

烏拉爾含銅黃鐵礦

蘇聯科學院地質研究所 編

地質出版社

烏拉尔含銅黃鐵礦

蘇聯科學院地質研究所編

地質出版社

1959 · 北 京

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Академик А.Н.Заварицкий, В.А.Заварицкий, Т.Н.Шадлуи,
В.П.Логинов, А.В.Пек, С.Н.Иванов, Л.Г.Кыаша

КОЛЧЕДАННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАЛА

Статья по геологии и метаморфизму

колчеданных месторождений

Издательство Академии Наук СССР

Москва—1950

本書是由苏联科学院地質研究所主編的有关烏拉尔含銅黃鉄矿的地質和变質作用的論文集。包括了七篇論文，执筆者以已故院士 А.Н. 查瓦里茨基为首，都是在烏拉尔各含銅黃鉄矿区参加实际工作的研究人員。各篇論文根据实际材料，闡述了烏拉尔几个重要含銅黃鉄矿矿区的地質情况、矿石构造和結構、变質作用、矿床成因等方面的問題。

含銅黃鉄矿是一种重要的銅矿类型，我国也有很多这类矿床。因此，本書对于我国担任有关有色金属矿床的地質普查勘探和科学研究的人員，都有很大的参考价值。

烏 拉 尔 含 銅 黃 鉄 矿

編 者 苏联科学院地質研究所

出版者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3号

北京市書刊出版業營業許可証出字第050号

发行者 新华書店科技发行所

經售处 各 地 新 华 書 店

印刷者 崇 文 印 刷 厂

崇文区槐杆市15号

印数(京)1—2,500册 1959年8月北京第1版

开本 787×1092 1/18 1959年8月第1次印刷

字数 410,000 印张 15 插頁 14

定价(10) 2.40 元

目 录

序言	(7)
烏拉尔含銅黃鉄矿的变質作用和交代作用	A. H. 查瓦里茨基院士 (11)
中烏拉尔第三国际含銅黃鉄矿 (过去的聖頓納托) 围岩——綠岩的变質作用	B. A. 查瓦里茨基 (21)
緒言	(21)

第 一 篇

第一章 下塔吉尔区綠岩带的一般地質	(22)
第二章 第三国际含銅黃鉄矿矿床的地質构造	(26)

第 二 篇

第三章 第三国际含銅黃鉄矿矿床中的綠岩	(30)
1. 閃长綠岩和輝綠綠岩	(30)
(1) 原生岩的特点及原生矿物和火成結構的殘跡	(30)
(2) 閃长綠岩的主要类型和特征的矿物共生系列	(31)
(3) 压碎現象和片理化現象	(34)
2. 斑狀变質岩及与其相近似的岩石	(34)
(1) 原生岩的性質、原始結構及矿物的殘跡	(34)
(2) 斑狀变質岩的主要类型	(36)
3. 鈉长斑岩和鈉长殘斑变岩	(44)
(1) 原生岩的性質和較酸性火山岩区域变質的特点	(44)
(2) 鈉长斑岩和殘斑变岩的主要类型	(46)
4. 石英-絹云母片岩和“次生石英岩”	(49)
(1) 原生岩的性質和石英-絹云母片岩生成的特殊条件	(49)
(2) 石英-絹云母岩石的主要类型	(51)
5. 見于綠岩中的受变質沉积岩	(58)
(1) 大理岩化石灰岩	(58)
(2) 受变質的含炭泥質片岩和凝灰質片岩 (千枚岩或黑色和灰色片岩)	(59)
第四章 第三国际矿床綠岩中变質矿物的某些特点及其发育的性質	(60)

第 三 篇

第五章 第三国际矿床綠岩的动力变質	(74)
1. 片理及其表現的特点	(74)
2. 塑性变形和压碎現象	(79)

第六章 第三国际矿床綠岩的区域变質 (81)

1. 区域变質的强度和非均匀性 (82)
2. 矿物形成的次序; 綠岩的区域变質階段及矿物相 (83)
 - (1) 絹云母-碳酸盐相 (84)
 - (2) 綠泥石-綠帘石相 (84)
 - (3) 阳起石-黑硬綠泥石-綠帘石相 (85)
3. 綠岩矿物成分与原生岩成分及其围岩成分的依賴关系。变質作用时組份的活动性和溶液的成分 (87)
4. 动力变質作用和矿物形成作用的相对次序 (88)

第七章 区域变質和近矿蚀变 (89)

1. 区域变質作用时硫化物的形成 (90)
2. 含銅黃鉄矿变質作用的标志 (91)
3. 区域变質作用前硫化物矿体的形成 (94)
4. 硫化物質体对围岩区域变質作用的影响 (98)

結論 (99)

烏拉尔某些含銅黃鉄矿的矿物成分、結構和构造的特征 T. H. 沙德隆 (101)

緒言 (101)

1. 矿石的矿物成分 (103)
2. 矿石的結構 (105)
3. 矿石的构造 (116)
4. 論帶理、岩石包体、晚期細脉及某些硫化物的再分布 (121)

結論 (125)

卡班含銅黃鉄矿矿床 (中烏拉尔) 地質及其成因和变質作用的某些特征

..... B. П. 洛吉諾夫 (127)

緒言 (127)

1. 矿区地質概要 (127)
2. 火山岩系的地質-岩石簡述 (128)
3. 卡班区侵入現象、侵入的时间順序及与火山作用的联系 (135)
4. 卡班区含銅黃鉄矿矿体的形狀、排列方向和局部化的某些特征; 以及它們同原生层理、岩墙和片理的相互关系 (140)
5. 卡班区含銅黃鉄矿矿体附近围岩的內生-交代变化 (145)
6. 卡班含銅黃鉄矿的矿物成分及其中的变質現象 (148)
7. 論卡班含銅黃鉄矿矿床形成和变質的年代和深度 (156)
8. 推論摘要 (160)

結論 (161)

中烏拉尔列維哈含銅黃鉄矿矿床的构造和某些成因問題 A. B. 裴克 (163)

緒言 (163)

1. 矿田的一般构造	(163)
2. 含矿带和各矿床的构造	(166)
A. 东含矿带	(166)
东列維哈矿床的构造	(166)
B. 西含矿带	(172)
(1) 南列維哈矿床的构造	(172)
(2) 中列維哈和北列維哈矿床的构造	(182)
3. 矿体与围岩的相互关系	(183)
(1) 关于岩石的片理	(183)
(2) 矿体的側面接觸帶	(186)
(3) 矿体的正常尖滅	(187)
(4) 矿体与脉状殘斑变岩的相互关系	(188)
(5) 矿体与脉状鈉长斑岩的相互关系	(191)
(6) 矿体与片理化脉状玢岩的相互关系	(192)
(7) 矿体与脉状的块状玢岩的相互关系	(200)
(8) 矿体与脉状普通輝石玢岩的相互关系	(206)
(9) 矿体与“黑色片岩”和“近矿角礫岩”的相互关系	(212)
4. 关于列維哈矿床成因的問題	(218)
5. 关于矿体的构造和成分的問題	(229)

評 A. B. 裴克著“中烏拉尔列維哈含銅黃鉄矿矿床的构造和某些成因問題”

一文 C. H. 伊万諾夫 (236)

序言	(236)
1. 列維哈矿床的簡介和 A. B. 裴克观点的实質	(237)
2. 論变形性質和片理	(238)
3. 脉状岩石和片理化	(240)
(1) 各种脉状岩石的分类原則	(240)
(2) 脉状玢岩的片理化	(241)
(3) 玢岩岩墙切割矿体周围岩系的情形	(245)
4. 脉状玢岩和矿化	(246)
(1) 玢岩中的硫化物細脉	(246)
(2) 在与脉岩的接觸帶附近矿石中的矿物成分无变化	(248)
(3) 脉状玢岩在其切割矿带时的变化	(249)
(4) 含銅黃鉄矿中玢岩岩墙的断裂現象	(251)
5. 矿石和片理	(251)
(1) 含銅黃鉄矿矿体附近的片理方向	(251)
(2) 矿石中間的片理化玢岩	(253)
(3) 論矿石的机械各向異性	(255)
(4) 片岩中硫化物的浸染体和細脉	(256)
6. 几点一般性意見	(258)
結論	(259)

論列維哈（中烏拉尔）某些粗火山碎屑岩	Л. Г. 克瓦沙	(260)
緒言		(260)
1. 含矿（下部）岩系中的粗火山碎屑岩		(260)
(1) 天然露头含矿岩系的粗火山碎屑岩		(260)
(2) 采自豎井和廢石堆的标本中之火山碎屑岩		(262)
(3) 含矿岩系火山碎屑岩的某些特征		(263)
2. 无矿火山碎屑岩层中的块集岩		(264)
(1) 碎屑的描述		(265)
(2) 膠結物		(267)
几点結論		(268)
参考文献		(269)

序 言

十五年多以前，根据对当时发现不久的布利亚瓦（Блява）含銅黃鉄矿矿床所进行的研究，使我們不得不从根本上重新考虑我們关于烏拉尔各含銅黃鉄矿矿床之差別的原因的概念。当时，虽然事实还很少，但毕竟足以从新的观点来对这些矿床形成提出第一个有連貫性的輪廓。很显然，矿床的变質現象在这里占首要地位，它是引起这些存在于大体上近似的原生沉积环境中的矿床之差別的根本原因。

最初，地質学家們对于新理論的接受是很慢的。与新理論相抵触的另一种思想，那就是認為各个矿床在特点上的差別是由于原生沉积条件的不同所致。

当时矿床的研究在緩慢地进行着，人們仍在矿床的早已确定的特征中寻找着这个或那个观点的实証。

在卫国战争年代中，这一事业的情况发生了变化。苏联科学院地質科学研究所的工作人員均直接地参加了含銅黃鉄矿的矿山工作及矿床的勘探工作。当时根据时代的实际需要完成了大量工作。新事实的积累使我們对含銅黃鉄矿矿床特点的知識迅速地增长起来。新的問題出現了，这样就引起地質科学研究所展开了对含銅黃鉄矿矿体的形成条件和变質作用等方面的专门研究。与此同时，苏联科学院烏拉尔分院的人員，以及部分矿山地質学家也参加了这项研究工作。新的概念一方面有其热烈的拥护者，而另一方面則遭到了旧观点坚持者的反对。这两方面的人都花費了大量的劳动来証实这个或那个观点，并且为此尽可能去收集更多的事实。

随着这些研究的开展，烏拉尔含銅黃鉄矿的变質作用的意义也越加清晰地显示出来。愈来愈明显的是，如果不研究这种变質現象，那就不可能理解这些矿床的許多最主要的特点。同时，也更加清楚地看出，为了解决这一个重要問題，必須从各方面来研究矿体本身及其存在条件，最后，还必须弄清楚矿体围岩的一般变質作用的实質。

在研究工作的开始阶段就已清楚地看出，关于含銅黃鉄矿变質作用的問題今后应当发展成为金属矿床变質作用的更一般和更广泛的問題，应该以象它在科学上还未曾提出过的那样的范围而提出。因此，最初拟定的含銅黃鉄矿变質作用的研究題目，一方面分成了一系列的各別問題，其中的每一問題需要加以特別解决，而另一方面則仅仅是比較一般性問題的一部分。在这种情况下，想用任何一种綜合的，或如有时所說的，“概括的”专著形式来闡明这种題目的研究結果，那都是不适宜的，因为这类专著在編輯方面需要相当长的時間，并且不可避免地会仅仅为了求全而包括进去許多多余的、众所周知的、記載于类似的綜合报告中的材料。所以就决定不采用这种方式，为此也不必等待自然会发生的越来越新的問題的解决，而可先将那些已出現新見解的个别問題的解决結果发表出来。因为，特別是在最初，在某些个

別問題方面有着不同的意見，它們都在許多发表过的著作中得到反映。由于对贊成或反对这些或另一些观点的不同意見和論据进行了多方面的闡述和对比，就使之有可能从中选择适当的途径来正确地解决这些問題。

将个别問題研究結果及时发表之所以尤为必要，是因为在各矿床工作的地質学家們应当在其实际工作中考虑到这些新的概念。

这样一来，有相当多的闡明含銅黃鉄矿矿体的变質作用及其形成和存在条件的著作出現了。其中包括以下各著作，

- Заварицкий А. Н. Колчеданное месторождение Блява на Южном Урале и колчеданные залежи Урала вообще. Тр. Инст. геол. наук АН СССР, 1936, 5.
- Заварицкий А. Н. Некоторые основные вопросы геологии Урала. Изв. АН СССР, сер. Геол. 1941, № 3.
- Заварицкий А. Н. (1). О некоторых особенностях колчеданных месторождений Блява, Сибай, Учалы. Изв. АН СССР, сер. геол., 1943, № 1.
- Заварицкий А. Н. (2). О некоторых доводах в пользу порудного и послепорудного метаморфизма сланцев, среди которых залегают колчеданные месторождения. Изв. АН СССР, сер. геол. 1943, № 1.
- Заварицкий А. Н. (3). О генезисе колчеданных месторождений. Изв. АН СССР, сер. геол., 1943, № 3.
- Заварицкий А. Н. и Гоньшакова В. И. Определитель горных пород, вмещающих колчеданные залежи Урала. М., Металлургиздат, 1945.
- Заварицкий В. А. (1). Горные породы, вмещающие Учалинское колчеданное месторождение, и их метаморфизм. Зап. Мин. общ., 1943, ч. 72, № 3/4.
- Заварицкий В. А. (2). Обломочно-вулканические породы на колчеданном месторождении Блява (Южный Урал). Изв. АН СССР, сер. геол., 1943, № 1.
- Заварицкий В. А. (3). Некоторые данные о геологии Учалинского колчеданного месторождения. Изв. АН СССР, сер. геол., 1943, № 1.
- Заварицкий В. А. Пумпеллит в зеленокаменных породах Учалинского района на Южном Урале. Изв. АН СССР, сер. геол., 1944, № 5.
- Заварицкий В. А. Зеленокаменные породы из района Учалинского колчеданного месторождения на Южном Урале. Изв. АН СССР, сер. геол., 1945, № 2.
- Заварицкий В. А. Спилито-квартофировая формация окрестностей месторождения Блява на Урале. Тр. Инст. геол. наук АН СССР, 1946, вып. 71, петр. сер., № 24.
- Заварицкий В. А. О метаморфизме в колчеданном месторождении им. III Интернационала (Сан-Докато) на Среднем Урале. Изв. АН СССР, сер. геол., 1947, № 2.
- Иванов С. Н. Метаморфизм уральских колчеданных месторождений. Сов. геол., 1939, № 2.
- Иванов С. Н. Опыты получения форм колчеданных месторождений путем раздавливания пластических масс. Изв. АН СССР, сер. геол., 1941, № 2.
- Иванов С. Н. Новые данные о генезисе колчеданных Месторождений Среднего Урала. Изв. АН СССР, сер. геол., 1943, № 1.
- Логинев В. П. Реликтовые гипогенные минералы в боковых породах Кабанского колчедан-

- ного месторождения. Изв. АН СССР, сер. геол., 1944, № 5.
- Логинев В. П. Зунит и содержащие его горные породы с Кабанского колчеданного месторождения (Средний Урал). Изв. АН СССР, сер. геол., 1945, № 6.
- Лизк А. В. Структура Дегтярского месторождения и рудного поля Левихи. Изв. АН СССР, сер. геол., 1943, № 1.
- Филимонова А. А. Срастания борнита и халькопирита в колчеданных рудах месторождения Кабан 1 (Средний Урал). Изв. АН СССР, сер. геол., 1949, № 1.
- Червяковский Г. Ф. Искусственное получение минералов, типичных для борнитсодержащих руд колчеданных месторождений. Тр. Горно-геол. инст. УФАИ, 1948, вып. 14.
- Шадлун Т. Н. О колломорфных структурах руд месторождения Яман-Касы на Ю. Урале. Зап. Мин. общ., 1942, ч. 71, № 3-4.
- Шадлун Т. Н. Некоторые признаки метаморфизма в колчеданных рудах (м-ние им. III Интернационала). Изв. АН СССР, сер. геол., 1947, № 5.
- Штрейс Н. А. Стратиграфия и тектоника зеленых пород Кировградского района Свердловской области и особенности размещения в них залежей колчеданов. Изв. АН СССР, сер. геол., 1943, № 1.

以及这里没有列出的其它一些著作。

最后，载于本论文集的论文与上表所列各著作可视为是对这一题目研究的现阶段的总结。

关于含铜黄铁矿矿体围岩的一般变质作用的根本问题在 В.А. 查瓦里茨基的著作中以“第三国际”矿床为例已经作了详细的分析。为了了解含铜黄铁矿的形成，就必须弄清楚一般变质作用与近矿蚀变间的相互关系，这就构成了 В.А. 查瓦里茨基著作的内容。作者用一种崭新的方法来解决这一问题，他的研究结果阐述极佳，其中不仅包括了所收集过的材料，而同时还包括现有的文献材料，乃是一种意义超出这个地区范围以外的著作。

Т. Н. 沙德隆的著作说明了乌拉尔含铜黄铁矿矿石的变质作用。没有任何别的地区象乌拉尔这样，现在研究了含铜黄铁矿矿体的原生胶状矿石及其再结晶作用，这种再结晶作用导致矿物间新的结构关系的形成。但研究这些矿石的重要性绝非仅限于乌拉尔一地。

在 А.В. 裴克和 С.Н. 伊万诺夫的著作中，从不同的观点论述了列维哈矿床的构造，并且详细地叙述了许多细节。不同意见的对立是有特殊意义的，因为这使读者能更清楚地分析在不同观点上及其不同论证上的差别的实质。

在列维哈矿床地质方面，Л. Г. 克瓦沙的论文提供了重要的补充材料，这一篇论文证明了：此矿床生在火山喷发中心的附近，因为在火成碎屑岩中，即在与喷出岩矿床的邻近处，发现了火山弹。

虽然所有这些著作及较早发表和登载在本选集中的著作的量相当大（共约65印张），但是含铜黄铁矿的进一步研究当然能够，而且应该导致这些矿床的变质作用和形成理论的进一步发展。

此外还必须注意一种重要的情况。最近，上述研究含铜黄铁矿问题的作者的许

多論文的发表，无疑会提高地質界更多人士对这一問題的興趣，而在我們的文献中也出現了許多其它研究者的論文。这些論文并没有列入上述目录中，但是它們无疑是促进了摆在研究含銅黃鉄矿及其地質环境的苏联科学院研究同人們面前的問題的解决。我們以本書的出版来結束科学院中有組織地进行研究的一定阶段。如已經指出的，目前这一阶段导致了研究金属矿床变質作用的更广泛問題的產生。本选集的作者总结了这一阶段的研究工作，同时在这里也补充地介紹了那些在以前的著作中未曾加以充分叙述的材料。

在第一篇緒言性的論文中，簡要地概括了那些有关含銅黃鉄矿矿床交代作用和变質作用的主要問題的观点。本論文并不介紹任何新的、尚未发表的概念，而它的任务仅在于对最近几年来經過研究所得出的結論作一般性的概述而已。

A.H. 查瓦里茨基

烏拉爾含銅黃鐵礦的變質作用和交代作用

A. H. 查瓦里茨基院士

烏拉爾含銅黃鐵礦礦床，象其它國家的礦床一樣，也都位於已變成綠岩及綠色片岩的火山岩帶中，它被認為是一種最典型的交代型礦體。在烏拉爾我們早在五十年以前就已發現這樣的含銅黃鐵礦體，並曾對這些礦體進行了相當深入的研究，特別是在十月革命以後。但是，在最近十五年內對這些礦床中較南部的礦床進行研究的結果，根本上改變了對於整個烏拉爾含銅黃鐵礦礦床成因的看法。並開始注意到晚期變質作用及與其同時所發生的交代作用。許多特點以前一直被認為是在原生礦石開始沉積時就已存在的變質片岩之交代作用的代表性特徵，但在發現了布利亞瓦礦床和南烏拉爾的其它一些礦床之後就不得不对它們從新加以審定。

由於在烏拉爾發現了新的材料，這樣就使所有含銅黃鐵礦礦床成因的問題明朗化了，因為在這些所發現的事實當中的某些事實是在世界其他地區的此類礦床中都已觀察到的。在烏拉爾，由於含銅黃鐵礦礦體所賦存於其中的地質條件極佳，所以就能很成功地研究這些新的事實。

我們知道，烏拉爾含銅黃鐵礦礦床沿着烏拉爾山分布，一直延長 750 公里。除在烏拉爾山的軸部和西坡上發現的一些少數含銅黃鐵礦堆積物外，所有含銅黃鐵礦礦體無疑是一個在相似地質條件下產在志留紀或泥盆紀火山岩帶的統一的礦床組。

根據最近在中烏拉爾的研究，得知含銅黃鐵礦礦床在這裡是位於羅德洛統及達頓統的火山岩中的。新的有意思的事實是。在中烏拉爾的上志留紀礫岩中有时發現被黃鐵礦強烈浸染了的絹雲石英岩質礫石，可是礫岩的膠結物却没有這種浸染現象。這些礫石的岩石很象含銅黃鐵礦礦體的圍岩，所以 B. П. 洛吉諾夫所研究的這些礫石可以視為證明礦石沉積的時間早於發現這種礫石的地層的一種直接標誌。

我們知道，一般認為華力西褶皺期是烏拉爾褶皺、巨大花崗岩的侵入以及較古老岩石變質作用的主要時期。產有含銅黃鐵礦礦體的火山岩遭受到區域變質，這種變質作用的強度沿着它所波及到的地區的走向或與後者垂直的方向都有所不同。在火山岩及與其成互層的沉積岩帶遭受特別強烈位移的中烏拉爾，我們見到過變質作用最強烈的岩石。這裡，火山岩變成了殘斑變岩和綠色片岩，而且大部分均已失去了其原始結構。在烏拉爾山的北部和南部，如我們所知道的，岩石褶皺得並不十分強烈。雖然這些火山岩的礦物成分往往完全發生變化，而相當於變質岩的綠岩相，但是這些岩石的變質作用並不那樣顯著，所以很好地保存了火山岩的斑狀結構、輝綠結構和凝灰狀結構。在烏拉爾南部的塔納雷克—巴依馬克（Таналык-Баймак）地區，變質程度較淺的岩石與變質程度較深的已片理化的岩石的細條帶成交互層，

并且含銅黃鉄矿矿体在两类岩石之中均可見到。再往南，即在发现有布利亚瓦矿床的烏拉尔最南部，这种矿床产于标准的細碧岩系的岩石中，后者是由球状熔岩流、岩墙和于火山岩中夹有碧石薄层的角斑岩侵入体以及放射虫砂質頁岩所构成的。对于这些細碧岩系，B.A.查瓦里茨基曾做过詳細的叙述。

如果含銅黃鉄矿矿体只是生于地壳变动和变質作用时期以前的話，那么位于各种变質岩中的矿床就应当是研究矿床受变質作用的唯一有利的条件了。我們根据这些矿床可以划分出程度不同的变質作用，并可以将其与围岩的不同程度变質連系起来。

只有对产于不同条件下的矿床进行这种比較研究，才能发现矿床的变質作用。对一个矿床的細节的研究常常是不能解决关于它变質作用的問題的，因为目前我們还没有一种可靠的准则去区别它的那些在矿石原始沉积时已有的特征和那些在变質作用时所产生的特征。

最初，当在烏拉尔发现了相当少量的含銅黃鉄矿矿体，而且还只是在中烏拉尔进行研究时，就已初步把它們当作比围岩的区域变質作用还要早的矿体，并且正是从这种片面的观点出发，認為各种矿床的差别是由于矿石最初沉积的条件不同的緣故。当时認為黃鉄矿矿体的沉积时期是相当于烏拉尔花崗岩侵入的主要时期。

在中烏拉尔发现的而且已有記載的含銅黃鉄矿矿床位于綠色片岩帶中，例如发现得早于其它一些矿床的克什提姆矿床就是这样的。在烏拉尔最南部所发现的矿床与中烏拉尔的矿床有很大的差别，而由于这些差别，使我們不得不重新检查所有其它已知矿床。重新检查的最后結果証明，矿床特点的变化是以其周围的火山岩系之区域变質作用的强度为轉移的。明显的变質作用的跡象是在中烏拉尔矿体中发现的，因而烏拉尔黃鉄矿矿床的許多研究者最后得出这样的結論：这些矿床是属于同一类型的，而只不过在其变質程度上有所区别以及那些以前認為是原生的特点只不过是变質作用程度不同的結果而已。

如果含銅黃鉄矿矿体是与围岩一起受到变質作用，那么在矿石的原始沉积时在热液的影响下已預先受了触变的矿石围岩中，同样也应该发生变質作用。因此就不得不以另一种观点来对待矿体围岩触变的标准特征了。

在那些能够推测出区域动力变質作用对金属矿床围岩发生后期影响的地区，这些围岩通常是些綠泥片岩和絹云片岩。然而，在变質程度較小的矿床中，围岩有时几乎是非片状的石英絹云岩，所以片理并不十分清楚。当然，除了絹云母化、綠泥石化及矽化作用以外，热液作用还可以使围岩产生其他形式的分解，例如高岭土化和矽酸盐化作用等。但这些触变現象在后期动力变質作用的影响下必然会隱失不見。B.П.洛吉諾夫曾經在卡班矿床中发现了岩石的特殊变化。在这里发现了富含氧化鋁一类的变質矿物，如紅柱石、水鋁石、剛玉等，还有氯黃晶。

直接圍繞含銅黃鉄矿矿体的絹云片岩早已就被認為是勘探这些矿床时的主要找矿标誌了。即使在对于矿床成因的新观点上，它們也完全保持了原有的意义，特别是在那些围岩变成片岩的地方更是如此。但是，在那些围岩的这种片理化不存在的地方它就不一定是唯一的标誌。

可以推測，在大多数情况下，因热液作用而預先受到蚀变的矿体围岩的矿物成分，在动力变質作用的影响下，并不发生极强烈的变化。在这些新的条件下，通常作为热液蚀变岩石之主要矿物的絹云母和綠泥石，在岩石构造发生特別强烈变化的时候，也可能成为比較稳定的矿物。这里不妨回想一下，大約四十年前 Л. 裴巴尔克（Дюпарк）就把在捷格嘉尔矿床中發現的粗絹云母片岩看作是类似烏拉尔中央帶的变質片岩的岩石。在某一中烏拉尔矿床（里亚比宁格勒）处，B.C. 多馬列夫（B.C. Домарев）在圍繞着含銅黃鉄矿矿体的絹云母片岩中發現了硬綠泥石（一种区域变質的特征矿物）的变斑晶。

对中烏拉尔含銅黃鉄矿矿床周围帶的綠色片岩及其它变質岩的研究只是刚刚开始，这种研究定会得到一些說明岩石本身的蚀变性質和含銅黃鉄矿矿体成因的重要結果。

目前，这种研究在蚀变岩石的岩石学方面只得到了初步的成就，并且仅仅提出了一些問題，而这些問題的解决还是没有越出初步的、未最后論証的假設范围。其中关于矿体的硫化物物質的移动和浸染体变質帶發生的問題的研究就是在实际方面也是有很大的意义。

矿体周围已預先遭到热液蚀变的岩石，在其結構的变化上可能比較易于受到区域变質的影响。这些岩石在变質作用的影响下就变成了近乎片状的岩石，因此，扁豆状矿体在变質作用之后自然就成为变質岩帶的片状岩石帶中的包体了。从一些不考虑变質的可能作用的旧观点看来，那些以絹云母片岩和綠泥石片岩为特点的片岩帶乃是使其中存在有矿体的原因，并从而預定了含矿溶液运行的途徑。在造成这些片状岩石帶的晚期变質作用存在的場合下，它們可能是矿床及其更柔軟的、更容易发生片理化的蚀变岩石暈圈在这里存在的結果。因为热液蚀变并不經常都伴随有硫化物的矿化作用，所以由这种方式生成的片状变質岩帶就不会一定含有矿体。矿体的存在与片状岩帶的关系早已由勘探工作所查明了，但显然不能把这种关系看作是矿石較晚生成于这些片状岩石中的某种標誌，并且这种关系决不能証明，片状岩石帶是含矿溶液运行的道路。矿床的存在与这些片状岩帶无关（如烏恰雷，西巴依等），就是这方面的很重要的例証。

矿石的原始交代作用，对各种岩石，主要是对火山岩发生影响，常常也对火山凝灰岩和火山角砾岩，而在有些地方甚至对沉积岩发生影响。显然，在各种矿床中这种情况产生的方式是各有不同的，因此就沒有根据把某一选择交代作用的特殊作用認為在各种矿床內都是一样的。有时見到的保存着交代岩石的結構的假象（微晶），以及在有些地方动物化石群（如果是帶有动物化石群的沉积岩时）的假象都是証明交代岩石性質的直接指示物。

很特殊的是，某些矿体（例如在列維哈、第三国际矿床、捷格嘉尔矿床、卡班矿床）都为火成岩牆（玢岩）所切穿，后者在一定程度上受了动力变質作用的影响。有一些研究家（特别是A.B. 裴克）对这些脉岩及其周围岩体这些非均一質的岩层中自然存在的不同完善程度的片理（劈理）赋予了重大意义，而且甚至在这个基础上企图按照时代来划分这些岩石。但是，他們却忽略了主要的事实，那就是所有这些岩

石，包括脉岩在內，都同样地遭受了矿物成分上的变化，并且实质上都已经成了綠岩相的变質岩。

如所周知，黃鉄矿矿床的形状与其所处圍岩的性質之間有着紧密的关系，也就是說与这些岩石的片理程度有关系。現在，我們可以把在烏拉尔的这种关系归之于动力变質作用。

很早以前就已确定，在区域变質作用对整个矿体，特别是对含銅黃鉄矿矿体的影响下，由于矿体与圍岩对动力变質作用的适应性不同，所以前者的形状才会发生变化。对于受到了这种变質作用，并且变成了片岩的任何岩系的坚硬部分說来，扁豆形一般是其特殊形状。这种形状对于产在变質片状岩中的含銅黃鉄矿矿体說来也是特有的形状。近来，在烏拉尔发现了一种与含銅黃鉄矿矿体的規則“扁豆体”不相象的形状，但是这些偏差并不能改变早已确定了的关于含銅黃鉄矿矿体形状及其对圍岩的关系之主要特征的概念。非常特殊的是，含銅黃鉄矿矿体楔入片岩层中間，从而把片理面分叉开来，后者好象环绕着含銅黃鉄矿矿体似的。如所周知，矿体的这种形状就是硫化物物質在压力下貫入片状岩体中的假說的根据。把周围片岩分开的規則的或不規則的扁豆体在含銅黃鉄矿矿体中是极为普通的，以致于不可能单用交代作用来加以解释，所以特別为福格特（Форт）以及其它研究者所証实的关于硫化物这种貫入的观念当时是广泛地流行着。但是現在，当已經发现矿床和圍岩一起遭受变質作用的时候，矿体形状的这一特点只能当作是矿石和圍岩对压力作用的适应程度不同的一种証据而已，由于这种不同的适应性，片状岩石在外来压力下被压榨在其它一些矿体的周围。于是，关于含矿溶液对側壁发生的貫入压力的概念就被关于对已形成的矿体及其圍岩同时发生作用的外来压力的相反概念——关于較塑性岩石在矿体周围的挤压的概念所代替了。在某些情况下，矿体的界綫与片理的总方向成某种角度相交，但是在与矿石的接触带上片理却改变了方向，而在这里与之相平行。包含在非片状的、变質程度較浅的岩石中的矿体呈現一种較不規則的形状，并且往往遵循着岩墙或侵入体接触界綫的形状。在这方面，很值得注意的是在塔那雷克—巴依馬克区西部在片岩带中矿体的代表性扁豆体状与該地区东部矿床的較不規則的形状之間的區別。矿体的形状和岩石同时发生的这些变化在塑性这一詞的广义上可称为“塑性变形”。但是，这些变化在物理塑性的意义上当然不是这样的。在頗大程度上，这是与在单向压力的条件下的物質溶解和重新沉积有关的重結晶作用的结果。

在烏拉尔的某些矿床中，同样发现到含銅黃鉄矿矿体的其他种显明的变形。譬如說，捷格嘉尔矿床的层状矿体是弯曲而破碎的，并在錯动面上形成了断层磨擦面。在这里，矿床的机械变形可以明显地看出。在其它某些矿床中也可以发现类似的运动痕迹。

在比較矿石和圍岩的变質作用时，必須注意的是我們都認為矽酸盐是較稳定的化合物，所以它一般也應該是較稳定的矿物。因此可以認為，如果硫化物矿体与其圍岩同时发生某些变化的話，那么在矿体中的变化程度應該是較强的。构成矿石的物質在很大程度上会发生移动和再結晶作用。可以想象，在发生一般的变質作用时，金属矿物及其集合体比圍岩中的矽酸盐是易于产生新生矿物的。

已經确定有这样的事实：夹于火山岩中的、輕微受变質或几乎未受变質的矿床（在南烏拉尔）中，矿石的矿物成分和結構与位于綠岩和綠色片岩中的矿体之矿石的矿物成分及結構有所不同，后两种岩石是因受变質作用，而由同样一些火山岩生成的。

在布利亚瓦和雅曼-卡塞（Яман-Касы）矿床中，未受变質的矿石，除黄鉄矿外，还含有白鉄矿，有时还有二硫化鉄的上状变种——胶黄鉄矿。除了閃鋅矿以外，这种未受变質的矿石还含有絳鋅矿。

在未受变質或輕微变質的矿体中，鐘乳状构造（我們現在称为“胶状”构造）是很普遍的。在这种情况下，如果有白鉄矿和絳鋅矿出現，那末它們則形成腎状結核和放射性构造。胶黄鉄矿和白鉄矿一起出現于这两种构造的中央部分或成为薄的同心层。这些二硫化鉄如白鉄矿和胶黄鉄矿，显然是被黄鉄矿所交代，而絳鋅矿則被閃鋅矿交代。鐘乳状构造的残跡有时仍旧可以看出，不过矿石常常变成了一种粒状集合体，其各个顆粒毫无任何規則的排列。

在西巴依矿床中虽然沒有白鉄矿和絳鋅矿，但鐘乳状构造却很普遍。然而，黄鉄矿的放射形状可能是白鉄矿的假象。

当黄銅矿也参与构成鐘乳状构造时，它往往呈細带状与黄鉄矿相交替，或者充填那些切割結核的裂隙。在这些类似的形成物中可以見到閃鋅矿。在閃鋅矿和絳鋅矿的結核中，黄銅矿的細小包体也常常呈带状分布。

白鉄矿和胶黄鉄矿的再結晶作用及轉化为黄鉄矿，通常是从外往里进行的，但有时也从鐘乳状生成物的中心部分向外进行。絳鋅矿的再結晶及轉化为閃鋅矿的情况也是如此。

現在似乎所有烏拉尔含銅黄鉄矿矿床的研究者都認為，布利亚瓦和雅曼-卡塞矿床中的白鉄矿、胶黄鉄矿及絳鋅矿都是些发生过重結晶作用而变成黄鉄矿和閃鋅矿的較早期矿物。在某些矿石中，与鐘乳状构造存在的同时，尚見有类似于蛋白石的鐘乳状构造及玉髓球粒的石英球粒。在这些矿石中也能看到原生的細粒状，而有时为晶簇状的构造，尽管这些构造是占优势的，但它們仍然不能成为代表性的构造。

类似于作为南烏拉尔矿床特征的鐘乳状构造的残余物，后来在中烏拉尔各矿床中也均有发现，但这些残余物在中烏拉尔通常保存得极不好，而且比較少見。因此，可以把鐘乳状构造当作未发生变質作用或变質作用相当輕微的矿床之原生构造特征的跡象。

从产于变質片岩里的中烏拉尔矿石中我們可見到一些在其它地区的大多数含銅黄鉄矿体中已經清楚查明了一般結構。

在矿石中，黄鉄矿是一种比其它矿物要形成得早的矿物。如果黄鉄矿很多，那么它就能表现出机械作用的痕跡。它的顆粒被挤碎，而且有时变成眼球体。在某些情况下，顆粒碎屑局部地发生移动。至于黄銅矿和閃鋅矿，則它們就很少能显示出这种机械变形的跡象。这两种矿物是完全再結晶并几乎同时再沉积的，或填充被挤碎了的黄鉄矿的裂隙，或者交替它。

但是，在烏拉尔的某些受变質最强烈的矿床中，黄鉄矿也同样是再結晶的，破

碎結構是沒有的，并且黃鉄矿矿石具有花崗變晶狀結構。在某些情況下，沿着片理方向延伸的不可分割的黃鉄矿形成了一種連續的集合體，其結構很象片麻岩以及石英岩一類變質岩的結構。例如，夾于殘斑變岩和片岩中的捷格嘉爾矿床上盤的矿石就是如此。

這樣我們就不由得去將含銅黃鉄矿矿石結構的這些主要特征與我們在變質岩中所發現的那些現象相比較。大家知道，一些同樣礦物，例如石英，既可作為在變質岩中自岩石的原始成分中保存下來的殘余礦物，又可作為變質岩中于變質作用時期所形成的礦物。其實，在殘余礦物中可以看出機械作用的痕跡，這種痕跡如彎曲、波狀消光等狀態，而變質作用時形成的次生石英粒則往往根本不能反映這些現象。在含銅黃鉄矿矿體的黃鉄矿中同樣也可以見到這些特點。如果它的某些顆粒是原生顆粒的破碎殘余物的話，則其它一些顆粒則可在變質作用時產生。

在某些變質岩中比較穩定的礦物，例如石英，仍舊是不變化的；但另外一些礦物，例如綠泥石和絹雲母，則是以變質作用時的新生礦物的形式產生的。在那些其它礦物于矿床的动力變質時期與殘余黃鉄矿一起發生完全再結晶和再沉積的矿石中也發生有同樣的現象。象几乎所有的變質作用那樣，动力變質作用也是伴有交代作用的，黃鉄矿破碎顆粒被黃銅矿交代，在矽酸盐圍岩中發育着交代了岩石中矽酸盐的黃鉄矿和其他硫化物的包體，並有小細脉的形成等等。

根據關於受變質含銅黃鉄矿矿石與變質岩間的相似點的這種概念，能解釋矿石成分和結構的某些特點，當然這些特點從原始沉積的觀點出發是很难加以解釋的。必須記住，與矽酸盐岩石的研究比較一下，對整個矿石的變質作用的研究是不夠的。矽酸盐岩石的結構關係，由於矽酸盐的透明性在薄片中較之矿石的結構關係要更容易作詳細的研究，因此，在變質岩岩石學方面所取得的那些經驗，在進行矿石研究時是會很有用的。

但必須注意，正如以前所指出的，在一些同樣條件的影響下可以預料到，金屬礦物共生系列中的變化比之矽酸盐中的變化要強烈得多。在矽酸盐中還能很好地保存着原始結構的殘余物和向變質很淺的岩石過渡的痕跡，但矿石可能成為完全變質的。金屬礦物化學營力變質作用對其所發生的影響方面，和矽酸盐相比是截然不同的。金屬礦物看來較易發生交代作用。在利用變質矿石和變質岩的特征上的相似點時，必須注意到這一切。但是這種相似點的類比法終究是研究矿石變質作用的一種非常有用的方法。

在注意到被黃銅矿和部分被閃鋅矿所交代的早期黃鉄矿的時候，烏拉爾矿床的某些研究者推測，這種黃銅矿和閃鋅矿是在矿化作用的第二階段沉積的，並且有些作者甚至曾有意地去設想第二階段矿化作用的另一種來源。從地質觀點來看，這個本身不可思議的概念，是與輕微變質的矿床中的硫化鉄、硫化銅及硫化鋅的密切關係相矛盾的，而從該類矿床矿石的結構中是可以明顯地看出這種密切聯繫的。現在我們認為，中烏拉爾矿石的結構關係主要是由其變質作用而形成的，當時是在动力變質作用下，矿石的物質成分，特別是銅和鋅，變成了溶液並再沉積起來。因為黃鉄矿是比較穩定的，所以它只受到機械變形，可是其它一些礦物此時却几乎是完全