

František Pošepný

Geneze rudních ložisek

Z anglického originálu „The Genesis of Ore Deposits“ s předmluvou R. W. Raymonda ke 2. vydání přeložili Věra Příbylová a Zdeněk Pouba

S doslovem Zdeňka Pouby a s biografií F. Pošepného od Jiřího Majera



Vydal Ústřední ústav geologický
v Akademii, nakladatelství Československé akademie věd
Praha 1986

Obsah

| | |
|---|----|
| Předmluva k druhému vydání | 11 |
| Poznámky redakce k českému vydání | 12 |
| Úvod | 13 |

Část I

| | |
|---|----|
| Obecná fakta a teorie (1) | 15 |
| 1. Dosud užívané systémy klasifikace | 15 |
| 2. Pojetí práce a stanoviska | 20 |
| 3. O epigenetických ložiskách obecně (21) | 21 |
| 4. Cirkulace podzemní vody | 25 |
| A. Vadózní podzemní cirkulace | 26 |
| Vyplňování volných prostorů vzniklých vadózní cirkulací | 31 |
| B. Hlubinná podzemní cirkulace | 33 |
| Vody zastižené v dolech | 35 |
| Příbuzné jevy blízko povrchu | 37 |
| Povrchové minerální prameny | 41 |
| Chemické složení minerálních vod | 43 |
| Vedlejší kovové příměsi v minerálních vodách | 47 |
| Změny způsobené minerálními výrony | 49 |
| Strukturní znaky usazenin minerálních pramenů | 52 |
| 5. Vznik rudních ložisek v hloubce zemské kůry (3) | 53 |
| O způsobu vyplňování volných prostorů obecně | 62 |

Část II

| | |
|--|-----|
| Příklady typů ložisek | 71 |
| 1. Rudní ložiska v rupturách (4) | 72 |
| Obecné rysy a příklady | 72 |
| a) Rudní žíly ve zvrstvených sedimentárních horninách | 79 |
| Clausthal; Andreasberg | |
| b) Rudní žíly v blízkosti eruptivních těles | 81 |
| Krušné hory; Příbram | |
| c) Rudní žíly uvnitř velkých eruptivních formací | 83 |
| Slovensko; Zlatonosná pole Dacie; Roşia Montană; Vilcoi; Ložisko Comstock | |
| 2. Rudní ložiska v rozpustných horninách | 93 |
| Výplně dutin vytvořených rozpouštěním hornin a metasomatická ložiska | 93 |
| Rodna; Baia de Arieş; Băita; Raibl; Severní Anglie; Leadville, Colorado; Red Mountain, Colorado; Utah; Nevada; Missouri a Wisconsin; Dúl la Motte; Wisconsin | |
| 3. Ložiska ze zvrstvených horninách, ložiska metasomatická a metamorfovaná (79) | 114 |
| a) Rudní ložiska ve zvrstvených horninách | 115 |
| Ukládání rud z mořské vody; Ukládání rud ze sladké vody; Mansfeldské břidlice; Médinosné břidlice v Durynsku a Čechách; Vestfálsko; České médinosné pískovce; St. Avoild; Ložisko olova v Mechernichu; Freihung; Silver Reef; Ložiska mědi v Novém Mexiku a Arizoně; Boleo, Kalifornský poloostrov | |

| | |
|---|-----|
| b) Metasomatická ložiska v rozpustných horninách | 125 |
| Ložiska kalamínových rud; Laurion; Alsasko; Cumberland; Carniola | |
| c) Ložiska v krystalických břidlicích a erupivních horninách | 129 |
| Taberg, Švédsko; Cornwall; Skandinávie; Ammeberg; Prettau v Tyrolsku; Lake Superior; Sudbury, Kanada | |
| 4. Sekundární ložiska (6) | 138 |
| a) Chemické účinky | 138 |
| Ložisko limonitu blízko Rio Tinto, Španělsko | |
| b) Mechanické účinky | 142 |
| Verchoviky (7) neboli povrchová ložiska in situ; Teorie (I) o klesání těžších složek; Říční klastika; Mořská klastika; Kačkanarská oblast na Urale; Rýžoviště platiny; Rýžoviště cínu | |
| c) Sekundární ložiska (6) starších geologických formací | 147 |
| Deadwood, Jižní Dakota; Australasie; Jižní Afrika; Čechy | |
| Souhrn názorů Františka Pošepného na původ rudních ložisek (Z. Pouba) | 151 |
| Vysvětlivky a poznámky překladatelů (Z. Pouba) | 159 |
| Život a dílo Františka Pošepného (J. Majer) | 169 |
| Bibliografie prací Františka Pošepného (sestavila V. Horáková) | 178 |

Řazení obrázků a příslušných vysvětlivek

| | |
|--------------------|------------|
| Obr. 1—9 | str. 28—29 |
| 10—24 | 54—55 |
| 25—35 | 66—67 |
| 36—39 | 74—75 |
| 40—44 | 76—77 |
| 45—52 | 84—85 |
| 53—57 | 88—89 |
| 58—63 | 94—95 |
| 64—71 | 98—99 |
| 72—79 | 108—109 |
| 80—90 | 126—127 |
| 91—100 | 132—133 |

Předmluva k druhému vydání

První vydání tohoto svazku, který vyšel v roce 1895^{*)} a obsahoval pouze slavné pojednání Pošepného a s ním přímo spojené diskuse, bylo rozebráno vzhledem k neočekávaně velké poptávce ze strany studentů, učitelů a důlních inženýrů z praxe. Ústavní rada povolila publikaci nového vydání, které mělo být původně pouhou reprodukcí prvního, rozšířené o biografickou poznámku o význačném autorovi. Avšak referáty na toto téma přednesené na setkání ve Washingtonu v únoru 1900 vedly k rozhodnutí, aby tyto referáty a diskuse k nim byly zahrnuty do nového vydání.

Při přípravě nového vydání se zjistilo, že není možné začlenit všechny důležité práce, které byly publikovány před rokem 1900, ani práce s příbuznými náměty, jako je klasifikace rudních ložisek, popis jednotlivých ložisek atd., které byly od té doby vydány. Poznámka vědeckého tajemníka, která představuje dodatek k tomuto svazku,^{**)} podává mnoho důkazů o tom, že hodnotný materiál z tohoto oboru obsažený v Transakcích ústavu značně přesahuje možnost jediné knihy. Vydání svazku nemá však bránit nikomu, kdo chce získat celkovou představu o ložiskové problematice, aby nahlédl do prací, které v něm nejsou obsaženy. Bylo by snadné poukázat na mnohé práce, které jsou svou hodnotou rovnocenné s pracemi zde publikovanými. Mohu pouze vyjádřit politování, že nebylo možné všechny do tohoto svazku začlenit, ale je potěšující, že se nashromáždilo tak velké množství důležitého vědeckého materiálu.

Prosinec 1901

R. W. Raymond

^{*)} Svazek má uveden rok 1893 (pozn. překladatele)

^{**)} Je připojen pouze v originále

Poznámky redakce k českému vydání

V textu jsou zachovány vysvětlivky a odkazy autora, které jsou umístěny **na příslušných stránkách dole a na rozdíl od originálu průběžně číslovány.**

Kurzívnými číslicemi v závorkách jsou uvedeny vysvětlivky prof. Pouby, které jsou připojeny za textem (str. 159—168).

Obrázky jsou zachovány **v tabulích, které jsou na rozdíl od originálu připojeny s vysvětlivkami k příslušným kapitolám textu; jejich řazení je uvedeno za obsahem na str. 10.**

Je přiložena předmluva R. W. Raymonda k druhému vydání, které je nejúplnější (k prvnímu vydání předmluva nebyla napsána).

Diskuse amerických a dalších geologů k práci F. Pošepného, která je součástí druhého vydání jeho díla, nebyla zadána k překladu pro její **mimořádný rozsah, přesahující objemem dílo Pošepného.**

Úvod

Všichni seriózní badatelé, zabývající se problémem geneze rud, jsou si vědomi jeho složitosti a neřešitelnosti za současného stavu našich znalostí. Zatím rozumíme pouze jednotlivým a jednoduchým rudním výskytům, ale složitější jevy jsou příčinou neshody a často naprosto protichůdných názorů, což potvrzuje, že jsme ještě daleko od pravdy, pokud jde o otázku původu rudních ložisek. Jejím řešení jsem se věnoval celý svůj život a přesto musím přiznat, že to málo, čeho jsem dosáhl, tvoří nepatrnou část toho, co zbývá zodpovědět. Nicméně jsem v této práci shromáždil některé ze svých osobních názorů, k čemuž jsem byl veden hlavně proto, abych je předložil svým americkým kolegům k úvaze a diskusi.

Díváme-li se na poněkud složitější rudní ložisko, musíme přiznat, že povrchní, zběžné zkoumání nepřináší uspokojivé výsledky. Avšak literatura v tomto oboru nás odkazuje hlavně na takové materiály. Dokonce ani pojednání, zakládající se na dlouholetých hlubokých studiích, nevyčerpávají všechny možnosti. Jsou totiž ovlivněna současným stavem vývoje pomocných věd, současným stupněm prozkoumanosti a odkrytosti zkoumaných ložisek a osobními názory autorů.

Těžba neustále poskytuje nové důkazy v nových odkryvech, ale současně ničí staré; a jestliže ty nebudou vědě zachovány dříve než bude pozdě, budou navždy ztraceny. Veškerý těžební průmysl je svou povahou pomíjivý, ale národ, který svěří horníkům těžbu svého nerostného bohatství za určitých podmínek, má právo požadovat, aby vědomosti získané na úkor části národních zisků byly k dispozici vědě.

Část I

Obecná fakta a teorie (1)

1. Dosud užívané systémy klasifikace

Studie jednotlivých ložisek zahrnují pochopitelně dohady týkající se jejich geneze. Mnohé monografie obsahují důležité údaje, které jsou u podrobněji prozkoumaných rudních ložisek tak dobře známé a tak obšírné, že vybízejí k systematickému uspořádání a vysvětlení jejich původu. Zpočátku se v podobných klasifikacích uvažovala pouze forma rudního ložiska, později bylo zahrnuto také jalové okolní prostředí. Z tohoto hlediska, bohužel dosud zastávaného některými čistě empirickými odborníky, se zemská kůra dělí hlavně na rudonosné a jalové horniny.

A právě pravé žíly, svého času hlavní předmět těžby, podnítily dohady a diskuse, které jsou nyní zajímavé pouze z historického hlediska.¹ Jako první vytvořil vědeckou teorii A. Werner. Rozlišoval rudní ložiska vzniklá současně s horninami, které je obklopují, a ložiska, která vznikla později, a dokázal jednou provždy, že rudní žíly jsou trhliny vyplněné rudními minerály. Tím stanovil nejdůležitější charakteristiku „primárních“ a „sekundárních“ formací (9). Pokud jde o způsob, jakým se trhliny plnily, Wernerova teorie — založená na poměrně omezených pozorováních — se jako mnohé z jeho neptunistických názorů neudržela; tato otázka však dosud nebyla zodpovězena s konečnou platností (10).

Je zvláštní, že mnozí systematici vyčítali Wernerovi, že do svého systému zavedl genetický princip, který se oni snažili vyloučit, a omezovali se na tvar ložiska, který jim byl vodítkem. Proto Waldenstein (op. cit., str. 5) rozlišoval a) deskovitá ložiska (vrstvy a žíly); b) ložiska tvaru pně, ležící vodorovně nebo strmě ukloněná; a c) roztroušené mineralizace (11) jako hnízda a kapsy.

Dokonce Cotta, jinak vážný zastávce geologických principů, klasifikoval rudní ložiska podle jejich formy a typu jako vrstvy, žíly a masy, přidáváje novou, poněkud neurčitou skupinu „impregnační“. Také J. Grimm² se řídil hlavními

¹ Příkladem je období od r. 1556 do r. 1791, tj. od G. Agricoly až po A. Wernera. Viz též *Die Besonderen Lagerstätten der Mineralien*, J. Waldauf von Waldenstein, Wien, 1824, s. 164., etc.; *Die Lehre von den Erzlagerstätten*, B. von Cotta, 2. vydání, Freiberg, 1859, s. 85, a anglický překlad F. Prime; J. A. Phillips: *Treatise on Ore-Deposits*, London, 1884, s. 74, etc.

² *Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien*, Prague, 1869.

zásadami staré klasifikace: do svého systému zahrnul eruptivní rudní brekcie, které osobně prozkoumal, a deskovité rudní segregace (12) a určil nejenom rudní vrstvy (Erzlager), ale také určitá vrstevní tělesa (Lagerstöcke) jako sedimentární formace. Dr. A. von Groddeck³ se řídil genetickými zásadami, které již začínají převládat. Rozlišoval a) primární ložiska a b) sekundární klastická ložiska. První skupinu dále rozdělil na: 1. ložiska vzniklá současně s okolní horninou a mající vrstevní charakter (rudní lože, stratiformní koncentrace apod.) nebo ložiska masívní rudy v magmatitech; 2. ložiska, která se vytvořila později (výplně dutin, žíly, kavernová ložiska (13), metamorfní ložiska). Rudní vrstvy (Erzlager) určil jako sedimentární a do svého systému zahrnul kavernová a metamorfní ložiska, aniž podrobně popsal jejich výskyt. Prohlásil, že rozmanité produkty přírody nelze vtěšnat do klasifikačního systému a že jediným účelem jeho obecného systému, stejně jako všech ostatních, je uspořádat materiál získaný pozorováním tak, aby vyhovoval komplexnímu studiu.

Groddeckův popis řady ložiskových forem je nesmírně originální. Předkládá mnoho typů, které jsou charakterizovány hlavně různým minerálním obsahem ložisek a jeho rozmanitými kombinacemi a přechody. Je zřejmé, že jeho ideálem bylo vytvořit systematický obraz různých hledisek. Jestliže jsem správně pochopil jeho ústní sdělení, chtěl znázornit hlediska souřadnicemi, jejichž průsečík by určil typ ložiska. Jeho názor je správný, ale předpokládá důkladné znalosti, které bohužel nemáme. Můj způsob nazírání na tuto otázku mu byl nerosozumitelný, jak vyplývá z jeho vyjádření v pozdějších publikacích.⁴ Zdálo se mu kaciřské pochybovat o tom, že se ruda mansfeldské měďnaté krystalické břidlice ukládala současně s horninou, ačkoliv jsem ho ujišťoval, že můžeme pochybovat do té doby, dokud se nenaskytne chemický a fyzikální důkaz takového způsobu ukládání.

Je pravda, že Groddeckův systém zahrnuje metamorfní ložiska, ale bez určité definice a názorných příkladů. V odpovědi na Stelznerovu⁵ kritiku tohoto nedostatku uvádí, že do této třídy zahrnul také ložiska, která se vytvořila přeměnou hornin, nazývanou Stelznerem metasomatóza. Mineralizace takto vzniklé nemohou však být považovány za samostatná ložiska, neboť jsou pouze náhodnými průvodními jevy vyplňování dutin. Jinými slovy, přiznává pouze podřadný význam jedné z nejjasnějších a nejdůležitějších genetických pomůcek klasifikace, kterou poskytuje výskyt hornin přeměněných na rudu. Poté, co přiznal, že by se klastická ložiska měla pravděpodobně zahrnout do zvrstvených ložisek, omezuje svůj systém na čtyři hlavní třídy: 1. zvrstvená nebo sedimentární lo-

³ Die Lehre von den Lagerstätten der Erze. Ein Zweig der Geologie, Leipzig, 1879.

⁴ „Bemerkungen zur Classification der Erzlagerstätten“, Oesterr. Zeitschr., 1885; Rev. Univ. des Mines, 1886, XIX; Gornoj Jour., 1886, III, s. 430. „Unverständlich ist es mir, dass Pošepný, der sich so grosse Verdienste um die Kenntnisse der Erzlagerstätten erworben hat, das Vorkommen sedimentärer Erze ganz ignoriert“, etc.

⁵ Citováno v Das neue Jahrbuch für Mineralogie, II, 1880, s. 50.

žiska; 2. ložiska masivních nebo intrudujících rud (14); 3. výplně dutin; 4. metamorfni a metasomatická ložiska. Tím se podstatně přibližuje mému názoru, který slučuje první dvě třídy do jedné skupiny jako současná se základní horninou, s tou výhradou, že současnost ověřovaná stratigraficky by se měla ověřit jinými důkazy, nežli autor uvádí.

Zatímco práce J. Grimma zahrnuje veškerá užitková ložiska, omezuje se Grodeckova práce na rudní ložiska, ačkoliv by bylo možné do tohoto systému zařadit také sůl, uhlí a jiné suroviny.

V Anglii a Americe se na tuto otázku pohlíží různě, zejména však z praktického hlediska, a zvrstvení se považuje za rozhodující faktor. Pokud vím, tato koncepce se poprvé objevuje v člancích J. D. Whitneyho,⁶ který dělí minerální ložiska hlavně na 1. povrchová, 2. zvrstvená a 3. nezvrstvená. Zvrstvená ložiska jsou rozdělena na a) ložiska, ve kterých užitkový minerál tvoří většinu vrstvy, b) ložiska, ve kterých je roztroušen v sedimentárních vrstvách a c) ložiska původně usazená z vodního roztoku, ale později metamorfovaná. Nezvrstvená ložiska jsou rozdělena na nepravidelná, která se dále dělí na a) mineralizace vyvřelého původu, b) vtroušená ve vyvřelých horninách, c) ložiska tvaru **pňů**, d) kontaktní ložiska, e) pásma vtroušených rud (15), a pravidelná, rozdělená na f) sekreční ložní žíly (12), g) „trhlinové“ žíly, tj. žíly vyplňující krátké dilatační trhliny (16) a h) pravé neboli „zlomové“ žíly (17).

Nacházíme zde vysvětlení termínu „trhlinové“ žíly (16), který je v Evropě neznámý. Whitney říká (op. cit., str. 225):

„Ložní sekreční žíly (12), které jsou vlastní změněným zvrstveným nebo metamorfovaným horninám, jsou obvykle rovnoběžné s foliací a nezávislé na hloubce. Trhlinové žíly mohou procházet formací pod jakýmkoliv úhlem, ale jsou především charakteristické pro nemetamorfované sedimentární horniny. Pravé žíly jsou tvořeny žilovinou, doprovázenou rudními minerály, uvnitř dislokace nebo trhliny, která vznikla endogenní příčinou a pro niž se dá předpokládat, že pokračuje do neurčité vzdálenosti do hloubky.“

R. Rumpelly⁷ vytvořil poněkud jinou klasifikaci a rozlišuje: I. povrchová ložiska — 1. reziduální, 2. říční, 3. jezerní a bahenní; II. ložiska závisející na textuře okolní horniny nebo na jejím minerálním složení, nebo na obou faktorech — 1. roztroušené koncentrace, dále rozdělené na a) impregnace a b) ložní pásma vtroušených sulfidů (15), 2. nahromaděné koncentrace zahrnující a) čočkovité, b) nepravidelné masy nebo „pně“, c) síťovité žíly neboli „žilníky“, d) kontaktní ložiska; III. ložiska vzniklá vyplněním existujících dutin nebo otevřených trhlín — 1. kavernové uložení (13), 2. „trhlinové“ žíly (16), 3. žíly vyplňující průběžné poruchy (17).

⁶ Report of a Geological Survey of the Mississippi Lead Region, Albany, 1868, s. 224, a The Metallic Wealth of the United States, Philadelphia, 1854, s. 34.

⁷ Protože nemám originální práci, cituji z monografie S. F. Emmonse: Geology and Mining Industry of Leadville, Washington, 1886, s. 373.

Dr. R. W. Raymond,⁸ který se v hlavních rysech řídil klasifikací Lottnera,⁹ rozlišoval: I. povrchová ložiska — 1. ložiska klastická (rýžoviska), 2. povrchové formace na místě (bahenní ruda apod.); II. uzavřená (18) ložiska — 1. lištovitá neboli deskovitá, dělicí se na a) žíly a b) vrstvy a sloje, 2. masívní ložiska (11) dělicí se na a) rudní shluky a b) rudní impregnace atd. a 3. jiná nepravidelná ložiska, jako a) kapsy ve velkých ložiskách, b) izolované mineralizace, „trhlinové žíly“ (16) atd.

Prof. J. S. Newberry¹⁰ se drží hlavně klasifikace podle J. D. Whitneyho, s několika novými vlastními prvky, jejichž hodnotu správně odhadl Raymond.¹¹

J. A. Phillips¹² uvažuje podobně. Prohlašuje, že pečlivé studium původu, struktury a složení rudních ložisek ospravedlňuje jejich rozdělení do následujících skupin: 1. ložiska povrchová — a) vytvořená mechanickým působením vod, b) vytvořená chemickým působením vod; 2. zvrstvená — a) představující většinu rudních vrstev, které vznikly vysrážením z vodních roztoků, b) vrstvy původně uložené z roztoků, ale později změněné metamorfózou, c) rudy roztroušené v sedimentárních vrstvách, ve kterých byly uloženy chemicky; 3. nezvrstvená — a) „pravé žíly“ (17), b) sekreční žíly, c) „trhlinové žíly“ (16), d) impregnace, e) žilníky, f) polohy vtroušených sulfidů (15), g) kontaktní ložiska, h) komory nebo kapsy.

Ve Francii se vynaložilo poměrně málo úsilí na vytvoření klasifikace ložisek; větší pozornost se věnovala syntéze minerálů, vysvětlování geologických procesů na základě experimentu a snaze ověřit různé teorie (1) studiem minerálních ložisek v různých zemích. V mnohých případech se prováděla pozorování ne proto, aby se získal materiál pro nové závěry, ale aby se prokázala pravdivost existujících teorií, jako například teorie Elie de Beaumonta o „pentagonální symetrii“, která se projevuje mezi minerálními žilami a průběhem pohoří apod.

V poslední době začalo ve francouzské škole převládat chemické hledisko a v pojednání, které právě vyšlo, se jeho autor De Launay¹³ vlastně pokouší založit systém rudních ložisek na čistě chemickém pohledu na tuto otázku. Rozlišuje 1. Gîtes d'inclusions (rudy jako původní složky eruptivních hornin), 2. Gîtes filoniens (obsahující rudy uložené v předem existujících poruchách v horninách) a 3. Gîtes sédimentaires (v nichž se uložily kovové složky v mořských nebo sladkovodních sedimentech buď klasticky, nebo chemicky. Na jiném místě se zmíním o tomto názoru, který v některých ohledech odpovídá mému.

⁸ Report of the Commissioner of Mining Statistics, Washington, 1874, a přetisk práce: Mines and Mining of the Rocky Mountains, New York, 1871, s. 373.

⁹ Bergbaukunde, Berlin, 1878.

¹⁰ „The Origin and Classification of Ore-Deposits“, School of Mines Quarterly, New York, March, 1880; také Eng. and Min. Journal, New York, vol. XXIX, 1880, s. 421 a 437. Eng. and Min. Journal, vol. XXX, 1880, s. 1.

¹¹ „A Treatise on Ore-Deposits“, London, 1884, s. 3.

¹² „Formations des Gîtes Metallifères“, Encyclopédie Scientifique, des Aide-memoires publiées sous la direction de M. Léauté, Paris, 1893.

Z předcházejícího výčtu názvů skupin a tříd několika zmíněných systémů je jasné, že zpravidla každé nové pozorování, považované pozorovatelem za důležité, bylo doplněno do tradiční koncepce. Ta se však zakládala převážně na rozdílech tvaru a druhu rudy ložiska a genetické principy — pokud vůbec byly známy — byly pro ni druhořadé. Pro ilustraci se mohu odvolat na třídu „trubkovitých žil“ a na vyčerpávající referát dr. Raymonda,¹⁴ kterým tuto třídu ruší. Na základě nezvratných pozorování jsem sám kdysi uvažoval o nové skupině intruzivních ložisek,¹⁵ v nichž se vyskytují rudy, které stmelují úlomky hornin v brekci. Brzy jsem se ale přesvědčil pozorováním jiných výskytů, které bylo stejně obtížné zařadit do existujícího systému, že se celý systém musí změnit, aby mohl pojmut nová fakta, pozorovaná v průběhu doby, aniž by tím ztratil platnost (19).

Stálý a úplný systém nemůže být sestaven, pokud nebudou známa všechna určující fakta — jinými slovy, všechna rudní ložiska. Tak tomu pravděpodobně nebude nikdy. Při těžební činnosti získáváme stále nová pozorování, která navíc mohou zahladit dřívější poznatky, takže je nemůžeme ověřovat a srovnávat.

V oboru tak složitém, jako je nauka o rudních ložiskách, je však naprosto nezbytné, abychom měli všeobecný přehled — určitý systém, shrnující známá fakta. Je pochopitelné, že při vytváření systému se zdůrazňují charakteristické morfologické rysy, protože jsou pro horníky nejrozsuditelnější, kdežto genetické rysy zůstávají v pozadí. To by však nemělo bránit genetickému výzkumu a postupujícímu poznávání skutečných vztahů. Genetický systém se neobejde bez hypotéz a možná, že nám po nějakou dobu nebude přinášet praktický užitek; ale jako každý jiný pěstovaný obor geologie nabude trvalejších hodnot v pravý čas.

V roce 1879 byla v Báňské akademii v Příbrami založena nová katedra geologie minerálních ložisek, kterou jsem vedl asi deset let. Jak název naznačuje, jejím účelem nebylo pouze vyučování v obvyklém oboru „nauka o ložiskách“ a nebyl to ani kurs geologie připojený ke školení v technice báňského dobývání, jak by se dalo odvozovat od názvu „Montangeologie“ neboli „důlní geologie“. Hlavní náplní, kterou jsme měli na zřeteli, bylo studium geneze ložisek nerostných surovin. V této práci chci podat výklad o obsahu svých přednášek, které, až na několik výtahů, nebyly nikdy publikovány.

¹⁴ Trans. A.I.M.E., VI, 1887, s. 393.

¹⁵ „Ueber typhonische Gesteinsmassen“, Verh. d. k.k. Reichsanst., 1871, s. 94.

2. Pojetí práce a stanoviska

Je pochopitelné, že hlavní genetický rozdíl mezi ložisky tkví v poměru rud k okolním horninám, podle něhož lze rozlišovat ložiska vytvořená současně s okolními horninami a ložiska, která se v nich vytvořila následně.

Zemská kůra se skládá z jednotlivých minerálů, z nichž jsou složeny horniny. Největší část pevné zemské kůry, jak ji známe, tvoří dva nebo tři tucty těchto horninotvorných minerálů. Zbytek, mnohem větší co do počtu druhů a rozmanitosti, zdobí naše sbírky minerálů; ten však představuje bezvýznamnou část hornin. Větší část této skupiny tvoří řady minerálů, vyskytujících se v rudních ložiskách; původ většiny z nich v horninách byl nepochybně epigenetický — např. veškeré výplně dutin, které se pochopitelně mohly vytvořit teprve po vzniku hornin. Epigenetický vznik některých minerálů, které se nevyskytují ve výplních dutin, je méně zřejmý. Někdy se nacházejí i ve společnosti horninotvorných minerálů, ale vyskytují se v poměrně malém množství.

Máme dvě hlavní skupiny minerálních agregátů: skupinu hornin a skupinu, kterou budeme souhrnně nazývat minerální ložiska. Do první skupiny náleží minerály původní, současně vzniklé s horninou, minerály druhé skupiny jsou cizinci v horninách, ve kterých se vyskytují. Minerály těchto dvou skupin se mohou tudíž označit jako syngenetické (20) a epigenetické (21).

Není nutné zde uvažovat o různém původu hornin, neboť jako východisko bereme již vytvořené horniny. Jednoznačně sedimentární horniny se skládají z úlomků hornin starších formací — syngenetických i epigenetických. Kromě mechanických sedimentů v nich musíme rozlišovat chemické sraženiny a organické produkty.

Sediment v pánvi je drť nanesená z pevniny a uložená ve formě plochého, širokého kuželu. Klastické sedimenty by tedy měly mít tento tvar, ačkoliv vypadají jako vodorovné ploché vrstvy. Na druhé straně probíhá ukládání chemické usazeniny ve vodě a její tvar v pánvi představuje vrstvu dokonaleji. Vedle organických zbytků nacházíme někdy jak v sedimentech, tak ve sraženinách jemně rozptýlené organické substance, které tvoří bitumenní partie hornin. Avšak podle nejrozšířenějšího názoru se velké množství rostlinných látek, tvořících uhelné vrstvy, ukládalo v bažinách — nejsou to tudíž ani sedimenty, ani sraženiny. Několik uhelných vrstev, vyvinutých nad sebou, naznačuje pomalý pokles dna pánve, která se občas naplnila usazeninami z řek do takové míry, že vegetace mohla opět zapustit kořeny.

Z tohoto pohledu se uhelná pánev s několika vrstvami stává měřítkem poklesu, který je nepochybně příčinou vzniku každé velké pánve, což je naprosto zřejmé hlavně u pánví s uhelnými slojemi.

Zmiňuji se o výše uvedených jevech proto, že naznačují původní neshody

ve stratifikaci jak mezi samotnými sedimentárními vrstvami, tak i mezi nimi a chemickými sraženinami a organogenními formacemi.

Jestliže nalezneme uprostřed těchto formací rudy ležící mezi dvěma vrstvami, není to ještě důkaz o jejich sedimentárním nebo precipitačním původu. Původ se musí prokazovat u každého případu zvlášť, neboť za současného stavu znalostí nemůžeme rozhodnout, jakým způsobem se vytvořily např. akumulace sulfidů, tak charakteristické v rudních ložiskách.

Pokud jde o vyvřelé horniny, nevíme, jaké byly původně, protože je studujeme po zchladnutí. Okamžitě ale zjistíme, že železo, kov hojně rozšířený v rudních ložiskách a v přírodě obecně, se v těchto horninách vyskytuje primárně především ve formě magnetitu, minerálu nápadně kovového vzhledu.

Tento syngenetický prvek vyvřelých hornin se dá zjistit bez pomoci chemie; kromě železa však můžeme chemickými metodami nalézt stopy jiných kovů. To nás vede k předpokladu, že vyvřelé horniny vynesly celou řadu těžkých kovů z oblasti „spodní části zemské kůry“ a ze „zemského pláště“ (22) do naší „litosféry“, a že tedy pravděpodobně kovy našich rudních ložisek pocházejí z oblasti těchto zemských zón. De Launay považuje tento předpoklad za prokázaný. Odvozuje a priori všechny těžké kovy našich rudních ložisek od vyvřelých hornin a na této hypotéze staví celý systém.

3. O epigenetických ložiskách obecně (21)

První otázka vztahující se k epigenci neboli k epigenetickým minerálním ložiskům se týká prostoru, který potřebuje každý epigenetický minerál nebo minerální agregát, aby se mohl vytvořit. Buď tento prostor byl k dispozici, nebo si jej roztok udělal vytlačení původního minerálu.

Ačkoliv se budeme zabývat hlavně volnými prostorami, které vznikly v horninách až po vytvoření samotných hornin, nesmíme zapomínat, že některé mohly v horninách být původně. Víme, že i v látkách o největší hmotnosti musí existovat dutiny nebo póry, protože například dostatečně velkým tlakem jimi můžeme protlačit rtuť. Navíc se ve vyvřelých horninách setkáváme s většími dutinami, které jsou schopny přijmout značné množství minerálů. Tyto jevy rozhodně musíme brát v úvahu, přestože budeme věnovat hlavní pozornost volným prostorám sekundárního původu.

Pokud jde o výplň, musím nejdříve podotknout, že minerální uložení, vytvořené na stěnách dutin z roztoků, které v nich cirkulují, mají obvykle charakteristickou strukturu, pro kterou navrhuji název „krustifikace“ jako protějšek „stratifikace“ (původně se jednotlivé krusty nazývaly minerální povlaky; Groddeck zavedl termín „krusta“, který je srozumitelný ve všech jazycích).

Nejčastěji se minerální krusty vyskytují koncentricky v pravidelném sledu

a vyplňují celou dutinu (kromě centrální části), čímž vytvářejí symetrickou krustifikaci. Nepokrývají však pouze stěny dutiny, ale povrch všech cizích těles v dutině, která tak tvoří jádra porostlá kůrou a tím tento jev značně komplikují. Uvidíme ale, že geodová dutina poslouží k vysvětlení vztahů krustifikace mnohem lépe než prostor v trhlině a že dutiny potažené krustou nám v tomto ohledu nebudou činit obtíže.

Někdy prošly minerální krusty druhotnou změnou (karbonáty byly nahrazeny křemenem apod.). Tím se krustifikace stává méně zřetelná, nebo se dokonce ztrácí. Zpravidla je však krustifikace charakteristickým rysem výplně dutiny.

Dutiny vznikají buď mechanicky, nebo chemicky a tyto dva případy se musí přesně rozlišovat. Prvý příklad může být výsledkem vnějších nebo i vnitřních sil, které jsou uvnitř samotné horniny. Dříve jsem nazýval takové prostory (hlavně vzhledem k doprovodným zlomovým jevům) „prostory dislokace“, ale domnívám se, že vhodnější termín by byl „prostory dilatační trhliny“ (odtržení). Druhý případ jsem dříve nazýval „prostory koroze“ (vzhledem k loužicímu účinku kapalin). Nyní bych jej chtěl nahradit výstižnějším názvem „prostory rozpouštění“.

Prostory rozpouštění se přirozeně vyskytují v rozpustných horninách, zvláště ve vápenci, a ukazují s překvapující jasností nepravidelnost cest, které podzemní vody tak často sledují. U povrchu nebo blízko něj často nacházíme kavernovité formace tam, kde se stýkají rozpustné a nerozpustné horniny; můžeme tedy usuzovat, že tento vztah také ovlivňuje podzemní cirkulaci (23). Roztok zřídka zasahuje do celého tělesa rozpustné horniny. Obvykle působí pouze na část, ve které tvoří více nebo méně nepravidelná pásma dutin, někdy tak velkých, že se do nich propadnou kusy nadloží a místně tak vznikají prostory zřícení. Dutina naplněná sekundárním minerálem, ať je její tvar jakkoli nepravidelný, obvykle vykazuje převládající směr, i když protíná vrstevnatost. To nám umožňuje rozeznat dráhu cirkulace kapaliny, které vděčíme za minerální ložisko (24).

Jak ukáží později, musíme předpokládat, že kapalina, která vytvořila prostor rozpouštění, také tento prostor vyplnila; oba procesy byly vlastně téměř současné. Nesmíme je však zaměňovat s metamorfními procesy, při nichž je palasom (25) vyháněn atom po atomu neosomem (26), neboť uložení v prostorech rozpouštění vždy vykazují zřetelnou krustifikaci, a tudíž každá jednotlivá krusta určitě našla volný prostor (27).

O vzniku trhlín bylo publikováno tolik názorů, že je zde nemohu uvést ani ve stručném výtahu. Rozlišujeme dvě skupiny trhlín. Do první skupiny patří ty, které nepřesahují jednu horninu, a síla, která je vytvořila, je pravděpodobně v oné hornině. Ve vyvřelinách to jsou obvykle kontrakční trhliny (28); ve vápencích a dolomitech je J. D. Whitney nazval trhlinovými žilami (16).

Volné prostory druhé skupiny zasahují z jedné horniny do druhé. Síla, která je vytvořila, byla mimo dotýčnou formaci. Značné pohyby jedné plochy poru-

chy podél druhé jsou často zřejmé, proto užíváme obecný název „dislokační trhliny“.

V jedné práci na toto téma¹⁶ jsem se asi před dvaceti lety pokusil ukázat, že každá trhлина v jakémkoliv materiálu musí být vlastně dislokační trhlinou; tendence k dislokaci (nestejně napětí v hornině) předchází vytvoření trhliny a kdykoli to podmínky v hornině umožní, vždy nastane dislokace stěn trhliny, dokonce i v kontrakčních trhlinách.

Pokud jde o výplně prostorů v trhlinách, nelze předpokládat, že představují otevřené prostory stejné šíře po celé své délce. Původní trhлина byla někdy cele nebo částečně uzavřená drtí, vznikající třením stěn nebo pohybem, event. „bobtnáním“ základní horniny nebo jinými příčinami. Pouze stále otevřená místa umožňovala aktivní cirkulaci roztoků a pravidelné ukládání jejich materiálu. V zatarasených částech byla cirkulace velmi pomalá nebo žádná. Když působil vysoký tlak a hornina obsahovala póry, kapalina nepochybně pronikala z trhliny do horniny a impregnovala ji minerálem; nebo byla rozpustná hornina napadena roztokem a vytvořily se prostory, které se zaplnily podobným způsobem jako trhлина sama.

To vysvětluje, proč se ve stejné plošné poruše střídají bohaté úložky s chudými nebo jalovými místy. Horník, doufaje, že narazí na bohatý úložek, vytrvale sleduje jalové stopy žíly podle známého pravidla průzkumu (29).

Z genetického hlediska jsou bohatší rudní akumulace zajímavé proto, že někdy tvoří více nebo méně pravidelné pásy v rovině žíly a nazývají se žilná tělesa, rudní sloupce, rudní protáhlé čočky atd. Tyto názvy reprezentují kanály, kterými prošly minerální roztoky. Výskyt takových různých forem na rudních ložiskách naznačuje rozdílnost tvaru přes jejich stejný způsob vzniku.

Původní dutiny v horninách (póry a kaverny po plynech) mohou být také vyplněny sekundárními minerály. V pórech se utvoří jemně roztroušená minerální substance, kterou Cotta označil termínem impregnace. Dutiny jsou často vyplněny minerály ze skupiny křemene (opál, chalcedon apod.) a ze struktury takových geod můžeme usuzovat, jakým procesem byly vyplněny.

Tam, kde minerální roztoky nenašly dutinu, získaly nutný prostor vytlačěním části původního materiálu. Jestliže jeden minerální jedinec byl nahrazen jiným, jako je tomu v případech pseudomorfózy, lze často povahu procesu odvodit ze srovnání složení obou těchto minerálů. Takto objevené zákonitosti se mohou často aplikovat na problémy původu minerálních agregátů. Mnohé jevy se však těžko vysvětlují, dokonce i při tvorbě pseudomorfóz — například u některých minerálů změna začíná uvnitř masy a postupuje ven apod. (30).

Tam, kde byla původní hornina zatlačena, musel nejdříve existovat přístup

¹⁶ „Geol. Betrachtungen über die Gangspalten“, *Jahrb. d. k.k. Bergakademie*, XXII, Wien, 1874.

pro roztoky, které proces zatlačování zahájily a provedly. To mohly umožnit původní malinké dutiny v hornině nebo drobné poruchy.

Původní látkou valné části pseudomorfóz jsou karbonáty, sírany a chloridy, které se také vyskytují jako složky hornin. Z toho lze usuzovat, že metamorfni a metasomatická ložiska se budou zvláště často vyskytovat v rozpustných horninách, jako je vápenec, dolomit apod., a že často můžeme očekávat jejich výskyt ve společnosti s ložisky, která vyplňují prostory vzniklé rozpouštěním.

Pseudomorfózy nám ukazují nahrazování krystalové formy jednoho minerálu druhým minerálem. Tento jev však neslouží k rozpoznání metasomatických ložisek. Hornina charakterizovaná zvláštní strukturou (laminací nebo rozpukáním) — jako například buněčná struktura Rauchwacke (Cargneule), bývá někdy nahrazena opět buněčnatým kalamínem. Navíc původní hornina mohla obsahovat fosilie, které byly spolu s ostatní horninou nahrazeny novým minerálem, který zachová jejich tvar; např. mlži a měkkýši bleiberského vápence v Korutanech a ve Wieslochu v Badenu byli fosilizováni galenitem a smithsonitem; brachiopodi jsou zachováni v silurských železných rudách (31) ve středních Čechách atd.

Pro studium tohoto procesu jsou nejdůležitější přechodné formy mezi dřívějším a pozdějším materiálem; například obaly pozdějšího materiálu na jádrech dřívějšího, jako limonit na sideritu nebo ankeritu. Stejně důležitý je výskyt opravdových pseudomorfóz, jako jsou pseudomorfózy kasiteritu po živci v žule v Cornwallu.

Poté co byl původní materiál atom po atomu vypuzen, musí být výsledné ložisko masívní a bez krustifikace (32).

Často jsou však k dispozici jedině negativní znaky metamorfózy. Je pouze patrné, že ložisko není shodné s původní horninou, nevzniklo v předem existujících prvotních nebo druhotných dutinách, a tudíž se zřejmě vytvořilo úplným zatlačením původní horniny (33).

Obecně lze rozlišovat dva druhy ložisek vzniklých přeměnami. V prvním nahradil nový materiál rozpustnější složky heterogenní horniny a výsledek se podobá dříve popsané impregnaci, ve které nový materiál zaujímá původní póry horniny. V druhém prošla přeměnou celá homogenní hornina nebo její část a ložisko má podobu vyplněných dutin.

Podle toho, co jsem již uvedl a dále doložím několika příklady, můžeme určit jisté typy ložisek, aniž bychom brali v úvahu jejich tvar. Některá ložiska se mohou tvarově shodovat s ložisky několika dříve uvedených typů, ale jiná, tvarově rozdílná, se vyskytují v jedné a téže skupině. Zdá se, že to nepotvrzuje praktickou užitečnost shora uvedených zásad morfologických klasifikací, ale jak jsem již řekl, naše znalosti ještě nestačí k sestavení konečného systému. To musí být cílem budoucích studií a je jasné, že naše čistě genetické faktory budou užitečnější než umělé znaky, založené na vnějším tvaru ložisek. Rozlišujeme tedy ložiska syngenetická (20) (tj. ložiska současně vzniklá s horninou) a ložiska

epigenetická (21) (ložiska pozdějšího původu, ke kterým náleží nejen rudní ložiska, ale minerální ložiska obecně). V souladu s některými staršími systémy k nim můžeme přidat ložiska klastická jako třetí třídu a ložiska sekundární (6) jako nejmladší ložiskové formace.

Ložiska epigenetická dělíme na ta, u kterých rudy pronikly do již existujících dutin (zaplnily prvotní dutiny, trhliny nebo prostory vzniklé rozpouštěním), a na přeměněná nebo metasomatická ložiska, která si prostor vytvořila sama tím, že zatlačila starší materiál.

Tvar všech těchto ložisek není stálý, ale závisí na různých geologických vlastnostech okolních hornin. V dřívějších klasifikacích byly zmínky o pravidelných formách ložiska spíše ideálem zvoleného systému. Ve skutečnosti jsou rudní tělesa v „žilách“ a „vrstvách“ nepravidelná a tvoří masy, pro které existují v různých jazycích nejrozmanitější termíny.

Nyní se musíme zaměřit na způsob vzniku různých ložisek. V současné době pravděpodobně nikdo nepochybuje o tom, že jsou převážně výsledkem procesu migrujících roztoků a ukládání. Ale takové zevšeobecnění nestačí. Předpokládané procesy se musí zakládat na skutečných jevech, které můžeme pozorovat a diskutovat o nich se snahou o vysvětlení geologických ložiskotvorných procesů. Proto je v tomto místě nutné uvést teoretickou kapitulu.

4. Cirkulace podzemní vody

Pojednáváje o genezi rudních ložisek, nemohu přejít tuto stať jen povrchně, jak je tomu ve většině učebnic všeobecné geologie. V závažné diskusi na toto téma prof. A. Daubrée¹⁷ připisuje kromě jiných příčin vznik minerálních ložisek přímo roztokům cirkulujícím v podzemí. Na základě osobních pozorování, která souvisejí s mým neustálým studiem ložisek, bych se rád tomuto tématu blíže věnoval a rozvedl je širěji, nežli to učinil prof. Daubrée.

Povrchové jevy jasně ukazují stálou cirkulaci roztoků a odpovídající jevy v podzemí, pokud se dají pozorovat, naznačují kontinuitu tohoto procesu, takže podzemní cirkulaci musíme posuzovat v souvislosti s cirkulací povrchovou (34). Musíme tudíž uvažovat nejdříve o povrchových jevech, které se týkají naší problematiky, a pak o jevech podzemních.

Ze zemského povrchu víme, že k cirkulaci dává podnět hlavně sluneční energie tím, že vypařováním odvádí mořskou vodu nad pevninu, čímž jí udílí potenciální energii, která se při návratu vody do moře různě projevuje. Mechanické účinky tekoucí vody¹⁸ při erozi, odnosu a sedimentaci nás zde nemusí

¹⁷ Les eaux souterraines a l'époque actuelle, etc., vols. I, II, Paris, 1887; a Les eaux souterraines aux époques anciennes, etc., Paris, 1887.

¹⁸ Die Wasserfälle des Niagara und ihre geologische Bedeutung, F. Pošepný, Wien, 1879.

zajímat. Pokud jde o chemické účinky, víme, že minerální složky hornin, rozpuštěné cirkulující vodou, jsou odváděny řekami do moře. V bezodtokých oblastech se rozpuštěné minerály koncentrují vypařováním, které vede ke srážení minerálů. Chtěl bych však podotknout, že podle mého názoru malá množství solí unikají již při vypařování mořské vody,¹⁹ jak prokázaly pečlivé rozbory dešťové vody. Tato skutečnost může vysvětlit přítomnost soli a solných jezer v bezodtokých oblastech (35).

A. Vadózní podzemní cirkulace

V souvislosti s podzemními jevy je pro nás zvláště zajímavá podzemní voda. Jak je známo, otevřenými trhlinami nebo póry propustných hornin prosakuje část atmosférických srážek a vyplňuje je do určité hladiny. Když v určitém terénu dosáhnou studně nebo jiné otvory na několika místech hladiny podzemní vody (the water-level, Grundwasserspiegel, nappe d'eau), zjišťujeme, že tato místa jsou v mírně nakloněné rovině a sklánějí se k nejnižšímu bodu povrchu dané oblasti nebo směrem k bodu výchozu nepropustné horniny. Podzemní voda není stojatá, ale pohybuje se (sice dosti pomalu — podle rozdílu výšky hladiny a velikosti intergranulárních prostorů) směrem dolů a buď si nachází cestu přímo do nejbližšího povrchového toku, nebo tvoří pramen. Můžeme tedy konstatovat, že tento jev se jasně řídí zákonem cirkulace. Atmosférická voda evidentně klesá; dokonce i pohyb svrchní vrstvy podzemní vody je pouze zdánlivě laterální, ve skutečnosti ale směřuje dolů a je určován rozdílem výšky mezi hladinou podzemní vody a povrchovým výtokem.

Pravidlo sestupného pohybu plně platí ve všech případech pro část podzemní cirkulace, která je ohraničená hladinou podzemní vody a nazývá se vadózní neboli mělká podzemní cirkulace. Platí i v oněch složitých případech, které částečně vykazují vzestupné proudy. Celkový rozdíl ve výšce mezi hladinou podzemní vody a povrchovým výtokem je vždy řídicím faktorem.

I když se obě řídicí hladiny uměle změní, což se stává často při dolování, tento zákon platí dál. Když se šachta hloubí v propustné hornině, je pochopitelně nutné stále čerpat podzemní vodu. Hladina podzemní vody se tím nakloní směrem k šachtě a může stahovat vodu nejen z bezprostřední blízkosti, ale také ze sousedních údolních systémů. Šachta vytvoří v mírně se sklánějící hladině podzemní vody proláklinu, která má tvar obráceného kužele s parabolickým pláštěm. Horizontální štola vytvoří v hladině podzemní vody prizmatickou depresi a tak to pokračuje v dalších výkopech. Vrt, z kterého se voda neodčerpává, hladinu podzemní vody příliš neovlivňuje.

¹⁹ „Zur Genesis der Salzablagerungen, besonders jener im Amerikanischen Westen“, Sitz. Ber. der k.k. Acad. d. W. in Wien, 1877.

Atmosférické srážky dopadající na nepropustné horniny na povrchu jimi nemohou prosakovat a musí se tedy spojit s povrchovou cirkulací. Horniny se obvykle pokryjí větším nebo menším množstvím detritu, v jehož pórech se může podzemní voda pohybovat. Ve většině případů je hladina podzemní vody na hranici mezi propustnou povrchovou formací a nepropustnou podložní horninou.

Poměry komplikuje výskyt trhlin (které podzemní voda pochopitelně vyplní) a jejich spojení s propustnými formacemi, které se dostávají na povrch někde v nižší úrovni, byť i ve velké vzdálenosti. Jak je dobře známo, v takových případech nastane sifonový účinek a podzemní voda jedné oblasti si může nalézt výtok velmi daleko, dokonce až za pohořím.

Zvláštní podmínky vytvoří výskyt relativně rozpustných hornin, jako jsou kamenná sůl, sádrovec, vápenec a dolomit, ve kterých se pronikáním meteorických vod a cirkulací spodní vody vytvoří spojené dutiny, představující kanály pro vadózní cirkulaci.

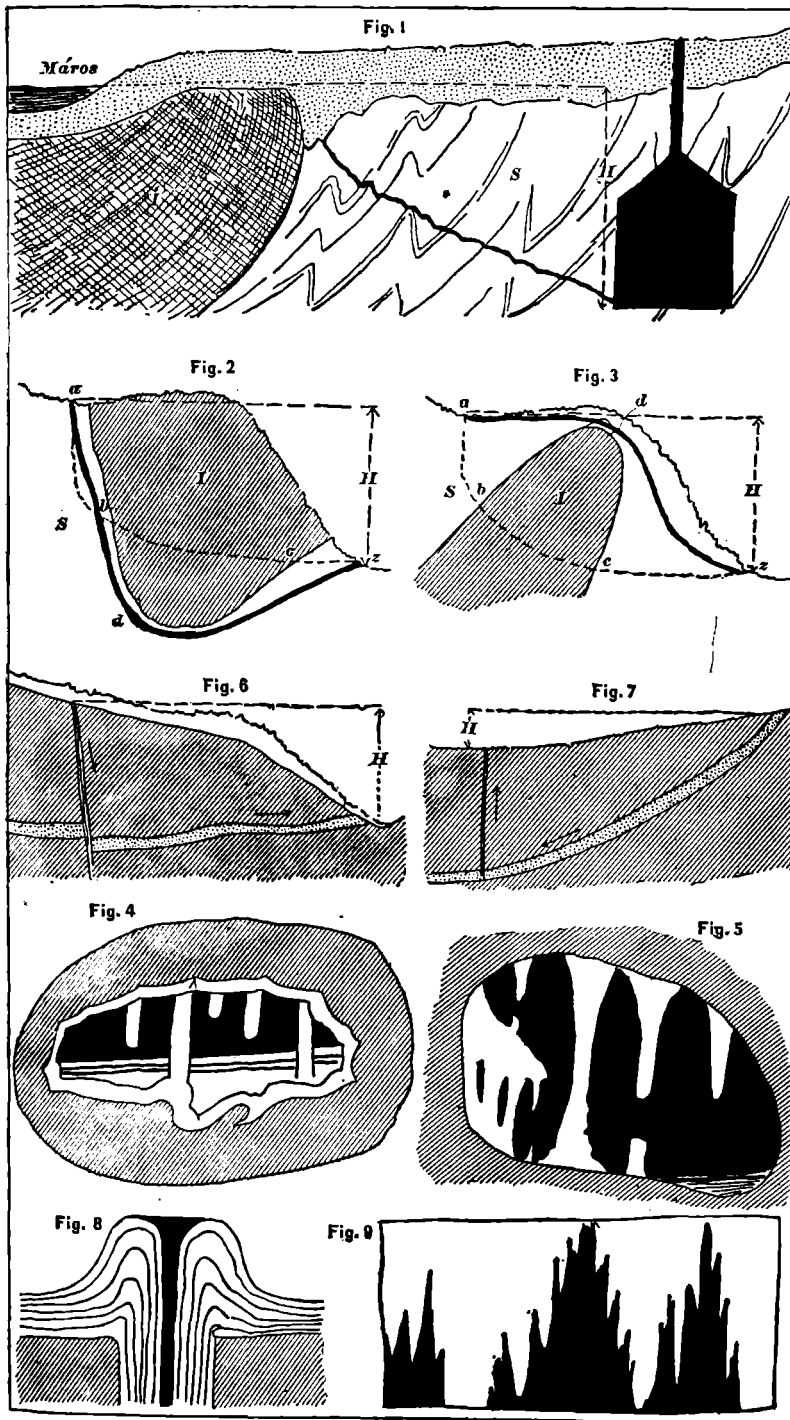
Často je možné přímo pozorovat nejen vznik, ale také naplňování těchto dutin a tím získat cenný materiál k vysvětlení původu epigenetických mineralizací, nalézajících se vně vadózní cirkulace, které nelze sledovat ve stádiích vzniku.

Pro náš účel je nanejvýš cenná skutečnost, že vyluhovací jevy označují cestu cirkulujících kapalin rozpustnými horninami, takže můžeme tento proces studovat v několika stádiích. Voda tekoucí na dně jeskyně ve vápenci je nepochybně podzemní voda, z čehož vyplývá, že vyhloubila celý složitý jeskynní systém. Jestliže v jiné vápencové jeskyni tekoucí vodu nevidíme, je jisté, že si proud našel nějaký hlubší výtok a jeskyně představuje starý kanál podzemní vody.

Mnohé jevy krasové oblasti jsou obecně známy: doliny, ponory a propadání (místa, kde povrchový proud mizí pod zemí), svislé otvory (závrty), na jejichž dně tečou podzemní proudy, a jeskyně, z kterých proudy vytékají nebo vtékají do podzemí.

V roce 1864 jsem měl možnost sledovat v Ocna Mureș (Máros Ujvár) v Transylvánii velmi poučné jevy, které jsou uvedeny na obrázku 1. Kamenná sůl zde vychází ve strmých klikatých vrstvách na povrch (36) a je pokryta pouze několik metrů mocným detritem.²⁰ Dobývá se ve velkých komorách, nejdříve pomocí patrových chodeb, vedených horizontálně od šachty, a poté úpadními chodbami, vyhloubenými vertikálně k nim. Těžba v té době probíhala v hloubce 125 m. Velkou potíž při těžbě představoval přítok nasycené solanky na té straně dolu, kterou obtéká řeka Mureș (Máros). Dokud se důl v nepropustné hornině nezabezpečil horizontální polokruhovou štolou, obklopující těleso soli,

²⁰ „Studien aus dem Salinargebiete Siebenbürgens“, F. Pošepný, Jahrb. der k.k. geol. Reichsanst., 1867, XVIII, s. 506—516.



Bradley & Foster, Eng'rs, N. Y.

voda každoročně stoupala a odnášela bez užítku do řeky 84 000 tun soli, což je více než dvojnásobek tehdy těženého množství.

Různá zkoumání prokázala, že voda z řeky protéká nadložním detritem do solného tělesa, kterým proniká na hranici s nadložní nepropustnou horninou, hledá si cestu jednotlivými kanály a objeví se v nejhlubším bodě těžby jako nasycená solanka. Tyto kanály měly nejčastěji tvar válce, hladké stěny a někdy byl jejich průměr tak velký, že by jimi prolezl člověk. Vždy jich bylo několik, z nichž pochopitelně pouze ten nejnižše položený přiváděl slanou vodu.

Vysvětlení je prosté. Když se voda z řeky dostala pokrývkou detritu do solného tělesa, působila na hranici soli, kde byly hlavní prolákliny v povrchu, a takto vzniklá nasycená solanka naplnila veškeré póry v sousedním solném tělese. Vyluhováním soli do nejhlubší úrovně, která se v dole otevřela, se postupně vytvořila linie maximální aktivity cirkulace, do které vnikaly také ještě nenasyčené roztoky, působící vyluhování, a výsledkem bylo konečné vytvoření otevřených kanálů.

Příklad takového velkého kanálu v kamenné soli, který však vznikl bez pomoci těžebních prací, nedávno popsal H. Winklehner.²¹ Mezi jinými pozoruhodnými jevy, týkajícími se vyluhování kamenné soli v oblasti Perského zálivu, našel na ostrově Larak horizontální přírodní kanál, který mohl sledovat v délce asi 1,5 km. Místy se chodba rozšiřovala do jeskyň 12 m vysokých, aniž by opouštěla solné těleso.

Přesně stejným způsobem se vytvořily kanály v jiných, méně rozpustných horninách, např. ve vápenci, když úroveň přítoku byla nad úrovní výtoku podzemní vody a mezi nimi se utvořila linie maximální aktivity cirkulace. Tato linie a dutiny, které se podél ní vyvinuly, nebudou mít vždy pravidelný para-

²¹ „Salzvorkommen in Süd-Persien“, Oesterr. Z. für Berg- und Hüttenwesen, 1892, XL, s. 581.

-
1. Kanál vytvořený podzemní vodou v soli kamenné v Ocna Mureș (Máros Ujvár), Transylvánie. *I* — nepropustná hornina; *S* — sůl kamenná; *H* — hydrostatická hladina vadózní cirkulace
 - 2, 3. Ovlivnění průběhu vadózní cirkulace povahou hornin. *S* — rozpustná hornina; *I* — nerozpustná hornina; *H* — hydrostatická hladina; *a* — vstup; *z* — výtok; *abcz* — přirozená křivka cirkulace vody neovlivněné povahou hornin; *adz* — skutečný průběh cirkulace
 4. Geoda železitého opálu, která vedle kapaliny obsahovala vzduch nebo plyn
 5. Schéma tvorby krápníků a sintrových usazenin ve vápencové jeskyni
 6. Rozvádění vody dislokacemi a propustnými vrstvami
 7. Obecné znázornění artéské studně
 8. Průřez sintrovou kupou vytvořenou pramenem v Arczó blízko Corund (Korond) v Transylvánii
 9. Eroze v kamenném roubení studně v Bourbonne-les-Bains

bolický průběh, ale budou záviset na různých vlivech zvrstvení, na přítomnosti hornin nestejně rozpustnosti, nebo dokonce na proplástečích nepropustných hornin. Velké množství proplástek vyskytujících se na linii, která spojuje zmíněné body, by mohlo způsobit, že by kanál měl místy dokonce vzestupný směr.

Obrázky 2 a 3 tyto podmínky znázorňují. *S* je rozpustná hornina, *I* je nepropustná hornina; *a* je bod přítoku a *z* výtoku spodní vody; *a b c z* je linie, podél níž by se dal přibližně vést kanál, kdyby nebyla přítomna nepropustná hornina. Pokud je přítomna, musí rozpouštěcí tok sledovat jinou cestu — *a d z*, víceméně shodnou s kontaktem *S* a *I*; na obrázku 2 klesá do hloubky podél kontaktu v závislosti na hydrostatické výšce, kdežto na obrázku 3 nejdříve překonává přehradu, vytvořenou nepropustnou horninou, a pak se noří směrem k výtoku *z*. Vidíme, že tímto způsobem mohou na styku propustných a nepropustných hornin vzniknout různé kanály, jak je opravdu často nacházíme v přírodě.

Když se ale k těmto číselům přidají trhliny, podmínky se podstatně změní, neboť cirkulače raději sleduje otevřené trhliny a jestliže tyto procházejí rozpustnými horninami, zvětšuje je rozpouštěním.

Někdy se poloha a úroveň výstupu změni — jako např. při progresivní erozi v údolích; pak se může snadno stát, že nový kanál, přizpůsobený novým podmínkám, bude probíhat naprosto odlišným směrem a křížovat směr starého kanálu.

Sifonový účinek pozorujeme mnohem častěji v rozpustných horninách než v propustných (pórovitých), jak naznačuje četnost občasných pramenů ve vápenci. Takové prameny předpokládají existenci sifonového kanálu, kterým podzemní voda nemůže vytékat ze spodního ramene, dokud vodní hladina nestoupne k vrcholu ohybu sifonu.

Viděli jsme, že podzemní voda může protékat hlubokými trhlinami, vedoucími do rozpustných nebo propustných hornin, a může sledovat takové horniny do značných vzdáleností. Když má podzemní voda, zahřátá v hloubce, možnost dostat se na povrch (jak to uvádí obr. 6), vzniká termální pramen — tzv. akrototerna — v případě, že jeho voda není příliš nasycena minerály a neliší se svým chemismem od podzemní vody.

Obdobným případem jsou artéské studně, také dosud vysvětlované principem hydrostatického tlaku (viz obr. 7). Aby se zdůvodnilo stoupání vody nad úroveň ústí, předpokládalo se, že výchoz propustné vrstvy je položen výše než ústí studny. Usuzovalo se, že příčinou jsou spojitě nádoby, kde vrt představuje jedno rameno a propustná vrstva druhé. Přehlíželo se, že propustná vrstva není žádné otevřené rameno, ale nahromadění pórů v hornině, ve kterých musí voda překonávat velký odpor, a že v rovinných oblastech není možné žádné hydrostatické převýšení. Rozhodně byl z úvah vypuštěn důležitý faktor vyšší teploty a v některých případech obsah plynů stoupající vody.

Divil bych se, kdyby tyto běžně zastávané, čistě hydrostatické a přísne

matematické názory na tento problém nevedly ke zklamání. Abych podnítil další úvahy o této záležitosti, uvádím obrázek 7, který představuje běžné schéma artéské studně.

Vyplňování volných prostorů vzniklých vadózní cirkulací

Z genetického hlediska je tato záležitost velmi důležitá, neboť přímým pozorováním můžeme dojít k závěrům, které jsou aplikovatelné na nepřístupné podzemní výskyty.

Často můžeme sledovat prostory vyplněné vzduchem, na jejichž dně dosud proudí voda, která je vyhloubila. Roztoky obsahující různé minerální látky do nich prosakují a zanechávají na jejich stěnách část svého obsahu. Příčinou usazování je jednak odpařování části kapaliny a jednak takové změny, jako jsou ztráta kyseliny uhličité (která má za následek vysrážení uhličitánu vápenatého), oxidace rozpustného oxidu železnatého v nerozpustný oxid železitý, redukce síranu železnatého organickou hmotou na sulfid apod. Forma a struktura těchto chemických precipitátů se v různých částech stěn liší. Na stropě vzniknou stalaktity a na dně (není-li zaplaveno vodou) odpovídající stalagmity. Podobně usazeniny na stěnách mají charakteristické tvary, takže podle vzhledu kterékoli části usazeného minerálu můžeme poznat místo, kde se utvořil. Avšak z vody, která pokrývá dno dutiny, mohou vznikat pouze horizontální usazeniny. Někdy se dutina zužuje, takže kapalina zaujímá celý její průřez. Jestliže je přístupná pozorování, vidíme, že usazeniny z cirkulující kapaliny pokrývají stěny stejnoměrně.

Tento jev můžeme pozorovat mnohem zřetelněji v umělých potrubích, kde nastává srážení: například v trubkách, kterými protéká voda s vysokým obsahem soli, zjišťujeme, že stěny jsou stejnoměrně pokryty usazeninou — většinou sádrovcem. Jestliže však má do trubek přístup vzduch nebo plyn, pak se usazenina vyskytuje pouze na dně. Z toho můžeme usuzovat, že pokud cirkulující kapalina vyplňuje celou dutinu, je pro vysrážené částice hlavní přitažlivost stěn; když do ní však vnikne plyn, začne převládat zemská přitažlivost a přitahuje částice ke dnu.

V opálových a chalcedonových geodách můžeme často vidět obě formy chemické usazeniny: kůru, která stejnoměrně pokrývá stěny, a horizontální usazeninu (37). Obrázek 4 představuje geodu železitého opálu z lokality Tri Vodý na Slovensku, ve které jsou vedle krustifikace i horizontální uloženiny. Tenká kůra průsvitného hyalitu pokrývá všechny části stěny včetně dna geody. Válcovité stalaktity jsou též z hyalitu. Některé z nich dosahují ke dnu a možná, že jsou spojeny se stalagmity. Zbývající prostor je z poloviny zaplněn mléčně bílou, neprůhlednou opálovou substancí, ve které se vyskytuje tenká vrstva průsvitného hyalitu. Na stejném vzorku lze vidět ještě několik dalších, méně pravidelných dutin. Všechny jsou potaženy hyalitovou kůrou a některé mají

také opálové vrstvy. Tyto vrstvy jsou rovnoběžné ve všech dutinách a nelze pochybovat o tom, že se ukládaly horizontálně. Vzhledem k nim jsou stalagmity v pravém úhlu a byly jistě svislé, když se tvořily. V místě vzniku zaujímala tedy geoda určitě polohu uvedenou na obrázku 4.

Nebudu zde popisovat rozmanité způsoby usazování ve vápencových jeskyních. Obrázek 5 (ideální schéma ukazující přirůstání stěn a růst stalaktitů a stalagmitů, ať již oddělených nebo srostlých) uvádím nikoliv pro ilustraci rozmanitosti jevů, ale abych naznačil jejich analogii s jevy probíhajícími v malé geodě železitého opálu na obrázku 4. Je snadné si představit, že za určitých okolností, zvláště ve starých jeskyních, ležících nad hladinou podzemní vody a nepodléhajících dalšímu zvětšování, mohla tvorba stalaktitů aj. nakonec vyplnit celý prostor.

Dna jeskyní mají často usazeniny zbarvené oxidem železitým, což lze snadno zdůvodnit. Ve výše položených jeskyních někdy nacházíme stopy sedimentů a v jednom případě jsem v ústí jeskyně našel oblázky velmi tvrdých hornin, které určitě pocházely z povrchu.²² Chemické reakce tvorby a vyplňování těchto jeskyní jsou tak jednoduché, že není třeba zde o nich diskutovat.

Mnohem rozmanitější pozorování můžeme provádět v umělých jeskyních, vzniklých těžební činností. Máme zde poměry analogické přírodním jeskyním, ale mnohem větší rozmanitost, protože se zde uplatňují velice rozdílné podmínky. Důlní díla snižují hladinu podzemní vody a obecně vykazují obdobné procesy jako jsou ve vápencových jeskyních, zvláště tvorbu stalaktitů. Z vápenatých hornin, minerálních usazenin a ze zděných důlních výztuží se tvoří kůry, stalaktity a sintr, podobné těm, které se vyskytují v přírodních dutinách. Také zde budou hrát hlavní úlohu oxidační procesy, ačkoli může rovněž dojít k procesům redukčním, vzhledem k přítomnosti většího množství organických látek v důlních vodách. Proto v rudních dolech často nacházíme pyritové stalaktity, evidentně vzniklé redukcí síranu železnatého organickými látkami. Máme k dispozici mnoho výsledků pozorování procesů, které v dolech probíhají před naším zrakem a ze kterých můžeme vyvozovat závěry o zániku a tvorbě mnohých minerálů v důsledku cirkulace podzemních roztoků. Nesmíme však zapomínat, že tyto důkazy platí pouze v podmínkách mělké neboli vadózní cirkulace a že vysvětlení vzniku starších ložisek musíme hledat v horninách ležících pod hladinou podzemní vody.

Abych uvedl alespoň jeden příklad z Ameriky, odvolávám se na pozorování Raymonda, který ve starém španělském dole v pohoří Cerillos v Novém Mexiku našel železný krumpáč, jehož oko bylo vyplněno nádherně zkrystalizovaným galenitem; jde zřejmě o redukcí síranu olovnatého trouchnivějícím dřevem násady krumpáče.²³

²² „Geol. mont. Studie der Erzlagerstätten von Rézbánya in S. O. Ungarn“, F. Posepny, Ung. geol. Gesellsch., 1874, s. 48.

²³ Trans. A.I.M.E., 1883, XI, s. 120.

Můžeme všeobecně říci, že procesy oxidace, chlorace a redukce. pozorované v oblastech rudních ložisek ležících nad hladinou podzemní vody, probíhaly za analogických podmínek, takže můžeme uvést řadu dalších důkazů nejen o právě probíhajícím vzniku nerostů, ale také o procesech již dávno skončených.

B. Hlubinná podzemní cirkulace

Až dosud jsme uvažovali pouze o procesech, které probíhají v oblasti nad hladinou podzemní vody a v některých případech jsou ještě přístupné našemu pozorování. Když sestupujeme hlouběji, je podstatně menší naděje, že se ještě setkáme s rudotvornými procesy. Když při dobývání nerostných surovin pronikáme do hloubek, uměle stlačujeme vodní hladinu a vytváříme podmínky, které se nepodobají podmínkám doprovázejícím tvorbu ložisek.

Jestliže ale porovnáváme ložiska vytvořená pod hladinou podzemní vody za úměrně vyššího tlaku a při vyšší teplotě s ložisky svrchní části zemské kůry, zdá se nepochybné, že i hlubinná ložiska musela vzniknout usazováním z roztoků.

Bereme-li v úvahu nízkou rozpustnost určitých minerálních složek ložisek a prostory, v nichž se vyskytují často ve velkém množství, není možné předpokládat, že se mohly vysrážet z roztoků existujících pouze v těchto prostorech. Musíme připustit, že jimi protékala velká množství roztoků — jinými slovy, že ložiska se vysrážela z kapalin cirkulujících těmito kanály (38).

O tvorbě těchto dutin jsme již diskutovali a přisuzovali ji mechanickým a chemickým příčinám. Zbývá uvažovat o způsobu jejich vyplňování. Viděli jsme, že nejsvrchnější vrstva spodní vody má zdánlivě laterální, ale ve skutečnosti sestupný pohyb a je přirozené si představit, že tato horní vrstva klouže po spodní vrstvě, která je zdánlivě nehybná. Podle této koncepce by se hlubinná oblast dala porovnat s nádobou naplněnou různými propustnými, nepropustnými a rozpustnými materiály, přes které by stále tekla voda, takže od okamžiku, kdy se vyplní všechny póry, vykazuje pouze nejsvrchnější vrstva nějaký pohyb.

S postupující hloubkou stoupá ovšem tlak vodního sloupce i teplota. Teplá voda má stoupající tendenci, jestliže jí v tom nebrání tření, jak tomu většinou je. Ale tam, kde zahřátá voda nalezne alespoň částečně otevřený kanál, který je spojen s vrchní oblastí, není vystavena tak velkému tření na stěnách a musí stoupat. Můžeme tedy usuzovat, že podzemní voda sestupuje póry v horninách, aby opět na několika jiných místech stoupala otevřenými kanály (39).

A. Daubrée se díval na tuto otázku z mnohem širšího hlediska a rozšířil ji také na původ vulkanických jevů.²⁴ Tázal se, zda obrovské množství páry,

²⁴ Synthetische Studien zur Experimentalgeologie, A. Daubrée; německý překlad dr. A. Gurlt, Brunswick, 1880, s. 180.

keré se denně uvolňuje z hlubin země, je nepřetržitě nahrazováno z povrchu a jestliže ano, jak? Poukázal na to, že doplňování vody se nemůže uskutečňovat otevřenými trhlinami, ve kterých by voda v určitých místech sestupovala a jinde zas vystupovala jako pára. Ukázal, že tento pochod se může uskutečnit díky pórovitosti hornin a schopnosti vody vzlínat. Jaminovy pokusy nás poučily o vzlínivosti, která nastává při vyrovnání podmínek prostřednictvím pórovitého tělesa, umístěného mezi dva protipůsobící tlakové sloupce. Daubrée sestavil přístroj, ve kterém byla teplota v jedné části kapilárního průtoku tak vysoká, že kapalina musela přejít v páru, čímž unikla působení zákonů ovládajících její infiltraci. Tento přístroj měl pískovcovou desku, nad kterou byla voda a pod ní komora vybavená manometrem na měření tlaku páry, jež se v ní nahromadila. Celý aparát byl vystaven teplotě asi 160 °C a pára nahromaděná v komoře vykazovala tlak 0,9 MPa. Tato pára mohla pocházet jedině z vody nad pískovcem, kterým probíhala kapilární filtrace vzdor tlaku v komoře.

„Rozdíl v tlaku na obou stranách pískovcové desky nejen že nepoháněl kapalinu zpět, ale umožňoval její rychlou filtraci z chladnější strany (100 °C) do teplejší (160 °C) a přispíval k rychlému vypařování a vysychání horkého povrchu kamene“ (op. cit., str. 184).

„Tudíž podle těchto pokusů, kapilární infiltraci působící stejným směrem jako zemská tíže může voda navzdory silnému vnitřnímu protitlaku sestupovat z povrchových a chladnějších oblastí do hlubších a teplejších, kde je schopna velkých mechanických a chemických účinků v důsledku nabyté teploty a tlaku“ (op. cit., str. 186) (40).

Daubréeho pokus potvrzuje náš názor, že podzemní voda není stojatá, ale migruje působením kapilarity a jelikož nemůže být v hloubce úplně chemicky „spotřebována“, má v důsledku své vyšší teploty snahu vracet se k povrchu, což jí nejvíce umožňují otevřené kanály. Můžeme tedy souhrnně konstatovat:²⁵ také v hlubinách země podzemní voda migruje kapilárami hornin; v určité hloubce se pravděpodobně pohybuje laterálně směrem k otevřeným kanálům. a když se k nim dostane, vystupuje jimi k povrchu.

Rozpouštěcí schopnost vody se zvyšuje s teplotou a tlakem a také s délkou jejího podzemního putování. Může tedy při sestupu rozpouštět nebo usazovat pouze rozpustnější látky. Avšak proud vystupující v otevřených kanálech nepochybně obsahuje mnohem víc složek méně rozpustných, které se musí na stěnách kanálů ukládat, neboť podmínky pro jejich rozpustnost (teplota a tlak) při výstupu postupně mizí (41).

Otevřené kanály, kterými roztoky vystupují, nejsou výsledkem teoretických dohadů. Jejich existenci můžeme dokázat pozorováním.

²⁵ Ueber die Bewegungsrichtung der unterirdisch circulirenden Flüssigkeiten, F. Posepny. Extrait du compte rendu de la 3me. session du Congrès géologique international. Berlin, 1885, s. 71.

Vody zastižené v dolech

Mnohé příklady důlních vod uvádí H. Müller:²⁶ např. v Krušných horách, v dole Gottes Geschick poblíž Černé (Schwarzenbach), se z rudní žíly niklo-kobaltostříbrné vynořuje v hloubce 110 m kyselý pramen, obsahující CO_2 a H_2S (op. cit., str. 286). V lázních Wolkenstein vytéká kyselý pramen z drúz rudní žíly, obsahující baryt a ametyst. Blízko Loučné (Mitweide), v dědičné štole Alte Hoffnung, špatný vzduch a exhalace kyseliny uhličité vedly v roce 1835 k analýze podzemní vody, která se ukázala slabě kyselá.

U Freibergu v dole Churprinz se na žíle Ludwig Spat v hloubce přibližně 160 m narazilo na teplý (25 °C) kyselý pramen. Kromě těchto případů jmenuje Müller mnoho minerálních pramenů v Čechách a Sasku na výchozech minerálních žil, které nebyly nikdy odkryty důlní činností. Přestože má mnoho výhrad, shrnuje Müller svůj názor takto (op. cit., str. 307):

„Minerální žíly a minerální prameny se rozhodně mohou pokládat za vhodné objekty podporující genetické teorie. Na jedné straně jsou rudní žíly jako protažené hluboké trhliny postupně zaplňované minerály, ukazující velmi hluboký zdroj minerálních pramenů. Minerály se mění v závislosti na čase a vzájemnou reakcí pevného i těkavého obsahu roztoku. Na druhé straně jsou minerální prameny, které vysvětlují přínos a ukládání složek, jimiž jsou žíly vyplněny.“

Brzy po vydání této publikace (myslím v roce 1864) se v šachtě Svornost u Jáchymova narazilo v hloubce 533 m na termální pramen o teplotě 23 °C a v témže dole byly na jiných dvou místech objeveny podobné minerální prameny, stoupající pod silným tlakem. Protože zabraňovaly dalšímu prohlubování dolu, byla místa jejich pronikání zahrazena. Analýza provedená v roce 1882 ukázala, že jde o kyselé prameny, které obsahují značné množství kyseliny křemičité (33 g/t). V jednom z nich byl také zjištěn arzén (22 g/t).²⁷

Minerální vody zjištěné v jáchymovských dolech se prý stýkají s rozloženými čediči (zvanými Wacken), které protínají rudní žíly, a jsou tudíž pozdějšího původu. Pověsnečně vzato zdá se, že většina krušnohorských rudních ložisek je rozhodně mladého věku, a z tohoto hlediska je nutné považovat minerální prameny zjištěné při dolování za pokračování stoupajících roztoků, z nichž vznikly rudní žíly. Dolování stlačuje hladinu podzemní vody, takže minerální vody cirkulující v okolí jsou hnány do těch míst v dole, kde je pouze atmosférický tlak (42).

Oblast rozptýlených vod se ve skutečnosti může rozšířit do poměrně velké vzdálenosti — např. termální pramen v Karlových Varech, který je nejbližší

²⁶ „Ueber die Beziehungen zwischen Mineralquellen und Erzgängen“. Cotta: Gangstudien, vol. III, 1860, s. 261.

²⁷ Jelikož metrická tuna (1000 kg) neboli hmotnost krychlového metru vody je racionální hmotnostní jednotkou, udávám v ní všechny údaje. Tak 22 g/t představuje 0,0022 ‰.

Jáchymovu (17 km), má nadmořskou výšku 380 m, zatímco pramen v šachtě Svornost v Jáchymově byl zjištěn ve 206 m n. m., tzn. o 174 m níž než Karlovy Vary. Výron termálních vod Teplic v Čechách do hnědouhelného dolu v Duchcově, vzdáleného 7 km, který nastal poprvé v roce 1879 a nedávno se opakoval, jasně ukazuje, že dolování může způsobit podzemní spojení vodních systémů na dlouhé vzdálenosti²⁸ (43).

Další údaje pro studium těchto vztahů máme z dolování na žile v Comstocku, kde s postupující hloubkou prací nečekaně narazili na stoupající termální vody, jejichž množství a vysoká teplota byly velkou překážkou těžby. Bohatost ložiska byla důvodem pokračování těžby v hloubce, jak tomu bylo i v Jáchymově, kde se pokusili vody přehradit od dobývek. V tomto případě bylo pokračováno v těžbě přes obtíže s čerpáním vod a s vysokou teplotou, která znesnadňovala těžbu.

Jak je známo, dokud se nenarazilo na stoupající vody, nebyly doly v Comstocku příliš horké, ačkoliv byly teplejší než jiné doly v podobných polohách (21–24 °C). Dr. F. v. Richthofen v těchto dolech nezjistil žádnou abnormální teplotu vzdor tomu, že připisoval vznik ložiska Comstock ranější solfatarové činnosti.²⁹

Později, když horníci prorazili jílové proplástky v hornině, provalila se horká voda s velkou silou do důlních děl, jako například v dole North Ophir, kde podle Clarence Kinga³⁰ měli havíři sotva čas z dolu uniknout. Voda prý měla teplotu 40 °C a okamžitě naplnila prostory do výšky 30 m. V jiném případě voda vyrazila v dole Savage v úrovni 670.5 m a naplnila rozsáhlé prostory jak tohoto dolu, tak dolu Hale a Norcross do úrovně 533 m, neboli do relativní výšky 137 m. Neustále, i když nijak intenzívně, se vyvíjel plyn za tlaku 1,38 MPa. Podle prof. J. A. Churcha³¹ nešlo o tlak plynu, ale tlak hydrostatický.

Voda, která v roce 1880 zaplavila doly v Gold Hill, vyrazila z vrtu v šachtě Yellow Jacket v hloubce 939 m; podle George F. Beckera³² měla teplotu 77 °C a velký obsah sirovodíku. Becker říká, že ve svrchních úrovních dolu existuje důkaz o přítomnosti oxidu uhličitého: na úrovni 823 m, kde byla teplota 66 °C, se našlo ložisko sintru, skládající se hlavně z karbonátů. Church (str. 206) poznamenává, že zpočátku existovala domněnka, že opakované výrony

²⁸ „Einige, die Wassereinbrüche in die Duxer Kohlenbergbaue betreffende, geologische Betrachtungen“, F. Posepny. Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw., 1888, XXXVI, s. 39–54.

²⁹ The Comstock Lode, Its Character and Probable Mode of Continuance in Depth, San Francisco, 1866, s. 54.

³⁰ U. S. Geol. Expl. of the 40th Parallel, vol. III, Mining Industry, Washington, 1870, s. 87.

³¹ The Comstock Lode, Its Formation and History, New York, 1879, s. 207.

³² „Geology of the Comstock Lode“, etc., U. S. Geol. Survey, Washington, 1882, s. 230, 386.

vody pocházejí z dutin v hornině, ale v době své návštěvy se přesvědčil, že se tam dostaly trhlinami a mocným pásmem břidličnatosti, které provázely rudní žílu.

Systematická a dlouhodobá pozorování teploty v několika dolech v Comstocku umožnila Beckerovi souhrnně znázornit zvyšování teploty s hloubkou pro různá pásma. Ukázalo se, že zvýšení je největší v blízkosti žíly a že se zmenšuje se vzdáleností od ní; nositelem tepla je voda a tedy spojení s hlubinnými termickými oblastmi, v nichž se uplatňovala činnost, kterou Richthofen nazval „solfatarovou“ (44), se uskutečnilo prostřednictvím samotné žíly.

O složení vod pronikajících do důlních děl budeme uvažovat, až pojednáme o určitých jevech, které se vyskytují blíže povrchu.

Příbuzné jevy blízko povrchu

Doly v Sulphur Bank v Kalifornii, ilustrující jakýsi přechod k povrchovým termálním jevům, poskytly některé z nejdůležitějších údajů, jimiž Amerika přispěla ke studiu geneze rudních ložisek.

Byl to kdysi bohatý, ale nyní prakticky vyčerpaný rtuťový důl, při jehož těžbě se narazilo na překážky způsobené nejen termálními vodami, ale také plyny. V době mé návštěvy v roce 1876 byla v provozu povrchová těžba, jejíž etáže sahaly asi 5 m pod zemský povrch. Těžila se síra i rtuť, ale později se ukázalo, že ložisko síry je omezeno jen na nejsvrchnější pásmo, kdežto rtuť (nebo rumělka) zasahuje ve značném množství do hloubky.

V té době jsem v přeměněném čediči našel síru a rumělku, částečně jako výplň nepravidelných trhlín, pronikajících horninou všemi směry, částečně jako impregnaci, která byla často zredukována na pórovitou hmotu. Proces přeměny určitě postupoval od trhlín, z nichž vystupovaly horké minerální vody a plyny. Samotný pach byl dostatečným důkazem, že plyny obsahují H_2S , jehož oxidace na H_2SO_4 se může přičítat kyselé reakci horniny a její vlhkosti. Horníci (většinou Číňané) sledovali při těžbě hlavně trhliny (umožňovaly nejsnazší postup a byly v nich koncentrovány nejbohatší rudy) a následkem toho byly ponechány bez povšimnutí velké zaoblené bloky, často o průměru několika metrů. Byly rozpučány a držely pohromadě tak volně, že by se kopnutím rozsypany. Uvnitř větších, světle šedých bloků se často nacházelo jádro pevné, tmavé, nerozložené horniny (některými těmito jádry jsem doplnil sbírku Báňské akademie v Příbrami).

Pukliny byly většinou vyplněny opálovou hmotou, do které byla vhnětena neprůhledná bílá příměs, na okrajích prosvítající. Odebrané vzorky se rozpadly na nepravidelné kusy ohraničené trhlinami, což byl jasně výsledek ztráty objemu nebo ztráty vlhkosti opálové hmoty.

Rumělka tvořila buď zřetelné minerální kúry na stěnách trhlín, nebo im-

pregnace pórovité horniny. Stejným způsobem se také projevovala síra, jenomže ta se zpravidla vyskytovala v krystalických agregátech nad rumělkovými kůrami, což naznačuje její pozdější vznik. Rumělka byla místy uložena na stěnách trhlin v podobě krásných krystalů, ale ty držely zpravidla tak volně, že z nich bylo velmi obtížné odebrat vzorek.

Pyrit, většinou roztroušený v hornině, se snadno rozpadal, bezpochyby proto, že hornina byla prosyncena kyselinou sírovou, takže se brzy rozpadla na kusy.

Uvedená pozorování dokazují, že v tomto případě vystupují trhlinami horké minerální vody, které obsahují rudní složky. Vezmeme-li v úvahu, že ložisko amorfního hydratovaného SiO_2 je nepochybně také dílem minerální vody, která horninu rozložila, a že rumělka se vyskytuje i uvnitř opálové hmoty, nemůžeme tyto dva jevy od sebe oddělovat a musíme předpokládat, že se zde sulfid kovu uložil z vystupujícího pramene. Obrázek 10 znázorňuje výchoz, tak jak jsem si jej načrtl do svého zápisníku.

Další vývoj znázorňuje tyto vztahy ještě jasněji. Le Conte a Becker³³ našli ve vzdálenosti 50 m od čediče a přibližně 92 m hluboko v pískovci šachtu, z které v různých úrovních vedly sledné chodby na S pod výchozy ložiska. Je škoda, že k jejich zprávám nejsou připojeny přesné popisy důlních děl. Na třetím patře (64 m pod povrchem) byla sledná chodba 70 m dlouhá a „protínala na jedné straně rudní těleso a na druhé straně pouze hlušinu. Čtvrté patro bylo raženo do vzdálenosti 31 m a dosáhlo rudní těleso“. Z těchto údajů je těžké udělat si představu o poloze rudního tělesa.

Uvedené údaje, týkající se vnitřní stavby ložisek, jsou však důležité. Pískovce a břidlice jsou zde porušeny trhlinami takovým způsobem, že často tvoří brekcii. Zda její úlomky patří k sobě a představují strukturu, kterou jsem nazval tyfonní (45), se neuvádí, ale z náčrtku místa můžeme usuzovat, že úlomky k sobě nepatří a že jejich stav odpovídá polymiktní dislokační brekcii. Tento fenomén je pro nás vysoce důležitý a — ačkoli nemám před sebou originál — pokusil jsem se jej na obrázku 11 zobrazit podle Le Contova náčrtku.

Úlomky břidlice a pískovce mají poněkud zaoblené hrany a mají mezi sebou rozmanité mezery, které jsou částečně zaplněny dosud měkkou nebo již ztvrdlou tmelící hmotou, obsahující jemně roztroušené sulfidy kovu a místy rumělku. Část prostoru je obvykle prázdná — drúzovitá. Někdy jsou úlomky horniny spojeny masívní rumělkou nebo jsou jí potaženy ve formě kůry.

Horká minerální voda a plyny, nesoucí H_2S z hloubky, si razí cestu mezerami ložiska stejně tak, jak to bylo pozorováno v případě jeho svrchních zón. Úložky křemene se nacházejí ve všech stadiích krystalizace — od gelovitého

³³ „The Phenomena of Metalliferous Vein-Formation, Now in Progress at Sulphur Bank“, J. Le Conte a W. B. Rising, Am. Jour. of Sci., XXV, s. 424.

„Geology of the Quicksilver-Deposits of the Pacific Slope“, G. F. Becker, Monograph U. S. Geol. Surv., Washington, 1888, s. 251.

(koloformního) až po chalcedon (Le Conte, op. cit., str. 29) — a střídají se s vrstvami (krustami) sulfidů kovu (rumělkou a pyritu). Becker prozkoumal celou sousední oblast a zahrnul do svých studií i další podobná rudní ložiska této oblasti. Na rozdíl od G. Rollanda³⁴ a Le Conte nepovažuje čedič v Sulphur Bank za proud lávy, která přetekla přes recentní sladkovodní formaci, ale domnívá se, že jde o intruzívum vzniklé na místě. Podloží tvoří křídový pískovec. Zrudnění sahá od čediče (mocného ca 16 m) přes sladkovodní vrstvy až do křídového pískovce. Pokud jde o jeho vztahy ke střední vrstvě, nemáme bohužel žádné údaje, ale účinky kyselých vod na vápnatý materiál musely být značné a je pravděpodobné, že v této oblasti mělo ložisko zcela jiný charakter. V sladkovodních formacích sousedících s ložiskem byly nalezeny pozoruhodně zachovalé zbytky kořenů rostlin apod., přeměněné na uhličitán vápenatý, a bylo by velmi poučné studovat jejich formy v průběhu fosilizace minerální vodou.

O chemickém složení teplé vody (80 °C) budu mluvit později. Podle Beckerovy analýzy (op. cit., str. 259) je nesmírně bohatá na chloridy, borax a uhličitán sodný. Plyn z ní unikající byl většinou čpavkový a skládal se z 893 dílů CO₂, dvou dílů H₂S, 79 dílů CH₄ a z 25 dílů N.

Pokud jde o přítomnost jiných kovů kromě rtuti, stojí za zmínku, že dr. Melville zjistil v markazitu doprovázejícím rumělkou malá množství zlata a mědi a G. Becker v důlních sintrech stopy kobaltu a niklu.

Jak uvidíme, ložisko poskytuje genetické údaje, které se netýkají pouze rud rtuti, ale i jiných kovů. Vystupující minerální pramen přechází z hloubky do mělké oblasti a kromě ubývání tlaku a teploty podléhá oxidaci H₂S, čímž vzniká silná kyselina sírová a také síra, která se ukládá nejbliž u povrchu.

V hloubce se nenachází žádná síra, ale sulfidy rtuti a železa se střídají společně s SiO₂ v minerálních krustách. Nelze pochybovat o tom, že jak rumělka a pyrit, tak křemen se vysrážely z roztoku, který dosud v těchto kanálech vystupuje. Nanejvýš lze pochybovat o tom, zda srážení ještě pokračuje. Becker a Melville se snažili získat přímý důkaz o přítomnosti rtuti rozpuštěné ve vystupující minerální vodě, ale přes podrobné pátrání se jim to nepodařilo. Ačkoli voda obsahuje složky rtuť rozpouštějící, rtuť v ní rozpuštěná není a zřejmě se již vysrážela vlivem nějakého činidla — podle jejich názoru to mohl být čpavek.

Mezi geology je dost nevěřících Tomášů, kteří uvěří v přítomnost rtuti v minerálním roztoku, jen když se jim před očima vysráží, ale jiní jsou naopak přesvědčeni existujícími důkazy, že ložiska sulfidů této lokality vznikla z vystupujícího termálního pramene, ať již proces srážení v současné době pokračuje nebo ne.

Stejně závažné údaje poskytují Steamboat Springs v Nevadě, na které poprvé upozornili Laur a J. A. Phillips a důkladně je prozkoumali Le Conte

³⁴ „Les Gisements de Mercure de Californie“, Annales des Mines, 1878, s. 26.

a Becker.³⁵ V údolí obklopeném mladšími vyvřelinami, jejichž podloží tvoří hlavně archaické horniny, můžeme pozorovat termální prameny, vyvěrající na několika místech z puklin sj. směru. Vlivem činnosti těchto pramenů bylo dno údolí pokryto sintrovými uloženinami, tvořenými převážně uhlíkatým vápenatým, který je vyvinut v mocnosti dosahující přibližně 15 m. V sintru lze zjistit mnoho puklin, místy ještě otevřených, ale většinou vyhojených SiO₂ usazeným na jejich stěnách. Podle Le Contova náčrtku tyto zřetelně krustifikované uloženiny mírně vyčnívají nad úroveň údolí a vytvářejí pahorky nebo valy.

Z některých puklin dosud unikají horké páry a plyny, hlavně CO₂, obsahující H₂S. V jiných se emanace snížily natolik, že uvolňování páry v hloubce můžeme zjistit pouze poslechem. Některé pukliny jsou vyplněny úplně a nepropouštějí ani minerální vodu nebo páru, ani plyn.

Ve skupině pramenů (široké ca 200 m a dlouhé 1 km), která leží nejbliž u železniční trati, se tyto jevy projevují nejnápadněji. Kromě hlavních látek, uvedených dále, zjistil Becker v jejich minerální vodě také malá množství kovových sloučenin, jako např. stopy HgS, Na₂S, 1,0 g/t Na₂SbS₃ a 8,7 g/t Na₂AsS₃.

Přibližně 1,5 km na Z je skupina podobných puklin, které vydávají trochu páry a CO₂, ale žádnou minerální vodu. V jejich minerálních krustách se však vyskytuje několik sulfidů kovů. V roce 1863 Laur prohlásil, že v nich viděl zřetelné stopy zlata. V roce 1878 byla jedna z těchto puklin otevřena štolou (ca 15 m pod povrchem) a našla se žilovina obsahující rumělku, která se po nějakou dobu těžila. Teplota v dole nebyla příliš vysoká, takže nepůsobila dělníkům žádné vážné potíže.

G. F. Becker provedl pečlivé analýzy výplní několika puklin a kromě hydratovaného hydroxidu železitého našel větší množství sulfidů Sb, As, Pb, Cu, Hg, dále zlato a stříbro, jakož i stopy Zn, Mn, Co a Ni. Jelikož pro každou analýzu bylo použito 1–3,5 kg žiloviny, považují výsledky za velmi reprezentativní a uvádím zde záznamy tří analýz (v g/t):

| | I. | II. | III. |
|---------------------------|-----|----------|-------|
| sulfidy antimonu a arzenu | — | 23 000,0 | 150,0 |
| oxid železa | — | 2 500,0 | — |
| sulfid rtuti | 1,4 | 2,5 | 1,0 |

³⁵ M. Laur, „Sur le gisement et l'exploitation de l'or en Californie“, Annales des Mines, 1863, III, s. 423.

J. A. Phillips, Phil. Mag., 1871, XIII, s. 401. Také A Treatise on Ore-Deposits, London, 1884, s. 70.

J. Le Conte, „On Mineral Veins now in Progress at Steamboat Springs Compared with the Same at Sulphur Bank“, Am. Jour. Sci., XXV, s. 424.

G. F. Becker, „Geology of the Quicksilver-Deposits of the Pacific Slope“, Monograph U. S. Geol. Survey, Washington, 1888, s. 331.

| | | | |
|---------|------|------|---|
| olovo | 88,0 | 21,0 | — |
| měď | 0,3 | 12,0 | — |
| zlato | 0,9 | 1,0 | — |
| stříbro | 0,3 | 0,3 | — |

(Kdybychom slévali zlato a stříbro ve výše uvedených poměrech, dostali bychom hrubé zlato 0,750 a zlato po přečištění 0,769, což je průměrné složení tzv. „volného zlata“ v Transylvánii.)

Podrobné studie těchto jevů, zejména studie G. F. Beckera, nás nenechávají na pochybách, že v tomto případě vystupující minerální vody uložily kromě různých forem SiO_2 (od opálu po krystalický křemen) také různé sulfidy kovů a že výplně puklin jsou velmi jasným příkladem krustifikace. Není ovšem možné dokázat, že tento proces stále pokračuje, ale to není důležité. Můžeme se spokojit s důkazem, že probíhal.

Povrchové minerální prameny

Když izolujeme pramen vyznačující se vysokou teplotou nebo velkým množstvím plynu či látek v roztoku, okamžitě zjistíme, že jeho hladina vystoupí nad hladinu podzemní vody. Čím je izolace nebo roubení pramene dokonalejší, tím je tento jev nápadnější a naprosto rozdílný od vadózní neboli mělké vodní cirkulace.

Izolace se obvykle provádí tím, že se studna kope co možná nehlouběji, aby se pod sytkým povrchovým materiálem dosáhlo úrovně pramene v nepropustné hornině; pak se vybuduje výztuž studně, aby pramen měl volnější výstup. Jelikož však cirkulace podzemní vody je v sytkém povrchu velmi živá, nezbytné snížení hladiny podzemní vody v takovém výkopu znamená ztrátu velkého množství vody. Navíc unikání plynu z minerálního pramene často brání důkladnému průzkumu. Případy, kdy byla přesná pozorování patřičně zaznamenána, jsou velmi vzácné.

Každá vhodná puklina v podloží je kanálem minerální vody. Naprostá izolace od podzemní vody je pravděpodobně zřídka proveditelná. Nicméně minerální pramen, který je pod větším tlakem než podzemní voda, bude mít tendenci ji ze studny vytlačit. Nedokonalost izolace se však projeví, když se z jakéhokoli důvodu snažíme studnu vyčerpat. Abychom snížili hladinu podzemní vody řekněme o 1 m, musíme mnohokrát vyčerpat tolik vody, kolik by normálně vydal sám pramen (i když bereme v úvahu snížený tlak). Nadbytek, obvykle překvapivě velký, pochází z podzemní vody, která si najde cestu do studny.

Jestliže minerální vodě umožníme, aby ve studni opět klidně stoupala, hladina zpočátku stoupá rychle, pak pomalu a konečně v určité výšce nad hladinou

podzemní vody zůstává stacionární, nedojde-li ke změnám výšky hladiny podzemní vody a barometrického tlaku. Tento rozdíl výšky hladin představuje vzestupnou sílu minerálního pramene.

Jestliže pramen vytvoří usazeninu (složenou většinou z uhličitanu vápenatého, hydratovaného oxidu železitého a SiO_2), může si tak vybudovat kanál, který je protažen nad hladinu podzemní vody podle vzestupné síly pramene. Proto občas nacházíme kuželovité krátery, z jejichž vrcholu vytékají minerální vody. Tento jev se projevuje ve svém nejvyšším stupni v gejzírech, tj. termálních pramenech, ve kterých vznikají náhlé a prudké výbuchy páry a plynu, často ženoucí vodu do značných výšek. Některé nádherné gejzíry v Národním parku v Yellowstonu si vybudovaly komínovité krátery pozoruhodné velikosti. Jejich struktura se silně podobá struktuře stalagmitů; v různých uloženinách vystupujících minerálních vod (jinými slovy v produktech hlubinné cirkulace) můžeme vskutku často zjistit analogii s vadózní cirkulací. Tato okolnost naznačuje vztah mezi jevy těchto dvou oblastí, který se často naprosto přehlídí nebo dokonce popírá.

Například gejzíry mají teplotu nad bodem varu, kdežto některé minerální prameny jsou jen o něco teplejší než průměrná místní teplota povrchu nebo podzemní vody. Toto je zvlášť běžné u kyselých pramenů, a přesto jsou to také prameny vod, které musely vzniknout v hlubinné oblasti.

Uvnitř vadózní oblasti se někdy nacházejí stoupající vody, které se však většinou dají zdůvodnit hydrostatickým tlakem. Ale uvnitř hlubinné oblasti hydrostatický tlak nemůže hrát žádnou úlohu; vzestup minerálních pramenů zde způsobuje vyšší teplota a přítomnost plynů. Nikdo se nebude pokoušet zdůvodňovat hydrostatickým tlakem extrémní příklady, jako jsou gejzíry, vřídla, bahenní sopky, prameny ropy apod.

Nápadnou okolností je výskyt vystupujících pramenů převážně v okolí mladších vyvřelých hornin, jako trachytu, čediče atp. To je zvláště případ zóny, která protíná Evropu od Z k V — ve Francii, v Německu, Čechách, Maďarsku a Transylvánii se vyskytuje množství teplých pramenů i kyselek, zatímco na S a J od této zóny je výskyt pramenů pouze ojedinělý. Jejich souvislost se zónou vyvřelých hornin je zřejmá a často jsou považovány za poslední dozvuky magmatických procesů. Ojedinělý výskyt pramenů v místech, kde vyvřelé horniny nehrají žádnou roli, musely způsobit hluboké trhliny nebo dislokace. Například zlomové pásmo, podél kterého nastal pokles Alp pod třetihorní vídeňskou pánev, má celou řadu termálních pramenů.

Tato okolnost má ještě jeden dalekosáhlý význam. Rudní ložiska jsou totiž rozložena podobně. Jsou nejčetnější a nejhustěji seskupena v okolí vyvřelých hornin, zvláště v rozšířených zónách vyvřelých hornin, jako např. na západě Severní Ameriky, v Maďarsku a Transylvánii, kdežto mezi jinými horninami je jich méně a jsou rozptýlenější (46).

Chemické složení minerálních vod

Vystupující minerální vody mají různé složení; některé, jako „akratotermy“, obsahují pouze ohřátou podzemní vodu, zatímco jiné jsou silně mineralizované a obsahují některé substance až téměř ve stavu nasycení. Materiál týkající se tohoto tématu je tak obšírný a různorodý, že jej nelze uvádět v celé šíři a podrobit diskusi. Musím se spokojit pouze tím, že zde předložím několik, pro náš účel zvláště zajímavých analýz z následujících lokalit:

Vody zastížené v dolech

| číslo | lokalita | teplota (°C) | autor |
|-------|---|--------------|---------------|
| 1 | Důl Gottesgeschick, Schwarzenberg | 11,0 | R. Richter |
| 2 | Šachta Svornost, Jáchymov | 28,7 | J. Seifert |
| 3 | Uhelný důl „Sprudel“ v Mostě, Čechy | | J. Gintl |
| 4 | Comstock, Savage, úroveň 183 m | 28, ? | S. W. Johnson |
| 5 | Comstock, Gould and Curry, úroveň 518 m | 48, ? | S. W. Johnson |
| 6 | Comstock, Gould and Curry, úroveň 549 m | 50, ? | S. W. Johnson |
| 7 | Comstock, Hale and Norcross | 70, ? | S. W. Johnson |
| 8 | Comstock, Ophir | 21,1 | Attwood |

Voda v rudonosných trhlínách

| číslo | lokalita | teplota (°C) | autor |
|-------|-----------------------------|--------------|--------------|
| 9 | Sulphur Bank, šachta Herman | 70, ? | G. F. Becker |
| 10 | Sulphur Bank, šachta Parrot | 70,0 | G. F. Becker |
| 11 | Steamboat Springs | 75,0 | G. F. Becker |

Několik termálních pramenů v Čechách

| číslo | lokalita | teplota (°C) |
|-------|---------------------------------|--------------|
| 12 | Vřídlo, Karlovy Vary | 64,0 |
| 13 | Křížový pramen, Mariánské Lázně | 12,0 |
| 14 | Luční pramen, Františkovy Lázně | 13,0 |
| 15 | Pravřídlo, Teplíce | 50,0 |

Slabé a silné minerální prameny

| číslo | lokalita | autor |
|-------|--|-----------------------|
| 16 | Ottův pramen, Kyselka | Dr. Nowak Kratschmann |
| 17 | Josefův pramen, Bilina (1875) | Dr. Ruppert |
| 18 | Puits de l'Enclos des Celestins, Vichy | Bunsen |
| 19 | Rippoldsau, Josefův pramen (1875) | Bunsen |
| 20 | Rippoldsau, Václavský pramen (1875) | Bunsen |
| 21 | Rippoldsau, Leopoldův pramen (1875) | Bunsen |
| 22 | Kissingen, Pandurův pramen (1856) | Liebig |
| 23 | Kissingen, Rákoczyho pramen (1856) | Liebig |
| 24 | Yellowstone, Cleopatra, Mammoth Hot Springs (1888) | F. H. Gooch |
| 25 | Yellowstone, Grand Geysir | T. E. Whitefield |

Je známo, že analytici se při sestavování výsledků neřídí stejnými pravidly. Jeden předpokládá, že se určitá kyselina spojuje s nějakou alkálií, jiný přiřazuje tutéž kyselinu zemité zásadě atd. Ve srovnání, které poskytuje tabulka 1, nás zajímají látky vyskytující se ve velkých poměrech: uhličitany a sírany

alkálií a alkalických zemin, chloridy, silikáty a množství organické látky (pokud by byly určeny jednotným postupem).

Považuji za nejvhodnější použít jako základ 1 t (což je hmotnost 1 m³ vody, která není příliš bohatá na minerály) a vyjádřit podíl solí v gramech, abychom se vyhnuli desetinám. K vyjádření vzájemných podílů solí je rovněž výhodné vycházet z 1000 dílů pevné látky.

Racionální analýza S. W. Johnsona pro vody Comstocku z úrovně 183 m v dole Savage (C. King, op. cit., str. 87) mi posloužila jako vodítko k přepočítání dat (Church, op. cit., str. 204) pro jiné doly a úrovně.

Tyto analýzy ukazují, že minerální vody Comstocku jsou na rozpuštěné substance chudé. Podle E. S. Bristola (C. King, l. c. str. 88) tomu tak není. Zjistil, že v s. sledné štole v dole Savage na úrovni 152 m obsahuje důlní voda 2660 g/t pevného podílu a v z. sledné štole v Yellow Jacket až 3271 g/t. Je ale otázkou, zda se tato čísla nevztahují na obyčejné důlní vody, jak naznačuje termín „západní sledná štole“ (47).

Převaha síranů nad uhličitany není nic neobvyklého, ale rozhodná převaha oxidu vápenatého, síranu nebo hydrosíranu ve vodách Comstocku je unikátní. Tento poměr by zůstal stejný, i kdybychom snad uvažovali o části kyseliny sírové vázané s alkáliemi. Dvě nejdůvěryhodnější analýzy — Attwoodova a Johnsonova — uvádějí 222 a 535 g sádrovce na 1 t vody a 492 a 700 g/t suchého rezidua. Kromě jejich sádrovce mohou být minerální vody Comstocku zařazeny mezi slabé neboli akrototermální prameny, jako jsou teplické prameny v Čechách.

Vody ze Sulphur Bank a pramenů v Steamboat se v tabulce 1 liší od všech ostatních značným podílem tetraboritanu sodného a velmi se podobají některým vodám v Suffioni a Lagoni ve střední Itálii. Jejich stupeň mineralizace a velký podíl chloridů připomíná vody Karlových Varů a Františkových Lázní v Čechách. V okolí bezodtokých, a tudíž slaných oblastí na Z Severní Ameriky není podíl chloridu sodného překvapující, ale je překvapující v Čechách, v zemi, která postrádá sůl, kde — pokud víme — žádná hornina neobsahuje tuto vysoce rozpustnou substanci. Musíme předpokládat, že existuje v hlubší oblasti, v ještě nerozložených formách, jako je silikát hlinitosodný ($3\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + 2\text{NaCl}$), který se musí chemicky rozložit dříve, než se vytvoří NaCl. Přítomnost menších množství soli, než jsou množství, která zde uvažujeme, se dají přisuzovat atmosférickým srážkám (jak jsem se kdysi pokusil ukázat).³⁶ A. Bobierre pečlivým a opakovaným rozborem dešťové vody, spadlé v Nancy v průběhu roku 1863, zjistil³⁷ 14 g soli na tunu nebo jeden krychlový metr. G. Zoppe³⁸ argumentoval.

³⁶ „Zur Genesis der Salzablagerungen, besonders jener im nordamerikanischen Westen“, k.k. Akad. d. Wissensch., Wien, 1877.

³⁷ Compt. rendu, LVIII, s. 755. Bullet. Soc. Chim., LIV., s. 467.

³⁸ „Descrizione geologico-mineraria dell'Iglesiente“, Memorie descritt. della Carta geol. d'Italia, IV., Roma, 1888, s. 119.

že někdy lze značný obsah chloridu sodného v pramenech okresu Iglesias na Sardinii vysvětlit odnosem soli z moře větrem. (Bouřlivá průtrž mračen 7. března 1886 vykazala až 387 gramů soli na tunu nebo krychlový metr.) Sůl z atmosférických srážek se koncentruje vypařováním. V Čechách například pouze jedna čtvrtina dešťových srážek uniká do Labe; v jižnějších oblastech se vypaří všechny. Klesající podzemní voda se solemi nabohacuje ještě dále, takže tímto způsobem lze zdůvodnit sůl, která se normálně nachází ve vystupujících vodách (48).

Zatímco voda pramenů Steamboat je bohatá na chlorid sodný, důlní voda Comstocku jej obsahuje málo, přestože obě místa leží poměrně blízko sebe. Obě sousedí s vyvěřelinami, zvláště čedičovými výlevy, ale prameny Steamboat vyvěrají z krystalinických hornin. Nebylo by možné, aby stoupající vody získaly své hojné množství chloridu sodného z minerálů, jako je sodný alumosilikát, který je v krystalinických horninách běžný?

Sirovodík hraje ve stoupajících vodách důležitou úlohu. Zdá se, že jeho přítomnost je příčinou většího nadbytku rozpuštěných substancí. Připisuje se to rozkladu síranů organickými látkami, jejichž stopy se nacházejí ve většině stoupajících vod (49). Opětnou oxidací vzniká kyselina sírová, která přeměňuje uhličitany na sírany. Je pozoruhodné, že v mnohých minerálních pramenech se H_2S vyskytuje periodicky v překvapivě velkém množství a často znovu zmizí téměř beze stopy. Je pravděpodobné, že tento jev způsobuje střídání procesů oxidace a redukce (50).

Nejdůležitějším geologickým faktorem ve vystupujících vodách je nepochybně kyselina uhličitá, protože hlavně tato sloučenina je schopna pod vysokým tlakem a za vysoké teploty rozpouštět většinu hornin zemské kůry. Kyselina uhličitá určitě rozpouští v horninách alkálie, alkalické zeminy a silikáty a v minerálních vodách se tvoří uhličitany, jež převládají nad průvodními sírany.

Všeobecný obraz, jak byl výše naznačen, ukazuje, že ve vodách Comstocku sírany převládají nad uhličitany, což vedlo chemiky k tomu, aby kyselinu sírovou pokládali za hlavní složku chemických reakcí (převaha kyseliny sírové nad uhličitou je také v některých termálních pramenech v Čechách). Výsledky dvou rozborů vody v Sulphur Bank jsou pozoruhodné: jeden vykazuje jako převládající sírany, druhý uhličitany. Jeden vzorek byl totiž odebrán z vody, která byla po dlouhou dobu ve styku s atmosférou, takže uvolněný H_2S oxidující na H_2SO_4 vypudil CO_2 z části uhličitánů. V tabulce 1 jsou uvedeny pod čísly 1, 2 a 3 vzorky termálních vod, které v roztoku obsahují značné množství volného CO_2 , čímž je dán jejich kyselý charakter. Pro srovnání jsem připojil dvě známé české kyselky: č. 16 je slabě mineralizovaná voda používaná jako stolní voda a č. 17 je proslulá minerální voda z Bíliny (pod číslem 18 je slavný pramen ve Vichy ve Francii). Před několika léty množství bílinského pramenu silně kleslo a lze se oprávněně domnívat, že část jeho vody si našla cestu do

Tabulka 1

Analýzy některých stoupajících vod

| číslo lokality | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 1000 kg minerální vody obsahuje v gramech: | | | | | | | | | | | |
| alkal. uhličitán | 1150 | 352 | 2297 | 145 | 110 | 449 | 460 | 70 | 1954 | 325 | 333 |
| zemitý uhličitán* | 510 | 55 | 729 | 51 | — | — | — | 48 | 54 | 57 | 17 |
| alkalický síran | 82 | 12 | 37 | — | — | — | — | 57 | — | 689 | 172 |
| zemitý síran** | — | — | 6 | 535 | 246 | 286 | 386 | 222 | 23 | — | — |
| chloridy | 62 | 6 | 58 | 2 | 1 | 20 | 23 | 10 | 1150 | 1115 | 1612 |
| oxid křemičitý | — | 51 | 72 | 31 | 38 | 69 | 60 | 38 | 37 | 42 | 391*) |
| jiné substance | — | — | 6 | — | — | — | — | 5 | 1883+ | 2412+ | 325+ |
| celkově | 1804 | 476 | 3205 | 764 | 395 | 824 | 929 | 450 | 5101 | 4640 | 2850 |
| 1000 g pevného rezidua obsahuje v gramech: | | | | | | | | | | | |
| alkal. uhličitán | 632 | 739 | 717 | 118 | 278 | 545 | 495 | 156 | 383 | 70 | 117 |
| zemitý uhličitán* | 288 | 115 | 227 | 67 | — | — | — | 107 | 10 | 12 | 6 |
| alkalický síran | 46 | 24 | 11 | — | — | — | — | 125 | — | 148 | 60 |
| zemitý síran** | — | — | 2 | 699 | 623 | 347 | 415 | 492 | 5 | — | — |
| chloridy | 34 | 12 | 17 | 2 | 2 | 24 | 25 | 23 | 225 | 242 | 569 |
| oxid křemičitý | — | 107 | 22 | 40 | 96 | 83 | 64 | 83 | 7 | 9 | 137 |
| jiné substance | — | 23 | 14 | 74 | 1 | 1 | 1 | 14 | 370+ | 519+ | 111+ |
| celkově | — | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |

* uhličitany kovů alkalických zemin

** sírany kovů alkalických zemin

mosteckých uhelných dolů, kde se na několika místech projeví výrony podobné minerální vody. Naštěstí Bílina získala prostřednictvím štoly a vrtu zvýšenou produkci pramene. Je známo, že destilovaná voda za normálního barometrického tlaku a při pokojové teplotě může absorbovat určitý objem kyseliny uhličitě a že minerální voda má za stejných podmínek poněkud vyšší absorpční koeficient. Volný CO₂, nevázaný v kyselých uhličitanech, uvádějí analytici většinou ve váhových jednotkách. Převod na objemové jednotky je snadné a jejich používání by bylo vhodnější pro všechny případy; bohužel se však ještě obecně neuzívá.

Schopnost vody absorbovat CO₂ se v zemské hloubce v důsledku vyšší teploty zmenšuje, ale na druhé straně se v mnohem větší míře zvyšuje v důsledku vyššího tlaku. Část plynu, absorbovaného v hloubce, se ve vyšších zemských sférách uvolňuje a dodává stoupající vodě energii.

Až dosud jsme uvažovali o složkách, které jsou v minerálních vodách zastoupeny nejhojněji. Nyní se musíme také zabývat složkami tvořícími nepatrný podíl, neboť ty se nejbližší dotýkají hlavního předmětu našeho zájmu.

Tabulka 1

| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1000 kg minerální vody obsahuje v gramech: | | | | | | | | | | | | | |
| 2356 | 167 | 1167 | 415 | 1312 | 3374 | 5437 | — | — | — | — | — | — | 378 |
| 127 | 146 | 381 | 100 | 565 | 586 | 981 | 1257 | 1170 | 1653 | 1110 | 1087 | 625 | 9 |
| 535 | 500 | 3339 | 23 | 34 | 954 | 314 | 1273 | 1105 | 917 | — | — | 145 | 39 |
| — | — | — | 56 | — | — | — | 299 | 240 | 37 | 978 | 892 | 559 | 0 |
| 1031 | 170 | 1213 | 63 | 30 | 381 | 534 | 85 | 69 | 44 | 6441 | 5998 | 304 | 619 |
| 73 | 8 | 61 | 48 | 59 | 43 | 65 | 57 | 97 | 86 | 13 | 4 | 52 | 303 |
| — | 120 | 34 | 13 | 5 | 1 | 84 | 5 | 17 | 20 | 15 | 9 | 46 | 42 |
| 6126 | 1111 | 6195 | 718 | 2005 | 5339 | 7415 | 2976 | 2698 | 2757 | 8557 | 7990 | 1731 | 1390 |
| 1000 g pevného rezidua obsahuje v gramech: | | | | | | | | | | | | | |
| 384 | 150 | 188 | 577 | 655 | 631 | 735 | — | — | — | — | — | — | 273 |
| 28 | 135 | 61 | 139 | 283 | 108 | 132 | 422 | 426 | 601 | 130 | 136 | 362 | 6 |
| 409 | 450 | 539 | 32 | 17 | 183 | 42 | 427 | 412 | 332 | — | — | 84 | 28 |
| — | — | — | 77 | — | — | — | 100 | 88 | 13 | 114 | 111 | 323 | — |
| 166 | 153 | 195 | 87 | 15 | 70 | 72 | 28 | 22 | 16 | 754 | 751 | 175 | 445 |
| 12 | 8 | 10 | 61 | 30 | 8 | 8 | 18 | 36 | 31 | 1 | 1 | 30 | 218 |
| 1 | 104 | 7 | 27 | — | — | 11 | 5 | 6 | 7 | 1 | 1 | 26 | 30 |
| 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |

+ většinou tetraboritan sodný $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

*) $\text{Na}_2\text{Si}_4\text{O}_9$

Vedlejší kovové příměsi v minerálních vodách

Běžné analýzy vod vykazují přítomnost některých kovů, zvláště železa a manganu, které se v nich vyskytují jako složky snadno oxidovatelné v nejnižším mocenství a podmiňují vznik hydroxidů. Uhličitan vápenatý, v roztoku jako kyselý uhličitan, se současně vysráží odpařováním a ztrátou CO_2 a za jistých podmínek je tomu podobně se silikáty. Podle svých převládajících nerostných složek se takové precipitáty nazývají okr, sintr, vápenný tuf, travertin apod.

Stopové prvky (zejména kovy) se nacházejí:

1. rozpuštěné v samotné minerální vodě;
2. v okrech nebo sintrech usazených v ústí pramenů, kde jsou soustředěny v pozorovatelném množství (původně byly zřejmě nenápadnou součástí v roztoku);
3. v některých místech v ústí pramenů se navíc nacházejí substance, které původně v roztoku nebyly, ale působením minerální vody se posléze vysrážely na různá cizí tělesa.

Zpočátku se pohlíželo na podíly kovových přísad, zjištěných běžnými rozbory pramenů, s pochybnostmi, pokud se za ně nezaručil chemik takového formátu jako Berzelius. Fresenius a jiní připouštěli, že přísady mohou pocházet z kovových potrubí, ale nakonec se prokázala jejich existence v přirozených pramenech. Pochopitelně „stopy“ nejsou hodny takové důvěry jako snadno zjištělná množství. Podle dr. Loschnera³⁹ Göttl zjistil „stopy“ mědi a dokonce zlata ve vodách kyselky v údolí Ohře a Elie de Beaumont⁴⁰ zjistil, že z padesáti devíti chemických prvků známých v roce 1847 se jich vyskytuje v minerálních pramenech dvacet čtyři. Z těchto pouze šest (U, Mn, Fe, Bi, Sb, As) byly kovy. G. Bischof⁴¹ tento seznam zdvojnásobil a od té doby se naše znalosti značně rozšířily díky Liebigovi, Willovi, Freseniovovi, Rammelsbergovi, Waackenroderovi, Thenardovi a Chevalierovi. Jsou to hlavně usazeniny z roztoků, které obsahují kovy, jež se v nich kdysi rozpustily. Oxidy Cu, Sn, Co, Zn, Sb, Ni atd. se vysrážely společně s oxidem železa. Okry jsou zvláště bohaté na arzén. Cín se často nachází v termálních usazeninách ve Wiesbadenu, Sodenu, Homburgu, Rippoldsau, Alexisbadu, Driburgu, Bruckenau, Kissingenu atd.

Olovo se vyskytuje v pramenech Rippoldsau (podle Willa 1.6–3.7 mg/t), Kissingenu (10–13 mg/t), Alexisbadu, Emsu, Homburgu, v Karlových Varech (v Zámeckém pramenu podle Göttla), Pyrmontu atd.⁴² Již dlouho je známo, že měď existuje v kyselých důlních vodách (např. v cementační vodě ve Smolníku, ve Španí Dolině atd.) a také ve vystupujících vodách v Karlových Varech (podle Göttla), Cáchách (Liebig), Bagnères de Luchon (Filhol), Bourbonne (Tomsier), Luxueil (Braconnot, Henry), Wiesbadenu (Fresenius), Brückenau (Keller), Rippoldsau (Will) a v mnoha jiných železitých vodách.⁴³ Arzén se pochopitelně nachází v minerálních vodách často. Zmíním se pouze o pramenu Magdalena v Mont-Doré (45–55 g/t podle Thenarda), St. Hectaire (6–8 g/t), Royat (35 g/t) a Bourbole (815 g/t). Bischof⁴⁴ uvádí maxima zjištěná v minerálních pramenech do roku 1854 (v mg/t):

| | voda | okr |
|----------------------------------|------|--------|
| kyselina arzenitá | 1,5 | 38,460 |
| oxid antimonitý | 0,1 | |
| oxid zinečnatý (síran) | 13,3 | |
| oxid olova | 0,1 | 1,900 |
| oxid mědi | 6,4 | 1,000 |
| oxid cínu | 0,1 | 0,500 |

³⁹ Badeschrift über Giesshübl, 3 Aufl. Prag, 1855.

⁴⁰ Bulletin de la Soc. Geol. de France, 2 Ser., IV, s. 1249, etc.

⁴¹ Lehrb. d. Chem. Geologie, Aufl., I, s. 2078.

⁴² Dr. B. M. Lersch, Hydrochemie, I, Berlin, 1879, s. 342.

⁴³ Ibid., s. 438.

⁴⁴ Dr. H. Ludwig: Die natürlichen Wässer, Erlangen, 1862, s. 96. Srovnej s J. Roth: Allgemeine Chem. Geologie, Berlin, 1879, s. 564, etc.

Pro ilustraci připojuji obsahy minerálních vod dvou důležitých lokalit, jak byly vypočítány z obsahů okru. Hlavní složky těchto vod jsou uvedeny v tabulce 1. První tři prameny jsou v Rippoldsau, další dva v Kissingenu (Keller).

| Prameny složky | Josef | Wenzel | Leopold (mg/t) | Pandur | Rákoczy |
|-------------------|-------|--------|-------------------|--------|---------|
| oxid cínatý | 25 | 17 | 38 | 134 | 166 |
| oxid antimonitý | 16 | 10 | 24 | 107 | 134 |
| oxid měďnatý | 104 | 69 | 156 | 128 | 150 |
| kyselina arzenitá | 600 | 400 | 900 | 1120 | 800 |

V pojednání o pramenech ve Steamboat Springs jsem se již zmínil o kovech zjištěných G. F. Beckerem, mezi nimiž jsou především Hg, Au a Ag.

Dotakem bych ještě chtěl upozornit na rozdílnost usazenin jednoho pramene a pro tento účel volím Puits de l'Enclos des Celestins de Vichy,⁴⁵ jehož analýza je v tabulce 1. Tento pramen obsahuje v 1000 dílech:

| | reziduum získané od- pařováním minerální vody | usazenina okru | vápenitá usazenina |
|--------------------------------------|---|-------------------|-----------------------|
| uhličitany alkalických kovů | 735 | — | — |
| uhličitany kovů alkalických zemin | 129 | 169 | 980 |
| uhličitan železnatý | 3 | — | — |
| uhličitan manganatý | — | — | 4 |
| oxid železitý | — | 474 | 10 |
| sírany alkálií | 42 | — | — |
| chloridy | 72,0 | — | — |
| kyselina křemičitá | 8,0 | 10 | — |
| kyselina arzenitá | 0,4 | 70 | — |
| jiné složky | 10,6 | 277 | 6 |
| | 1000,0 | 1000 | 1000 |

Změny způsobené minerálními výrony

V kapitolách věnovaných této otázce Daubrée rozlišuje působení minerálních vod na horninu, kterou pronikají, a jejich působení na heterogenní složky, které se vyskytly v minerální vodě.⁴⁶

⁴⁵ Dr. H. Ludwig: Die natürlichen Wässer, Erlangen, 1862, s. 199.

⁴⁶ Les eaux souterraines a l'époque actuelle, II, s. 67, a Les eaux souterraines aux époques anciennes, s. 178.

A. V prvním případě uvádí alunit, kaolín a hadec jako výsledek minerálních proměn obecně. Chtěl bych však upozornit na určitou okolnost, která ještě není dostatečně doceněna — totiž že horniny v okolí minerálního pramene mají vzhled často velmi odlišný od hornin vzdálenějších. V případě pramenů obsahujících sirovodík se to rozumí samo sebou. Sulphur Bank je pozoruhodným příkladem tohoto jevu na kontaktech s čedičem. Žula se často rozkládá v okolí pramenů — jako v karlovarské oblasti, kde některé minerální prameny, vystupující na styku žuly a nadložních terciérních hornin, přeměnily žulu v kaolín. Pozoroval jsem podobný rozklad u pramenů v Janských Lázních v Čechách a na mnoha jiných místech. Je škoda, že se dosud nevěnovala větší pozornost studiu těchto jevů z chemického hlediska (51).

Daubrée poukázal na účinek minerální vody na různé horniny a umělé stavební materiály ve vyzděných studnách pramenu v Plombières a Bourbonne-les-Bains;⁴⁷ například v románské maltě se vytvořily zeolity (chabazit, harmotom, apofylit), v římských cihlách v Plombières vodnaté silikáty (plombierit, chalcedon, hyalit), recentní formace kalcitu a aragonitu a také nálevkovité dutiny vyhloubené ve vápenci vyzdívky. Tyto dutiny jsou zvláště zajímavé, protože byly vyhloubené odspodu vzhůru, tj. ve směru stoupajícího pramene. Obrázek 9 znázorňuje toto působení na stavební kámen.

V Burtscheidu blízko Cách učinil v roce 1845 J. Nöggerath analogické pozorování, které je pro naše poznatky ještě důležitější. V té době se v sousedství horkého pramene budovala na domovní parcele terasa. Odstřely v devonském vápenci odhalily několik vertikálních kanálů téměř kruhového průřezu a o průměru 20–90 cm, z nichž některé obsahovaly termální vodu a vypouštěly páru. Většinou byly ucpány horninovou sutí, ale jeden z nich byl hluboký asi 4 m. Bezprostředně kolem těchto „trubic“ byl jinak pevný vápencový přeměněn do vzdálenosti 15 cm na šedou zemitou hmotu, za vlhka téměř plastickou, která se dala odlupovat v tenkých šupinách. Místy hmota odpadla a na takto rozšířených stěnách „trubic“ se uložily vrstvy bílého vápencového sintru.⁴⁸ Nöggerath vůbec nepochybuje o tom, že minerální voda vystoupila 5–6 m nad současným povrchem a sama si kanál vyhloubila. Domnívá se, že veškeré minerální prameny Burtscheidu a Cách, které pramení z vápence, mají podobný tvar.

Upozorňuje na skutečnost, kterou pozoroval se svým přítelem G. Bischofem, že totiž desky černého mramoru pokrývající obrubu Císařského pramene (Kaiserquelle) poblíž Cách a Schwerdbad v Burtscheidu byly stálým působením páry na jejich vnitřní povrch přeměněny v těstovitou hmotu, která se dala snadno seškrábnout nehtem.

⁴⁷ Experimental Geology, s. 82.

⁴⁸ J. Nöggerath, „Ueber die sogenannten natürlichen Schüchte oder geologischen Orgeln in verschiedenen Kalksteinbildungen“. Karsten's Archiv. für Min., Geogn., u. Bergbau, 1845, s. 513.

Kromě tohoto zjevného působení termálních pramenů na vápenec můžeme z předcházejícího usoudit, že vody, které mají tendenci k vzestupnému pohybu, si vlastně vytvoří cestu vápencem k povrchu nebo využijí jiných cest vedoucích k povrchu. Tato okolnost mi nebyla známa, když jsem publikoval svou monografii o ložiskách v Băita (Rézbánya),⁴⁹ ve které jsem erozi kanálů, vyplněných rudou, ve vápenci připisoval vadózní vodě, místo abych je přisoudil působení stoupajících minerálních vod (52).

Výše zmíněné Nöggerathovo pojednání obsahuje také zjištění analogie mezi kanály termální vody v Burtscheidu, tzv. „geologickými varhanami“ v křídových uloženinách maastrichtu, a „přírodními šachtami“ ve vápenci eocénu v blízkosti Paříže. Tyto „přírodní šachty“ však nevykázaly žádné stopy dřívější přítomnosti minerální vody a nejsou pro nás zajímavé. Výsledky novějšího zkoumání obou těchto jevů nejsou nyní bohužel k dispozici.

B. Co se týče účinků minerálních vod na umělé materiály, vděčíme Daubrèemu za to, že se zachovaly výsledky četných důležitých pozorování vyzdřených studní pramenů v Plombières a Bourbonne-les-Bains.⁵⁰

Prameny Plombières se vyskytují v blízkosti rudonosných křemenných žil a při teplotě 68 °C poskytují vodu bohatou na oxid uhličitý, ale chudou na pevné složky, přičemž reziduum po vypaření je 400 g/t (0,04 %). Naproti tomu prameny v Bourbonne-les-Bains mají teplotu 58 °C, jsou bohaté na minerální látky a reziduum je 7000–8000 g/t (0,7–0,8 %) — jde hlavně o chlorid sodný (5800 g). Vytékají z pestrých slínů svrchního triasu v podloží lasturnatého vápence, v blízkosti velkých zlomů. Zdá se, že kyselina uhličitá je přítomna pouze ve stopách a totéž platí o sirovodíku, který se prozrazuje svým pachem a který také podmínil vznik malých ložisek síry.

V roce 1874 se pomocí silných čerpadel podařilo překonat silný přítok a tím se zpřístupnil základ starého římského roubení. Minerální voda stoupá z horizontálních vrstev jílu přívodním kanálem naplněným pískem, který asi sotva představuje původní kanál. Na dně vyzdívký bylo nalezeno jílovité bahno, kde kromě tisíců lískových oříšků, žaludů a ovocných semínek se našlo mnoho gotických a římských mincí a mnohé jiné předměty, jako bronzové sošky, jehly, jantarové náušnice, kusy oloveného potrubí apod. Zlaté mince vážily celkem 25 g, stříbrné mince 625 g, ale bronzových mincí bylo 20 888 g. Mnohé zmizely úplně, zanechaly pouze svůj otisk a vytvořily z produktů svého rozkladu beztvare masu, smíšené se zrnky písku. Většina minerálů, vytvořených rozkladem bronzu, obsahovala měď (kuprit, chalkozín, chalkopyrit, tetraedit,

⁴⁹ Geol. mont. Studie der Erzlagerstätten von Rézbánya in S. O. Ungarn., Budapest, 1874, s. 179.

⁵⁰ „Formation contemporaine de diverses espèces minérales cristallisées dans la source thermale de Bourbonne-les-Bains“. Annales des Mines, 6 series, 1875, VIII, s. 439. Také německé vydání Daubrèe: Études synthétiques, 1880, s. 57.

atacamit), pouze jeden cín — na minci, která ještě měla ve svém vnitřku bronz, ale byla pokryta bílou vrstvou oxidu cínu. Působení vod na olovo vytvořilo povlaky galenitu a fosgenitu, šupiny oxidu olova a cerusit. Železo se nezměnilo na obyčejnou rez, produkt jeho oxidace obsahoval oxid křemičitý. Navíc se ze železa místo zemitého černého sulfidu železa, vyskytujícího se často na povrchu, utvořil pyrit a pokrýval oblázky a zrna křemene, hranaté úlomky pískovce a také nějaké zřejmě umělé produkty, jako pazourkové nože, což nepochybně naznačovalo jeho subrecentní původ.

Je zvláštní, že stříbrné mince vzdor velkému množství chloridů ve vodě a afinitě stříbra k síře nebyly silně porušeny a jejich ražba byla ještě zcela zřetelná, pokud nebyly potaženy sulfidy, pocházejícími z okolních bronzových mincí. Zřejmě byly chráněny před chemickým vlivem něčím, co ještě nedovedeme určit. Kromě toho železo a hydratovaný silikát pronikly dřevem, nalezeným v pramenech.

„V Bourbonne i v Plombières jsou hydrotermy v hloubce menší než 8 m pod povrchem; přesto se velmi liší od toho, co jsme zvyklí vidět v našich laboratořích. Postačila jim teplota, která je nižší ve srovnání s teplotou ve větších hloubkách. Nedovedeme si představit, jaké síly bychom mohli vzít v úvahu, kdybychom mohli do hloubky sledovat jejich dráhy, jimiž jako horké roztoky vystupovaly“ — Daubrée, op. cit., str. 91.

Strukturní znaky usazenin minerálních pramenů

Původní podmínky v místě výtoku minerálních pramenů se zřídka zachovaly nedotčené. I když se jejich kanály, jimiž spodní voda pronikla k povrchu, uchovaly, odstranila je částečně jednak eroze (jelikož se často vynořují na dně údolí) a jednak je různě narušila lidská činnost tím, že je odvedla jiným směrem, ucpala nebo přehradila. Pro náš účel je důležité, že všechny neporušené kanály dosahující na povrch jsou vyplněny symetricky uspořádanými minerálními krustami.

Viděl jsem takovou pravidelnou výplň trhlínového kanálu pramene v sintru v lázních Arczó poblíž Praidu (Parajdu) v Transylvánii.⁵¹ Výplň 25centimetrové trhliny se skládala z pestré vybarvených krust aragonitu, tenkých jako papír, jejichž vlákna jsou kolmá ke stěně kanálu. Nejmladší krusty jsou temnější a při rozpouštění v kyselině chlorovodíkové vydávají asfaltový pach; nejstarší jsou obvykle mléčně bílé a zanechávají reziduum koloforního SiO₂. Voda má velice nepříjemnou slanou a hořkou chuť. V plynu, který uniká z trhliny, nepochybně převládá kyselina uhličitá, popř. s příměsí uhlovodíků.

⁵¹ F. Posepny, „Studien aus dem Salinargebiete Siebenbürgens“, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, Wien, 1867, XVII, s. 477.

Jelikož náčrt ústí Steamboat Springs, který uvádí Le Conte (op. cit., str. 423), není asi zcela srozumitelný, předkládám na obrázku 8 ideální průřez jednoho z kráterů pramenů v Arezó.

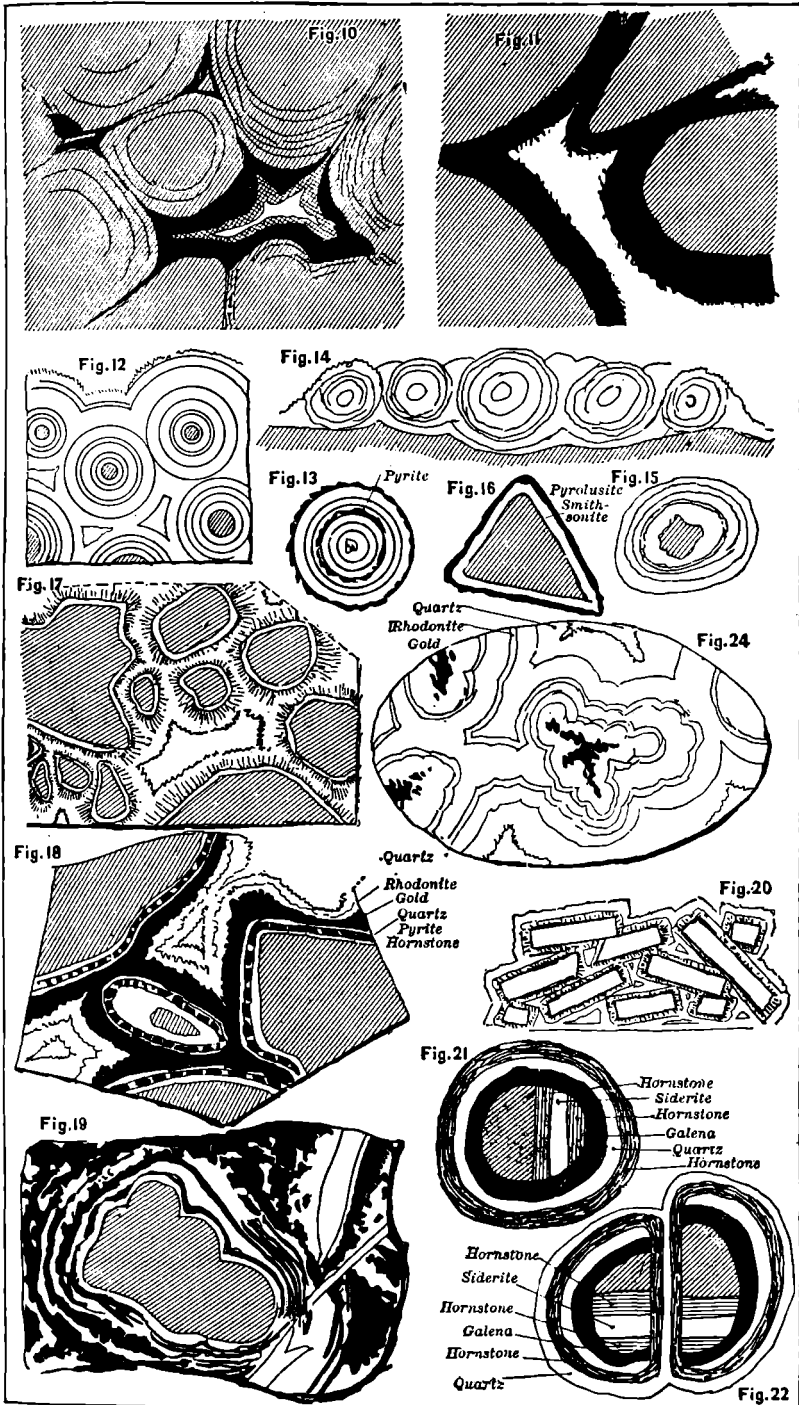
Je to pouze kanál, který je vyplněný pevnými, téměř neprůhlednými krustami; uloženiny na jedné straně kráteru jsou jemnozrné (bílá vápencová hmota) a v malé vzdálenosti od pramenů jsou v mnoha místech horizontální vrstvy travertinu, obsahujícího zbytky rostlin.

Pigeon a Voisin popisují analogický, ale mnohem rozsáhlejší úkaz ve Vichy u Rocher des Celestins, kde lze pozorovat téměř vertikální aragonitovou výplň, širokou 2 m a dlouhou 200 m, s vlákny kolmými k plochám krust (Daubrée, op. cit., str. 159).

Vody vytékající z minerálních pramenů tvoří také pevné uloženiny, které jsou často v horizontálních vrstvách a pokrývají značně velké plochy. Jsou to tzv. travertiny — formace analogické karlovarskému vřidelnímu kameni nebo hrachovci. V tomto případě nás ale zajímají uloženiny v samotném kanálu a v jeho bezprostřední blízkosti, a to nejen krusty na vlastních stěnách, ale i krusty obklopující velké nebo malé úlomky horniny uvnitř kanálu. Mnohé takové uloženiny mají strukturu hrachovce, který můžeme také sledovat v rudních ložiskách (sférolitické železné rudy apod.). Je zřejmé, že tyto hrachovce jsou inkrustované úlomky a krusty, které jsou na nich vyvinuté, jsou mnohem mocnější než průměr úlomků. Karlovarský vřidelní kámen má v malém měřítku tutéž strukturu jako ve velkém mají mnohá rudní ložiska. Hrachovce, jako např. v Tivoli a Hamman Meskoutine, se skládají z uhličitanu vápenatého, čistého nebo trochu smíšeného s oxidem železa a oxidem křemičitým. Na lokalitě Hamman Meskoutine se mezi vrstvami uhličitanu vyskytuje pyrit, takže se formace musí označit jako uhličitano-pyritová.

V tomto místě můžeme ještě dodat několik slov týkajících se karlovarského vřidlovce. Jak je známo, vřídlo se podobá gejzírům v tom, že vystřikuje termální vodu a páru do značné výšky. V současné době je precipitátem porézní, poněkud železitá aragonitová nebo travertinová hornina. Podklad, ze kterého vřídlo tryská, se skládá z horizontálních vrstev mnohem hustší aragonitové hmoty, kterou lze leštit a použít jako materiál pro uměleckou brusičskou práci. Část Karlových Varů stojí na této tzv. vřidelní desce „Sprudelschale“, ze které občas vytrysknou nové termální prameny, jejichž vývoj byl možná podobný historii řady kotlin v Mammoth Hot Springs řeky Gardiner v Yellowstonském národním parku.

Určité vrstvy tohoto vřidelního ložiska jsou výhradně shluky pizolitů velikosti hrášku, odtud název hrachovce. Je zřejmé, že se stejně jako v případě pramene Hamman Meskoutine vytvořily bezprostředně u výtoku minerální vody. Precipitát z roztoku (v tomto případě přesyceném) se uložil kolem jednotlivých zrn hornin, které byly po určitou dobu udržovány v pohybu jeho proudem. Tímto způsobem se krusty postupně ukládaly, dokud pizolit nedosáhl



tak velkých rozměrů, že se nemohl udržet ve vznosu a klesl ke dnu, kde se na jeho volné plochy usadily ještě další krusty. Je docela možné, že zůstaly ojedinělé dutiny, do kterých precipitát nemohl proniknout. Podle naší terminologie by to byly „centrální drúzy“. Obrázek 12 znázorňuje tento proces, zatímco obrázek 13 představuje jednotlivý pizolit s pyritovými krustami z lokality Hamman Meskoutine.

Měl jsem možnost vidět naprosto analogický jev, způsobený padajícími kapkami v Baia de Arieș (Offenbánya). V určitých místech asi třicet let nepoužívané štoly kapala se stropu voda bohatá uhličitánem vápenatým, která na podlaze vytvořila usazeninu o mocnosti několika centimetrů. Na místě, kde kapky padaly přímo na podlahu, se vytvořila kotlinovitá prohlubeň, ve které jako vajíčka v ptačím hnízdě ležela různá tělesa podobná pizolitům, tvořená zrnky písku, obklopenými koncentrickými krustami uhličitánu. Některé z těchto formací ležících uprostřed hnízda byly docela volné, takže se převracely v důsledku síly padajících kapek, což vysvětluje jejich celkem pravidelnou inkrustaci. Jiné, nacházející se poblíž okraje, již byly stmelené a místy měly charakter sintru⁵² (obr. 14 a 15). Podobné formace, známé pod názvem „ptačí hnízda“, popisuje Schmidt v dolech Riegelsdorfu a Bieberu⁵³ a zdá se, že v rudních dolech rozhodně nejsou vzácné. V čelbě několik let opuštěné důlní chodby v Baia de Arieș (Offenbánya) jsem např. zjistil, že v důsledku padajících kapek se malé kousky horniny obalily dvěma oddělenými tenkými krustami: nejprve bílou lesklou vrstvou smithsonitu a na ní černou, snadno oddělitelnou krustou

⁵² F. Posepny, „Ueber concentrisch-schalige Mineralbildungen“, k. Akad. d. Wissensch., Wien, 1868.

⁵³ Beiträge zu der Lehre von den Gängen, s. 42.

-
10. Ukládání rumělky a opálu v čediči v Sulphur Bank, Kalifornie. Náčrtek výchozu od F. Pošepného
 11. Podobná situace v pískovci ve větší hloubce (J. Le Conte)
 12. Karlovarský **vřídelní „hrachovec“**
 13. Pizolity s krustami pyritu, Hamman Meskoutine
 - 14, 15, 16. Pizolity vytvořené kapajícími roztoky, Baia de Arieș (Offenbánya)
 17. Kokardové rudy, upravená ilustrace Cotty (Erzl. Lehre, I., 33) a Daubróa (Les eaux aux époques anciennes, str. 64)
 18. Vzorek rudy se zlatem z rudního tělesa Cotroanța (Katrontza), Roșia Montană (Verespatak)
 19. Obrůstání horniny rudou (Raibl)
 20. Struktura kotelního kamene
 - 21, 22. Úlomky horniny a starší minerální krusty obklopené mladšími krustami, Zellerfeld, (J. C. L. Schmidt)
 24. Agregáty zlata obklopené kalcitem, rodonitem, sideritem a křemenem z rudního tělesa Racoș a Mangan (Rákosi Mangan), Roșia Montană (Verespatak)

manganaté substance⁵⁴ (obr. 16). Pizolitická tělesa, vytvořená padajícími kapkami, se tak snadno nespletou s tělesy vzniklými následkem proudící vody.

Pizolitické struktury se vyskytují v mnoha rudních ložiskách. Ložisko kalamínu v Santander ve Španělsku má oolitickou strukturu a ve zlatých dolech v Rošia Montaná (Verespaták) jsem pozoroval pizolitické útvary, jejichž jádro tvořil agregát zlata a okolní tenké krusty uhličitany Ca, Mn a Fe. K této otázce se ještě vrátím.

Z toho, co bylo řečeno o strukturálních vztazích uloženin minerálních pramenů, vyplývá, že v ústí pramenů se vyskytují jevy, jako krustifikace uloženin na stěnách. pizolitické útvary apod., s kterými se často setkáváme v rudních ložiskách. To je další důvod pro tvrzení, že příčinou jejich vzniku jsou mineralizované vody.

5. Vznik rudních ložisek v hloubce zemské kůry (3)

Viděli jsme, že minerální vody vystupující na povrch jsou zředěné mineralizované rudonosné roztoky, které v místě svého výtoku (jediném místě, kde můžeme přímo sledovat jejich činnost) tvoří usazeniny obsahující kromě jiných prvků kovy. Vykazují struktury, které se také vyskytují u rudních ložisek. Sledovali jsme do hloubky jedno rudní ložisko, které se nachází na vzestupném pramenu, a zjistili jsme, že kromě změn podmíněných blízkostí povrchu si zachovává svůj charakter. S minerálními prameny jsme se setkali často tam, kde těžba sledovala rudní ložiska do hloubky. Když spojíme jednotlivé články pozorování, dospějeme k závěru, že rudní ložiska nacházející se v hlubinné oblasti jsou produkty mineralizovaných vod, tím spíš, že mnohá z nich mají strukturu a formu, kterou lze vysvětlit jediné krystalizací rud a roztoků cirkulujících v trhlínách. Usazeniny z těchto roztoků obsahují látky, které jsou povrchu a mělké části zemské kůry cizí; nemohly se tudíž dostat do oběhu klesající spodní vodou, ale musí pocházet z hlubinné oblasti zemské kůry, kde existuje vyšší teplota a tlak (dva faktory zvyšující rozpustnost veškerých látek).

Když porovnáme průměrnou hustotu země (která je 5,6 podle nedávného podrobného výzkumu R. von Sternecka)⁵⁵ s průměrnou hustotou hornin (2,5), které tvoří zemskou kůru, musíme připustit, že v centrálních zónách se nahromadily substance mnohem hustší než 5,6, jinými slovy že hlubinná oblast je zřejmě tím záhadným domovem těžkých kovů.

Když si představíme, že stojíme v hlubinné oblasti před profilem rudní žíly, jako např. před žílou Vojtěch v Příbrami — 1110 m pod povrchem

⁵⁴ Viz mou práci o krustifikovaných minerálních formacích — citace 52.

⁵⁵ Upozorňuji na práci v. Sternecka v Mittheilungen des k.k. Militär. Geograph. Institutes, in Wien.

a 564 m pod mořskou hladinou —, vidíme trhlinový prostor vyplněný symetrickými minerálními krustami, hlavně stříbronosného galenitu. Uvážíme-li, že se tato výplň stále dobývá směrem k povrchu, nemůžeme nalézt žádné jiné uspokojivé vysvětlení než hypotézu, že výplň byla vynesena z hloubek ještě větších a se zřetelem na poměrnou nerozpustnost a velké množství zde nahromaděného sulfidu kovu se musela ukládat z neustále obnovovaných a tudíž z v y s t u p u j í c í c h minerálních roztoků. Nikdo, kdo měl možnost studovat rudní žílu v hlubších částech zemské kůry, nemůže nalézt jiné vysvětlení. Sami horníci zastávali vždy tento názor; jsou to tedy „a s c e n s i o n i s t é“ (zastánci názoru o stoupajících roztocích a jejich účincích). V případě rudních ložisek, vyplňujících v rozpustných horninách trubicovité kanály, není původ kanálů na první pohled jasný. Proto různí badatelé navrhovali jinou hypotézu, jako např. S. F. Emmons, jehož závěry týkající se ložisek v Leadville si dovoluji vyvracet v další části této práce. Nepopírám, že existují ložiska, pro která je jiné vysvětlení, ale ta se vyskytují pouze v mělké, nikoli v hlubinné oblasti (53).

V obou zmíněných skupinách rudních ložisek, o kterých jsem již diskutoval a která se vytvořila v předem existujících prostorech, nás zřetelná krustifikace nenechává na pochybách, pokud jde o způsob vzniku výplní. Tam, kde je krustifikace méně zřetelná nebo chybí, není možné okamžitě nabídnout přesvědčivý důkaz o způsobu ukládání. Východiskem pak musí být analogie v minerálních asociacích. Jinými slovy — i v případech, kdy minerální roztoky vystupující z hlubinné oblasti nenalezly žádné otevřené souvislé prostory, ale vytvořily si nezbytný prostor zatlačením, byly podmínky hlubinné cirkulace stále řídicí. Z těchto úvah vyplývá, že veškerá ložiska v hlubších oblastech lze přičítat jedinému obecnému řídicímu procesu, kterým je jasně činnost vystupujících mineralizovaných roztoků.

Tato koncepce se diametrálně liší od hlediska nedávno navrženého dr. F. Sandbergerem, že totiž rudní ložiska vznikají tzv. laterální sekrecí. Nejdříve se tvrdilo, že toto hledisko platí obecně, později autor konstatoval, že je platné pouze pro většinu rudních žil a omezil je definicí:

„Teorie laterální sekrece byla chápána pouze v tom smyslu, že materiál výplně žil se získává z boční horniny postupným vyluhováním, způsobeným prosakující vodou (Sickerwasser), která z obou stran přivádí rozpuštěnou substanci k trhlině žíly, kde se pak chemickým rozkladem přeměňuje na nerozpustné jalové a rudní minerály“⁵⁶ (54).

Uvidíme, že vycházel z naprosto mylného předpokladu, že trhliny hlubinné oblasti jsou otevřené (jako trhliny v hornině při povrchu), takže prosakující voda v nich může ukládat materiál z obou stran. Měl tedy na mysli trhlinu vyplněnou pouze vzduchem a úplně zapomněl, že takové otevřené pukliny se nacházejí pouze nad hladinou podzemní vody; pod ní se každá nově vzniklá

⁵⁶ F. Sandberger, Untersuchungen über Erzgänge, II, Wiesbaden, 1885, s. 159.

trhlina musí okamžitě zaplnit vodou. Slovo „sickern“ odpovídá slovům „prosa-kovat“, „crčet“ nebo „kapat“ a lze je chápat jediné tak, že popisují pohyb malého množství kapaliny směrem dolů. Nemůžeme se tudíž domnívat, že Sandbergerovo hledisko bylo nesprávně pochopeno, a musíme dojít k závěru, že své závěry příliš odvážně rozšířil i na oblast, jejíž fyzikální podmínky neznal.

Laterální sekrece v tomto smyslu je možná pouze nad hladinou podzemní vody, jak jsem již ukázal jinde.⁵⁷ Jisté i v hlubinné oblasti mohou existovat izolované prostory, z nichž nahromaděné plyny nenacházejí cestu k povrchu a ve kterých se mohou vyskytovat formace podobné formacím ve výdutích nad hladinou podzemní vody; avšak takové případy (jako ve Wieslochu, Badenu a Raiblu v Korutanech) jsou zřejmě výjimky z výše uvedeného obecného pravidla.

K vytvoření své teorie musel Sandberger zpochybnit ukládání nerostů v kanálech mineralizovaných roztoků: „Vody, jejichž tok je tak rychlý jako ve vystupujících uhličitých minerálních vodách, neusazují žádné uloženiny v kanálech, ale pouze v bezprostřední blízkosti svého výtoku“ (op. cit., str. 5). Situace ve Steamboat Springs, kde usazeniny jsou blízko výtoků vod, ho tudíž nepřesvědčila. Pokud jde o Sulphur Bank, nebyl obeznámen s díly Le Conta a G. F. Beckera, kteří dokazují, že rudní ložisko se nachází v samotném kanálu. Ačkoli nepochyboval o tom, že „rudní ložiska zde pozorovaná procházejí vývojem“ (l. c., str. 13), připomněl známou rozpustnost sulfidu rtuti v alkalických sulfidech; argumentoval, že „vyluhování již dříve existujících ložisek rtuti alkalickými sulfidy není nic obtížného“ (l. c., str. 15), a klonil se k názoru, že ložiska rumělký poblíž výtoků jsou staršího data. Ve snaze zlehčit ony dva případy nepříznivé teorii laterální sekrece, uzavřel v té době svou úvalu poznámkou, že „v Kalifornii není žádný důkaz o tvorbě rudních žil vystupujícími roztoky“ (op. cit., str. 16). Když si posléze přečetl Le Contovu práci, vrátil se k této otázce v druhé části svého článku⁵⁸ a tvrdil (str. 162), že v četných výkopech spojených s jímáním minerálních pramenů nebylo nikdy zjištěno ukládání „kovů“ z horkých roztoků v bezprostřední blízkosti jejich kanálů. Přiznává znovu (str. 161), že je zde „rudní ložisko, nepochybně vytvořené usazením oxidu křemičitého a rumělký z horkého alkalického sulfidického roztoku, který někde dole našel a rozpustil sulfid rtuti“; připouští, že horké alkalické sulfidické vody mohou kromě rtuti vysrážet také zlato, cín, vizmut, arzén a antimon, ale ne měď, stříbro a rudy olova, které se často vyskytují společně s předchozími. Říká, že tyto kovy se nemohly usadit v horkých alkalických sulfidických pramenech. „Podmínky v Sulphur Bank nedávají tudíž žádný důvod k tomu, aby se ve vědě o rudních ložiskách přikládala závažnost ascendentní teorii.“

⁵⁷ „Ueber die Bewegungsrichtung der unterirdisch circulirenden Flüssigkeiten“. — Comptes rend. de la session du Congrès géol. internat. Berlin, 1885.

⁵⁸ Untersuchungen über Erzgänge, Wiesbaden. First part, 1882; second part, 1885.

Sandberger argumentuje hlavně tím, že se nikdy nenalezlo rudní ložisko v přírodním kanálu, neboť, jak se zdá, nepovažuje hlubší místa těžby v Sulphur Bank za nezvratný důkaz. Takové paušální tvrzení je snadné; není přece pravděpodobné, že by se při vyzdívání minerálního pramene šlo do takové hloubky, která by odhalila poměry v jeho vlastním kanálu.

Sandbergerovo tvrzení zahrnuje dva argumenty: 1. až dosud se kovy našly pouze v ložiskách okru, vzniklých v minerálních pramenech; 2. při vyzdívání minerálních pramenů se zatím nezastihla ložiska vytvořená v jejich přírodních kanálech. Tato dvě tvrzení nejsou v rozporu, ale je nelogické dojít k závěru, že nepřítomnost kovů ve výkopech provedených v minerálních pramenech dokazuje nemožnost jejich ukládání v přírodních kanálech.

Výkopy pro vyzdívku minerálních pramenů nezasahují do kanálů v hlubině oblasti. I při intenzivním čerpání se pronikne jen několik metrů pod hladinu podzemní vody, zatímco k vyřešení problému je nutné dosáhnout hloubky, ve které vystupující roztoky nejsou ovlivněny sestupující podzemní vodou a kde se už nevyskytuje oxidace a účinky chlóru způsobené povrchovými činiteli atd.

Víme, že dva velké faktory rozpustnosti, teplota a tlak, se směrem k povrchu neustále zmenšují, a můžeme přímo pozorovat výsledek této změny, totiž uvolňování kyseliny uhličitě, absorbované ve větších hloubkách. Proč by se neměly substance, které se při snižování obou faktorů stávají nerozpustnými, ukládat v přírodních kanálech? Jestliže takové ukládání nenastalo, pak by musely být precipitáty vyneseny proudem vzhůru a filtrací by měly být oddělitelné od vody. Při filtraci vody ze Steamboat Springs, určené k analýze, našel G. F. Becker (l. c., str. 346) ve filtrátu sraženinu antimonu a sulfidů arzenitých s oxidem křemičitým, což připisuje poklesu teploty a působení rostlinných mikroorganismů.

V různých uzavřených potrubích minerální vody (tj. v umělých kanálech) zjišťujeme, že uloženiny se tvoří nejenom v ústí, ale také v samotném kanálu. Proč by měly být přirozené kanály výjimkou?

Myslím, že jsme prokázali neopodstatněnost Sandbergerovy hlavní námitky proti tvorbě rudních ložisek vystupujícími minerálními roztoky; naše vysvětlení podporuje celá řada jevů. Sandbergerova teorie laterální sekrece však trpí dalšími základními nedostatky, na které v tomto místě musím poukázat, protože po nějakou dobu byla jeho teorie vítána jako jednoduché vysvětlení geneze rudních ložisek a začínala bránit pokroku v poznávání této problematiky.

Mnoho zastánců našla zvláště mezi mineralogy, protože umožňovala nejobširnější genetické zevšeobecňování, aniž by badatel musel opustit svou sbírku minerálů a laboratoř, sestoupit do dolu a studovat rudu v místě jejího vzniku. Na druhé straně nutno přiznat, že šíření této teorie vedlo k rozsáhlému výzkumu hornin, což bude užitečné pro vědu v jiných směrech. •

Protože Sandberger byl přesvědčen, že v horninotvorných silikátech dokázal cizí příměsi kovů, cítil se oprávněný vysvětlovat svou teorií všechna rudní

ložiska vzniklá v silikátových horninách, ale neuměl si už tak dobře poradit s rudními ložisky ve vápenci, která Stelzner uváděl jako hlavní argument proti obecné platnosti jeho závěru.⁵⁹ V Raiblu v Korutanech ho napadlo prozkoumat slinité břidlice (Mergelschiefer) v nadloží vápence, a jelikož v nich našel kromě stop Li, Cr a Cu větší množství Pb a Zn, došel k závěru, že kovy v rudních kanálech vápence pod těmito slínovci se vyluhovaly ze slínovců (op. cit. str. 34). Toto již byla sestupující, a nikoliv laterální sekrece.

V článku o aplikovatelnosti teorie laterální sekrece na tento případ⁶⁰ jsem však poukázal na to, že také pod rudonosným vápencem Raiblu v Kaltwasser jsou silikátové horniny, které pravděpodobně obsahují obdobná nepatrná množství kovu. Pokud by je Sandberger analyzoval, byl by musel předpokládat vzestup roztoků. V témže článku jsem argumentoval, že teorie laterální sekrece nezdůvodňuje přítomnost síry a sulfidů kovů. Předložil jsem k diskusi příklad příbramských žil za předpokladu, že by v oblasti, kde roztoky s těžkými kovy prostupují vrstevními sedimentárními horninami, Sandberger mohl považovat pouze tyto hmoty za původní zdroj kovů v žilách. Z průměrných rozborů posledních roků těžby jsem vypočítal, že každý čtvereční metr povrchu narubané žily představuje 190 kg sulfidů kovů, tj. podrobně (v kg):

| Pb | Zn | Fe | Cu | Ag | S | Sb | As |
|-----|----|----|-----|-----|------|-----|-----|
| 132 | 13 | 5 | 0,3 | 0,8 | 34,6 | 2,5 | 1,7 |

Kdyby tyto kovy byly odvozeny z boční horniny laterální sekrecí (přičemž vyvřelá hornina je u hlavní žily 30 m mocná a 100 m mocná je celá skupina žil), pak by každý krychlový metr boční horniny musel obsahovat 1,9–6,3 kg kovů — tedy množství, které nelze nazývat nepatrným. Jestliže výpočet obrátíme a vyjdeme z největšího podílu kovu, který se kdy ve vyvřelých horninách našel, pak by mocnost takových hornin skutečně přítomných v této oblasti musela být stokrát větší, aby poskytla tak vysoký obsah kovů v žile. Domníval jsem se, že těmito výpočty a dalšími argumenty jsem dokázal neaplikovatelnost teorie speciálně v Příbrami, ale projevil jsem ochotu prozkoumat některé pravé eruptivní žíly, s cílem zjistit nepatrné kovové příměsi, a chtěl jsem, aby mé výsledky zkontroloval někdo jiný.

Reditelství vládního důlního úřadu pověřilo průzkumem jednotlivých vzorků příbramské horniny chemika A. Pateru, ale povolalo do Příbrami také dr. Sandbergera. Za pomoci komise, jejímž jsem by členem, byly provedeny první zkoušky.⁶¹ Naneštěstí mi oční choroba znemožnila práci, takže jsem nemohl být v komisi příliš činný.

⁵⁹ A. Stelzner, *Jahrb. f. Min.*, 1881, s. 209.

⁶⁰ *Oester. Zeitsch. f. B. u. H.*, 1883, XXX, s. 607.

⁶¹ „Untersuchungen von Nebengesteinen der Przibramer Gänge mit Rücksicht auf die Lateralsecretionstheorie von Dr. F. V. Sandberger, ausgeführt 1884–7 und veröffentlicht im Auftrage Seiner excellenz des k.k. Ackerbauministers J. Grafen von Falkenhayn“. — *B. u. H. Jahrb. d. k.k. Bergakad., etc.*, XXV, 1887, s. 299.

Dr. Sandberger předložil prohlášení (op. cit., str. 305—327), respektive kompilaci, ze které vyplývalo, že analýze eruptivních hornin přikládá menší důležitost než analýze hornin sedimentárních, skládajících se z klastického materiálu rulových komplexů středních Čech. Podle tohoto hlediska by kovy příbramských žil pocházely z rulového úlomkovitého materiálu. Avšak podle dr. Sandbergera (op. cit., str. 362—363) výzkum ukázal, že „podstatná část obsahu olova a stříbra v rudních žilách pochází z eruptivních hornin“ — což modifikuje výše zmíněnou teorii.

Dvacet pět vzorků hornin, vybraných komisí, bylo podrobena litogeochemickým analýzám podle metody, na které se dohodli dr. Sandberger, H. von Foulon, A. Patera a C. Mann (ale kterou se neřídili příliš důsledně). Shoda výsledků byla celkem přijatelná, ačkoli zvláště Patera vyjádřil jisté pochybnosti o přesnosti metody. To vedlo prof. A. Stelznera ve Freibergu⁶² k důkladnému přezkoumání použitých metod, které ukázalo, že Sandbergerova metoda nemůže s konečnou platností určit, zda v silikátech dokázané kovy byly původní složky nebo sekundární impregnace.

Je tedy pravděpodobné, že nepatrné kovové příměsi, dokázané v základní hornině Sandbergerovou metodou, jsou skutečně odvozené z rudního ložiska, tzn. nejsou syngenetické, ale epigenetické. Tím se jeho domněnky také v tomto směru jeví jako neobhajitelné.

Ačkoliv uznávám velkou důležitost chemických údajů pro vysvětlení jevů v žilách, nemohu zde uvádět veškerá, často opačná chemická hlediska, protože by to bylo příliš rozvláčné. Musím se proto spokojit s popisem jedné teorie rudních ložisek, založené na čistě chemických základech, kterou právě zveřejnil dr. Launey. Autor vychází hlavně z názorů Elie de Beaumonta⁶³ týkajících se vulkanických emanací kovů a připojuje k nim výsledky studií, které získali Fouqué, Senarmont, Ebelman, St. Claire Deville, Daubrée a další. Začíná s prvotním výskytem magnetitu v eruptivních horninách, který rozšiřuje na mnohé další kovy a minerály, na jejichž primární přítomnost ve vyvřelinách se dosud nepoukázalo. Určité sloučeniny kovů se z taveniny při chlazení oddělily, jiné se v hloubce vyluhovaly z vyvřeliny pomocí „mineralizátorů“, jako jsou emanace chlóru, fluóru, síry apod., a uložily se v trhlinách a podobných prostorách vedoucích k povrchu (55). De Launay, velký zastánce teorie výstupu, rovněž pochybuje o prvotním ukládání rud v mořských pánvích a chemickou úvahou dochází k výsledkům, které jsou analogické s mými. Vulkanické horniny a staré vyvřeliny, fumaroly a mofety, gejzíry a termální prameny — ty všechny naznačují cesty, kterými se kovy dostaly na povrch země. Pro tyto domněnky však musíme získat důkazy prostřednictvím studií v jiných směrech.

⁶² A. Stelzner, „Die Lateralsecretionstheorie und ihre Bedeutung für das Przibramer Ganggebiet“. — Jahrbuch der k.k. Bergakad., 1889, s. 1.

⁶³ Elie de Beaumont, Bulletin de la Soc. géol. de France, 2 ser., IV, s. 1249.

Hlediska založená na čistě chemických závěrech nejsou dostatečně přesvědčivá, neboť k nim docházíme v chemické laboratoři, za podmínek odlišných od podmínek hlubinné oblasti, zvláště pokud jde o tlak a teplotu.

O způsobu vyplňování volných prostorů obecně

Víme, že volné prostory, ať již vznikly jakkoli, se vždy vyplňují analogickými způsoby. V trhlinách a prostorech vzniklých rozpuštěním, a dokonce i v jednotlivých geodách opálu a chalcedonu nacházíme vždy tytéž strukturální prvky, ačkoliv jde o velmi odlišné materiály.

Při sledování této otázky zjistíme v malých hloubkách, vystavených atmosférickým vlivům, mnohé jevy pro ně typické. Některé zde získané zkušenosti můžeme ovšem použít i k vysvětlení problematiky hlubinných ložisek.

Jelikož jsme viděli, že se precipitát v přibližně horizontálním potrubí zcela naplněném kapalinou usazuje po celém vnitřním povrchu, musí platit o podzemním kanálu totéž, a to tím spíš, čím více se přibližuje horizontální poloze. Za takových okolností pokryje minerální výplň nebo krusta rovnoměrně celý volný prostor.

Je jasné, že zde vládou tytéž zákony jako při sedimentaci. Když je úsek průchodu, kterým protéká kapalina za určitého tlaku, poměrně úzký, nastane ukládání jedině v místě jeho rozšíření. To vysvětluje, proč je někdy rozložení rudy v jedné a téže trhlíně nestejně.

Právě tak jako se v nasyceném roztoku precipitát usadí na jakémkoli tělese do něj vloženém, také v kanálech mineralizovaných vod se tvoří uloženiny na všech pevných tělesech — na štěpinách nebo úlomech hornin, které spadly do pukliny, na volných kouscích starších minerálních asociací a na jednotlivých krystalech plovoucích v kapalině.

Velikost úlomků hornin může být různá. Mohli bychom např. pokládat za fragment horniny, které jsou vloženy mezi dvěma větvemi žil. Ale zůžeme-li našeho hledisko na to, co lze vidět z jediného stanoviště na rudní žíle v dole, pak vidíme, že boční horniny o rozloze několika čtverečních metrů jsou rovnoměrně potaženy krustou, stejně jako malé kousky základní horniny, nacházející se ve výplni žíly. Snad jediný rozdíl je v tom, že na větších plochách hornin jsou krusty mocnější a četnější. Jestliže jsou hranaté nebo víceméně zaoblené úlomky horniny inkrustované, vytvářejí tzv. kroužkové, kokardové nebo prstencové textury rudy. V koexistenci se zřetelnými krustami na stěnách můžeme často pozorovat izolovaná jádra horniny potažená krustou. Někdy krusty na stěnách vynikají méně než krusty na úlomech hornin; rudní ložisko má pak vzhled brekie, v níž ruda tvoří tmel. Jestliže se na ploše určitého řezu neobjeví mezi úlomky žádné styčné body, nesmí se usuzovat, že původně visely volně v prostoru žíly nebo že byly později od sebe odtrženy silou krystalizace mine-

rálních krust. protože skutečné styčné body lze nalézt v posunutém paralelním řezu; alespoň já jsem je našel vždy, když jsem rozřezal vzorky, na jejichž povrchu se spojovací můstky neprojevovaly. Zmiňuji se o této okolnosti, protože mnohé rozsáhlé diskuse se týkaly plošných jevů v řezech, které byly z hlediska prostorové struktury klamné.⁶⁴

Doporučoval bych pokaždé připravit řezy a destičky takových zdánlivě složitých struktur a jsem přesvědčen, že by se tím vysvětlily rozpory a potíže. Je to pouze otázka správného pozorování a znázornění, pro které by asi bylo nutné použít barev. V této souvislosti musím podotknout, že mylné ilustrace se dostaly i do učebnic, jako např. Cottův obrázek kokardové, resp. kroužkové struktury,⁶⁵ který je převzatý z pečlivé, ale nebarevné kresby Weissenbacha,⁶⁶ jejíž část reprodukuji na obrázku 17. Zlomky slídivé břidlice jsou potaženy krustou křemene a pyritu a v dutinách se někdy také nachází rodochrozit nebo ankerit. Radiální vzhled krust na obrázku je zřejmě způsoben polohou krystalů, kolmých k povrchu stěn, která je celkem běžná. A. Daubrée použil tutéž Weissenbachovu kresbu⁶⁷ jako příklad „filon brècheform“, ale několik úlomků horniny, potažených krustou, je odděleno silnou čarou, což činí znázornění nejen nesprávným, ale i nesrozumitelným.

Tento úkaz lze souhrnně znázornit obrázkem 18, který představuje řez vzorkem zlata z rudního tělesa Cotroanty v Rošia Montană (Verespatak). Řadu jeho paralelních řezů hodlám publikovat barevně ve své monografii o výskytu zlata v Transylvánii. Čtyři obléžky, tři z křemenného porfyru a jeden ze slídivé břidlice, jsou pravidelně potaženy krustou, kterou tvoří: 1. tenká zóna rohovce, 2. tenká krusta pyritu, skládající se z několika vrstev, ne silnějších než papír, 3. rohovec, ve kterém se vyskytuje: 4. zóna agregátu ryzího zlata o průměrné mocnosti 5 mm, často zasahující do následující; 5. krusty křemene, který obsahuje vtroušeniny rohovce. Tato řada ve vzorku končí: 6. otevřenými centrálními dutinami drúzy. Avšak jiné vzorky ze stejného ložiska vykazují také nepatrné drúzy rodochrozitu, k čemuž se ještě vrátím.

Obrázek 11, znázorňující výskyt rumělky v podzemních dolech v Sulphur Bank, je interpretací popisu a nákresu Le Conta (op. cit., str. 28). Zlomky pískovce a břidlice s poněkud zaoblenými hranami jsou pravidelně obklopeny krustami rumělky, které vyplňují prostor až k centrální dutině drúzy. Někdy se také vyskytují kúry opálu a pyritu. Obrázek 10 znázorňuje bohatý úsek povrchových dolů, který jsem si v roce 1874 načrtl do svého zápisníku. Základní čedičová hornina je silně porušena nepravidelnými trhlinami, které ji rozložily v břidlici. Zejména v místech spojení trhlin vznikly větší prostory, často vy-

⁶⁴ E. g. Trans. A.I.M.E., 1883, XI, s. 119.

⁶⁵ Lehre von den Erzlagertstätten, Part I., Freiberg, 1859, s. 33.

⁶⁶ G. G. A. von Weissenbach. Abbildung merkwürdiger Gangverhältnisse. Leipzig, 1836, Fig. 2.

⁶⁷ A. Daubrée. Les eaux souterraines aux époques anciennes. Paris, 1887, Fig. 24, s. 64.

plněné rozpadlou základní horninou, která mnohdy vykazuje krusty rumělky a opálu s centrální drúzou. Pórovitý materiál horniny a výplně je impregnován ryzí sírou.

Na obrázku 19 je znázorněna výplň prostoru, vzniklého rozpouštěním, v Raiblu. Diagram jsem sestavil na základě přesného obrazu uvedeného v mé monografii o tomto ložisku.⁶⁸ Úloemek vápence je obklopen nesčetnými jemnými krustami wurtzitu a kompaktnějšími, ale méně pravidelnými vrstvami galenitu.

Úlomky starších minerálních krust, které se nějakým způsobem oddělily od místa jejich původního usazení, se často nacházejí obklopené minerálními krustami novějšího původu. Takový příklad je uveden na obrázku 20, který znázorňuje kotelní kámen z jedné čerpací stanice v Příbrami. Zde jsou úlomky dislokovaného kotelního kamene, o průměru ca 2 mm, obalené novějšími, tenkými krustami a tím spojeny v brekcii. Hmota se skládá hlavně z vláknitého sádrovce, jehož vlákna stojí kolmo k plochám krusty.

Obrázky 21 a 22 jsou jasným příkladem toho, jak jsou starší minerální krusty společně s okolní horninou obklopeny novějšími krustami. Tyto obrázky jsou vyňaty z cenného pojednání I. Ch. Schmidta⁶⁹ a týkají se Zellerfeldu v Harcu, odkud také, A. von Groddeck získal velmi zajímavé ilustrace výplní žil.⁷⁰

Viděl jsem složitější příklad rudního tělesa z Cotroanty v Rošia Montaně (Verespatak), kde byly velmi hrubé staré krusty černého rohovce a různobarevných křemenů stmelené uloženinami mladšího křemene a uhličitanu mangana-tého v kompaktní hmotu s několika centrálními drúzami. Jak dále uvidíme, podobné podmínky jsou v tzv. rudních pních v Raiblu (obr. 25—28).

Proměnný vztah mezi průměrem jádra a mocností okolní krusty pocho-pitelně značně přispívá k pestrosti výsledného vzhledu, např. v hrachovcovém útvaru je krusta mnohokrát mocnější než jádro.

V některých případech jsou jádra tvořena jednotlivými krystaly. I. Ch. L. Schmidt popisuje z Warsteinu ve Vestfálsku hrachovcové útvary, jejichž jádrem je krystal žlutého železitého křemene o průměru ca 5 mm, s vyvinutými hrano-lovými a dihexaedrickými plochami. Nejprve je pokryt tenkým bílým povla-kem, na němž jsou krusty hrubě vláknitého železitého křemene. Jejich hrany jsou postupně zaoblovány, až se utvoří sféroidy vejčitého tvaru o průměru asi 12 mm, které se v jednotlivých bodech dotýkají a zanechávají prostory, které jsou buď zcela vyplněné zrnitým železitým křemenem, nebo obsahují drúzové dutiny potažené průhledným, jemně krystalickým křemenem.

Obrázek 24 znázorňuje geologicky důležitý výskyt krystalových agregátů

⁶⁸ „Die Blei- und Galmei-Lagerstätten von Raibl in Kärnthen“. — Jahrb. d. k.k. geol. R. Anstalt, XXIII, 1873, Bd. I, Fig. 13.

⁶⁹ I. Christian Lebrecht Schmidt. — Beiträge zu der Lehre von den Gängen, Siegen, 1827.

⁷⁰ A. von Groddeck. — Ueber die Erzgänge des Oberharzes. (Inaugural dissertation.) Berlin, 1867.

ryzího zlata potažených krustami, v dole Mátyas Kiraly v Rošia Montană (Verespatak). Nepatrné agregáty ryzího zlata jsou systematicky obklopeny zřetelnými, nádherně růžovými až karmínovými krustami rodonitu nebo rodochroxitu. Pokud byly agregáty zcela odděleny nebo rozdraceny poruchou, byl každý úlomek potažen krustou. Potom, když se úlomky stmelily, pokryly je mladší usazeniny stejného druhu; pak následovaly uhličitany Ca a Fe a konečně křemen, jehož krásné špičky krystalů, čirých jako voda, vybíhají do centrálních drúz.

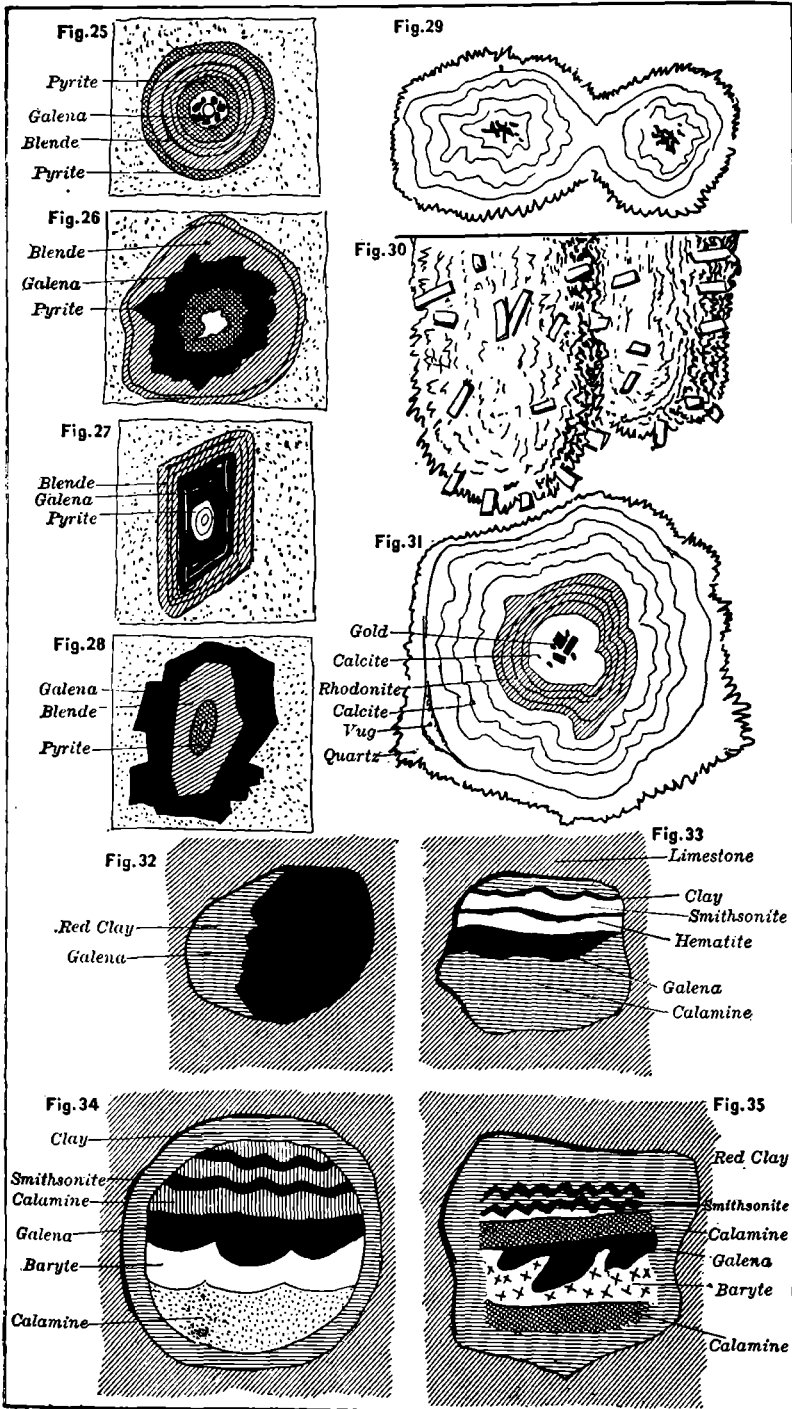
Výskyt zlata v rodochroxitu není v Rošia Montană (Verespatak) vzácný a ozdoby broušené z tohoto materiálu se prodávají v širokém okolí, ale mně se podařilo nalézt jen jediný kousek zlata obaleného krustami rodochroxitu. Obrázek znázorňuje kousek upravený na brož, která je majetkem mé ženy. Je zvlášť zajímavý proto, že ukazuje, že zlato nevzniklo sekundárním rozkladem zlato-nosných sulfidů nebo teluridů in loco, ale přímo se vysráželo ze stejných minerálních roztoků, z nichž vznikly i krusty, které je pokrývají.

Viděli jsme již dříve, že v oblasti vadózní neboli mělké cirkulace vod jsou velmi běžné podivné útvary, označované jako stalaktity, a to nejen v prostorech vyložených přirozenou cirkulací podzemní vody, ale také v prostorech vzniklých umělým snížením hladiny podzemní vody těžbou. Jelikož těžba často sleduje rudní ložiska do větších hloubek, setkáváme se v důsledku různých podmínek se stalaktickými útvary z různých druhů materiálů. Vedle výsledků vlivu oxidace je možno výjimečně pozorovat i produkty redukce způsobené hlavně organickými látkami v dole, nejčastěji jde o stalaktity pyritu.

Tato okolnost vedla k názoru, že stalaktity v rudním ložisku by se měly považovat za charakteristické pro vadózní cirkulaci při sestupném pohybu roztoků. Tento názor zastával nejvíce dr. A. Schmidt.⁷¹ Nejstaršími formacemi v ložiskách ve Wieslochu jsou sulfidy, markazit, galenit a wurtzit, jehož rozklad, způsobený metasomatickou náhradou uhličitanu vápenatého uhličitane zinečnatým, podmínil vznik karbonátové zinkové rudy. Schmidt byl přesvědčen, že ložiska této rudy jsou vadózního původu, a jelikož se ve stalaktitech vyskytují také sirníky, dospěl k závěru, že musely vzniknout infiltrací shora. Skutečnost, že tyto formace leží nyní pod hladinou podzemní vody, kdežto vznik stalaktitů vyžaduje prostor naplněný vzduchem nebo plynem, ho nutila ke snaze vysvětlit tento rozpor hypotézou příslušného zvýšení nebo snížení buď hladiny podzemní vody, nebo samotné pevniny.

Toho všeho by nebylo třeba, kdyby byl uvážil, že vystupující kapaliny za určitého tlaku proniknou do dutiny ze všech stran a mohou proniknout stropem dutiny, jestliže dno a stěny jsou méně propustné. Obecně rozlišuje dva způsoby vývoje původního ukládání rudy, jmenovitě výplň spodní části dutiny téměř horizontálními zvláště krustami wurtzitu s malým množstvím galenitu, a stalaktity, proti nimž na dně nejsou vyvinuty odpovídající stalagmity. To na-

⁷¹ Die Zinkerzlagertätten von Wiesloch in Baden, Heidelberg, 1881, s. 94.



Bradley & Postes, Engr's, N.Y.

značuje, že plyn nevyplňoval celou dutinu, ale pouze její vrchní část, a proto se stalaktitické tvary omezují na ni. O způsobu pozdějšího rozkladu wurtzitu, který zasahuje dolů až k současné hladině podzemní vody, nemůže být pochyb (op. cit., str. 101).

Podobné podmínky jsou v Raiblu, kde jsem pečlivě studoval rourkovité stalaktity, místně nazývané „trubkové rudy“.⁷² Nenašel jsem je však na jejich původním místě na stropě dutin, ale již ulomené uprostřed výplně a uzavřené nejmladší minerální krustou v dolomitickém detritu. Zdá se, že v tomto ložisku se vyskytly na mnoha místech, ale má pozorování se omezila na dvě, z nichž jedno bylo na 5. patře Johanni, asi 400 m nad nejhlubší štolou (dno údolí), a druhé bylo na 7. hlubinném patře, asi 60 m pod zmíněnou štolou. První místo bylo v úrovni hladiny podzemní vody.

Za těchto podmínek byl rozklad pyritu a sfaleritu zvláště silný, rozklad galenitu slabší. Často bylo možné vyjmout z dolomitové horniny stalaktitové agregáty galenitu, které v ní byly volně uloženy. Střed takového stalaktitu (často delšího než 10 cm) byl nezřídka prázdný — odtud název „trubková ruda“, užívaný pro tento překvapující jev. Vzorky nerozložené nebo v raných stadiích rozkladu vykazovaly kromě galenitu krusty pyritu a sfaleritu, koncentricky rozložené kolem osy stalaktitu.

Obrázky 25—28 (převzaté z mého dřívějšího pojednání), které znázorňují průřezy stalaktitů, dokumentují rozmanitost tvarů těchto jevů. Obrázek 25 ukazuje kruhový stalaktit, ve kterém lze vidět malé množství galenitu v pyritu, obklopujícím osní dutinu. Vnější krusta se skládá z tenkých vrstev wurtzitu (Schalenblende). Na obrázku 27 hmota galenitu kosočtvercového průřezu, s pravidelným rýhováním, dosedá bezprostředně na stěny dutiny. Na obrázku 26 je prstencový agregát galenitu obklopen sfaleritem, na obrázku 28 leží rozložený sfalerit uvnitř galenitu, který se nalézá v zrnitém dolomitu. Je zřejmé, že krusty na stalaktitech vykazují rozmanitý sled a že stalaktity spadly se stropu dutin v různých stadiích svého růstu.

⁷² F. Pošepný, „Die Blei- und Galmei-Erzlagerstätten von Raibl“. Jahrb. d. k.k. geol. R. A., XVIII, 1873, s. 372; také „Ueber die Röhrenerze von Raibl“, Verhandl. d. k.k. g. R. A., 1873, s. 54.

25—28. Příčné řezy stalaktity s centrální dutinou (tzv. trubkové rudy tvořené galenitem, sfaleritem a pyritem), Raibl

29. Příčný řez rodonitovým stalaktitem s dutinou vyplněnou zlatem. Maďarské národní muzeum

30. Pohled na tytéž stalaktity

31. Příčný řez podobným stalaktitem, který je ve vlastnictví autora, z rudního tělesa Racoş a Mangan (Rákosi Mangan): 2× zvětšeno

32—35. Řezy rudními kanály ve vápenci dolů Vallé, Missouri. (J. R. Gage)

Ta část rudních ložisek, ve které se vyskytují stalaktity, má zcela normální strukturu a pravděpodobně vznikla stejným způsobem jako ostatní části ložiska — totiž z vystupujících minerálních roztoků. Když za takových okolností dutina obsahuje stalaktitové útvary místo obyčejných usazenin na stěnách, pak právě tato část kanálu musela být zřejmě vyplněna plynem. Jako ve Wieslochu, je i zde rozložení sfaleritu způsobeno činností vadózní cirkulace.

V dole Mátyas Kiraly v Rošia Montaná (Verespatak), odkud jsem již popsal porůstání zlatých agregátů různými uhličitany kovů a křemenem, se také našel stalaktitický útvar analogického složení. Tento vzorek je v mém vlastnictví, ale v Národním muzeu v Budapešti existují další dva, které pocházejí z téhož dolu. Jeden z nich je uveden na obrázcích 29 a 30 a můj vlastní na obrázku 31 (dvakrát zvětšený). Můj vzorek po vylovení z horniny, ve které se vyskytoval, obsahoval vyčnívající tenký drátek zlata a při leštění plochy byly v ose stalaktitu nalezeny prstencové agregáty zlata. Čárkovaná část označuje růžové manganové krusty a světlá část bezbarvé karbonáty. Vnější krusty jsou z křemene.

Nádherné jevy tohoto druhu existují v dolech Vallé v Missouri, ale máme pouze jejich nákresy bez podrobností, které nelze nahradit textem. Pečlivé, objektivní znázornění těchto trubkovitých útvarů by mohlo být vědě užitečné. Vráťím se k jevům znázorněným na obrázcích 32—35 ještě jednou, až budu pojednávat o ložiskách v Missouri.

Mohli bychom pokračovat v popisu rozmanitostí těchto typů rud, ale bylo již řečeno dost. Když dáme dohromady jevy v takových ložiskách s tím, co víme o podmínkách podzemní cirkulace, nemůžeme uvěřit v jiný vznik těchto ložisek než již popsanou vodní cirkulaci. Každý, kdo sledoval předchozí prosté konstatování celého řetězu jevů, musí přesně rozlišovat účinky sestupující vadózní cirkulace a účinky vystupující hlubinné hydrotermy a vyhnout se jejich záměně, která je často charakteristická pro konfúzní diskuse na toto téma.

Zbývá však velká potíž s určováním geneze nekrustifikovaných ložisek: zde chybějí náznaky, podle kterých by bylo možné sledovat strukturu a postupný růst výplně ložiska. Trpělivým pátráním jistě najdou genetická kritéria geologové nebo technici, kteří mají příležitost studovat rudy na místě jejich výskytu, totiž v dole.

Nekrustifikovaná ložiska se však skládají ze stejných minerálů jako krustifikovaná a nemohou tudíž vznikat jinak; prozatím však ještě nejsme s to nabídnout důkazy o způsobu jejich vzniku. Jistě jsou také produktem vystupujících minerálních roztoků, které se neukládaly v předem existujících prostorech, následkem čehož nevykazují žádnou krustifikaci. Až budu popisovat různé příklady této skupiny ložisek, budu mít příležitost uvést některé údaje týkající se jejich genetických vztahů.

Nyní je však nutné uvést další příklady rudních ložisek zvláště proto, že se zřídkakdy v přírodě vyskytují v čistých, nesmíšených typech. Rudní ložiska bychom neměli posuzovat izolovaně od prostředí, ve kterém jsou uložena. Mu-

síme tudíž vzít v úvahu boční horninu a snažit se přirozené rudní akumulace charakterizovat grafickým vyjádřením v osním diagramu tak, aby jedna osa znázorňovala genetickou třídu rudy a druhá základní horninu. Můžeme tak rozlišit obecné genetické skupiny;

1. výplně trhlin;
2. výplně prostorů vzniklých rozpouštěním v rozpustných horninách;
3. diagenetická, metasomatická a metamorfovaná ložiska v rozpustných horninách, jednoduchých sedimentech, krystalických a vyvřelých horninách;
4. sekundární ložiska (druhotná ložiska vzniklá povrchovými faktory).

Část II

Příklady typů ložisek

V předchozí části jsem se pokusil ukázat, že ve dvou oblastech podzemní cirkulace vod musela probíhat tvorba rudních ložisek podle diametrálně rozdílných, téměř opačných principů: ve vadózní oblasti prostřednictvím sestupu a laterální sekrece, v hlubinné oblasti prostřednictvím vzestupu jako produkt stoupajících roztoků. Poukázal jsem na to, že horniny zastižené hlubinnou těžbou jsou sotva původními zdroji rudotvorných roztoků a že jejich zdroje jistě leží ve větších hloubkách.

Abych tak řekl, zastávám názory staré školy a stavím se proti domněnkám nové školy, v poslední době tak populární, podle které není třeba sestupovat pro zdroje kovů do nepřístupných hloubek, ale která tvrdí, že je pohodlně najdeme jednoduchými chemickými testy, aniž by bylo nutné opustit laboratoř a vyhledávat ložiska v přírodě. Až dosud nevzala nová doktrína v úvahu ony dvě různé podzemní oblasti, ale můžeme očekávat, že až se tak stane, nabudou trendy ve studiu ložisek zcela jiného významu (56).

Myslím, že jsem dokázal, že mineralizace hlubinné oblasti jsou precipitáty z vystupujících roztoků. Zbývá ještě zjistit, co se stalo s látkami, které se v hloubce nevysrážely, ale dostaly se na povrch. Určitě byly vyneseny částečně povrchovou vodní cirkulací, částečně podzemními proudy; v druhém případě je možné jejich ukládání ve vadózní oblasti. Domnívám se však, že ještě nejsme ve stadiu, abychom vytvořili správnou koncepci procesu ukládání, a tudíž nechávám tuto otázku otevřenou. Je možné, že mnohé impregnace, pro které nemůžeme nalézt žádné přímé spojení s vystupujícími roztoky a které přesto určitě nejsou syngenetické (20) (tj. současného původu s matečnou horninou), vznikly tímto způsobem. Je možné, že některé sulfidy vázané na organické zbytky vznikly redukcí ze síranů, což však musí potvrdit přímé studium faktů a nesmí se to pokládat za spolehlivé zevšeobecnění všech případů.

Tyto závěry jsou založeny na nepochybně správné hypotéze, že jednotlivé minerály ložisek jsou precipitáty z vodných roztoků. Uznává se důležitá úloha, kterou hrají přímé produkty spodní části zemské kůry a zemského pláště (22) — totiž vyvřeliny. V poslední době je však tendence považovat důkaz o jakýchkoliv rozpouštědlech za zbytečný a domnívat se, že některé rudní minerály se vyloučily přímo z vyvřelého magmatu. Toto hledisko je do určité míry opodstatněné, pokud jde o oxidy železa, ale myšlenka, zastávaná v některých kru-

zích, že se takto oddělily od magmatu i sulfidy, se vymyká mému chápání. Je pravda, že někdy vidíme pyrit v lávě aktivních sopek, ale — pokud vím — jen tehdy, když fumaroly a solfatary vypouštějí plyny a páry, které efuzivní horninu rozkládají, a tudíž činnost rozpouštědla nechybí. Jsem proto nucen dojít k závěru, že hlavním činitelem v genezi rudních ložisek jsou vodné roztoky; to bude mým vodítkem v následující charakteristice hlavních genetických skupin.

1. Rudní ložiska v rupturách (4)

Obecné rysy a příklady

Prostory vzniklé v horninách mechanickými silami jsou převážně trhliny, ale preexistující podmínky (jako vliv zvrstvení hornin) někdy způsobují, že jednoduché tvary trhlin se stávají nepravidelnými. Dilatace mezivrstevních spár spojené se současnými longitudinálními pohyby (které norští horníci nazývají „lineál“) mohou vytvořit velmi složité prostory, které se však musí klasifikovat jako prostory vzniklé tahem nebo odtržením (57).

Každá trhlina je důsledkem dislokace nebo disjunkce promítnuté do horniny, tudíž hlavní účinek tohoto procesu je vlastně vytvoření dislokace, ne trhliny.⁷³ Poddajné stratifikované horniny vystavené takové síle se nejdříve ohýbají a při překročení meze pevnosti se objeví trhlina. V takových případech je jasné, že pohyb v hornině předchází vzniku trhliny. Příkladem toho jsou obrázky 70 z Rodny a 69 z Raiblu. V druhém případě se mírně jižně ukloněná hranice mezi vápencem a břidlicí ohýbá a lomí u zlomů, probíhajících od S k J. V Baia Mare (Kisbányi) v Transylvánii (obr. 99) jsou plochy břidličnatosti ruly a chloritické břidlice sj. směru ohýbány zlomem vz. směru tak silně, že v místě poruchy vypadají jako samostatné rudní těleso.

Ačkoliv se trhliny vzniklé dilatačními silami zdají na první pohled rovné, vykazují (jak můžeme pozorovat tam, kde byly žily sledovány do velké vzdálenosti) různé změny směru a vytvářejí různé křivky. To podporuje vznik otevřených trhlin. Avšak dislokační síla neustále tlačí vybíhající plochy k sobě a tím se může uzavřít mezera, již zčásti vyplněná žilovinou, nebo se otevřený prostor může naplnit drtí, vzniklou třením (58). Ale prostor, který nakonec zůstane otevřený, usnadňuje spojení s hlubinnou oblastí, odkud je vyplňován rudními nerosty.

⁷³ F. Pošepný, „Geol. Betracht. über die Gangspalten“, Jahrb. d. k.k. Bergakademie, Wien, 1874.

Podle této koncepce nelze pohlížet na žílu jako na deskovitý útvar, jak se často stává. Naopak, skládá se z několika částí s velmi rozdílnými mechanickými vlastnostmi. Není pochyb, že nejcennější je výplň největší trhliny, která představuje vlastní ložisko. V druhé části musely minerální roztoky proniknout základní horninou a impregnovaly ji rudou (impregnační ložisko). Třetí část zůstala pro roztoky úplně nepronikatelná a představuje jalovou horninu. Tyto tři druhy mohou zřetelně ukázat určitou lokální souvislost a je pochopitelně nanejvýš důležité určit z ní pro danou oblast nějaké pravidlo rozložení bohatých rudních těles. V několika případech se podařilo vyjasnit zákonitosti tohoto rozložení žíly dříve, než byla vyčerpána těžbou. V mnoha dalších případech nemůžeme tektonické predispozice odhalit ani potom, kdy ložisko již bylo vytěženo — často proto, že se během těžby nepořizovala nezbytná dokumentace. V podstatě musíme přiznat, že nemáme nač být hrdí, pokud jde o naši znalost zákonitostí, které by nás vedly k bohatým rudním nálezům. V tomto ohledu můžeme částečně odkázat na práci profesora Moisseneta.⁷⁴

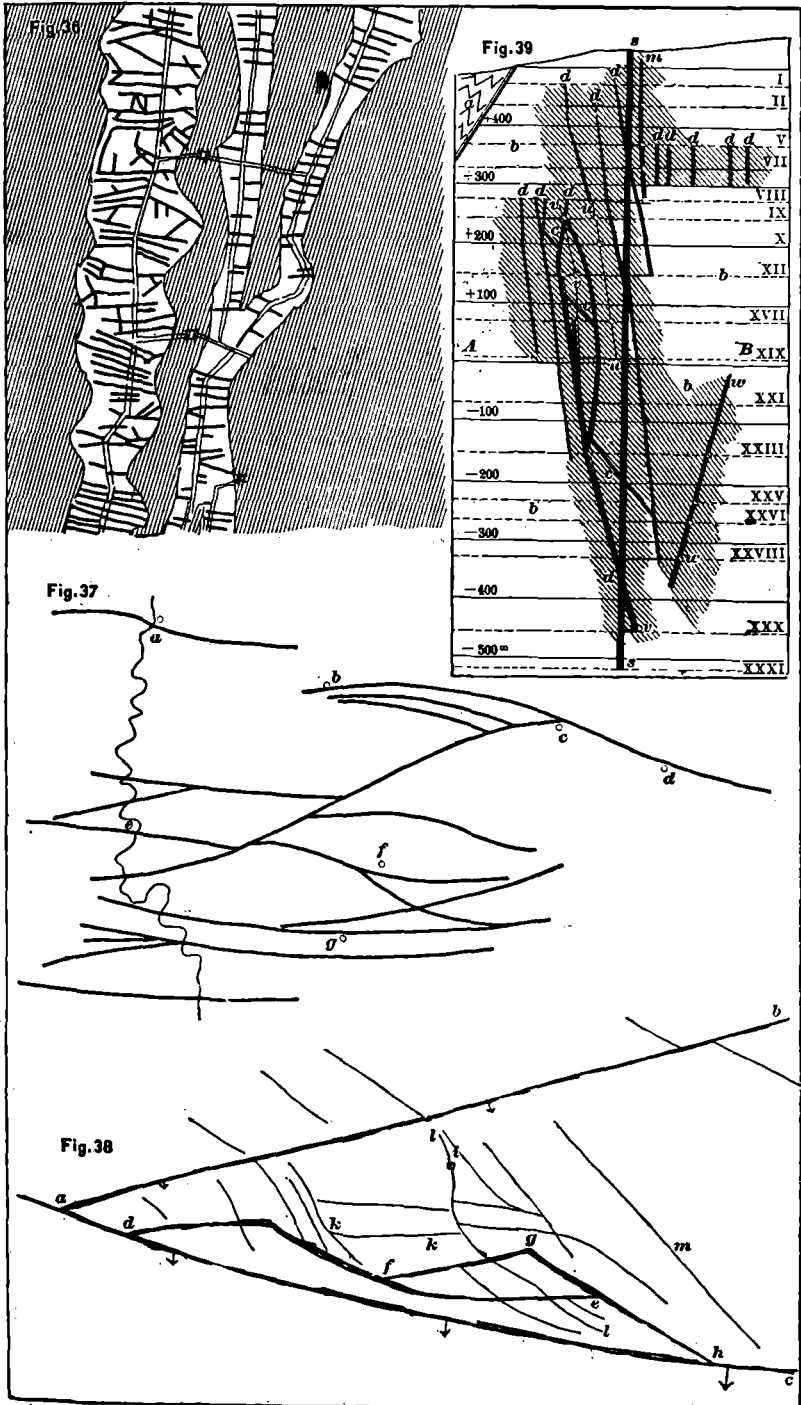
Je pochopitelné, že při výzkumu musíme oddělovat otázku vzniku trhliny od otázky její výplně. První otázku lze zodpovědět pouze při znalosti širokého základu stratigrafických poměrů celého okolí ložiska a tektoniky, hlavně vzhledem k fyzikálním vlastnostem hornin, zatímco jejich chemické vlastnosti jsou nejdůležitější při řešení druhé otázky — otázky výplně trhlín.

Zpravidla je však boční hornina rudní žíly více nebo méně změněná nejen rozkladem, ale také následným zpevněním, což činí srovnání s podmínkami převládajícími dále od žíly obtížné. Změna okolní horniny je všeobecně připisována minerálním roztokům, které uložily rudu, a je docela pravděpodobné, že podrobné studium přeměněných hornin by nám umožnilo posoudit povahu minerálních roztoků. Bohužel se petrografie dosud omezuje hlavně na čerstvé horniny a studium rozložených hornin u rudní žíly není ještě tak pokročilé, jak by bylo žádoucí.

Veškeré žíly, u kterých existují jevy tření, jako rozdrčení boční horniny, tektonická zrcadla a rýhování, představují výplň zlomů. Na takové poruchy lze tedy pohlížet jako na plošně ohraničenou horninovou hmotu, postiženou pohybem. Tuto koncepci podporují zejména žíly tohoto typu v Harcu.

Některé trhliny se omezují na určitou horninu a nerozšiřují se do horniny sousední. Nemohou se připisovat dislokaci, ale spíš objemovým změnám v hornině. Často se jim říká kontrakční trhliny. Nejpozoruhodnější příklad, s kterým jsem se setkal, je uveden na obrázku 36 a pochází ze zlatonosné oblasti Berzovsk na Urale. Paleozoické břidlice jsou tam prostoupeny četnými žulovými žilami, 20 až 40 m mocnými, hlavně sj. směru. Každá z těchto žulových žil je zase protínána žilami zlatonosného křemene vz. směru, které se na hranicích

⁷⁴ M. L. Moissenet, *Études sur les filons de Cornwall; Parties riches des filons; Structure de ces parties*, etc., Paris, 1874. Anglický překlad J. H. Collins, London, 1877.



Bradley & Poston, Engrs., N. Y.

žily stávají jalovými nebo vyklínají. Poblíž Berezovska je revír Pyšma, kde jsou žulové žily nahrazeny dioritem a hadcem, ale je zvláštní, že i v těchto horninách zaujímají žily zlatonosného křemene tutéž polohu jako ve zvláštní berezovské žule, místně nazývané berezit. Soudě podle Berezovska by se dalo říci, že žily se „naplnily“ ze žuly, ale výskyt v Pyšmě nabádá k opatrnosti.

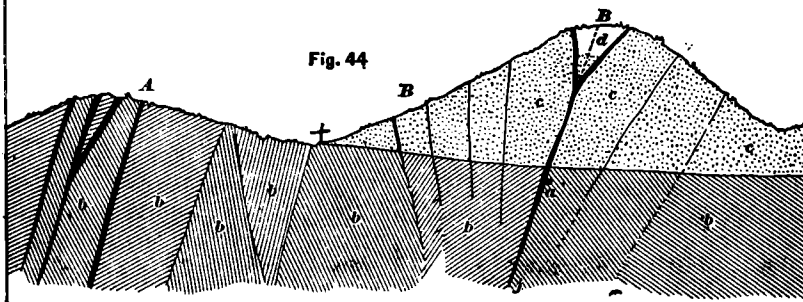
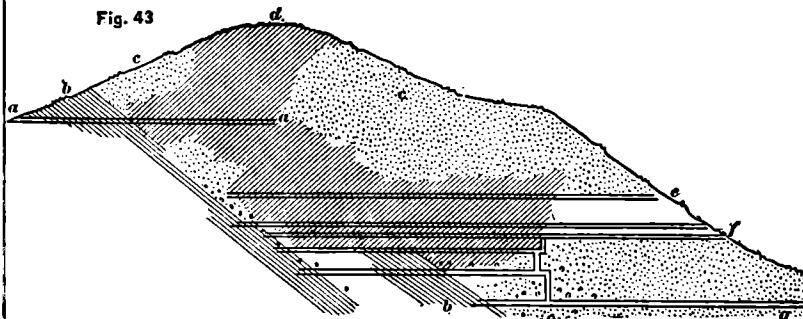
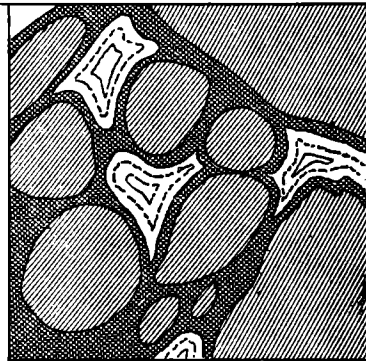
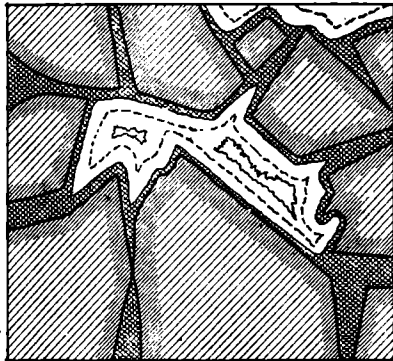
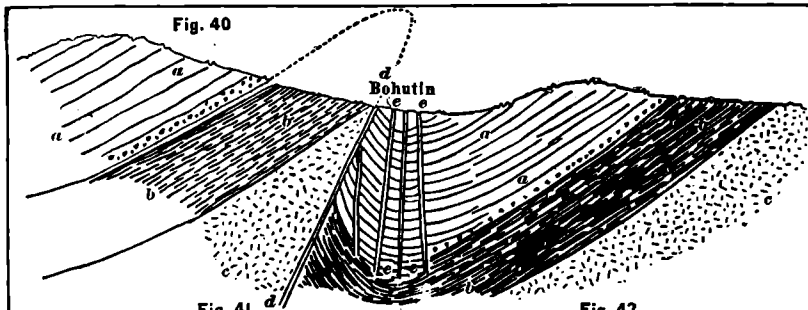
Konečně žily známých velmi hlubokých dolů v Příbrami by se mohly připisovat smršťování vyvěřelých žil, ve kterých se vyskytují (ačkoli místy vybíhají do sedimentárních hornin), ale o tom, že bychom odvozovali jejich kovovou výplň od horninových žil, nemůžeme ani snít. Komise, o které jsem se již zmínil, ustavená k ověření použitelnosti teorie laterální sekrece na příbramském ložisku, zjistila, že složení horninových žil je v hloubce i ve svrchních partiích ložiska stejné. I nejvyšší obsahy kovů, přisuzované granodioritu, by mohly být zdrojem pouze části obsahu kovů v rudních žilách. Větší část je jistě hlubinného původu a pro výklad zdroje ložiska je vhodnější předpokládat, že celý kovový obsah žil pochází z hlubin.

Připustíme-li tedy, že trhliny v Berezovsku na Urale vznikly smršťením žulových žil, pak výplň těchto trhlin nutno připisovat rudonosným roztokům vystupujícím z hlubinné oblasti, jako je tomu u jiných ložisek.

Pokud jde o strukturu, vykazují výplně rudních žil velmi často zřetelnou minerální sukcesi (59) a někdy dokonce symetrický sled minerálních společenstev od obou stěn trhliny k jejímu středu. Tento jev však často ustupuje do pozadí, minerální sukcese se stává nezřetelnou nebo mizí, jako je tomu často u žil zlatonosného křemene nebo u žil (60), ve kterých se postupně ukládání nerostu objevuje na vrcholech krystalů v drúzách nebo v minerálních agregátech, vyrůstajících kolmo od stěn trhliny.

Někdy jedna část žily zřetelně vykazuje minerální posloupnost (59), která v jiných částech je rozlišitelná velmi obtížně nebo zcela chybí. Obrázek 53 znázorňuje vzorek ze žily Drei Prinzen Spat na osmém patře dolu Churprinz Frie-

36. Půdorys znázorňující zlatonosné žily vz. směru v žulovém (berezitovém) tělese sj. směru, Berezovsk
37. Sít žil a dislokačních jílů v oblasti Clausthalu. Lokality: *a* — Lautenthal; *b* — Bockswiese; *c* — Festenberg; *d* — Ober-Schulenberg; *e* — Wildemann; *f* — Zellerfeld; *g* — Clausthal
38. Sít žil zvaných Ruschel v oblasti St. Andreasberg. Žily: *ab* — Neufang; *ac* — Edellent; *dfe* — Silberberg; *fgh* — Abendroth; *ll* — Samson (*i* — šachta Samson); *kk* — Bergmannstrost
39. Profil Ševčínskou jámou (Franz Josef) v Příbrami. *AB* — mořská hladina, výšky nad nebo pod ní jsou uvedeny v metrech vlevo. Římské číslice vpravo označují úrovně žil. *a* — prekambričké (116) břidlice; *b* — kambrický pískovec; *cc* — dislokovaná vrstva adinoly; *d* — žily dioritu; *m* — žíla Mučednická (Martyr); *uu* — žíla Marie pomocnice (Marie Hilf); *vvv* — žíla ševčínská; *ww* — žíla uklánějící se k Z; *ss* — Ševčínská jáma (Franz Josef)



Brady & Foster, Eng'rs, N.Y.

drich August ve Freibergu. Je zajímavý zejména proto, že vykazuje dvě dislokace. Nejstarší žíla (*a*) křemene s nepravidelně rozšířeným galenitem a sfaleritem je protínána a dislokována druhou, velice zřetelně páskovanou žílou, jejíž vyplň se skládá z mnoha set velmi tenkých, superponovaných mineralizací (*b*) fluoritu a křemene a (*c*) barytu, symetricky uspořádaných na obou stranách, a z centrální drúzy (*d*) vyplněné šedou zemitou hmotou. Křemen (*e*, *f*) pak vyplňuje dislokace obou žil. Důlní dozorce na této žíle mě ujistil, že vzorek se vyskytoval ve svislé poloze, kterou jsem také zobrazil (abychom si byli vždy jisti polohou vzorku, je dobré jej před vyjmutím z přirozené polohy označit barevnou svislou šipkou, směřující dolů).

Velmi často je charakter minerální výplně žilného rudního ložiska rozeznatelný pouze z vývoje celého ložiska, protože každá z mnoha nepravidelných žilek může představovat samostatnou minerální asociaci. Přesná grafická znázornění strukturně minerálních jevů jsou nanejvýš poučná, protože tyto jevy jsou nezřídka tak složité, že ani nejjednodušší popis neumožňuje správnou představu. Obrázky 45 a 52 neuvádějí všechny podrobnosti, zjiřitelné v originálech, vzhledem k jejich malému měřítku. Obrázky 45, 46 a 47 jsou z Weissenbachovy slavné knihy⁷⁵ a znázorňují rudní struktury z Freibergu, ostatní jsou z rakouských publikací.⁷⁶ Obrázky 48, 49 a 50 se vztahují k Příbrami a obrázky 51 a 52 k Jáchymovu. Na obrázku 47 máme vzorek, tak říkajíc, přechodu z žíly do vrstevního ložiska. Není to ale typ, který Němci nazývají Lagergang (ložní žíla), tj. žíla vyvinutá v mezivrstevní spáře, a tudíž paralelní s rovinou stratifikace. Ložní žíla může také sledovat vrstevní břidličnatosti (často zaměňované s vrstevnatostí), což je případ, který jsem — jak se domnívám — zjiřtil v Mitterbergu, Salzburgu a Rammelsbergu poblíž Goslaru.

⁷⁵ Abbildung merkw. Gangverhältn. aus d. sächs. Erzgebirge, Leipzig, 1836.

⁷⁶ Auf Befehl s. Exc. Julius Grafen Falkenhayn herausgegebene Bilder v. d. Lagerst. d. Silber- u. Bleibergb. zu Przibram, etc., Wien, 1887. Geol.-bergmänn. Karte mit Profilen u. Ortsbildern zu Joachimstahl, etc., Wien, 1891.

-
40. Ideální řez ložiskem Bohutín u Příbrami. *a* — kambriřký pískovec; *b* — prekambriřké krystalické břidlice; *c* — žula; *d* — jřlová rozsedlina; *e* — dioritové žíly. (Poznámka: V Příbrami prekambriřké krystalické břidlice představují nadloží jřlové rozsedliny až do hloubky ca 1100 m)
41. Diagram rudní struktury z Rošia Montanä (Verespatak Volbura), ukazující nahrazení vyplaveného tmelu z brekcíř, tvořených většinou porfyrovými úlomky
42. Totéž, ale místo brekcie je slepenec
43. Vertikální sj. řez vilcoiřských dolů, ukazující superpozici andezitu na břidlicích a pískovcích. *aa* — štola Nepomuk; *b* — pískovec a břidlice; *c* — andezit; *d* — povrchová dobývka Corabia; *e* — štola Jeruga; *f* — štola Petr-Pavel; *g* — štola Hermann
44. Vertikální vz. řez zlatých dolů v Botesiu a Vilcoi (Vulkoi). *A* — Botesiu; *B* — Vilcoi; *a* — horizontální štola Nepomuk; *b* — pískovec; *c* — andezit; *d* — povrchová dobývka Corabia; *j* — žíla Jeruga

Do této kategorie patří také příklady stlačení vrstev v blízkosti žíly, takže nadloží nebo podloží nebo oboje vykazují v určité vzdálenosti zvrstvení rovnoběžné s rudním ložiskem a teprve za tímto pásmem se objeví normální zjiitelná vrstevnatost. Tento případ nejlépe znázorňuje obrázek 99, ukazující vz. žílu v břidlici, jejíž vrstevnatost má sj. směr. Výskyty v Rodně (obr. 70) a Raiblu (obr. 69) jsou také do jisté míry ilustrativní, ačkoliv vrstvy tam přetínají a ohýbají jalové trhliny.

Učebnice obvykle předkládají pouze jednoduché obrysové náčrtky takových podmínek. Přesná znázornění mohou překvapit ty, kteří často v dolech nebyli a pak zjišťují, jak jsou skutečné rudní struktury složité (pochopitelně naprosto objektivní přesnost by vyžadovala fotografie naleštěných ploch vzorků). Zde se odvolám pouze na jedno z nejsložitějších vyobrazení, uvedené na obrázku 47 a převzaté z Weissenbachovy sbírky (op. cit., tabulka 22). Žíla nebo spíše žilný systém Gnade Gottes z dolu Bescheert Glück ve Freibergu se skládá z oddělených těles rozložené ruly, ohraničených jalovými trhlínami, jejichž původní zvrstvení nebo foliace byly změněny tlakem. Trhliny nemají žádnou výplň, ale rula vykazuje minerální výplně přibližně sledující její foliaci, tj. v rovinách téměř kolmých k jalovým trhlínám. Podle mého názoru, jelikož je žíla v tomto místě rozmrštěná v drobné žilky, musel nastat nějaký pohyb, pravděpodobně podél nejnižší z mineralizovaných poloh uvedených na obrázku. Výsledkem však nebyl běžný zlom, ale roztrhání nadložních vrstev, což vytvořilo mezery kolmé k rovině trhlín, tzn. přibližně paralelní s rovinou vrstevnatosti (61). Tyto zpeřené poruchy se pak vyplňovaly stejným způsobem jako hlavní trhlina v jiných částech žilného systému. Tento případ může posloužit k vysvětlení složitých typů „ložních“ žil.

Většina rudních žil, stejně jako rudní ložiska obecně, se vyskytuje ve vyvřelých horninách. Tato okolnost bezpochyby naznačuje, že jejich obsah kovů byl přímo nebo nepřímo odvozen z hlubinných částí zemské kůry (62). Bohaté rudní žíly jsou hlavně v těchto horninách, ale jiné se vyskytují v sedimentárních horninách protínaných vyvřelinami. Poměrně málo se jich vyskytuje pouze v sedimentech; v těchto případech zřejmě přínos rudy z hlubin země zprostředkovaly velké zlomy. Abych zdůraznil tyto vztahy, předložím několik příkladů ze známých ložiskových oblastí, kde se rudní žíly nacházejí:

- a) ve zvrstvených sedimentárních horninách, které nemají žádné spojení s vyvřelinami;
- b) v blízkosti vyvřelých mas a částečně i v nich;
- c) uvnitř vyvřelých formací.

a) Rudní žíly ve zvrstvených sedimentárních horninách

Není snadné nalézt pravé rudní žíly, které by byly bez jakékoli souvislosti s vyvřelými horninami — zvláště v případě důležitých a dobře prostudovaných oblastí. Clausthal v Harcu tyto podmínky splňuje nejspíše. Pohoří Harc je komplex zvrásněných paleozoických vrstev, který se zvedá nad severoněmeckou planinu, tvořenou hlavně mezozoickými horninami. Vrstvy směřují obvykle v pravém úhlu k zsz. směru osy pohoří, ale většina zlomů je přibližně rovnoběžná s touto osou, takže pojmy „axiální“ a „příčný“ zde znamenají opak toho, co by znamenaly u pohoří, jejichž hlavní osy se shodují se směrem vrstev.

Clausthal. Zrudnění v Clausthalu má několik zvláštností. Pásma alterovaných hornin, široká 20—80 m a protažená až do vzdálenosti ca 15 km, obsahují nepravidelně rozložená rudní tělesa. Tato pásma hornin se nazývají „žilné jílovité břidlice“ (Gangthonschiefer), aby se rozlišila od běžných kulmských břidlic, vyskytujících se také v této oblasti. Nedávný podrobný výzkum ukázal, že chemické složení alterovaných břidlic prakticky odpovídá složení nepřeměněných břidlic. Jsou tudíž horninou přeměněnou z valné části mechanicky a jen v malé míře chemicky. Jsou zbrídlícnatělé, ale brídlícnatost probíhá spíš rovnoběžně s plochami pohybu a je dosti strmá, zatímco okolní vrstvy mají většinou jen mírný sklon. Na tato pásma lze tedy pohlížet jako na výsledek tření a zbrídlícnatění hornin.

V poslední době hlavně A. von Groddeck dokázal, že zmíněná pásma představují velké zlomové zóny, podél kterých se buď pohybovalo podloží jz. směrem dolů, nebo bylo vyzdvíženo nadloží sv. směrem. Vertikální rozdíl posunu, měřený v určitých bodech, by byl přibližně 400 m, ale je pravděpodobné, že pohyb jednoho tělesa přes druhé nesledoval skutečný sklon a že horizontální složka posunutí byla mnohem větší než vertikální. Dislokované části kersantitové žíly, objevené Groddeckem, ukazují, že jižní bloky se pohybovaly na Z a severní na V.

Síť trhlin v těchto dislokačních pásmech je také zvláštní. Jak je naznačeno na obrázku 37, čočkovitá tělesa vznikla po několika pohybech ve směru osy pohoří Harc, takže celé pásmo čočkovitých těles odráží pohyby, které se několikrát opakovaly. Tím se jasně projevuje význam pásem jako prostředků spojení s hlubinnou oblastí, odkud vystoupily minerální roztoky, z nichž se rudy ukládaly. Jak jsem již poznamenal, zrudnění vlastně zaujímá prostor porušené horniny, přichází do přímého strukturního vztahu s horninou, aniž by s ní látkově souviselo.

Letmý pohled na geologickou mapu pohoří Harc však ukáže, že ani tato oblast nepostrádá vyvřelé horniny, neboť horninové formace, přičně k ose pohoří, jsou protínány žulovými masívy, které evidentně sehrály úlohu při

vzniku pohoří. Navíc, podle výzkumu dr. K. A. Lossena⁷⁷ a jiných. směrem od nich postupovala kontaktní metamorfóza zvrstvených hornin. E. Kayser⁷⁸ zařazuje vyzdvížení žuly mezi konec karbonu a počátek permu a domnívá se, že nemohlo být podmíněno tektonicky, protože několik zlomů proniká do žuly. Lossen se klání k názoru, že žula se aktivně zúčastnila tvorby rudních ložisek a (jestliže jej správně chápou) věří, že tato ložiska svou polohou naznačují vztah k žulovému jádru Harcu, které prý na jedné straně strmě vystupuje a na straně druhé se povlovně noří pod sedimentární horniny.

Přesný geologický průzkum Harcu zaznamenal velký počet zlomových poruch, z nichž některé spojují dvě velká rudní ložiska — Clausthal a Andreasberg. Poruchy nazývané „Ruscheln“ se podobají dislokačním pásmům Clausthalu. Jsou až 30 m široké, přibližně rovnoběžné s osou pohoří a vyplněné většinou tmavým jílovitým nebo úlomkovitým materiálem, plným tektonických rýh a zrcadel.

Andreasberg. Zhruba rovnoběžně s poruchou „Ruscheln“ probíhají rudní žíly Andreasbergu. Podle původní představy jde o dvě hlavní poruchy „Ruscheln“, svírající čočkovitou partii, na kterou jsou stříbrnosné rudy omezeny. Tento názor dosud zastává H. Credner.⁷⁹ Avšak Kayser (op. cit., str. 443) konstatuje, že dolování potvrzuje sbíhavost „Ruscheln“ pouze na Z a podobná sbíhavost na V byla čistě domněnka vycházející z analogie. Povrchové pozorování naznačuje směrem na V spíše jejich rozbíhavost (viz obr. 38).

Na rozdíl od Clausthalu, kde rudy vyplnily předem připravenou dislokační zónu, zde rudy tvoří síť žil. H. Credner poukázal na to, že minerální roztoky nemohou proniknout stěnami dislokačních zón, a usoudil, že tyto stěny svírají čočkovité těleso horniny. Ovšem hlavní otázka se týká původu novější sítě trhlin. Musíme předpokládat, že v době, v níž se tvořily dislokační zóny, minerální roztoky neměly příležitost do nich vstoupit, protože v porušených horninách neexistovaly žádné volné prostory (jako tomu bylo u mnohých velkých zlomů, např. v Příbrami). Později se však vytvořil druhý systém trhlin, přizpůsobující se podmínkám vytvořeným prvním systémem, a otevřely se nové cesty, které se v důsledku relativně malého pohybu již nenaplňily detritem vzniklým třením.

Mimo klínovitý blok, sevřený poruchami „Ruscheln“, jsou však také žíly, které vzhledem ke svému směru mohou být pokračováním stříbrnosných žil vzniklých uvnitř tohoto bloku, ačkoliv mají jinou výplň. Proto tyto žíly dlouho unikaly pozornosti.

⁷⁷ „Geol. u. Petrogr. Beiträge zur Kenntniss des Harzes“, Jahrb. der k. preuss. geol. Landesanstalt u. Bergak. für 1881, s. 47.

⁷⁸ „Ueber d. Spaltensystem am S. W. Abhang des Brockenmassivs“, etc., Ibid., s. 452.

⁷⁹ „Geogn. Beschreib. d. Bergw.-Distrikts von Andreasberg“, Zeitsch. d. deutsch. geol. Gesell., XVII, s. 221.

Dříve byla snaha spojovat vznik rudních žil se dvěma eruptivními horninami: se žulou, která se vyskytuje s. od zlomových pásem, a s diabasem, který se jich dotýká na mnoha místech na J. Diabas je však nyní považován za ložní polohu nebo žilu, místy protínající vrstevní komplex. Obě horniny byly pasivní při vzniku a vyplňování trhlin rudami, a tak musíme znovu pátrat po zdroji rud v hlubinné oblasti (63).

b) Rudní žíly v blízkosti eruptivních těles

Krušné hory. Není možné, abych se na tomto místě nezmínil o nečetných rudních žilách Krušných hor v Sasku a v Čechách. Jejich přehled brzy předloží vynikající saský důlní geolog H. Müller (kterému se dostalo čestného titulu „Gangmüller“, aby se odlišil od mnoha jiných Müllerů v Německu). V této oblasti se vyskytují nejrozmanitější žíly v rulách, místy v souvislosti s eruptivními žilnými horninami, které však lze považovat pouze za náznak dřívějšího spojení s hlubšími sférami země.

Kromě různých porfyrů a dioritů se místy vyskytují čediče. V Jáchymově v Čechách můžeme rozeznat před- a počedičové zrudnění. Jako v mnoha jiných oblastech i zde nacházíme dva žilné systémy protínající se v pravém úhlu; jeden sj. směru, doprovázený žilami porfyru, druhý vz. směru, doprovázený žilami čediče a podle posledních zjištění i znělce. Trhliny vz. směru jsou vyplněny částečně čedičovými, částečně rudními žilami, z nichž některé vznikaly před výlevem a jiné po něm, což je dostatečný důkaz toho, že se trhliny tvořily také v období čedičových intruzí. Zatím se však nezjistilo, jak velká byla úloha čediče při vzniku rudy.

V žilách čediče a v čedičových tufech této oblasti byly ve značné hloubce (ca 300 m pod povrchem) nalezeny zkamenělé kmeny stromů, což je obdobou nálezů z dolu Bassick v Coloradu.

Příbram. Zcela odlišný obraz skýtá Příbram ve středních Čechách, kde se setkáváme s velkým strukturálně významným zlomem, ale také s žilami vyvřelin, které jsou sledovány většinou rudních žil.

Ve středních Čechách všeobecně převládá sv. směr všech hornin s výjimkou žil dioritových, které mají sj. směr, čímž se uchylují od převládajícího směru o 45°. Nad žulou leží nejprve formace prekambriických břidlic, po ní následuje diskordantně uložený kambrický útvar, jehož dolní část se skládá ze slepenců a pískovců a vrchní z břidlic, obsahujících zkameněliny. Řezy kolmé na směr vrstev ukazují opakování předkambrických a kambrických vrstev jako následek velkých zlomů sv. směru (obr. 40).

Jeden hlavní zlom, který byl obnažen těžbou v hloubce 1110 m, se vhodně nazývá „Wechsel“, tj. přesmyk, protože způsobil přesunutí starší vrstvy přes mladší. Ve stejné oblasti se vyskytuje několik dalších podobných zlomů, které

ale nejsou dostatečně prozkoumány. Nabízí se představa, že paleozoické vrstvy zaujímaly před nasunutím mnohem větší rozlohu než nyní.

Hlavní fenomén mimořádného strukturního významu, nazývaný „jílová rozsedlina“ (Lettenkluft), představuje pásmo jílu a brekcie široké 2–10 m. Přímo v Příbrami, nad pískovci, které jsou zrudněny, leží v tektonickém nadloží prekambriické břidlice. Poněkud dále na JZ se v Bohutíně objevuje v nadloží jílové rozsedliny žula, která — jak naznačuje geologický řez — tvoří opakovaně vystupující žulové paleozoické podloží (64).

Vyskytují se zde četné dioritové žíly sj. směru a v rudonosné zóně jsou tak blízko u sebe, že podle některých profilů tvoří téměř jednu třetinu veškerého horninového komplexu. Rudní žíly jsou většinou vázány na tyto dioritové žíly. Jen příležitostně vstupují do sedimentárních hornin, aby se brzy vrátily zpět do horninových žil, které sledují i po úklonu. Proto můžeme s jistotou tvrdit, že již dříve existující horninové žíly prostorově určily tvorbu trhlin, z nichž vznikly rudní žíly.

Zmínil jsem se již v I. části práce, že tato oblast posloužila k otestování Sandbergerovy teorie laterální sekrece. Pečlivá a opakovaná analýza dokázala přítomnost kovů v horninách, ale nemohla určit, zda jsou tyto kovy primárními příměsmi nebo sekundárními impregnacemi. Jelikož stopové obsahy kovů se vyskytují jak ve vyvřelých, tak i v sedimentárních horninách, je pravděpodobné, že v obou případech jsou sekundární — epigenetické. Přestože existuje prostorová závislost rudních žil na horninových žilách, není k dispozici žádný důkaz o vzniku rudních žil vyluhováním sousedních vyvřelin. Pokud materiál v rudních žilách pochází z eruptivních hornin (což je velmi pravděpodobné), musely být tyto horniny v době mineralizace v mnohem větší hloubce než žilné horniny, zastížené v hloubce 1110 m pod povrchem, tj. 500 m pod mořskou hladinou.

Kambrická pískovcová pánev (65) v Příbrami je nesymetrická; jedna strana se mírně sklání na SZ, druhá (vedle zlomu) nepatrně k JV. Ve druhé části, která je také mnohem více metamorfovaná, je zrudnění bohatší a začíná u průsečnice velkého strukturního zlomu s pásmem intruzivních hornin, jinými slovy od místa, které je relativně bližší hlubinným zónám země.

Ve strmě upadajícím pískovcovém souvrství jsou určité petrograficky specifické vrstvy, které lze sledovat až do míst, kde je přetínají horninové žíly. Je jasné, že horninové žíly tvoří výplň trhlinových poruch, a tudíž rudní žíly také. Profil ševčinskou šachtou (Franz Josef) na obrázku 39 ukazuje, že vrstvy s polohou adinoly jsou dislokovány až o 200 m.

Nutno dodat, že žíly jsou tvořeny různými vyvřelinami, které jsou v blízkosti rudních žil většinou rozloženy. Tuto přeměnu je zřejmě nutno připsat působení minerálních roztoků. Také sedimenty tvořící plášť žuly vykazují kontaktní metamorfózu, která je přeměnila v rohovec. Tento jev připomíná Harc, zvláště oblast St. Andreasberg.

c) Rudní žíly uvnitř velkých eruptivních formací

Slovensko. Podíváme-li se na Slovensko, najdeme mnoho žil uložených v eruptivních horninách. Jednou z nejznámějších oblastí je Banská Štiavnica, která se svými geologickými poměry nejvíce podobá oblasti Washoe a ložisku Comstock v Nevadě.

V obou případech se na mezozoickém (hlavně triasovém) podloží rozprostírají různé, zejména terciérní vyvřeliny, jako diorit, andezit, trachyt a ryolit až po čedič. Pozice těchto těles a v nich obsažených rudních žil je v obou oblastech podobná. Počet žil v Banské Štiavnici je vysoký a jejich výplň je velmi pestrá. V některých z nich byly rozpoznány tzv. „rudní sloupce“, tj. zvláště bohaté rudní úseky, ležící v ploše žíly. Podle M. V. Lipolda⁸⁰ jsou tyto rudní sloupce na Grünerově rudní žíle horizontálně krátké, ale tvoří hluboko sahající šikmá rudní tělesa. V jiných rudních žilách (např. v hlavní žíle Špitálerské, která je mocná ca 40 m a byla sledována do vzdálenosti 8 km, na žíle Bieber a na ostatních žilách) pokrývaly rudní sloupce rozsáhlé plochy žilných tahů. Zjistilo se, že ruda nejbohatší na zlato je tzv. cinopel, žilovina skládající se z jaspisu s pyritem, chalkopyritem a galenitem, obklopující úlomky starší křemenné asociace.

V trachytovém hřbetu Východních Karpat, který probíhá přibližně rovnoběžně s maďarskou hranicí ve směru SZ—JV, je v Gutii řada zlatých a stříbrných dolů, založených na několika velkých a četných malých rudních žilách. Mezi velké patří žíly v Baia Mare (Nagybányi) a Baia Sprie (Felsőbányi), kde několik pňů trachytu nebo andezitu proniká terciérními congeriovými vrstvami (66). Těmito pňi pronikají velké rudní žíly, rozvětvují se k povrchu, takže ve vertikálním řezu vykazují vějířovité uspořádání.

Dále na V je důlní oblast Cavnic (Kapnik), kde se nachází řada rudních žil. Pak přijde podobná důlní oblast Roata (Rota) a konečně (za linií těchto ložisek v Transylvánii) oblast Balut (Oláhláposbánya), jejíž žíly jsou uloženy částečně v eruptivní hornině, částečně ve spodnoterciérních vrstvách, kterými eruptiva pronikají.

Na uvedených ložiskách převládají rudy stříbra, místy značně obohacené zlatem. Ve v. části ložiskové oblasti se objevují měděné rudy.

Zlatonosná pole Dácie. V jihozádní Transylvánii, ve zlatonosné oblasti Dácie, jsou všechna ložiska zlata spjata se čtyřmi pásy mladých vyvřelin. Hlavní horninou této oblasti je křídový pískovec, občas se vyskytují vrstvy jury a triasu, přičemž triasové vrstvy obsahují výlevy melafyrů a nasedají na krystalické horniny. Mladé vyvřeliny, zahrnující porfyr, diorit, andezit, čedič apod., se vyskytují v trojúhelníku, jehož základnu tvoří nejširší Cetrașské

⁸⁰ „Der Bergbau von Schemnitz in Ungarn“, Jahrb. d. k.k. geol. R. Anstalt, 1867, s. 493.

Fig. 45

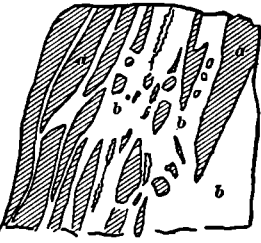


Fig. 46

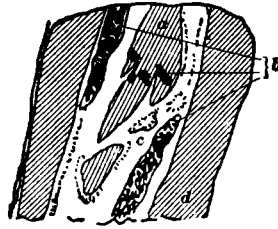


Fig. 47

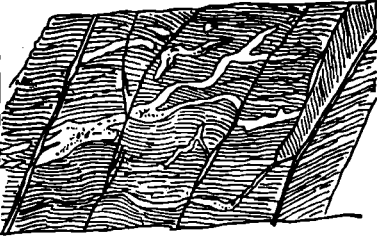


Fig. 48

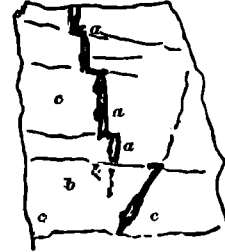


Fig. 49

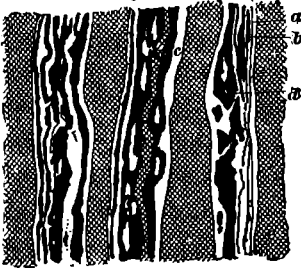


Fig. 50

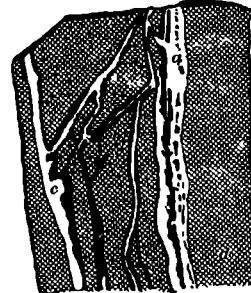


Fig. 51

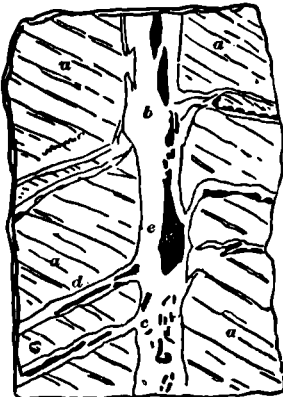
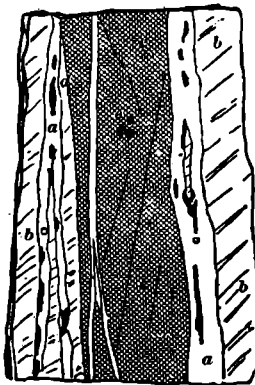


Fig. 52



pásmo protažené ve směru SZ—JV a v němž se nacházejí doly Sacarimb (Nagyag), Magura, Fizes (Füzesd), Băița (Boiza) a Ruda-Barza (Ruda). V druhém, zhruba rovnoběžném pásmu jsou doly Zlatna-Almașu Mare (Faczebaja a Almás); ve třetím Vilcoi (Vulkovj) a Roșia Montană (Verespatak) a ve čtvrtém, který tvoří špičku trojúhelníku, doly Baia de Arieș (Offenbánya).⁸¹

Těmito doly, které jsou z velké části velmi staré (předřímské), se budu podrobně zabývat v monografii, kterou právě připravuji. Převládající ložiska v celé zlatonosné oblasti Dácie představují rudní žíly jen „vlasové mocnosti“, které lze sledovat pouze na krátké vzdálenosti. Na některých místech, jako ve známé oblasti Roșia Montană (Verespatak), jsou zastoupeny jiné typy ložisek, jejichž rudy se vyskytují v eruptivních brekciích nebo ve formě masových či impregnačních rud. Rudy v brekciích jsou bohatší pouze na styku s rudními žilami. Totéž platí o aglomerátech, do nichž brekcie někdy přecházejí a ve kterých ruda nahrazuje tmel, jak jsem již uvedl v předchozí kapitole a znázornil na obrázku 18. Pro lepší pochopení uvádím brekcií na obrázku 41 a aglomerát na obrázku 42. (Stojí za povšimnutí, že vzájemný vztah úlomků brekcie lze rozeznat jen tehdy, když nebyly roztrženy pohybem.) V obou případech je základní hmota tvořena křemenným porfyrem s krystaly křemene o velikosti hrachu. Na obrázku 41 je vnitřek úlomků značně rozložen, kdežto na povrchu je vidět tenká vrstva, tvořená buď celistvou horninou nebo materiálem, který je druhotně impregnován oxidem křemičitým. Někdy zjišťujeme, že porfyr je protínán složitou sítí trhlin, vyplněných (až na některé širší dutiny v průseč-

⁸¹ F. Pošepný, „Allgem. Bild d. Erführung im Siebenb. Golddistrikte“, Jahrb. d. k.k. geol. R. Anstalt, XVIII, s. 297.

-
45. Čelba na čtvrtém patře žíly Peter Stehend, Freiberg. *a* — rozložená boční hornina; *b* — křemen s pyritem, ankeritem, sfaleritem a stříbrnými rudami. (G. A. Weissenbach, v jeho díle č. 2)
 46. Čelba na třetím patře žíly Adlerflügel Stehend, Freiberg. *a* — úlomky ruly; *b* — starší žilná formace; *c* — mladší křemenná žilovina; *d* — rula. (Weissenbach, č. 21)
 47. Nákres z třetího patra žíly Gnade Gottes Stehend, Freiberg. (Weissenbach, č. 22)
 48. Čelba na třináctém patře podložní vojtěšské žíly (Adalbert Liegend), Příbram. *a* — galenit a kalcit; *b* — sfalerit; *c* — pískovec. (J. Zdražil, č. 52)
 49. Nákres ze třináctého patra hlavní vojtěšské žíly (Adalbert), Příbram. *a* — siderit; *b* — kalcit; *c* — křemen; *d* — galenit; *e* — diorit. (J. Zdražil, č. 5)
 50. Čelba z 29. patra hlavní vojtěšské žíly (Adalbert), Příbram. *a* — kalcit; *b* — krušek; *c* — křemen; *d* — diorit. (J. Zdražil, č. 21)
 51. Čelba ze štol žíly Hildebrand, Jáchymov. *a* — svor; *b* — dolomit; *c* — proustit; *d* — dolomit s pyritem; *e* — uraniit (117). (J. Němeček, č. 11)
 52. Čelba na desátém patře žíly Junghäuerzechen, Jáchymov. *a* — dolomit a kalcit; *b* — svor; *c* — rozložený bazalt (tuf?), tzv. „wacke“; *d* — chalkopyrit; *e* — proustit. (J. Němeček, č. 5)

cích trhlín) klustickou horninou, např. pískovcem. Dutiny v aglomerátech na obrázku 42 (kromě dutin obsahujících krusty uhličitanu manganatého a křemene) jsou vyplněny klustickým tmelem, většinou zkřemenělým.

Tento druh rudní výplně je do jisté míry srovnatelný s rudními ložisky v rozpustných horninách, kde se výplň stěhovala do hornin, v nichž se pro ni rozpustěním vytvořil prostor. V uvedených případech takový prostor vznikl částečným vyplavením pravděpodobně jílovitého tmelu z brekcii a aglomerátu.

Roşia Montană (Verespatak). Zlatá oblast Roşia Montană se nachází na s. konci druhého vulkanického pásma. Střed tvoří dvě porfyrová tělesa Cîrnic (Kirnik) a Boi, obklopená téměř horizontálně uloženými pískovci a porfyrovými tufy, spočívajícími diskordantně na zvrásněných křídových pískovcích. Celá oblast je obklopena pásmem trachytů, andezitů a jejich láv, které kdysi pravděpodobně pokrývaly celou oblast (jak lze usuzovat z úlomků, které zůstaly na povrchu po obnažení obou starších porfyrových těles).

Zdá se, že ve zvrásněných křídových vrstvách se utvořila kaldera, z jejíhož středu se vylily proudy porfyru, které zároveň poskytly materiál pro porfyrové aglomeráty.

Hlavní zlatonosnou horninou je porfyr, avšak zlato obsahují i tufoaglomeráty a křídové horniny v sousedství výlevů porfyrů, kdežto v trachytové a andezitové lávě, která kdysi oblast pokrývala, žádné zlato ani jiné rudy nejsou.

Vilcoi (Vulkoj). Ve Vilcoi (Vulkoj), na j. konci druhého vulkanického pásma, je situace téměř opačná: ve starší a hlubší hornině, obsahující převážně křemen, je málo rudy, zatímco nadložní andezity oplývají zlatem. V několika dolech ve zlaté oblasti Dácie se v hloubce narazilo na zvrstvené horniny, kterými pronikala eruptiva; výsledek byl pro horníka většinou katastrofální, protože rudní žíly buď vyklínily, nebo přešly v jalové trhlíny. V prvním případě by se zdálo, že se žilné trhlíny vytvořily kontrakcí vyvřelin. Obecně je však nutno přiznat, že zprávy o těchto jevech nejsou v žádném případě jasné a spolehlivé a předsudky horníků mohou vést k omylům. Když trhlina při přechodu z jedné horniny do druhé vykazuje určité nepravidelnosti ve směru nebo ve výplni, nemělo by to odradit od dalšího průzkumu.

V některých případech byla pod vyvřelou horninou, obsahující rudní žíly, nalezena její brekcie, která byla zcela jalová. Velké porfyrové těleso Cîrnicu (Kirniku) v Roşia Montană (Verespataku) je skrz naskrz provrtáno starými i novými důlními díly tak, že to připomíná póry v houbě. V posledních letech byly do hlubších pater ložiska raženy štoly, ale výsledky nebyly uspokojivé. Před nedávnem nejhlubší z těchto štol narazila v jádře cirnického (kirnického) tělesa místo na rudonosný porfyr na rozloženou klustickou horninu a porfyrovou brekciu, o kterých lze předpokládat, že jsou výplní sopouchu. Těleso Vilcoi

(Vulkoj), které bylo podél hřebene téměř rozpůleno velmi starými povrchovými dobývkami, obsahovalo řadu sj. žil, z nichž nejbohatší (Jeruga) byla v hloubce přefata štolami z obou stran. Na j. straně se v podloží porfyru nachází břidličnatá křídlová hornina, vystupující ve štole Jeruga. Štola je dvěma komíny spojena s nejhlubší štolou, raženou ze s. strany, kde naráží na rozložené brekcie, do nichž velmi bohaté rudy těžené nahoře již nepokračují (obr. 43).

Pokud jde o pokračování žil v břidličnaté hornině, musíme vzít v úvahu následující okolnosti: západně od vílcoiského (vulkojského) tělesa se v pískovcích a břidlicích nachází další zlaté pole — Boteş (Botesiu), jehož žíly jsou analogické jak směrem, tak rudní výplní žilám ložiska Vílcoi (Vulkoj). V Boteş (Botesiu) nejsou žádné vyvřeliny, a přesto studium celé oblasti naznačuje, že tvorba jeho žilných struktur s nimi musela být spojena; nelze tedy vyloučit, že vyvřeliny kdysi zasahovaly až k němu a mohly být odstraněny mladší erozí (67). Na základě toho musíme předpokládat, že vílcoiské žíly zasahují pod andezit do břidlice, ačkoliv někteří o tom pochybují. Na obrázku 44 je uvedena situace na řezu od V k Z.

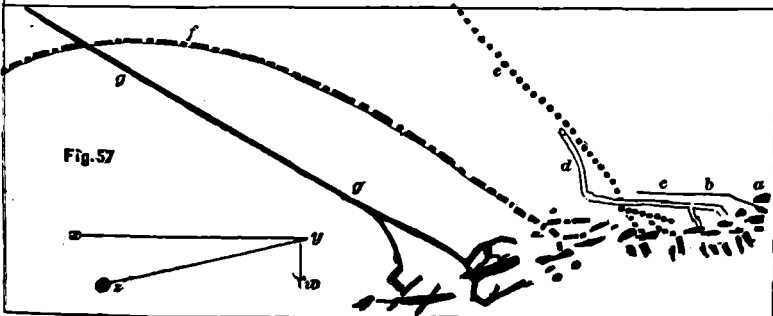
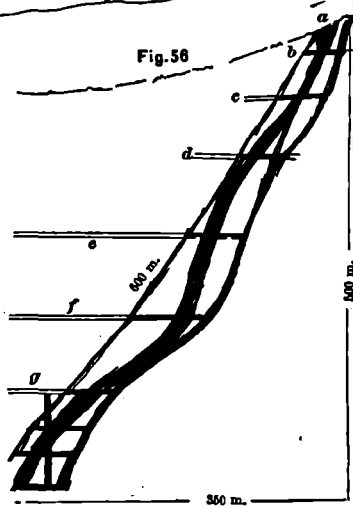
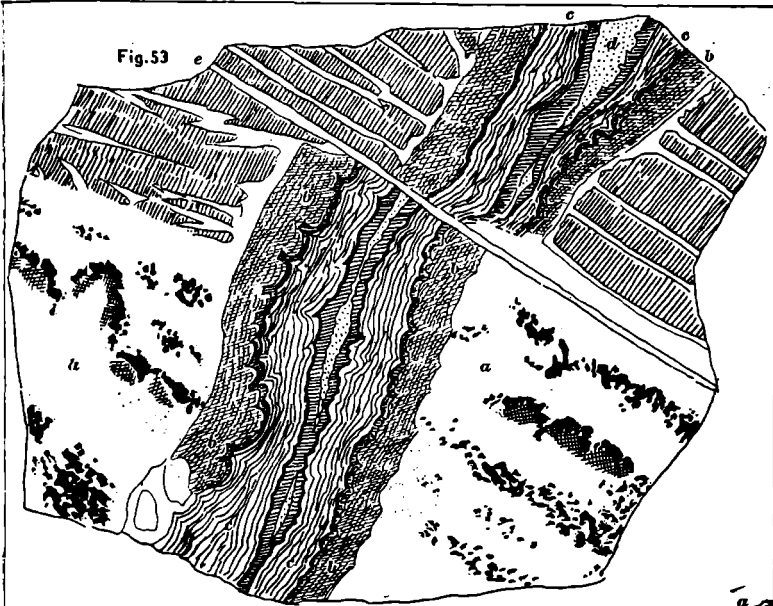
V oblasti Băiţa (Boiza) vulkanické pásma (převážně dacity a porfyry) přetíná výchozy mezozoických vápenců a melafyrů a žíly přecházejí přímo z porfyru do podložního melafyru.

Sledujeme-li do hloubky zlatonosné žíly v Sacarîmb, Maguře a ve Fizes, narazíme na terciérní pískovce a slepence, které jsou proniknuty nebo překryty vyvřelinami.

Na čtyřech místech ve zlatonosné oblasti Dácie, jmenovitě v Baia de Arieş (Offenbányi), Zlatna-Almaşu Mare (Faczebaji), Dealul Fericelei a Sacarîmb (Nagyagu), se vyskytují telurové rudy. V blízkosti Zlatna-Almaşu Mare je rumělka a na několika místech poblíž Baia de Criş (Körösbánye) se nacházejí měděné rudy, obsahující malé množství zlata. Pozorováním bylo zjištěno, že výskyt zlata je vázán hlavně na čtyři pásma terciérních vyvřelin, i když se nachází i v sedimentech, které tyto vyvřeliny protínají.

V tomto případě je tedy výskyt zlata nějakým způsobem spojen s vyvřelinami, ale jelikož jsem v těchto horninách zlato nikdy nenašel jako primární neboli syngenetickou složku (68), nevěřím, že z nich bylo původně odvozeno. Nezbyvá tedy nic jiného, než považovat intruze vyvřelin za prostředníky spojení s hlubinnou oblastí, odkud vystupovaly mineralizované hydrotermy. Při dalším zkoumání jistě zlatonosná oblast Dácie poskytne důležité informace o původním zdroji zlata. Kdyby se např. zjistilo, že zlatonosný typ vílcoiských žil pokračuje v jílových pískovcích v podloží andezitu, můj názor by se potvrdil.

Ložisko Comstock. Nejpodrobněji prostudovanými žilnými projevy v Americe jsou bezpochyby výskyt rudních žil v comstockém ložisku. Není nutné je podrobně popisovat, stačí odkaz na tři obsírná pojednání o této ob-



Bradley & Foster, Eng'rs, N.Y.

lasti,⁶² z nichž zvláště Beckerovo se zabývá otázkou geneze rud. Zhodnocení problému geneze ale vyžaduje několik příkladů, které jsem ve zhuštěné formě vyjádřil na obrázcích 58–63.

Jak jsem již poznamenal, všeobecné geologické podmínky ložiska Comstock vykazují velkou podobnost s ložisky banskoštiavnické oblasti. Pouze místně se zde nacházejí tělesa sedimentárních hornin, zatímco základní horninu celé oblasti tvoří rozmanité, převážně mladé vyvřeliny. Jde o vyvýšenou oblast, v níž nejdůležitějšími body jsou:

| | |
|---|--------------|
| Mount Davidson (nejvyšší bod oblasti) | 2420 m n. m. |
| výchoz u dolu Gould a Curry (nulová čára pro měření hloubky) | 1950 m n. m. |
| štola Sutro v různých bodech, 561 m až 568 m pod nulovou čárou | 1832 m n. m. |
| nejhlubší bod v šachtě Belcher a Crown Point, 1040,5 m pod nulovou čárou | 910 m n. m. |

Sama tato čísla naznačují nesmírné množství vyvřelého materiálu.

Vrstevnaté sedimenty se vyskytují jako souvislejší horninový komplex v Gold Hill, v j. části oblasti, zatímco v s. části se nacházejí v šachtě Sierra Nevada pouze jako malé těleso, uzavřené v eruptivních horninách.

V různých dobách se eruptivní horniny klasifikovaly různě, v závislosti na pokrocích v petrografii a na použitých metodách výzkumu. Becker rozlišuje: 1. bazalt (*B*), 2. mladší amfibolický andezit (*LHA*), 3. augitický andezit (*AA*),

⁶² Clarence King, U. S. Geol. Explr. of the 40th Parallel, III, Mining Industry, Washington, 1870.

J. A. Church, The Comstock Lode: Its Formation and History, New York, 1879.
G. F. Becker, „Geology of the Comstock Lode“, etc. — U. S. Geol. Survey Monograph. Washington, 1882.

-
53. Nákres rudy z žíly Drei Prinzen Spat na osmém patře dolu Churprinz Friedrich August, Freiberg. Sasko; 6× zmenšeno. *a* — křemen s vtroušeným galenitem a sfaleritem v nezřetelných páskách (ze starší žíly); *b* — fluorit s křemenem; *c* — proužky barytu; *d* — šedý zemitý agregát mladší žíly, velmi zřetelně páskovaný; *e* — nejmladší dislokace
54. Nákres měděné rudy ložiska Prettau, Tyrolsko. Náčrtek stropu patra Otilie
55. Boční nákres téhož patra
56. Ložisko Prettau v řezu, z něhož je patrné druhé upadání („pitch“) sloupce ložiska, které má vz. směr a j. sklon. Stoly a patra: *a* — Peter; *b* — Jacob; *c* — Marx; *d* — Johann; *e* — Kristof; *f* — Nikolaus; *g* — Ignatz; tři patra pod štolou Ignatz jsou Otilie, Karl a Hugo
57. Ložisko Prettau — horizontální projekce znázorňující přibližně polohu rudních těles na různých patrech: *a—g* — jako na obr. 56; *xy* — směr; *yw* — skutečný sklon vrstev; *yz* — upadání rudního tělesa

4. starší amfibolický andezit (EHA), 5. mladší diabas neboli „černá žíla“ (LDb), 6. starší diabas (EDb), 7. křemenné porfyry (QP), 8. metamorfované diority (MDr), 9. porfyrové diority (PDr), 10. granulární diority (GDr), 11. metamorfované horniny (M), 12. žuly (G). Tato klasifikace je založena na pečlivém mikroskopickém výzkumu.⁸³

Dvě hlavní žíly (Comstock a Occidental) mají sj. směr a žíla Comstock byla sledována do vzdálenosti 5 nebo 7 km podle toho, jsou-li její větve v měření vynechány nebo do něj zahrnuty. Polohu a rozvětvení žil znázorňuje náčrtek mapy na obrázku 58, kde jsou dvě nejdůležitější eruptivní horniny, diorit a diabas, zdůrazněny šrafováním, zatímco ostatní jsou označeny písmeny podle předchozího seznamu. Od Gold Hill až k Virginii tvoří podloží diorit, j. od Gold Hill metamorfované břidlice, které v některých oblastech vystupují i v nadloží, podobně jako diorit s. od Virginie. Navíc se v jednom místě, bezprostředně na podloží, nachází poloha diabasu — tzv. „černá žíla“.

Nadloží tvoří hlavně diabas, zejména v hloubce. Ve vrchní oblasti je někdy pokryt jinými vyvřelinami, většinou amfibolickým andezitem.

Vcelku ložisko Comstock představuje rozlehlé těleso mírného sklonu, skládající se převážně z rozdrčené a rozložené základní horniny, do níž jsou vklíněny velké ploché bloky neporušených hornin. Výplň je zpravidla tvořena „cukrovitým“ zrnitým křemenem (někdy celistvým), ve kterém jsou velmi jemně vtroušeny rudy. V některých místech se vyskytly shluky rudy, tvořící bohatá naleziště, kterým oblast vděčí za obrovskou produkci zlata a stříbra. Vyskytují se zde stříbrné rudy (stefanit, polybazit, argentit), někdy s galenitem a sfaleritem. Polovina hodnoty vyrobeného koncentrátu je dána obsahem zlata, které je přítomno 6—7 hmotnostními procenty.

Některé z těchto bohatých rudních koncentrací byly ve svrchní části ložiska a vystupovaly na povrchu. Jiné (jako nejbohatší z nich v dole Consolidated Virginia a California) byly nalezeny v hloubce a tvrdí se, že postrádaly jakékoliv spojení s jinými rudními tělesy. To by je odlišovalo od „rudních sloupců“ nebo „komínů“, které jsou obvykle propojeny, Nedovedu si ale jejich tvorbu představit jinak než vyplňováním otevřených prostorů, jimiž procházelo větší množství rudních roztoků, které vytvářely minerální akumulace.

Rozložení hornin v místech bohatých nalezišť žilného typu je zcela nepravdělné a dosud se nepodařilo zjistit nějaké spojení, ať již petrografické nebo strukturní. Ani svým tvarem se nepodřizují nějaké zákonitosti. Naleziště v dole Consolidated Virginia a California se skládala z hlavního tělesa a nad ním umístěných tří čočkovitých těles, které se všechny ploše uklánějí k S. Na druhé

⁸³ A. Hague a J. P. Iddings (Bull. 17, U. S. Geol. S., 1885, „On the Development of Crystallization in the Igneous Rocks of Washoe“, etc.) zjistili, že GDr, EDb a AA jsou totožné; PDr je EHA; MDr je LHA; a LDb je B; rozdíly jsou způsobeny podmínkami chladnutí. V Bull. No. 6, Cal. Acad. of Sc., 1886, Becker po přezkoumání lokality všechny tyto závěry, pokud jde o horniny z Comstocku, odmítl.

straně rudní akumulace mezi Belcher a Yellow Jacket sleduje skutečný sklon žíly, kdežto naleziště na dole Justice, který se nachází na sz.—jv. větvi žíly, jejíž sklon není zdaleka tak strmý jako sklon hlavní ložné žíly, vykazuje opět s. sklon.

Tato sz.—jv. větev Comstocku má do jisté míry jinou výplň než hlavní ložní žíla a může se považovat za boční žílu, spojující se s Comstockem nebo s „černou žílou“, vystupující v podloží (Beckerův atlas, IX).

V dole Justice tvoří výplň převážně kalcit s malou příměsí křemene, v hlavní ložní žíle je tomu obráceně. Podle Beckera (l. c., str. 219) je kalcitová výplň charakteristická pro celou jv. větev. Podle Churcha (op. cit., 173) se v dole Justice střídají kompaktní polohy kalcitu s křemennými, což je jediná jasná zpráva o minerální sukcesi kdekoli v Comstocku. Domnívám se však, že se mi podařilo na bohatém vzorku z naleziště Consolidated Virginia zjistit páskovou strukturu v minerálním agregátu po jeho vyleštění. Dostal jsem tento vzorek v roce 1876 od Faira, jednoho z „králů nalezišť“, jako určitý druh kompenzace za to, že mi odmítl povolení vstupu do tehdy bohatého dolu.

Porovnání mnoha příčných řezů Comstockem (publikovaných Kingem, Churchem a Beckerem a znázorňujících pochopitelně různá stadia znalosti této žíly) ukazuje, že není možné vytvořit průměrný profil, protože podmínky v různých částech ložiska jsou velmi odlišné a v některých místech, např. v místech větvení žil, nejasné pro nedokonalé obnažení. Profily na obrázcích 59—63, které jsou v příliš malém měřítku, uvádím pouze pro představu o rozšíření základních hornin. Jsou zmenšeny z Beckerovy monografie. Ve třech s. úsecích tvoří podloží granulární diorit, ve dvou j. úsecích (Yellow Jacket a Belcher) a podél jv. větve je to metamorfovaná břidlice. V jižní části ložiska se v podloží objevuje „černá žíla“ (podle Beckera mladší diabas) a sleduje hlavní žílu až za místo, kde se od ní odštěpuje její jv. větev. Nadloží tvoří diabas, s výjimkou s. úseku, kde diorit přechází i do podloží. Ve svrchních částech ložiska je ale starší diabas pokryt jinými vyvřelinami. Diabas je také nadložím jv. větve, ale v podloží této větve se vyskytuje granulární diorit a křemenný porfyr vedle metamorfovaných břidlic.

Pokud jde o umístění eruptivních hornin, musíme vzít v úvahu, že se všechny (kromě dioritu) nacházely v nadložním bloku žíly právě tak jako minerální vody, které tyto horniny posléze rozložily. Avšak vystupující termální vody byly v dolech zastiženy uvnitř samotné žíly, z čehož můžeme učinit závěr, že rudonosné roztoky přišly touto cestou z hlubinné oblasti, a ne ze strany podle teorie laterální sekrece. Jinými slovy, rudy Comstocku nebyly vyluhovány z oněch hornin, ze kterých se rudy těžily mezi 1950—910 m nadmořské výšky, ale ze zdrojů ležících mnohem hlouběji.

G. F. Becker podnikal své výzkumy v době, kdy se ještě přikládala důležitost Sandbergerově teorii a jeho výzkumná metoda se pokládala za správnou.

Záležitost se jeví jinak, když zapochybujeme o tom, že nepatrné kovové příměsi, zjištěné rozbory mokrou nebo suchou cestou, byly primární příměsi horniny, a připustíme, že se do ní mohly případně dostat později. Toto je evidentně případ vzácných kovů v pyritu rudonosné horniny. Je možné mikroskopicky dokázat, že tento pyrit je epigenetická impregnace, což připouští i Becker. Podle mého názoru může z jakékoliv vyvřelé horniny alterací vzniknout horninový typ, který v Uhrách nazýváme zelenokámen, zelenokamenný trachyt apod. a který F. von Richthofen nazval propylit, protože se často vyskytuje jako základní hornina v rudních ložiskách (69). Možnost zjištění vzácných kovů v této hornině záleží zcela na její impregnaci pyritem nebo jinou složkou. Z tohoto hlediska musíme posuzovat hodnoty kovů uváděné Beckerem, které jsou zde pro lepší pochopení převedeny z „centů na tunu“ na „gramy na 1000 kilogramů = 1 tunu“. V pyritu vyplaveném z rozloženého diabasu poblíž čela s. větve tunelu Sutro byl obsah stříbra 0,72 g/t a zlata 0,12 g/t, pyrit z metamorfovaných břidlic v dole Belcher obsahoval až 4,32 g stříbra a 0,30 g zlata. U nerozloženého diabasu se uvádí obsah 0,6 až 0,7 g zlata; u dioritu z úžlabí Bullion pouze stopové množství, zatímco výnos z andezitu byl přibližně tak vysoký jako z diabasu. Augit, separovaný v Thouletově roztoku, měl osmkrát vyšší výnos než odpovídající množství živce.

Uvádí se, že v rozloženém diabasu bylo dokázáno o polovinu méně stříbra než v diabasu čerstvém — okolnost, která byla vysvětlována v souhlase s teorií laterální sekrece. Polovina stříbra z rozloženého diabasu byla údajně převedena do výplně žily.

Jelikož však v horní části úžlabí Bullion vykazuje diorit pouze stopy stříbra, zatímco v ústí úžlabí poblíž žily obsahuje stříbra značné množství, považuje to Becker spíše za náznak toho, že impregnace postupovala ze žily do horniny.

Navíc andezity a křemenné porfyry také obsahují malá množství stříbra, kdežto přeměněný diorit obsahuje 1,92 g/t, což je možná spojeno s výplní žily v dole Justice. Konečně čedič obsahuje téměř tolik stříbra jako starší diabas, ale nelze jej uvádět jako zdroj, protože představuje nejmladší horninu v oblasti a jeho olivíny nevykazují stopy rozkladu (Becker, l. c., str. 223—225). Některá fakta by mluvila ve prospěch představy laterální sekrece jen tehdy, kdyby se mohlo současně prokázat, že obsahy kovů v horninách jsou primární. Naše znalosti však tak daleko nesahají a Comstock, podobně jako hlubinné doly v Příbrami, přestává tudíž být důkazem teorie laterální sekrece.

Comstock se v mnoha ohledech liší od typických rudních žil. Je vlastně křemennou žilou, ve které se v různých místech vytvořily důležité koncentrace rudy, nevykazující (kromě dolu Justice) žádnou zřetelnou minerální posloupnost, ačkoli byla možná svého času přítomna a byla asi zakryta přeměnou žilné výplně, např. nahrazením kalcitu křemenem. Je také hlavně kontaktní žilou mezi podložním dioritem a nadložním diabasem, se strmými odžilkami směřujícími

cími nahoru do diabasu a přetínajícími i ještě mladší vyvřeliny.⁸⁴ Některé tyto zvláštnosti se vyskytují i v jiných ložiskových oblastech.

2. Rudní ložiska v rozpustných horninách

Výplně dutin vytvořených rozpouštěním hornin a metasomatická ložiska

V této skupině jsou zastoupené dva genetické typy: výplně prostorů rozpouštění a metasomatické rudy, o jejichž původu budeme uvažovat především v souvislosti s některými výplněmi v rozpustných horninách, které nebyly ještě dostatečně prostudovány.

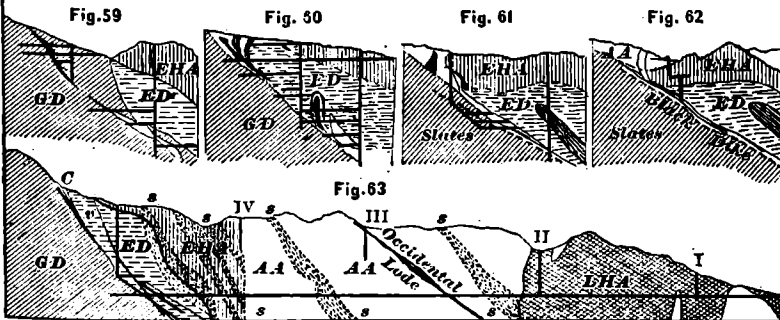
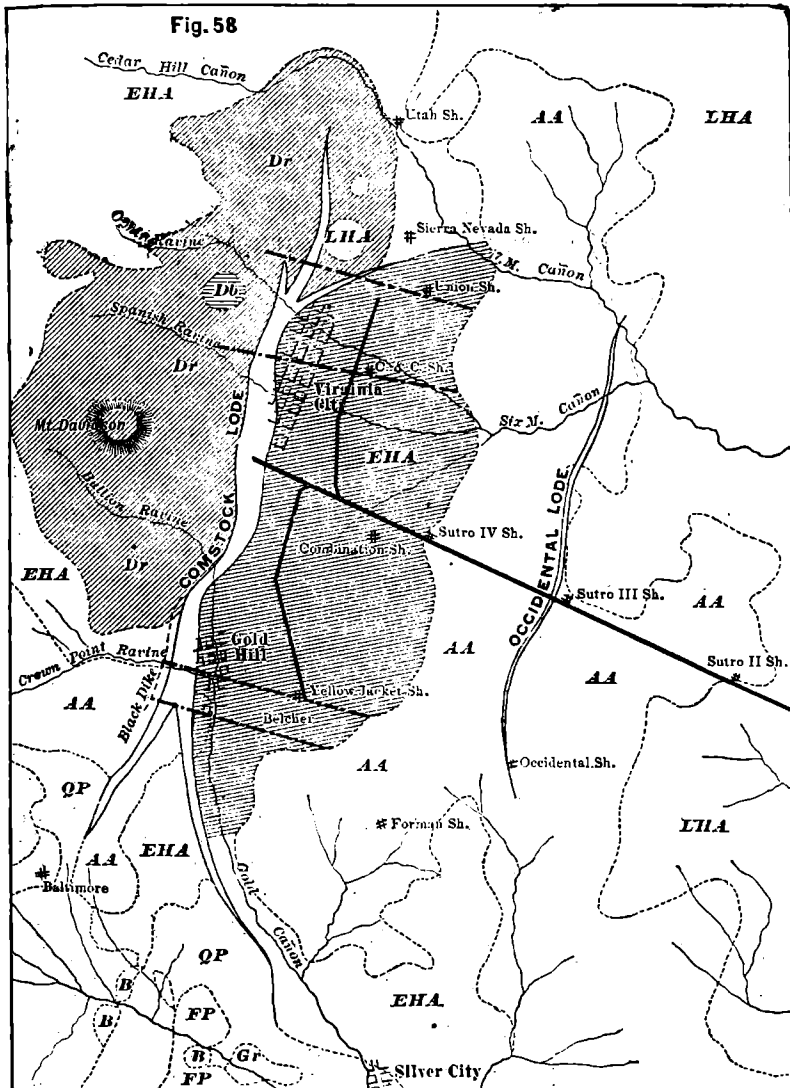
Pojem „rozpustná hornina“ je nutno chápat v původním smyslu rozpustnosti ve vodách běžně zastoupených na zemském povrchu. Kyselé a agresivní vody napadají více či méně téměř všechny horniny, i když je většinou nerozpouštějí tak dokonale, jak to můžeme pozorovat na vápencích. Mezi rozpustné horniny zařazují zvláště sůl kamennou, sádrovec, vápenec a dolomit. Z následujících případů popíši nejjednodušší ty, které jsem osobně prostudoval, a u analogických výskytů uvedu pouze hlavní rysy.

R o d n a . Rudní ložisko v Rodně v severovýchodní Transylvánii je pro mne zajímavé (kromě analogie s ložiskem Leadville v Coloradu) tím, že bylo první, na kterém jsem měl možnost studovat vznik rudního ložiska nahrazením.

Nachází se na spojnici dvou andezitových pohoří stejného směru — Gutii (Vihorlat Gutine) v Rumunsku, rozprostírající se na SZ, a Hărăghita (Hargitta) v Transylvánii, probíhající na JV — na místě, kde tato linie protíná Rodenské Alpy. Převládající horninou je slídnatá břidlice s četnými proplásky vápence, kterou protínají žuly a tělesa andezitu. Rudní ložiska v této oblasti byla nalezena na mnoha místech. Nejdůležitější z nich, ležící v pohoří Benyes jsem podrobně prostudoval v roce 1862, poté, co rudní ložisko už bylo vytěženo. J. Grimm zkoumal tento důl v roce 1834 a považoval ložiska za primárně uložená (syngenetická) na styku mezi vápencem a slídnatou břidlicí; domníval se, že tuto polohu zaujímaly před erupcí andezitu, která je značně roztržila.

Je pravda, že se rudy (pyrit, černý sfalerit a stříbronosný i slabě zlatonosný galenit s křemenem a kalcitem) často vyskytovaly na mírně se uklánějících mezivrstevních plochách, ale v určitých v. a z. liniích stály strmě, podobně jako žíly. V těchto místech se ploše uložené ložisko a s ním i zvrstvení v horninách

⁸⁴ Toto popřeli Hague a Iddings, op. cit., s. 41. — Viz poznámku 83.



Bradley & Denton, Engrs., N.Y.

náhle ohýbaly vzhůru a bylo mi jasné, že tento jev představuje zvláštní formu zlomu, totiž ohyb vrstev sledující tektonickou poruchu ve směru dislokační síly, když byla překročena mez pevnosti. Tu a tam v těchto strmých místech zasahoval vyrubaný prostor až za hranici styku, následkem čehož to vypadalo, jako kdyby strmě ukloněné ložisko bylo primární. Podél strmých ložisek byly místy pozorovány vulkanické brekie. Na nižších patrech dolu se v pokračování tektonické poruchy, vyplněné strmě ukloněnými ložisky, objevují vulkanické horniny a jejich brekie, které na spodních patrech dolu zcela převládají.

Textura rudy byla převážně masivní, bez minerálních sukcesí. V některých místech se však vyvinuly drúzy, které vykazovaly tentýž paragenetický sled jako těleso ložiska, s pseudomorfózami pyritu a galenitu po kalcitu. Mocnost rudního ložiska byla velmi proměnlivá, valná část kontaktní oblasti ani nestála za dobývání, zatímco na některých místech se nalézalo obrovské množství rudy. Tyto okolnosti mě vedly k tomu, abych ložiska nepovažoval za současná s horninou, ale za následně utvořená cirkulací rudních roztoků v mezivrstevních spárách. V jiných směrech jsem se v té době držel představ J. Grimma.⁸⁵

Tedy se těžilo hlavně na s. svahu předělu Benyes a sedimentární horniny byly směrem na J odděleny andezitem. Poukázal jsem na existenci různých starých dolů na j. svahu, za andezitem, a doporučil jsem, aby byly prozkoumány novou štolou v nižší úrovni. To vedlo k objevu několika ložisek, což oživilo místní důlní průmysl. Když se horníci prokopali andezitem, našli na jeho styku s vápencem strmě uložená ložiska a ve vápenci, poblíž jeho styku se slídnatou břidlicí, ploché ložisko, které (jelikož bylo nad hladinou podzemní vody) se přeměnilo na akumulaci uhličitanu olovnatého.

Tyto dosti složité podmínky jsou uvedeny na obrázku 70, pokud je možné znázornit je jediným profilem. Ložisko na styku andezitu s vápencem naznačuje genetické spojení s eruptivní horninou a pravděpodobnost spojení vzniku ložiska s postvulkanickými projevy. I na s. svahu byl tento závěr do jisté míry opod-

⁸⁵ Některé výsledky mých studií z ložiska Rodna jsou ve *Verhandlungen d. k.k. g. R. Anstalt*, 1865, s. 71, 163, 183 a 1870, s. 19.

-
58. Mapa okolí comstocké žíly. B — čedič; LHA — mladší amfibolický andezit; AA — augitický andezit; EHA — starší amfibolický andezit; LDb — mladší diabas (tzv. černá žíla); EDb — starší diabas; QP — křemenný porfyr; MDr — metamorfovaný diorit; PDr — porfyrický diorit; GDr — diorit; M — metamorfované horniny; G — granit. (G. F. Becker). Převzato z originálu, legenda je neúplná (pozn. překladatele)
59. Vertikální řez jámou Union. (G. F. Becker)
60. Vertikální řez jámou Consolidated a California. (G. F. Becker)
61. Vertikální řez jámou Yellow Jacket. (G. F. Becker)
62. Vertikální řez jámou Belcher. (G. F. Becker)
63. Vertikální řez ve směru štoly Sutro. I, II, III a IV — jámy hloubené na patro štoly Sutro; s — pásma solfatarické činnosti; v — žilovina (G. F. Becker)

statně; např. v rudních tělesech, místně nazývaných Thonstrassen, se rudy vyskytovaly uprostřed vulkanické brekcie, která nemohla být považována za úlomky původního ložiska. Constantine von Beust⁸⁶ našel stopy rud s kroužkovou texturou, naznačující vznik v otevřených dutinách.

Když jsem hledal vysvětlení všech těchto skutečností, musel jsem upustit od názoru J. Grimma,⁸⁷ který dosud zastával, uváděje Baia de Arieş (Offenbányi) jako další příklad preexistujícího syngenetického ložiska na styku vápence se slídnatou břidlicí, dislokovaného intruzí andezitu. Ale i v tomto případě jsem měl příležitost se přesvědčit, že tehdy přístupná pracoviště v dolech nevykazovala žádné zbytky syngenetického staršího rudního ložiska, ale pouze zrudnění ovlivněné andezitem.

Grimm měl na mysli ložiska v Rodně a Baia de Arieş (Offenbányi), když v rámci prvního oddělení své systematické klasifikace⁸⁸ vytvořil druhé pododdělení — „výskyty rud v brekciích starších ložisek“.

Baia de Arieş (Offenbánya). Baia de Arieş ve zlatonosné oblasti Transylvánie má vyvinutá různá ložiska podobná ložiskům v Rodně a také žily s telurovými rudami. Zajímavá jsou ložiska masivních rud na kontaktu vápence s andezitem, z nichž jedno je uvedeno na obrázku 71.

Pod vápencem, který je v oblasti velmi rozšířený, byla těžbou odkryta slídnatá břidlice a na jejich styku ploché kyzové ložisko. Tento rudonosný komplex protíná andezit, ale podél jeho kontaktu s vápencem se nacházejí strmě uložené bohaté masivní rudy, zasahující od povrchu až dolů k slídnaté břidlici. Ložisko se skládá z několika minerálních generací, které se zjevně uložily v preexistujícím prostoru.

Ploché ložisko nevykazuje žádné minerální superpozice a je možné, že vzniklo metasomatickým zatlačením vápence na styku mezi nepropustnou a rozpustnou horninou. Je zde zřejmá podobnost s podmínkami na j. svahu v dole Benyes v Rodně, ale není mi známo, zda mírně ukloněné ložisko v Rodně už bylo vysledováno až ke kontaktu se strmě uloženým masivním ložiskem.⁸⁹

Băița (Rézbánya). Jiné podmínky nalézáme na lokalitě Băița (Rézbánya). Zde se v nezřetelném vrstevnatém mezozoickém vápenci vyskytují

⁸⁶ „Bemerkungen über d. Erzvorkommen von Rodna“, Verh. d. k.k. geol. R. A., 1869, s. 367.

⁸⁷ J. Grimm, „Zur Kenntniss der Erzvorkommen von Rodna“, Verh. d. k.k. geol. R. A., 1869, p. 367; a F. Pošepný, „Die Natur der Erzlagerstätten von Rodna“, ibid., 1870, s. 19.

⁸⁸ Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien, Prague, 1869, s. 32.

⁸⁹ V době návštěvy G. von Ratha v r. 1878 (jím popsána v Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch., XXX, 1878, s. 556) toto rudní těleso 28 m mocné bylo ověřeno do výšky 85 m v délce 120 m, aniž by se dosáhlo jeho okrajů.

dlouhé a strmé zrudněné úseky, které svým tvarem připomínají dutiny, vytvořené proudem teplé vody vytékající do sněhu. Tento extrémní případ je teoreticky velmi zajímavý, ačkoliv z ekonomického hlediska nejsou taková rudní tělesa přitažlivá, protože mají pouze jeden větší rozměr — svislý, tzn. v nejméně příznivém směru pro dobývání. Poprvé jsem Băița (Rézbánya) navštívil v roce 1868 a některá pozorování jsem publikoval, což možná přispělo k tomu, že se maďarská vláda začala později touto otázkou zabývat a pověřila mne důkladnějším průzkumem. Zde se zmíním pouze o některých věcech zajímavých z hlediska geneze rud; pokud jde o podrobnosti, odkazuji čtenáře na monografii, kterou jsem na toto téma publikoval.⁹⁰

V oblasti Băița (Rézbánya) se nad jílovitými břidlicemi a permskými a liasovými pískovci vyskytují četná izolovaná tělesa vápenců, jejichž stáří je podle zkamenělin určeno jako lias až neokom. Zřídka jsou zřetelně vrstevnatá a na styku s vulkanickými horninami jsou často rekrystalována. Ruda je většinou omezena na blízkost vyvřelin a někdy na jejich kontakt s vápencí, kde se vytvořila granátová hornina jako známý produkt kontaktní metamorfózy. Možná, že se od doby mých výzkumů zjistilo v této oblasti mnoho nového a vědecky důležitého, ale o výsledcích nejsem bohužel informován. Na základě svých starých poznámek se zde zaměřím pouze na popis jediné oblasti, Valea Seacă (Valle Sacca), vzdálené od dopravní komunikace. Je to jméno údolí, které vede vysokým horským hřbetem v pískovcích permu a liasu a po krátkém průběhu končí v divokém vápencovém kaňonu, ústícím do údolí Galbenei (Galbina). Svahy údolí Valea Seacă (Valle Sacca) se skládají zejména z vápence, který je protínán četnými intruzivními žilami a jedním větším tělesem syenitového charakteru. Obrázek 64 uvádí poněkud zobecněný profil sz. svahu údolí a oblasti na linii tzv. čtvrté štoly. Ústí štoly je zaříznuto do tělesa syenitu, které se objevuje i na protilehlém svahu. Vápence sousedící s tímto tělesem jsou metamorfovaně rekrystalovány, kdežto vápenec dále k JZ je z větší části dosud bez proměny. Na z. straně sousedí vápenec s pískovcem podél sj. linie, která nepochybně představuje velký zlom. Zhruba rovnoběžně s ním probíhají žíly zelenokamene, které se, ač jsou zdánlivě rovnoběžné, protínají ve velmi ostrých úhlech a tím vytvářejí silně protaženou síť. Žíly nejsou stejné. Většinu z nich lze považovat za afanitické, původně snad dioritové, jedna je však tvořena křemenným porfyrem a dihexaedry křemene velikosti hrachu.

Hlavní ložisko tvoří tzv. peň „Reichenstein“, který byl v údobí před mou návštěvou dobýván do hloubky asi 400 m od výchozu, 340 m nad nejnižší štolou a až do úrovně 60 m pod ní. Obrázek 65 znázorňuje tvar rudního tělesa v podélném řezu. Horizontální průřez tělesa byl nejčastěji kruhový nebo eliptický. Na některých místech silně převládá jeden rozměr, takže ložisko nabylo vzhledu výplně trhliny. U výchozu byl podle starých map pouze jeden rudní

⁹⁰ Geologisch-montanistische Studie der Erzlagerstätten von Rézbánya, Budapest, 1874.

peň. V hlubších partiích se rozděloval na paralelní samostatná ramena, z nichž některá možná pokračovala na velké vzdálenosti. Celková plocha průřezu pně byla v průměru 20–30 m². Na některých úrovních se nacházely pouze stopy zrudnění, zatímco na druhých byl průměr mnohem větší.

Původní rudy byly určitě sulfidické, ale místy došlo k jejich oxidaci. Převládaly bohaté stříbrné rudy, zejména argentit, jehož drúzy, vážící několik kilogramů, nebyly zřejmě raritou. Kromě tohoto minerálu se vyskytoval hessit (telurid stříbra), tetraedrit, chalkozin, galenit, bismutin a různé sulfidy železa. Když k tomu všemu přidáme ještě oxidované rudy, pak toto ložisko představovalo celou sbírku minerálů. Zaznamenaný maximální obsah stříbra byl 12 až 20 kg/t (1,2–2 ‰), při obsahu 3 g zlata na každý kilogram stříbra. Procento olova bylo přibližně dvacetkrát a mědi asi desetkrát vyšší než procento stříbra. Při tomto poměru by tuna vydala 24–40 ‰ olova, 12–20 ‰ mědi, 12 až 20 kg stříbra a 36–60 g zlata. Ložisko bylo tudíž bonanzou v americkém smyslu, jeho výnos byl vlastně 100–150 dolarů z jedné tuny.

Ačkoliv jsem neměl možnost vidět ložisko v době těžby, mohl jsem podle vzorků rudy a na základě analogie s podobnými ložisky v oblasti s určitostí učinit závěr, že vzniklo ukládáním několika minerálních společenstev.

Můj názor na původ mineralizovaného prostoru zpočátku ovlivnily četné jeskyně této oblasti. Doly vždy zasahovaly do jeskynních prostor, do kterých se bez nesnází vypouštěla důlní voda. Jak jsem ale vysvětlil v I. části práce, tyto jeskyně vznikly účinkem sestupujících vadózních vod. Předpokládat pozděj-

-
64. Vertikální vz. řez ložisky Valea Seacă (Valle Sacca) poblíž lokality Băița (Rézbánya), Rumunsko. *a* — pískovec; *b* — jurský vápenec; *c* — liasový vápenec; *dd* — krystalický vápenec; *e* — syenit; *f* — 3. štola; *g* — 4. štola; *h* — nová štola Anton; *i* — rudní těleso Juliana; *k* — rudní těleso Marianna; *l* — rudní těleso Anton; *mm* — rovnoběžná horninová žíla; *nn* — rudní těleso Reichenstein; *oo* — horninové žíly
 65. Vertikální podélný řez rudního ložiska Reichenstein, Valea Seacă (Valle Sacca), Rumunsko. *nn* — rudní těleso; *b* — vápenec; *d* — 1. štola; *e* — 2. štola; *f* — 3. štola
 66. Diagram znázorňující jz. upadání rudního tělesa Reichenstein, kde se horninové žíly uklánějí k Z. *xy* — průběh horninových žil; *xw* — úklon horninových žil; *xz* — upadání rudního tělesa
 67. Vertikální sj. řez ložiskem státního dolu v Raiblu, Korutany. *a* — břidlice Raiblu; *b* — rudonosný vápenec. Štoly: *c* — Johann; *d* — Frauen; *e* — Sebastian; *f* — Franz II., IV., VI. a VII.; polohy pater jsou číslovány směrem vzhůru od štoly Johann
 68. Vertikální sj. řez ložiskem Raibl v místě dolu Struggl. *a* — břidlice; *b* — rudonosný vápenec; *f* — štola Franz; *g* — patro Einsiedl
 69. Plakové deformace podél plochy dislokace zvané „Blatt“. *a* — břidlice; *b* — vápenec
 70. Vertikální sj. řez ložiskem Benyes, Rodna, Transylvánie. *a* — slídnatá břidlice; *b* — andezit; *c* — vápenec. Štoly: *d* — Amalia; *e* — Zap Peter; *f* — Anton; *g* — Nepomuk; *h* — Teresia
 71. Řez „novým olověným rudním tělesem“ v hoře Ambree, Baia de Arieș (Offenbánya), Transylvánie. *a* — slídnatá břidlice; *b* — andezit; *c* — vápenec. Patra: *d* — Segen Gottes; *e* — Glück auf; *f* — rudní těleso

ší vyplnění takto vzniklých dutin rudami by znamenalo předpokládat, že se vytvořily právě opačným způsobem, tj. descendentně, což je velmi nepravděpodobné.

Teprve později, po seznámení s pozorováními J. Nöggeratha (citovaného v části I), týkajícími se pramenů v Burtscheidu, jsem poznal, že si vystupující minerální prameny mohou samy prorazit cestu k povrchu tím, že vytvářejí kanály, které se posléze vyplní rudou. Tím lze vysvětlit i nejsložitější charakteristický rys rudních těles ve Valea Seacă (Valle Sacca), totiž jejich téměř válecový průřez.

Původní kanál reichensteinského tělesa probíhá vertikálně do hloubky 400 m ve vápenci mezi žilami zelenokamene neboli — jinými slovy — polohou vápence mezi dvěma pásmy nepropustné horniny. Žíly tudíž určují jeho směr. Postupuje dolů v úhlu jejich nejstrmějšího sklonu, ale uklání se k J.

Profily z různých dobývek ukazují, že rudní těleso zřejmě končilo na jedné straně žily a pokračovalo na druhé straně. V tomto případě je v místě pronikání rudy žilou nutno předpokládat křížení žil a v něm zvýšení propustnosti. Reichensteinský kanál prochází v hloubce pásmem žil jz. směrem, tj. pravděpodobně směrem k velké zlomové linii a ne směrem současné drenáže. Ani dřívější hlubinné odvodnění tohoto kanálu nemohlo vést na SV podél kontaktu vápence s podložním liasovým pískovcem, který se objevuje na spodní úrovni v místě styku Valea Seacă (Valle Sacca) a údolí Galbenei (Galbina); toku vody by bránily zelenokamenné žíly, které se prostírají od vápence až k pískovci. Stratigrafické podmínky tak vylučují možnost vzniku tohoto kanálu cirkulací vadózní vody a zdá se, že pravděpodobnější bude názor, že za svůj vznik vděčí vystupujícím vodám, které ovlivnily i jeho výplň.

R a i b l. Raibl v Korutanech je nejlepším příkladem skupiny ložisek, kterou ještě v nedávné době považoval za sedimentární i V. M. Lipold,⁹¹ tehdy nejlepší odborník na doly v Alpách. Občas se o této koncepci pochybovalo, jako např. na základě pozorování A. Morlota,⁹² ale jelikož se tato pozorování nehodila do převládajícího systému, zůstala bez povšimnutí. Měl jsem to štěstí, že jsem mohl dospět k pravdě. Prof. von Groddeck laskavě charakterizoval můj výzkum jako „otevření nové cesty“ a moji teorii vyplňování prostorů vzniklých rozpouštěním převzal jako třídu do svého systému (op. cit., str. 10, 236 atd.).

Taková ložiska se v Korutanech vyskytují ve vz. vápencovém alpském hřbetu, na jehož z. konci leží Raibl. Také dále na S se blízko Villachu nachází podobné rudní pásmo Bleiberg, a to převážně ve vápencích, dříve proto označovaných jako rudonosný vápenc. V poslední době bylo jejich stáří určeno jako triasové.

⁹¹ Jahrb. d. k.k. g. R. Anst., 1862, Verh., s. 292.

⁹² Ibid., 1850, I, s. 266.

Rudy se většinou vyskytovaly v blízkosti břidličných vložek, které — jak se zdálo — zaujímaly vždy tentýž „horizont Raiblu“, což vedlo k závěru, že také rudní ložiska (pochopitelně považovaná za syngenetická) zaujímají jeden horizont. Brzy se ale ukázalo, že břidlice v Bleibergu patří k poněkud odlišnému triasovému horizontu, a já jsem se odvážil tvrdit, že nepropustnost břidlic, ve srovnání s rozpustností vápence, ovlivňuje ukládání rudy, která je v horninách jako sekundární formace epigenetická.

V určité hloubce pod břidlicemi, v jejich konkordantním vápencovém podloží, se v Raiblu nachází útvar vyhlížející na první pohled jako rudní vrstva. Těleso se skládá hlavně z hrubě krystalického galenitu s pyritem a wurzitem, uloženým ve velmi tenkých vrstvách, tvořících rudní strukturu (Schalenblende). Podrobnější studium nesmírně jemného vrstevního zrudnění však ukazuje, že nejde o stratifikaci, neboť vrstvičky se pod různými úhly kříží. Ve skutečnosti jde o nepravidelnou výplň — krustifikaci — různých prostorů ve vápenci.

Další osvětlení situace poskytují pukliny, které se zde vyskytují. Jak tomu ve vápenci bývá, nejsou to otevřené trhliny, ale obvykle pouhé praskliny nebo zlomy. Tektonická zrcadla, rýhování a další podobné jevy je okamžitě identifikují jako výsledky tření, způsobeného násilným vzájemným posunem ker, při němž byly vyhlazeny nerovnosti. Kontaktní plocha mezi vápenci a břidlicemi umožňuje určit rozsah pohybu podél těchto nevýznamně vypadajících zlomů a zdá se, že tvoří součást dislokace s posunem na vzdálenost až 40—60 m (70). Jelikož břidlice jsou poddajnější, v bezprostřední blízkosti zlomu se ostře ohnuly. Protože tento rys považuji za teoreticky důležitý, znázornil jsem jej na obrázku 69.

V samotných diskontinuitních poruchách (místě nazývaných Blätter neboli „listy“) nemusí být pochopitelně žádné rudní akumulace, ale mineralizace probíhá mimo trhlínu, když prochází rozpustnou horninou jako jsou vápence. Tam, kde vápence byly vylouženy, nacházíme rudní akumulace se zřetelnými superpozicemi minerálních asociací, jak ukazuje obrázek 72, znázorňující čelbu na tzv. Johanniblattu.

Nelze pochybovat o tom, že ruda byla přinesena tektonickými poruchami. Když takové poruchy najdeme na velkých a bohatých ložiskách, jako např. na severním svahu Königsbergu v Raiblu, přiznáváme jim v procesu vzniku ložiska podobný význam bez rozpaků (71).

Na důležitější poruchy již upozornili J. Waldauf von Waldenstein⁹³ a dr. W. Fuchs.⁹⁴ Jsou to zlomy Morgen, Abend, Johann a Josef. První tři se stýkají pod úhlem asi 30° a tvoří hranice rudních těles, širokých 40—80 m, o celkové pravé mocnosti 10—50 m (včetně částí příliš chudých na dobývání). Mnozí ředitelé dolů věřili, že je zde souvislá vrstva rudy, dislokovaná v separátní těle-

⁹³ Die besonderen Lagerstätten d. nutz. Mineralien, Wien, 1824, Plate III, Fig. 4.

⁹⁴ Beiträge zur Lehre von den Erzlagerstätten, Wien, 1846, Plate I, s. 23.

sa, a proto marně razili četná průzkumná patra k těžbě domnělé vrstvy. Nenašli nic kromě několika víceméně samostatných rudních úložků na jedné nebo obou stranách poruch, podobných těm, které byly zjištěny v posledních letech v Leadville.

Předchozí výklad usnadní pochopení obrázků 67 a 68; první znázorňuje řez (ne přesně v jedné rovině) rudními tělesy ve státním dole a druhý podobnou situaci v soukromém dole Struggl. Na prvním obrázku jsou jednotlivá rudní tělesa sledovatelná do vzdálenosti 500 m nad dno údolí. V roce 1870 byla souvislá rudní tělesa zjištěna od 425 m nad úrovní údolí až do 150 m pod jeho úrovní, tj. v celkové vertikální výšce 575 m.

Vidíme, že několik úpadnic sestupuje víceméně rovnoběžně s vrstevnatostí a kontaktem mezi vápencem a břidlicí, i když stupňovitě nebo s posunem do strany. Nejvýše položená akumulace rudy Abendblatt je přibližně 300 m v podloží kontaktu vápenců s břidlicí. Ve větších hloubkách se vzdálenost rudních akumulací od kontaktu zmenšuje na 130, 150, 85 a konečně pouze na 10 m.

Zdá se tedy, že zrudnění se s hloubkou přibližuje ke kontaktu a pravděpodobně bude v hloubce pokračovat těsně pod ním. Nejde zde tudíž o případ vyšší rozpustnosti určité vrstvy ve vápenci. Kdyby tomu tak bylo, rudní těleso by si vzdor sbíhavosti poruchy k J udrželo téměř stálou vzdálenost od kontaktu, což nečiní ani v jednom z profilů; v dole Struggl se projevuje pravý opak — odžilky se totiž v hloubce od kontaktu vzdalují. Musím se přiznat, že s poznatký, které poskytla důlní díla vybudovaná do roku 1870, nejsem schopen vysvětlit tyto nepravidelnosti rudních těles v Raiblu. Jsem si však jist, že se vysvětlení najde na základě dalšího, podrobného studia. Zatím nalézám pouze uspokojení, že jsem vzbudil zájem o cestu, kterou považuji za správnou, a že jsem mohl vyjádřit politování nad tím, že za dvacet let od vydání mé monografie o ložiskách v Raiblu nebyl učiněn žádný další pokrok v interpretaci četných analogických rudních ložisek.

Severní Anglie. Nemohu zde vynechat zmínku o oblasti severní Anglie, v tomto ohledu klasické. Olověné rudy se dobývají v karbonském vápenci v Northumberlandu, Durhamu, Cumberlandu a Westmorelandu, kde se vápencem střídá s pískovcem, břidlicí a místními vložkami vulkanitů nebo jejich tufů. Tato formace je protínána a dislokována rozmanitými tektonickými poruchami a žilami, přičemž jsou rudní žíly obecně bohatší v místech, kde procházejí vápencem. Tenčí a rozsáhlejší dislokované vápencové vrstvy jsou úplně přefaty a dislokacemi posunuty. Tam, kde jsou vápence mocnější nebo méně dislokované, se vápencem objevuje po obou stranách zlomu. Přesnější obraz těchto podmínek by mohl poskytnout údaje týkající se rudní geneze.

Oněch několik popisů dolů nespécifikuje, zda se ruda takových bohatých těles ve vápenci vyskytuje v samotných trhlinách nebo mimo ně, v prostorech vzniklých rozpouštěním vápenců. Druhý případ je jasný u tzv. „plochých čo-

ček“ (flats). V určitých horizontech, kde poruchy protínají rozpustnou vápencovou vrstvu, se rudní výplň vzdaluje od poruch a často vytváří velmi bohatá rudní tělesa značně nepravidelného tvaru, ale plochá, protože sledují rozpustnou vrstvu. Rudní shluky pokračují do velmi proměnlivé vzdálenosti od plochy zlomu a jsou obvykle doprovázeny četnými dutinami, jejichž stěny jsou pokryty krustami kalcitu, sfaleritu a galenitu. Vyskytují se i prázdné dutiny.⁹⁵ Tento popis připomíná charakter a polohu ložisek typu Raiblu, jejichž rudní drúzy jsou reprezentovány inkrustovanými dutinami ve vápencích. Prázdné dutiny se nepochybně utvořily následným procesem rozpuštění.

Popsané jevy se v severní Anglii vyskytují ve velkém rozsahu. Existují zmínky o rudních úložcích, které byly sledovány do vzdálenosti několika kilometrů; s nimi spojené podzemní kanály, vzniklé rozpouštěním vápenců, jsou jistě také značně rozsáhlé. Tím je dokumentována existence laterálně rozsáhlých rudních kanálů, a tudíž podzemní cirkulace minerálních vod, dříve netušená, což vrhá zcela nové světlo na tzv. „rudní lože“ (72).

Tato pozorování potvrzuje i vývoj jinde — na západě Severní Ameriky je velké množství rudních ložisek vázáno na výskyt vápenců. Není možné předkládat zde veškerý materiál. Musím se omezit na určité lokality, které byly důkladně prozkoumány a publikovány.

Leadville. Lokalitu Leadville v horské oblasti Colorada osobně neznám; její důležitost byla poznána teprve po mé návštěvě Spojených států, ale o mém živém zájmu o ni svědčí článek, který jsem pracně sestavil v roce 1879 z neúplných údajů, které byly k dispozici.⁹⁶ Později, když S. F. Emmons dokončil své výzkumy tohoto ložiska (ale ještě před vydáním jeho epochálního díla),⁹⁷ jsem měl možnost vyměnit si s ním názory na podmínky geneze leadvillských rud a přiznat si, že s ním nemohu sdílet hledisko týkající se sestupného průběhu (descendence) mineralizujících roztoků — hledisko, které odporovalo tehdy převládající domněnce. Od té doby se dobývky velmi rozšířily a na základě důkladných studií v podzemí poukázalo několik důlních inženýrů⁹⁸ na to, že Emmonsova koncepce je neudržitelná. Proto se zdá, že leadvillská ložiska, pokud jde o původ rud, netvoří žádnou výjimku v historii ostatních podobných ložisek. Domnívám se, že sám Emmons jistě uznal sílu těchto argumentů, což nijak nezmenšuje jeho zásluhu o přesné prozkoumání této oblasti.

⁹⁵ Viz J. A. Phillips, *Ore-Deposits*, s. 180; D. C. Davies, *Metalliferous Minerals and Mining*, London, 1880, s. 216; a práce W. Wallace, T. Sopwith, Westgarth Foster, C. E. De Rance, R. Hunt, etc.

⁹⁶ „Leadville, die neue Bleistadt in Colorado“. — *Oesterr. Zeitschr.*, 1879.

⁹⁷ „Geology and Mining Industry of Leadville“. — *U. S. Geol. Survey, Monogr.*, XII, Washington, 1886.

⁹⁸ F. T. Freeland, „The Sulphide-Deposits of South Iron Hill“. *Trans. A.I.M.E.*, 1885, XIV, 181; C. M. Rolker, „The Leadville Ore-Deposits“. — *Ibid.*, s. 273; A. A. Blow, „The Geology and Ore-Deposits of Iron Hill“. — *Ibid.*, 1889, XVIII, 145.

Na z. svahu pohoří Mosquito se objevuje řada zvrásněných paleozoických souvrství značné mocnosti s intruzivními masami eruptivních hornin, které jsou protínány četnými zlomy. Formace je rozšířena na velké ploše, ale jen její poměrně malá část, totiž okolí Leadville, je rudonosná. Tato okolnost naznačuje závislost na místních podmínkách, ovlivňujících koncentraci rud. Jak je známo, horninová formace má směrem dolů tento sled: bílý porfyr, modrý vápenec, šedý porfyr, bílý vápenec a podložní křemenec (v zájmu stručnosti je dále označuji počátečními písmeny *BP*, *MV*, *ŠP*, *BV* a *PK*). Rudní ložiska se vyskytují hlavně na kontaktu mezi prvními dvěma členy horninové formace, pod *BP* a nad *MV*. Ve svrchních polohách jsou rudy oxidované nepochybně vlivem působení sestupné podzemní vody; ve spodních polohách se vyskytují ve své původní formě jako sulfidy. Emmons připouští, že původně se rudy vysrážely jako sulfidy, jen se mu zdá, že jejich poloha vylučuje hypotézu ascenze roztoků (op. cit., str. 573):

„Hlavním vodním kanálem v době ukládání rud byl evidentně svrchní kontakt modrého vápence s nadložním porfyrem a z tohoto povrchu pronikaly rudní roztoky dolů do vápence. Lze tudíž předpokládat, že roztoky spíše sestupovaly vlivem zemské přitažlivosti, než že vystupovaly vlivem tepla.“

Emmons však neuvádí, jak si představuje ukládání sulfidů při sestupování minerálních roztoků vlivem zemské přitažlivosti, když roztoky musely projít oxidickými podmínkami při zemském povrchu. Za předpokladu, že by došlo ke vzniku redukčních podmínek vlivem organických látek, vzniká otázka, kam by takové sestupující roztoky pronikly. Zde bychom se dostali do rozporu s naší koncepcí o podzemních cirkulacích vod (73).

Jak však ukázal A. A. Blow, vyluhováním *BP* se v žádném případě nemohla uvolnit ruda, neboť tato hornina není vůbec rozložená, jak by v tomto případě musela být. Na druhé straně nacházíme v intrudujících tělesech a v žilách spodnějšího *ŠP* různé náznaky toho, že se tyto horniny mohly více podílet na ukládání rudy. Podél těchto žil leží rudní úložky — jinými slovy kanály, ve kterých se původně ukládala ruda.

Zpočátku se mlčky předpokládalo, že ruda zaujímá celou plochu kontaktu mezi *BP* a *MV*, ačkoliv bylo známo, že nejbohatší tělesa se koncentrují jen v některých úsecích plochy. Později se uznala důležitost těchto bohatých rudních úseků a nyní můžeme považovat výskyt v Leadville za zástupce nikoliv jednoho kontaktního ložiska nebo rudního lože, ale komplexní skupiny rudních těles, tak jak jsme je pozorovali u jiných rudních ložisek ve vápencích. V Leadville leží tato rudní tělesa na kontaktu mezi rozpustnou (vápencovou) a eruptivní horninou, zatímco v Raiblu se vyskytují na kontaktu dvou sedimentárních hornin, jedné rozpustné a druhé nerozpustné. Fyzikální proces, kterým tyto rudní úložky vznikly, byl v obou případech nepochybně stejný. Minerální roztoky stoupající pod tlakem a hledající cestu k povrchu sledovaly, jak by bylo možno říci, cestu nejmenšího odporu, nebo — jak bych to formuloval raději — v roz-

pusté hornině se vytvořilo pásmo maximální cirkulace s následným rozpuštěním horniny a vytvořením kanálu, který mohly rudní roztoky využít.

Podobné rozpuštění však nenastalo pouze na kontaktu *BP* a *MV*, ale i na jiných kontaktech. L. D. Ricketts (Rolker, l. c., str. 284), uvádí profil dolu v Carbonate Hill, znázorňující druhý, hlubší rudní horizont mezi *ŠP* a podložním vápencem. Podle Rolkera byl *MV* ve Fryer Hill poměrně málo mocný a až na malé zbytky dolomitického písku byl nahrazen rudou a doprovodnými minerály. Minerály se obvykle nacházejí nad rudou, tj. podél svrchního kontaktu, kdežto podle Emmonsovy teorie by měly být rudou vytlačeny.

Profily, které uvádí F. T. Freeland (l. c., obr. 1 a 6), ukazují dva rudní horizonty, z nichž mocnější leží pod *BP* a druhý pod *ŠP*. Profily z Iron Hill, sestavené Blowem, odhalují podobně jevy (viz obr. 73, průřez štolou McKean). Rudní tělesa mají pochopitelně nepravidelný tvar, ale je možné rozeznat jejich hlavní obecné směry — v. směr ve Fryer Hill, ale sv. v Carbonate a Iron Hill. Zřejmě představují původní kanály, kterými cirkulovaly minerální roztoky.

V dosažitelných údajích týkajících se struktury ložisek se nic neříká o zřetelné superpozici minerálů. Musíme mít pochopitelně na paměti, že až dosud se těžební operace omezovaly hlavně na svrchní a rozloženou oblast, kdežto minerální sukcese, kdyby byla plně rozvinuta, by se ukázala teprve v nerozložené zóně ložiska. Když však čteme o velkých horninových blocích („horses“) (74) zastižených uprostřed rudy, musíme se domnívat, že ložisko vzniklo spíše vyplňováním prostorů po rozpouštění vápenců než metasomatickou náhradou vápence (75). Mělo by proto projevovat charakteristický znak takové výplně, totiž krustifikaci. Zdá se mi, že této otázce se nevěnovalo tolik pozornosti, kolik si zaslouží, a doufám, že pozorování v nerozložených zónách rudy poskytnou přesnější údaje o její struktuře. Lze těžko uvěřit, že metasomatické procesy by mohly vytvořit takové rudní akumulace, jako jsou popisované v Leadville.

Dlouho před tím, než bylo poukázáno na spojitost ukládání rudy s žilami *ŠP*, jsem pod vlivem Emmonsových hledisek uvažoval, zda se nemohla ruda nějakým způsobem dostat do kontaktní zóny mezi *BR* a *MV* z doprovodných zlomových trhlin. Emmons mě však upozornil na to, že zlomy obsahují pouze rudu, která tam byla zatažena z preexistujících rudních těles, jejichž tvorba byla dokončena již před vznikem tektonických poruch.

Podobné podmínky jako v Leadville se v z. části Severní Ameriky projevují u většiny rudních ložisek ve vápencích. Až na několik výjimek však máme jen jejich povšechné popisy a někdy dokonce jen komerční „kachny“.

Red Mountain. Pozoruhodný výskyt se popisuje v oblasti Red Mountain, distrikt Ouray, Colorado.⁹⁹ Uprostřed ložisek oblasti San Juan, která

⁹⁹ G. E. Kedzie, „The Bedded Ore-Deposits of Red Mountain District“, Trans. A.I.M.E., 1886, XVI, 570.

jsou spjata s eruptivními horninami, se objevuje soubor mezozoických vrstev. Na kontaktu křemence s podložním vápencem je ložisko sulfidů železa, olova, mědi, stříbra a produktů jejich rozkladu, bohaté na stříbro a slabě zlatonosné (stříbra 2110—3980 g/t a zlata 3—6 g/t). Místy rudy v hloubce zasahují do vápence a v profilu na obrázku 74 ruda sleduje zlomovou linii přes celou mocnost vápence až do druhé křemencové vrstvy, ležící v podloží vápence. Ložiskonosná horninová formace je pokryta andezitem, ve kterém se vyskytují rudonosné žíly, vytvořené vyplněním trhlin.

V sousedství, v Mineral Farm, je mezi vápencem a křemencem známo další kontaktní ložisko, skládající se z barytu se stříbronosným galenitem a tetradritem. Obě ložiska jsou jen stručně popsána a zdá se, že nebyla rozsáhle dobývána. Jejich úložné poměry a převaha olovnatých a stříbrných rud připomínají Leadville.

V přilehlých územích Nového Mexika a Arizony se ve vápenci a na jeho kontaktu s eruptivními horninami vyskytují různá ložiska mědi, jako např. (podle rámcového popisu A. F. Wendta)¹⁰⁰ v rudních rajónech Clifton a Bisbee. Profily doprovázející práci Wendta mi připomínají ložiska v Băița (Rézbanyi), Mědnorudjansku a v Bogoslovsku na Urale, která jsem popsal ve své monografii. Obrázek 75 představuje zajímavý profil z okresu Clifton v Arizoně, který ukazuje dvě strmá rudní tělesa, rovnoběžná s žílou felzitu, a jedno ploché, rovnoběžné s vrstevnatostí.

U t a h. Práce O. J. Hollistera¹⁰¹ uvádí všeobecný přehled ložisek v tomto území a zmiňuje se o mnohých, která se vyskytují ve vápenci. Některá jsem měl příležitost vidět osobně ve středním Utahu v údobí, kdy se těžba ještě omezovala hlavně na rozložené svrchní partie. Odvolávám se na doly Prince of Wales, Reed a Benson v Big Cottonwood, Emma a Flagstaff v Little Cottonwood, Old Telegraph ve West Mountain a Hidden Treasure v distriktu Dry Canyon.

Zde jsou paleozoické vrstvy přetínány hojnými eruptivními žilami a dvěma křížujícími se systémy zlomů. Rudní ložiska o různé mocnosti, která se vyskytují ve vápenci, mají zpravidla tvar ložních rudních těles nebo stojí strmě podél žil a zlomů. To bylo zpočátku příčinou (když nebyl znám tvar ložisek a převládala koncepce typické „hlavní žíly“) řady zklamání a omylů při těžbě, čehož zajímavým příkladem je historie dolu Emma. Zřejmě teprve poté se věnovala větší pozornost nepravidelnosti a složitosti těchto ložisek.

Někdy velice bohaté rudy se skládají hlavně ze sulfidů olova a stříbra a z produktů jejich rozkladu. V jiných případech (např. Hidden Treasure) se vyskytuje kuprit s ryzí mědí a v distriktu Camp Floyd se nalézá také rumělká.

¹⁰⁰ „The Copper-Ores of the Southwest“, Trans. A.I.M.E., 1886, XV, 25.

¹⁰¹ „Gold- and Silver-Mining in Utah“, Trans., A.I.M.E., 1887, XVI, s. 3.

N e v a d a . V Nevadě, která na Z sousedí s Utahem, jsou stejně hojně zastoupena ložiska těchto typů. Zmíním se jen o dvou nejpodrobněji prostudovaných oblastech — White Pine a Eureka.

Ve své práci Arnold Hague (1870)¹⁰² poukazuje na zvláštní charakter ložisek White Pine, což mě vedlo k tomu, abych hledal jejich analogie v Evropě.¹⁰³ Zjistil jsem, že kromě typu rud, které se ve White Pine nacházejí v oxidací zóně, existuje analogie se všemi evropskými rudními ložisky ve vápencích, zvláště s ložiskem v Raiblu.

Devonské vápence a vápnité břidlice jsou ve White Pine překryty karbonickými jílovitými břidlicemi, pískovci a vápenci a rudy se vyskytují pouze v devonském vápenci a na jeho kontaktu s vápnitými břidlicemi, v antiklinále probíhající od S k J. Rudy a doprovodné minerály (křemen, kalcit, sádrovec, fluorit, baryt, rodonit, rodochrozit, chloridy, bromidy, oxidy a uhličitany různých kovů, zejména stříbra, olova a mědi) vyplňují dutiny ve vápenci a inkrustují úlomky, které je vyplňují.

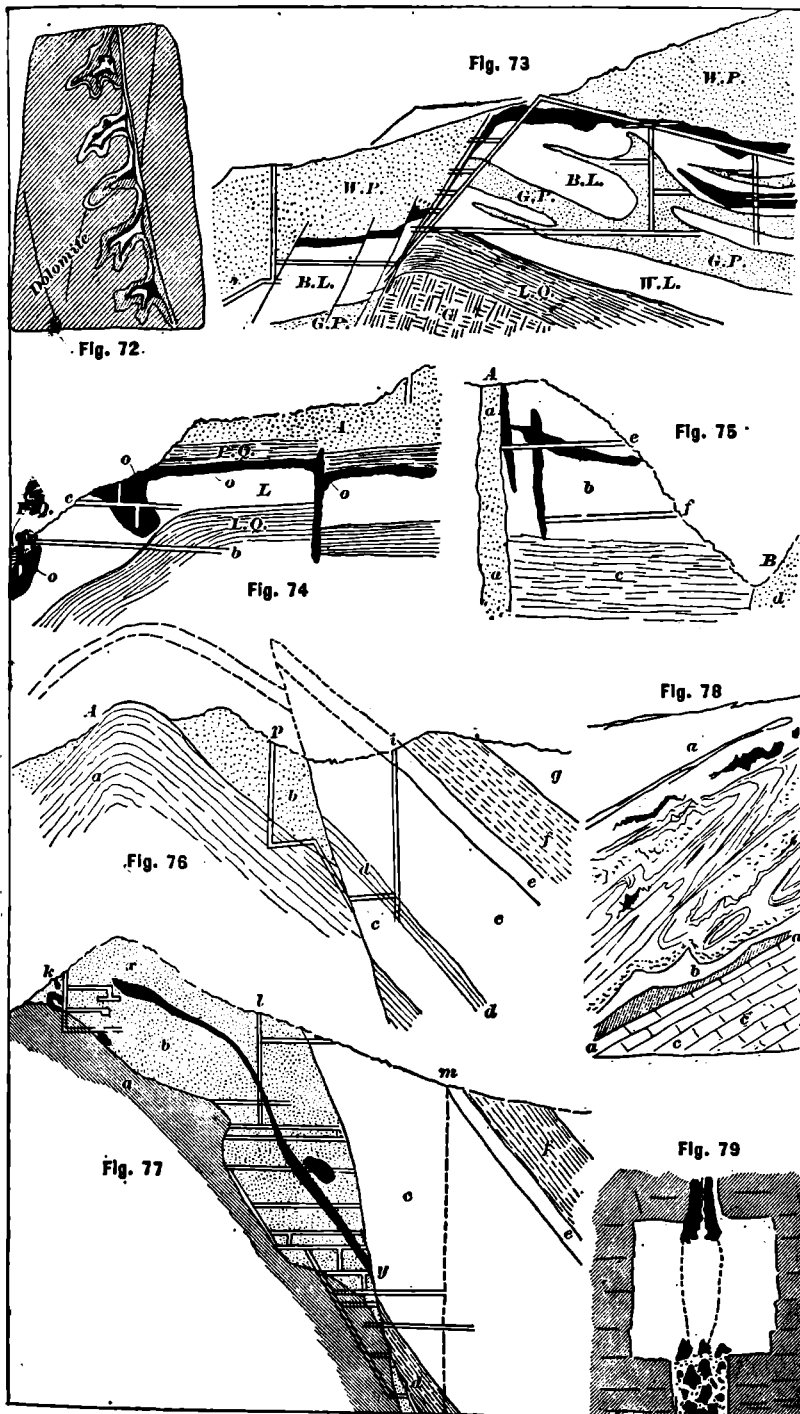
Různé doly představují rozdílná stadia jednoho a téhož procesu. V Eberhardtovi dvě trhliny, křížující antiklinálu, ohraničují rudní těleso (podobně jako Morgenblatt a Abendblatt v Raiblu). Skládá se z vápencové brekcie (Kalktyphon), jejíž stejnorodé zlomky jsou stmeleny rudonosným křemenem. V dole Hidden Treasure byla ruda obsažena v geodách na kontaktu vápence a břidlice, zatímco v Auroře v tělesech protáhlých sj. směrem. V dolech Bromide, Chloride a Pogonip Flats se ruda nacházela v geodách a v tělesech uzavřených ve vápencové brekci, v pásmu rovnoběžném se zvrstvením. Arnold Hague zastává názor, že ložisko dolu Eberhardt pravděpodobně představuje místo zdroje rudních roztoků, impregnujících vápenec ve všech místech výskytů dutin až k úrovni nadložních vápenných břidlic, které byly pro roztok nepropustné. Když eroze odstranila břidlicovou příkrývku, rudy se objevily na povrchu. Překvapivě velká produkce dolů pocházela z povrchových dobývek a z mělkých dolů.

Další důležitá analogie tohoto případu v Nevadě se nachází v oblasti Eureka a stala se všeobecně známou a prakticky významnou díky soudní pří mezi společnostmi Eureka a Richmond,¹⁰⁴ která se týkala definice ložiska podle horního zákona Spojených států. Obdobné potíže se vyskytly i v dobách platnosti starých evropských horních zákonů. V některých oblastech Evropy byla taková ložiska známa, ale nebyla tak rozšířena jako obvyklé rudní žíly, pro jejichž podmínky byly staré zákony utvořeny. Proto byly konflikty nevyhnutelné. Zmíním se pouze o Bleibergu v Korutanech (který do jisté míry představuje analogii s Eureka), kde kromě všeobecného horního zákona bylo ne-

¹⁰² „Geology of the White Pine District“, U. S. Geol. Surv. of the 40th Parallel, vol. III; Mining Industry, s. 409.

¹⁰³ F. Pošepný, „Das Erzvorkommen vom White Pine District, u. dessen europäische Analogien“, Verh. d. k.k. g. R. A., 1872, s. 186.

¹⁰⁴ R. W. Raymond, „The Eureka-Richmond Case“, Trans. A.I.M.E., 1877, VI, 371.



J.F. Bradley & Co., N.Y.

zbytné použít speciálních ustanovení, odlišných od obvyklých pravidel stanovených pro průzkum, jeho lokalizaci a získání důlní míry.

Geologické poměry oblasti popsal J. S. Curtis¹⁰⁵ v pečlivě propracované monografii, ve které vychází z otvírek existujících v roce 1882. Možná, že od té doby byly získány další poznatky, ale pokud vím, nepublikovalo se o tom nic novějšího. V roce 1876 jsem krátce navštívil Eureka, ale jelikož tehdy nebyly dostupné žádné přehledné mapy dobývek, mohl jsem pouze zjistit analogii s evropskými ložisky, která jsem prozkoumal.

Podle Arnolda Haguea¹⁰⁶ se ložiskonosné souvrství skládá z křemenců Prospektu Mt., vápenců Prospektu Mt., břidlic Secret Canyonu a vápenců Hamburgu kambrického stáří. Ruda se omezuje na vápence Prospektu Mt., a to zvláště na jednu jeho část na sv. svahu Ruby Hill, uzavřenou mezi dvěma zlomy. Charakter sz.—jv. rudonosné zóny je příliš složitý, než aby se mohl vyjádřit běžným profilem. Obrázek 76 znázorňuje zevšeobecněný a obrázek 77 skutečný profil, tak jak jej uvádí Curtis.

Hlavní zlomová zóna odděluje ve svrchní úrovni ložiska masivní vápence v nadloží od roztržitého rudonosného vápence v podloží. Ve spodních úrovních je v podloží zlomové zóny křemenec s vložkou „spodní břidlice“ a v jejím

¹⁰⁵ „Silver-Lead Deposits of Eureka“, U. S. Geol. Surv., Monogr., VII, Washington, 1884.

¹⁰⁶ „Abstract of Report on the Geology of the Eureka District“, Third Ann. Rep. of U. S. Geol. Surv., 1881—1882, Washington, 1883, s. 241.

-
72. Čelba z důlního patra Josephblatt v Raiblu, kde se rudy vyskytují v boční hornině
73. Vertikální vz. řez ložiskem McKean, Iron Hill, Leadville, Colorado. W.P. — bílý porfyr; B.L. — modrý vápence; G.P. — šedý porfyr; W.L. — bílý vápence; L.Q. — podložní křemenec; G. — žula. (A. A. Blow)
74. Řez rudní oblastí Red Mountain, Colorado. A — andezit; P.Q. — růžový křemenec; L. — vápence; L.Q. — podložní křemenec; a — jáma Batavia; a—b — štola Jackson; c — bezejmenná štola; o — ruda. (G. E. Kedzie)
75. Řez ložiskem Longfellow Hill a Chase Creek, oblast Clifton, Arizona. A — Longfellow Hill; B — Chase Creek; a — felzit; b — vápence; c — pískovec; d — porfyr; e — horní štola; f — dolní štola. (A. F. Wendt)
76. Schematický řez oblastí Eureka, Nevada. A — Ruby Hill; a — křemenec Prospect Mountain; b — drcený vápence; c — vápence; d — břidlice; e — zvrstvený vápence; f — břidlice kaňonu Secret; g — hamburský vápence; i — jáma Logan; p — jáma Lawton. (J. S. Curtis)
77. Řez ložiskem oblastí Eureka pro srovnání s obr. 76. a—f — viz obr. 76; k — jáma Windsail; l — jáma Bell; m — jáma Richmond; xy — východní rudní těleso; VII. — 7. patro jámy Richmond. (J. S. Curtis)
78. Důl Old Telegraph, Utah. Schematický nákres příčného řezu patra v hloubce 94,5 m, znázorňující strukturu výplně (přeměněnou v cerusit). a — nadložní jíla; b — křemenec; c — křemenec
79. Příčný řez ložiskem olova z wisconsinské oblasti v blízkosti Dubuque, Iowa. (J. D. Whitney)

nadloží (v nižší úrovni) břidlice a křemence. Rekonstrukce původního stavu podložních hornin (nyní odstraněných erozí) nad současným sedlem Ruby Hill by odhalila relativní přemístění o 150—600 m, jelikož je zřejmé, že podloží bylo vyzvednuto. Tím by se okamžitě vysvětlilo rozdrčení vápence v podloží a vznik druhého zlomu blízko kontaktu vápence s podložním křemencem.

Rudy se vyskytují hlavně ve známém tvaru komínů a v izolovaných rudních tělesech, většinou propojených vtroušenými rudami, minimálně do hloubky, kde se oba zlomy spojují. V jihovýchodních dolech, asi 180 m od linie Eureka—Richmond, se zlomy setkávají v hloubce přibližně 400 m, přičemž se linie jejich protínání mírně uklání k SZ.

Rudy zastížené ve svrchních zónách nad hladinou podzemní vody byly, s výjimkou několika bezvýznamných zbytků sulfidů (převážně zbytků stříbrnosného galenitu), oxidované rudy, jako cerusit a anglesit, chloridy apod., obsahující značné množství stříbra a trochu zlata. Současná hladina podzemní vody zhruba sleduje průsečnici obou zlomů, ale nálezy oxidované rudy pod touto průsečnicí naznačují, že kdysi byla hladina podzemní vody ve větší hloubce.

Mohli bychom tedy předpokládat výskyt dutin vytvořených vadózní cirkulací i ve značných hloubkách, zvláště proto, že celý klín vápence je prostoupen rudou, jejíž oxidace by pochopitelně vytvořila příležitost pro vznik dutin. Nově vytvořené dutiny by často ležely v místech rudních kanálů, zejména v jejich horních částech (viz J. S. Curtis, l. c., str. 100).

Některá z nepravidelně rozšířených rudních těles sledují kontakt křemence a vápence, jiná spíše hlavní poruchy sz. sklonu, jaký má též vápencový tektonický klín. Ze dvou největších těles, která poskytla hlavní výnos rudní oblasti, má v. rudní těleso strmý jv. sklon v délce téměř 400 m a z. rudní těleso mírný sz. sklon do téměř stejné vzdálenosti.

Při studiu struktury rudních těles musíme přesně rozlišovat jejich původní stav od rozloženého stavu. Rozložený stav však často brání jasnému rozpoznání původního stavu. Zdánlivě vrstevnatá ložiska cerusitu a jiné produkty rozkladu, o kterých se zmiňuje Curtis (l. c., str. 98), jsou možná — jako na mém náčrtku z dolu Old Telegraph (obr. 78) — zbytky původní krustifikace a mohou být vysvětlením jeho tvrzení (str. 104), že „když ruda není oxidovaná, neexistují žádné známky páskované nebo koncentrické struktury a pozorovaný jev jasně naznačuje nahrazení mateční horniny sulfidy“. Podobně jeho tvrzení, že „vnitřní struktura rud žádným způsobem nepřipomíná rudy v Raiblu“ je potud správné, že původní minerální výplň v Raiblu je mimořádně zřetelná, kdežto v Euce sotva patrná.

Osobně jsem viděl v dole Eureka několik malých rudních těles, která vykazovala minerální sukcesí nepříliš nápadně, ale přesto dostatečně, aby ji nestranný pozorovatel rozpoznal. Sám Curtis říká (l. c., str. 98), že „opravené úlomky vápence jako jádra“ se příležitostně vyskytují v rudním tělese a že v brekcii „malá množství rudy někdy zcela vyplňují prostory mezi vápenco-

vými úlomky“ — dva jevy, které naznačují minerální narůstání a vysvětlují se krystalizací z rudních roztoků v preexistujících prostorech.

Metasomatické zatlačení vápence, které proběhlo v sekundárních ložiskách kalamínových rud v Raiblu, nelze předpokládat u původních rudních mineralizací v Eurece, ale mohlo doprovázet sekundární procesy zrudnění.

Domnívám se, že pozdější těžba v hlubších zónách Eureky odhalila jasněji původní texturu rudy a že vzorky po naleštění ukázaly alespoň stopy superpozice minerálů, charakteristické pro páskované typy rud.

Krátce řečeno, myslím si, že původní typy Eureky se uložily v preexistujících prostorech působením stoupajících minerálních roztoků, kdežto jejich rozklad a tvorba jeskyň jsou výsledky sestupujících povrchových vod.

Souhlasím s Curtisem, že rudní roztoky vystoupily z hlubinné oblasti „hlavní trhlinou“ (která má na SZ charakter Blattu v Raiblu a v jv. části oblasti je vyplněna ryolitem) a vytvořily a vyplnily rudní kanály v rozpustném rozpukavém vápenci.

Missouri a Wisconsin. Až dosud jsme se zabývali rudními ložisky v horských oblastech, kde vyklenování a vrásnění současně s výskytem vyvřelin prozrazují poruchy původních geologických podmínek. Existují však také ložiska v platformních vápencích, kde vrstvy nevykazují větší poruchy. V této souvislosti zasluhují pozornost dvě velké oblasti olovených rud — Missouri a Wisconsin.

Pokud jde o prvou, máme k dispozici dostatek podrobných popisů.¹⁰⁷

V tomto případě se nejedná o dokonalou platformu, jelikož místy z podloží vápenců vystupují klenby archaického podloží, jako zejména v pokračování pohorí Ozark, ale přesto i tam převládá charakter plošiny. Rudní ložiska, vázaná hlavně na silurské vápence, jsou částečně primární a částečně klastická. Jak je známo, klastická ložiska se skládají z detritu vzniklého zvětřáním a erozí primárních ložisek. V primárních ložiskách nacházíme veškeré jevy známé z ložisek orogenních oblastí. Jedním z jevů, které mám na mysli, jsou ukloněné výplně dutin nebo rudní pně v dolech Vallé a Bosh rajónů Jefferson a St. Francis, o kterých máme k dispozici poznámky a náčrtky od J. R. Gage (bohužel nepřiliš jasně).

V dolech Vallé šachta, situovaná 33,5 m nad dnem údolí a hluboká 49,9 m, narazila ve třech různých hloubkách (44,5, 46,3 a 49,9 m) na ploše ležící rudní tělesa o šířce 1—2 m. Tělesa se vinou různými směry a vytvářejí síť, které

¹⁰⁷ J. R. Gage, „Lead-Mines of S. E. Missouri“, Geol. Surv. of Mo., 1873—4, s. 603, a Trans. A.I.M.E., III, 116.

G. C. Broadhead, „The S. E. Mo. Lead-District“, Ibid., s. 100.

A. Schmidt a A. Leonhard, „The Lead- and Zinc-Region of S. W. Mo.“, Geol. Surv. of Mo., 1873—4, s. 384.

A. Schmidt, „The Lead-Region of Central Missouri“, Ibid., s. 503.

jsou v místech, kde se protínají, spojeny rudními komíny. Průřezy těchto těles v horizontálně uloženém vápenci nebo dolomitu se někdy smršťují na několik čtverečních centimetrů, nebo zvětšují na několik čtverečních metrů o výšce 3—4 m.

Původní minerální výplně byly galenit, pyrit a sfalerit, ale ty zoxidovaly na cerusit, anglesit, smithsonit a kalamínové rudy, doprovázené barytem a červeným jílem. Zajímá nás hlavně původní struktura této výplně, ale z kreseb, které máme k dispozici, není tak snadné ji určit.

Na obrázcích 32—35 jsou reprodukce čtyř náčrtů pořízených Gagem, z nichž první tři sestavil pro tuto práci a čtvrtý pochází z jeho zprávy o průzkumu Missouri. Jak pro sekundární, tak pro původní minerální parageneze je příznačná převládající horizontální poloha, takže můžeme usuzovat, že ukládání probíhalo v dutinách, jejichž horní části byly vyplněny pouze plynem. Velmi zvláštní formací je červený jíl, který v některých případech pokrývá stěny dutin a obklopuje střední rudní výplň ze všech stran. Dostupné údaje neposkytly žádný klíč k řešení jeho vzniku.

Gage podává k obrázku 35 následující vysvětlení (l. c., str. 618):

„Obrázek znázorňuje charakteristický výskyt rudy. Pevný vápenec obsahuje trhlinu, zcela vyplněnou minerály a hlušinou. Minerály jsou zcela obklopeny červeným jílem. Nad nimi jsou dvě tenké vrstvy křemičitanu zinečnatého, oddělené od sebe a také od vápence červeným jílem. Prohnuté vrstvy zinkové rudy, o mocnosti 2,5—15,2 cm jsou někdy dokonale pevné a skládají se ze střídavých jemných vrstviček téhož materiálu ve velmi kompaktních „vrásových“ strukturách, jinde je shluk zinkové rudy, mocný 2,5—15,2 cm, s dutinou, jejíž vnitřní stěny lemují krásné zářivé krystaly křemičitanu a místy uhličitanu zinečnatého. Vzácnější je v dutinách výskyt krystalů galenitu, ale v tomto případě jsou vždy tence potaženy silikáty. Nezřídka jsou dutiny částečně vyplněny červeným jílem, silně impregnovaným oxidem železa — hnědým hematitem. Místy vystupuje baryt, zpravidla v kompaktní hmotě. v těsném kontaktu se zinkovou rudou, ale častěji je spojen s galenitem. Pod plochami zinkové rudy se občas vyskytují sfaleritové pseudomorfozy po galenitu.“

Veškeré pochybnosti kolem vzniku této formace by pravděpodobně rozptýlila řada objektivních vyobrazení. Nezbývá než doufat, že teoreticky tak zajímavý výskyt bude přesně dokumentován dříve, než bude pozdě (76).

Ložiska vyskytující se poblíž „ostrovů“ žuly a porfyru jsou obzvláště zajímavá. Zatímco silurské vápence okolní krajiny, vzdálené od těchto ostrovů, poskytují hlavně rudy olova a zinku, ostatní kovy, jako měď, kobalt a nikl, se vyskytují v blízkosti výchozů archaického podloží. Podle mého názoru tato okolnost naznačuje, že se zdroj olova musí opět hledat v hloubce.

D ů l l a M o t t e. Jako příklad mohu uvést oblast dolu la Motte, kterou jsem kdysi krátce navštívil. Horninou je zde kambrický dolomit, který však

obsahuje písčité a břidličné vrstvy, charakteristické četnými fosiliemi¹⁰⁸ (Lingula). Ruda se převážně vyskytuje jako impregnační zóny v hornině. Tzv. pískovec zde neodděluje impregnaci jako v jiných případech; je to vlastně pouze písčité vápenec a dolomit a jeho uhličitánová složka může být nahrazena rudou, podobně jako uhličitany sousedních vrstev.

V povrchových dolech Jack a Seed-tick jsem si všiml velmi pozoruhodného jevu: rudní impregnace v téměř horizontální stratifikované hornině nebyla konformní se zvrstvením, ale s plochami, které je přetínaly pod velmi ostrým úhlem (asi 10°). Bylo obnaženo dlouhé defilé a impregnační plochy v něm se téměř pravidelně prožezávaly písčítým dolomitem. Tento vzhled jasně naznačuje pozdější tvorbu rudy, nezávislou na ukládání vrstev hornin, a svádí tak k domněnce, že podmínky pro pozdější impregnaci vytvořila hladina podzemní vody. Ale nedovedl jsem a dosud si nedovedu představit, jak se mohly volné prostory vyplnit sulfidy; mohu pouze doporučit, aby tyto jevy byly zkoumány podrobněji než bylo v mé moci.

Wisconsin. Ve Wisconsinu a v některých částech států Iowa a Illinois existuje rozsáhlá platforma, v jejíž vápencových formacích jsou četná různá ložiska rud olova a zinku. Ve skvělé monografii o nich pojednává můj vážený přítel prof. J. D. Whitney.¹⁰⁸ Autor se snaží ukázat, že minerální roztoky, které tyto rudy uložily, nepřišly zdola, ale shora. Odvolává se na to, že jsou zde dvě vrstevní formace, svrchní a spodní dolomit (podložený svrchním a spodním pískovcem), a rudy se vyskytují hlavně ve svrchní formaci; ve spodní jen zřídka a v malém množství. Ony dva pískovce (z nichž spodní se zařazuje do potsdamu) (77), nevykazují žádné stopy rudy, jak by tomu mělo být, kdyby roztoky přišly zdola. Přiznávám, že mi tento závěr nepřipadá jako nevyhnutelný. Možná, že na nějakém vzdáleném, dosud neodkrytém místě existoval průchod pískovci a minerální roztoky si mohly nalézt nebo vytvořit prostory v rozpustné hornině.

Stejně tak se mi nezdá být přesvědčující argument, že rudy jistě pocházejí shora, protože v oblasti Wisconsinu nebylo možné objevit zlomové trhlíny a magmatické projevy, které z hloubky vynesly podobné rudy na severu Anglie a v jiných místech. Nemohu také přijmout vysvětlení výskytu poblíž Dubuque, objevené T. Lavinssem a popsané Whitneym (op. cit., str. 291 a obr. na str. 392), který reprodukuje na obrázku 79. Krustou cerusitu obalené úlomky galenitu, které visí ze stropu přirozené jeskyně, jsou považovány za důkaz, že roztoky, které je uložily, musely přijít svrchu. Na dně jsou ale náznaky pokračování této jeskyně, dno je vyplněno jílem smíšeným s roztroušenými kousky galenitu. Podle mého názoru to byla původně výplň vertikální trhlíny, kterou podzemní voda zvětšila, jak naznačuje na obrázku tečkovaná čára. Domnívám

¹⁰⁸ Report of a Geological Survey of the Upper Mississippi Lead-Region, Albany, 1862.

se, že symetrické krusty oné výplně se částečně rozlámaly a spadly do jílu hromadícího se na dně jeskyně. Horní část výplně zůstala připojena k hornině stropu.

3. Ložiska ve zvrstvených horninách, ložiska metasomatická a metamorfovaná (79)

Obecné znaky metamorfózy nejpřesněji definoval A. de Lapparent jako souhrn chemických změn, kterými prošly sedimentární horniny po svém uložení. Rozlišujeme regionální metamorfózu, která působí na horniny v rozsáhlých oblastech, a místní, nejčastěji kontaktní metamorfózu, kterou způsobují magmatické intruze v určitých vrstvách. Při studiu výskytu užitečných minerálů sledujeme především otázky předpokládaného původního stavu horniny, ačkoliv její skutečně původní charakter nemusí být vždy zřejmý — musíme vycházet z analogických typů, které se obvykle projevují ve větším množství v místech, kde se hornina vyskytuje.

Rozlišujeme nahrazování některých ložisek polyminerální horniny, pro kterou se lépe hodí termín „impregnace“, od nahrazení celé homogenní minerální substance metasomatózou. Jelikož však každá hornina obsahuje malé primární póry, je obtížné a někdy nemožné určit, zda se v takových pórech neusadila nová, epigenetická substance (21), což by byl případ impregnace. Nová substance si možná skutečně našla do horniny přístup póry, jestliže minerální roztoky byly pod dostatečným tlakem, aby překonaly intergranulární vazby alespoň ve směru nejmenšího odporu. Pronikající roztoky mohou napadat a nahrazovat ten či onen stavební prvek horniny. Roztokům velmi usnadňuje vstup rozpukání horniny, způsobené buď interními nebo externími silami. Jak u rudních žil, tak také u pouhých puklin nacházíme impregnaci boční horniny, kterou Cotta nazval podřízenou (unselbständige) impregnací.

Jednou z vlastností částic tvořících horninu je jejich podivná vzájemná přitažlivost. V pískovci Fontainebleau se vyskytují agregáty kalcitových krystalů, které se spojily, přestože je odděluje pískovcové prostředí. Podobným způsobem, jak jsme viděli, jiná krystalizující substance, jmenovitě galenit, vytváří v trubkovitých a plemenkových rudách Raiblu krystalické agregáty, vzdor přepážce vytvořené cizím prostředím (78).

Podobným způsobem se tvoří tzv. konkrece, vápnité a slísnité shluky — cicváry (Lösskindlein) ve spraši a ve slínkách starých skandinávských pláží. Podnětem pro tvorbu vápnitých konkrací byl často rozklad rostlinných kofenů a pro slísnité konkrece různé živočišné zbytky mušlí, ryb apod. V Norsku se v nich dochovala celá fauna glaciálního a postglaciálního období.

Podobně v saarcké uhelné pánvi nacházíme zbytky ryb ve sférosideritových

konkrecích. Ne vždy mají konkrece odlišitelné jádro a ne vždy lze zjistit přičinu tvorby těchto specifických útvarů. Konkrece ve zvrstvených horninách jsou obvykle čočkovité a zahrnují části několika podobných vrstev. Vyskytují se dokonce sférické tvary připomínající hrachovce.

Představíme-li si např. sférosideritové konkrece vytvořené těsně vedle sebe v jedné vrstvě, máme pravidelnou vrstvu pelosideritu. Když nebereme v úvahu působení trhlin nebo kontaktů s intruzivními horninami, mohou se utvořit impregnace sledující určité vrstvy, které představují další typ rudních vrstev. Třetí typ může být výsledkem víceméně úplného nahrazení původní horniny, zvláště když je tato hornina rozpustná jako sádrovec nebo vápenec. V mocných vápencových formacích se rudní vrstvy vyskytují na kontaktu s nerozpustnými horninami, jako v Rodně.

Ve všech těchto případech mají ložiska tvar vrstvy, ale zřídka pokrývají rudy celou mezivrstevní plochu, naopak zaujímají pouze určitá její pásma. Jinými slovy, stejně jako v jiných ložiskách se zde vyskytují nepravidelnosti.

Když minerální roztoky vystupují podél trhlin a kontaktů hornin, vzniknou mnohem složitější jevy. Abychom srozumitelně popsali soubor těchto jevů, bude správné, uvážíme-li nejdříve jednodušší podmínky v rozpustných horninách a potom složitější výskyt takových ložisek v krystalinických a magmatických horninách. Probereme proto metamorfní ložiska, která se vyskytují: a) ve zřetelně zvrstvených horninách, b) v rozpustných horninách a c) v krystalických břidlicích a eruptivních horninách.

a) Rudní ložiska ve zvrstvených horninách

V nepochybných sedimentech nacházíme nejen oxidy kovů a soli, ale také sulfidy ve formě rudních vrstev, které vzhledem k této pozici byly považovány za syngenetické. Proto bylo nutné předpokládat, že se vysrážely v mořské pánvi, ve které se před jejich vysrážením i po něm ukládaly jalové sedimenty. Kovy se tudíž musely rozpustit ve vodě pánve, a to ve značném množství, jak naznačuje často velká mocnost rudních vrstev. Pro takový předpoklad však v současnosti nemáme analogii.

Ukládání rud z mořské vody. Právě v této sféře pracujeme spíše s náznaky než s důkazy. Pokud jde o mořskou vodu, stopy kovů byly nalezeny přímo ve vodě, v popelu mořských rostlin a v pevných složkách mořských živočichů (např. v korálech), jak uvádějí Malagutti, Bibra a Forchhammer.¹⁰⁰ Ve vodě byly zjištěny stopy stříbra, železa a manganu. v mořských

¹⁰⁰ G. Blachof, *Chem. u. Phys. Geologie*, vol. 1., Bonn, 1843, s. 445—447.

organismech olova, zinku, kobaltu a niklu. Jelikož jsou v mořské vodě malá množství sirovodíku, Bischof považuje za možné ukládání sulfidů kovů z moře. Poznává (op. cit., str. 432), že tak lze vysvětlit výskyt kovových sulfidů v sedimentárních horninách, jako např. výskyt sulfidů mědi a stříbra v mědinosných břidlicích (Kupferschiefer) (80), nebo sulfidu olovnatého v pestrém pískovci (Buntsandstein), a v závěru (str. 836) teologicky uvádí:

„Protože nelze pochybovat o tom, že řeky tekoucí do oceánu s sebou přinášejí soli kovů, byť i ve velmi zředěném roztoku, zdá se to moudře zařízeno, že v sirovodíku mořské vody je přítomen srážecí činitel, aby z vody vyloučil i jejich sebemenší množství a tím zabránil postupnému hromadění látek, t a k škodlivých živočišnému životu.“

Z různých kovů rozpuštěných v mořské vodě je životu nejméně škodlivé železo. Biogeneze vlastně napomáhá srážení tohoto kovu v tzv. jezerních rudách. Kromě toho srážení železitých a železnatých oxidů z koncentrovaných roztoků je pravděpodobné, takže srážením sloučenin železa přímo z mořské vody lze vysvětlit původ některých vrstev železné rudy (81).

Přínos solí kovů prostřednictvím řek do oceánu a tvorba sirovodíku v mořské vodě jsou nepochybně nepřetržité a ke srážení sulfidů kovů muselo tudíž docházet jednotně ve všech sedimentech a precipitátech oceánu. Rudní ložiska však nacházíme jen v určitých vrstvách. Máme-li je zdůvodňovat tímto způsobem, musíme předpokládat, že v určitých obdobích byl oceán mnohem výrazněji obohacován solemi kovů, což je sotva udržitelná hypotéza, pokud jde o velkou hloubku. Nebo se musíme domnívat s Carnallem, jak to nedávno učinil H. Hoefler,¹¹⁰ že prvotní soli kovů, obsažené v nepatrných množstvích v mořských uloženinách, se rozpustily a v určitých zónách znovu vysrážely. Hoefler uvádí v Horním Slezsku a dalších oblastech ložiska olova a zinku, která se vyskytují v mořských vápencích triasu. Považuje za dokázané, že si tato ložiska udržela jednotné horizonty, ale poukazuje zejména na to, že některé z těchto horizontů byly rudonosné již při svém vzniku.

Krátce řečeno, mnozí badatelé přijali hypotézu, že rudy se původně ukládaly z oceánu, aniž by uváděli jiný důvod než pozorované podmínky stratifikace. Přestože mám velké zkušenosti s rudními ložisky v mořských vápencích, nikdy se mi v nich nepodařilo nalézt pravé rudní vrstvy, ale vždy pouze rudy, které byly do vápenců importovány později. To mne opravňuje k domněnce, že takové pravé rudní vrstvy neexistují.

Pokud jde o prvotní rudu obsaženou v mořských sedimentech a precipitátech, nevykázaly neschťné chemické analýzy, zejména vápence, žádné stopy kovů, které by podle výše uvedené hypotézy měly být přítomny. Z tohoto důvodu, jak jsem již poznamenal, se ani Sandberger neodvážil odvozovat kovy

¹¹⁰ „Die Entstehung der Blei-, Zinc- u. Eisenlagerst. in Oberschlesien“. — Oesterr. Zeitsch. f. Berg- u. H-wesen, 1893, XLI, s. 82.

od vápence a raději je hledal v nadložních břidlicích, jako např. v Raibku.

Stalost určitých rudonosných horizontů zdůraznil A. von Groddeck, aby byla představa přímého ukládání z oceánu přijatelnější, ale nevěřím, že je možné prokázat takovou totožnost horizontu u různých rudních ložisek. Podobné rudy a stratigrafické podmínky se neomezují jen na trias. Na Rýně, v Anglii a v Americe se vyskytují v mnohem starších paleozoických horninách. Ani v Korutanech nezaujímají rudonosné vápence nejbohatších ložisek tutéž zónu. Zóna břidlice Raiblu se velmi liší od bleiberské (obsahující Ammonites aon) a ložiska v těchto lokalitách nejsou v žádném případě vrstvy, ale — jak jsem ukázal — prostory ve vápenci, vyplněné rudou.

Úkládání rud ze sladké vody. Prokázat, že se rudy přímo ukládaly ve sladkovodních vrstvách, naráží na stejné potíže, ačkoliv můžeme vzít na pomoc tytéž chemické předpoklady. V tomto případě je hypotéza podporována podobností bezodtokých jezer, ve kterých se vypařováním koncentrují soli přinesené řekami. Jelikož je však organický život v těchto solných jezerech omezen na několik málo živočišných druhů, lze použít analogie pouze částečně. Navíc je nutné předpokládat existenci katastrofických změn, které mohou změnit vývoj sladkovodní sedimentace (82).

Nevěřím, že bez předpokladu takových katastrof by se dal tímto způsobem vysvětlit vznik mansfeldských mědinosných břidlic (Kupferschiefer) (80), kde lze sledovat organické zbytky (ryby) souvisle od podloží až k nadloží. Stojí za zmínku, že starší geologové, jako Freiesleben, přijímali poněkud deformované fosilní ryby Palaeoniscus v mědinosných břidlicích za důkaz současného ukládání rud a tvrdili, že ryby se do těchto násilně pokroucených poloh dostaly s roztokem mědi, ve kterém uhynuly, a byly pohřbeny v sedimentu. Naivnost této diagnózy, kterou přesto někteří moderní autoři neváhají opakovat, je zjevná. Pokroucené zbytky ryb se vyskytují také v jiných formacích mimo mědinosné břidlice a jasně naznačují pokročilý stav rozkladu, ve kterém se odumřelé organismy dostaly do sedimentu.

Mansfeldské břidlice. Mansfeldské břidlice, jak je známo, jsou tvořeny tenkou polohou živičných břidlic, ležící mezi permským pískovcem v podloží a mořským členem téže formace — zechsteinem — v nadloží. Obsahuje sulfidy mědi, stříbra, olova, zinku, antimonu, rtuti, niklu a kobaltu. Měď dosahuje 20–30 kg/t a stříbro 125–150 g/t. Ve výbrusech můžeme rudu vidět v podobě tenkých lístků, ležících mezi laminami břidlice; často je doprovázena sádrovcem. Tytéž rudy se však vyskytují v roztroušených nevelkých shlucích v podložním pískovci a v nadložním vápenci, kde se nachází vtroušený chalcozín.¹¹¹ Samotná okolnost, že se ruda vyskytuje také v mořském vápenci, nad

¹¹¹ Viz Groddeck: Erzlagerstätten, § 58, a Cotta: Manual, § 50.

sladkovodní mědinosnou břidlicí, nepodporuje myšlenku současného vzniku rudy a horniny.

Mědinosné břidlice v Durynsku a Čechách. Tatáž živičná břidlice se nachází v Durynském lese, na j. svahu Harcu i na jiných, značně vzdálených místech; musela se tudíž ukládat ve velké pánvi. Je ale otázkou, zda je všude rudonosná a zda si zaslouží název mědinosná břidlice.

V severovýchodních Čechách je široce rozšířena tatáž permská břidlice, obsahující téměř stejné fosílie, ale bez mořského souvrství, které je v Německu vyvinuto v jejím nadloží. Perm v Čechách má měď na mnoha místech a na jedné lokalitě — v Heřmanových Sejfech — se tyto rudy vyskytují v živičné břidlici, která by se zde správně měla nazývat mědinosná. V roce 1858 jsem měl příležitost toto ložisko navštívit. Obsah kovu v rudě byl uspokojivý, ale těžbu ztěžovaly četné zlomy.

Přesně tytéž potíže jsou v Mansfeldu a v Durynském lese, o nichž Cotta (op. cit., § 50) podává tuto zprávu:

„Samotné dislokace jsou zřídka rudonosné, ačkoli se často zdá, že ovlivnily rudonosný charakter vrstev, které protínají. Tento vliv se projevuje zvýšením nebo snížením podílu rudy nejen v bezprostřední blízkosti, ale někdy také ve značné vzdálenosti, dokonce až k dalšímu hlavnímu zlomu. Projevuje se také přenosem zrudnění z jedné vrstvy do druhé.“

Tato zpráva a další pozorování týkající se vlivu zlomů na rozložení rudy mluví rozhodně proti syngenetickému vzniku rudních ložisek, ve prospěch pozdějšího proniknutí rudy zlomovými trhlinami (83).

Tento závěr je ale mnohem jasnější, vezmeme-li v úvahu ostatní výskyty. Podle Cotty (op. cit., § 39) je mědinosná břidlice na okraji Durynského lesa chudší než na j. hranici Harcu. Důležitější než sama mědinosná břidlice jsou zlomové poruchy, které přetínají celé souvrství, ale rudu obsahují jen v těch oblastech, kde zlomy protínají určité vrstvy — mezi nimi i mědinosné břidlice. „Je zvláštní,“ poznamenává Cotta, „že poblíž Camsdorfu je mědinosná břidlice v silně porušených místech tak bohatá, že se těžba vyplácí.“ Když mluví o Riegelsdorfu, říká: „V některých případech kobaltové rudy pronikly ze žil do bočnjí horniny.“

Vestfálsko. Ve Stadtbergu (op. cit., str. 76) ve Vestfálsku je dokonce několik vrstev obsahujících měď, které jsou proniknuty mědinosnými žilami. V Bieberu žíly protínají celou skupinu vrstev až do podloží slídnaté břidlice a „nepravdělně rozptýlená ruda se kupodivu vystykuje hlavně ve svorech, a ne jako v Harcu a Durynském lese v zóně mědinosných břidlic. Na druhé straně impregnace ze žil pronikly hlavně do živičné slídnaté břidlice.“

Když uvažujeme o výrocích, které jsem tu částečně citoval, těžko pochopíme, že je možné pochybovat o sekundární povaze rudních ložisek v mědinos-

ných břidlicích. Přesto mě Groddeck¹¹² pokáral za to, že jsem došel k tomuto závěru. Sám výslovně říká¹¹³ (maje zřejmě na mysli typický výskyt v Mansfeldu):

„Rudy se ukládaly současně s živícným kalem, s bitumenní slinitou břidlicí, která je hlavní rudonosnou horninou. . . . Je zcela nemožné, aby se rudy nějakým způsobem dostaly do vrstvy z trhlin v pozdějším období, potom, co byla slinitá břidlice pokryta mladšími horninami. Jestliže předpokládáme, že roztoky rud pronikly zlomovou trhlinou, je nepochopitelné, proč zrudnění ve formě sulfidů kovů je stejnoměrně vyvinuté na ploše mnoha čtverečních kilometrů a omezeno na vrstvu slinité břidlice o mocnosti asi 0,5 m a proč se nevyskytuje také poblíž trhlin v nadložních a v podložních vrstvách, v nichž je dostatek uhlíčanů a živícných vložek, které by měly působit jako srážedla roztoků. Bohatá na takové látky je např. bitumenní břidlice ‚Stinkschiefer‘, ležící nedaleko nad mědinosnou břidlicí.“

Groddeck opomenul zásadu, kterou sám propaguje, že totiž jediný článek v celém řetězci jevů by neměl být rozhodujícím kritériem. Zamýšlel se pouze nad zvláštním vývojem v Mansfeldu a navíc předpokládal podobný vývoj do vzdálenosti mnoha čtverečních kilometrů, kde se ve skutečnosti projevují četné změny (84). Neuvážil také okolnost, že tektonicky neporušené mědinosné břidlice nejsou ekonomicky dobytelné. A konečně, nebyl obeznámen s teoreticky důležitým výskytem mědinosné břidlice v Čechách. Současný vznik horniny a rudy v Mansfeldu byl pro něj dogmatem, jak je patrné z některých jeho vyjádření (op. cit., str. 302):

„Místní rudonosný charakter podloží a nadloží vrstvy mědinosné břidlice není důkazem opaku, neboť se vždy omezuje na bezprostřední okolí vrstvy.“ (?)

„Do moře, bohatého na ryby a rostliny, v němž sedimentovala slinitá břidlice, přitékaly v hojné míře roztoky kovů, které hubily organismy a byly samy redukovány produkty jejich rozkladu.“ (?)

První z těchto tvrzení se stává logickým, jestliže se jeho smysl prostě obrátí. Odvážná hypotéza druhého tvrzení naznačuje pochybnost, se kterou se autor tímto způsobem snaží vypořádat. Jeho tvrzení (str. 302):

„Nelze pochybovat, že sulfidy kovů se mohou tvořit u povrchu země, za normálního tlaku a teploty pod vodou bez přístupu vzduchu“ je zcela správné; když ale dodá:

„A tudíž nic nebrání domněnce, že sulfidické rudy se mohou vysrážet současně s ukládáním sedimentárních hornin“, je nutné doplnit „za předpokladu, že v mořské pánvi byly přítomny soli kovů“ (85).

Toto je skutečně těžiště celého problému; jak jsem ukázal, Cottovo tvrzení je nepravděpodobné.

¹¹² „Bemerk. zur Classification d. Lagerstätten“, B. u. H. Ztg., 1885.

¹¹³ Erzlagerstättenlehre, § 142.

Ve prospěch teorie o současném vzniku jsou uváděny i jiné zvláštní rysy u různých jiných výskytů rudy, ale když je nestranně zvážíme, lze všechny použít i pro jiné vysvětlení původu ložisek, včetně ložisek mansfeldského typu.

České mědinosné pískovce. V Čechách a na z. svahu Uralu se rudy mědi v permských vrstvách v žádném případě nevyskytují jako souvislý horizont, ale jako impregnace ve vrstvách, ať už vedle sebe nebo nad sebou. Stejně jako v německých mědinosných břidlicích jsou i zde zlomové poruchy, které možná sloužily jako přírodní kanály pro rudní roztoky. Myšlenka primárního sedimentárního původu rud nebyla v těchto oblastech prosazována. V některých místech v Čechách, jako např. v Jilemnici, se nad zrudněnými vrstvami vyskytují melafyry.

Téměř ve všech těchto ložiskách se stejně jako na mnoha dalších v Německu vyskytují sirníky mědi (hlavně chalkozín) v sousedství rostlinných zbytků a v pískovci převládají zpravidla oxidované rudy mědi.

Nejen v permských, ale také v triasových a ještě mladších pískovcích se nacházejí podobná ložiska obsahující olovo, stříbro, antimon a měď. Na lokalitě Boleo na Kalifornském poloostrově je takové ložisko známo z třetihorních vrstev. Příklady je tudíž mnoho a já mohu uvést jen několik.

St. Avold. Rudy mědi v triasovém pískovci oblastí St. Avold a Wallerfangen stručně popisuje Groddeck (str. 90), vycházejí z článku C. Simona.¹¹⁴ Sporadicky vyvinuté rudy jsou nejbohatší v blízkosti trhlin. Některé vrstvy jsou na rudy bohaté, zatímco jiné, porézní vrstvy, nacházející se v blízkosti, jsou jalové. Rudy se rozšiřují v zónách nezávislých na směru trhlin, které se často protínají v pravých úhlech. Tyto dva rysy prý dokazují současný původ rudy a horniny, protože „obohacení zóny tam, kde je protínána trhlinami, lze jednoduše vysvětlit vyluhováním rud ve vyšších vrstvách a jejich novým uložením v trhlíně nebo v jejím okolí.“ Musím přiznat, že mě toto vysvětlení neuspokojuje a poukazují na obrázky 80 a 81, které znázorňují ložiskovou situaci.

Na ložisku Bleiberg lokality St. Avold se v pískovci vyskytují konkrece galenitu velikosti hrachu a pod stejnou vrstvou jsou zastížena rozsáhlá galenitová rudní tělesa.

Ložisko olova v Mechernichu.¹¹⁵ Toto ložisko je v uvedených souvislostech zvláště zajímavé, neboť se skládá z pískovce značné mocnosti, po-

¹¹⁴ Berg. u. H. Ztg., 1866, s. 412.

¹¹⁵ Baur, „Das Vorkommen von Bleierzen am Bleiberge bei Commern“, Eschweiler Pumpe, 1859.

F. W. Huperts, Der Bergbau u. Hüttenbetrieb des Mechernicher Bergw. akt. Vereins, Köln, 1883.

Ellsworth Daggett, „The Lead and Silver Works of the Mechernich Mining Company“, E. and M. J., XXIII.

někud porézniho a impregnovaného malými konkrécemi galenitu („Knoten“), které byly často považovány za syngenetické (86). Rudní oblast je situována na s. okraji pohorí Eifel a zahrnuje ca 7 km dlouhé pásmo, probíhající přes Kall, Keldenich, Mechernich a Strempt. U hory Tanz poblíž Keldenichu se již v římském období těžily žíly galenitu v devonském vápenci, v jehož nadloží jsou pískovce a slepence náležející do spodního triasu (Buntsandstein). Slepence i nadložní pískovce nesou název Wackendeckel a jsou někdy rudonosné, přičemž tmel mezi valounky je protínán galenitem a oxidačními produkty (zejména cerusitem), které se dříve těžily.

V současné době tvoří hlavní základ rozsáhlé těžby pískovce, impregnovaný konkrécemi galenitu v rozsahu 5–30 kg/t (0,5–3 ‰ olova) a 1–6 g/t stříbra.

Mocnost tohoto pískovce, počet slepencových horizontů a bohatost rudy v každé vrstvě se velmi liší, právě tak jako počet, směr a smysl vertikálního posunu ker podél zlomů. Obrázek 82, znázorňující situaci jz. od hranice dobývacího prostoru ložiska Mainerzhagen, ukazuje jeho nepravidelnou kernou stavbu. Uvnitř dobývacího prostoru se několik vrstev s „Knoten“ spojuje v jedinou vrstvu, mocnou ca 22 m, oddělenou vrstvou slepence od devonských hornin v podloží. V nadloží je další slepenec, tzv. Wackendeckel, nad nímž je jalový červený pískovec. Obecně řečeno, na nepropustném podloží zde leží propustné souvrství složené z pískovců a slepenců, v jejichž nadloží je jílovitý červený pískovec.

Knoten, které nejsou nikdy větší než hrášek, se jeví ve výbrusech jako krystalické agregáty galenitu, u kterých jsou krystalové plochy obráceny směrem od středu k okrajům; to znamená, že rozhodně netvoří sférické agregáty, jak se zdá při pozorování pouhým okem, jsou-li zkoumány po vypadnutí z navětralé horniny. Jejich rozšíření v pískovci je obvykle v souhlasu s vrstevnatostí, ale v okolí příčných zlomů jsem si povšiml nahromadění Knoten v pásmech rovnoběžných s těmito strmými poruchami. Kromě toho jsem v samotných poruchách místy našel žilky galenitu a pyritu; proto nepochybuji o tom, že ukládání rudy bylo sekundární a postupovalo z trhlín. Abychom si mohli udělat jasný obraz, musíme věnovat pozornost výskytům rudy ve slepencích, kde, jak jsem již poznamenal, rudní minerály impregnují tmel mezi valounky, a také nejbližšímu výskytu rudy v devonském vápenci, kde se rudy vyskytují ve formě žil.

Podle mého názoru drobný propustný pískovec, uzavřený mezi méně propustnými vrstvami a protínaný mnoha zlomovými trhlínami, byl impregnován stoupajícími roztoky, které pískovec použily jako cestu pro svou cirkulaci. Nelze však určit, co tvořilo centra, kolem kterých vznikly konkréce galenitu. Byly to drobné částice živce, které jsou ještě tu a tam viditelné, nebo to byly organické substance, které již nejsou patrné? (87)

Freihung. Další informace mohou možná poskytnout doly ve Freihungu v Bavorsku, které Cotta považuje za podobné dolům v Mechernichu. Zde galenit a cerusit impregnují strmě uložený keuperský pískovec. V roce 1882 byly na výstavě v Norimberku vystaveny mapy a vzorky rud a hornin z dolů společnosti Bavarian Lead-Mining Company. Obrázek 83 je profil dolem Vesuv. Překvapily mě četné vzorky kmenů stromů přeměněných na galenit a když jsem později takový vzorek získal, dal jsem si z něj připravit příčný nábrus. Kousky těchto vystavených kmenů byly přibližně 20 cm dlouhé a v průřezu eliptické, asi $5-7 \times 10-15$ cm. Vlákno a letokruhy se daly rozpoznat i na plochách lomu, ale na nábrusu byly velmi zřetelné. De facto je naznačovala štěpnost vzorků. Mám tenké štěpiny, 2–4 mm v průměru a několik centimetrů dlouhé, které představují vlákna původního dřeva. Bývalá kůra je nahrazena nejdříve zónou pyritových a pak křemenných zrn s pyritovým tmelem. Nevím, zda byl učiněn pokus určit druhy tohoto dřeva, ale myslím, že by to bylo možné. Obrázek 84 představuje průřez kmene přeměněného na galenit.

Rozhodně zde máme další příklad ukazující, že organické látky přitahovaly kovové roztoky a redukovaly je na sulfidy, a to za podmínek podobných podmínkám v Mechernichu. Výskyt v Mechernichu lze tudíž nejjednodušeji vysvětlit hypotézou, že organická látka rozšířená v hornině zredukovala cirkulující minerální roztoky a podmníla tvorbu konkrecí (Knoten).

Silver Reef. Protože jsme zvyklí nacházet stříbro ve spojení s olověnými rudami, překvapuje nás výskyt stříbra doprovázeného mědí v pravděpodobně triasových pískovcích oblasti Silver Reef v Utahu. Pokud můžeme usuzovat z různých popisů, které máme k dispozici,¹¹⁶ vyskytují se zde dvě polohy (jejichž výchozy se nazývají reefs — „útesy“), které obsahují stříbro buď samotné (ryzí nebo častěji jako chlorid), nebo s malým množstvím mědí (ryzí měď se na ložisku vyskytuje v oxidovaných rudách). Můžeme předpokládat, že až dosud bylo ložisko odkryto pouze v jeho svrchních, oxidovaných partiích a že v hloubce bychom našli sulfidické rudy. Není mi známo, zda takové hloubky bylo při dolování dosaženo.

Vrstvy se skládají z červených a šedých jílovitých pískovců a písčitojílovitých břidlic (88), mezi jejichž vrstvičkami a příčnými puklinami se vyskytují rudy, které jsou tím koncentrovanější, čím víc je hornina rozpukaná. Ačkoli se stopy stříbra nacházejí v celém souvrství, těžitelná ruda je omezena na jednotlivé komíny nebo kanály, které sledují sklon vrstev nebo jsou k němu kosé. Nejbohatší tělesa se prý nejčastěji nalézají nad tenkou vrstvou silně jílovitého pískovce (Rolker, l. c., str. 25). Velmi často, i když ne vždy, doprovázejí stříbrnou

¹¹⁶ „The Silver Reef District, Southern Utah“, (R. P. Rothwell nebo Thomas Couch?), Eng. and M. Jour., XXIX, s. 25, 45, 59, 79, 351.

C. M. Rolker, „The Silver-Sandstone District of Utah“, Trans. A.I.M.E., IX, 21.

J. S. Newberry, „Report of the Stormont Silver Mining Co.“, E. and M. J., XXX, s. 269.

rudu zbytky zuhelnatělé vegetace (kmeny a větve stromů, zbytky rákosovitých rostlin), pokryté a impregnované chloridem stříbra. Ačkoliv se měděné a stříbrné rudy vyskytují do jisté míry v jednom společenstvu, jen zřídka se nacházejí smíšené.

Tentýž pískovec, který je nositelem rudy, je prý zastoupen na plošině vytvořené řekou Colorado, ale tam jsou vrstvy horizontální a neporušené, kdežto v rudní oblasti se sklánějí dost strmě, jsou silně porušené a na mnohých místech pokryté vulkanickými horninami včetně čediče. Blízkost vyvřelin naznačuje pravděpodobnost, že i zde (stejně jako na mnoha jiných místech z části Severní Ameriky) přinesly zrudnění minerální roztoky, které se obvykle objevují po vulkanické činnosti. Tento názor zastávají Rothwell, Couch a Rolker; Newberry se však kloní k domněnce, že rudy vznikly současně s horninou. Jeho hlavními argumenty jsou údajně velká rozloha stříbronosných triasových vrstev v oné oblasti a výskyt nejbohatších vrstevních a čočkovitých rudních těles v téměř nepropustných jílovitých břidlicích, které by zabránily pronikání minerálních roztoků. Ani jedno z těchto tvrzení nevyvrací epigenetický původ rud. Mohly se uložit jakýmkoli způsobem ve velkém i v malém měřítku a to, že téměř nepropustné jílovité břidlice nebrání vstupu roztoků, dokazuje přeměna původní výplně na chloridy a oxidy.¹¹⁷

Navíc ložiska nepředstavují pravidelné vrstvy, ale komíny a kanály uvnitř vrstev a tento charakter, který mají společný s tolika jinými ložisky, by měl být rozhodujícím znakem jejich sekundárního původu. To je závěr, ke kterému podle mého názoru dojdeme vždy, když se pozorování neomezují na jednotlivé lokality, ale zahrnou celou řadu analogických jevů.

Ložiska mědi v Novém Mexiku a Arizoně. Zdá se, že podobné rozšíření rudy v pískovcích není na západě Severní Ameriky vzácné. O měděných rudách v pískovcích pohoří Nacimienta na severozápadě Nového Mexika (pravděpodobně triasového stáří), které J. S. Newberry popsal v roce 1860, píše proto F. M. F. Cazin:¹¹⁸

„Ruda se vyskytuje téměř výhradně ve formě zkamenělých listů, větví a kmenů palem. Často je potažena tenkým povlakem gagatu nebo uhlí a vždy se dá snadno oddělit od horniny. Ruda je převážně tvořena bornitem, chalkozinem a tenoritem. Zdá se, že je rozšířena po celém souvrství, ale hustěji je soustředěna v trhlinách a puklinách, kde tvoří v některých případech jedinou vrstvu zkamenělých částí palmového dřeva.“

Toto ložisko, analogické s výskyty rud v Čechách a v Permské oblasti, bylo označeno za ekonomicky velmi důležité. Jeho další vývoj mi není znám.

¹¹⁷ Srovnej s F. M. F. Cazin, „The Origin of Copper- and Silver-Ores in Triassic Sandrock“, E. and M. J., XXX, s. 381.

¹¹⁸ „New Mexico vs. Lake Superior as a Copper-Producer“. — E. and M. J., XXX, s. 87, 108.

P. Blake¹¹⁹ popsal podobný výskyt v pískovcích a slepencích v nadloží žul oblasti Copper Basin v Yavapai, v Arizoně, kde se měděné rudy nalézají bez jakéhokoli spojení s organickými látkami. V podložní žule jsou však trhliny vyplněné měděnými rudami. Považuje tedy za pravděpodobné, že sulfidy mědi cirkulující v silně propustném pískovci se působením uhličitanu sodného vysrážely jako karbonát, zatímco výsledný síran sodný unikl v roztoku, vypařováním se zkoncentroval a vytvořil ložiska thénarditu, který je v Arizoně běžný.

Boleo, Kalifornský poloostrov. Na lokalitě Boleo, ležící v j. části Kalifornského poloostrova (naproti Guaymas), popsal E. Fuchs¹²⁰ pozoruhodné ložisko mědi v třetihorních pískovcích, slepencích a tufitech (89). Východní svah většinou vulkanického pohoří, rozprostírajícího se v délce celého poloostrova, je plošina, která se mírně uklání směrem ke Kalifornskému zálivu a je protínána strmými kaňony. Tvoří ji vrstvy obsahující charakteristické miocenní fosilie. Výrazně převládají tufity a souvrství obsahuje tři nebo čtyři mědinové vrstvy s velkou plošnou rozlohou, které vycházejí na mnoha místech ve stěnách kaňonů. Leží bezprostředně na slepencích obsahujících valouny vulkanických hornin (charakteristických pro každou zónu) a v nadloží mají zjilovatělé tufity. Tento celek protíná několik trhlín, z nichž největší a nejdůležitější je zlomová trhlina na z. hranici oblasti, zhruba rovnoběžná s mořským pobřežím.

Ve zrudnělých vrstvách nad hladinou podzemní vody převládají roztroušené oxidované rudy, jako oxid mědný a měďnatý s atakamitem ($\text{CuCl} + 3\text{CuO} + 3\text{H}_2\text{O}$), azuritem, malachitem a chryzokol s credneritem ($2\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CuO}$). V druhé zrudnělé vrstvě (shora) jsou zvláštní kulovité konkrece oxidu a uhličitanu mědi, podobné oolitům, někdy o průměru několika centimetrů, které se místně nazývají boleos; odtud jméno oblasti. Ačkoliv mě tento typ rudy nesmírně zajímá, nikdy se mi nepodařilo získat vzorky a z povrchního Fuchsova popisu nejsem schopen si udělat představu o její genezi.

Třetí vrstva leží částečně pod hladinou podzemní vody a kromě výše uvedených minerálů obsahuje sulfidy mědi chalkozín (Cu_2S) a covellín (CuS).

Rudní vrstvy tvoří tufity (89) (podle Fuchse popelový kal vulkanických erupcí), ve kterých jsou rudy nepravidelně rozšířeny ve vtroušené formě nebo v žilkách („sous forme de mouche ou de veinules“) a kulových konkrecích. Rudy mají zřetelnou tendenci koncentrovat se na bázi vrstvy, kde tvoří kompaktní polohu, mocnou 15–25 cm.

Co se týče genetických otázek, musíme mít na paměti, že fosilie zastížené v těchto vrstvách naznačují otevřené, nepřilíhající hluboké moře. Je tudíž nemožné předpokládat, že v něm byly rozpuštěny železné, manganové a měděné slouče-

¹¹⁹ „The Copper-Deposits of Copper Basin, Arizona, and their Origin“. — Trans. A.I.M.E., XVII, 479.

¹²⁰ „Note sur les Gisements de Cuivre du Boleo“. — Assoc. Française pour l'Avancement des Sciences, 1885.

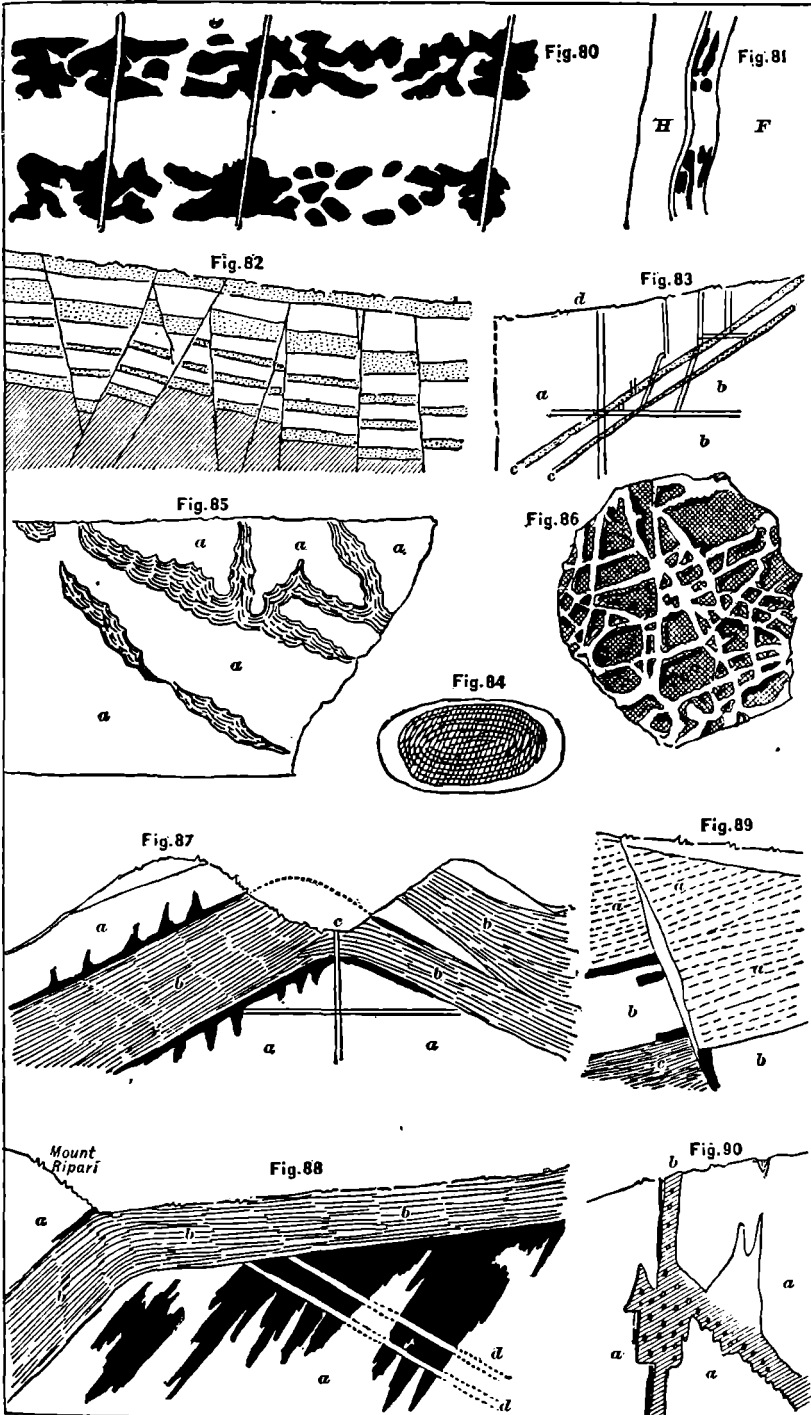
niny a že se z něj vysrážely současně s horninou. Periodické srážení kovů v mořské pánvi, tři- až čtyřikrát opakované, nepřichází v úvahu; v tomto případě musíme proto víc než kdekoli jinde předpokládat sekundární vznik rud (90). Údaje nezbytné k jeho vysvětlení stále ještě chybějí, ale jistě budou získány s postupem těžby. E. Fuchs s spokojil s tím, že poukázal na doznívání vulkanických procesů, ale nezabýval se genetickou otázkou. Slepence v podloží rudní vrstvy jistě hrály důležitou úlohu. S největší pravděpodobností představovaly kanály se stoupajícími minerálními roztoky, které byly nejspíše redukovány organickou hmotou v nadložních tufitech.

b) Metasomatická ložiska v rozpustných horninách

Metasomatická náhrada původního materiálu horniny byla již dávno u některých případů prokázána (např. u ložisek kalamínových rud), zatímco v jiných případech, kde důkaz nebyl získán, svědčí pro původ takových jevů, pozorovaných za jistých okolností, analogie. Je pravda, že části takových ložisek mohou tvořit výplně prázdných prostorů, které v důsledku nepřítomnosti zřetelné zonálnosti vysrážené rudy nelze jako takové rozpoznat. Musíme si zvyknout na skutečnost, že u mnohých, zatím nedostatečně prostudovaných ložisek není možné přesně určit genezi, proto musíme prozatím volit jeden z výše jmenovaných způsobů — ten, který lépe vysvětluje zjištěné údaje.

Ložiska kalamínových rud. Na ložiskách kalamínových rud v Raiblu v Korutanech, ve Wieslochu v Bádensku, ve Vieille Montagne a okolí, v Belgii, Německu a mnohých jiných místech poskytují nálezy fosilií, v nichž byl uhličitan nahrazen kalamínem, nejjasnější důkazy o metasomatické náhradě uhličitanu vápenatého směsí uhličitanů a silikátů zinku (kalamínem). Navíc struktura a forma rudních ložisek jsou charakteristické pro tento způsob vzniku. Jde většinou o tělesa nepravidelného obrysu, jejichž části vybíhají daleko do okolní horniny. Často lze sledovat časový sled nahrazování. Například v Raiblu (obr. 85) můžeme v místech, kde tento proces začal u puklin, sledovat postupný přechod od pukliny do horniny, přičemž nejzevnější akumulace jsou relativně nejmladší a leží na nerovném, hrubém povrchu vápence.

Někdy se strukturní znaky původní horniny v kalamínu opakují, jako například buněčná stavba tzv. Rauchwacke (podle švýcarských geologů cargneule), která se skládá z mřížoví tenkých, hladkých vápencových přepážek, mezi nimiž byl vápence rozpouštěn nebo zbyl pouze ve formě jednotlivých rozložených střípků. Je to jasně výsledek velmi složité přeměny, kterou Groddeck zjistil také na ložisku rtuti v Avale v Srbsku. Stěny buněk, které představují výplně puklin v rozdrčeném vápenci, se později změnilly v kalamín a pokryly se hroznovitými shluky tohoto minerálního společenstva (obr. 86).



Bradley & Bates, Engrs, N. K.

Kalamín často vzniká vlivem atmosférických činitelů nad hladinou podzemní vody a nezřídka doprovází ložiska olova a zinku ve vápenci.

Nemohu zde popisovat rozmanitá ložiska v Belgii, Porýní, Prusku, Vestfálsku, Horním Slezsku, Sardinii, Alžírsku apod., která jsem nadto osobně neprozkoumal. Učebnice Cotty, Groddecka a Phillipse uvádějí jejich povšechný popis a citují zdroje podrobnějších informací.

Laurion. Teprve nedávno byly popsány charakteristické rysy rozsáhlé důlní oblasti Laurion v Řecku,¹²¹ kde se těžilo již před dvěma tisíci lety. Ačkoliv jsou tam zastoupeny různé druhy rud, většina z nich patří k popisovaným typům.

V oblasti Camaresa je souvrství téměř horizontálních vápenců bez fosilií a krystalických břidlic protínáno mnoha žilami vulkanitů. Na SV se toto souvrství náhle strmě uklání, čímž je pravděpodobně naznačena přítomnost významné dislokace. Celá formace je protínána četnými rudními žilami, které jsou v krystalických břidlicích často dosti bohaté, aby se těžba vyplácela. Hlavní těleso rud však leží na kontaktu vápence s krystalickou břidlicí a proniká do vápence jednotlivými rudními sloupy. Na tzv. druhém a třetím kontaktu mají tělesa většinou nálevkovitý tvar a jsou orientována vertikálně. Obrázek 87 (Huotova ilustrace) ukazuje, že špičky nálevek směřují na jednom kontaktu vzhůru a na druhém dolů — ale v obou případech do vápence podle toho, zda

¹²¹ A. Cordella, *La Grèce sous le Rapport Géologique et Minéralogique*, Paris, 1878; a *Le Laurium*, Marseilles, 1869.

A. Huot, *Rapport sur les Mines du Sumium*, 1880, a *Mémoires de la Société des Ing. Civ.*, 1876—78.

-
80. Půdorys rudních ložisek ve Wallerfangen a St. Avold poblíž Saar Louis. (C. Simon)
81. Příčný řez výše uvedeným rudním ložiskem. *H* — nadloží; *F* — podloží
82. Řez ložiskem Mechernich, znázorňující nepravidelnou dislokaci pískovcových vrstev s rudami typu Knoten (86)
83. Příčný řez ložiskem dolu Vesuv, Freihung, Bavorsko. *a* — keuperský jíl; *b* — pestrý pískovec; *c* — rudní lože; *d* — těžební jáma
84. Průřez kmenem stromu, fosilizovaného galenitem, Freihung
85. Žilky kalamínu ve vápenci v Raiblu; *a* — vápenc
86. Buněčnatý kalamín Raiblu
87. Řez ložiskem Laurion, Řecko. *a* — vápenc; *b* — krystalická břidlice; *c* — jáma Hilarion (A. Cordella)
88. Řez ložiskem Laurion. *a* — vápenc; *b* — krystalická břidlice; *d* — žíly porfyru. (A. Huot)
89. Ložisko limonitu v západním Cumberlandu. *a* — hrubozrnný karbonský pískovec (millstone grit); *b* — karbonský vápenc; *c* — silurská krystalická břidlice. Hematit in situ. (J. D. Kendall)
90. Ložisko bobových železných rud ve Wochein, Carniola. *a* — vápenc; *b* — železná ruda. (A. von Morlot)

leží nad nebo pod krystalickou břidlicí. První způsob se dá vysvětlit tlakem vystupujících roztoků. Druhý, tak jak jej ukazuje tento obrázek, je asi poněkud zidealizován, alespoň profily tohoto třetího kontaktu uváděné Cordellou ukazují rudní tělesa, která sledují přímo plochu kontaktu.

Podle obrázku 88 (také od Huota) mají rudní tělesa nálevkovitý tvar, je-li profil veden od S k J, ale ve vz. profilu vykazují mírný sklon k Z, což lze těžko vysvětlit, pokud nesledují nějaké zbrzdličnatění, rovnoběžné se zmíněnou dislokací. Pod druhým kontaktem, který obsahuje hlavně olovo, jsou (podle Cordelly např. v šachtě Jean Baptiste) velká ložiska kalamínu, v němž je sekundární vznik sfaleritu pochybný, protože by vyžadoval předpoklad, že se oblast podzemní vody rozšířila až do této hloubky. Pokud jde o současnou hladinu podzemní vody, nacházím v dostupných popisech pouze konstatování, že oblast je obecně suchá a že staří horníci, kteří dolovali do hloubky 120 m, nemuseli žádnou vodu odčerpávat. Pokud jde o strukturu ložisek galenitu, mohu říci, že jsem viděl na výstavě v Paříži v roce 1867 vzorky galenitu, sfaleritu a pyritu, vykazující zřetelnou stratifikaci, ale nedozvěděl jsem se, z kterého ložiska pocházejí.

Až dosud nelze určit, které z různých vulkanických hornin této oblasti — eurit (91), porfyr, diabas, hadec, trachyt — jsou spjaty s rudotvornými procesy.

Minerály doprovázejícími produkty rozkladu v takových ložiskách, zvláště pak ložiskách kalamínu, jsou přirozeně často limonit a jiné železné rudy. V mnoha zemích hrají samostatnou úlohu, neboť se nezřídka tvoří metasomatózou vápence, jak dokazují nepravidelné tvary ložisek a v nich obsažené fosilie, přeměněné v rudu.

A l s a s k o. Takzvané bobové železné rudy („Bohneisenerze“) Alascka a přilehlých oblastí poskytují příklad, který popsal a správně vysvětlil Daubrée.¹²²

V Liebfrauenbergu leží nepravidelné slabé polohy, složené hlavně z limonitu, ale sotva těžitelné, na obou stranách antiklinály vogézkého pískovce a jsou pokryty aluviem. Avšak v jednom místě, poblíž Görsdorfu, se namísto limonitu vyskytuje nerozložené těleso pyritu a arzenopyritu.

C u m b e r l a n d. V Cumberlandu se ložiska limonitu vyskytují na kontaktech vápence spodního karbonu jak s jalovým souvrstvím svrchního karbonu (millstone grit) v nadloží, tak se silurskými krystalickými břidlicemi v podloží. Jsou spojena se zlomovými trhlinami, na jejichž obou stranách se vyskytují (viz obr. 89, převzatý z práce J. D. Kendalla).¹²³

¹²² Les Eaux Souterraines aux Époques Anciennes, s. 79.

¹²³ Trans. N. of E. Inst. of M. E., 1878, vol. XXVIII, pl. XXVIII.

Carniola. Některé pozoruhodné příklady bobových železných rud se nalézají v Alpách. Podle A. von Morlota¹²⁴ se vyskytují v oblasti Wochein v Carniole (proslulé železnými rudami a bauxitem) pouze v dolomitových a vápencových horninách, a to buď ve formě žilných loží pod dolomitovým detritem, nebo v jílu v dutinách dolomitu. Obrázek 90 ukazuje profil ploše uložené dutiny, částečně vyplněné vápencovým detritem a jílem, až k jejímu propojení s vyšší svislou dutinou. Ta byla vyplněna bobovou rudou uzavřenou v hlíně a podle Morlota se těžila do hloubky 250 m. Tu a tam lze v železné rudě nalézt pyritové jádro. Ložní masová ložiska bauxitu v asociaci s limonitem také někdy vykazují „bobovou strukturu“ rudy.

c) Ložiska v krystalických břidlicích a eruptivních horninách

Aniž bych zde chtěl zahájit diskusi o otázce regionální metamorfózy, mohu uvést obecné pravidlo: čím je hornina starší, tím více změn prodělala, nicméně tyto změny nepokročily ve všech místech stejně. Mnoho alpských křídových a třetihorních formací má silně metamorfní vzhled, a proto vypadají staře. Naopak mnohé silurské formace — jako např. v oblasti Petrohradu — se změnilly tak málo, že schránky fosilií v nich obsažené mají dosud perleťový lesk. Jedním slovem, některé oblasti byly postiženy silněji než jiné v důsledku příčin, o kterých zde nebudeme uvažovat. Když sledujeme vrstevní jednotky směrem dolů, dostaneme se do různých krystalických břidlic, často protínaných eruptivními horninami. Krystalické břidlice již nevykazují žádné znaky klastických sedimentů, protože se zcela změnilly v krystalickou hmotu. Nemůžeme doufat, že v těchto tělesech nalezneme zkamenělé organismy, ale výskyt neuspořádaného organického materiálu ve formě antracitu a grafitu dokazuje, že v době vzniku hornin byl organický život v sedimentech určitě zastoupen.

Mnohé znaky, které v jednoznačně sedimentárních horninách můžeme použít jako vodítka pro určení relativního stáří jejich rudních ložisek, zde chybějí. Zvrstvení se stává stále nejasnější a někdy je nelze rozlišit od břidličnatosti. Mnohá rudní ložiska vyskytující se v těchto horninách se přizpůsobila převládajícímu zvrstvení nebo břidličnatosti, takže většina z nich má zdánlivě strukturu a tvar vrstvy. Ten, kdo věří v možnost současného vzniku rud s horninami, se zde nebude obtěžovat genetickými dohady, ale podle staré klasifikace bude v těchto ložiskách spatřovat prosle „rudní lože“.

¹²⁴ „Geol. Verhältn. von Ober-Krain“, Jahrb. d. k.k. Geol. R. A., I, 1850, s. 407.

Taberg, Švédsko. Okolnost, že magnetit je součástí četných vyvřelých hornin, vedla mnoho geologů k názoru, že ložiska magnetitu v okolí takových hornin k nim bezprostředně patří. Tato teorie vznikla ve spojitosti s ložiskem Taberg v jižním Švédsku a propagovali ji F. L. Haussmann,¹²⁵ W. Hissinger¹²⁶ a A. Daubrée;¹²⁷ od té doby je Taberg považován za příklad intramagmatických ložisek magnetitu a ložiska Kačkanar, Vysokaja Gora a Blagodat se zařazují podle něj.

Vzniká otázka, kde vést dělicí čáru mezi vyvřelinou obsahující magnetit a ložiskem magnetitu. Vyvřelá hornina na lokalitě Samokov v bulharském pohorí Rila, z jejíhož zvětralého detritu se získává úpravou magnetit, není pravé rudní ložisko (92). Ložiskem je ale na druhé straně možno nazvat Taberg, kde je ruda nejen jemně rozptýlena ve velkém množství, ale vyskytuje se také v jednotlivých pevných žilách. Podle A. Sjörgena¹²⁸ se hornina skládá z olivínu, magnetitu a malého množství plagioklasu se slídou a s akcesorickým apatitem — jinými slovy, je to již metamorfovaná hornina. Vzhledem k tomu, že ve Skandinávii se magnetit vyskytuje na několika místech také v krystalických břidlicích, zdá se nepravděpodobné, že taberský magnetit je součástí primární horniny. To potvrzuje pozorování Th. Kjerulfa, podle něhož veškerá rudní ložiska v Norsku sledují průběh vyvřelých hornin. Stěží se ukáže, že Taberg je výjimkou a může se tudíž považovat za epigenetické rudní ložisko (21).

Než budu pokračovat, musím se zmínit o působení minerálních roztoků na okolní horninu, které by se také mohlo označit jako impregnace. V tomto ohledu jsou nejzajímavější ložiska cínu, protože obsahují rudu nejen v prostoru trhliny, ale do velké míry také v okolní hornině. Jestliže se žíly nacházejí v žule, mění se tato žula do určité vzdálenosti v greisen, tzn. je ochuzena o živec, který je v některých případech dokonce nahrazen kasiteritem a doprovodnými minerály. Tímto způsobem vznikají ony krásné pseudomorfozy kasiteritu po živci, které jsou ozdobou mnoha mineralogických sbírek (viz obr. 91).

Autorem obrázků 91—93 je C. Le Neve Foster.¹²⁹ Obrázek 91 znázorňuje přeměnu boční žulové horniny v greisen po obou stranách trhliny, která je zde vyplněna symetrickými zónami křemene až po centrální drůzu. Takové trhliny se často vyskytují těsně vedle sebe, a jelikož má každá svou vlastní zónu greisen, výsledkem je žilník, představující přeměnu žuly vytvořením husté sítě trhlinek.

¹²⁵ Reise durch Skandinavien, Göttingen, 1811—18, I, s. 165.

¹²⁶ Versuch einer mineralog. Geographie von Schweden (Woehlerův překlad), 1826, s. 205.

¹²⁷ Scandnaviens Erzlagerstätten (ed. G. Leonhard), Stuttgart, 1846, s. 25.

¹²⁸ Neues Jahrb. f. Mineralogie, 1876, s. 434.

¹²⁹ „Remarks on some Tin-Lodes in the St. Agnes District“, Trans. Roy. Geol. Soc. of Cornwall, 1877, IX, pl. III.

Cornwall. V břidlicích neboli killas cornwallských dolů je v blízkosti trhlíny často vidět poruchu zvrstvení (obr. 92), jakou lze najít i jinde ve spojení se zlomovými trhlínami. V tomto případě však je okrajová část žíly nebo přilehlá část břidlice také změněna chemicky, protože je impregnována křemenem doprovázejícím rudu. Sama trhlina je vyplněna křemenem, kasiteritem, chloritem, pyritem a úlomky boční horniny. Když se vzájemně přiblíží několik trhlín, je výsledek poněkud složitý, lze jej však zredukovat na právě popsany jednoduchý případ.

Ještě zajímavější je ložisko cínu East Wheal Lovell, které popsal tentýž autor.¹³⁰ Ruda se vyskytuje v žule po stranách úzké žíly křemene, od které není oddělena žádnou určitou hranicí, takže rudní těleso tvoří téměř svislý sloupec, omezený na okolí trhlíny, a přesto ležící v boční hornině. Je jasné, že zde za velkého tlaku musel vystoupit minerální roztok o vysoké rozpustné síle, aby způsobil takové účinky v hornině běžně považované za nerozpustnou. Obrázek 93 znázorňuje situaci jednoho z těchto rudních sloupců v žule v East Wheal Lovell.

Rudní ložiska v metamorfovaných a vyvřelých horninách se vyskytují zejména v rozsáhlých krystalinických oblastech severu, ve Skandinávii, v Kanadě a severovýchodních Spojených státech.

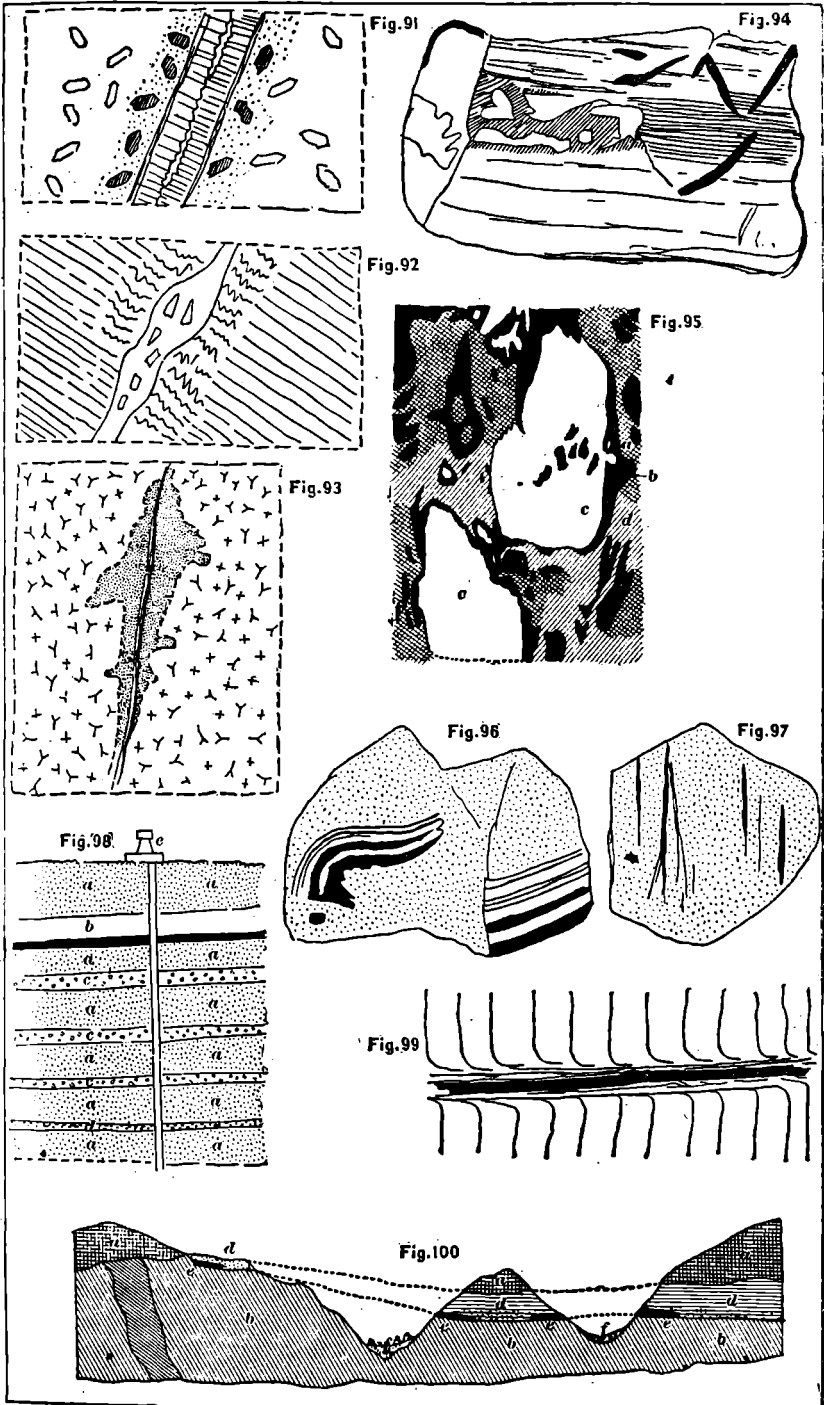
Skandinávie. Ve Skandinávii měla věda o rudních ložiskách, stejně tak jako petrografie, poměrně samostatný vývoj. Ačkoliv tyto země často navštěvovali zahraniční badatelé, bylo dosud zjištěno jen málo analogií s evropskými ložisky — bezpochyby proto, že zkoumané výskyty mají specifický charakter, ale částečně i proto, že místní badatelé zastávali jiná stanoviska a názory. V poslední době se objevily mezi norskými a švédskými geology rozdíly v interpretaci; norští geologové v čele s Kjerulfem se kloní spíše k evropskému hledisku.

Jak jsem již poznamenal, Kjerulf vysvětluje veškerá norská rudní ložiska vyplněním trhlín, hlavně pak zvláštního prostoru vznikajícího posuvem horniny podél vrstevní plochy a místě nazývaného „lineal“.

Pokud jde o rudní výplň, poukazuje na to, že výskyt rudních ložisek se musí studovat v celkových souvislostech. Podle Kjerulfa se ukazuje, že rudní ložiska zaujímají určité linie, charakterizované přítomností vyvřelých hornin.¹³¹ Rudy se nacházejí hlavně v krystalických břidlicích, podél kontaktu s vyvřelinami a někdy v samotných vyvřelých horninách. V prvním případě jsou různé sulfidy většinou doprovázené křemenem, uloženy rovnoběžně se zvrstvením

¹³⁰ C. Le Neve Foster, „Remarks upon the Tin-Deposits of East Wheal Lovell“, Trans. Roy. Geol. Soc. of Cornwall, 1876, LX, pl. II.

¹³¹ Die Geologie des südl. u. mittl. Norwegen (autorizované německé vydání, Dr. A. Gurlt), Bonn, 1880, s. 81, 284, 293.



Brantley & Swaton, Engrs., N.Y.

nebo břidličnatostí horniny a vypadají jako vrstvy, ale jejich sekundární původ naznačují tektonické ohlazy, větvení ložisek a jiné znaky. Někdy je to jasně vidět i z průběhu rudních těles přetínajících zvrstvení nebo břidličnatost. V muzeu v Oslo je mnoho velkých vzorků rudy, z nichž některé vykazují po nabroušení tuto strukturu naprosto jasně. Kjerulf¹³² vyobrazení některých z nich publikoval.

V této souvislosti je zcela popřen primární rudonosný charakter fahlbandů (Fahlbänder) (15) (l. c., str. 323), jež geologové často uvádějí jako primární rudní vrstvy, schopné obohacovat rudní žíly, které je protínají. Prokázalo se, že pásma vtroušených sulfidů (15) v Modumu souvisí s malakolitem a augitem, které vnikají do „linealu“ mezi strmě ukloněnými polohami křemitých krystalických břidlic. Obrázky 94 a 95 mají ukázat vzhled těchto ložisek, dříve považovaných za rudní vrstvy. První obrázek znázorňuje vzorek z dolu Kongens v Røros a na druhém je část vzorku, jehož vyobrazení uvedl Kjerulf z dolu Mug v Trondheimu. Na prvním okamžitě poznáváme naložený typ žilného zrudnění (93); druhý vypadá, jako kdyby krystalizace minerálů nastala až po rudní impregnaci (94).

Státní hranice samozřejmě nedělí povahu rudních ložisek ve skandinávských královstvích. Švédská ložiska jsou často pokračováním norských. Krystalické horniny ve Švédsku mají zvláštní vývoj a jsou také švédskými petrografy různě nazývány. Např. ve švédském granulitu by člověk sotva poznal jeho kontinentálního jmenovce (95). Tyto horniny nejsou obvykle tak hrubě krystalické, aby se jejich minerály daly rozlišit pouhým okem: tzv. eurity (91) jsou jemně

¹³² „Pragstufar med Braeciestruktur fra Muggruben og Stovarts“, *Magazin for Naturvidens*, Koborn, XXVII, B, s. 335.

-
91. Kasiteritová žíla cínu v Cornwallu s pseudomorfózami kasiteritu po žilci v boční žulové hornině. (C. Le Neve Foster)
 92. Kasiteritová žíla v Cornwallu znázorňující „žilnou obrubu“ (capel) nebo přeměněnou boční horninu (killas). (C. Le Neve Foster)
 93. Impregnace žuly cínovou rudou v East Wheal Lovell, Cornwall. (C. Le Neve Foster)
 94. Vzorky rudy z dolu Kongens v Røros, Norsko. (Th. Kjerulf)
 95. Vzorek rudy z dolu Mug, Trondheim, Norsko. *a* — pyrhotin; *b* — slída; *c* — křemen; *d* — chalkopyrit. (Th. Kjerulf)
 96. Leštěný vzorek rudy z Ämmebergu ve Švédsku
 97. Dto, vykazující listkové stříbro v trhlinách ve sfaleritu
 98. Řez dolem Copper Falls, Lake Superior. *a* — lávový výlev; *b* — tmavý lávový proud zvaný „ash-bed“ v hloubce 24 m; *c* — amygdaloid; *d* — pískovec v hloubce 128 m
 99. Žíla Velká sedlová (Nagynyerges) v Herja (Kisbánya), Transylvánie
 100. Řez paleozoickým klastickým ložiskem zlata v Black Hills. *a* — porfyr; *b* — krystalická břidlice; *d* — potsdam (staré linie kontaktu jsou vytečkované); *e* — dohývky „cementovaných“ rud (111); *f* — rýžoviště: v rokli Deadwood v Central City na obrázku vlevo, v rokli Blacktail vpravo. (Devereux)

krystalické, hälleflinta je téměř amorfni a představuje horniny afanitického charakteru. Vrstvy a masivní ložiska (11) v krystalických horninách jsou často (jako mnohá norská ložiska) doprovázena maskovou a chloritickou břidlicí. Někdy je také přítomen vápenec, jako ve Falunu, Tunabergu a jinde, kde rudy leží na kontaktech s vápenci. Rudy z některých těchto ložisek prodělávají v hloubce pozoruhodnou změnu. Tak např. masivní pyrit-chalkopyritové rudy ve Falunu s hloubkou ubývají a místo nich se uprostřed pyritového tělesa objevují zlatonosné křemenné žíly, které byly v nedávných letech intenzivně těženy.

Ä m m e b e r g. Jedno z nejzajímavějších ložisek — důl na sfalerit v Ämmebergu,¹³³ patřící společnosti Vieille Montagne, jsem osobně prozkoumal.

Na linii dlouhé ca 3,5 km, která má hlavně vz. průběh, se v granulitu nebo v ruce připomínající granulit vyskytují strmě se uklánějící vrstvy sfaleritu. V některých místech jsou velmi pěkné stlačené vrásky. Na první pohled se zdá, že rudy představují přirozené vložky stejného stáří jako horniny. Rudy však nepokračují podél celé linie, ale tvoří jednotlivé čočky, mocné až 15 m, které vykazují zřetelné zvrstvení. tvořené vrstvami jemnozrnné až amorfni rudy (texturou připomínající hälleflintu), která se střídá s hrubším granulitem. Vybroušený vzorek na obrázku 96 jasně ukazuje epigenetický původ rudy. Původní zvrstvení je zde naznačeno řadou světlých a tmavých vrstev hälleflinty, mezi které proniká hrubě krystalický granulit a rudy. Zdá se, že zvětšení objemu hrubě krystalických vrstev a jejich rozpukání umožnilo přínos rudy (96).

Stejně vysvětlení platí pro některé části ložiska, ve kterém se ruda vyskytuje v silně zvrásněných a pokroucených vrstvách mezi dvěma nezvrásněnými polohami jemnozrnných jalových hornin. Toto zvrásnění rozhodně není způsobeno vnější mechanickou energií, ale vnitřními chemickými reakcemi (97).

Některé vrstvy sfaleritu obsahují značnou příměs galenitu, jako např. dvě rudní vrstvy na obrázku 97, oddělené jemnozrnnou jalovou vrstvou euritu (91) žluté až hnědé barvy. Celé těleso protínají jemné trhliny kolmé k zvrstvení, které jsou vyplněny lístkovým stříbrem, vypadajícím jako staniol. Nahrazení původních složek horniny rudou je zde zcela nepochybné.

Předpokládá se, že sfalerit nahradil slídu v granulitu, ale také ostatní boční horniny jsou metamorfni (98). V povrchovém dole Godegård II. jsem nalezl uprostřed krystalických břidlic něco, co jsem považoval za vápenec, ale cestou jsem vzorky určené k podrobnějšímu výzkumu ztratil. Petrografové však už jistě od té doby tento problém vyřešili (99).

Ložisko Ämmeberg není tedy, ačkoliv je tak zřetelně zvrstvené, primárního syngenetického původu; tím méně můžeme tento původ předpokládat u jiných ložisek, která se vyskytují jako čočky s nerozmanitější výplní, vyvinuté v krys-

¹³³ A. Sjögren, „Undersökning of den omgrifande Bergarten on Ämmebergs Grufvor“. Geol. Föreningens i Stockholm Förhandl, 1880, V.

talických břidlicích. Jestliže slída může být nahrazena sfaleritem, magnetitem apod., je taková změna pochopitelně omezena na určité části horniny v bezprostředním dosahu zrudnění. Tyto části, na rozdíl od zbývajících okolní horniny, patří ještě k ložisku.

Některá alpská rudní ložiska se do jisté míry podobají skandinávským, např. Prettau v Ahrnském údolí v Tyrolsku, Brenthal poblíž Mühlbachu v Salzburgu a Schneeberg poblíž Sterzingu v Tyrolsku.

Prettau v Tyrolsku. Existuje zde velmi starý důl na měď, který byl v roce 1878 postižen velkou katastrofou a hned tak se nevzpamatuje; zařízení u tavrny totiž pohřbila lavina tak mocná, že pro vyproštění zásob vyrobené mědi a jiných cenných předmětů bylo nutné vyhloubit šachty do hloubky téměř 20 m.

Krystalické břidlice, které zde mají vz. směr a strmě se uklánějí k J, obsahují impregnační zóny mědi a pyritu, které jsou horizontálně velmi krátké, ale protažené ve směru sklonu. Ložisko bylo otevřeno vertikálně do hloubky 500 m (představující po sklonu 600 m), takže v horizontální projekci je vzdálenost mezi povrchem a spodní úrovní dolu pouze 350 m. Na obrázcích 56 a 57 je vidět vertikální průřez a půdorys. Obrázky 54 a 55 jsou náčrtky pořízené ze stropu a z boku důlní chodby Ottilie, kde chloritické břidlice s pyritu tvoří nesmírně složité tvary, trochu podobné strukturám, které jsem pozoroval v transylvánské soli kamenné. Podle mého názoru to můžeme vysvětlit buď vnitřním zvýšením objemu, nebo hákováním chloritické břidlice podél strmé linie, uklánějící se na Z a sledované rudním ložiskem. Utvořit si správnou představu o tomto ložisku je nesmírně obtížné. Měl jsem možnost studovat ložisko pouze v některých nižších patrech dolu.

Je pozoruhodné, že pyritový důl v Brenthalu blízko Mühlbachu vykazuje velmi podobnou strukturu a tvar rudních těles a téměř tentýž z. úklon (100) na vz. ploše stratifikace. Vypadá to, jako kdyby tektogenetické pohyby hrály vedoucí úlohu a určily tentýž sklon rudních těles ložisek na opačných stranách Středních Alp.

Tam, kde rudní těleso mizí a pyritu se nalézají ve formě zrn a krystalů vtroušených v chloritu, je zřejmý druhotný charakter impregnace. Prostor masivního rudního tělesa (11) byl pravděpodobně připraven mechanickými silami. Metamorfóza zřejmě nebyla příčinou vzniku prostoru pro mineralizaci, protože přeměna původních minerálů okolních hornin sotva mohla být příčinou vzniku jeho abnormálního stavu a rozměru.

Komplexy starších hornin v Americe jsou popisovány na rozsáhlém území a i tam se vyskytuje a těží mnoho rudních ložisek, která patří k podobnému typu, i když se skandinávským ložiskům příliš nepodobají. Nehodlám zde popisovat četná a známá rudní ložiska východních a severních států, ale nemohu se vyhnout krátké zmínce o některých zvláštních typech.

Lake Superior. Mědinosná oblast Lake Superior skýtá mnoho zajímavých výskytů, z nichž některé dosud nebyly z genetického hlediska uspokojivě vysvětleny, ač jsou odkryty rozsáhlou těžbou a často podrobně popsány. Je pozoruhodné, že měď a stříbro se zde vyskytují téměř výhradně jako ryzí, i když se všeobecně připouští, že to není obvyklá prvotní forma mědi. Zdá se, že sulfidy se objevují jen zřídka a zpravidla se jim nevěnuje pozornost. V Lac-la-Belle jsem kdysi viděl starý důl na pyrit, chalkozín a galenit, o kterém se říkalo, že ve vyšších patrech obsahoval ryzí měď. Foster a Whitney se o tom ale nezmiňují.¹³⁴

Jak je obecně známo, ryzí měď se v této oblasti vyskytuje jak v žilách, tak v polohách (ložích) v souvrství, ležícím mezi huronem a kambriem, kterým pronikají četné proudy vulkanických hornin.¹³⁵ My se budeme zabývat rudními polohami. Ruda v dole Calumet and Hecla je tvořena slepencem porfyrových valounů, jiná, v dole Copper Falls, je proudem tmavé lávy, který je nazýván „ash-bed“. Tato poloha je impregnována mědí na obou stranách žíly Owl Creek, která ji protíná (obr. 98), zatímco v dole Calumet and Hecla měď místy tvoří tmel ve slepencích.

V obou případech byly prostory, dnes vyplněné mědí, kdysi určitě vyplněny jiným materiálem a současný stav je výsledkem celé řady složitého nahrazování.

R. Pumpelly, který původně věřil v současný původ mědi a okolní horniny, byl později přesvědčen, že měď nahradila zejména epidot a chlorit a že zde jsou zastoupeny určité fáze metasomatických procesů. Vyvřelé horniny byly obvykle silně postiženy — např. valouny ve slepencích, horniny na Isle Royale atd. Naopak některé akumulace, např. polohy „ash-bed“, byly postiženy málo. Prvý případ, který je protikladem druhého, sloužil dávno před Sandbergerem jako důkaz jakési teorie o laterální sekreci. V místech, kde nadloží horniny obsahující měď tvořil vulkanický proud, se uplatnila descendentní teorie.

Některé hypotézy předpokládají, podle mého názoru správně, že prvotní příčinou uložení rudy bylo působení horkých pramenů. V této souvislosti je však nutno zdůraznit, že termální účinky nastaly dlouho po proniknutí vulkanických proudů mezi vrstvy sedimentů, takže rudy nebyly přineseny vyvřelinami, ale pozdějšími roztoky z velkých hloubek a patrně i ze značných vzdáleností. Toto vysvětlení, aplikovatelné na všechna ložiska, se hodí i na výjimečný případ citovaný R. D. Irvingem, totiž na rudní lože mědi Nonesuch, které se nachází v pískovci Porcupine Mountains daleko od výskytu vulkanitů.

¹³⁴ Report on the Geology and Topography of a Portion of the Lake Superior Sand-District, I, Washington, 1850, s. 139.

¹³⁵ M. E. Wadsworth, „Notes on the Geology of the Inland Copper-Dist. of L. Superior“, Bull. of Mus. of Comp. Zool., Harvard College, Cambridge, VII, 1880.

R. Pumpelly, „The Paragenesis and Derivation of Copper and its Associates on Lake Superior“, Am. Jour. Sci., 1872, III.

R. Duer Irving, „The Copper-Bearing Rock of L. Superior“, U. S. Geol. Sur., 3rd Ann. Rep., Washington, 1883.

Pokud jde o podmínky, za kterých byly rudy poprvé uloženy, a způsob, kterým byly zredukovány a spojeny s výskytem zeolitů, musíme hledat další údaje, abychom si mohli utvořit správný názor.

Sudbury, Kanada. Zcela nedávno publikoval A. B. von Foulton svá pozorování z oblasti Sudbury v Kanadě¹³⁶ a vyslovil velmi zajímavé teoretické závěry, které však naprosto odporují mým představám. Týkají se ložisek pyritu, popsanych T. G. Bonneym¹³⁷ a později R. Bellem,¹³⁸ která se sice nalézají v horninách huronu, ale na jejich hranicích s výlevy dioritu apod. Rudy jsou vázány na tělesa dioritu, konkordantně uložená ve vrstevnatých horninách. Rudní tělesa mají tvar žilníků a skládají se z nepravidelné směsi horniny a sulfidů. V rudě, která obsahuje zlato, stříbro, platinu, cín, olovo, zinek a železo, se také vyskytuje živec, křemen a apatit. Tento výčet, který jsem převzal z Bellova popisu, se značně podobá skandinávským ložiskům.

Foulton, který v tomto oboru udělal řadu důležitých pozorování, podložených pečlivými chemickými rozbory, nakonec o genezi těchto ložisek napsal:

„Nepravidelná směs pyritů a silikátů s chalkopyritem a pyrhotinem se vyskytuje v hornině v rozmanitých koncentracích a všech představitelných tvarech; někdy se ruda vyskytuje roztroušená v dioritu, jindy je diorit obklopen rudou a střídavě jednou hornina, podruhé pyrit tvoří základní hmotu — tato fakta nepochybně dokazují jejich současný původ. V určitých údobích intruze dioritu bylo magma bohaté na akcesorické složky a ty umožnily tvorbu kovových sulfidů, které se během tuhnutí oddělily.“

R. Bell se vyjádřil ještě jasněji:

„Rudy nemají původ hydrotermální, ale pocházejí z taveniny, jak dokazuje jejich výskyt v dioritu, kterým byly vneseny. Tělesa roztaveného dioritu musela dlouho zůstat tekutá, aby kovové sulfidy měly možnost se oddělit, koncentrovat v určitých místech a pokračovat v krystalizaci s dioritem. Spousta roztaveného dioritu a těžké kovy se pak musely ponořit do hloubky.“

Tato překvapující tvrzení předpokládají, že z chemického hlediska není možná přítomnost kovových sulfidů v magmatu, tzn. v roztavené eruptivní hornině, jak usoudil H. C. von Leonhardt¹³⁹ na podkladě metalurgických analogií.

Šachtové pece, které se používají na zpracování rud, produkují strusku, sulfidy kovů (kamínek) a ryzí kovy. Ale výše uvedená Bellova hypotéza před-

¹³⁶ „Ueber einige Nickelerzvorkommen“, Jahrb. d. k.k. R. A., XLIII, 1892, s. 276.

¹³⁷ „Notes on a Part of the Huronian Series in the Neighborhood of Sudbury“, Quart. Jour., B., XLIV, 1888.

¹³⁸ „The Nickel- and Copper-Deposits of Sudbury District“, Bull. Geol. Soc. of Am., II, Rochester, 1891.

¹³⁹ Hüttenerzeugnisse und andere auf künstlichem Wege gebildete Mineralien als Stützpunkte geologischer Hypothesen, Stuttgart, 1858.

pokládá spíš společné roztavení a při chladnutí následné oddělení strusky (dioritu) a sulfidů kovu. Tito autoři by rozhodně neměli vynechávat vysvětlení principů, na kterých zakládají svůj výklad, a měli by současně vzít v úvahu vnitřní strukturu a různé vztahy uvnitř rudních ložisek, jako jejich konkordanci s okolními zvrstvenými horninami, výskyt rudních komínů, podobných těm, které známe z ložisek vytvořených cirkulací vody atd.

Tato pyritická ložiska obsahují téměř veškeré těžké kovy (včetně platiny a zlata, které se vyskytuje v křemeni) stejně jako jiná ložiska ve světě.

Skutečnost, že výše citovaná vysvětlení nemohou obstát, je jistě zřejmá a tato krátká zmínka o nich postačí (101). Přesto se zdá, že i jiní badatelé, kteří zkoumají genezi rudních ložisek, zaujímají podobné stanovisko.¹⁴⁰

4. Sekundární ložiska (6)

Pod tímto pojmem jsou zahrnuta ložiska vzniklá na zemském povrchu z původních ložisek (o jejichž původu jsme uvažovali výše) v důsledku chemických a mechanických procesů. Tato ložiska byla nazývána různě: tak název „klastická ložiska“ (102) zdůrazňuje představu mechanického drcení nebo dezintegrace; německý termín Seife je podobně jako španělské a americké „rýžovisko“ odvozen od způsobu, kterým se taková ložiska těží. Je pravda, že výraz „sekundární ložiska“ uvedený definici vyhovuje, ale protože se často ve spojení s genezí rud používá v jiných významech, není zcela jednoznačný. Cítím se proto oprávněn navrhnout pro tuto skupinu výstižnější název „hysteromorfní“ (103) (později utvořená).

V hloubce zjištěné exogenní proměny ložisek jsou tak charakteristické, že nám dovolují rekonstrukci procesů z období, kdy se ložisko vytvořilo na tehdejší zemském povrchu. Je jisté, že tehdy měly exogenní vlivy podobné účinky jako dnes (104), a proto musíme do své úvahy o této otázce zahrnout i hysteromorfismus dřívějších geologických údobí.

a) Chemické účinky

Chemické vlivy zasahující ze současného povrchu do hloubky byly již předmětem mnoha diskusí. Zahrnují nejen jevy na povrchu samotném, ale také v oblasti hladiny podzemní vody a dokonce pod ní, až tam, kam lze sledovat vadózní cirkulaci.

¹⁴⁰ Např. J. H. L. Vogt, of Christiana, „Bildung von Erzlagertstätten durch Differenzierungsprozesse im basischen Eruptionsmagma“. — Zeitsch. f. prakt. Geol., 1893, I, s. 4.

Na povrchu jde zejména o okysličující působení atmosféry a v ní obsažené kyseliny uhličitě a jiných složek atmosférického původu. K tomu přistupují mechanické účinky větru a tekoucí vody, což způsobuje jev, který Justus Roth¹⁴¹ nazval „jednoduchým zvětráváním“, aby jej odlišil od složitějších forem rozkladu. Když neuvažujeme pouze horniny, ale i výchozy rudních ložisek, setkááme se podle Rotha se „složitým zvětráváním“.

Podzemní zvětrávání způsobené činností atmosférických složek rozpuštěných v povrchové vodě sahá, jak je známo, k hladině podzemní vody. Zde se může projevat velmi silně, protože v této úrovni dochází ke kolísání vodní hladiny, což podporuje rozklad hornin.

V části I jsem poukázal na to, že podobný stav vzniká v dolech, kde po umělém snížení úrovně hladiny podzemní vody se do oblasti působení vadózní cirkulace dostává i hloubková úroveň touto cirkulací dříve nezastižená. Hluboké a staré rudní doly vykazují účinky vadózní cirkulace velmi výrazně. Kromě toho je důležitý ještě jeden jev, jen zřídka zastižený v místech, které jsou pod vlivem přirozené hladiny podzemní vody, totiž účinek důlních vod na různé jevy zemského povrchu (105).

Ložisko limonitu blízko Rio Tinto, Španělsko. J. A. Phillips¹⁴² uvádí ve své skupině „ložiska vznikající v důsledku chemického působení“ jeden z těchto vzácných případů. Jde o ložisko hydratovaného oxidu železitého v blízkosti velkých železných a měděných sulfidických ložisek v Rio Tinto ve Španělsku. Ložisko je poměrně mladé (soudě podle fosilií, shodujících se s druhy, které v oblasti dosud žijí) a bezpochyby vzniklo zvětráváním a rozkladem sousedního ložiska pyritu. Uložilo se v bažinaté pánvi s rašelinou a po následné erozi z něj zůstaly pouze dva zbytky — v Mesa de los Pinos a v Cerro de las Vacas. Je zřejmé, že v tomto případě nebyl úlomkovitý materiál pyritového ložiska odnesen mechanicky a uložen jinde, ale jde o chemický proces, při kterém ruda vznikla z roztoku, tak jako při tvorbě bahenní rudy. Zdejší formace je jistě starší než římské údobí, neboť se našly římské hrobky vyrobené z této mladé železné rudy.

Důlní vody obsahují roztoky veškerých látek, rozpuštěných přímo nebo nepřímou vadózní cirkulací; některé z nich se mohou vysrážet, když narazí na vhodné precipitanty. Tak např. oxid železnatý se oxidací stává hydratovaným oxidem železitým, mnohé sírany kovů se organickými látkami redukují na sulfidy, soli mědi se takto mohou redukovat na kov atd. Tyto nové precipitáty významně značí cestu důlních vod.

Přestože roztoky vytvořené povrchovými vodami si podobně jako důlní vody většinou nacházejí cestu k místům, kde hladina podzemní vody dosahuje

¹⁴¹ Allgem. u. Chem. Geologie, vol. I, Berlin, 1879, s. 69—159.

¹⁴² A Treatise on Ore-Deposits, London, 1884, s. 15.

k povrchu, jejich část ve formě podzemní vody proniká do větších hloubek. Takové roztoky mohou v hloubce velmi pravděpodobně vytvořit impregnace, které se pochopitelně svou povahou liší od impregnací vytvořených hlubinnou cirkulací vodních roztoků.

V ložisku, z kterého takové roztoky pocházejí, zůstávají hlavně těžko rozpustné látky společně s takovými minerály (jako jsou některé drahokamy), které odolávají všem atmosférickým vlivům. Srážkové vody, které v sobě mají kyslík, trochu kyseliny uhličitá a malá množství chloridů, nejdříve zoxidují všechno, co lze, zejména sulfidy kovů. S. H. Emmons¹⁴³ publikoval na toto téma jasný výklad s praktickými závěry. Pořadí minerálů podle náchylnosti k rozkladu je následující: 1. markazit, 2. pyrit, 3. pyrhotin, 4. chalkopyrit, 5. bornit, 6. folgerit, 7. millerit, 8. chalkozín, 9. galenit a 10. sfalerit. Kyselý síran železitý, vzniklý z prvních členů této řady, napadá okamžitě další členy. Kyselina uhličitá, obsažená v cirkulujících vodách, má vysokou rozpouštěcí schopnost a mezi jinými rozpouští uhličitán vápenatý na kyselý uhličitán, který reaguje se zásaditými sírany a vytváří sádrovec a volnou kyselinu uhličitou a posléze mění síran olovnatý na uhličitán (cerusit). Oxid mědi a za určitých okolností ryzí měď mohou vzniknout ze síranu měďnatého atd.

K chlóru, obsaženému v chloridech, mají nejsilnější afinitu olovo a stříbro a v důsledku toho se tyto kovy často vyskytují ve svrchní zóně jako chloridy.

Rozklad zlatonosných a stříbronosných ložisek nad hladinou podzemní vody usnadňuje jejich těžbu. Kovové zlato se dá získat jednoduchým procesem mechanické koncentrace a amalgamací z oxidovaného materiálu, kdežto zlato v nerozložených sulfidech apod. se získává pražením sulfidů, tavením nebo chlorací s většími či menšími náklady a potížemi. Také stříbro se zpravidla vyskytuje v tomto svrchním rozloženém pásmu ve formě snadno amalgamovatelných kombinací (volné stříbro), zatímco nesnadno tavitelné rudy hlubších pásem se zpracovávají mnohem obtížněji.

Je pochopitelné, že z těchto důvodů se důlní podniky často dostávají do kritické situace, když dosáhnou hladiny podzemní vody, a mnohé doly dokonce přestávají být výnosné. Důležitou úlohu hrají jistě také jiné příčiny, jako nutnost čerpat větší množství vody, náklady za důlní stroje atd.

Je pozoruhodné, že na západě Severní Ameriky leží hladina podzemní vody hlouběji než v Evropě. Domnívám se, že je tomu tak proto, že oblast vnitřní pánve Severní Ameriky, která nemá žádný povrchový odtok do oceánu, byla dříve protkána hlubokými erozními údolními, umožňujícími únik podzemní vody v nižší úrovni. Tuto domněnku potvrzuje v Utahu a Nevadě úroveň údolí (širokých několik kilometrů a vyplněných velmi mladými sedimenty) mezi poměrně úzkými pohořími, která se zdají být vrcholy dřívějších pohoří.

V Evropě byla rudní ložiska ve svrchních pásmech vytěžena již dávno,

¹⁴³ „The Chemistry of Gossan“, E. and M. J., 1892, LIV, s. 582.

v době, kdy chemie byla ještě v plenkách. Ale ze zbytků v těchto dolech zjišťujeme, že se v nich vyskytovaly uhličitany olova a stříbra a různé slany, jako anglesit, ačkoliv zřejmě nebyly rozpoznány. V Transylvánii se rozložené produkty na výchozu rudy nazývaly „Bräunen“ („hnědáci“), zřejmě podle hnědé barvy hydratovaného oxidu železitého. Známa zásada německých horníků týkající se železného klobouku je velice stará; totéž lze říci o cornwallském přísloví „gossan jezdí na vysokém koni“. Limonit je charakteristickým znakem výchozu rudního ložiska a není pochyb, že jeho červenohnědá barva vnukla jihoamerickým horníkům názvy pacos a colorados.

V několika případech se železný klobouk skutečně těžil jako železná ruda. Zpravidla jde o rozložený, pórovitý a voštinovitý materiál, vzniklý ve svrchní části rudních žil a zbarvený limonitem. Část rudního ložiska nad hladinou podzemní vody má charakteristický vzhled. Křemen a jiné odolné minerály žilné výplně jsou obklopeny a impregnovány zemitým limonitem. Původní struktura ložiska je obvykle setřena a někdy se úlomky primární rudy, rozlámané a rozdrcené vlivem změn objemu, nacházejí chaoticky nakupené na výchozu. Příležitostně však v nich můžeme ještě dnes sledovat původní strukturu rudy. Některé látky (zvláště kalamín vzniklý ze sfaleritu) mají tvar stalaktitů, charakteristický pro zónu vadózních vod. Původní drúzy, stejně jako nedávno utvořené dutiny, jsou vyplněny novým materiálem, event. se objeví sekundární krustifikace.

Nesmím zapomenout zmínit se o tom, že v sekundárních ložiskách se zlato podle některých pozorování vysráželo chemicky. Oscar Lieber,¹⁴⁴ F. A. Genth a A. R. Selwyn vyjádřili názor, že úlomkovité zlato obecně nebo jeho určitý podíl se vysrážely z roztoků. Laur, J. A. Phillips, Wilkinson, Newberry, Daintree,¹⁴⁵ Skey, Englestone¹⁴⁶ a další přijali toto hledisko za téměř obecně aplikovatelné. E. Cohen¹⁴⁷ je kriticky prozkoumal a na základě svých zkušeností z jižní Afriky se přiklání k závěru, že kterému dospěl Devereux v případě Black Hills v Dakotě: předpokládá, že největší část úlomkovitého zlata se uvolnila mechanickou destrukcí starších ložisek a uložila mechanicky. Vysrážení z roztoků jistě probíhá také, ale hraje pouze velmi podřadnou úlohu (106).

Já jsem svůj názor vyjádřil ve výše uvedené citaci.¹⁴⁸ Není pochyb o tom, že tu a tam se v úlomkovitých ložiskách objevují stopy chemického působení, ale nestačí k tomu, aby oslabily jasné důkazy o mechanickém původu úlomkovitého zlata.

¹⁴⁴ V Cottových Gangstudien. a v Geol. Rep. of S. Carolina, 1860.

¹⁴⁵ Viz A. G. Lock: Gold, its Occurrence and Extraction, s. 746—800.

¹⁴⁶ „The Formation of Gold Nuggets and Placer-Deposits“, Trans. A.I.M.E., IX, 1881, s. 633.

¹⁴⁷ „Ueber die Entstehung des Seifengoldes“, Mitth. d. Naturw. Vereins f. Neupommern u. Rügen, XIX, 1887.

¹⁴⁸ Viz mou práci „Zur Genesis der Metallseifen“, Oesterr. Zeitsch. f. b. u. H.-wesen, 1887, XXXV, s. 325.

b) Mechanické účinky

V učebnicích geologie se v kapitole o erozi rozsáhle pojednává o mechanických účincích tekoucí vody a o účincích vzduchu, mrazu a ledu na horniny obecně. Zde nás zajímají hlavně účinky těchto činitelů na výchozy rudních ložisek. Okamžitě zjistíme, že na rozdíl od chemických účinků se mechanické vlivy omezují na povrch, popřípadě na malou vzdálenost pod ním. Všeobecně musíme předpokládat, že chemické změny nastaly dříve, ale že postup eroze nám odhaluje oba druhy vlivů současně.

Verchoviky (7) neboli povrchová ložiska in situ. Eroze se zúčastňují nejen voda a led (ledovce), ale také vítr. Jestliže například z důvodů větší odolnosti rudní ložisko vychází nad úroveň povrchu, má vítr neustále tendenci odnášet jemnější a lehčí částičky, které vznikly chemickými procesy zvětrávání, takže časem z původního výchozu zbudou pouze těžší akumulace, pokud je neodnese voda. Sám jsem na Uralu zjistil, že povrchové dobyvky na zlato, jež původně bylo zřejmě uloženo v říčních sedimentech, se táhnou po svazích vzhůru do míst, kde se říční sedimenty již nedochovaly. Zlatonosný reliktní detrit se tudíž nazývá nagornyje rozsypy a verchoviky.

W. C. Kerr¹⁴⁹ zjistil podobný jev v zlatonosných ložiskách v Severní Karolíně a já jsem jej viděl v Čechách ve starých zlatých dobovkách u Kašperských Hor a Nesvačil,¹⁵⁰ kde jsou ploché horské hřebeny pokryty starými jámami a haldami. Není možné je považovat za diluviální terasy, protože detrit přechází do pevné rulové horniny, kterou protínají četné křemenné žíly. Zlato se nalézá soustředěné v nejhlubší části zvětralého detritu, tj. na kontaktu se skalním podložím, a vniklo do všech jeho otevřených, jen volně vyplněných trhlin (107).

Také Cotta¹⁵¹ hovoří o ložiskách klastických rud in situ, vyskytujících se na náhorních rovinách a horských svazích a skládajících se z produktů zvětrávání, které nemají nic společného s oblázky nebo pískem, nahromaděným ve vodních tocích. A. G. Lock¹⁵² mluví o tom, že povrchová ložiska jsou „výsledkem dezintegrace horniny in situ“, a říká:

„Zlato, které obsahují, je ostrohranné nebo kostrovitě krystalické a pochází ze zlatonosných křemenných žil nebo odžilků z bezprostřední blízkosti.“

Podobné podmínky převládají v oblasti Kačkanar a budou později popsány podrobněji.

¹⁴⁹ „Some Peculiarities in the Occurrence of Gold in North Carolina“, Trans. A.I.M.E., X, 475.

¹⁵⁰ „Zur Genesis der Metallseifen“, Oesterr. Z. f. B. u. H.-wesen, 1887, XXXV, s. 325.

¹⁵¹ Erzlagertätten, I, Freiberg, 1859, s. 100.

¹⁵² Gold, its Occurrence, etc., London, 1882, s. 828.

Teorie (1) o klesání těžších složek. Významným činitelem při odnosu a opětném ukládání rudních minerálů primárních ložisek je nepochybně tekoucí voda; ta je také stejně významným činitelem při odnosu detritu horniny, který se neustále snaží odplavit. Říční sedimenty jsou, jak je známo, nestabilní. Co se usadí tento rok, je v příštích letech odplavováno po proudu dál až do moře. Primární ložiska poskytující materiál odplavovaný vodou do velkých vzdáleností a rozloh Rusové výstižně nazývají korennyje mestoroždenija neboli kořenová ložiska, jako by byla kořeny roztroušených sekundárních ložisek.

Byl učiněn pokus vysvětlit vznik akumulací těžkých kovů, jako je zlato a platina, v určitých bohatších vrstvách detritu procesem gravitační koncentrace. Proto leží nejbohatší ložiska zlata nejčastěji v nejnižší vrstvě detritu, bezprostředně na skalním podkladu. Tímto způsobem lze však těžko vysvětlit okolnost, že se takových horizontů vyskytuje několik nad sebou. Cottova předpokládaná oddělená údobí tvorby (op. cit., I., str. 102) jsou proto stěží přijatelná, neboť počítají buď s periodickým odnosem, nebo periodickým ukládáním, což je oboje nepravděpodobné.

Domnívám se, že jsem v uralských rýžovištích zlata našel mnohem pravděpodobnější vysvětlení, které je založeno na představě, že specificky těžší prvky sypké hmoty jsou pomocí vody schopny migrovat dolů mezi lehčími částicemi. V příbramské úpravně se zjistilo, že nechá-li se nadrcená ruda stát po delší dobu, nahromadí se na dně galenit. V úpravnách zlata a platiny je možno pozorovat, že tyto těžké kovy vnikají do podlahy a dřevěné konstrukce zařízení, odkud se čas od času zpracováním těchto materiálů znovu získávají. Proč by tomu tak mělo být pouze při umělých operacích a ne také za přirozených podmínek, kde sestupu těžších akumulací podstatně napomáhá pronikání srážkových vod sypkým materiálem pokryvu?

Toto hledisko podporují charakteristické znaky všech rýžovišť zlata, a zejména těch, kde zvětralý detrit zůstává delší dobu in situ a kde nahromadění zlata na kontaktu sypkého a pevného materiálu je nutno vysvětlit jeho klesáním v sypkém materiálu.

Říční klastika. Úlomkovitá ložiska vzniklá působením tekoucí vody jsou obvykle charakterizována převahou propustného materiálu, jako je písek, štěrk apod. Pod touto pokrývkou je pevný, nepropustný skalní podklad — v americké terminologii „bed-rock“ nebo „rim-rock“ (hornina na pokraji rýžoviště), v terminologii ruské plotik nebo počva; ve všech zlatých polích světa se nejbohatší ložiska nacházejí zpravidla na hranici mezi říčními sedimenty a skalním podkladem. Pokud je skalní podklad rozložený, rozpukaný nebo jinak uvolněný, klesá jemné zlato do něj a někdy jej obohatí natolik, že těžba se bez ohledu na petrografický charakter horniny vyplácí. Například na Urale jsou paleozoické krystalické břidlice, vápenec a vyvěřelé horniny druhotně oboha-

covány zlatem. Někdy se proto skalní podklad může mylně pokládat za původní zdroj zlata.

V pokryvu se však někdy vyskytují vrstvy nepropustného materiálu, jako např. lávové příkrovy v Austrálii a Kalifornii, nebo pevné slepence a jíly. V takových případech se zlato často soustřeďuje v pevnější vrstvě, kterou v Americe nazývají „falešné dno“ (false bottom) a na Urale ložnyj plotik — to znamená, že materiál může být mylně považován za skalní podklad. V říčních sedimentech jsou často dvě nebo více zlatonosných vrstev, což lze snadno zdůvodnit na základě výše navržené teorie (1). Hypotéze o přirozené koncentraci v tekoucí vodě odporuje skutečnost, že materiál rýžovišť nevykazuje látkovou homogenitu a zpravidla se skládá z nerovnoměrně rozmístěných částic různých velikostí.

Již W. C. Kerr¹⁵³ poukázal na pohyb prvků sypké hmoty a připustil možnost (podle A. G. Locka), že těžší částice klesají, ale zmínil se o tom jen zběžně, aniž by naznačil dalekosáhlou důležitost tohoto jevu:

„Velká měrná hmotnost drahých kovů způsobuje jejich klesání ve vlhkém sypkém materiálu, dokud nenarazí na tvrdou vrstvu. Tento proces stále obohacuje ložiska, přičemž zlato klesá v závislosti na okolnostech různou rychlostí.“

Myslím, že tato myšlenka musela zapůsobit také na jiné badatele, a udivuje mne, že se neobjevuje častěji.

R. Helmhacker nedávno uvedl některá pozorování z altajské oblasti Sibíře, např. o klesání těžkých kovů v sypkém materiálu, což podporuje výše zmíněná hlediska. Mezi jiným identifikoval v rýžovištích zrnka ryziho olova jako zapadlé broky z loveckých patron.

Jak je známo, zlatonosné sedimenty se nevyskytují pouze v současných, ale také ve velmi starých říčních korytech, která již dávno vyschla. Jelikož v nich byly nalezeny zbytky diluviálních živočichů, jako mamutů apod., lze rozlišit aluviální a diluviální ložiska zlata. Avšak objevy ještě starších organických zbytků ukázaly, že taková ložiska zlata se utvořila ještě v mnohem starších obdobích. V Kalifornii jsou stará říční koryta protínána současnými řekami a zlatonosné sedimenty starých řek jsou pokryty mocnými lávovými příkrovy; tento jev můžeme pozorovat také v Austrálii. Je tedy zřejmé, že při ukládání zlata musely být podmínky jiné než v současnosti.

I v jiném ohledu je vztah mezi starými a novými koryty řek někdy zvláštní. Mladší údolí vyhloubila eroze hlouběji než stará, avšak na v. svahu Uralu je situace téměř opačná. Diluviální ložiska zlata, charakterizovaná zbytky mamutů, jsou často pod hladinou vody současných řek, které je nutno odvést jiným směrem, aby byla umožněna těžba ve starých korytech. Tento stav zřejmě převládá v celé Sibíři a může být považován za důkaz zmenšení erozní energie a spádu tamějších řek od diluvia buď nahromaděním sedimentů, nebo změnami v relativní výšce Uralu.

¹⁵³ „The Gold-Gravels of North Carolina“, Trans. A.I.M.E., 1880, VIII, s. 462. Gold, its Occurrence, etc., London, 1882, s. 916.

Východní svah Uralu charakterizují četná jezera a bažiny podél přítokových řek a mnoho z nich obsahuje zlatonosné nánosy, z kterých se těží zlato.

Mořská klastika. V některých oblastech se zlatonosný sediment po opakovaném ukládání a unášení nakonec dostal do moře. Příkladem jsou pobřeží Oregonu na západě Severní Ameriky a oblast u Vladivostoku v jihovýchodní Sibiři. Zde působí příliv a odliv téměř stejně jako umělá úprava rudy a člověk by si myslil, že by se tímto způsobem mohly těžší částice zkoncentrovat. Zdá se však, že takové jevy ještě nebyly pozorovány.

Kačkanarská oblast na Urale. Na začátku této části jsem v diskusi o zlatonosných říčních sedimentech popsal některé charakteristické rysy uralských rýžovišť. Snad bude zajímavé uvést několik dalších podrobností, které se jich týkají. Zlatonosná vrstva není vázána na určitou hloubku. Zpravidla se musí skrýt celý jalový nebo chudý pokryv, nežli se může zlatonosná vrstva systematicky dobývat. Tím se na povrchu vytvářejí otevřené zářezy (řezy) větší nebo menší hloubky a obvykle se nechávají zaplnit říční vodou. V kačkanarské oblasti na Jižním Urale byla na dně těchto zářezů nacházena primární ložiska zlata. Byly to jasně ohraničené křemenné žíly, obsahující ve svrchním pásmu volné zlato, ale ve větší hloubce zlatem bohaté sulfidy a arzenidy. V případě, který mám na mysli, se původní otevřený zářez táhl do značné vzdálenosti ve směru žíly, ale skalní podklad (který byl zároveň boční horninou žíly) byl silně rozložen, takže rozdíl mezi klastikem a skalním podkladem nebyl příliš zřejmý a těžba na rýžovišti přecházela postupně do těžby v žíle.

Můžeme tedy obecně říci, že sekundární ložiska zlata se vyskytují v těchto polohách:

1. ve zvětralém detritu, bezprostředně nad primárním ložiskem;
2. jako příměs v písku a šterku současných řek;
3. v určitých místech říčního dna, do jehož šterbin a puklin zlato kleslo;
4. v nepropustném materiálu starších vodních toků, kterým zlato nemohlo klesnout;
5. na falešných dnech nebo na falešném skalním podkladu;
6. na pravém skalním podkladu;
7. v rozloženém skalním podkladu.

Když jsme uvažovali o chemických změnách výchozů ložisek (samozřejmě včetně ložisek, která poskytla zlato sekundárním derivátům), zjistili jsme, že sulfidy podléhají úplnému rozkladu a z dalších složek ložisek zůstávají nedotčené pouze neoxidovatelné kovy jako je zlato nebo platina. Následkem toho se v sekundárních ložiskách nenacházejí stříbrné rudy a ryzí stříbro, protože jsou rozkládány chloridy vadózní cirkulace. Nicméně zlato, vyskytující se v přírodě, je z valné části slitinou se stříbrem. Zlato z budějovických žil v Čechách (108) obsahuje stříbro v poměru ca 2 : 10 Ag/Au a zlato v Transylvánii více než

3 : 10 Ag/Au. Kdykoliv jsem měl příležitost srovnávat zlato primárního ložiska se zlatem z odvozeného rýžoviště, zjistil jsem, že druhé má vyšší ryzoost, tzn., že obsahuje méně stříbra. Podle mého názoru je třeba přičítat tento jev delšímu styku s vodou, obsahující chloridy. Ve prospěch tohoto vysvětlení mluví i matný povrch zlata z rýžoviště a jeho často houbovitá vnitřní struktura ve srovnání s leskem a pevností „křemenného zlata“ (109).

Rýžoviště platiny. Až do nedávna byla klastická ložiska platiny známa hlavně z Uralu a byla hlavním zdrojem platiny. Nyní máme zprávy o dalších lokalitách v altajské oblasti Sibíře, v Kanadě a Britské Kolumbii. V oblasti Tulameen byla prý zavedena hydromechanická metoda těžby platiny. Dosud se mi nepodařilo získat o těchto ložiskách podrobné informace.

Na Urale a zejména v jeho nejproduktivnější oblasti Nižnij Tagil jsou velmi podobné podmínky jako u ložisek zlata. Vrstvy nejbohatší na platinu se nacházejí na pravém bedrocku (skalním podkladu). Platina obsahující obvykle paládium a osmiridium se příležitostně vyskytuje s olivínem a chromitem. Soudilo se proto, že tyto asociace jsou odvozeny od hadce, který je sám sekundárním produktem olivinických hornin. Zcela nedávno byla prý platina nalezena v ještě nemetamorfovaném olivinickém gabru, ale zatím nelze s jistotou prohlásit, zda tento kov je primární nebo cizorodou složkou horniny.

Dříve se nevědělo o jiném výskytu platiny než ve formě ryzího kovu, ale nyní byla v oblasti Sudbury v Kanadě nalezena platinová ruda, jmenovitě sperylit — sloučenina platiny a arzenu. Protože tento minerál je dozajista epigenetický, otázka původních zdrojů ložisek platiny se dostává do nové fáze (110).

Rýžoviště cínu. V souvislosti s výskytem cínu ve formě kasiteritu v klastických ložiskách hraje hlavní úlohu nepochybně specifická hmotnost (6,97) tohoto minerálu, která se téměř rovná specifické hmotnosti železa, a dále jeho velká odolnost vůči fyzikálním a chemickým vlivům. Kromě křemene žádný z četných doprovodných minerálů kasiteritu v jeho původních ložiskách není schopen odolávat rozkladu stejnou měrou. V důsledku toho detrit ve výchozech takových ložisek obsahuje vedle produktů rozkladu jiných minerálů hlavně křemen a kousky kasiteritu. Vzhledem ke své velké specifické hmotnosti má kasiterit tendenci klesat lehčím detritem a soustřeďovat se poblíž skalního podkladu.

Cínonosná klastická ložiska v Čechách, Sasku a Cornwallu jsou již dávno vyčerpaná, ložiska v Austrálii, na Tichomořských ostrovech a v Jižní Americe se dosud těží. Podle speciální monografie dr. E. Reyera¹⁵⁴ se nejbohatší vrstvy nacházejí vlastně na dně klastik, bezprostředně na skalním podkladu.

Pokud jde o geologické stáří klastických ložisek cínu, platí obecně údaje

¹⁵⁴ Zinn eine geol.-montan.-historische Monographie, Berlin, 1881, s. 208.

zjištěné u zlata: z valné části jsou diluviální a některá vznikla v ještě ranějších údobích. Rýžoviště u Horní Blatné v Čechách, které se těží pod přikrovovým proudem čediče, a klastická ložiska u Annabergu v Sasku, která jsou v podloží čediče Scheibenbergu, určitě vznikla v třetihorách.

Primární ložiska cínu byla až dosud považována za velmi staré formace, spojené s intruzí žuly a felzitických porfyrů.

V poslední době se však cín zjistil v mezozoických vápencích Campiglio Maritima a navíc se ukázalo, že v Mexiku a Bolívii se primární ložiska cínu vyskytují v trachytech a andezitech vyvřelých v křídě nebo eocénu. Poznámku o bolivijském výskytu¹⁵⁵ publikoval nedávno dr. A. W. Stelzner:

„Úloha, kterou sehrála v geologické historii bolivijská cínová ruda, silně kontrastuje s tím, co bylo pozorováno v Krušných horách v Sasku a Čechách, v Bretani, Cornwallu, Východní Indii, Austrálii, Tasmánii a ve Spojených státech amerických a co bylo dosud považováno za jediný způsob výskytu cínu. Bolivijská cínová ruda netvoří aureoly obklopující žulu a charakterizované současnou přítomností minerálů, které obsahují bór a fluór. Naopak, lze se domnívat, že vznikla současně se vzácnými stříbrnými rudami a sulfidy mědi, železa, olova a zinku vysrážením z minerálních roztoků, které byly v určité době spojeny s výlevy vulkanických hornin v křídě nebo ve spodním terciéru, nebo později do nich pronikaly.“

c) Sekundární ložiska (16) starších geologických formací

Před pětadvaceti lety, v době, kdy nebyla známa žádná ložiska tohoto druhu, jsem v článku o pokračování rudních ložisek do hloubky (zejména ložisek zlata)¹⁵⁶ předpověděl jejich objevení. Od té doby byla zjištěna v různých zlatonosných oblastech. Odvolávám se na charakteristická sekundární ložiska v křemenných slepencích, která jsou — jak naznačuje jejich stratigrafická poloha a fosilie v nich obsažené — značného geologického stáří. Těmto výskytům se často jednoduše říká stmelené nebo „cementované“ (111) vrstvy, právě tak, jako slepencům „cementovaného“ šterku v rýžovištích. Kde se tento termín používá často,¹⁵⁷ jako v Austrálii, je obtížné určit stáří odpovídajících slepenců. V některých případech však nelze pochybovat o tom, že tyto stmelené horniny vlastně představují staré formace, zejména paleozoické, a jsou tudíž sekundárními produkty ještě starších primárních ložisek.

¹⁵⁵ Zeitsch. d. deutsch. geol. Gesellsch., XLIV, 1892, s. 531.

¹⁵⁶ Oesterr. Zeitsch. f. B. u. H. wesen, XV, 1867.

¹⁵⁷ Viz např. Lock: Gold, etc., jak již bylo citováno.

Deadwood, Jižní Dakota. Popis výskytů v roklicích Deadwood a Blacktail v Černých horách (Black Hills) v Dakotě je jedním z nejzajímavějších.¹⁵⁸ Jde o slepencovou vrstvu, přecházející vzhůru do pískovce, která podle fosilií patří do potsdamu (kambrium). V žádném případě nejde o říční uloženiny, naopak fosilie naznačují prostředí mělké mořské pánve. Souvrství leží velmi ploše na krystalických břidlicích, je maximálně 30 m mocné a je pokryto vrstvou porfyru, která ho s největší pravděpodobností uchránila před erozí. Na obrázku 100 profil, který publikoval Devereux (l. c., str. 468), ukazuje, jak je ložisko po stranách obnaženo roklemi Deadwood a Blacktail, které se zařezávají až do podložních krystalických břidlic.

Slepence, tvořené oblázky křemene a krystalické břidlice s hematitem (pocházející z podloží tohoto kambrického souvrství), obsahují částečně hrubé zlato za takových okolností, že nelze pochybovat o jeho sekundárním původu. Pravděpodobně bylo původně součástí blízké žíly Homestake. Zlatonosný detrit je přibližně 3 m mocný a jeho polohy nejbližší podložní hornině jsou nejbohatší; máme zde tudíž případ „pravého skalního podkladu“. Jestliže je správná moje teorie (1), že zlato se do této polohy dostalo klesáním v lehčím detritu, mohlo by se namítnout, že zlato se neukládalo současně s detritem, ale až po něm, a tudíž kambrické fosilie nejsou důkazem kambrického stáří ukládání zlata. Taková námitka by snad mohla mít váhu v jiných podobných případech, ale v tomto případě je nepřijatelná, protože vrstva je přikryta výlevem porfyru, a tudíž nebyla přístupna pozdějšímu ukládání.

V oblasti Black Hills nacházíme zástupce tří hlavních typů výskytu zlata, jmenovitě zlatonosné žíly a stará i nová klastická ložiska. Práce Devereuxe je zajímavá také z jiných hledisek — např. pokud jde o vysvětlení rozdílů jemnosti zlata z žíly a z úlomkovitého ložiska nebo o stopy chemického působení v klastických ložiskách.

Australasie. Údaje z Australasie, týkající se tohoto typu ložisek, nejsou zcela spolehlivé. V roce 1876 zjistil Wilkinson v oblasti Talhawang v Novém Jižním Walesu, že zlato z terciérního klastického ložiska pochází z karbonických slepenců. Slepence jsou doprovázeny pískovci a břidlicemi, ve kterých se vyskytuje fosilní rostlina typická pro karbon Nového Jižního Walesu. Zlato se nachází ve velmi hrubých zaoblených zrnech a při jedné příležitosti se našel valounek zlata o hmotnosti 155 g. Podobné podmínky prý převládají v horninách v Hawkesbury, na Severním pobřeží, v Sydney, v Govett's Leap a ve slepencích v uhlonosném souvrství jižní oblasti. Zprávy o zlatě jsou také z uhlonosných formací v Peak Downs v Queenslandu, blízko města Hobart v Tasmánii a na Novém Zélandu.¹⁵⁹

¹⁵⁸ W. B. Devereux, „The Occurrence of Gold in the Potsdam Formation, Black Hills“, Trans. A.I.M.E., 1882, X, 465.

¹⁵⁹ Lock: Gold, etc., s. 515, 516. Viz také R. Daubrée: „Note on Certain Modes of Occurrence of Gold in America“, Quart. Jour. Geol. Soc., 1878, XXXIV, s. 435.

Otázku, zda tato ložiska zlata skutečně vznikla současně s ukládáním klastik v karbonu, může rozhodnout zjištění, zda slepence jsou či nejsou pokryty pokarbonskými vrstvami. V druhém případě je možné, že zlato kleslo do štěrku v pozdějším údobí.

Jižní Afrika. Značné množství zlata poskytla stará klastická ložiska v oblasti Witwatersrand v Transvaalu. Podle E. Cohena¹⁶⁰ se Witwatersrand skládá z pískovců (které se silně podobají pískovcům Stolové hory na mysu Dobré naděje) a dolomitů vysokého, nepochybně paleozoického stáří (112). Slepence téhož stáří se vyskytují mezi těmito vrstvami v blízkosti Johannesburgu v několika téměř rovnoběžných výchozech a do určitých vzdáleností obsahují poměrně dost zlata (113). Jsou tvořeny především křemennými valouny, někdy s neúplně opracovanými úlomky, které spojuje pevný, silně železitý, arkóze podobný tmel (114). Valouny křemene jsou někdy pórovité a impregnované hydratovaným oxidem železitým, čímž nabývají zvláštního korodovaného vzhledu, tak charakteristického pro zlatonosný křemen. Zlato se vyskytuje hlavně v tmelu, v těsném sousedství valounů. Je většinou hrubozrnné a někdy dokonce krystalické, což podnítilo otázku, zda se zlato nevysráželo chemicky a zda tedy vůbec jde o klastická ložiska (113). Jak jsem poznamenal na konci části o chemických účincích, moje stanovisko v této diskusi se shoduje se stanoviskem S. Cohena. Nepopírám přítomnost chemických vlivů v úlomkových ložiskách, ačkoliv osobně jsem na ně nenarazil. Pokud mohu usuzovat z pojednání A. R. Sawyera¹⁶¹ a Charlese A. Alforda¹⁶² a podle vzorku z Witwatersrandu, který mi laskavě zaslal A. H. Halder z Pietersburgu, zastávám názor, že zlato se do slepenců dostalo mechanicky z ještě starších zlatonosných křemenných žil, vyskytujících se v horninách, které tvoří základ této paleozoické formace (112). Jeli-kož představu pozdějšího přínosu zlata vylučuje téměř vertikální poloha slepen- cových vrstev blízko Johannesburgu, předpokládám, že zlato se uložilo současně s klastiky. Jak již bylo řečeno, větší část zlata se nalézá v tmelu. Ve slepenci nejsou žádná ložiska podobající se žíle a jediné chemické změny, které lze předpokládat, se omezují na rozklad pyritů a oddělování zlata v něm obsaže- ného.

Podle poznámky pod čarou ve Phillipsově Pojednání o rudních ložiskách (str. 2) je zlato na lokalitě Bessege ve francouzském departementu Gard vymý- váno z písčítých slepenců spodního karbonu.

Čechy. V trutnovské oblasti v Čechách jsem u Libče a Zlaté Olešnice zjistil rozsáhlé zbytky starého rýžování, částečně na dně údolí a částečně na svahu, kde vystupují staré permské a karbonské slepence. Tyto pozůstatky vy-

¹⁶⁰ Goldführ Conglom. in Südafrika“. Mitth. d. naturw. Ver. f. Neupommern, etc.

¹⁶¹ „The Witwatersrand Gold-field“. Trans. N. Staffordsh., Inst. B. and Mech. E., 1839.

¹⁶² Geological Features of the Transvaal, London, 1891.

padaly přesně jako jiná rýžoviště zlata v Čechách a jediným mým vysvětlením jejich polohy je domněnka, že jde o další případ zlatonosného paleozoického detritu (115). Totéž lze říci o jiném záhadném výskytu zlata ve Stupně v Čechách, kde se v roce 1593 těžilo zlato o ryzosti pro Čechy neobvyklé (0,954), které muselo pocházet z klastického ložiska. Ve starých dobách horníci pronikli zvrstvenými proudy melafyru. Haldy jaloviny se skládají z valounů permských slepenců, je tedy možné, že se zde těžily permské zlatonosné slepence.¹⁶³

¹⁶³ F. Pošepný, „Ueber einige wenig bekannte, late Goldbergbaue Böhmens“. Oesterr. Zeitsch. f. Berg- u. H.-wesen, XXXVII, 1889.

Souhrn názorů Františka Pošepného na původ rudních ložisek

Zdeněk Pouba

Pošepného dílo *The Genesis of Ore Deposits* bylo předloženo na Mezinárodním kongresu důlních inženýrů v Chicagu v r. 1893 a v knižní formě v překladu R. W. Raymonda bylo vydáno v *Transaction of the American Institute of Mining Engineers*, vol. XXII, v r. 1893. Druhé vydání s obsáhlými vysvětlivkami, diskusí a biografii vyšlo v New Yorku v r. 1902. Obě vydání v Americe vyvolala mimořádný zájem. Na německý překlad jeho díla (vyšlo v r. 1895 v *Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch der K. K. Bergakademie zu Leoben und Příbram*, Vol. XLIII, 1–226, Wien) byla odezva celkem nevelká a v Čechách prakticky žádná. Ježkův překlad Pošepného díla do češtiny vyšel až v r. 1927 v *Hornickém Věstníku* (roč. IX, zvláštní výtisk, 1–85, Praha). Ježek však nebyl bohužel ani znalcem anglické, ani české ložiskové terminologie a navíc pravděpodobně některým myšlenkám Pošepného nerozuměl. Byl totiž především vynikajícím znalcem nerostů a skvělým organizátorem mineralogických sbírek a tak jeho dobře míněná snaha přiblížit Pošepného fundamentální dílo českému čtenáři se minula účinkem. Přitom na některých amerických univerzitách patřilo Pošepného dílo k povinné četbě, neboť se stalo jedním ze základů moderní genetické školy ložiskové geologie. Není zřejmě náhodou, že teprve po vybudování naší Československé akademie věd a samostatného státního geologického resortu se Pošepnému dostalo plného uznání i u nás. Pošepného medaile, která se uděluje progresivním badatelům v anorganických přírodních vědách, je symbolem uznání a pobídkou neohroženým a na panství kapacit nezávislým vědeckým pracovníkům, kteří jsou schopni expedic do neznámých sfér vědy a kteří vědí, k čemu vědecké poznatky mají sloužit.

Pošepného dílo o vzniku rudních ložisek se objevilo v době první vědecké konfrontace evropských a amerických škol ložiskové geologie, které se svým pojetím a zaměřením dosti významně lišily. Rozdílly měly své kořeny především v historickém vývoji ložiskové geologie, opírajícím se na evropském kontinentu o souborná díla odvozená ze staré věhlasné hornické praxe, která americké geologii chyběla. Odlišnost americké školy tkvěla hlavně v *practicismu* a *objektivismu*, které byly pro americkou ložiskovou geologii té doby příznačné.

Vysoká vyspělost středoevropského hornictví, shrnutá již v r. 1556 *Agricolou* ve dvanácti knihách („*De re metallica*“) a v řadě dalších pojednání, spojovala v sobě nejen technickou, ale i geognostickou stránku báňské činnosti. *Geognosie*, jak se tehdy nazývala geologie, se v minulosti pěstovala hlavně na báňských učilištích. Našla své místo i na katedře nazvané *Academia me-*

tallurgica, kterou v r. 1763 založil Peithner z Lichtenfelsu na Karlově univerzitě.

V druhé polovině 18. století vznikla ve střední Evropě řada vysokých škol pro výuku hornictví — v roce 1764 vysoká škola báňská (později akademie) v Banské Štiavnici, v r. 1770 v Berlíně, v r. 1773 Sankt-Petěrburgské báňské učiliště, o dva roky později jedna z nejvýznamnějších akademií ve Freibergu a ve stejném roce v Clausthal-Zellerfeldu; v Paříži vznikla v r. 1785 École des Mines a roku 1794 École polytechnique, založená podle statutu štiavnické akademie, a další. Kromě toho se v rozvoji evropských geologických škol uplatňovaly učené společnosti, univerzity a akademie, zaměřené na všechny vědní obory, zejména v Británii, Rusku, ve Francii, v Itálii a dalších zemích.

Z jednotlivých badatelů lze uvést Descarta, který již od r. 1644 předpokládal, že většina rud pochází ze žhavých hlubin chladnoucí hvězdy — Země, odkud kovy ve formě exhalací nebo injekcí pronikají do zemské kůry. Ve Skotsku Hutton (1788) jako vulkanista a v Německu Werner (1791) jako neptunista rozvinuli vědecký spor o magmatický a sedimentární původ hornin a rud, který u některých typů ložisek není dodnes ukončen. Evropská ložisková geologie nesporně vyrostla z tohoto sporu. Není bez zajímavosti, že většina přímých i nepřímých žáků Wernerových se nakonec stala plutonisty, mezi nimi Alexander von Humboldt, Sokolov a do značné míry i Lomonosov. Řada dalších evropských ložiskových geologů se postupně přidávala k plutonistickým představám a odvozovali rudní ložiska od žhavých magmatických krbů.

V Itálii Breislak (1811) a ve Francii Boué (1822) a další geologové zejména v Anglii, Rusku a Německu začali při mineragenetických procesech uvažovat o vztahu magmatu a vody, popřípadě o hydrotermálních magmatických roztocích. De Beaumont (1847) podal výčet většiny základních geologických pochodů, které mohou vést ke vzniku rudních ložisek a Daubrée (1893) část z nich experimentálně napodobil. Někteří badatelé začali rozpoznávat komplexnost ložisek, látkovou i časovou. Tak v Anglii Taylor (1833) a v Rusku Ščurovskij (1841) upozornili, že jednotlivé části rudních ložisek vznikaly v různých dobách a za různých podmínek v dlouhém časovém období, v němž mohlo dojít k různým přeměnám rud. Proto též von Cotta, von Groddeck, Pošepný a Vogt začali v druhé polovině 19. století studovat ložiska ze širšího hlediska. Předtím však profesor Fridolin Sandberger (1882) formuloval svou hypotézu o laterální sekreci, podle níž rudní ložiska vznikají vyloužením kovů migrující vodou z okolních hornin a jejich usazením v příhodných místech. Tato myšlenka našla četné zastánce v Německu i jinde. Pošepný a Vogt naproti tomu vystoupili s představou o hydrotermálním původu rud v souvislosti s hlubinným zdrojem kovů a s ascenzí podzemních vod.

Tato vědecká diskuse, z níž se formovala nová evropská ložisková geologie, neměla v Americe obdoby. Avšak nebývalý rozvoj amerického průmyslu a technických disciplín a dále úzké svazky s tehdy průmyslově a také vědecky vyspělou Velkou Británií tvořily živnou půdu zejména pro obory, které mohly „No-

vému světu“ přinést prosperitu. Proto Amerika jevila vždy velký zájem o pokroky evropských ložiskových věd.

Po Huntovi, který v r. 1861 začal v Americe publikovat práce o původu rud, se teprve koncem minulého století objevili první představitelé moderní americké generace ložiskových geologů, vedení S. F. Emmonsem (předchůdcem W. H. Emmonse), který propagoval descendentní vznik rud zatlačováním hornin při cirkulaci podzemních vod. Většina amerických ložiskových geologů byla však především pro řešení morfologie a ekonomiky nerostných surovin. V této době, v atmosféře plně protichůdných a neurovnaných představ, se Amerika seznamuje s prací F. Pošepného, která reprezentovala novou evropskou školu ložiskové geologie.

Pošepný dobře znal americkou literaturu a také řadu amerických ložisek, která měl možnost osobně studovat. To mu umožnilo nejen vystihnout již zmíněný praktikismus a objektivismus americké ložiskové geologie té doby, ale i fundovaně na ně reagovat. Američtí geologové museli především dávat odpověď horníkům na otázky, jak je ložisko veliké, jaký má tvar a jakou má ruda kovnatost. Morfologické znaky a látkový obsah ložiska byly prioritní.

Evropští geologové se v této době již daleko více zajímali o původ kovů, jejich vztahy k horninám a ke struktuře zemské kůry. Pošepný vyslovil názor, že bez teoretického zvládnutí všech geologických problémů, týkajících se vzniku ložiska, nelze dát odpověď na otázky, které zajímají báňské techniky a horníky. Je sice pravdou, že horník potřebuje mít rudu a ne vědeckou hypotézu o jejím vzniku, ale má-li se ruda najít a správně těžit, je nutno vědět, jak vznikla a z toho odvodit, kde ji hledat. Bez teoretických znalostí zákonitostí výskytu ložisek a jejich geneze a bez moderní, cílevědomě uplatňované techniky lze ložiska vyhledávat pouze jako houby v lese.

Na náhodnost nálezu ložisek si lidstvo pohodlně po staletí zvyklo a ještě začátkem našeho století si americký geolog Grout povzdechl: „Ložiska jsou asi pouze tam, kde je najdete“. Pošepný byl však přesvědčen, že na mnohé otázky související s genezí a geologickou pozicí rudních ložisek lze přes veškeré potíže najít odpověď. Pošepný byl rovněž přesvědčen, že tvar a výplň ložisek jsou důsledkem právě těch fenoménů, které američtí geologové na rozdíl od evropských nestudují. Proto jeho přístup vyvolal v Americe takový ohlas, jakého se mu v Evropě nikdy nedostalo.

Jestliže pro Ameriku znamenalo Pošepného dílo silný impuls k rozvoji ložiskové geologie, pak většině evropských ložiskových odborníků Pošepného jméno připomínalo pouze spor, který vedl s profesorem Fridolinem Sandbergem. Po studiu jejich prací však dojdeme k názoru, že nešlo o to, kde je pravda, ale kde je více pravdy. Je pozoruhodné, že v podstatě bojovnější Pošepný byl tolerantnější, uznával možnost descendentního vzniku rud, ale v podmínkách nad hladinou podzemní vody a připouštěl laterální sekreční typ zrudnění v určitých případech.

Pošepný píše, že „Sandbergerova hypotéza nacházela původně mnoho zastánců zvláště mezi mineralogy, protože umožňovala nejobširnější genetické zevšeobecňování, aniž by badatel musel opustit svou sbírku minerálů a laboratoř, aby sestoupil do dolu a studoval rudy v místě jejich vzniku. Na druhé straně nutno přiznat, že šíření této teorie vedlo k rozsáhlému výzkumu hornin, což bude užitečné pro vědu v jiných směrech“.

Pošepný měl proti Sandbergerovi zcela odlišný přístup ke zkoumání rudních ložisek. Chtěl jít více do hloubky i do šíře, chtěl znát více hledisek a kladl si podle názoru svých současníků nedosažitelný cíl — zjistit prameny, původ a celou historii vzniku ložisek. Podle názorů jeho kolegů na báňské akademii v Příbrami byl v první řadě teoretikem a teprve v druhé praktikem. Pošepný nebyl v Příbrami příliš oblíben, neboť nebyl ochoten zastávat konformní stanoviska německých kapacit, jak to činili jeho kolegové.

Odborná komise, která v Příbrami prověřovala obsahy kovů v horninách v okolí rudních žil, přiznala v podstatě pravdu Sandbergerovi, což Pošepného vůbec nepřekvapilo. Zcela otevřeně prohlásil, podobně jako profesor A. Stelzner, že výsledky zjišťování obsahu kovů v horninách konkrétně případ geneze příbramských rudních žil neřeší, neboť může jít o analýzy hornin obohacených rudami epigeneticky. Tím se opět objevila známá konvergence v geologických vědách — jeden fenomén může vzniknout různými procesy, dvě zcela protichůdné cesty vedou k témuž výsledku. Pošepný byl povznesen nad výsledky jedné metody, neboť chápal vznik ložisek jako komplex pochodů v různých podmínkách. Připomíná to stanovisko akademika Smirnova na konferenci metalogenetiků v St. Andrew's ve Skotsku v r. 1967, kdy řekl, že „nejde o genezi ložisek, ale o genezi každého specifického ložiska“.

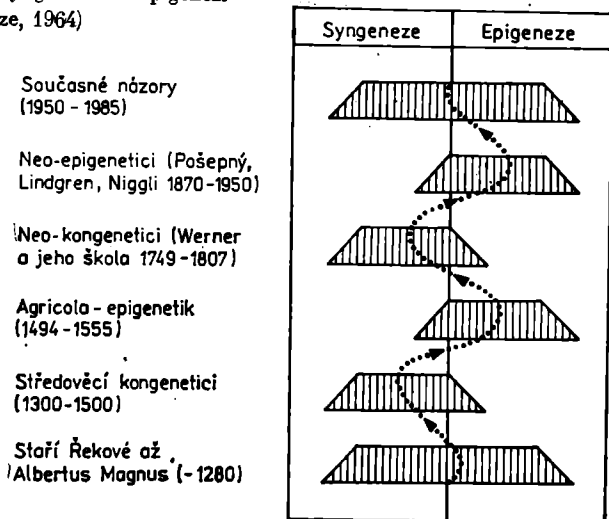
Sandbergerova hypotéza laterální sekrece nebyla představitelkou neptunismu, tak jako Pošepného hydrotermální teorie není totožná s plutonismem. Ale oba badatelé nesporně svými pracemi vyjadřují klasický vědecký zápas „vody“ a „ohně“, který se rozvíjel již od antických dob. Jejich spor samozřejmě k jednoznačnému řešení nedospěl, neboť v přírodě je tolik fenoménů, které nelze uspokojivě vysvětlit, že spory trvaly a trvají dodnes. Nejsou ovšem zdaleka vyvolány pouze rozpornými stanovisky Wernera a Huttona, neboť již dávno před nimi oba směry — byť nenazývány neptunickým a plutonickým, nebo syngenetickým a epigenetickým — existovaly a jejich vývoj vyjadřuje Amstutzovo schéma.

Je až neuvěřitelné, kolik myšlenek Pošepného dozrálo v nové hypotézy a objevy právě v posledních letech — téměř sto let po zveřejnění jeho díla. Nejzávažnější z nich je především genetické hledisko v klasifikaci rudních ložisek. Neznáme-li genezi ložiska, nemůžeme předvídat jeho hlavní vlastnosti a co více, nemůžeme ložiska systematicky a na příslušné odborné úrovni hledat, zkoumat a hodnotit. Není tomu dávno, co se ložiskoví geologové začali zajímat o hlubší části zemské kůry a o svrchní zemský plášť jako zdroj kovů. To však

Pošepný učinil již před sto lety společně se slavným francouzským ložiskovým geologem, zakladatelem nauky o rudních provinciích De Launeym.

Termín metalogenese není starého data a mnozí ložiskoví geologové se dnes rádi nazývají metalogenetiky. Záslouhou zejména geologů v Sovětském svazu se z metalogenese a jejích produktů — metalogenetických map — stal základní nástroj prognózování a vyhledávání ložisek. Metalogenese jako vědní obor se však zrodila již před 90—100 lety a Pošepný byl jedním z jejích hlavních iniciátorů a v jistém slova smyslu jejím zakladatelem.

Schéma vývoje názorů na syngenezi a epigenezi
(upraveno podle G. C. Amstutze, 1964)



Z díla Pošepného je patrné, že nejen vytkl ložiskové nauce nový směr, ale svou úžasnou pílí a schopnostmi v ní prozkoumal a klasifikoval řadu tehdy záhadných jevů.

Pošepný rozpracoval např. teorii metasomatózy a upozornil na důležitost rozlišení metasomatózy a inkrustace vyloučených prostorů (termín solvatoapozice pro tento jev navrhl teprve v r. 1963 Hanuš).

Na problematiku vzniku rud v rozpustných horninách přivedly Pošepného pravděpodobně cesty do Raiblu, ale možná i poznatky z cesty po Spojených státech, kde se v té době začaly studovat koncentrace rud Pb-Zn ve vápencích v Missouri. Ve své práci si všiml, jak důležitou roli hrají u těchto ložisek paleoakvifery, říčení stropů jeskyň a kolapsové brekcie. Tyto jevy zaujaly geology znovu téměř 80 let poté, co je Pošepný uvedl ve své práci.

Velmi závažné stanovisko zaujal Pošepný k cirkulujícím vodám v podzemí. Došel k poznatku, že hlubinná cirkulace je součástí cirkulace povrchové. Tyto vztahy by se ještě před dvaceti lety sotva některý ložiskový geolog odvážil obhajovat. Izotopické analýzy kyslíku a vodíku však prokázaly, že souvislosti

mezi oběma systémy existují a mísení povrchových a magmatických vod je zcela běžné.

Pošepný si bedlivě všímal detailů, k čemuž přispívala též jeho metoda podrobné důlní dokumentace. Byl si totiž vědom toho, že s postupem ražení důlních chodeb nebo dobývání rud mizí velmi cenné doklady, které — pokud nejsou geologem včas zaznamenány — jsou navždy ztraceny. Proto v úvodu ke své práci píše, že „národ, který svěří horníkovi těžbu svého nerostného bohatství za určitých podmínek, má právo požadovat, aby vědomosti získané na úkor části národních zisků byly k dispozici vědě“.

Málokomu je známo, proč a z jakých podkladů Pošepný své dílo *The Genesis of Ore Deposits* napsal. Na první otázku dává odpověď sám v úvodu svého díla, když říká, že si je vědom toho, že přestože celý svůj život zasvětil studiu ložisek, jeho poznatky tvoří jen nepatrnou část dosud nevyřešených problémů. Jak pokračovat dále je závažnou otázkou, a proto své poznatky předkládá svým americkým kolegům k úvaze a diskusi. To však nebyla pouze nabídka k diskusi — to byla hozená rukavice genetiky negenetikům. Byla to současně nabídka něčeho, co nemělo naději na rychlý úspěch. Pošepný sám píše: „Genetický systém se neobejde bez hypotéz a možná, že nám po nějakou dobu nebude přinášet praktický užitek; ale jako každý jiný pěstovaný obor geologie nabude trvalejších hodnot v pravý čas“. Kupodivu nejen Amerika, ale posléze celý geologický svět Pošepného myšlenku přijal a právě současnost se stává pro ni mimořádně důležitou, neboť do řešení otázek geneze se zapojuje ohromné množství dat a matematické modelování.

Nevíme přesně, co vše přispělo k tomu, že Pošepný se zapálil pro genetické principy v ložiskové geologii. Byl vynikajícím pozorovatelem, znal literaturu z celého světa (je známo, že jeho paní mu překládala práce z těch jazyků, které sám neznal, a naučila se je právě pro potřeby svého manžela) a měl dar samostatného nezávislého myšlení. Některé části Pošepného textu se nám dnes zdají příliš popisné a popisy některých jevů jako opakování, ačkoliv Pošepný chtěl zřejmě docílit pohledu na popisovaný fenomén z několika stran. Jeho metoda poznávání je komplexně analytická a podrobná, někdy až neadekvátně významu popisovaného jevu. V jeho době se však zřejmě prosazovala snaha získat co nejvíce dat a to vedlo k extenzivnímu hromadění deskriptivních pasáží v jeho textu. Na druhé straně měl Pošepný schopnost velkorysého zevšeobecňování, které vedlo k neuvěřitelně moderním představám v době, kdy pro to nebyly ani vhodné podmínky. Mezi ně patří jeho rozdělení geologie na podpovrchovou a hlubinnou, s odůvodněním principiálních rozdílů v podmínkách a procesech, které v obou sférách probíhají.

Pošepný píše i z čeho jeho dílo vzniklo: Z desetiletého přednášení na katedře geologie minerálních ložisek, která byla založena v báňské akademii v Příbrami v r. 1879. Přednášky byly zaměřeny výlučně na otázky geneze ložisek. Pro nás, kteří jsme zvyklí na různá současná vysokoškolská skriptá

a učebnice, je ohromující, že materiál, který Pošepný předkládá, není pouze faktologií, ale živým, inspirujícím, kritizujícím a vědecky útočným souborem myšlenek, o kterém si dovoluji pochybovat, že by byl schválen jako učební text kterýmkoliv pedagogickým nakladatelstvím. Není vyloučeno, že to byl jeden z důvodů, proč prof. Pošepný svůj text odeslal do zahraničí na vědecký kongres. Když ne pro studenty, tedy pro profesory by mohl být i dnes učební pomůckou.

Máme-li stručně shrnout názory Pošepného na genezi rudních ložisek, mohli bychom napsat:

1. Byl magmatista a hydrotermalista, i když neužívá termín hydrotermální, ale minerální (tj. mineralizovaný) roztok. Přitom rozlišoval roztoky svrchního a hlubšího patra zemské kůry. Vody hlubšího patra vlivem tlaku a teploty mají vyšší rozpouštěcí schopnost a při výstupu k povrchu se z nich postupně tvoří ložiska.
2. Uznával laterální sekreci pouze v oblasti cirkulace vadózních vod, ale předpokládal, že vody svrchního patra se v hloubce, kde se dostávají do cirkulace spodního patra, mohou pohybovat laterálním směrem na určitou vzdálenost. Voda, která v hloubce nemůže být úplně chemicky „spotřebována“, má snahu stoupat k povrchu vlivem své vyšší teploty.
3. Byl zastáncem ascendentní teorie.
4. Byl si vědom významného působení organických složek v horninách, zejména rozptýlené organické substance, zuhelnatělých fosilii nebo i jejich drobných zlomků, na krystalizaci rudních minerálů.
5. Původ kovů odvozoval z hlubších částí zemské kůry a svrchního zemského pláště (barysféry).
6. Rozpoznával rozdíly v geologických režimech svrchního a spodního patra zemské kůry.
7. Pokládal komplexní paleogeologickou a paleogeografickou rekonstrukci za klíč k řešení geneze sedimentárních a reziduálních ložisek.
8. Věřil, že geneze ložisek je řešitelná a klasifikace na genetickém základě možná.

Z jeho připomínek k metodice ložiskového výzkumu má trvalou platnost požadavek podrobné dokumentace důlních děl a nutnost konfrontace výsledků teoretických prací se situací v terénu nebo v dolech.

Řada myšlenek Pošepného je uvedena v příložených vysvětlivkách. Je pochopitelné, že v průběhu devadesáti let se v ložiskové geologii změnily názory i terminologie a vyvstaly nové problémy, které v Pošepného době nebyly důležité nebo se zdály být vyřešeny. Je možné, že se to týká i sedimentárních ložisek. Přesto mi není jasné, proč se Pošepný — až na několik výjimek — tak málo věnoval problematice sedimentární minerogeneze, ačkoliv dlouhá léta pracoval v Příbrami nedaleko míst, kde se tehdy intenzivně dobývaly sedimentární ordovické železné rudy. Přitom jsou to jediné typy ložisek, které jsou zakresle-

ny již na nejstarší geologické mapě Čech, sestavené prof. Riepelem v r. 1820.

Některé pasáže Pošepného textu vyžadují vysvětlení. Podávám je co nejstručněji formou a v případě potřeby s poznámkou, že si ani vlastním vysvětlením nejsem jist. Staré anglické termíny byly pečlivě konfrontovány podle různých slovníků, ale především podle Glossary of Geology (1972) vydaného Americkým geologickým ústavem, který má tu výhodu, že nejúplněji uvádí geologické archaismy. V některých případech pomohlo německé vydání Pošepného Geneze z r. 1895 a český překlad Ježkův, který vyšel v r. 1927. (Ježkův překlad byl pořízen zřejmě z němčiny, jak dosvědčuje řada nesrovnalostí s anglickým originálem a shoda s později publikovaným německým textem — srovnej např. str. 132 originálu v angličtině s německým textem na str. 177 a českým překladem Ježka na str. 69 aj. Neshoda s anglickým vydáním a totožnost s německým textem je však zjevná téměř všude.) Německé vydání je proti anglickému místy obšrnější a stylisticky odlišné. Je pravděpodobné, že R. W. Raymond z původního rukopisu některé detaily vyřadil, nebo německý text byl později poněkud upraven.

Při novém překladu z angličtiny bylo postupováno tak, aby text byl srozumitelný čtenáři, který má alespoň průměrné znalosti geologie. Výrazovým zvláštnostem jsem se v některých případech nevyhнул, ale snažil jsem se jich použít co nejméně. Zní to neuvěřitelně, ale terminologie Pošepného je bohatší nežli naše dnešní ložisková terminologie, a stál jsem před rozhodnutím, zda použít originální anglický nebo německý termín, vymyslet si nový nebo zvolit opis. Bylo by možno volit nový vhodný termín, ale domnívám se, že překlad není tím pravým místem k zavádění nových termínů a navíc pro tyto účely má naše Československá akademie věd své terminologické komise, které postupně mají terminologické nedostatky z našich věd odstranit. Proto je tedy místy v textu za jeden anglický termín opis několika slovy. Tam, kde jsem to pokládal za vhodné, jsem citoval definici z Glossary of Geology (používal jsem hlavně tohoto slovníku, neboť jsem zjistil, že definice z různých slovníků se někdy podstatně rozcházejí). Původní překlad z angličtiny, který byl pořízen Věrou Příbylovou, jsem přepracoval terminologicky a upravil tak, aby nebyly porušeny souvislosti, které jsou současným geologům srozumitelné pouze po přestavbě věty, vynechání nebo naopak doplnění slov. Revizi názvů lokalit uvedených v originále maďarsky laskavě provedl dr. Peter Kolesár. O kontrolu srozumitelnosti upraveného textu jsem požádal dr. Dagmar Buriánkovou a Gabrielu Zoubkovou, která je v geologii laikem. Jim a také ostatním, kteří mi dále pomohli cennou odbornou radou, zejména prof. ing. Mirko Vaněčkovi, DrSc., členovi korespondentovi ČSAV, dr. Zdeňkovi Pertoldovi, CSc., a ing. Oskarovi Pluskalovi upřímně děkuji. Můj dík však patří především iniciátorům překladu Pošepného díla, pracovníkům Českého geologického úřadu a řediteli Ústředního ústavu geologického, kde zejména dr. Miroslav Gabriel svou aktivitou a mimořádným zájmem připravil podmínky k vydání tohoto díla.

Vysvětlivky a poznámky překladatelů

Zdeněk Pouba

(Zkratky E. G. = Encyklopedický slovník geologických věd, Praha 1983; G. G. = Glossary of Geology, Washington 1972)

- (1) Teorii se v Pošepného textu míní hypotéza nebo teorie v širším slova smyslu.
- (2) V originálu je použit termín „xenogenites“ ve smyslu epigenetické minerální koncentrace. V současné terminologii je tento termín málo užíván.
- (3) Termín „zemská kůra“ je doplněn podle smyslu textu.
- (4) Ruptura ve smyslu obecné disjunkce nebo fraktury jako nadřazeného pojmu trhlin, zlomů apod. (E. G.).
- (5) Termín strukturální jednotka měl v minulosti v Americe často význam geomorfologický jako protiklad skulpturní jednotky. V tomto případě jde asi o platformní jednotku, podle typu citovaných ložisek.
- (6) Pro sekundární ložiska Pošepný navrhl dnes neužívaný termín hysteromorfní nebo hysterogenní, který má však poněkud širší význam. (G. G.).
- (7) Pošepný užívá ruský termín „verchoviky“ pro reziduální ložiska zřejmě pod vlivem svého pobytu na Urale.
- (8) Zde Pošepný naráží na potřebu geologické dokumentace důlních děl, kterou sám propracoval k velké dokonalosti. Viz např. jeho důlní geologické mapy a nákresy čeleb z našeho ložiska Špania Dolina, které byly uloženy v našich archívech, nebo jeho dokumentace, uchovaná na Vysoké škole báňské v Ostravě.
- (9) Primární a sekundární formaci jsem dal do uvozovek, neboť neodpovídají dnešnímu významu těchto slov. Zde se myslí okolní horniny jako primární a výplně trhlin v nich jako sekundární.
- (10) Zde je patrné, že Pošepný si byl vědom toho, že některé z Wernerových představ nebyly dosud zcela bezpečně vyvráceny.
- (11) Pošepný často pro neurčité mineralizace používal termín „masa“. Tento amerikanismus přežil do současnosti v anglickém termínu „massive sulfide deposits“ (ačkoliv nejde o ložiska pouze masivních rud). Tam, kde masivní charakter rudy převládá, je tento termín ponechán, i když jde např. o vtroušené rudy.
- (12) Deskovitými rudními segregacemi se označují většinou ložní sekreční žíly. Kde jde bezpečně o tento typ zrudnění, je použit termín sekreční žíly, event. sekreční stratiformy, neboť termín segregace se již pro sekreci nepoužívá.
- (13) Kavernová ložiska (cave deposits = výplně dutin) jsem použil pro všechna ložiska v krasových dutinách, pokud to smysl dovoľoval.

- (14) Pro tato ložiska J. Koutek navrhoval termín *výtlačková ložiska*.
- (15) „Fahlbandy“ — termín pro břidlice s vtroušenými nebo impregnovanými kyzy, původně používaný pro ložní impregnace sulfidů nebo ložní pásma vtroušených sulfidů.
- (16) Gash vein — žíla vyplňující dilatační tahové trhliny v jedné hornině (původně byly popsány z vápenců). J. Koutek pro ně navrhoval termín komůrkové nebo komorové žíly. Podle smyslu byl v překladu použit termín „trhlinová žíla“.
- (17) Pravé žíly — v dřívějším pojetí žíly vyplňující trhliny nebo dislokace (smykové nebo jiné) a zpravidla přecházející z jedné horniny do druhé.
- (18) Jde o ložiska „uzavřená“, tj. skrytá v hluboce uložených horninách, na rozdíl od ložisek vystupujících na zemském povrchu.
- (19) Touto větou Pošepný naznačuje, že klasifikace založená na morfologii ložisek musí nutně vést k tak složitému souboru termínů, že přestane být klasifikací.
- (20) V originálním textu je použit zastaralý termín *idiogenní* namísto *syngenetický* (G. G.)
- (21) V originálním textu je použit zastaralý termín *xenogenní* namísto *epigenetický* (G. G.). Viz též „xenogenites“ (2).
- (22) V originálu je namísto zemského pláště a hluboké části zemské kůry užít termín *barysféra* (G. G.)
- (23) Z této stati vyplývá, že Pošepný dobře znal kras a vliv nerozpustných hornin (ekránů) na vysrážení rud.
- (24) Tato Pošepného myšlenka byla poměrně nedávno rozpracována v oblastech tzv. vrstevně metasomatických ložisek (např. v USA a Polsku) včetně vzniku kolapsové rudní brekieie, která představuje oblast rudního obohacení.
- (25) V originálu *idiogen* (viz též poznámku 20).
- (26) Xenogen je přeložen jako *necsom*, ale je nutno dodat, že Pošepný uznává jak totální metasomatózu, tj. úplné nahrazení „idiogenu“ (*palasomu*) „xenogenem“, tak nahrazování atomu za atom v minerálech, ale zřejmě bez představy o metasomatóze suchou cestou, jak ji propagoval svého času Eskola nebo transformisté. Nicméně je jeho formulace vzhledem ke stavu znalostí jeho doby pozoruhodná.
- (27) Zde odkazují na Hanušovu *solvatoapozici* (Hanuš 1963) — myšlenku, která je Pošepného názoru velmi blízká.
- (28) Koncepce kontrakčních trhlin, jak je Pošepný uvádí, je z hlediska současných výzkumů pochybná. Může jít i o vznik trhlin působením vody a jinými způsoby.
- (29) Je to pravidlo sledování tzv. „vedení“ nebo „reprezentantu“ žíly.
- (30) Je obdivuhodné, že Pošepnému byly známy změny minerálů, postupující

z jádra nerostů k jeho okrajům. Podrobně byly tyto jevy prozkoumány až v poslední době.

- (31) Nejde o silurské, ale ordovické rudy podle nového členění paleozoika.
- (32) Dnešnímu pojetí metasomatózy jsou pojmy krustifikace, pseudomorfóza apod. poněkud vzdálené a tím není tato část Pošepného textu bez nejasností. Pošepný má patrně na mysli masivní metasomatózu vápenců sideritem, magnezitem apod.
- (33) Věta byla rozšířena, aby její smysl byl jasnější.
- (34) Souvislost cirkulace rudonosných roztoků s cirkulací meteorických vod, jak ji uvádí Pošepný, by si před dvaceti lety asi formulovat nikdo nedovolil. Dnes je běžně přijímána, neboť izotopické analýzy kyslíku a vodíku vztahy obou cirkulujících systémů a míšení vod potvrdily.
- (35) Obsah solí v jezerech bezodtokých pánví lze sotva vyložit tímto způsobem. Soli se koncentrují v jezerech z okolních evaporitů, které vznikají v aridních oblastech vztláním mineralizovaných podzemních vod a jejich vypařováním.
- (36) Jde o solné diapiry, které Pošepný podrobně studoval a vlastně první popsal ve zvláštní práci.
- (37) Zde má Pošepný na mysli uruguayský typ geody, vyznačující se vodorovně uloženými vrstvami chalcedonu.
- (38) Pošepnému bylo známo, že při nízké rozpustnosti rudních složek v roztocích, z nichž se tvoří rudní žíly, by bylo zapotřebí obrovské, těžko představitelné množství roztoku. Tento problém byl teprve nedávno objasněn přenosem rud ve formě komplexů o vyšší rozpustnosti.
- (39) Zde se Pošepný otevřeně hlásí k meteorickému původu hydroterm, což je v rozporu s obvyklými představami o jeho názorech na hlubinný magmatický původ rudonosných roztoků.
- (40) Experimenty s filtry a filtračními efekty jsou předmětem zájmu fyziků i chemiků dodnes. Připomeňme si např. filtrační efekty Koržinského při jeho experimentech, zaměřených na problematiku metasomatózy a bimetasomatózy.
- (41) V této části textu Pošepný jasně ukazuje, že sestupné vody se postupně vlivem vyššího tlaku a teploty obohacují méně rozpustnými složkami a při výstupu se jich opět zbavují.
- (42) Názory Pošepného o mladém zrudnění v krušnohorské oblasti jsou v rozporu s absolutním věkem, určeným fyzikálními metodami. Je však pozoruhodné, že na některých podkrušnohorských ložiskách byly skutečně zjištěny mineralizační procesy zasahující až do současnosti.
- (43) Průvaly termálních vod do dobývacích prostorů v hnědouhelné podkrušnohorské pánvi se opakovaly i později — např. průvaly vod na dolu Marie Majerová.

- (44) Toto označení je z hlediska současné terminologie chybné, neboť solfatary jsou povrchové výrony par a plynů (E. G.).
- (45) Tyfonní je pravděpodobně termín, kterým chtěl Pošepný vyjádřit monomiktní typ brekcie.
- (46) V této části textu Pošepný zdůrazňuje svou hydrotermální hypotézu vzniku ložisek vztahem zrudnění k termickým jevům a k minerálním zřídům a také k projevům magmatismu.
- (47) Rozlišování chemismu primárních minerálních vod a důlních vod činilo v Pošepného době hodně potíží a tím údaje v Pošepného díle uváděné jsou v současné době málo významné. Také analytické metody, kterými byly vody analyzovány, asi nebyly příliš přesné.
- (48) Touto otázkou se u nás nedávno důkladně zabýval V. Zýka.
- (49) Vliv organických složek v hydrotermách na krystalizaci rudních minerálů je zejména v poslední době podrobně studován a výsledky dávají Pošepnému za pravdu.
- (50) Bylo zjištěno, že periodické střídání oxidačních a redukčních podmínek v cirkulujících vodách je většinou způsobeno sezónními a klimatickými cykly — tedy exogenními činiteli.
- (51) Zde se Pošepný asi mylí, neboť vzniku kaolínu na kontaktech žul s hydrotermami byla věnována pozornost několika starších badatelů.
- (52) O Pošepném je známo, že nikdy neopomenul publikovat opravy svých názorů, pokud se přesvědčil, že byly chybné.
- (53) V Pošepného době byla otázka ascendentního nebo descendentního původu rud jednou z nejdůležitějších. Pošepný byl zpočátku svými názory o ascendentním původu rud osamocený.
- (54) Dnes víme, že v případě kritiky Sandbergerovy teorie měl Pošepný pravdu jen částečně. Proti možnostem koncentrace rud laterální sekrecí v hloubce, zejména při metamorfóze, nebyly dosud sнесeny pádné argumenty. Geneze rudního ložiska se také řídí účinky hydraulického pumpování a dalšími procesy.
- (55) Touto myšlenkou Pošepný jasně formuluje magmatický zdroj kovů a jejich oddělení od taveniny nebo vyloučení „mineralizátory“ z magmatických hornin. Dnes víme, že tato představa je správná, ale v magmatu není jediný zdroj mineralizace a ascenze není jediný pochod migrace rudních roztoků.
- (56) Podpovrchová a hlubinná geologie jsou opravdu dvě značně rozdílné disciplíny, což prokázaly výzkumy geologické, gechemické i geofyzikální. Není bez zajímavosti, že současný badatelský program v Československu se dělí právě na tyto dvě sféry, které mají své vlastní výzkumné programy, pracovní týmy i technické prostředky.
- (57) U nás se často nazývají tahové nebo dilatační trhliny.
- (58) Smykové trhliny.

- (59) „Minerální sukcese“ nebo „minerální posloupnost“ není v tomto případě zcela přesný překlad Pošepného termínu „krustifikace“, neboť nejde jen o časový sled růstu nerostů, ale i o vzájemné narůstání čili „superpozici“ minerálů. V ložiskové geologii se však u nás častěji hovoří o sukcesi jako obecném sledu ukládání nerostů, což vyjadřuje Pošepný výrazem krustifikace. Termín krustifikace byl ponechán především tam, kde šlo o supergenní narůstání rud, tj. vznik rud v povrchových částech zemské kůry. V ostatních případech je použit termín sukcese, superpozice nebo minerální posloupnost — výsledkem jsou různé makrotextury rud.
- (60) V originálu se uvádí „u metamorfovaných žil“, což podle dalšího textu postrádá smysl. V tomto případě Pošepný patrně slovem metamorfóza myslel parageneticky složitý vývoj žíly, alterace a vnitrozílné metasomatické procesy.
- (61) Tento jev by mohl odpovídat celkem běžnému vzniku dilatačních nebo tahových trhlin v mezivrstevných nebo břidličných spárách, doprovázejících dislokace, ale uvedený obrázek 47 a text jsou nejasné.
- (62) V originále „barysféra“, která představuje hluboké části zemské kůry a svrchní zemský plášť (G. G.).
- (63) Tento název opět potvrzuje, že Pošepný nebyl bezvýhradným zastáncem názoru o rudodárnosti granitů, jak se často uvádí.
- (64) Co touto větou Pošepný myslel, není zcela jasné, ale patrně pokládal žulu za přirozenou součást paleozoické jednotky.
- (65) Pánev = v tomto případě spíše synklinála.
- (66) Congeria — terciární až recentní mlži.
- (67) Pošepného genetická koncepce výzkumu rudních ložisek jej vedla často k rekonstrukčním úvahám a studiím, které se dnes někdy označují jako paleogeologické. Pošepný je jedním z prvních průkopníků této nesmírně důležité metody výzkumu ložisek.
- (68) V originále je „idiogenní“ složka. Viz vysvětlivku (20).
- (69) Pošepného charakteristika propylitu je v podstatě výstižná, i když není úplná. Richthofenův název horniny nebyl však volen správně, neboť vznikl z jeho dojmu, že jde o první, tedy nejstarší horninu souboru vulkanitů.
- (70) Z textu je zřejmé, že Pošepnému byl dobře znám tektonický fenomén, který s názvem „vlek“ byl objasněn poměrně nedávno. Jeho znázornění na obrázku 69 je sice pouze zvláštním případem jevu, nicméně doprovodný text dokazuje mimořádnou schopnost autora tektonické jevy analyzovat a zejména geneticky interpretovat.
- (71) V této části textu byla dána přednost volnému překladu, neboť jsem chtěl dnešnímu čtenáři připomenout Pošepného principiální přístup k řešení otázky transportu rudních roztoků. Principy, kterými se řídí přenos rudních roztoků, jsou do jisté míry nezávislé na jevech, které můžeme nyní

pozorovat, protože jsou-li malých rozměrů, nepřikládáme jim náležitý význam, ačkoliv zákonitosti transportu zůstávají stejné.

- (72) Pošepný má v tomto případě na mysli „rudní lože“ jako sedimentární útvar, za který byla ložní rudní tělesa vzniklá epigenetickým vyplněním dutin rudami často pokládána. Otázka geneze rud u ložisek tohoto typu není však dosud definitivně vyřešena, resp. není známo, z čeho byly kovy transportovány do dutin. Zdá se, že původ různých rudních ložisek ve vápencích je různý.
- (73) V této části textu je Pošepného argumentace poněkud nejasná.
- (74) Termín „horses“ pro hluché partie hornin uprostřed ložiska se někdy užívá také v naší hornické mluvě jako „kobyly“.
- (75) Zde se opět objevuje snaha Pošepného dělit „náhražkové“ procesy zrudnění na metasomatózu a solvatoapozici (ve smyslu Hanuše 1963).
- (76) Pošepný byl průkopníkem geologické grafické dokumentace jako nástroje k řešení geneze ložiska. Nesmírně si cenil objektivních nákresů, které pečlivě analyzoval a z nich sestavoval obraz ložiska — nejen morfologický, ale především genetický, vyjadřující zrod a časový vývoj rudní akumulace. Byl si přitom vědom, že nákresy rud v dolech mají velkou cenu již proto, že znázorňují stav, který těžbou nenávratně mizí.
- (77) Potsdam — svrchní oddělení kambria atlantské oblasti USA (E. G.).
- (78) Zde má Pošepný na mysli tzv. krystalizační sílu.
- (79) Všechna tato ložiska jsou v originále označena jako metamorfovaná. Představy Pošepného o metamorfóze (používá termín „metamorphose“, ale ne „metamorphic“) jsou z dnešního hlediska i podle anglické terminologie (G. G.) příliš široké. Zahrnují např. procesy diagenetické, metasomatické, metamorfogenní a další.
- (80) Podle E. G. „měďnaté břidlice“, podle J. Koutka „mědinosné břidlice“.
- (81) Pošepného představy o srážení sloučenin železa z mořské vody jsou dnes těžko přijatelné, ale dosud nebyl úplně prozkoumán chemický charakter a historický vývoj mořské vody, zejména v nejstarších geologických obdobích, kdy se tvořila největší ložiska sedimentárních železných rud.
- (82) Pošepného termín „katastrofická změna“ je asi použit pod vlivem Cuvierovy hypotézy o utváření zemského povrchu náhlými událostmi, katastrofami, které ovlivnily i vývoj organismů.
- (83) Dnes se výskyty rud v poruchách protínajících mědinosné břidlice vysvětlují syndiagenetickými nebo postdiagenetickými pochody, které se podle Harassowitzze označují jako anchimetamorfní, pokud jsou vyvinuty regionálně.
- (84) Zde se Pošepný mýlil, jak ukázaly pozdější nálezy mědinosných břidlic v Polsku, které jsou dokladem obrovského rozsahu zrudnění na velké ploše.
- (85) Úvahy o možnosti existence nebo přínosu roztoku kovů na mořském dně

se dnes jeví ve zcela jiném světle poté, co byly zjištěny výrony rudonosných hydroterm a „rudní bahna“ na dně Rudého moře a exhalace sulfidů u Galapág (tzv. black smokes). Tyto jevy byly zachyceny i podmořskými filmovými kamerami.

- (86) Termín „Knoten“ = Knotenerze z německé terminologie je v češtině používán nebo podle E. G. nahražován termínem uzlíkové rudy. V textu je termín „Knoten“ ponechán obdobně jako v anglickém originále.
- (87) Problém cirkulace rudních roztoků zůstává na ložiskách typu Mechernich dosud nejasný, pokud se zaměříme na otázku původu a směry pronikání rudních roztoků. Pošepného názor o „stoupajících“ roztocích nenalézám v poslední době příliš zastánců. Dává se přednost hypotézám založeným na migraci solanek (brines) v „paleoakviferách“, které mohou probíhat různými cestami — např. paralelně s vrstevnatostmi. Obdivuhodné je však Pošepného opakované upozornění na možný podíl organických substancí na krystalizaci rudních složek. Úloha organiky v rudotvorném procesu byla již mnohokrát prokázána.
- (88) Píščitojilovité břidlice, v originále arenaceous clay-slates, odpovídají podle G. G. anchimetamorfní píščitojilovité hornině.
- (89) V originále „tufas“, což jsou podle G. G. chemogenní vápnnité evapority. Může však jít o skutečné tufy, jak vyplývá z dalších souvislostí, nebo spíše o bahna vzniklá z vulkanického popele (tufity). Nelze vyloučit ani sintr nebo vulkanogenní (tufový) sintr. Podle G. G. nemá být termín „tufa“ zaměňován za „tuff“.
- (90) Pošepného odmítavé stanovisko k opakovanému vzniku rudních minerálů v mořském prostředí není opodstatněné. Sekundárním vznikem rud myslí jejich epigenezi.
- (91) Eurity podle G. G. jsou buď celistvé drobnozrné eruptivní horniny obsahující křemenné vyrostlice, nebo obecně drobnozrné granitoidy. Tento termín se dnes neuvádí. Podle E. G. jde o felzity.
- (92) Tento Pošepného názor o „nepravosti“ ložiska je z dnešního hlediska mylný, neboť rudní ložisko se definuje jako přirozená akumulace rudních minerálů, z níž lze těžit kov pro společenskou potřebu, ať již bez úpravy nebo po úpravě rudy.
- (93) V originále „subsequent entrance of the ore“. Toto pojetí vzniku rudních žilek v pásmu vtroušených rud je z časového hlediska správné. Pošepný má však velmi často představu o přínosu rud do trhlin z jiných zdrojů, nežli je pásmo vtroušených rud. V jeho pojetí „subsequent entrance of the ore“ jako následný jev v procesu metalogeneze znamená přínos kovů z hloubky, což nemusí být vždy správné.
- (94) Pošepný má zřejmě na mysli metamorfní krystalizaci, která nastala po zrudnění. Podle obrázku, na který odkazuje, zřejmě tak soudí podle slíd obalujících zrna křemene v rudě.

- (95) Pošepný zde naráží na rozdíly mezi horninami označovanými ve střední Evropě jako granulity (tj. světlé krystalinické horniny tvořené zploštělými zrny křemene, živcem, granátem a kyanitem) a horninami, které se dnes ve Skandinávii označují jako leptity nebo leptynity. V jeho době asi ještě nebylo známo další použití termínu granulit, např. pro granulární pyroxenické metamorfity nebo obecně pro horniny granulitové metamorfické facie.
- (96) Obrázek, na který Pošepný odkazuje, a vysvětlivka k němu nevyklučují řadu dalších výkladů, zejména metamorfoenní mineralizaci nebo metamorfózu stratiformního typu ložiska.
- (97) Zde Pošepného zřejmě ovlivnil v jeho době propagovaný názor na velký význam objemových změn rekrystalizací hornin, který např. v Americe před poslední světovou válkou použil Hess při výkladu rozpínání oceánického dna serpentinizací ultrabazik v podloží oceánického bazénu.
- (98) Tím zřejmě Pošepný myslí, že i jiné horniny obsahují slídu, a proč tedy v nich není slída zatlačena rudou?
- (99) Pošepný je znám jako jeden z mála badatelů, který veřejně přiznával své chyby (i v publikacích). Jeho poznámka o možnosti výskytu vápence v ložisku je asi motivována strukturou rudy, kterou Pošepný znal z četných ložisek páskovaných zinkových rud ve vápencích.
- (100) Nejde o sklon, ale úklon rudního tělesa — zřejmě rudního sloupce (v originále „pitch“).
- (101) Pošepný měl v mnohém pravdu, což můžeme odvodit z výsledků studia fázových rovnováh sulfidů na ložisku Sudbury, kde všechny sulfidy kromě pentlanditu jsou prokazatelně hydrotermálního původu, a tedy mladší nežli magmatická hornina. Geneze ložiska je však dosud nevyřešena. Byly zjištěny i některé doklady o možném impaktním původu celého rudonosného tělesa. Impakt meteoritu mohl uvolnit cestu a podmínit tak intruzi magmatu. Podle jiných hypotéz mohou násilně pronikající magmata z oblasti zemského pláště vyvolat v zemské kůře stejné jevy jako impakt.
- (102) V originále „deposits of débris“.
- (103) I když má Pošepný v podstatě pravdu, termín „hysteromorfní“ ložiska se nevhodí. Nebezpečí záměny termínu „sekundární“ ložiska např. se „sekundárními proměnami“, vyvolanými např. v hloubce cirkulujícími vodami, postupně mizí zavedením jiných termínů, jako je „alterace“ apod.
- (104) Zde se poprvé v Pošepného textu objevuje princip aktualismu, rozpracovaný Lyellem.
- (105) V originále „the effects of the mine-waters upon various surface relations and products“. Není zcela jasné, zda Pošepný měl na mysli vztahy anorganických jevů a produkty přírodních procesů utvářejících zemský

povrch nebo účinky důlních vod na životní prostředí a produkty lidské činnosti. Pravděpodobně obojí.

- (106) V nedávné době geochemici publikovali doklady o chemogenní koncentraci zlata z říční vody. Jde nejspíše o zlato vyloužené kyanidy, které produkuje některé primitivní rostliny, např. houby a řasy. Je zajímavé, že prvními nálezy mikro- a makrofosilií fosilizovaných zlatem jsou na ložisku Witwatersrand v jižní Africe především houby vedle zbytků řas a dalších organismů.
- (107) Zlato se často nalézá v ložiskách, které jsou reliktem paleoreliéfu (u nás např. ve vysoko položených výchozech proterozoika pod říčními terasami Všenorské brány j. od Prahy z doby, kdy Vltava tekla přes dnešní oblast Klínce do údolí, kterým dnes teče Berounka). Je obdivuhodné, jak Pošepný respektoval zásady paleogeologické rekonstrukce, které se rozvinuly teprve nedávno. Mohli bychom říci, že pracoval moderními metodami, které dodnes jsou mnohým geologům cizí.
- (108) Podle rukopisných poznámek J. Koutka v Ježkově překladu jde o výskyty zlatonosných žil u Dobré Vody u Českých Budějovic.
- (109) Podle Ježka „skalní zlato“, tj. zlato uzavřené v křemenné žilovině.
- (110) Epigenetický původ sperrylitu je málo pravděpodobný a Pošepný neuvádí, proč jej přiřadil k epigenetické mineralizaci ložiska Sudbury.
- (111) V originále „cement beds“ nebo „cement“. Podle G. G. je cement chemogenní tmel hornin, který tvoří pevné pojivo mezi klastickými zrny (nemohou to být jílové minerály, které nedávají hornině požadovanou pevnost; může to být křemen, opál, karbonáty apod.).
- (112) Jde o proterozoické stáří, jak bylo nedávno prokázáno i mikropaleontologicky.
- (113) Ložisko Witwatersrand je dnes největším a nejproduktivnějším ložiskem zlata na světě. Obsahuje též uranové rudy a je dobře geologicky prozkoumáno. Přesto je geneticky sporné. Nejpravděpodobnější je zařazení ložiska k paleoklastickým typům — rozsypům. Jde nejspíše o šterkovou deltu zlatonosného toku, místy porostlou řasami a primitivními houbami, které sloužily jako adsorbent zlata, jež asi bylo rozpuštěno ve vodě, a současně jako mechanický sběrač zlatinek.
- (114) Arkózový charakter tmelu slepenců se dnes uvádí jako doklad toho, že zdrojovou oblastí klastik i zlata byly granity. Geologická rekonstrukce naznačuje, že jde o tzv. greenstone belt granites, tedy o granity prorážející staré vulkanické zelenokamenné formace. Tyto typy granitů jsou známy zejména z Kanady, Austrálie i Afriky jako zlatonosné.
- (115) V nedávné době byly podrobně prozkoumány zlatonosné slepence karbonického stáří u Křivců při z. okraji plzeňské pánve. Jde o poměrně nevelké ložisko, s průměrným obsahem zlata 49 mg t. Je však dokladem

existence vzniku rozsypaných ložisek Au při okrajích českých permokarbonských pánví.

- (116) V originálu, zřejmě omylem, „postkambrické“ břidlice. (Pošepný je jako první přirovnal k algonkickým břidlicím a od té doby až donedávna byly označovány jako algonkium.) V německém překladu a na dalším obrázku ložiska Bohutín je označení správné.
- (117) V originálu „uranit“ (stejně v německém překladu). Podle G. G. jde o souhrnný název pro fosfáty a arzenidy uranu autunitového a torbernitového typu — nikoliv uraninit. Podle Ježkova překladu „uraninit“.

Život a dílo Františka Pošepného

Jiří Majer

Předmětem tohoto krátkého zamyšlení nad životem geologa a montanisty Františka Pošepného nebude hodnocení obsahu jeho vědeckého díla, ale spíše pokus o rekonstrukci vnitřní logiky jeho životního běhu. Bohužel, okolnosti provázající jeho dílo mohou být podány jen v hrubých rysech, protože nemáme k dispozici dostatek pramenů osobní povahy.

František Pošepný se narodil 30. března 1836 v Jilemnici a po absolvování základních škol v Liberci, Králově Dvoře a vyšší reálky v Praze se v r. 1852 přihlásil na pražskou polytechniku. Jeho zájem nebyl ještě v těchto letech vyhraněn a začal se postupně utvářet pod vlivem přednášek profesora C. Ballinga z technické chemie a především profesora A. E. Reusse z geologie a paleontologie. Reussovy přednášky Pošepný ještě řadu let navštěvoval z vlastní píle i na pražské univerzitě, neboť na polytechnice byl tomuto oboru vyhrazen jen jediný semestr. Pošepný se nakonec pod silnějším vlivem Reussovým rozhodl pro geologii a po absolvování polytechniky v r. 1857 se přihlásil ke studiu na vyšším montánním učilišti (pozdější báňské akademii) v Příbrami. Zde se jeho postupně se vyhraňujícím odbornému zaměření dostalo nového posilujícího zdroje v osobnosti ředitele akademie a znalce českých ložisek J. Grimma. Reussovo dílo „Kurze Übersicht der geognostischen Verhältnisse Böhmens“ z r. 1854 a Grimmova příručka „Grundzüge der Geognosie“ z r. 1856 se staly Pošepnému prvními pomůckami během studia i při počátečních pokusech o vlastní výzkum. Zvláště jej zaujaly výklady o rudních ložiskách, které Grimm přednášel jako nepovinný předmět, a po řadu dalších let byl pod jejich vlivem. Snaha vyzkoušet své znalosti vedla Pošepného již během studia k vlastním geologickým průzkumům měděných rud v okolí Jilemnice. V roce 1859 otiskl v časopise Živa svá první odborná zjištění.

Po absolvování studia byl Pošepný přijat do státních služeb a jako horní praktikant přidělen báňskému ředitelství v rumunské, tehdy uherské Baia Mare, nikoli k odborné, ale jen k administrativní práci. Naštěstí se mu již v r. 1861 podařilo získat místo vedoucího kutacích prací na lignitovém, geologicky ještě neprozkoumaném ložisku v okolí Kováče a tak měl příležitost pokusit se určit jeho povahu i rozsah. Jak později ve svém vlastním životopise přiznal, nebyl postup, který tu zvolil, zcela šťastný. Byl to však jeho první samostatný výzkum. Výsledky kromě úředních zpráv současně publikoval zatím ještě v rozsahem nevelkých statích. V nich se však už začala rýsovat metodika Pošepného přístupu k vyhodnocování ložisek a tak byl v r. 1862 pověřen prostudovat další lokalitu — rudné ložisko v Rodně v Transylvánských Alpách. Ložiskové poměry tu však byly značně složité a analýza geologické situace nepostupovala podle jeho

očekávání. Zdá se, že tehdy poprvé zakolísal v sebedůvěře, že práci dokáže dokončit. Vinu přikládal nedostatku vlastních zkušeností a znalostí, a proto požádal v r. 1863 o umožnění odborného doplňkového studia na Říšském geologickém ústavu ve Vídni, zřízeném v r. 1849 pro geologický výzkum zemí rakouské monarchie. Byla mu povolena dvouletá stáž a její uskutečnění vytvořilo precedens i pro další případy postgraduální praxe začínajících geologů. Studijní atmosféra ústavu ještě zesílila jeho sklon k výzkumné práci. Po dvou letech musel ústav opustit, ale celý život se pokoušel do něj vrátit, bohužel marně.

Po návratu do Sedmihradska se Pošepný vrátil k práci řadového geologa. Na přání vynikajícího znalce P. Rittingera, tehdejšího sekčního šéfa oddělení hornictví na vídeňském ministerstvu financí, nejprve obnovil výzkum rudního ložiska v Rodně, s novou odvahou a s nově získanými zkušenostmi. Během roku 1864 a počátkem dalšího Pošepný výzkum této lokality dokončil. Ale přes ocenění, kterého se mu dostalo z úředních míst v Kluzi, nebyl s výsledky spokojen. Přiznal, že pokud šlo o genetické závěry, scházela mu odvaha k samostatnosti úsudku, protože se ještě přikláněl k již zastaralým názorům Grimmovým. Pochopil, že musí hledat vlastní cesty, neboť dosavadní znalosti o ložiskách byly buď překonané nebo nedostatečné. Ani se zaměřením Říšského geologického ústavu ve Vídni nebyl spokojen: výzkumný program této instituce směřoval spíše ke stratigrafii, zatímco výzkum rudních ložisek, přes značný ekonomický význam, který mohl mít, byl odsouván jako méně naléhavý. Rovněž výsledky saských geologů se Pošepnému nezdály postačující. Řadu jeho vlastních geologických zjištění nebylo možné vřadit do schématu vypracovaného saskou školou. Proto se už v Sedmihradsku rozhodl jít vlastní cestou a věnovat se výhradně studiu rudních ložisek. Svému rozhodnutí zůstal pak již trvale věrný.

Báňské ředitelství v Kluzi mu v r. 1865 zadalo úkol neméně náročný než ten, který právě ukončil: vypracovat studii o zlatorudném ložisku v rumunské Rošii. Výzkum však neprobíhal snadno, neboť mu bránily složité majetkoprávní poměry: vedle státního závodu bylo na ložisku množství soukromých dolů, jejichž majitelé stěží mohli či chtěli pochopit snahu Pošepného o komplexní vyhodnocení ložiska. Práci mu ztěžoval i vypjatý místní šovinismus a situaci vyhrocovala i jeho výbušná povaha a roztrpčenost ze zábran v práci. A tak teprve v r. 1869 dokončil svou práci o tomto zlatorudném ložisku, nespokojen s výsledky, kterých za daných poměrů mohl docílit.

Jeho několikaletý pobyt v Sedmihradsku však nebyl zbytečný. Přes veškeré potíže se Pošepnému podařilo shromáždit množství dokladového materiálu. Jeho tvůrčí aktivita byla v té době obdivuhodná. V letech 1859—1869 publikoval 33 vědeckých i odborných zjištění, sice nepříliš rozsáhlých, vesměs však se zcela novými poznatky. Týkaly se ložisek různé povahy v Sedmihradsku (na státním území dnešního Rumunska), v Uhersku, Haliči (na území dnešního Polska), na Slovensku i v českých zemích. Některé z jeho statí nabývaly již syntetické povahy, např. analýzy solných ložisek či výklad uložení rudních loži-

sek v sedmihradských pohorích. Průzkum tehdy ještě hornicky málo dotčeného Sedmihradska umožnil seznámení se širokou škálou nerostných ložisek různých typů, od ložisek rud železných, zlatých, olovnatozinkových až po ložiska ropy, soli a síry. Jevy, které zde studoval, se mu později staly základem k vypracování hlavních rysů jeho srovnávacího a genetického hlediska při výkladu původu a vzniku ložisek nerostných surovin.

V této době si Pošepný jasně uvědomil, že za svou výzkumnou práci nemůže čekat oficiální ocenění. Úřední místa zajímaly jeho výzkumy jen potud, pokud byly okamžitě prakticky využitelné v báňských provozech. Vědecký výzkum nerostných ložisek byl vyhrazován výhradně Říšskému geologickému ústavu. K uvolnění Pošepného od administrativních prací nikdy nedošlo, spíše se mu dostalo výtek, že jeho způsob výzkumu je na jejich úkor. A tak nová vědní zjištění širšího charakteru byla v těchto letech zpravidla výsledkem jeho práce ve volném čase.

Teprve v březnu 1870 se před Pošepným otevřela možnost nezávislého průzkumu, když přijal místo hlavního báňského geologa pro Uhry na vrchním báňském ředitelství v Banské Štiavnici. V této funkci, v níž strávil čtyři léta, prováděl i výzkumy řady slovenských ložisek, zejména na Magurce, ve Španí Dolině, v Kremnici a Nové Bani. Studoval tu i průvodní genetické jevy, které mohly nejen objasnit povahu tamních ložisek, ale přispět i k řešení některých obecných problémů vzniku ložisek. Mnoho ze skutečností zde zjištěných si nedovedl vyložit. Zdál se mu nezbytný srovnávací průzkum zahraničních ložisek, soustavné studium zahraniční odborné literatury a získání i udržování osobních vědeckých kontaktů. Proto požádal o dvouletou studijní dovolenou. Žádost mu byla zamítnuta. A nejen zamítnuta. Dostal od báňského ředitelství výtku, že si při plnění služebních povinností počíná naprosto suverénně a zcela libovolně. A tak místo volna na zahraniční studium byla Pošepnému povolena jen několikadenní dovolená na prostudování úložných poměrů ve státních rtuťových dolech v rakouské Idrii, ale i tom musel podat úřední zprávu. Z jeho dalších záměrů se uskutečnil, nejspíše opět ve volném čase, jen krátký pobyt ve Freibergu, Eislebenu a Stassfurtu někdy během roku 1873. Vztah báňského ředitelství v Banské Štiavnici se vůči Pošepnému postupně vyhrcoval a posléze vyzněl zcela jednoznačně: jeho odborné práce mají příliš všeobecný charakter a z praktického hlediska malou cenu; bylo proto navrženo, aby byl pracovní poměr s Pošepným zrušen. V takovém ovzduší nedůvěry Pošepný nemohl dále pracovat, a proto sám požádal v červnu 1874 o zproštění z funkce geologa pro Uhry, od níž si zpočátku tolik sliboval. Rozpracované zprávy o slovenských ložiskách dokončil dodatečně ve Vídni.

Hlavní příčina Pošepného trvalých potíží spočívala zřejmě ve skutečnosti, že svými — dnes již obecně platnými — názory o nezbytné součinnosti vědy a praxe v hornictví předešel svou dobu. V báňském průmyslu byla totiž empirie stále ještě hlavní pracovní metodou a ani v osnovách báňských akademií nebylo

zatím patrné rovnocenné partnerství teorie a praxe. A tak výzkumy Pošepného byly hodnoceny situačně, tedy jen z hlediska okamžité využitelnosti. On sám však byl o správnosti svého úsudku nezvratně přesvědčen a řídil se jím při práci. Vypracovával si vlastní koncepci i metodiku pracovních postupů. Ve svém životopise přiznává, že se zpočátku domníval, že postačí jen rozšířit dosavadní soustavu klasifikace ložisek, ale nové a nové poznatky protřečily této pohodlnější cestě. Proto se rozhodl zrevidovat dosavadní znalosti a po snesení a analýze množství materiálu se pokusil o vypracování a doložení vlastní představy geneze a povahy ložisek, která měla být zpřesňována dalším výzkumem.

Odchodem z Uher vstoupil Pošepný do další životní křižovatky. Po návratu do Vídně byl zprvu pověřen vypracováním několika odborných posudků o různých lokalitách. V březnu 1875 byl přijat jako montánní geolog na ministerstvo orby, v honosné úřední nomenklatuře ministerského podtajemníka. Stal se tedy opět úředníkem a mnohdy mu byly přidělovány úkoly z vědeckého hlediska podřadné, jako vypracování externích posudků o několika rudních lokalitách rakouských a štyrských a o uhelném ložisku v Istrii. Přležitost k širšímu výzkumu mu přineslo teprve pověření provést báňskogeologický průzkum významných zlatorudních ložisek ve Vysokých Taurách, měděných ložisek u Kitzbühelu a Brixlegu a několika dalších tyrolských nalezišť. Pro Pošepného další práci měla zásadní význam především jeho americká cesta. Jako úřední zpravodaj ministerstva orby a ministerstva financí byl r. 1876 vyslán na světovou výstavu do Filadelfie. Svůj pobyt využil k prohlídce hlavních důlních oblastí Nevady a Kalifornie, kde pořídil množství pracovních skic a poznámek. Navázal tu i několik celoživotních osobních přátelství s americkými geology, zejména s newyorským profesorem geologie J. Raymondem.

Ze souběhu fakt se zdá, že Pošepný v tomto období přešel do aktivnějšího boje za prosazení svých záměrů. Již v roce 1873 navrhl zřízení nového oddělení pro studium ložisek při Říšském geologickém ústavu ve Vídni, návrh však nebyl realizován. Ani další návrh z r. 1875 na ustavení samostatného montánně geologického ústavu, podřízeného ministerstvu orby, nebyl kladně vyřízen, přestože v argumentaci přesvědčivě vysvětloval příčiny zaostalosti rakousko-uherského hornictví právě nedostatkem vědecky zjištěných podkladů pro komplexnější vyhodnocování ložisek i konvenující volbu exploatačních metod. Po neúspěšné snaze zajistit si předpoklady pro soustředěný geologický výzkum ložisek oficiální cestou se r. 1879 obrátil se svými názory na odbornou veřejnost. Na jarním zasedání Spolku rakouských inženýrů a architektů ve Vídni vyložil své stanovisko ve dvou přednáškách, které pak otiskl pod názvem „Geologie und Bergbau in ihren gegenseitigen Beziehungen“. V nich upozornil, že přes vzestup produkce báňské činnosti došlo v rakouských zemích ke zřetelnému úpadku rudního hornictví. Byl přesvědčen, že soustavným shromažďováním písemného materiálu, hmotné dokumentace a výzkumem stále zpřesňovaný báňsko-geologický přehled rudních a později i ostatních nerostných ložisek by měl ne-

sporně perspektivně dlouhodobou ekonomickou i vědeckou cenu. Vyslovil tu i řadu praktických zásad, ke kterým jej přivedly jeho dosavadní zkušenosti.

K prosazení oboru ložiskové geologie jako samostatné vědní disciplíny Pošepný neváhal využít ani rakouské okupace Bosny a Hercegoviny v r. 1878. Navrhl provést geologické zmapování těchto zemí speciálním útvarem vojenských kartografů, jejichž výsledky měly být zveřejněny i pro vědecké účely. Současně nabídl rakouskému zeměpisnému úřadu ve Vídni, že uspořádá pro jeho pracovníky cyklus přednášek o geologii a způsobech geologického mapování. Návrh byl přijat a Pošepný na přelomu let 1878/1879 provedl 90 instruktážních výkladů, které se setkaly s mimořádným zájmem.

Prostředkem boje za prosazení nových názorů měl být však především Pošepným založený Archiv für praktische Geologie, jehož první svazek vyšel r. 1880. Svým Archivem Pošepný zahájil řadu publikací, které měly být věnovány zveřejnění jeho vlastních i cizích zjištění z oboru ložiskové geologie. Zdá se, že Pošepného představa ložiskové geologie ve vztahu k báňské činnosti přece jen pomalu získávala na oficiálních místech příznivější přijetí. Obsah prvního svazku Archivu ministerstvo orby nejen schválilo, ale dokonce na jeho tisk přidělilo i finanční příspěvek.

Naděje, že by mohlo být zřízeno speciální pracoviště pro výzkum ložisek, ať samostatné, či podřízené Říšskému geologickému ústavu, však nebyla. Zdálo se mu reálnější nejprve získat a odborně vychovat nastupující generaci montanistů pro geologický výzkum. V obsáhlém memorandu v r. 1879 proto navrhl ministerstvu orby doplnit dosud převážně technický výukový program rakouských báňských akademií povinnými přednáškami z oboru ložiskové geologie. Současně zkoncipoval i osnovy výuky. Návrh tentokrát přišel ve vhodný okamžik. Byl podán v době, kdy série důlních katastrof a neekonomičnost dobývacích metod nutily vážně uvažovat o významu teorie pro praxi a v tomto kontextu i o významu vědní analýzy ložisek. Události dostaly náhle překvapivě rychlý spád — již 8. září 1879 byly výnosem císařského dvora zřízeny na báňských akademiích v Příbrami a v Leobenu nové katedry pro ložiskovou geologii. Přednášky na příbramském učilišti byly svěřeny Pošepnému, zprvu jako docentu, od r. 1882 jako mimořádnému a od r. 1887 jako řádnému profesoru geologie a analytické chemie.

Je tragickým rysem života Pošepného, že mu nebylo dopřáno klidu k soustředěné práci ani v Příbrami. Brzy se i zde ukázaly nepřijemnosti. Pošepný narážel i v tomto prostředí na nepochopení pro svůj vědní obor. Po několika letech se dostal do prudkého odborného sporu s geology příbramského báňského ředitelství, kteří apriorně nevěřili v praktickou užitečnost jeho vědních výsledků. Význam jeho výzkumu příbramského ložiska byl snižován, výsledky bagatelizovány a bylo mu odíráno i autorství některých nových zjištění. Pošepný sám se naopak netajil s negativními názory na anachronní empirické metody průzkumné práce a nedůvěrou v serióznost výsledků. Odborný spor se vyhroutil

r. 1889 ve střetnutí obou stran na stránkách ústředního celorakouského báňského časopisu *Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen*. Stanoviska zůstala nesmiřitelně protichůdná a další polemika byla z příkazu ministerstva orby zastavena. (Spor se uzavřel až o 6 let později, kdy ve druhém svazku Archivu bylo otištěno Pošepného souhrnné stanovisko k jeho polemice s příbramským ředitelstvím, bohužel již posmrtně.) Tyto okolnosti a znemožnění dalšího výzkumu příbramského ložiska, jemuž věnoval téměř 8 let práce, byly jedním z důvodů jeho rezignace na katedře báňské akademie. V roce 1888 požádal ze zdravotních důvodů — ke starším plicním potížím se přidalo i srdeční onemocnění — o roční dovolenou, rok poté dobrovolně odešel do důchodu ve věku pouhých 53 let a zanedlouho natrvalo přesídlil z Příbrami do Vídně.

Neshody, které znechtily Pošepnému závěr jeho působení v Příbrami, byly však vyváženy osmiletou nepřetržitou výzkumnou prací, které se věnoval vedle pedagogické činnosti. Příbramské polymetalické ložisko svou rozsáhlostí, členitostí, povahou a především množstvím problémů poskytovalo široké studijní možnosti. Velké množství dochovaných skic, detailních geologických náčrtků a map příbramského revíru i poznámek k paragenezi a výplním zdejších rudních žil je dokladem Pošepného vědních zájmů. Nové poznatky otiskoval v sérii statí, z nichž zásadní význam měly jeho práce o tzv. adinolách a zejména jeho analýza montánně geologické situace příbramského rudního okrsku, zveřejněná ve druhém svazku Archivu. Do ní shrnul výsledky svého několikaleťového výzkumu. Správně tu vystihl povahu příbramské jílové rozsedliny, kterou vyložil jako vrásový přesmyk. Jako první označil středočeské prekambrium jako „algonkium“. Pokusil se i o podrobnější stratigrafii příbramského kambria, v němž poprvé konstatoval bazální žitecké slepence a definoval i jiné části kambrického souvrství.

Pošepného zájem nebyl ovšem zúžen jen na Příbramsko. Pokračoval ve studiu dalších českých rudních oblastí; byla to součást příprav na zamýšlené souborné dílo o všech rudních ložiskách českých zemí. Mělo mít název „Úplný přehled minerálních ložišť, země- a dějepis jejich dobývání“. Z něho uskutečnil jen přehlednou mapu ložišek a důlních podniků, vydanou v r. 1891. V komentáři k ní vyložil svůj pracovní postup, založený především na studiu archívních pramenů, jejichž vyhodnocení přikládal zásadní význam.

Druhým zájmovým okruhem Pošepného byla zlatonosná ložiska. S jejich povahou se seznámil již za svého působení v Sedmíhradsku, na Slovensku a v alpských zemích a již v letech 1867—1880 o nich napsal několik prací. Věnoval jim léta výzkumu a poznatky shrnul do obsáhlého díla „Das Goldvorkommen Böhmens und der benachbarten Länder“, vydaného r. 1895. V něm zaznamenal a vyhodnotil všechny znalosti o výskytech zlata v Čechách a v sousedních zemích, a to opět jako výsledek studia archívních i literárních pramenů a geologických výzkumů v terénu. Tato práce si dodnes uchovala základní význam: slouží nejen jako příručka při archeologických a historicko-technických

výzkumech, ale i při vyhodnocování zlatonosných ložisek, prováděném v současné době. Neméně závažná byla i jeho další publikační činnost v době přibramského působení. Pod jeho jménem bylo v letech 1880—1890 otištěno celkem 19 odborných statí, mnohé z nich — zejména práce o alpských ložiskách — značného rozsahu a zásadního významu. Některé z nich prozrazují, že právě v Příbrami se zformovaly hlavní zásady jeho teorie o genezi rudních ložisek.

Pošepný využil odchodu na odpočinek, aby konečně vyplnil své dávné přání a uskutečnil řadu zahraničních cest. Jejich cílem bylo vlastními poznatky získat ověření i důkazy pro správnost své teorie o vzniku rudních ložisek. Po cestě na Ural, podniknuté ještě z Příbrami, opět navštívil Sedmíhradsko a četné další důlní oblasti v Německu, Anglii, Norsku, ve Francii, Švédsku, v Itálii i Sardinii, v Řecku i Palestině. Dílčí zjištění z těchto cest publikoval v samostatných statích, přednášel o nich na odborných zasedáních vídeňského Vědeckého klubu, ve Spolku rakouských inženýrů a architektů i při mezinárodních hornických kongresech.

V posledních letech svého života však Pošepný především revidoval své starší názory a pracoval na syntéze. Tou bylo jeho poslední dílo „O genezi rudních ložisek“, poprvé zveřejněné v New Yorku r. 1893 v anglickém znění jako referátová účast Pošepného na kongresu americké asociace báňských a hutních inženýrů, konaném v Chicagu, jehož se ze zdravotních důvodů nemohl zúčastnit. Roku 1895 bylo toto dílo vydáno v německém znění. V New Yorku v dalším vydání 1902 vyšlo s připojenými diskusemi a dodatky předních amerických i jiných zahraničních badatelů v oboru ložiskové geologie. Teprve v r. 1927 se dočkalo českého vydání.

Touto prací Pošepný přispěl k řešení desetiletí trvajícího sporu o vzniku rudních ložisek, a to ve prospěch ascenzní teorie a popření starší teorie laterální sekrece, jejíž zastánce, würzburgský profesor Fridolin Sandberger hlásal domněnku, že rudní ložiska vytvořily rudní roztoky vyloužené z okolních hornin a vniklé do trhlin v zemské kůře. V zásadě byla přijata Pošepného argumentace vysvětlující původ rudních těles vlivem hlubinné cirkulace hydrotermálních roztoků, koncentrujících se již v magmatu, které se po výstupu z hlubin ukládaly v trhlínách zemské kůry či na místě metasomaticky zatlačené horniny. Základním přínosem byl především jeho genetický pohled na vznik ložisek. Tím jeho práce značně vynikaly nad pracemi současníků, kteří si většinou všímali jen tvaru a obsahu ložisek a opomíjeli problémy jejich vzniku. Na chicagském kongresu zazněl první signál k několikaleté diskusi o platnosti Pošepného pojetí geneze rudních ložisek, o jeho obecné užitečnosti či limitech jeho aplikace. Jeho hledisko bylo přijato jako výchozí pro další výzkum a řada badatelů je postupně rozpracovala. A to bylo právě úmyslem Pošepného — prorazit bariéru domácího nezájmu a přenést diskusi do mezinárodní odborné arény.

Ukončení diskuse se již nedočkal. Na počátku roku 1895 se jeho zdravotní stav začal zhoršovat, koncem února ochrnl. Bylo zřejmé, že mu již nezbývá

mnoho času. Avšak i poslední týdny využil za pomoci své ženy k tomu, aby připravil k tisku druhý svazek Archivu für praktische Geologie. Dne 27. března 1895 František Pošepný zemřel ve věku 59 let.

Dosah Pošepného díla, vtěleného do více než 100 tištěných prací, bude ještě nejjednodušším hodnocen. Avšak pro ucelení pohledu na jeho osobnost by bylo vhodné v krátkosti shrnout jeho vědní přínos. Spočíval především v důsledné aplikaci srovnávacího a genetického hlediska při klasifikaci rudních ložisek. Odborná převaha jeho teorie nad Sandbergerovou teorií laterální sekrece otevřela další perspektivu geologickému výzkumu a měla i zásadní praktický význam. Umožnila totiž pokračovat v hlubinné těžbě bez obav, že zrudnění bude v hloubce ubývat, jak by bylo vyplývalo z teorie Sandbergerovy. Proto již první Pošepného vystoupení proti ní v r. 1885 na mezinárodním kongresu v Berlíně vzbudilo tak velký zájem. Ovšem nejen Pošepného práce koncepční povahy, ale i řada dílčích statí měla pro svou důkladnost již v době svého vzniku základní odborný i metodický význam. Je málo známo, že Pošepný byl první, kdo již v letech 1867–1871 ve svých pracích o sedmihradských solných oblastech podal exaktní popis tvaru jejich ložisek a správný výklad jejich tektoniky a stal se tím předchůdcem pozdější teorie diapirismu a diapirových vrás. Krátce poté, na počátku 70. let, poprvé v Evropě vysvětlil vznik olověnozinkových ložisek **rabljakého** typu, která se vytvořila zatlačením vápence hydrotermálními roztoky s rudním obsahem, pronikajícími z hlubin. Zde se již v jádře objevily první **doklady** jeho pozdější ascenzní teorie. Z prací týkajících se českých ložisek mají **kromě** menších prací o horninách stříbrského revíru význam statí týkající se příbramského okrsku a především jeho monografie o zlatorudních ložiskách. Právě tato jeho práce dala popud ke znovutevření některých starých hornických děl, zvláště Roudného. Tyto i další Pošepného práce tvořily součást zamýšleného a bohužel nedokončeného syntetického díla o českých rudních ložiskách. Je třeba připomenout, že na jeho návrh byl silurský systém středních Čech označen jednotným názvem Barrandien. Některé z jeho prací však byly neprávem za jeho života opomíjeny. Zásluhou Jindřicha Ladislava Barvíře, Františka Slavíka, Radima Kettnera, Jaromíra Koutka, Jana Kořana a Zdeňka Pouby byly a jsou znovu studovány a po právu oceněny.

Závěrem lze tedy shrnout, že Pošepný významně zasáhl do problémů stratigrafie, regionální geologie, hydrogeologie, do hornictví a jeho dějin. Jeho význam přesáhl i hranice našich zemí. Aktivní členství v řadě domácích i zahraničních odborných institucí, jeho dlouholetá redakční spolupráce s Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, obětavá vědně organizační aktivita a především rozsáhlá publikační činnost mu zajistily místo v galerii předních světových geologů. Právem byl tedy nazván „magnus parens československé geologie“, tedy její spolutvůrce.

Promítneme-li si ještě jednou ve zkratce život Františka Pošepného, dojdeme k závěru, že byl vyplněn zápasem o vytvoření podmínek pro vědeckou práci

v oboru, který si zvolil. Byl typem vědce jdoucího za poznáním bez ohledu na osobní kariéru, klopytajícího přes četné překážky a narážejícího na nepochopení a mnohdy i zlou vůli. Nebyl typem úředníka, na jaký byla tehdejší báňská správa zvyklá. Byl příliš silnou individualitou a jeho talent, neúcta k autoritám a důslednost mnohdy vyvolávaly i zlobu a závist. Svým vyspělým smyslem pro etiku vědecké práce si cestu neusnadnil, spíše ztížil a musel vlastně za svého působení několikrát začínat znova. Teprve v posledních letech života se mu podařilo dosáhnout jednoty představ a možností jejich uskutečnění. Hlavní motiv jeho životní koncepce je jasně patrný — naprostá oddanost vědě a názorová přímost, které mu přinášely spíše malicherná nepřátelství než veřejné uznání. Tím více jsou výsledky, kterých dosáhl, hodny obdivu.

Bibliografie prací Františka Pošepného

- Pošepný F. (1857): Geologický spolek v Jilemnici. — Ziva, 5, 281—282. Praha.
- (1859): Někteří poměry permského útvaru v severovýchodních Čechách. — Ziva, 7, 211—218. Praha.
- (1861): Něco o měděných horništích českého permského útvaru. — Ziva, 9, 32—49. Praha.
- (1862): Geologische Karte des mittleren Lapos-Flussgebietes in Siebenbürgen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 12. Wien.
- (1862): Příspěvek k dějepisu měděných hor v Krkonoších. — Ziva, 10, 88. Praha.
- (1863): Das Eisensteinvorkommen von Macskamezö. — Geol. Siebenbürgens, 376.
- (1863): Die Erzlagerstätten von Oláhláposbanya. — Geol. Siebenbürgens, 363.
- (1863): Die Erzlagerstätten von Rodna. — Geol. Siebenbürgens, 342.
- (1863): Fossile Flora des Rothliegenden in Böhmen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 13, 127—129. Wien.
- (1863): Geologische Verhältnisse des Laposer-Flussgebietes in Siebenbürgen. — Geol. Siebenbürgens, 333.
- (1863): Das Kohlenvorkommen von Kovács. — Geol. Siebenbürgens, 378.
- (1863): Das Waag- und Neutra-Gebiet. — Jb. K.-kön. geol. Reichsanst., Verh. 14. Wien.
- (1864): Die Quarzite von Drietoma bei Trencsin. — Jb. K.-kön. geol. Reichsanst., 14, 499—504. Wien.
- (1865): Die Anwendung des amerikanischen Verfahrens der Petroleumgewinnung auf Galizien. — Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes., 13, 317—319, 325—327. Wien.
- (1865): Die Eruptivgesteine von Rodna. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 15, 163. Wien.
- (1865): Erzführungsverhältnisse der Rodnaer Alpen in Siebenbürgen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 15, 71. Wien.
- (1865): Die geologisch-montanistische Karten des Rodnaer Bergreviers. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 15, 135. Wien.
- (1865): Geologisches Alter der Rodnaer Erzlagerstätte. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 15, 183. Wien.
- (1865): Oligocaene Schichten bei Pielach in Nieder-Oesterreich. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 15, 165. Wien.
- (1865): Über ein Jura-Vorkommen in Ost-Galizien. — Jb. K.-kön. geol. Reichsanst., 15, 213—214. Wien.
- (1865): Das Vorkommen und die Gewinnung von Petroleum im Sanoker und Samborer Kreise Galiziens. — Jb. K.-kön. geol. Reichsanst., 15, 351—358. Wien.
- (1866): Betrachtungen über die Pflege des Studiums nutzbarer Minerallagerstätten. — Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes., 14, 2—4, 10—12. Wien.
- (1867): Alter der karpatischen Salinen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 17, 9, 183—184. Wien.
- (1867): Einige Resultate meiner bisherigen Studien im Verespataker Erzdistrict. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 17, 5, 99—101. Wien.
- (1867): Jurakalkpetrefacten aus dem Umgegend von Verespatak. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 17, 15, 338—339. Wien.
- (1867): Ein neues Schwefelvorkommen an der Cicera bei Verespatak. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 17, 11, 237—238. Wien.
- (1867): Setzt das Gold in die Teufe? — Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes., 15, 22, 169—173. Wien.

- (1867): Schichtung des siebenbürgischen Steinsalzes. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 17, 7, 134—135. Wien.
- (1867): Das Schwefel-Vorkommen am Kiliman. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 17, 7, 135—137. Wien.
- (1867): Studien aus dem Salinengebiet Siebenbürgens, I. Abt. — Jb. K.-kön. geol. Reichsanst., 17, 475—516. Wien.
- (1867): Zur Entstehung der Quarzlager. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 17, 5, 98—99. Wien.
- (1868): Bemerkungen über Rézbánya. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 18, 15, 418—419. Wien.
- (1868): Eine Bergmaschine aus dem zweiten Jahrhundert und einige gleichzeitig gefundene Gegenstände. — Usterr. Z. Berg- u. Hüttenwes., 16, 153—154, 165—168. Wien.
- (1868): Zur Geologie des siebenbürgischen Erzgebirges. — Jb. K.-kön. geol. Reichsanst., 18, 53—56. Wien.
- (1868): Ein polarmagnetisches Gestein von Verespatak. — Usterr. Z. Berg- u. Hüttenwes., 16, 402—403. Wien.
- (1868): Zur Stratigraphie des südöstlichen Theiles des Bihargebirges in Siebenbürgen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 18, 15, 381—383. Wien.
- (1868): Über concentrisch-schalige Mineralbildungen. — Sitz.-Berg. K. Akad. Wiss., phys.-naturwiss. Kl., I. Abt., 57, 894—911. Wien.
- (1868): Allgemeines Bild der Erzführung im siebenbürgischen Bergbau-Districte. — Jb. K.-kön. geol. Reichsanst., 18, 297—302. Wien.
- (1869): Anhydrit im Steinsalz von Vizakna in Siebenbürgen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 19, 7, 140—141. Wien.
- (1870): Allgemeines über das Salzvorkommen Siebenbürgens. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 20, 17, 339—342. Wien.
- (1870): Bemerkungen über die durch Herrn Ch. Moore entdeckte Petrefactenführung der Erzgänge N. W. Englands. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 20, 14, 273—274. Wien.
- (1870): Einige Beziehungen zwischen Erzlagerstätten und Dislocationen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 20, 2, 20—23. Wien.
- (1870): Die Natur der Erzlagerstätte von Rodna in Siebenbürgen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 20, 2, 19—20. Wien.
- (1870): Über alpine Erzlagerstätten. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 20, 7, 124—126. Wien.
- (1870): Vorlage der geologisch-montanistischen Generalkarte des Goldbergbau-Reviers von Verespatak in Siebenbürgen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 20, 6, 95—96. Wien.
- (1870): Zur Genesis der Galmelagerstätten. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 20, 247—249. Wien.
- (1871): Studien aus dem Salinargebiete Siebenbürgens, II. Abt. — Jb. K.-kön. geol. Reichsanst., 21, 123—186. Wien.
- (1871): Über das Eisenstein-Vorkommen von Gyalár in Siebenbürgen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 21, 39—40. Wien.
- (1871): Über die Erzlagerstätte von Kishánya in Siebenbürgen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 21, 40—41. Wien.
- (1871): Über die Glimmgesteine Siebenbürgens. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 21, 93—94. Wien.
- (1871): Über die Höhlen- und Hohlraum-Bildung. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 21, 58—62. Wien.
- (1871): Über typhonische Gesteinsmassen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 21, 94—95. Wien.

- (1872): Das Erzvorkommen im White Pine-District in Nevada, Ver. St. von N. Amerika, und Analogien desselben in Europa. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 22, 9, 186—189. Wien.
- (1872): Über Dislocationen im Pribramer Erzrevier. — Jb. K.-kön. geol. Reichsanst., 22, 229—234. Wien.
- (1873): Bemerkungen über Stassfurt. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 23, 2, 30—31. Wien.
- (1873): Die Blei- und Galmei-Erzlagerstätten von Raibl in Kärnten. — Jb. K.-kön. geol. Reichsanst., 23, 317—423. Wien.
- (1873): Die sogenannten Röhrenerze von Raibl. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 23, 5, 84—87. Wien.
- (1873): Studien über die montanistische Kartierung. — Berg- u. Hüttenmänn. Jb. K.-kön. Bergakad. Leoben, Pribram, 21, 66—110. Wien.
- (1873): Zur Geologie der Erzlagerstätten von Raibl. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 23, 9, 170—172. Wien.
- (1874): Der Bergbaudistrict von Mies (Střibro) in Böhmen. Mit besonderer Berücksichtigung der vereinigten Johann Baptista und einst königl. Prokopi Zeche. — 43 s. Wien.
- (1874): Die Eruptivgesteinsgänge von Mies in Böhmen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 24, 10, 237—239. Wien.
- (1874): Geologische Betrachtungen über die Gangspalten. — Berg- u. Hüttenmänn. Jb. K.-kön. Bergakad. Leoben, Pribram, 22, 233—262. Wien.
- (1874): Geologisch-montanistische Studie der Erzlagerstätten von Rézbánya. — Ung. Gesell., 198 n. Budapest.
- (1874): Montanistische Kartierungsmethoden auf der Wiener Weltausstellung. — Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes., 22, 457—458. Wien.
- (1875): Der Silber- und Bleibergbau zu Pribram. Zur Feier der am Adalbert-Schacht erreichten Lagerteufe von 1000 m. — Wien.
- (1875): Über einige tektonische Verhältnisse der Bergbauegend von Boitza in Siebenbürgen. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 25, 5, 77—80. Wien.
- (1875): Über den inneren Bau der Offenbányaer Bergbauegend. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 25, 4, 70—74. Wien.
- (1875): Über das Vorkommen von gediegenem Gold in den Mineralschalen von Verespatak. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 25, 5, 97—101. Wien.
- (1876): Über die geologischen Aufschlüsse an der Saline zu Bex in der Schweiz. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 26, 5, 102—105. Wien.
- (1877): Bemerkungen über den Aufsatz von Herrn G. Maier über die Kupfererzlagstätte Rudjansk bei Nižnij Tagilsk am Ural. — Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes., 25, 409—410. Wien.
- (1877): Geologisches aus dem Hochlande im Westen Nordamerika's. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 27, 4, 61—66. Wien.
- (1877): Geologisches aus Utah. — Verh. K.-kön. geol. Reichsanst., 27, 6, 102—106. Wien.
- (1877): Ein römisches Schöpftrad aus der Grube S. Domingos in Portugal. — Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes., 25, 391—393. Wien.
- (1877): Die Tonne als Gewichtseinheit. — Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes., 25, 379—380. Wien.
- (1877): Über Rohmaterialien für chinesisches und japanisches Porzellan. — Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes., 25, 28, 318—319. Wien.
- (1877): Zur Genesis der Salzablagerungen, besonders jener im Nordamerikanischen Westen. — Sitz.-Ber. K. Akad. Wiss., phys.-naturwiss. Kl., 76, 179—212. Wien.

- (1878): Der Durchschlag des Sutro-Stollens. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 26, 323—324. Wien.
- (1878): Das Goldvorkommen in den Alpen. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 26, 517—519. Wien.
- (1878): Die magnetische Declination und die Isogonen im Bereiche der österreichisch-ungarischen Monarchie und der angrenzenden Gebiete. — *Berg- u. hüttenmänn. Jb. K.-kön. Bergakad. Leoben, Pöbbram*, 26, 1—54. Wien.
- (1878): Über die Bestimmung der anzuhoffenden Rohmaterialmengen bei bergmännischen Schätzungen. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 26, 100. Wien.
- (1878): Über die Lagerungsverhältnisse des Hainault-Kohlenbeckens in Belgien. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 26, 62. Wien.
- (1879): Leadville, die neue Bleistadt in Colorado. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 27, 497—499, 515—517. Wien.
- (1879): Über die Erzlagerstätte am Schneeberge in Tirol. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 27, 106. Wien.
- (1879): Der Verein amerikanischer Bergingenieure. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 27, 313—315. Wien.
- (1879): Die Wasserfälle des Niagara und ihre geologische Bedeutung. — *Ver. Verbreit. naturwiss. Kennt.*, 37 s. Wien.
- (1880): Die Erzlagerstätte am Pfundererberge bei Klausen in Tirol. — *Arch. prakt. Geol.*, 1, 441—487. Freiberg in Sachs.
- (1880): Die Erzlagerstätten von Kitzbühel in Tirol und dem angrenzenden Theile Salzburgs. — *Arch. prakt. Geol.*, 1, 257—440. Freiberg in Sachs.
- (1880): Geologie und Bergbau in ihren gegenseitigen Beziehungen. — *Arch. prakt. Geol.*, 1, 529—631. Freiberg in Sachs.
- (1880): Die Goldbergbau der Hohen Tauern mit besonderer Berücksichtigung des Rauriser Goldberges. — *Arch. prakt. Geol.*, 1, 1—256. Freiberg in Sachs.
- (1880): Die neue österreichische Militäraufnahme. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 28, 646—647. Wien.
- (1880): Über den alten Bergbau von Trient. — *Arch. prakt. Geol.*, 1, 519—528. Freiberg in Sachs.
- (1882): Über die Anwendbarkeit der Lateralsecretionstheorie zur Erklärung der Erzgangfüllung. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 30, 607—609, 619—622. Wien.
- (1882): Montangeologische Thätigkeit in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 30, 539—542. Wien.
- (1883): Über die Benützung unserer Katastralkarten zu montangeologischen Zwecken. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 31, 535—537, 549—552. Wien.
- (1885): Die Erzlagerstätte von Eureka in Nevada. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 33, 448—450, 455—457. Wien.
- (1885): Ein internationaler Compass. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 33, 658—659. Wien.
- (1885): Schlagwetter-Explosion im Hallstädter Salzberge von 1664. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 33, 606—607. Wien.
- (1885): Über die Bewegungsrichtung der unterirdisch circulierenden Flüssigkeiten. — *C. R. 3rd Int. geol. Congr.*, 71—76. Berlin.
- (1885): Über neuere am Comstock und im Eureka-Bergreviere durchgeführte Versuche der elektrischen Schürfung. — *Österr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 33, 411—414. Wien.
- (1885): Über eine zum allgemeinen Gebrauche sich eignende Richtungsangabe. — *C. R. 3rd Int. geol. Congr.*, 77—80. Berlin.

- (1886): Polemik gegen C. M. Paul über das Wieliczker Salzlager. — *Üsterr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 34, 112. Wien.
- (1887): Zur Genesis der Metallseifen. — *Üsterr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 35, 325—333. Wien.
- (1888): Die alte Bergbauindustrie und besonders die Goldgewinnung Böhmens. — *Ber. allg. Bergmntag*, 85—88. Wien.
- (1888): Einige, die Wassereinbrücke in die Duxer Kohlenbergbaue betreffende geologische Beobachtungen. — *Üsterr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 36, 39—43, 54—59. Wien.
- (1888): Über die Adinolen von Příbram in Böhmen. — *Tschermaks mineral. petrograf. Mitt.*, 10, 3, 175—202. Wien.
- (1889): Erwiderung auf das „Eingesendet“ in Nr. 6 dieser Zeitschrift (*Stanovisko ke kritice K. k. Bergdirection Příbram*). — *Üsterr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 37, 7, 88—89. Wien.
- (1889): Über einige wenig bekannte alte Goldbergbaue Böhmens. — *Üsterr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 37, 23: 265—268, 24: 281—284. Wien.
- (1891): Vysvětlení ku přehledné mapě nerostných ložišť a na nich založené hornické industrii a nerostných pramenů českých. — 32 s. Praha. (Vystaveno na Zemské jubilejní výstavě v Praze v r. 1891).
Současné vydání v německém znění: Erläuterung zur Übersichtskarte der Mineralagerstätten, der darauf basirten Bergbau-Industrie und der Mineralquellen Böhmens. — 37 s. Praha.
- (1892): Referat über die montan-geologische Beschreibung des Bergdistrictes von Iglesias auf der Insel Sardinien von G. Zoppi. — *Üsterr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 40, 277—278. Wien.
- (1892): Über den Schauplatz des Příbramer Grubenunglücks. — *Wiss. Club*, 6 s. Wien.
- (1893): The genesis of ore deposits. — *Trans. Amer. Inst. min. Engrs.*, 22, 149 s. New York.
- (1893): Über die Entstehung der Blei- und Zinklagerstätten in auflöslichen Gesteinen. — *Berg- u. Hüttenmänn. Jb. K.-kön. Bergakad. Leoben, Příbram*, 43, 77—130. Wien.
- (1894): Über den Silberbergbau von Annaberg in Niederösterreich. — *Üsterr. Z. Berg- u. Hüttenwes.*, 42, 27—32. Wien.
- (1895): Beitrag zur Kenntnis der montangeologischen Verhältnisse von Příbram. — *Arch. prakt. Geol.*, 2, 609—752. Freiberg in Sachs.
- (1895): Die Golddistricte von Berezov und Mias am Ural. — *Arch. prakt. Geol.*, 2, 499—598. Freiberg in Sachs.
- (1895): Das Goldvorkommen Böhmens und der Nachbarländer. — *Arch. prakt. Geol.*, 2, 1—484. Freiberg in Sachs.
- (1895): Schlusswort (polemika s J. Schmidtem a báňským ředitelstvím v Příbrami). — *Arch. prakt. Geol.*, 2, 745—752. Freiberg in Sachs.
- (1895): Über die Genesis der Erzlagerstätten. — *Berg- u. Hüttenmänn. Jb. montan. Hochsch.*, 43, 1—224. Wien.
- (1902): The genesis of ore deposits, 2. vyd. — (překlad Raymond R. W.). — *Amer. Inst. min. Engrs.*, 1—187. New York.
- (1927): O genesi rudních ložisek — (překlad Ježek B.). — *Horn. Věst. Horn. hutn. Listy*, 9, 33—37, 59—62, 71—76, 84—88, 102—105, 122—125, 137—141, 145—149, 161—165; 179—183, 201—203, 216—220, 233—237, 248—252, 281—286, 300—303, 314—317, 331—334, 345—347, 361—365, 376—381, 391—395.
- (1986): Geneze rudních ložisek — (překlad Příbylová V.-Pouba Z.). — *Ústř. úst. geol. Praha*.