

含金矿砂和砾岩的

选矿



3

著者 扎米亚廷 著 王和庆、王文君 译 冶金工业出版社

含金矿砂和砾岩的选矿

〔苏〕O.B.扎米亚廷等 著

刘和庆 王文潜 译

王文潜 校

 业出版社

内 容 简 介

本书是根据苏联扎米亚廷 (О.В.Замятин)、罗帕廷 (А.Г.Лопатин)、桑尼柯娃 (Н.П.Санникова)、楚古诺夫 (А.Д.Чугунов) 合著并由莫斯科“矿藏” (Недра) 出版社1975年出版的《Обогащение золотосодержащих песков и конгломератов》一书翻译的。

书中列举了含金砂矿床的性质、物质组成和工艺特征,阐述了使用各种设备选别矿砂的实践,援引了选矿工艺过程调整和控制资料,介绍了重选新设备研制和使用方面的最新成果,论述了砂金选矿工艺进一步发展的途径。

本书可供有关企业、科研和设计部门的工程技术人员,以及矿业学院和中等专业学校学生使用。

书内附表93,插图135,参考文献153则。

含金矿砂和砾岩的选矿

[苏] О.В.扎米亚廷等 著

刘和庆 王文潜 译

王文潜 校

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

山西新华印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张8 $\frac{7}{8}$ 字数233千字

1980年6月第一版 1980年6月第一次印刷

印数60,001~5,000册

统一书号: 15062·3474 定价1.25元

译 者 的 话

我们翻译这本书，希望它能对掌握国外有关金矿选矿的现状和动向，为发展我国的黄金选矿技术，有一些参考作用。

目前，苏联的黄金产量位居世界第二，年产约四百多吨，其中砂金占70%以上。而在其他国家，产自砂金的金只占总产量的2.5%左右。因而，苏联开采砂金矿的方法、工艺和设备，特别是采金船、移动式洗选装置和固定式精选车间，及其研究、设计和使用中的正反两方面经验，是值得重视的。

本书由刘和庆译出初稿，经王文潜改译后定稿。在整个翻译过程中，昆明冶金设计院和昆明冶金研究所的领导和有关同志，给予了大力支持和帮助。原书错漏之处在译文中作了适当处理；对于一些提法以及符号和代号，为了便于查证而未作更动。由于我们水平不高，经验较少，加之时间仓促，故译本中错误或不当之处在所难免，请读者批评指正。

译 者

1977年11月

前 言

苏联砂金的开采,是从开发乌拉尔和西西伯利亚砂矿开始的。

按照专家们的意见,在大型金矿区范围内,脉矿与砂矿含金的比例关系将来也不会改变。这类矿区现在大部分仍保持着脉金矿、砂金矿或混合金矿固有的特征。

砂金矿床有几种开采方法。具体矿床开采方法的选择,由矿砂储量及矿层的矿山地质条件确定。对于积水的矿床或位于地表水域之下的砂矿,在许多情况下,采金船是最通用且唯一可行的开采方法。在这种情况下,采金船开采和加工每米³砂矿的成本,较之其他已知的方法要低得多。

在苏联的许多地区广泛应用选择性采掘矿砂的露天采矿法。按这种方法,用松动技术(例如用推土机)采得的矿砂,经皮带运输机或水力运输机,从采场工作面送到洗选装置选别。洗选装置在洗选季节内照例是在空场的一个地点作业,洗选完了以后拆卸并转移至新的采场。由于用这种方法开采矿砂的单位投资费用比较低,因而其应用在逐步扩大。

使用高压水流的水力法,是比较陈旧的采矿方法。在工作面冲洗矿砂所需用的水,也用于将矿砂送至选矿场。用这种方法采出的矿砂,一般是用最简便的方法(深填溜槽*)选别,不预先按粒度分级。

在矿山的特殊技术条件(矿砂埋藏深,金品位相当高)下,用地下(竖井)采矿方法,采出的矿砂堆存在地表,夏季用洗选装置洗选。

金矿砂通常易于选别。用露天开采方法,金品位相当低的砂矿床也能开发。在采金船上和洗选装置内,目前最普遍的矿砂选

* 深(装)填溜槽,指的是矿料装填深、精矿沉落层厚、清理周期长、给矿粒度粗的长溜槽。与此相对应的是浅(装)填溜槽,或称为小溜槽。——译者注

别流程是用溜槽作为粗选设备的一段作业流程。个别情况下，含细粒金的矿砂采用连续两段选别的作业流程，采金船上可用溜槽和跳汰机，洗选装置内可用深填溜槽和浅填溜槽。粗选精矿用精选溜槽、跳汰机和摇床精选。在精选作业中，往往用人工在研磨器内洗选精矿并混汞。

提高选矿生产能力和金回收率，是提高砂矿金产量的一个因素。近10~15年来，苏联对采金船实行了标准化，改进了选矿工艺。同时，进行了洗矿机械改进和选矿设备现代化的工作。

在采金船上使用自动排矿溜槽，可使精矿排卸机械化，可以更频繁地进行清洗并采用扩展的精选流程处理重选的精矿。溜槽-跳汰联合流程中，在跳汰机之前使用脱水装置，可改善跳汰条件，从而提高细粒金的回收率。由于改善金的粗选和精选作业，使采金船的金回收率提高了5~20%。洗选装置内用于碎散矿砂的圆筒擦洗机的改进，经加设小溜槽和块金捕集器使选矿流程完善，以及更有效的МПД型（溜槽式）、ГЭП、ПГШ、ПГП型（水力提升机式）、ПКС型（皮带运输机-擦洗机式）洗选装置的建造，提高了砂金矿的采选效率。近来，这类装置的生产能力已达到2500米³/昼夜，中等粒度金的回收率达97%。

作者在本书中，力图系统总结大量的研究成果，以及采金船和洗选装置的生产经验；同时指明科学研究和设计工作在完善选矿工艺方面的进一步发展方向。

作者希望书中所介绍的资料不仅对生产人员，而且对科学研究和设计工作者以及有关专业的高等院校学生，将有所裨益。

目 录

译者的话

前 言

第一章 砂矿床特性和砂金矿物质组成	(1)
第一节 砂矿地质构造特征	(1)
第二节 松散沉积层的粒度组成	(10)
第三节 矿砂的矿物组成	(13)
第四节 砂矿中金的特征	(16)
第五节 砂矿中金的粒度组成和金粒的形状	(19)
第六节 矿砂的可洗性	(28)
第七节 砂金矿按可选性分类	(36)
第二章 矿砂的选前准备过程	(40)
第一节 用洗矿筒筛碎散和筛分	(40)
第二节 用圆筒擦洗机碎散	(49)
第三节 难洗的矿砂的碎散	(51)
第三章 重力选矿法	(61)
第一节 金矿砂的溜槽选矿	(61)
第二节 金矿砂的跳汰机选别	(77)
第三节 金矿砂的螺旋选矿机选别	(88)
第四节 金矿砂的摇床选别	(92)
第五节 应用新型的选矿机和分选器回收自然金	(98)
第六节 回收细粒金的水力旋流器和离心选矿机	(109)
第七节 自然金捕集器	(115)
第四章 混汞、浮选及其他物理-化学方法回收金	(117)
第一节 混 汞	(117)
第二节 浮选及其他物理-化学方法回收细粒金	(126)
第三节 磁选、电选和磁流体动力分选	(132)
第四节 精选过程中的选择性破碎和金的净选	(135)
第五章 矿砂选别过程的辅助设备	(140)
第一节 选别设备的矿砂分配器	(140)

第二节	筛分机、分级机和脱水设备	(142)
第三节	选矿产品运输设备	(147)
第六章	采金船选别金矿砂的实践	(150)
第一节	采金船特征简述	(150)
第二节	采金船开采砂矿的特点及选矿工艺	(155)
第三节	采金船上用溜槽选别矿砂的流程	(160)
第四节	用跳汰机和螺旋选矿机选别矿砂的流程	(168)
第五节	推荐的选别流程	(175)
第六节	采金船上经济合理的选矿工艺的选择方法	(182)
第七节	重选精矿的精选流程	(185)
第八节	其他一些国家的矿砂选别工艺	(189)
第七章	洗选装置和水力采矿设施内	
金矿砂的选别实践	(193)	
第一节	矿砂的开采方法及洗选装置的选矿工艺	(193)
第二节	溜槽式洗选装置	(196)
第三节	擦洗机式洗选装置	(198)
第四节	水力提升机式洗选装置	(203)
第五节	И.В. 柯乔金式选金装置	(210)
第六节	运输机-擦洗机式洗选装置	(211)
第七节	洗选装置的应用范围	(213)
第八节	洗选装置的改进与设计	(215)
第八章	含金砾岩的物质组成和选矿工艺	(223)
第一节	其他国家的砾岩矿床	(224)
第二节	其他国家含金砾岩矿床的选矿工艺	(230)
第九章	金的附带回收	(238)
第一节	从海洋及海滨沉积层中回收金	(238)
第二节	在建筑及土方工程中回收金	(240)
第十章	选矿产品的取样、检测、分析以及	
过程和作业的自动化	(242)	
第一节	金损失的由来和原因	(242)
第二节	选矿过程的检测方法	(244)
第三节	取样方法	(248)

第四节	试样金品位的测定方法	(251)
第五节	机械化取样方法	(254)
第六节	工艺过程和作业的自动化	(259)
第十一章	污水净化和采场复原	(262)
第一节	污水净化	(262)
第二节	开采区复原	(266)
参考文献		(267)

第一章 砂矿床特性和砂金矿物质组成

第一节 砂矿地质构造特征

砂金矿床的形成，与长期而强力的浸蚀活动有关。由于碎屑物料的搬运及改造，使金在砂矿中富集。形成砂矿的基本条件是：脉矿床的存在及其中金的赋存形态，适于岩石碎解的气候，以及构造运动（特别是各别风化的含金块段上升，随后搬运物料至低洼地段）的存在。砂矿床形成的地质年代和自然历史条件的不同，决定了砂矿的多种多样性：不同的成因、形态和生成特征。根据上述特征，砂矿分类法有很多种。近来提出了新的砂矿床分类法，除上述特征外，还考虑物料迁移的条件，即所谓动力学分类法。选矿专家们则建议按工艺特征对砂矿分类。

最著名和最通用的，是表 1 所列的罗日柯夫分类法^[95]。

苏联的砂金矿包括了所有的成因类型，但首要的具有工业意义的，主要是赋存于现代河谷和阶地的第四纪冲积砂矿。已经发现，类似的砂矿也有呈埋藏状态的（东西伯利亚，东北地区等地）。除第四纪砂矿外，中生代砂矿（乌拉尔）和第三纪砂矿（乌拉尔和西伯利亚）也具有工业意义。

关于砂矿床的构造，各种类型的砂矿一般都分为三个主要部分：

1. 含矿层（砂层），为松散的沉积层，其中有用成分的含量达到或者接近工业品位。这是砂矿床构造的基本部分。

2. 沉积层（泥土层），它覆盖于含矿层之上，不含有用成分或其含量不够工业品位。

表 1 砂矿分类（按И.С.罗日柯夫分类法）

年 代（界）		成 因 类 别	形 态 类 别
化石时代	古生代以前 和 古 生 代	海滨（海与湖）、 冲积、洪积	层状、透镜状
古时代	中生代和第三纪	残积	在削平的平面和斜面上呈镜状
		坡积	钟状（在斜面上）和勺状
		冲积和洪积	河谷、阶地、勺状、喀斯特型和透镜状
		海滨	层状、透镜状
近期	第四纪和现代	残积	在削平的平面和斜面上呈钟状
		坡积	钟状（在斜面上）和勺状
		冲积	河滩、河床、河谷、阶地、喀斯特 型、勺形和透镜状
		洪积	河谷、阶地、勺形、截锥形
		海滨	海滩和阶地
		三角洲	透镜状和层状
		冰川积	冰碛层或其各别地段
		冰水沉积	河谷和阶地
		风积	砂质阶地上的凹地和小沙丘

3.底床，是含矿层下的基岩面。

含矿层可能具有与特定岩层界面一致的自然边界；如果含矿

层位于一个岩层之内，则按有用成分(金)的品位推定条件边界。后一种情况下，矿层边界面只有通过取样才能确定。

含矿层之下的岩层可能被破坏，而已遭破坏且含金的岩层，其上部可列入含矿层。含矿层有时不是在基岩底床上，而是在含有松散层的粘土质岩上赋存。在这种情况下，可以说砂矿中存在假底床。底床的构造决定着金在砂矿中的分布，并在某种程度上影响到矿床开采方法的选择。

图 1 所示的含矿层类型，对砂金矿是有代表性的。

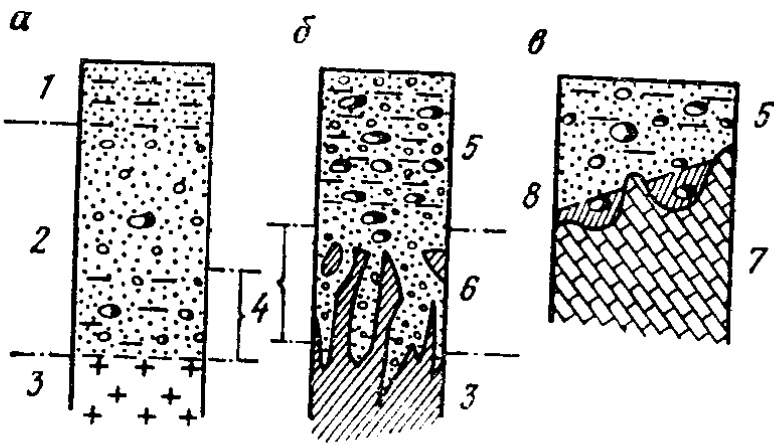


图 1 砂金矿含矿层类型

a—严整地沿冲积层底床生成的含矿层；6—同上，但矿层同已被破坏的基岩犬牙交错，基岩被裂缝分割成巨大岩块；B—鸡窝状含矿层

1—砂-泥沉积层； 2—夹含巨砾的砂-砾沉积层； 3—基岩； 4—含矿层；
5—砂-粘土-巨砾-砾石沉积层； 6—已被破坏的含矿层； 7—喀斯特化的石灰岩； 8—富含金属的矿囊

图 1a 所示的矿层类型，在冲积砂金矿中最为普遍。它有清晰的边界，直接赋存在砂矿底床上。图 1b 类型的矿层，包含冲积层的下部和基岩已被破坏的上部。图 1c 类型的矿层（这里，矿层的概念是假定的）充填着浅盆地、矿囊和底床的其他凸凹带，对赋存在喀斯特化石灰岩底床之上的砂矿具有代表性。

含矿层厚度取决于砂矿的形成条件，从 0.4~0.6 米波动到

2~3米。对砂金矿而言，其厚度一般为1~2米。在含矿层的靠近底床部分，往往可观测到金品位和粒度的有规律的增高。

泥土层往往由几个岩层组成，且具有比含矿层更复杂的构造。泥土层的厚度在几米到10~20米之间波动，个别情况（地下砂矿）可达100~150米。沿含矿层的垂直断面，金品位极不均匀，含金层在冲积层同基岩的边界上赋存。含矿层的上部位于松散沉积层内，而其下部位于已被破坏的基岩层中。贴近底床的矿层中，金最为富集。最粗粒的金属和自然金，通常在底床上发现。

苏联各个地区的砂金矿，不论按成矿条件或是按其各组成部分（泥土层、含矿层和底床）的构造，都是复杂且多种多样的。就东北和雅库特地区而论，其特征是底床为砂质片岩，少有由灰质岩或火成岩构成的底床。片岩底床的特点，是具有劈理和板状节理裂隙。这类底床往往被破坏成碎块，深度达1米。花岗岩底床（对砂锡矿较为典型）由表及里地被破坏成砂，随后变成砂与风化碎块的混合物，并进而成为比较坚固的但已被风化的花岗岩。

灰质岩底床有时被喀斯特化，导致金的分布极不均匀。对于雅库特地区来说，喀斯特过程是有代表性的。

最常遇到的是储量不大的砂矿床。中等规模的砂矿占储量的主要部分，而大型砂矿为数不多。

砂矿床在平面图上的范围，论宽度从几米波动到一百多米，而长度有时达到几公里。

砂矿床的平面形状多种多样，但其中大多数具有延伸的带状外形。

砂矿床的平面（图2）构造，无论按纵向还是横向，照例是不匀整的：有扩展、收缩，甚至还有狭缩。因此，砂矿中金的分布不仅沿沉积层厚度不均匀，而且沿走向也是不均匀的。这说明富集块段和较贫块段成层的不均匀性。富集块段通常呈条带状和鸡窝状，沿砂矿床延伸。一般说来，砂矿床中金粒愈粗，金的分布就愈不均匀。

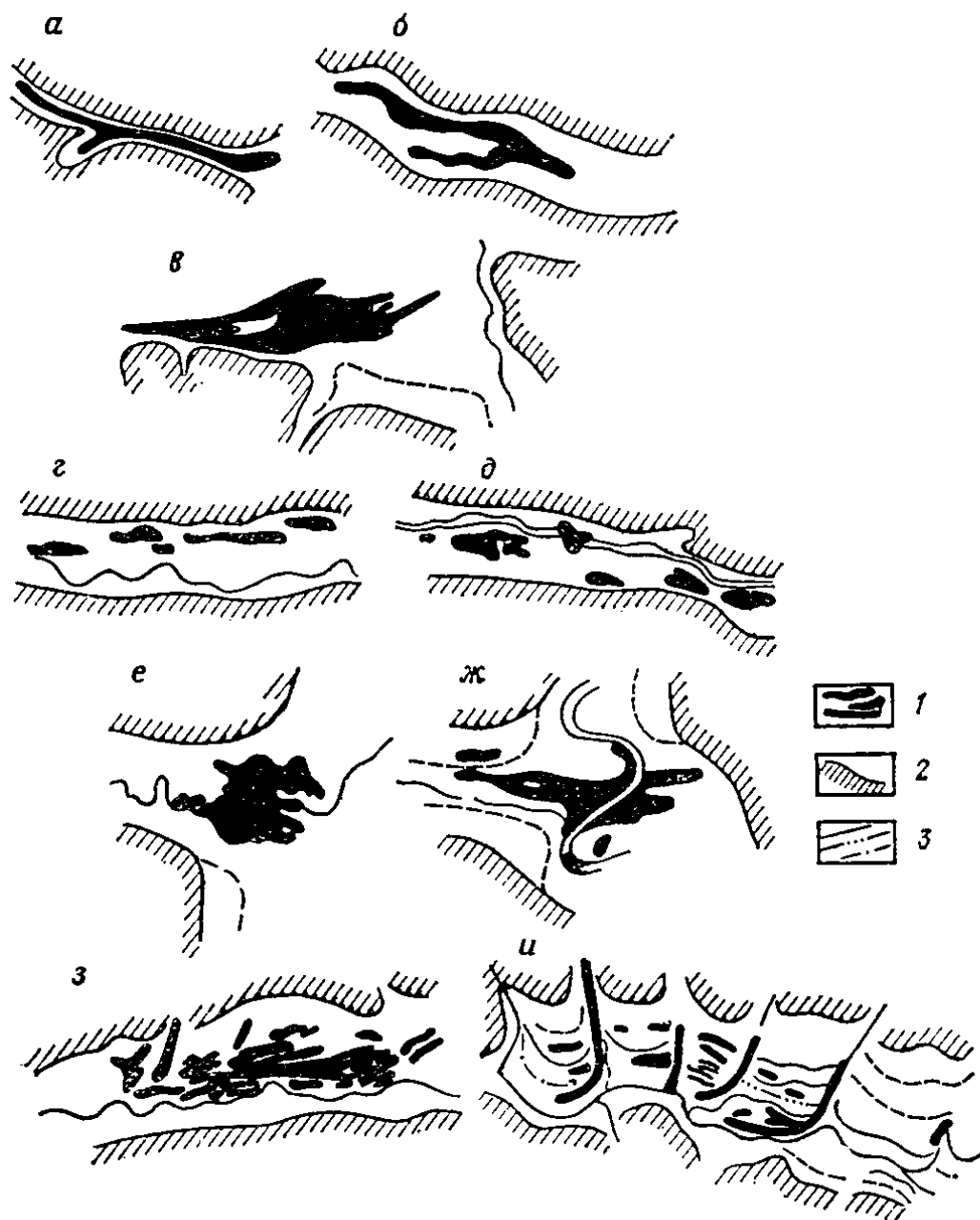


图 2 砂矿形状平面图 (按Ю.В.特鲁什柯夫的资料)

а—单条状; б—带状; в—透镜状; г—珠串状;
 д—鸡窝状; е—等轴状; ж—无规则状;
 з—多条状; и—沿阶地水平切割状;
 1—砂矿; 2—河谷界线; 3—河岸顶

上述特征, 主要是对河床冲积砂矿而言。

在乌拉尔河下游和远东有阶地砂矿, 西西伯利亚、远东和雅

库特自治共和国的许多河流有河滩砂矿。

残积砂矿位于其原生矿床之上，由含金粘土以及黄铁矿化含金岩石被破坏而形成。在明加克斯地区已发现的砂矿，是接触强变质硅化石灰岩被破坏的产物。乌拉尔南部的砂金矿往往与蛇纹岩相关，后者是辉岩变化的产物。这类砂矿的形成，不仅是机械力的作用，而且也是化学过程作用的结果。在东西伯利亚的含金冲积层表面上，经常有不含金的冲积层。该地区已经开采的砂矿，大多数是现代纪形成的（河床和阶地类型）。

在冰川期前形成的砂矿，以及被冰川期及其以后的沉积物超覆的砂矿，一般属于深层冰川沉积类型的砂矿。现有的现代纪以前的砂矿（所谓石化的砂矿）源自砾岩，按成因是海沉积或湖沉积的。

根据近来的地质预测资料已证实，由于大力开采，第四纪砂矿的金储量在下降，而总储量的增长主要在于古代的地下砂矿。

一些古代砂矿床的特点是：沉积厚度大（60~80米），金品位比现代砂矿低，含有大量（达30~35%）粘性-塑性的难洗粘土。雅库特某一砂矿床可列入此类，其特征如下：松散沉积层面积大；沉积层厚度大至40~60米，从矿区边缘的2~4米波动到中部个别块段的80米；底床有大而特别明显的塌陷，从1.5到2.5米；沿整个厚度和砂矿层向，塑性粘土和细粒级砂的含量都大，没有任何的成层次序和层理交替，而却有巨砾和粗砾石存在；沿垂直向、横向和延伸向，金的分布不均匀且无规律；相当多的细粒金粒度小到5微米；砾石-粘土质物料几乎遍布于矿床的整个厚度；砂矿的底床为石灰岩和白云岩，它们呈致密层以及各别的岩块或已被破坏的岩体。这类砂矿的松散沉积层，基本上属于古冲积层（图3）。

古代砂矿沉积层是充水的融区，很少遇到永久冻土层地段。后者的面积不超过总面积的3~5%。由于砂矿床的物料中塑性和粘性较高的粘土成分含量大，属于难洗的亚粘土类，因而需要特殊的处理方法。

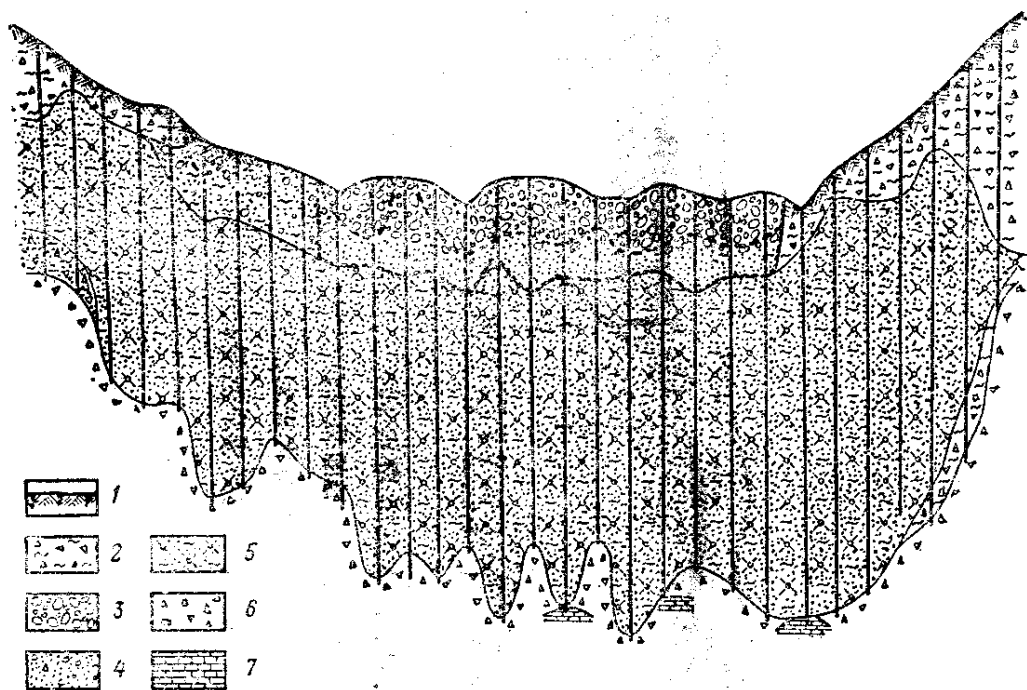


图3 雅库特某砂矿床的地质横剖面图

1—植被层； 2—夹有灰石碎屑的粘土； 3—采金船的砾石场；
4—尾砂（已被细磨的砂）； 5—古冲积层； 6—灰石碎屑；
7—皮壳状灰岩

东西伯利亚某一砂矿，可作为地下砂矿的例子〔79〕。这是复杂的冲积砂矿，其形成经历了下述过程：三次侵入并有冲积层堆积，两次被冰川冰水和湖泊沉积层掩埋。在砂矿的个别地段，出现有溶洞、最新的地质构造和冰川的磨削。松散层的厚度为26~55米。矿床的含矿层有大量是多年冻土层。砂矿的沉积层由巨砾-砾石形成，包括软泥、亚砂土和亚粘土（图4和图5）。砂矿中，细粒级岩石含量很高，粒度小于1毫米的颗粒达40%，而粗大的巨砾（达7米）含量占4.7~10%。底床由结晶片岩、大理岩和钙质黑云母结晶片岩组成。沿走向金的含量与储量都不均匀，沿垂直向金的大多数赋存在深谷地沉积层的下部。这种砂矿的开采，只能用大功率的深挖采金船进行。

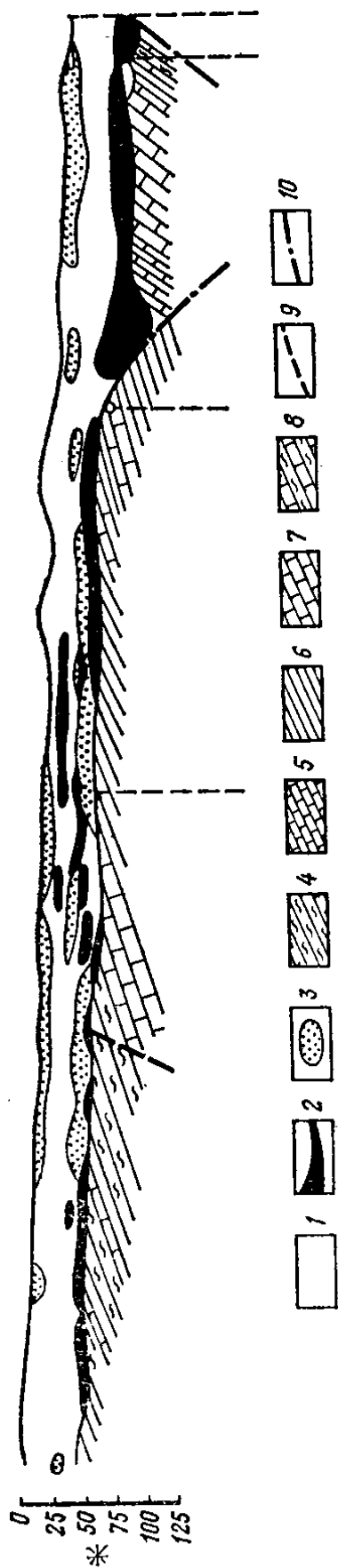


图4 某含金砂矿床纵剖面图 (按Ю.П.卡查克维奇资料)

1—松散沉积层; 2—金含量高的块段; 3—金含量低的块段;
4—结晶片岩; 5—大理岩; 6—炭质板岩; 7—粗粒大理岩;
8—片岩与大理岩的细夹层; 9—断层; 10—第四纪新成的断层4~8
的岩石为底床