制造了各种各样的仪器，从最簡單的輻射仪到装备在汽車、飞机和直升飞机上的复杂仪器。用放射性测量的方法普查了从古老的欧洲到南極洲整个大陆的領土，但不是所有地区的結果都很好。

为了提高铀矿普查的效率，許多地質人員和科学技术人員都大力地从事铀矿床和其分布地区的研究，以便查明这些矿床形成和分布的規律性，提出远景評价，并确定进一步普查的合理方向。遺憾的是，他們很少注意研究普查方法和有效的应用不同普查方法的条件，也很少注意分析已完成工作的成果和分析許多地区普查無結果的原因，以及寻找进一步改进和提高这些工作效率的途徑。許多地区普查工作效率低的主要原因并不是無地質远景，而是沒有采用与自然条件相适应的方法来进行普查。

我們对苏联和国外已知铀矿床位置所进行的分析，根据进行普查工作的自然条件，查明了两种很有意义的情况：

1. 用放射性測量方法發現的(不包括檢查工作)絕大多數的铀矿床(約80%)均集中在地壳的干燥帶中，仅極少部分存在于潮湿帶中(这些帶的面积和在其範圍內所进行的铀矿普查的工作量完全是相等的)。

2. 用肉眼和地質方法發現的矿床均分布于水系的新鮮侵蝕

地段和露出良好的地区。其余的矿床主要用放射性测量方法發現的，均位于第四紀沉积層复盖不厚的地段(1—2米，特殊情况下达3—4米)。

干燥帶和潮湿帶中普查工作的不同效率，不是單純的地質上的原因，因为在这两个帶中均普查了很大的面积，大約相当于在地質上可能进行普查的面积。應該在进行普查工作的自然条件中，以及在不完善的普查方法(深度極小)上寻找原因。

例如，鈾矿床选择性地生在第四紀复盖層不厚的地段有两个原因。

1. 矿床与較稳定的岩石有共生关系，这些岩石組成正地形要素，其特点是露头良好，第四紀复盖層不厚。在这种情况下，被沉积層掩盖很厚的地区則可能沒有鈾矿床。

2. 在第四紀复盖層厚3—4米以上时，鈾矿床次生扩散发育条件不良，其他普查标誌不利。在此种情况下，被这样的沉积掩盖的地区是进一步發展鈾(也是其他有益矿产)原料基地的主要后备区，应该用較完善的方法，进行較詳細的研究。

根据地質資料的分析証明，鈾矿床往往不是經常与稳定岩石有关。其中有許多特别是大多数的热液矿床均与較脆岩石中發育的断裂破坏有关。这些岩石的破碎性和强烈的热液作用(在沒有矽化作用的情况下)对其風化和冲刷造成特別良好的条件。在这些地区內，經常見有綫狀氧化帶發育，延展極深，并引起以后岩石的侵蝕，因此这些地段和其中的矿床均位于地形的較低的部分。

上面談到的鈾矿床有选择性地富集于被原地生成的不厚的沉积所掩盖的地区，較正确的解釋是在这些地区次生晕圈发育条件良好，容易發現矿床。

在不同的生物气候帶內形成 鈾矿床次生暈圈的某些特征

放射性元素次生扩散暈是極重要的普查標誌，大多数的鈾矿床均是按此標誌找到的。这些扩散暈的大小、形态和物質成分主要与該矿床的岩石和矿石成分有关，也取决于地区的气候特点，因为气候决定着風化壳中地球化学过程的性質。在这种情况下，气候因素对离地表愈近的扩散暈部分(或其他地表風化产物)的影响就愈大。这种气候因素使暈圈的原有特征(由于被風化的原生物的影响而具有的特征)减弱。

大家知道，气候特征是呈帶狀分布出現的。因此所有的地表風化产物，包括金屬矿床的次生暈圈，均具有一定的帶狀分布特征。

鈾矿床次生暈圈發育的介質，除風化壳外，地表風化帶的其他产物也可算为介質，其中包括土壤和所有的地表風化产物的疏松沉积(殘积-坡积、冰川、河流、湖泊和再沉积風化壳等)。

露出的扩散暈圈是很有普查意义的，这些暈圈發育于蒙受成土作用过程的疏松沉积的近地表層內。在这一过程中，活动的有机物起着極大的作用。这些活动有机物破坏着近地表的成土岩層，并从中吸取所必須的养料。同时它們使近地表層富集有机化合物。这些化合物含有碳类元素和岩石中所沒有的氮。其結果引起了土壤層中以及在早期形成的金屬矿床暈圈內的化学元素又进行了重新分布。

次生暈圈与其周围浮土的关系，可能是同生的，也可能是后成的。同生暈圈主要是由金屬物質机械扩散而成，并且这一过程不仅产生于原生矿石稳定的矿床中，而且在有相当稳定的

次生金屬堆積的情況下(礦物和有機物吸附劑膠體分散部分的吸附作用、穩定次生銻礦物的形成等)也能產生。

同生暈圈主要發育於殘積、坡積和沖積層內，在洪積、冰川和湖泊層和再沉積風化壳中較少。

后成暈圈是由含銻溶液浸透到在礦體上面已經形成的殘積-坡積層和河成、湖成沉積而成。

但是在自然界中，很少見有單一的同生類型或后成類型的暈圈，經常為混合類型的暈圈。

次生擴散暈圈的形成，在很大程度上，取決於近地表土中地下水的狀態。干燥帶的平原和山坡地段的特点是地下水系統的非沖刷類型。在這種情況下，天然降雨量滲透不深，然後重新上升到地表，又被蒸發(圖1)。因此，通常滲透水和地下水不發

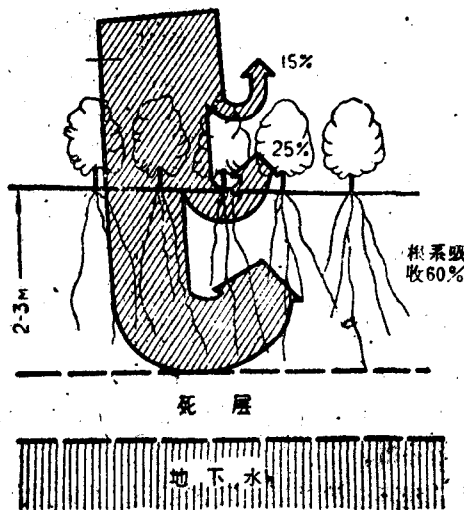


圖1 非沖刷狀態的土壤地下水

生混合作用。在滲透帶下部界綫和地下水毛細管圈的上部界綫之間有一所謂“死層”的干燥層。

在沙漠和半沙漠中，滲透帶的厚度為1—2米，草原為2—2.5米。在這樣的深度範圍內，沒有大量的地表水流時，包括有

造礦元素的各种溶解鹽組成季節性的封閉循環，這時疏松沉積

層中的上述元素，在矿体上面就产生了后成富集，首先是其膠狀的分散物質，在疏松層厚度不大时，形成露出的暈圈。复盖浮土的厚度小于渗透帶时，也就是不超过1—2米，且在疏松沉积層的成分中以当地的(原地的)物質为主时，才是形成这种暈圈最为有利的条件。在殘积層以上的土壤和第四紀沉积層的总厚度不超过3米的地段，金屬物質不能被吸引到上述近地表的~~的範圍內~~，而是分布于渗透帶下部“死層”範圍內或在“死層”之下。在这种情况下，显然，这些条件对在含矿層上部的土壤和地下水中，形成后成暈圈是不利的，因此用地表的方法很难發現矿床。

土壤層中普遍的含有鹽、碱和碳酸，并夾有石膏、氯化物，在矿物新产物中沒有鉄和錳的水氧化物，这些均标志着水是未冲刷状态的。在这种状态条件下形成的土壤帶碱性(中性)反应。其土壤層的特点是金屬元素，沒有显著的分異作用。所以，成土过程本身在这里并不妨碍露出后成暈圈的發育。

在沙漠和半沙漠的窪地內，見有滲出类型状态的土壤地下水(圖2)。这种类型分布不甚广泛。在这些条件下，由于毛細管的上升和水位不深的地下水的蒸發，使土壤不仅富集原地的鹽，而且还富集由地下水从別处，有时从很远的距离內运来的

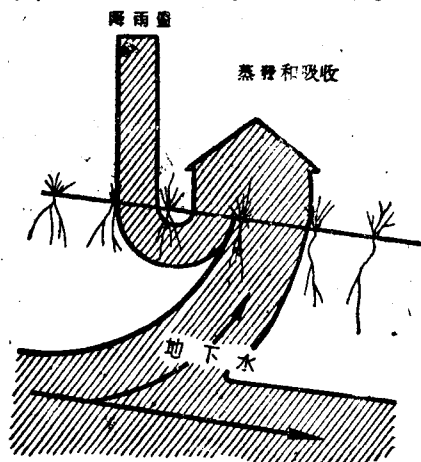


圖2 滲出状态的土壤地下水

易溶解的化合物。在这些地段內，形成干燥地区內具有代表性的次生鈾堆积。这些堆积通常与原生矿床無關。

在潮湿帶內，包括从波罗的海沿岸地区到太平洋的广阔空間，以滲出类型状态的土壤地下水为主，不利于鈾矿床次生扩散的形成。冲刷状态的特点是滲透帶与地下水相混合，其結

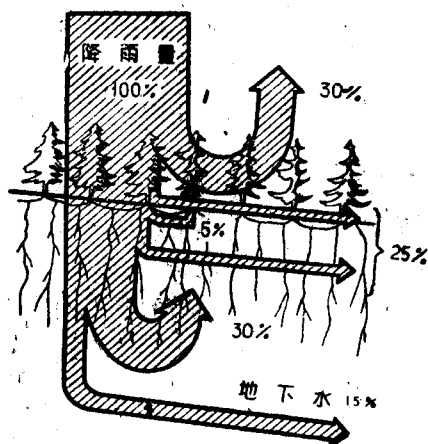


圖 3 冲刷状态的土壤地下水

果使滲透于土壤層中的天然降雨量与地下水一起組成經常从側面排出的水流(圖3)。所以，在疏松沉积層的近地表部分，活动的化学元素，其中也包括鈾和錳，經常被帶出。

在这里，植物土壤層中沒有碳酸鹽、硫酸鹽和氯化物的新产物，但有鉄和錳

的水氧化物的可見堆积，这是冲刷状态水具有代表性的标志。在冲刷状态的条件，形成以酸性灰化土和灰壤化層为主的土壤，其特点是在植物土壤層內大多数的金属元素有显著的分異作用。在这种情况下，成土过程使上部層位(A)中在地表条件下活动的金属元素極度貧化。因此，就是在浮土掩盖不厚的情况下，在矿床上面的次生晕圈可能在离地表十几厘米的范围内，不仅显著貧化，而且还可能完全沒有。

应该指出，在山区、原始森林帶范围内(其特点是活动元素的近地表的淋濾作用很强烈)可能見有这一过程表現微弱或完

全無所表現的地段。原生岩石的露頭，具有被侵蝕土壤或尚未形成新土壤的陡坡等，在其下部可能保留有還原條件的帶，有生苔復蓋的地段均屬於此種情況。

在干燥帶內形成次生暈圈的特征

在形成有機物礦化作用相當強烈的過程中，大多數化學元素表現微弱的遷移活動是干燥帶現代地貌的主要的地球化學特征。在疏松沉積層中，上述特征表現得很清楚。而在礦床之上形成的次生暈圈，則以夾花崗岩、頁岩、粗粒石英和長石等碎屑的殘積碳酸鹽細粒土為主。在中亞細亞的山前帶、飢餓草原和某些中亞細亞的河谷，粒狀亞粘土質黃土和黃土狀亞粘土發育廣泛，可能為洪積、坡積和風積成因。大部分的面積也被樹木和現代沖積層及沙漠砂所佔據。灰色土是這裡土壤的主要類型。在古生代岩石組成的殘山上，一般均無疏松復蓋層，因為風化產物均為細粒，很快就被風吹走。

春天在干燥帶的土壤中加入大量的植物殘余，但它們很快就礦化了。在其分解時，產生強烈的礦物風化作用，并向活動狀態的許多元素過渡。但是，由於雨量很少，從土壤中分出的僅是非常活動的元素，其餘的均留在原地，形成次生的粘土質和其他礦物。植物土壤中碳酸鈣的含量很高，決定了土壤地下水為水碳酸鈣成分及弱鹼反應。

有些作者(Б. Б. 波雷諾夫、И. П. 格拉西莫夫、А. И. 別列里曼等)推斷，在早第四紀時，在中亞細亞的許多平整地區、平緩山坡，特別是洪積單面山坡內的地下水位離地表很近。在那里，在干燥的氣候下，地下水沿着毛細管上升到植物土壤層，並引起近地表鹽如石灰、石膏和易溶解鹽的富集。後來侵蝕基面的降低，引起對易溶解鹽的沖刷，並將其轉移到較深的層位中。在

地表附近則剩下水上階段的殘余物——石灰和石膏。在中亞細亞的克茲爾庫姆、卡拉庫姆地區，上述成因的含石膏土壤（石膏質沙漠）有着廣泛的發育。

上述干燥區的地球化學特征，在某種程度上影響着發育這土壤和第四紀復蓋層中的鈾礦床次生暈圈的性質。在這些條件下，元素的化學活動性很弱，表現在次生暈圈甚至在地表部分都保存得很好。只是最上部的土壤層（10—20厘米），有時見有較低的放射強度，這可能是與氫氧碳酸鈣水的淋濾作用有關。但是這種對鈾的淋濾和對較活動鹽（例如 NaCl ）的淋濾一樣都是不深。離地表 10—15 厘米不僅見有很高的伽瑪強度，還見有次生鈾礦物（鈣鈾礦、矽鈾鉛礦等）。這種現象完全不是較北部地區所固有的。在鈾和鐳之間沒有顯著的放射性平衡位移。

在厚度不大的殘積-坡積沉積內，鈾礦床次生暈圈在很大程度上是由機械方法形成的。但是，這裡的這種後成現象引起金屬物質的再分布，並使外來物質浸染了放射性元素，結果形成了很明顯的放射性暈圈，用航空和地質的放射性測量方法很容易發現，甚至根據次生鈾礦物，用肉眼也可發現。

在干燥帶內，鈾的化學活動性能較小，因此有時在分水嶺坡和河谷內引起由原生岩石放射性碎屑及其破壞產物的機械擴散而形成混合暈圈。

位於石質山脊平緩山坡的某一礦床，由於鈾的機械擴散，在雜有原地岩石碎屑的碳酸細粒土中形成了露出的次生暈圈，其面積不超過礦床和其周圍原生暈圈投影面積的兩倍半。該暈圈是用比例尺 1:25,000 航空放射性測量發現的。暈圈發育的面積包括從山脊流向山麓的狹窄干溝的上游（圖 4）。在溝底的碎屑中，經常見有被臨時水流帶來的次生鈾礦物。在接近山麓時，河溝呈扇形發育，形成與禿干地相匯合的平緩的沖積

亞全。洪积沉积和壳
 集(彩)地的鄰近邊緣一
 ,其特点是放射性
 育于高,用汽車伽瑪測
 条件測量以及在不高于
 下分米的空中均很容易
 有現。

三。干燥帶某些地区
 地貌的水上發育阶
 有段,在鈾矿床次生暈
 北的特征中也有反应。
 。其一沉积鈾矿床,在
 大沙漠条件下,形成了
 独特的上升含鈾鹽沼
 形地(圖5)。矿床位于被
 厚3.5米的洪积坡掩
 盖的平緩山坡上。矿
 石产于与粘土呈互層
 的中生代砂子和砂岩
 (与坡的方向一致)的

傾斜平緩的薄層中。地表附近的中生代岩石显然在前第四紀發
 生石膏化了。在第四紀沉积層的底部产有被碳酸鈣膠結的礫質
 層,呈很大的板狀岩塊。往上它們就变为“含鈣質結核黃土类
 型”的分散狀碳酸鹽体,其上部界綫一般位于1—1.5米深。再
 往上为夾粉狀亞粘土、薄層的砂子和黃土狀亞粘土,含有極多
 的垂直柱狀石膏,厚達1—1.5米,石膏的新产物極多。在距
 地表10—15厘米的距离內,这些石膏新产物非常显著地消

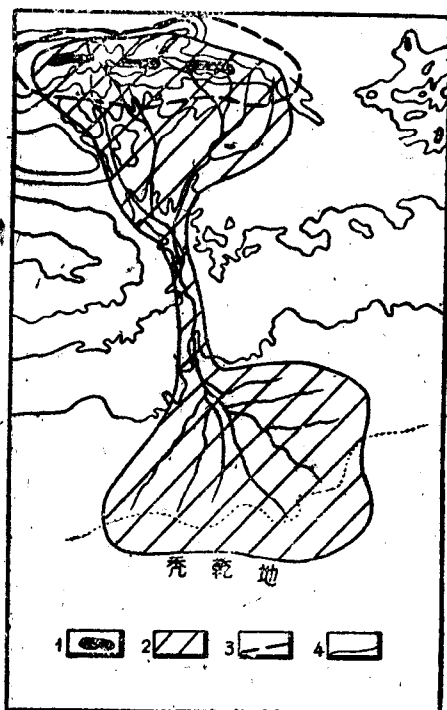


圖 4 某一干燥帶鈾矿床的机械扩散量:
 1. 矿体露头; 2. 疏松地層放射性很高的地区;
 3. 原生暈圖边界綫; 4. 次生暈圖边界綫。

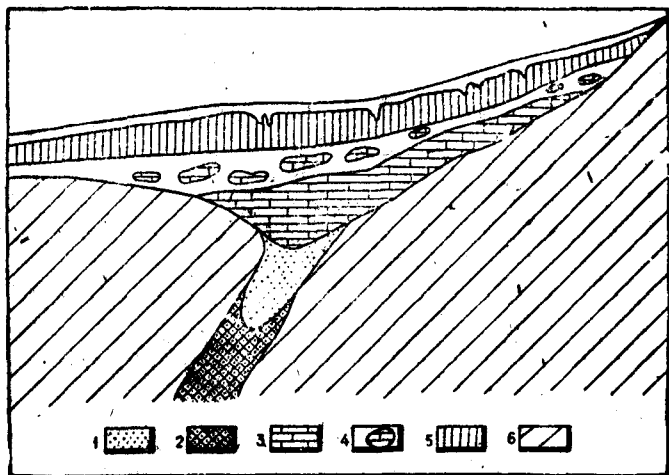


圖 5 沙漠条件下形成鈾矿床次生暈圈的水上阶段的残余物；

1. 含矿砂；2. 工业矿石；3. 板状石灰岩；4. “含钙质结核黄土”类型的石灰岩体；5. 垂直柱状石膏；6. 粘土。

失，成一几乎平缓的上部边界。在石膏化細粒土層中，有时見有無石膏細粒土的楔形地段。在柱狀石膏之上分布有夾“含鈣質結核黃土”的土狀亞粘土，可能是由土壤生成的。在地表它們被灰色多孔薄壳所复盖。最大的放射强度見于柱狀石膏的下部和碳酸鹽新产物上部的疏松部分。在这些地段內也有次生（矽酸鹽）鈾矿物。这些鈾矿物形成了接近于平衡表內的次生矿石。深部含矿砂的露头（在浮土下面），通常放射性較小，而層狀矿石在任何地方都不接近于生根岩石表面。

生于浮土和原生岩接触帶內的微弱暈圈，在洪积复盖下面，沿山坡向下延展达 1,000 米。

这种暈圈可能是这样产生的。第四紀的特点是充水量很

大，地下水侵入到疏松沉积层，首先是在含水（含矿）砂的上面，然后由于气候炎热，在洪积的晒热层中被蒸发，碳酸钙、石膏和铀矽酸盐沉淀。铀矿物主要生于碳酸盐中，它们不是与主要物质（单一的石灰质地段）同时沉淀的，而是在以后的阶段，当地球化学条件对其形成较为有利的时候沉淀的。“含钙质结核黄土”中钙和铀矽酸盐晶体的微粒共生、较高放射性生于碳酸盐的疏松部分，以及沿裂隙壁和单一的石灰质岩块表面，铀矽酸盐的增大等都说明了这点。石膏层的下部为放射性层，但放射性极小。向上，放射性强度迅速减少，不过其异常反应直到地表的最上面仍有保留。矿床是用航空工作，根据这种晕圈发现的。

某些国外的作者也指出，有与碳酸盐有关的次生铀堆积的存在；同时指出，这种堆积见于半沙漠气候条件下，不过这种堆积本身无工业价值，但可作为在其附近有矿床分布的普查标志。

干燥带地貌和渗出状态水的水上发育阶段的特征，也能促使形成与金属矿床无关的次生铀堆积。除此之外，在干燥气候条件下，还见有无原生矿体的所谓淋滤呈矿现象。它们经常呈像板菱铀矿那种不甚稳定的矿物。这些呈矿现象的成因，尚未研究。

干燥带内，铀矿床次生晕圈，明显地出现在浮土厚达1.5米的地表上。但是对这些地区发育有露出晕圈的浮土临界厚度尚未确定。可能浮土厚度不超过2—3米，因为在苏联南部地区所有的铀呈矿现象均在浮土不超过1—2米的地区内发现的。

在潮湿带内形成的晕圈的特征

从苏联的西部边界到太平洋，潮湿带呈东西向，其主要部

分为松柏科和混合种的森林。在那里，有極其廣闊的疏松复盖層和起伏的地形，特別是在西欧部分，均与第四紀冰川作用有关。在山区殘积、洪积層广泛發育，其厚度变化極大。在此帶北部主要發育的是灰化土和沼澤土，中部主要为灰化土，南部則以沼澤灰化土为主，但在森林草原帶內，开始变成淋濾黑鈣土，然后变为正常黑鈣土。

潮湿帶中的地球化学过程与干燥帶的不同，是不受湿度差的限制(这里的湿度極大)，而受溫度的限制。降雨量多于蒸發量，因此主要为冲刷状态的土壤地下水，結果形成的地貌与地球化学过程与干燥区的地球化学过程有显著不同。

潮湿帶的特点是有機物質大量堆积。在分解过程中产生的有机酸，部分被碱中和，部分呈游离状态，因此在土壤上部層位中呈酸反应($\text{pH } 3.5-4.5$)。在有機酸和“矽酸鹽”細菌的影响下，云母、長石和其他造岩矿物都遭到了強烈的破坏。由于土壤中的湿氣極度饱和及滲透帶与地下水的联合作用，对土壤冲刷，并且在岩石風化时，游离出的鈣、鎂、鉀、鈉、鉄、鋁、矽酸鹽以及硼、碘、溴、鈳、銻、銻、鋅、銅、鈾和其他許多元素与地下水一起主要是从側面搬运走。吸附一系列金屬陽离子和有機物質(实际上不溶解的有机化合物和其分解产物)的有机膠体(腐植質)是局部限制上述元素从土壤中搬运出的因素。

土壤地下水(在無碳酸鹽岩石中)的特点是，有弱酸反应，矿化程度弱，为重碳酸鈣成分。鈣含量少时，有利于物質在水中呈膠体状态的迁移。

潮湿帶的地表河水也屬於重碳酸鈣成分。弱酸反应的水仅見于沼澤帶的河中。河水一般为中性或弱碱性反应。水中所含的鈣能促使膠体凝聚。总的來說，其含量不高，并从北向南有規律地增多。特別是上部阶地的冲积河，一般均無碳酸鹽成

分，特別是在森林帶的北部。草地、森林和沼澤等地的土壤以及河漫灘，通常也為非碳酸鹽成分。在河成和湖成沉積中，地下水位以下，形成含硫化氫(還原)環境。

應該特別指出，潮濕帶中許多化學元素和其中形成巨大堆積的鐵和錳的氫氧化物都有著極高的遷移性能。有機物呈泥炭和腐泥的大量堆積以及元素呈膠體形態在遷移中的巨大作用(從南向北逐漸增大)，也是很有代表性的。

潮濕條件下的鈾地球化學，研究得不够。無可爭辯地，鈾的活動性與鐳的活動性一樣都是很大的，有時與礦床完全隔離的，長距離內都有鈾和鐳次生暈圈的存在就可證明這點。在地表風化條件下，具有助於區分這兩種元素的條件，即可以形成有顯著放射性平衡破壞的次生堆積。鈾被有機質吸附(如泥炭)，而鐳則為泥質礦物(如在冰磧層中)所吸附，這是區分的因素之一。

據И. 雅科夫列娃的研究確定，潮濕帶水中的鈾既呈離子狀態，也呈膠體狀態。這兩種狀態的數量比例各不相同，雖然主要是以水的含碳酸鹽程度來確定。在pH值高於7—8的水中，鈾完全呈離子狀態存在。考慮到這種情況，可以估計，膠體中鈾的遷移性能，應該根據凝聚因素的減少，特別是水中鈣含量的減少而增加。因此，可以預計在南部原始森林內，部分鈾可能沉澱於底部沉積物中，而北部原始森林中的鈾膠體，應該是大部分被帶到海洋中。可能就是因為這種緣故，因此在北部河口的近海淤泥，所謂的“Няш”上空發現了有較高的放射性。

鈾的遷移也呈 $\text{Na}_2[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2]$ 型的複雜复合重碳酸鈉化合物，這是南部地區較有代表性的化合物(В.В.謝爾賓那等)。在與酸性水相遇時，以及在由有機物而引起的還原條件下，鈾均可能從這些化合物中析出。這種條件首先是在河谷、湖泊和

沼澤盆地內造成。在南部原始森林帶，在泥炭、腐植泥及河底淤泥中，經常見有較高放射性。放射性元素的这些次生堆积，对森林和草原之間的过渡帶來說是很具有代表性的。在这里，河間地帶(淋濾和搬运环境)与河谷帶(堆积环境)的地球化学特征之間的差別表現得非常显著。膠狀迁移和生有次生鈾聚集的河谷內腐植物質的堆积，都不是草原帶的特点。

森林帶(森林草原)河谷內的鈾堆积，有时为鈾矿床的扩散暈。在另外一些情況下，确定它們与較高的硫化物矿化地段有关，主要是在酸性岩漿岩中。有时，还常常不能确定这些堆积与那些呈矿現象有关，因此其成因也难查明。

位于南部原始森林帶的矿点，可能为泥炭中鈾堆积的实例(見圖 6)。这里，矿体从地表淋濾有数十米，用鑽探才能發

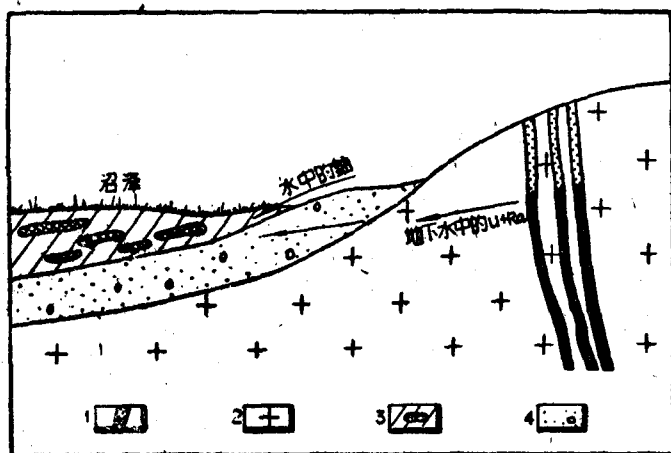


圖 6 潮濕帶中某一鈾矿床的“与矿床不相連”的后成暈圖。其放射性平衡遭到显著破坏(鈾沉淀于冰磧層，鈾沉淀于沼澤層中)。

1. 矿体(上部为淋濾矿体)；2. 原生岩石；3. 泥炭沼澤中次生鈾聚集；4. 冰磧層。