

SBORNÍK NÁRODNÍHO MUZEA V PRAZE

ACTA MUSEI NATIONALIS PRAGAE

Volumen XXVIII B (1972), No. 1—2

REDAKTOR JIŘÍ KOURIMSKÝ

JIŘÍ JANSA

Ústav nerostných surovin, Kutná Hora

MOLYBDÄNIT MIT ERHÖHTEN RHENIUMGEHALTEN AUS DER ALPINEN PARAGENESE VON PEKLO BEI HABRY (BÖHMEN)

MOLYBDENIT SE ZVÝŠENÝM OBSAHEM RHENIA V ALPSKÉ PARAGENEZI Z PEKLA U HABRŮ

Abstrakt

V předložené práci se popisuje nález krystalu molybdenitu z puklinové výplně alpského typu v lomu Peklo u Habrů. Molybdenit se vyskytl ve velké, čočkovitě rozšířené puklině v granátickém amfibolitu v paragenezi s těmito minerály: křemen (tzv. Quarzband), turmalín, ilmenit, titanit, chlorit, albit, krystalovaný křemen, pyrit, sfalerit a kalcit. Pořadí minerálů odpovídá jejich sukcesi, přičemž molybdenit patří k nejstarším nerostům alpské parageneze.

Nalezený krystal molybdenitu má silně deformovaný pyramidální habitus, což není v dostupné literatuře dosud popisováno. Krystalový vývoj nasvědčuje tomu, že molybdenit vznikl v hydrotermálním prostředí. Na hydrotermální původ poukazuje i zvýšená koncentrace rhenia. Neutronovou aktivační analýzou bylo v molybdenitu zjištěno 0,143 % Re. Ve srovnání s literárními údaji patří tento obsah k nejvyšším zjištěným koncentracím rhenia v molybdenitech. Podle rentgenografické analýzy odpovídá studovaný nerost polytypu 2H.

Vznik nalezeného molybdenitu lze řadit do nížeji temperovaného krystalizačního intervalu, kdy tento nerost se vylučuje na počátku hydrotermálního procesu. Zdroj molybdenu a rhenia zřejmě nesouvisí s laterárně sekreční činností. Velmi pravděpodobně jsou tyto vzácnější prvky hypogenního původu a úzce souvisejí s přítomností blízkého magmatického tělesa.

Podobný výskyt molybdenitu z puklinových výplní alpského typu není v dostupné literatuře popisován a po mineralogické a geochemické stránce lze jej považovat za zcela výjimečný.

Einführung

Während der mineralogischen Forschung des Steinbruches von Peklo bei Habry, SSO von Golčův Jeníkov, hat der Verfasser im Jahre 1966 ein Kristall des Molybdänits in der Mineralkluftausfüllung vom alpinen Typ gefunden. Diese geläufig als alpine Paragenese bezeichnete Vergesell-

schaftung der Minerale hat J. VĚLENSKÝ (1951, 1954) von dieser Lokalität beschrieben. Der angeführte Verfasser hat in diesem Steinbruch auch eine Ni-Co-Vererzung, in welcher Molybdänit akzessorisch vorkommt, festgestellt, aber er führt dieses Mineral aus der alpinen Paragenese nicht an (J. VĚLENSKÝ, 1956).

Weil es über ähnliches Molybdänitvorkommen in zugänglicher Literatur bisher nicht berichtet wurde, und dieser Fund wie mineralogisch so auch genetisch von grossem Interesse ist, wird über dieses Vorkommen ein Bericht vorgelegt.

Geologische und mineralogische Beschreibung des Vorkommens

Der Steinbruch Peklo wurde in den Gesteinen des moldanubischen Kristallinikums, welche namentlich durch die den Sillimanit-Biotit-Paragneisen und Granat-Amphiboliten repräsentiert werden, gegründet. Die Amphibolite gehen in Pyroxenite und Serpentinite über. Das petrographische Studium dieser Gesteine haben hier J. LOSERT und M. FIŠERA (1964) ausführlicher gelöst. Die Entstehung der Mineralkluftausfüllungen von alpinen Typ wurde in diesem Gebiet durch starke Metamorphose bedingt, die mit den hydrothermalen Aüsserungen und Mobilisation der Elemente aus Nachbargesteinen verbunden ist.

Molybdänit wurde im westlichen Teil des Steinbruches mit der alpinen Paragenese in einem unregelmässigen in der Granat-Amphibolit linsenförmig ausgebreiteten Kluft gefunden. Für diesen Typ der Klüften welche nur an Amphibolitkörper gebunden werden, sind hier starke Auslaugung des benachbarten Gesteines und auch die weiter angeführten Minerale charakteristisch (J. VĚLENSKÝ, 1954). Die Dimensionen dieser Kluft sind $1,5 \times 0,6 \times 0,2$ m und sie hat die Verbeugung 50° gegen Ost.

In dem Klufthohlraum haben Quarz, Calcit und Chlorit überwogen. Die Kluftwände werden von dünnem Quarzschichtchen übergedeckt, dessen graugrüne Farbe durch feine Chloriteinsprenglinge verursacht wird. Diese Entwicklung des Quarzes beschrieben von den alpinen Klüften z. B. P. NIGGLI — J. KOENIGSBERGER — R. L. PARKER (1941) und M. H. HUBER (1943), und sie bezeichnen ihn als Quarzband (qualitative Spektralanalyse ergab: X0 % — Si; X % — Mg, Al; 0,X % — Fe). Der auskristallisierte Quarz wurde im Calcit eingesperrt und in freien Drusen an der Stelle der Aderauskeilung entwickelt. Der mittlere Teil des Hohlraumes wurde durch die Aggregate des weissen Calcits und des weniger vertretenen weissen bis grauen Albits ausgefüllt (qualitative Spektralanalyse ergab: X0 % — Si, Al, Na; 0,X % — Ca). Für die ältesten Minerale kann man braunschwarzen, kurz säulenförmigen Turmalin, Imenit und gelbbraunen Titanit halten. Diese Minerale wurden am s. g. Quarzband vereinzelt aufgewachsen. Turmalin kam oft auch in den lang stengeligen in Chlorit eingewachsenen Kristallen vor. Feinschuppiger Chlorit bedeckte das s. g. Quarzband in Form der zusammenhängenden Schicht und füllte auch den unteren Teil des Hohlraumes aus. Nur akzessorisch wurden Sulfide im Calcit beobachtet. Pyrit bildet Äderchen und kleinere kolloidomorphe Aggregate mit radialstrahligem Gefüge, Sphalerit wird durch feine, grauschwarze Körner charakterisiert. In der Mineralver-

gesellschaftung stehen also mit Molybdänit folgende Minerale: Quarz (s. g. Quarzband), Turmalin, Ilmenit, Titanit, Chlorit, Albit, kristallisierter Quarz, Pyrit, Sphalerit und Calcit. An der Stelle der Aderauskeilung hat eine gelbbraune Masse vom tonigen Charakter, welche wahrscheinlich durch die supergenen Prozesse entstanden worden ist, den Hohlraum unter den Quarzkristallen ausgefüllt. Die Reihenfolge der Minerale entspricht ihrer Sukzession, welche mit dem Diagramm der Mineralenachfolge in den Adern vom alpinen Typ (A. E. FERSMAN, 1960) im Einklang steht. In manchen Fällen kommt aber zur Überdeckung der Kristallisationsintervalle und man kann auch viele Generationen von demselben Mineral unterscheiden. Den grössten Teil von den angeführten Mineralen hat J. VTELENSKÝ [1951, 1954] ausführlich beschrieben und deshalb weise ich auf seine Berichte hin.

Der studierte Molybdänit wurde in feiner Chloritmasse, welche den unteren eingeschlossenen Teil des Hohlraumes ausfüllte, gefunden. Wegen der beschwerlichen Zugänglichkeit der Befundstelle wurde es nicht, leider, möglich, die ursprüngliche Position des Minerals zu beglaubigen. Auch der Mangel von verlässlichen Kriterien hat verursacht, dass es unmöglich war, Molybdänit in die Gesamtsukzession einzureihen. Man kann aber eine Voraussetzung machen, dass Molybdänit älter als Chlorit ist, und dass er mit Turmalin und Ilmenit zu älterer Kristallisationsphase, welche ansführlich J. VTELENSKÝ (1954) diskutierte, gehört.

Makroskopische Beschreibung und Diskussion des Molybdänithabitus

Molybdänit wurde nur als ein Exemplar — Kristall von den Dimensionen $1 \times 0,5 \times 0,4$ cm (siehe Abb. 1 und Abb. 2 in der Beilage) gefunden. Er hat charakteristische bleigraue Farbe mit dem bläulichen Stich und einem Metallglanz. Die Dichte des beschriebenen Molybdänits wurde mit Hilfe der Pt-Spirale bestimmt und der festgestellte Wert — 4,78 — steht in gutem Einklang mit den Literaturangaben (F. V. ČUCHROV et al., 1960).

Der Kristall des Molybdänits wird deutlich hexagonal beschränkt und durch einen deformierten Pyramidalhabitus charakterisiert. In dem oberen Teil wird dieser Kristall durch kleine Basalfläche mit unregelmässig entwickelten Kanten beendet. Die pyramidalen (bzw. auch prismatischen) Flächen sind unklar und abgerieben, und aus diesem Grund war es unmöglich, den Kristall durchzumessen. Ausser der unregelmässigen Kristallentwicklung sind ungleiche Kantenlinien und eine Biegung des oberen Teils des Kristalls zu beobachten. Die beschriebenen Erscheinungen kann man durch die physikalisch-chemischen Bedingungen des Mediums bei seiner Entstehung erklären. Experimental wurde es festgestellt, dass auf die Entwicklung jedes Mineralen viele Faktoren wirken. Der Habitus der Molybdänitkristalle wird vor allem von der Temperatur beflussen. Nach I. KOSTOV (1962) entstehen die bipyramidale Kristalle dieses Mineralen bei niedriger Temperatur, d. h. in hydrothermalen Bedingungen. Weil die Basalflächen der Molybdänitkristalle die minimale Oberflächenenergie besitzen, ist es zur Entstehung dieser Form notwendig auch eine Übersättigung der Lösungen. Diese Voraussetzung ist durch

häufiges Vorkommen der grossen bipyramidalen Kristalle des Molybdänits in einem Quarzgang in Vitoša, Bulgarien, bestätigt (I. KOSTOV, 1962). Im Falle der vereinzeltten Findung des Molybdänits aus Peklo bei Habry kann man aber eher voraussetzen, dass in den hydrothermalen Lösungen eine sehr niedrige Konzentration von Molybdän war. Den angeführten Widerspruch kann man durch die Möglichkeit des Kristallwachstums aus schwach übersättigten Lösungen mit Hilfe der Gewindefdislokationen erklären (F. C. FRANK, 1949; B. HONIGMANN, 1958 u. a.).

Im Verlauf der Kristallisation des gefundenen Molybdänits, welcher durch seine Schichtstruktur charakteristisch ist, hat sich ebenso die Wirkung der strömenden Lösungen vielleicht betätigt. Es ist allgemein bekannt, dass es bei dem Kristallwachstum in dem hydrothermalen Medium manchmal zur einerzeitigen Entwicklung nach einiger Richtung (V. ROSICKÝ, 1929) kommen kann. Die Geschwindigkeit und die Richtung der Konzentrationsströme können ebenso neben den anderen Faktoren grossen Einfluss auf das Wachstum der einzelnen kristallographischen Flächen und auch auf selbständiges Kristallhabitus haben. Nach G. G. LEMMLEJN (1948) kommt es unter der Wirkung der einerzeitigen Lösungsströmung zur Ablenkung der Kristalle, zu ihrer exzentrischen Entwicklung und Symmetriezerstörung und auch zur Kantenbiegung. Der deformierte Habitus des gefundenen Molybdänits bezeugt nicht nur, dass dieses Mineral im hydrothermalen Medium entstanden ist und auf der Hohlraumwand eingewachsen wurde, aber es ermöglicht, auch die Kristallorientierung zu den strömenden Lösungen zu erkennen.

Den Literaturangaben nach kommt Molybdänit in Form der schuppigen Aggregaten gewöhnlich vor und nur selten bildet er gut ausgewickelte Kristalle. In den mineralogischen Kompendien werden die Kristalle vom einfachen Habitus mit der überwiegenden Basisfläche vorwiegend angeführt, und nur ausnahmsweise wurde dieses Mineral in Form komplizierterer Kristallentwicklung (CH. PALACHE et al., 1946; F. V. ČUCHROV et al., 1960) beschrieben. Ausser dem von I. KOSTOV beschrieben Vorkommen der bipyramidalen Kristalle, wird oft auch die Lokalität Frankford in Pennsylvania angegeben. Aus einem Pegmatit dieses Fundortes werden die Tonnenförmige Kristalle beschrieben (A. P. BROWN, 1896; J. S. WHITE, Jr., 1969).

Der unregelmässige Entwicklung des gefundenen Molybdänit-Kristalls scheint offensichtlich ein einzelner Beispiel zu sein und wurde in dem zugänglichen Schrifttum noch bisher nicht beschrieben. Molybdänit kann man so zu den Mineralen, welche in den Kluftausfüllungen vom alpinen Typ manchmal in ganz ungewöhnlicher Entwicklung vorkommen, einreihen.

Chemismus des Molybdänits

Der Chemismus des Molybdänits wurde mit Hilfe der qualitativen Spektralanalyse, die seine mineralogische Identifikation bestätigt hat, festgestellt.

Analytiker: O. Paukner und S. Horáček, Institut für Mineralrohstoffe, Kutná Hora, 1967. Spektrograph Q 24, Gleistrombogen 10 A, 210 V, Thyratrongleichrichter, Graphitelektroden, Elektrodenabstand 3 mm, Blenden T 10—5, 3,2—1:15, Spaltengrösse 0,003 mm,

Exposition 1 Minute kathodisch, weiter anodisch bis zum Probenausbrennen, Probeinwaage 20 mg. Die Probe wurde mit Graphitpuffer gemischt (1:1). Photomaterial ORWO gelb extra hart, 6 × 24 cm.

Dieser Analyse nach wurde das Molybdän als die Hauptkomponente (XO %) sichergestellt. Weiter ergab diese Analyse folgende Ergebnisse: 0,X % — Si; 0,0X % — Al, As, Ba, Ca, Fe, Mg; < 0,0X % — Cd, Co, Cu, Mn, Pb, Ti, Zn. Aus den niedrigen Gehalten der lithophillen Elemente kann man entnehmen, dass die heterogenen Beimengungen der Unerzminerale (Quarz, Chlorit, Calcit) sehr gering sind. Neben diesem wurden solche Elemente vorwiegend in Spuren festgestellt, über deren Einbauform wegen des Mangels der Vergleichsangaben es schwierig ist, sich ausdrücken können.

Für bessere Beurteilung des Ursprunges und der Entstehung des studierten Molybdänits wurde auch der Rheniumgehalt mit Hilfe der Neutronenaktivationsanalyse mit chemischer Separation (J. KUNCÍŘ et al., 1967) bestimmt. Diese Analyse ergab 0,143 % (Analysefehler ± 10 % relat.). Bei weiterer Forschung der radiochemischen Methoden im Institut für Mineralrohstoffe von Kutná Hora wurde auch eine undestruktive Neutronenaktivationsanalyse (Z. ŘANDA et al., 1970) entwickelt. Diese Methode wurde an einzelnen Teilen des Molybdänitkristalls angewandt und hat die erhöhte Rheniumkonzentration bestätigt. Der Rheniumgehalt betrug im mittleren Teil des Kristalls — 0,109 %, im oberen Teil — 0,091 %. (Analysefehler ± 5 % relat. Beide Methoden wurden miteinander im Vergleich gestellt und der Streubereich der Werte lag in angeführten Fehlergrenzen.) Weil der höchste Wert im unteren, ältesten Kristallteil festgestellt wurde, ist es wahrscheinlich, einen bestimmten Zusammenhang zwischen dem Kristallwachstum und dem Herabsinken des Rheniumgehaltes zu beobachten.

Um die erhöhten Rheniumkonzentration im analysierten Molybdänit zu erklären, ist es notwendig, kurz die Geochemie dieses Elements zu erwähnen. Das Rhenium gehört zu den in der Natur am meisten zerstreuten Elementen und es wird zur letzten Zeit seiner Distribution in den Mineralien grosse Aufmerksamkeit gewidmet. Das einzige bekannte selbständige Rheniummineral — Džezkazganit — wurde erst in neuerlicher Zeit beschrieben (E. M. POPLAVKO et al., 1962 u. a.). Wie aus den reichen Literaturangaben ersichtlich ist, stellt Molybdänit einen bedeutendsten Kollektor dieses Elements dar (I. NODDACK — W. NODDACK, 1931; K. RANKAMA — TH. G. SAHAMA, 1952; M. FLEISCHER, 1959; S. M. BASITOVA, 1961; K. A. VLASOV et al., 1964; G. H. RILEY, 1967; M. KVAČEK — Z. TRDLIČKA, 1970 u. a.). Die Rheniumwesenheit im Molybdänitgitter wird durch die gleichen Ionenradien von Mo⁴⁺ und Re⁴⁺ und durch den übereinstimmenden Gittertyp beider Sulfide erklärt. I. NODDACK und W. NODDACK (1931) haben experimentell bewiesen, dass zwischen MoS₂ und ReS₂ eine isomorphe Mischbarkeit im relativ breiten Bereich existiert. A. S. FARAMAZJAN und A. G. AKOPJAN (1963) setzen sogar eine Existenz des selbständigen Rheniumsulfides voraus.

Die Rheniumdistribution wird von verschiedenen physikalisch-chemischen Mediumfaktoren, wie Temperatur, Druck, Lösungszusammensetzung (namentlich die Kupferanwesenheit) und Redoxpotential beeinflusst. Für

die günstigsten Bedingungen der Rheniumkonzentration kann man nicht allzu grosse Kristallisationstemperatur und den niedrigen Druck der Lagerstättenformierung halten (K. A. VLASOV et al., 1964). Die Rheniumgehalte in Molybdäniten verschiedener genetischer Type bewegen sich in der Abhängigkeit von Entstehungstemperatur dieses Minerals im Bereich 0,0000X — 0,X % (M. FLEISCHER, 1959; K. A. VLASOV et al., 1964 u. a.). Nur ausnahmsweise erscheinen grössere Rheniumgehalte — über 1 % (A. S. FARAMAZJAN — A. G. AKOPJAN, 1963; M. CAPITANT et al., 1963).

Die im Molybdänit von Peklo festgestellten Rheniumgehalte gehören zu den höchsten sichergestellten Konzentrationen dieses Elements in Molybdäniten und weisen hin, dass das gefundene Mineral im niedriger temperierten Medium entstanden ist.

Mit Hilfe der undestruktiven Neutronenaktivationsanalyse wurde auch 0,508 % W ($\pm 10-15$ % relat.) im studierten Mineral festgestellt. Mit Hilfe der qualitativen Spektralanalyse, die unter den passend regulierten Bedingungen durchgeführt wurde, war es aber nicht möglich, den Wolframgehalt zu bestätigen. Weil in diesem Falle die Mikroanalyse nicht benützt und das Problem verlässlich ausgelöst werden konnte, wurde das Wolframgehalt weiter nicht diskutiert.

Röntgenographisches Studium

Die Identifikation des Molybdänit wurde mittels der röntgenographischen Analyse durchgeführt. Die d-Werte des studierten Molybdänits werden in der Tabelle 1 angeführt und stehen mit den theoretischen d-Werten für Molybdänit, welcher folgende Gitterkonstanten hat: $a_0 = 3,16 \text{ \AA}$, $c_0 = 12,32 \text{ \AA}$ (L. G. BERRY, R. M. THOMPSON, 1962), in gutem Einklang. Weil in der Röntgenaufnahme keine für Polytyp 3R charakteristischen Diffraktionslinien erschienen, scheint der analysierte Molybdänit mit dem Polytyp 2H strukturell übereinstimmend zu sein (S. GRAESER, 1964).

Tabelle 1. — Röntgenographische Analyse des Molybdänits von Peklo

Molybdänit Peklo bei Habry		Molybdänit L. G. BERRY — R. M. THOMPSON [1962]		Molybdänit Peklo bei Habry		Molybdänit L. G. BERRY — R. M. THOMPSON [1962]	
I	d (Å) (gemess.)	hkil	d (Å) (gerechn.)	I	d (Å) (gemess.)	hkil	d (Å) (gerechn.)
10	6,13	0002	6,16	8	1,580	1120	1,580
8	2,732	1010	2,73	5	1,529	1122	1,529
5	2,669	1011	2,67	2	1,367	2020	1,367
4	2,495	1012	2,50	1d	1,335	2022	1,335
10	2,275	1013	2,28	6	1,297	2023	1,297
1	2,047	1014	2,045	2d	1,194	2025	1,193
5	1,829	1015	1,831				

Analytiker: Dr. J. Ševců, Institut für Mineralrohstoffe, Kutná Hora, 1969. Quinier de Wolff's Kamera, Cu-Strahlung, Innenstandard — Si, Spannung 30 kV, Intensität 18 mA, Expositionsdauer 7 St.

In der Tabelle 1 werden die mit den Si-Werten koinzidierten Diffraktionslinien nicht angeführt (3,08; 1,642; 1,249). Sehr schwache Diffraktionslinien ($d = 1,480; 1,405; 1,224$), die sich in unserer Röntgenaufnahme unbemerkt gemacht haben.

Bemerkungen zum Molybdänitvorkommen

Die Molybdänitverbreitung im tschechischen Teil der Böhmisches Masse hat namentlich J. H. BERNARD (1965) in der letzten Zeit gelöst; J. H. BERNARD hat alle zugänglichen Angaben zusammengefasst und die Vorkommen dieses Minerals in fünf Assoziationstypen gegliedert. Er führt kein Vorkommen im Zusammenhang mit alpiner Paragenese ein und schliesst Molybdänit aus der Assoziation mit Fe-Ni-Co-Sulfiden von Peklo bei Habry in näher genetisch uneingereihte Funde ein. Dagegen F. NOVÁK und M. DRÁBEK (1965), sowie auch J. KRATOCHVÍL (1966) reihen die Molybdänitvorkommen von Bambousek und Markovice bei Čáslav zur alpinen Paragenese. Dazu ist es nur vielleicht zu bemerken, dass sich die Molybdänitvorkommen von beiden Lokalitäten hauptsächlich von dem beschriebenen auskristallisierten Molybdänit unterscheiden, und ihre Genese sich noch niemand bisher Detail befasst hat.

In der zugänglichen ausländischen Fachliteratur wird Molybdänit in der Mineralvergesellschaftung in dem Kluftausfüllungen vom alpinen Typ nicht angeführt. Im Gebiet der Schweizeralpen, wo diese Mineralparagenese in der am meisten typischen Entwicklung gefunden wurde, werden die Molybdänitvorkommen gewöhnlich gerade an die metamorphen Granitkörpern und ihre Derivate gebunden (P. NIGGLI — J. KOENIGSBERGER — R. L. PARKER, 1941; M. H. HUBER, 1943; H. MEIXNER, 1952 u. a.). Diese Ermittlung wurde auch von H. MEIXNER (1968) und M. WEIBEL (1970) bestätigt. Nach F. V. ČUCHROV (1969) kommt Molybdänit in der USSR nicht in den Adern vom alpinen Typ vor.

Bemerkungen zur Entstehung und zum Ursprung des Molybdänits

Die Molybdänitentstehung wird mit der fortschreitenden Differenziation des sauren Magma sehr streng verbunden. Nach A. E. FERSMAN (1953, 1955, 1960) wurde dieses Mineral aus der Schmelze im pegmatitisch-pneumatolytischen Stadium im Bereich cca 500—700 °C geläufig entschieden und er nimmt an verschiedenen genetischen Lagerstätten- und Mineralvorkommen-Typen teil. Ausserdem erschien aber auch Molybdänit, welcher am Ende der pneumatolytischen und anfangs der hydrothermalen Phasen entstanden worden war. Dieses zweite Kristallisationsintervall des Molybdänits gibt A. E. FERSMAN von den Granitmiarolen, Quarzadern, Skarnlagerstätten und von den Erzgängen mit Cu-Mineralen an. In den Syenitmiarolen der Lokalität Biella (Italien) wurde z. B. ein beachtenswertes Molybdänitvorkommen in Mineralvergesellschaftung mit Prehnit auf den Chloritkristallen (F. ZAMBONINY, 1905) beobachtet. Aus dem Vergleich mit diesen Angaben geht hervor, dass man Molybdänit von Peklo bei Habry zum weniger temperierten — hydrothermalen Typ der Mo-Mineralisation einreihen kann.

Von grösserem Problem bleibt aber die Erklärung der Molybdän- und Rhenium-Quelle, weil diese Elemente für alpine Paragenese nicht cha-

rakteristisch sind. Das Molybdän wird zwar in geringen Konzentrationen in allen Typen von Eruptivgesteinen vertreten, wobei es vor allem im Kristallgitter der Kali-Feldspäte gebunden wird (L. V. TAUSON, 1961; A. P. VINOGRADOV, 1962; K. A. VLASOV et al., 1964; Z. V. STUDENIKOVA — M. I. GLINKINA, 1964 u. a.). Es scheint aber unwahrscheinlich zu sein, dass es gerade in diesem Falle zur Konzentration von selteneren Elementen im Rahmen der lateral Sekretionsprozesse gekommen ist. In den Kluftausfüllungen vom alpinen Typus aus dieser Lokalität kamen zwar solche Minerale vor (oder sie wurden nur in geringer Menge gefunden), welche den ursprünglichen Träger von oben erwähnten Elementen hinweisen könnten.

Daneben ist es notwendig zu bemerken, dass Molybdänit als akzessorisches Mineral oft auch in den Erzäderchen, welche lediglich nur von den Sulfiden zusammengesetzt wurden, vorkommt. Er bildete hier immer eine ausdrucksvoll abgetrennte, jüngste Kristallisationsphase (J. VTĚLENSKÝ, 1956; eigene Sammlung). Der undestruktive Aktivationsanalyse nach enthält Molybdänit auch einen erhöhten Rheniumgehalt (0,107 %). Auf Grund dieser Angaben kann man eine Voraussetzung machen, dass die Vorkommen von Molybdänit in beiden Assoziationen miteinander nicht nur in Verbindung stehen, aber dass es schwierig ist, die Quelle von selteneren Elementen in den Nebengesteinen zu finden.

Der Anschauung des Verfassers nach ist es notwendig die Anwesenheit des Molybdänits in der alpinen Paragenese aus anderem Gesichtspunkt zu erklären. Von den für lateral Sekretionsprozesse typischen Elementen werden hier Si, Ca, Fe, Mg, Al, Na und Ti vertreten. Ausserdem ist hier eine relativ grosse Menge von Bor anwesend, der in mehreren Generationen von Turmalin gebunden wird, was dem Chemismus der gelösten basischen Gesteine nicht entspricht. Soweit dieser Mineral in der alpinen Paragenese vorkommt, kann man seinen Ursprung eher in den Gesteinen des saueren oder mittleren Charakters suchen (P. NIGGLI — J. KOENIGSBERGER — R. L. PARKER, 1941; M. H. HUBER, 1943).

Im Steinbruch Peklo kommen überwiegend basische bis ultrabasische Gesteine vor; ausserdem sind hier auch Pegmatitgänge mit häufigem Turmalin vertreten. Diese Tatsache weist auf die Nahe des saueren magmatischen Körpers — des Moldanubischen Plutons, dessen nächste Apophyse cca 4 km von dieser Lokalität entfernt ist (K. BENEŠ et al., 1963; 1964). Da Bor, Molybdän, Wolfram und Rhenium charakteristische Elemente der letzten Phasen der Differentiation des saueren Magmas sind, erscheint hier die Möglichkeit, diese ungewöhnlich häufige Vorkommen von Turmalin sowie Molybdänit mit der Anwesenheit des genannten Plutons in Verbindung zu stellen. Es ist deshalb ganz klar, dass schon J. VTĚLENSKÝ (1954) von diesem Vorkommen des Turmalins in der alpinen Paragenese auf einen möglichen Zusammenhang der pneumatolytischen und hydrothermalen Prozesse geurteilt hat. Abschliessend kann man also sagen, dass die hydrothermalen Lösungen aus denen die in Peklo bei Habry vorkommenden Minerale der alpine Paragenese entstanden, enthielten neben den aus den Nachbargesteinen mobilisierten Elementen sehr wahrscheinlich auch die Elemente von hypogenem Ursprung — Bor, Molybdän und Rhenium. Dabei ist es aber nicht

ausgeschlossen, dass ein Teil von Bor in die Lösungen durch die Auslagung des im pneumatolytischen Stadium entstandenen Turmalins übergegangen ist.

Abschluss

Der studierte Molybdänit von Peklo bei Habry wurde in der Mineralvergesellschaftung der typischen Kluftmineralen vom alpinen Typ gefunden. Er bildet einen sehr deformierten Kristall vom pyramidalen Habitus, was in der zugänglichen Literatur bisher nicht beschrieben. Diese Kristallentwicklung bezeugt, dass Molybdänit im hydrothermalen Medium wahrscheinlichst entstanden ist, was auch die erhöhte Rheniumkonzentration hinweisen kann. Den Ergebnissen der Neutronenaktivationsanalysen nach enthält der studierte Molybdänit 0,143 % Re. Röntgenographisch wurde Molybdänit als ein Polytyp 2H identifiziert. Er kristallisierte als ein von den ersten Mineralen der alpine Paragenese, und kann man ihn zu dem niedriger temperierten — hydrothermalen Typ der Mo-Mineralisation einreihen. Die Quelle von Molybdän, und Rhenium stehen offensichtlich in keinem Zusammenhang mit der Lateral — Sekretions — Tätigkeit. Es handelt sich eher um ursprüngliche flüchtige Komponenten des saueren Magmas, welche man gerade mit dem nahen moldanubischen Pluton in Verbindung stellen kann. Ähnliches Molybdänitvorkommen in der Kluftausfüllung vom alpinen Typ wurde in der zugänglicher Literatur nicht veröffentlicht und man kann es mineralogisch und geochemisch für einen ganz ausserordentlichen Fund halten.

Der Verfasser freut sich an dieser Stelle den Doz. Dr. J. Čech von der Naturwissenschaftlichen Fakultät in Praha, Ing. J. Vtělenský, Dr. M. Kvaček, Dr. F. Novák und Dr. Z. Trdlička von Institut für Mineralrohstoffe von Kutná Hora für die Bemerkungen und Hilfe bei der Forschung herzlichen Dank ausdrücken zu können. Den Ing. Z. Řanda und Dr. J. Ševců aus demselben Institut ist der Verfasser für Rhenium- und Röntgenanalysen sehr zu Dank verpflichtet.

Der beschriebene Molybdänit-Kristall wird in den Sammlungen des National Museum in Praha angelegt.

Übersetzt von RNDr. Z. Trdlička.

L I T E R A T U R

- BASITOVA S. M. [1961]: Rasprostraneniye renija v molibdenitach. — Sbornik „Renij“, Akad. nauk, 7—11, Moskva.
- BENEŠ K. et al. [1963]: Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200 000, M — 33 — XXII, Jihlava. Praha.
- BENEŠ K. et al. [1964]: Geologická mapa ČSSR 1:200 000, M — 33 — XXII, Jihlava. Praha.
- BERNARD J. H. [1965]: Uplatnění molybdenitu v čs. části Českého masívu. — Věst. Ústř. úst. geol., 40, 253—261.
- BERRY L. G. — THOMPSON R. M. [1962]: X-ray powder data for ore minerals. — The Peacock atlas. New York.
- BROWN A. P. [1896]: The crystallization of molybdenite. — Proc. Acad. Nat. Sci., 210—211. Philadelphia.
- CAPITANT M. — FRANCOIS J. — PICOT P. — TROLY G. [1963]: Hautes teneurs en rhénium dans une molybdénite de Kipushi. — Compt. Rend. Acad. Sci., 257, 3443—3444.
- ČUCHAROV F. V. et al. [1960]: Mineraly. Tom I. Moskva.
- ČUCHAROV F. V. [1969]: Briefliche Mitteilung.
- FARAMAZJAN A. S. — AKOPJAN A. G. [1963]: Renij v nekotorych molibdenovych rudo-projavlenijach Ajocdorskogo rudnogo rajona. — Akad. nauk SSR, ser. geol. geograf. nauk, 16, 61—66.
- FERSMAN A. E. [1953]: Izbrannye trudy. Tom I. Moskva.
- FERSMAN A. E. [1955]: Izbrannye trudy. Tom III. Moskva.
- FERSMAN A. E. [1960]: Izbrannye trudy. Tom VI. Moskva.
- FLEISCHER M. [1959]: The geochemistry of rhenium with special reference to its occurrence in molybdenite. — Econ. Geol., 54, 1406—1413.
- FLEISCHER M. [1960]: The geochemistry of rhenium-addendum. — Econ. Geol., 55, 607—609.
- FRANK F. C. [1949]: The Influence of Dislokations on Crystal Growth. — Disc. Farad. Soc., 5, 48.
- GOLDSCHMIDT V. [1913—1923]: Atlas der Krystallformen. Heidelberg.
- GRAESER S. [1964]: Über Funde der neuen rhomboedrischen MoS₂ — Modifikation (Molybdänit — 3R) und von Tungstenit in den Alpen. — Schweiz. Min. Petr. Mitt., 44, 121—128.
- HONIGMAN B. [1958]: Gleichgewichts- und Wachstumsformen von Kristallen. Darmstadt.
- HUBER M. H. [1943]: Die Kluftminerallagerstätten im südöstlichen Gotthardmassiv. — Schweiz. Min. Petr. Mitt., 23, 512.
- KOSTOV I. [1962]: Genetičeskije tipy gabitusov mineralov. — Mineral. sb. Lvovskogo geol. obšč., 16, 75—90.
- KRATOCHVÍL J. [1966]: Topografická mineralogie Čech, díl VIII. Rejstřík. Praha.
- KUNCÍŘ J. — BENADA J. — ŘANDA Z. — ZÁLESKÝ Z. [1967]: Vývoj radiochemických metod. — Zpráva Ústavu nerostných surovin, Kutná Hora. Nепublikováno.
- KVAČEK M. — TRDLIČKA Z. [1970]: Die Rhenium- und Selengehalte in den Molybdäniten der Böhmisches Masse. — Acta Univ. Carol. — Geologica, 2, 105—111.
- LEMMLEJN G. G. [1948]: Sektorialnoje strojenie kristallov. Moskva.
- LOSERT J. — FIŠERA M. [1964]: Roches nodulaires quartzo — sillimaniteuses dans les complexes cristallins du Moldanubicum. — Noyau du Massif de la Bohême, AZOPRO Session, 9—13. Praha. 192—197.
- MEIXNER H. [1952]: Über einige typomorphe Minerale aus den Ostalpen. — Geologie, 1, 197—200. Berlin.
- MEIXNER H. [1968]: Briefliche Mitteilung.
- NIGGLI P. — KOENIGSBERGER J. — PARKER R. L. [1941]: Die Mineralien der Schweizeralpen. — Basel.

- NODDACK I. — NODDACK W. (1931): Die Geochemie des Rheniums. — Z. phys. Chem., 154 A, 207—244.
- NOVÁK F. — DRÁBEK M. (1965): Mikrochemismus některých sulfidů ze širšího okolí Čáslavi a Kutné Hory. — Sbor. Oblast. musea v Kutné Hoře, řada B, seš. 6, 5—36.
- PALACHE CH. — BERMAN H. — FRONDEL C. (1946): The system of Mineralogy. I. New York.
- POPLAVKO E. M. — MARČUKOVA E. D. — ZAK S. Š. (1962): Renievyy mineral v rudach Džezkazganskogo mestoroždenija. — Dokl. Akad. nauk SSSR, 2, 433—436.
- RANKAMA K. — SAHAMA TH. G. (1952): Geochemistry. Chicago.
- RILEY G. M. (1967): Rhenium concentration in Australian molybdenites by stable isotope dilution. — Geoch. Cosmoch. Acta, 31, 1489—1497.
- ROSICKÝ V. (1929): Krystalografie. I. Praha.
- ŘANDA Z. — BENADA J. — KUNCÍŘ J. — VOBECKÝ M. (1970): Determination of rhenium and other trace elements in molybdenites by means of instrumental neutron activation analysis. — Radiochem. radioanal. letters, 3/4, 227—237. Lausanne, Budapest.
- STUDENIKOVA Z. V. — GLINKINA M. I. (1964): Evaljucija sodержanij molibdena i wolframa v porodach geosinklinalnoj zony Severnogo Kavkaza i svjaz ich s obrazovaniem rudnych mestoroždenij. — Chimija zemnoj kory. Tom II, 349—363. Moskva.
- TAUSON L. V. (1961): Geochimija redkich elementov v granitoidach. — Moskva.
- VLASOV K. A. et al. (1964): Geochimija, mineralogija i genetičeskije typy mestoroždenij redkich elementov. I. Moskva.
- VINOGRADOV A. P. (1962): Srednije sodержanija chimičeskich elementov v glavnych tipach izveržennych gornych porod zemnoj kory. — Geoch., 7, 555—571.
- VTĚLENSKÝ J. (1951): Příspěvek k topografické mineralogii širšího čáslavského okolí. — Čas. Národ. musea, 120, 35—43.
- VTĚLENSKÝ J. (1954): Sfen z Pekla u Habrů. — Rozpravy ČSAV, 64, 1—20.
- VTĚLENSKÝ J. (1956): Výskyt nikl-kobaltových rudních minerálů v Pekle u Habrů. — Čas. miner. geol., 1, 270—280.
- WEIBEL M. (1970): Briefliche Mitteilung.
- WHITE J. S., Jr. (1969): Schriftliche Mitteilung. Nationalmuseum, Washington.
- ZAMBONINY F. (1905): Über die Drusenminerale des Syenits von Biella. — Zs. Krist., 40, 206—209.

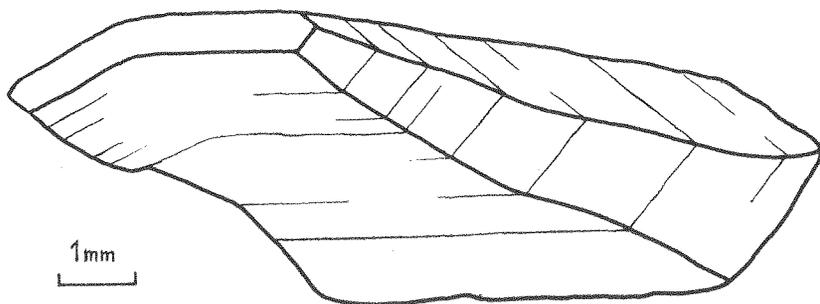


Abb. 1. — Deformierter Kristall des Molybdänits von Peklo bei Habry.

Abb. 2. — Kristall des Molybdänits aus der alpinen Paragenese von Peklo bei Habry. Naturlänge 1 cm, -Breite 0,5 cm und -Höhe 0,4 cm. — Photo K. Klement.

