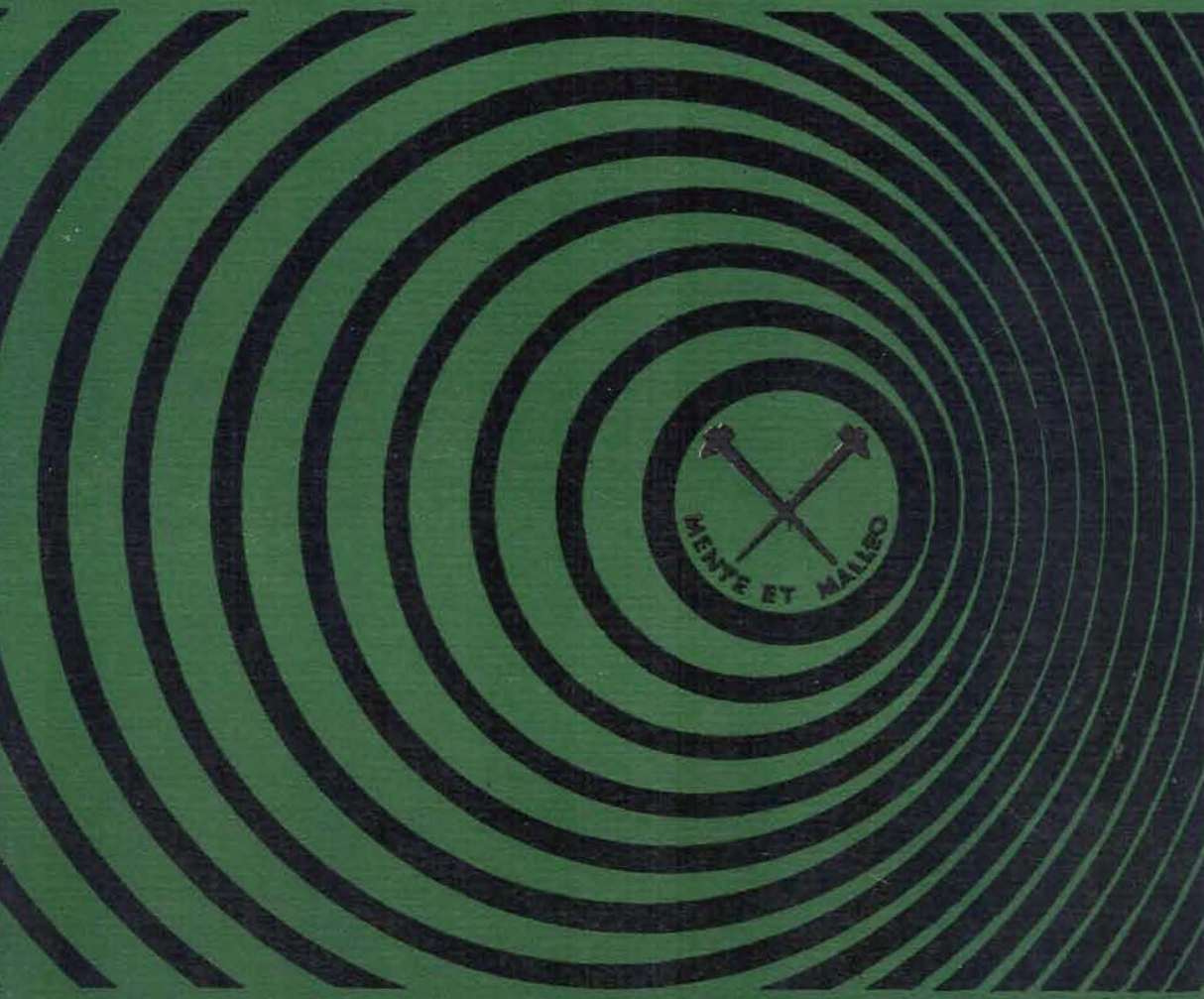
MINERALIA SLOVACA



ROČNÍK 6 • ČÍSLO 4

GEOLOGICKÝ PRIESKUM • Spišská Nová Ves • 1974

MINERALIA SLOVACA
roč. 6 (1974) — č. 4

Hlavný redaktor: Ing. Ján BARTALSKÝ
Vedecký redaktor: RNDr. Pavol GRECULA, CSc.
Technický redaktor: Ing. Tibor SASVÁRI

Redakčná rada: Ing. Pavol BUJALKA, RNDr. Ján BYSTRICKÝ, DrSc., Ing. Ivan KRAVJANSKÝ, RNDr. Bartolomej LEŠKO, DrSc., Ing. Ivan PAGÁČ, RNDr. Anton PORUBSKÝ, CSc., prof. Ing. Ladislav ROZLOŽNÍK, CSc., RNDr. Ondrej SAMUEL, DrSc., Ing. Ján SLÁVIK, DrSc. (predseda redakčnej rady), RNDr. Ivan ŠARÍK, Ing. Milan TAPÁK, prof. RNDr. Cyril VARČEK, CSc., prom. geol. Imrich VARGA

OBSAH — CONTENTS

Ladislav Kamenický — Vojtech Katlovský — Robert Marschalko — Ján Medveď: Príspevok k charakteristike kyslých magmatikov exotických hornín bradlového pásma a iných tektonických jednotiek Západných Karpát — Contribution to characterization of acid magmatites of exotic rocks the Klippen Belt and other tectonic units of the West Carpathians 311

Jozef Sluka: Výskum plôch diskuntinuít v južnej časti handlovského ložiska — Investigation of discontinuity planes in the southern part of the Handlová brown coal deposits 323

Ivan Čillík: Niektoré otázky štúdia sekundárnych geochemických polí pri metalometrii elúvia — Some questions of the study of secondary geochemical fields in metallometry of eluvium . . . 333

Igor Mucha — Rastislav Pavelek: Zhodnotenie režimu podzemnej vody kvartérnej nivy Váhu v úseku Liptovský Hrádok — Okoličné — Evaluation of the ground-water regime of the Quaternary flood plain of the river Váh between the towns of Liptovský Hrádok and Okoličné . . 351

Ľudovít Cibuľka: Nové hydrogeologické poznatky z prieskumu náplavov Tople a Ondavy na ich sútoku — New hydrogeological information gained from the investigation of alluvial deposits on the junction of the Topľa and Ondava rivers 367

SÚBORNÝ REFERÁT

Jiří Losert: Geologické a genetické problémy chilských stratiformních ložisek mědi — Geological and genetical problems of the Chilean stratiform copper deposits 375

RECENZIE

J. Didier. Granites and their Enclaves. The Bearing of Enclaves on the Origin of Granites. *(D. Hovorka)* 322

E. Raguin: Pétrographie des roches plutoniques dans leur carde géologique. Masson et C^ie^ *(J. Losert)* 350

V. A. Vachruševː Rudnyje mineraly izveržennych porod i ich značenije pri petrologičeskich issledovanijach. *(P. Kašpar)* 398

MINERALIA SLOVACA

Vol. 6
(1974)
No 4

Časopis Slovenskej geologickej spoločnosti a slovenských geologickoprieskumných organizácií
Journal of the Slovak Geological Society and of Slovak geological-research organizations



Ing. JÁN SLÁVIK, DrSc.

† 16. XII. 1974

Zomrel Ing. Ján Slávik, DrSc.

16. decembra 1974 zomrel po ťažkej chorobe Ing. Ján Slávik, DrSc., jeden zo zakladateľov nášho časopisu Mineralia slovaca a predseda jeho redakčnej rady.

Ing. Ján Slávik sa narodil 25. januára 1932 v Kapušanoch pri Prešove. Pochádzal z roľníckej rodiny a bol najstarším z ôsmich detí. Ľudovú školu vychodil v rodnej obci, v roku 1951 maturoval s vyznamenaním na Gymnáziu v Prešove a v rokoch 1951 — 1955 študoval na Baníckej fakulte Vysokej školy technickej v Košiciach. Vysokoškolské štúdiá ukončil s vyznamenaním.

Už na vysokej škole sa Ján Slávik orientoval na geologickoprieskumnú problematiku nerastných surovín. Až do menovania za riaditeľa Slovenského geologického úradu v roku 1969 pracoval v geologickoprieskumných organizáciách na Slovensku a zameral sa na vyhľadávanie nerastných surovín. V roku 1955 začal pracovať v Uhoľnom prieskume v Turčianskych Tepliciach a ako mapovací geológ a petrograf sa venoval výskumu a vyhľadávaniu uhlia v podvihorlatskej uhoľnej panve. Po roku ho vymenovali za vedúceho špeciálnych zložiek podniku a zároveň poverili riešiť geologickú stavbu pohoria Vtáčnik, ako aj vyhľadávať ložiská uhlia v Handlovej a v Novákoch. Po reorganizácii v roku 1958 sa stal odborným geológom Geologického prieskumu v Turčianskych Tepliciach, neskôr v Žiline, a zameral sa najmä na vyhľadávanie keramických surovín v neogéne východného Slovenska. Po premiestnení ložiskového podniku zo Žiliny do Spišskej Novej Vsi a po reorganizácii geologickej služby prieskumného podniku bol ako vedúci geologického strediska poverený organizovať vyhľadávaciu a prieskumnú zložku pre nerastné suroviny na východnom Slovensku so sídlom v Košiciach.

V roku 1969 Ing. Jána Slávika ako jediného kandidáta menovali za riaditeľa Slovenského geologického úradu v Bratislave. Funkciu vykonával do leta 1974, keď musel pre ťažkú chorobu pracovisko opustiť. Až do smrti pracoval ako odborný geológ-špecialista a vedúci vedecký pracovník v Geologickom ústave Dionýza Štúra v Bratislave a ako osobitný poradca riaditeľa Slovenského geologického úradu pre koordináciu výskumu a prieskumu na Slovensku.

Odborné vedomosti a kladné osobné vlastnosti Ing. Jána Slávika sa prejavovali od začiatku jeho pracovného pôsobenia. Všetky zverené úlohy plnil na vysokej odbornej úrovni a výsledky jeho práce prinášali priamy úžitok národnému hospodárstvu. Spolu s dr. Ing. Vsevolodom Čechovičom vyriešil detailnú geologickú stavbu pohoria Vtáčnik, čo viedlo k objaveniu ložiska Cigeľ a k predĺženiu handlovského ložiska ďalej na juh. Výsledkom jeho výskumu a prieskumu bolo objavenie keramických surovín na východnom Slovensku, čo umožnilo vybudovať Keramokombinát v Michalovciach a priemyselne využívať perlity na Slovensku i v ČSSR.

Ako vedúci Geologického strediska v Košiciach vytvoril viac ako 30-členný odborný kolektív na vyhľadávanie nerastných surovín na východnom Slovensku. Osobitnú pozornosť venoval vyhľadávaniu rúd farebných a vzácnych kovov v Slanskom pohorí a vo Vihorlate. Objavené zásoby surovín, najmä ortuťových rúd, svedčia o dobrej úrovni práce, ktorá sa pod vedením Ing. Jána Slávika vykonala. Zaslúžil sa aj o prieskum ďalších keramických surovín a o rozvoj prieskumu surovín na výrobu stavebných hmôt na východnom Slovensku.

Ako riaditeľovi Slovenského geologického úradu sa Ing. Jánovi Slávikovi podarilo v pomerne krátkom čase vytvoriť z tejto inštitúcie vrcholný orgán geologickej služby na Slovensku. Osobitne treba podčiarknuť, že s kolektívom odborných spolupracovníkov poukázal už v roku 1970 na mimoriadne závažnú úlohu surovín vo svete v budúcich rokoch 20. storočia a že sa mu podarilo vytvoriť koncepciu ďalšieho možného rozvoja ťažby nerastných surovín v našej vlasti, ktorá je v protiklade s pesimistickými tendenciami do roku 1969.

Ing. Ján Slávik bol geológom s mimoriadnym odborným nadaním. Jeho rozsiahle ložiskové, mineralogicko-petrografické, tektonické, sedimentologické a vulkanologické vedomosti mu umožňovali vytvárať koncepčné syntézy založené na vedeckom prístupe, prísnej analýze a objasňovaní jednotlivých faktov a geologických poznatkov. Hlboké odborné vedomosti dokumentoval vo svojej kandidátskej práci Geologická stavba pohoria Vihorlat s ohľadom na nerastné suroviny (1969). Vyvrcholením jeho vedeckej práce pri riešení geologických problémov z oblasti východného Slovenska je práca

Vulkanizmus, tektonika a nerastné suroviny neogénu východného Slovenska a pozícia tejto oblasti v Neoeurópe, ktorou Ing. Ján Slávik na jar 1974 obhájil doktorát vied.

Ing. Ján Slávik v ostatnom čase s osobitným záujmom študoval otázky hlbinnej stavby a globálnej tektoniky najmä styku Západných Karpát a Východných Karpát s panónskym blokom. Aktívne sa zúčastňoval na riešení problémov neogénu paratetydnej oblasti, najmä v prípravách mediterán-neho kongresu, ktorý bude v budúcom roku v Bratislave. Ing. Ján Slávik bol zvolený za jeho prezi-denta.

Dôkazom veľmi bohatých vedeckých vedomostí sú práce zosnulého, ktoré predstavujú pestrú paletu geologickej problematiky. Publikoval 85 vedeckých a odborných prác v domácich i zahranič-ných časopisoch. Osobitnú pozornosť si zasluhuje prvá monografia o nerastných surovinách Slo-venska, ktorú napísal s kolektívom autorov. Mimoriadne závažné poznatky obsahuje aj jeho 30 ne-publikovaných vedeckých a odborných prác. Záverečné správy z vyhľadávacích a prieskumných prác dokazujú nielen vedecké schopnosti Ing. J. Slávika, ale sú najmä praktickým prínosom pre naše národné hospodárstvo, pretože odkryli nové zdroje nerastných surovín.

Ing. Ján Slávik sa venoval aj odborno-politickej publicistike a popularizoval poznatky z geológie, osobitne z ložiskovej.

Zosnulý bol známy ako vynikajúci vedec a odborník nielen v našej vlasti, lež aj v zahraničí. Úzke odborné styky udržiaval najmä so sovietskymi geológmi, ako aj s vedcami krajín karpatsko-balkán-skej zóny. Ako riaditeľ Slovenského geologického úradu i ako podpredseda Stálej československej komisie pre geológiu Rady vzájomnej hospodárskej pomoci sa významne zaslúžil o pozdvihnutie odbornej úrovne a integračnej úlohy komisie RVHP pre geológiu. Mal veľa dobrých a úprimných priateľov na celom svete.

Napriek sústavnej pracovnej zaťaženosti a podlomenému zdraviu venoval Ing. Ján Slávik veľkú pozornosť práci v ustanovizniach, ktorých bol členom alebo funkcionárom. Pre slovenskú geológiu je osobitne dôležité, že sa vytvorila Slovenská geologická rada ako koordinačné centrum geológie na Slovensku. Jej členmi sú význační predstavitelia všetkých geologických inštitúcií na Slovensku. Jej iniciátorom i predsedom bol Ing. Ján Slávik. Bol predsedom národného geologického komitétu, členom vedeckej rady Geologického ústavu Dionýza Štúra, Ústredného ústavu geologického, Prí-rodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, členom kolégia ministra výstavby a techniky, vedec-kého kolégia geológie a geografie Slovenskej akadémie vied, členom výboru Slovenskej geologickej spoločnosti, členom redakčnej rady Geologického zborníka a redakčnej rady geologických publi-kácií Geologického ústavu Dionýza Štúra. Až do svojej smrti bol predsedom redakčnej rady nášho časopisu.

Ing. Ján Slávik, DrSc., odišiel z našich radov predčasne. Jeho bohaté odborné a vedecké vedomosti, vynikajúce osobné vlastnosti a organizačné schopnosti ho predurčovali plniť ďalšie významné úlohy v oblasti geologických vied a pri rozvíjaní surovinovej základne nášho štátu. Odišiel vynikajúci človek, komunista, vedec, organizátor. Výsledky práce jeho krátkeho života však sú a budú zdrojom poznatkov a inšpirácie aj pre ďalšie generácie slovenských geológov.

Česť jeho pamiatke!

Ing. Ján Kuráň
riaditeľ
Slovenský geologický úrad

Ing. Ján Bartalský
hlavný redaktor
Mineralia slovaca

Zoznam publikovaných a nepublikovaných prác Ing. Jána Slávika, DrSc.

Publikované vedecké práce

1. Poznámky k základným vulkanologicko-tektonickým problémom strednej časti vulkanického pohoria Vihorlat na východnom Slovensku. Geol. práce, Spr. 8 (Bratislava), 1956, s. 168—179.
2. K otázke vzniku jazera Veľké okno a jeho kotliny vo Vihorlate. Geol. práce, Zoš. 49 (Bratislava), 1958, s. 199—201.
3. O možnostiach metalogenézy vo Vihorlate. Geol. zbor. Slov. akad. vied, č. 1, 1958, s. 76—79.
4. Geologická charakteristika prvej fázy neogénnej vulkanickej činnosti v oblasti pohoria Vtáčnik. Geol. práce, Zoš. 53 (Bratislava), 1959, s. 145—157.
5. Geomorfologický vývoj severnej a centrálnej časti pohoria Vtáčnik a priľahlých oblastí. Geol. práce, Zoš. 55 (Bratislava), 1959, s. 255—265.
6. Predbežná správa o druhej (nadložnej) fáze vulkanizmu v pohorí Vtáčnik. Geol. práce, Zoš. 53 (Bratislava), 1959, s. 159—160.
7. Vzťah vulkanitov pohoria Vihorlat k sedimentom severnej časti Potiskej nížiny. Geol. práce, Zoš. 52 (Bratislava), 1959, s. 15—20.
8. Príspevok k riešeniu vzájomných vzťahov v geologickej stavbe Hornonitrianskej a Žiarskej kotliny. Geol. zbor., č. 1, 1960, s. 111—118.
9. Geológia a genéza niektorých ložísk pelitov v neogéne východného Slovenska. Geol. práce, Zoš. 63 (Bratislava), 1962, s. 221—232.
10. Geologické pomery druhej fázy neogénneho vulkanizmu severnej časti pohoria Vtáčnik (nadložný vulkanizmus). Geol. práce, Spr. 29 (Bratislava), 1963, s. 9—30.
11. K metodike vyhľadávania ložísk nerastných surovín ČSSR. Geol. průsk., č. 8, 1966, s. 268—270.
12. Perlity v Československu. Geol. průsk., č. 7, 1963, s. 195—197.
13. Ryolitový tuf z lokality Oreské a jeho využitie v keramike. Geol. práce, Spr. 33 (Bratislava), 1964, s. 125—130.
14. Ložisko perlitu Lehôtka p/Brehy. Zbor. XVI. zjazdu Čsl. spoločnosti pre mineralógiu a geológiu, Žilina 1965.
15. Metodika a niektoré výsledky šlichovania vo Vihorlate. Geol. průsk., č. 10, 1965, s. 295—297.
16. Geologija bentonitovych mestoroždenij Slovakii. In: Bentonitovyje gliny Čechoslovakii i Zakarpatja. 1966, s. 3—10.
17. Gips und anhydrit aus den salzführenden formationen des miozäns der Ostslowakei. Geol. zbor. (Bratislava), č. 1, 1967, s. 65—77.
18. O metallogenii vostočnoslovackich tretičnych otloženij. Nekotoryje problemy geologii i metallogenii Zapadnych Karpat. Geol. ústav PF UK Bratislava, 1967, s. 123—129.
19. Samorodnoje zoloto v magurskom fliše. VIII. kongres KBGA. Dokl. Mineralogija, geochimija, absoľutnyj vozrast, 1967, s. 271—274, Belehrad.
20. Perspektíva ortuťových rúd v ČSSR. Zbor. referátov VŠT Košice. Vedecká konferencia absolventov BF VŠT, sekcia geológia, 1967.
21. Soľné ložiská východoslovenského miocénu. Sbor. geol. věd, ř. LG, sv. 9, 1967, s. 129—149.
22. Chronology and Tectonic Bacground of the Neogene Volcanism in Eastern Slovakia. Geol. práce, Spr. 44—45 (Bratislava), 1968, s. 199—214.
23. Mettalogenetische Verhältnisse und Rohstoffe des Ostslowakishen Tertiärs. Geol. zbor., č. 1 (Bratislava), 1968, s. 45—68.
24. Mineraly rozsypov vulkanitov Vihorlatu, ich geologický a prospekčný význam. Mineralia slov., č. 7, 1970, s. 231—248.
25. Geologická stavba choňkovskej depresie. Geol. práce, Spr. 55 (Bratislava), 1971, s. 97—103.
26. Kamenná soľ. Mineralia slov., č. 12 — 13, 1971, s. 421—436.
27. Ložiská perlitov. Mineralia slov., č. 12 — 13, 1971, s. 501—510.
28. Postupnosť neogénneho morfologického vývoja vihorlatskej oblasti. Geol. práce, Spr. 56 (Bratislava), 1971, s. 81—88.
29. Pochované vulkanické pohoria na juhu východného Slovenska. (zemplínske vulkanické pohorie). Geol. práce, Spr. 58 (Bratislava), 1972, s. 45—56.
30. Results of Applied Geology in the Region of the Czechoslovak West Carpathians and the Strategy of Geological Works. Materiály X. zjazdu KBGA, Bratislava 1973.
31. Vulkanizmus Západných Karpát. In: J. Seneš et al.: Biostratigraphy und Neostratotypen: Sarmat. SAV Bratislava, in. lit.
33. Dostiženija prikladnoj geologii na territorii Zapadnych Karpat i namerenie geologičeskich rabot. Sov. geol. (Moskva).
34. Slávik, J. et al.: Nerastné suroviny Slovenska. Bratislava, SNTL 1967, 510 s.

35. Slávik, J. — Cmuntová, M. — Horáková, M. — Volfová, J.: Biostratigrafické a petrografické zhodnotenie vrtu Čelovce 1. Geol. práce, Spr. 18 (Bratislava), 1960, s. 71—88.
36. Slávik, J. — Čverčko, J. — Rudinec, R.: Geology of Neogene Volcanism in East Slovakia. Geol. práce, Spr. 44—45 (Bratislava), 1968, s. 215—239.
37. Slávik, J. — Danilovič, L. G. — Čverčko, J. — Rudinec, R.: Tectonics and Subsequent Volcanism in the Western Part of East Carpathians. XXIII. MGK, Praha, vol. 2, 1968, s. 61—71.
38. Slávik, J. — Čverčko, J. — Rudinec, R.: Geologické pomery neovulkanizmu na východnom Slovensku. Nafta a zemný plyn, č. 3, 1970, s. 411—424.
38. Slávik, J. — Konečný, V.: Vzťahy tektoniky a subsekventného neovulkanizmu Západných Karpát. Geol. práce, Spr. 59 (Bratislava), 1972, s. 9—38.
40. Slávik, J. — Polášek, S.: Poznámky ku geologickej stavbe podvihorlatskej uhoľnej panvy, oblasť Hnojné. Geol. práce, Spr. 10 (Bratislava), 1957, s. 82—93.
41. Slávik, J. — Šinály, T.: Tektonika handlovského ložiska. Geol. práce, Zoš. 63 (Bratislava), 1962, s. 209—212.
42. Slávik, J. — Tözsér, J.: Geological Structure of the Prešovské pohorie Mts. and its Relation to the Boundary of the West and East Carpathians. Geol. zbor., č. 1 (Bratislava), 1973, s. 23—52.
43. Bagdasarjan, G. P. — Slávik, J. — Vass, D.: Chronostratigrafický a biostratigrrafický vek niektorých významných neovulkanitov východného Slovenska. Geol. práce, Spr. 55 (Bratislava), 1971, s. 87—96.
44. Brodňan, M. — Polášek, S. — Slávik, J.: Paleografia a genéza uhoľného ložiska Hnojné. Geol. práce, Zoš. 52 (Bratislava), 1959, s. 35—36.
45. Brodňan, M. — Polášek, S. — Slávik, J.: Stratigrafia neogénnych sedimentov ložiska Hnojné na základe nových poznatkov. Geol. práce, Zoš. 52 (Bratislava) 1959, s. 6—9.
46. Brodňan, M. — Polášek, S. — Slávik, J.: Vzťah uhoľného ložiska Hnojné k ložisku Sejkov — Vyšné Nemecké v podvihorlatskej uhoľnej panve. Geol. práce. Zoš. 52 (Bratislava), 1959, s. 53—55.
47. Brodňan, M. — Slávik, J.: O detriticko-vulkanickej formácii handlovsko-nováckej panvy a o stratigrafickej pozícii priľahlých vulkanických masívov. Geol. práce, spr. 38 (Bratislava), 1966, s. 55—62.
48. Buday, T. — Janáček, J. — Seneš, J. — Slávik, J.: K problematike výskumu a prieskumu neogénu Západných Karpát. Geol. práce, Zoš. 63 (Bratislava), 1962.
49. Coň, O. V. — Slávik, J.: Vek ryolitov zemplínskeho ostrova. Geol. práce, Spr. 55 (Bratislava), 1971, s. 215—126.
50. Gašparíková, V. — Slávik, J.: Spodný tortón s. l. v sv. časti Vihorlatu (Untertorton s. l. im nordöstlichen Teil von Vihorlat). Geol. práce, Spr. 43 (Bratislava), 1967, s. 119—124.
51. Gašparíková, V. — Slávik, J.: Poznámky k práci J. Janáčka K stratigrafickému postavení a paleogeografii tortonského obzoru kamenné soli vo východoslovenské pánve. Geol. práce, Spr. 59 (Bratislava), 1970, s. 215—217.
52. Jendrejáková, O. — Seneš, J. — Slávik, J.: Biostratigrafické a petrografické zhodnotenie orientačného vrtu Hn-14 v podvihorlatskej uhoľnej panve. Geol. práce, Spr. 11 (Bratislava), 1957.
53. Kupčík, V. — Slávik, J. — Hvoždara, P.: Ilmenit z vulkanitov Vihorlatu. Acta geol. geogr. Univ. Comen., č. 12, 1967, s. 123—131.
54. Leško, B. — Slávik, J.: New Occurence of Cinnabar in the Magura Flysh of Easternmost Slovakia. Geol. práce, Spr. 40 (Bratislava), 1966, s. 79—86.
55. Leško, B. — Slávik, J.: Les traits fondamentaux de la structure géologique de la région située entre les Karpates occidentales et les Karpates orientales. Geol. zbor., č. 1 (Bratislava), 1967, s. 169—172.
56. Leško, B — Slávik, J.: Tektonika sedimentárnych formácií vihorlatskej oblasti. Geol. práce, Spr. 47 (Bratislava), 1969, s. 133—149.
57. Merlič, B. V. — Slávik, J. — Spitovskaja, S. M. — Rudinec, R. — Čverčko, J.: Cep neogennovych pogrebennych vulkanov v južnej časti zakarpatskogo vnutrennego progiba. Geol. sbor. lvov. geol. o-va, No 11, 1968.
58. Orlický, O. — Pagáč, P. — Slávik, J.: Paleomagnetism of volcanic rocks in Vihorlat Mts. and its geological interpretation. Geol. zbor., č. 1 (Bratislava), 1970, s. 153—166.
59. Rudinec, R. — Slávik, J.: Geologická stavba podložia východoslovenského neogénu. Geol. práce Spr. 53 (Bratislava), 1970, s. 145—153.
60. Rudinec, R. — Slávik, J.: O fázach vrásnenia východoslovenského neogénu. Geol. práce, Spr. (Bratislava), in lit.
61. Sasin, G. G. — Slávik, J.: Stratigrafičeskoje značenije granatovych riodacitovvych tufov vostočnoj Slovakii i sovetskogo Zakarpatja. Geol. sbor. lvov. geol. o-va, No 11, 1968.
62. Fusán, O. — Ibrmajer, J. — Plančár, J. — Slávik, J. — Smíšek, M.: Geologická stavba podložia

zakrytých oblastí južnej časti vnútorných Západných Karpát. Zbor. geol. vied, rad ZK, zv. 15, 1971, 173 s.
63. Slávik, J. — Kaličiak, M. — Križáni, I. — Tözsér, J.: Metalogenéza a nerastné suroviny východoslovenského terciéru. Hornícka Příbram. Zbor. prednášok sekcie geológia ložísk nerastných surovín, 1973, s. 67—89.
64. Fusán, O. — Plančár, J. — Slávik, J.: Základné črty hlbinnej stavby Západných Karpát. Prednáška na X. zjazde KBGA, Bratislava 1973.
65. Orlický, O. — Slávik, J. — Tözsér, J.: Paleomagnetizmus vulkanitov Slanských vrchov, Veľkého Miliča a zemplínskych pahorkov a jeho geologická interpretácia. Geol. zbor. (Bratislava), in lit.
66. Konečný, V. — Slávik, J.: Tektonické pozadie vývoja miocénneho vulkanizmu Západných Karpát. Geol. práce, Spr. (Bratislava), in lit.
67. Fusán, O. — Ibrmajer, J. — Plančár, J. — Slávik, J.: Poznámky k hlbinnej stavbe Západných Karpát. Referát na celoštátnom sympóziu o výskume hlbinnej geologickej stavby Československa, Smolenice 1973.

Publikované odborné práce

1. Metodický postup pri riešení južného obmedzenia handlovského uhoľného ložiska. Geol. průsk., č. 10, 1959, s. 311—312.
2. Ide o perspektívu ložiskovej geológie. Geol. průsk., č. 12, 1962, s. 63—64.
3. Ložiska perlitov na Slovensku. Materiály silikátovej konferencie v Karlových Varoch, 1962.
4. Ide o perspektívy československej geológie. Geol. průsk., č. 12, 1963, s. 353—354.
5. Súčasný stav geologického prieskumu bentonitov na Slovensku. Zbor. zo seminára o bentonitoch, Turčianske Teplice 1964.
6. Správa o geochemických prácach v oblasti Vihorlatu a Popričného v rokoch 1958—1964. Správy o geol. výskumoch v roku 1964, 2, Slovensko, GÚDŠ, Bratislava 1965.
7. Prognózy pevných nerastných surovín východného Slovenska. Geol. průsk., č. 12, 1966, s. 400—403.
8. Geológia a nerastné suroviny Izraela. Geol. průsk., č. 6, 1968, s. 197—200.
9. Predbežné návrhy geologických prác na Slovensku v rokoch 1971—75. Geol. průsk., č. 5, 1970, s. 134—136.
10. Dlhodobý výhľad slovenskej geológie. Mineralia slov., č. 10, 1971, s. 169—170.
11. Stav, výsledky a úlohy slovenskej geológie po XIV. zjazde KSČ. Úvodný prejav na III. celoslovenskej geologickej konferencii, Bratislava 1971.
12. Národohospodárske ciele slovenskej geológie. Geol. průsk., č. 3, 1972, s. 65—67.
13. Súčasný stav geologického prieskumu bentonitov na Slovensku. Seminár o využití bentonitov, Vysoké Tatry 1972.
14. Prognózy rozvoja surovinovej základne rudného a nerudného baníctva SSR do roku 2000 a niektoré všeobecné aspekty baníctva a geológie. In: Dlhodobý rozvoj čsl. rudného baníctva do roku 1990. Rudné bane a magnezitové závody, generálne riaditeľstvo, Bratislava 1973.
15. Prognózy rozvoja surovinovej základne rudného a nerudného baníctva SSR do roku 2000 a niektoré všeobecné aspekty baníctva a geológie. Rudy, č. 12, 1973.
16. Slávik, J. — Bartalský, J.: Úvodom k zborníku o nerudných surovinách Slovenska. Mineralia slov., č. 12 — 13, 1971, s. 279—280.
17. Slávik, J. — Hruškovič, S. — Očenáš, D. — Zuberec, J.: Ložiská bentonitov na Slovensku. Mineralia slov., č. 12 — 13, 1971, s. 561—571.
18. Slávik, J. — Ťapák, M.: Ložiská bentonitov na Slovensku. Technické noviny, č. 17, 1962.

Archivované vedecké práce

1. Správa o prieskume centrálnej časti pohoria Vihorlat. Geofond, 1954.
2. Vulkanologické a tektonické pomery neogénnych vyvrelín Vihorlatu s ohľadom na podvihorlatskú uhoľnú panvu. [Diplomová práca.] Košice 1955. Vysoká škola technická. Banícka fakulta.
3. Správa o mapovaní centrálnej časti pohoria Vihorlat. Geofond, 1956.
4. Správa o výskume vulkanických hornín z podvihorlatskej uhoľnej panvy. Archív GP, Spišská Nová Ves, 1957.
5. Výročná správa o vyhľadávacom prieskume za rok 1958. Problém Podunajská nížina a Vtáčnik — Nová Lehota. Geofond, 1959.
6. Geológia a genéza niektorých významných ložísk pelitov východného Slovenska. Geofond, 1961.

7. Súborná správa o výskume a prieskume perlitov na Slovensku. Geofond, 1963.
8. Štúdia o možnostiach fosfátogenézy na Slovensku. Geofond, 1963.
9. Správa o výskytoch sadrovca a anhydridu vo východoslovenskom neogéne. Geofond, 1966.
10. Záverečná správa Vihorlat — Popričný VP so stavom k 1. 1. 1969 — polymetalické rudy. Archív GP, Spišská Nová Ves 1969.
11. Slávik, J. — Valko, P.: Záverečná správa VP Vihorlat — Popričný, polymetalické rudy. Stav k 1. 1. 1969. Geofond, 1969.
12. Slávik, J. et al.: Autorský originál mapy Vihorlat-stred 1 : 10 000. Geofond, 1969.
13. Slávik, J. — Kaličiak, M.: Metalogenetická mapa, list Snina. Geofond, 1971.
14. Slávik, J. et al.: Metalogenetická mapa Trebišov, Čierna n/Tisou. Geofond, 1971.
15. Slávik, J. — Kaličiak, M.: Metalogenetická mapa, list Košice, Jasov. Geofond, 1971.
16. Bohovicová, J. — Gašparíková, B. — Slávik, J.: Čiastková správa za rok 1966, zhodnotenie vrtov Petrovce 1 a Boroľa 2. Geofond, 1967.
17. Gašparík, J. — Slávik, J. — Lacko, L.: Správa o základnom geologickom výskume za rok 1957, oblasť Vtáčnik a priľahlé územie. Archív GP, Spišská Nová Ves 1958.
18. Geologija čechoslovackich Zapadnych Karpat. Prednáška na 19. zasadnutí Stálej komisie RVHP pre geológiu. Starý Smokovec 1970.

Archivované odborné práce

1. Správa zo študijnej cesty do MĽR. Geofond, 1960.
2. Oreské — tufity — záverečná správa a výpočet zásob. Geofond, 1961.
3. Pozdišovce — kameninové íly — záverečná správa a výpočet zásob. Geofond, 1961.
4. Správa o účasti na VIII. kongrese KBA v Belehrade. Geofond, 1967.
5. Slávik, J. et al.: Správa zo študijnej cesty vedúcich pracovníkov geologickej služby ČSSR do Sovietskeho zväzu. Geofond, 1971.
6. Adamec, J. — Obdržálek, M. — Slávik, J.: Správa o zahraničnej ceste do Zambie. Geofond, 1971.
7. Slávik, J. — Krauter, M. — Jakubec, L.: Správa zo služobnej cesty do MĽR. Geofond, 1973.
8. Slávik, J. — Krauter, M. — Lukáč, M.: Správa zo služobnej cesty do BĽR. Geofond, 1972.
9. Slávik, J. — Polák, S. — Ujhelyi, K. — Windt, D.: Správa o expertíznej ceste do Sudánu. Geofond, 1968.
10. Ďurica, D. — Slávik, J.: Správa o priebehu IV. medzinárodného kongresu o mediteránnom neogéne v Bologni. Geofond, 1967.
11. Gregor, M. — Slávik, J.: Správa zo študijnej cesty do Izraela. Účasť na Medzinárodnej ílovej konferencii v Jeruzaleme. Geofond, 1966.
12. Ogurčák, Š. — Slávik, J. — Sabol, G. — Šolc, B.: Development of phosphate mines exploited by Safaga phosphate company. Report of Czechoslovak experts. Strojexport, Praha 1961.

Odborno-politická publicistika

1. Slovenský drahokam. PAS, č. 6, 1967, s. 38—41.
2. Gašparík, J. Slávik, J.: Námet do diskusie o výrubnosti novackeho ložiska. Technické noviny, 1960.
3. Stretnutie so sovietskou geológiou. Pravda, november 1972.
4. Sme ozaj chudobní na nerastné suroviny? Nové slovo, 1969.
5. O nerastnom bohatstve, o úlohách a význame geológie pre národné hospodárstvo. Technická práca, č. 2, 1970, s. 28—31.
6. Nerastné suroviny — nevyhnutný predpoklad budovania komunistickej spoločnosti. Horník — energetik, január 1973.
7. Pravda, J. — Slávik, J.: Rezuľtaty raboty Postojannoj komissii SEV-a dľa geologii v svete uspechov čechoslovackoj geologii. Sbornik statej k 25. zasedaniju Postojannoj komissiji SEV-a dľa geologii. Bucharest 1973.

MINERALIA SLOVACA

Vol. 6
(1974)
No 4
311—398

Časopis Slovenskej geologickej spoločnosti a slovenských geologickoprieskumných organizácií
Journal of the Slovak Geological Society and of Slovak geological-research organizations

Príspevok k charakteristike kyslých magmatitov exotických hornín bradlového pásma a iných tektonických jednotiek Západných Karpát

(4 tab. v texte)

L. KAMENICKÝ*—V. KÁTLOVSKÝ*—R. MARSCHALKO*—J. MEDVEĎ*

Contribution à la caractéristique des magmatites acides prélevées des roches exotiques de la zone des klippes et d'autres unités tectoniques des Karpates Occidentales.

L'article donne les teneurs des éléments en trace des granitoïdes exotiques des conglomérats d'âge crétacé et paléogène de la zone des klippes et des zones voisines ainsi que des magmatites acides comparées des Karpates Occidentales et des régions voisines. En même temps, on a mis en valeur la radioactivité de ces roches. Le but du travail est de caractériser les magmatites et d'estimer leur métallisation. Le groupe des granitoides exotiques étudiés représente une formation indépendante, homogéne d'âge plus jeune située dans la zone des klippes minimum 400 km de longueur.

V ostatnom období vzbudzujú gemeridné autometamorfné granity svojou metalonosnosťou a perspektívnosťou na niektoré stopové prvky, hlavne cín, väčší záujem. Prejavuje sa to aj vo výskumných prácach, ktoré sa vedú rozličnými smermi a ich cieľom je aj spoľahlivá identifikácia metalonosných granitoidov, podmienok ich genézy, geologických štruktúr, v ktorých vystupujú ap. Z výskumov vyplýva, že uvedený typ granitoidov je všeobecnejší, ako sa predpokladalo, a že sa zvyčajne viaže na tektonické kontakty rôznorodých jednotiek, napr. medzi panónskym masívom a slovenským blokom, v oblastiach vyvrásnenia užších geosynklinál (L. KAMENICKÝ 1973).

V Geologickom ústave SAV sa pri štúdiu mobilnej zóny bradlového pásma (R. MARSCHALKO 1973) vynorili v súvislosti so zistenými rozličnými typmi exotických granitoidov a subvulkanických i efuzívnych hornín v obliakoch kriedových a paleogénnych zlepencov flyša, ktoré neprejavujú znaky silnejšej metamorfózy, otázky, o aké typy ide a či nie sú analogické s gemeridnými. Zrejme sa viažu na relatívne úzku tektonickú zónu tiahnúcu sa na veľké vzdialenosti.

*Geologický ústav SAV, 88 625 Bratislava, Obrancov mieru 41.

Z predbežného makroskopického štúdia sú známe aj nálezy sírnikmi impregnovaných subvulkanických fácií a v predpokladanom pokračovaní tejto zóny v obnažených častiach kryštalinika vystupujú terciérne, laramické a azda aj jurské intruzíva a efuzíva (Muntii Apuseni, Srbsko-macedónsky masív, vardarská zóna). Na druhej strane sa v obliakovom materiáli bradlového pásma konštatovala aj prítomnosť zrudnenia rozličného typu.

Na prítomnosť osobitného typu granitoidov upozornil už Š. KAHAN (1965), neskôr M. KRIVÝ (1969).

V súčasnosti máme k dispozícii dve stanovenia geochronologického veku granitoidov K/Ar metódou, ktoré udávajú hodnoty 98,3 a 140 mil. rokov, t. j. vrchnú juru a kriedu. Určil ich Inštitút geochémie SO AV ZSSR v Irkutsku (ústna informácia).

Voľba analytického materiálu

Na lepšie diferencovanie zvolenými analytickými metodikami sa spracovala celá škála kyslých hornín Západných Karpát včítane obliakového materiálu bradlového pásma. Analytické výsledky a predbežné zhodnotenie podáva tento príspevok.

Škála hornín sa skladá z ortorúl a leptitových rúl kryštalinika, variských a alpínskych granitoidov a vybraných magmatitov z obliakového materiálu bradlového pásma. Súčasne, pokiaľ sme to považovali za účelné, sme analyzovali aj výlevné ekvivalenty granitoidov a terciérny granodiorit zo Sandrika (jeho vek stanovený K/Ar metódou je 12,5 mil. rokov — Inštitút geochémie a rudných ložísk AV ZSSR v Moskve — ústna informácia). Urobili sme aj analýzu porovnávacích vzoriek granulitov a ortorúl, ako aj granitoidov Českého masívu a jednej vzorky banatitu. V niektorých prípadoch sme doplnili tiež niektoré merania intenzity γ-žiarenia permských vulkanitov z gemeríd (ktoré sú známe svojou metalonosnosťou) a z ľubietovského pásma veporíd. Obliakový materiál vnútorného bradlového pásma bol zozbieraný z lokalít a jednotlivých stratigrafických horizontov v jeho celom priebehu na našom území.

Exotické horniny zo zlepencov bradlového pásma

Zlepence vnútorného bradlového pásma sú súčasťou kriedového a paleogénneho flyšu. Najrozšírenejšie sú v západoslovenskom segmente bradlového pásma na Považí (lokality Upohlav, Vrtižer, Nosice, Mariková), pri Žiline (lokalita Považský Chlmec) a na Orave (lokality Oravský Podzámok, Zemianska Dedina, Podbiel). Vo východoslovenskom segmente sú náleziská zlepencov s exotickým materiálom známe len z paleogénneho flyšu (Telek, Proč).

Podľa doterajších stratigrafických výskumov D. ANDRUSOVA—E. SCHEIBNERA (1960) a E. SCHEIBNERA (1968) sú zlepence transgresívne útvary ležiace diskordantne na podložných flyšových súvrstviach, a preto sa viažu na orogénne fázy. Novšie výskumy J. SALAJA a O. SAMUELA (1963) a R. MARSCHALKA (1975) dokazujú neporušený sled flyšových sekvencií so zlepencami bez hiátov a diskordancií. Zlepence sú súčasťou morských flyšových fácií a boli transportované laterálne z rozsiahlych intrageosynklinálnych zdrojov, ktoré boli v neskorších orogenetických fázach deštruované a úplne ich pohltil substrát.

Kriedové a paleogénne flyšové zlepence sa akumulovali okolo tektonicky aktívnych zdrojov na prudkých podmorských svahoch a ich báze. Mocnosť, dosahujúca miestami až 400 m (lokality Nosice, Pov. Chlmec, Oravský Podzámok), dokazuje nielen rýchlu eróziu intrageosynklinálnych zdrojov, ale aj rapídnu subsidenciu flyšových bazénov po zlomoch priľahlých k zdrojom. Preto v transportných agensoch prevládali alebo katastrofické sklzové mechanizmy veľkého rozsahu, turbiditné prúdy alebo aj trakčné prúdy

značnej transportnej schopnosti. V miestach anomálnej akumulácie hrubých klastík na prudkých podmorských svahoch nastalo rozsiahle gravitačné skĺzavanie, dosahujúce miestami až tektonický obraz. Takéto fácie (lokalita Oravský Podzámok) možno klasifikovať ako wildflyš.

Podľa látkového zloženia stabilných a nestabilných komponentov v zlepencoch možno odhadnúť, že zdrojové zóny dodávajúce klastický materiál rýchlo atakovala erózia. Tá sa vrezávala cez sedimentárny karbonátový obal (mezozoický) do kryštalinického substrátu. Vysoké percento hornín paleozoického veku (metamorfované zlepence, kremence ap.) presvedčivo dokazuje sialický základ zdrojov, ktoré však majú sčasti iné zloženie ako centrálno-karpatský blok. Veľké percento hornín tvoria magmatity rozličného druhu, genézy a veku. Z nich sú v prevahe kyslé intruzíva a efuzíva (granity a kremité porfýry), ako aj bázické horniny (melafýry, porfyrity, serpentinity a ich diferenciáty).

Aplikovaná analytická metodika

Na poznávanie charakteristických čŕt hornín sa aplikovala spektrochemická analýza (Ing. Medveď) a meranie intenzity žiarenia (dr. Katlovský).

V 29 vzorkách sa spektrochemickou metódou analyzovalo 14 mikroprvkov, a to B, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Sc, Sn, Sr, V, Y, Zr, ktoré boli prítomné v koncentračnom rozmedzí od 3 ppm do 3000 ppm.

Pracovné podmienky Tab. 1

Spektrograf	PGS—2, jednoduchý prechod m = 1
Spektrálne rozsahy	od 210 nm do 390 nm a od 330 nm do 500 nm
Druh zobrazenia	trojšošovkové s medzizobrazením
Medziclona	3,2 mm
Štrbina	0,020 mm
Elektródový materiál	grafit, Elektrokarbón, Topoľčany
Nosná elektróda	SU — 308
Protielektróda	SU — 207
Riedidlo	grafitový prášok SU — 602
Medzielektródová vzdialenosť	4 mm
Druh emulzie	ORWO WU 3
Vývojka	ORWO R 09 (zried. 1 : 20), 5 min pri 20 °C
Druh budenia	oblúk jednosmerného prúdu, anodická polarizácia nosnej elektródy
Budiaci zdroj	generátor ABR—3
Napätie prúdu	220 V
Intenzita prúdu	6 A
Expozičná doba	90 s

Tab. 1. Pracovné podmienky pri spektrografických analýzach kyslých magmatitov z obliakov kriedových a paleogénnych zlepencov bradlového pásma Záp. Karpát a porovnávacích vzoriek zo susedných území.

Table 1. Working conditions with spectrographic analyses of acid magmatites from pebbles of Cretaceous and Paleogene conglomerates in the Klippen Belt of the West Carpathians and from comparative samples from adjacent areas.

Pri rozpracúvaní spektrochemickej analýzy sa vychádzalo z poznatkov prác L. H. Ahrensa (1954), G. Kupču (1959), L. H. Ahrensa—M. Fleischera (1960), L. H. Ahrensa—S. R. Taylora (1962), B. Cambela—G. Kupču (1965) a R. Schindlera (1966).

Na prípravu syntetického matrixu sme zvolili chemické zloženie U.S.G.S. horninového štan-

dardu G—2. Z hľadiska medze stanoviteľnosti pri väčšine mikroprvkov sa vzorky homogenizovali grafitovým práškom SU—602 (Elektrokarbón Topoľčany) v pomere 1 : 1.

Pracovné podmienky spektrochemickej analýzy sú v tab. 1.

Správnosť analytických výsledkov sme overovali U.S.G.S. horninovým štandardom G—2 a porovnávali s odporučenými strednými hodnotami uvedenými v práci F. J. FLANAGANA (1969).

V tab. 3 sú výsledky spektrochemickej analýzy mikroprvkov v kyslých kremičitanových horninách.

Presnosť stanovenia jednotlivých prvkov vyjadrená relatívnou štandardnou odchýlkou sa vypočítala pri využití údajov z paralelných meraní pri rozličných vzorkách s meniacim sa obsahom toho-ktorého prvku (J. MEDVEĎ—E. PLŠKO—J. CUBÍNEK 1973).

Vypočítaná presnosť stanovenia jednotlivých prvkov je: B ± 7 %, Ba ± 9,6 %, Be ± ± 8,2 %, Co ± 4,9 %, Cr ± 7,8 %, Cu ± 10,2 %, Mo ± 9,4 %, Ni ± 5,7 %, Sc ± ± 10,6 %, Sn ± 9,8 %, Sr ± 6,4 %, V ± 13,3 %, Y ± 11,2 %, Zr ± 18,0 %.

Metóda poskytuje pri dostatočnej dôkaznosti presné a správne výsledky.

Geochemickú charakteristiku hornín sme doplnili o ich rádiometrické vlastnosti. Ako je známe, štúdium distribúcie rádioaktívnych prvkov, ako je U, Ra, Th a K, pomáha objasňovať niektoré genetické a korelačné závislosti. Preto bola použitá γ-spektrometrická metóda stanovenia koncentrácií rádioaktívnych látok.

Princíp metódy spočíva v porovnaní početnosti impulzov vyvolaných meranou vzorkou a etalónom určitého žiariča v niekoľkých spektrálnych oblastiach. Na ich základe možno potom vypočítať koncentrácie jednotlivých typov žiaričov. Metóda je z metodickej aj matematickej stránky dôkladne vypracovaná v zahraničí (P. M. HURLEY 1956) a na niekoľkých pracoviskách u nás (J. BARTOŠEK 1967, V. MOUČKA 1967).

Na naše meranie početnosti impulzov sme použili výlučne tuzemské, väčšinou sériovo vyrábané zariadenia. Základom bola laboratórna meracia súprava NZQ—717—T (n. p. Tesla, Přemyšlení) napájaná ešte cez stabilizátor napätia ST—500. Detekčný systém pozostával zo scintilačnej spektrometrickej sondy NKG—211, scintilačného NaJ (Tl) rozmeru 45 × 50 mm a oloveného krytu poskladaného z 10 cm hrubých Pb-tehiel.

Na základe prác J. BARTOŠKA (1967) a P. PODRACKÉHO (1970) sa γ-žiarenie meralo v týchto energetických intervaloch:

210—265 keV s poradím	45,9 imp/min
305—270 keV s poradím	45,1 imp/min
1480—1520 keV s poradím	6,8 imp/min

Etalóny jednotlivých typov žiaričov, ako aj ich referenčné hodnoty koncentrácií poskytlo Izotopické laboratórium Ústavu užitej geofyziky v Brne. Početnosť impulzov od meranej vzorky sa určila s 5 % presnosťou. Potrebný časový interval sme delili najmenej na tri časti a správnosť registrovaných údajov kontrolovali pomocou testu významnosti.

Koncentrácie boli vypočítané bez použitia počítacích prístrojov podľa schémy P. PODRACKÉHO (1970). Na základe opakovaných meraní asi 20 % vzoriek sa stanovila stredná kvadratická chyba určovania koncentrácií uránu, tória a draslíka. Hodnoty chýb sú:

pri U S = ± 0,9 ppm
Th S = ± 1,8 ppm
K S = ± 0,35 %

Získané hodnoty koncentrácií U, Th a K spolu s pomerom Th/U sú v tab. 4.

Záver

Gemeridné granity sa vyznačujú metalonosnosťou a súčasne vysokým podielom B, Li, F, Sn, W, Be a naopak nízkym podielom Ba a Sr. Ich intenzita γ-žiarenia sa viaže na relatívne vyšší obsah U ako Th. Súhrnná γ-aktivita je vysoká. Typická pre ne je zvýšená koncentrácia cínu (L. KAMENICKÝ 1953, 1959).

Č. vz.	Č. vz. por.	Hornina	Lokalita	Vek
13	1	ortorula	Český masív, Svratka	proterozoikum
16	2	hybridný granit	Český masív, Lukavice	paleozoikum
10	3	granodiorit	Český masív, Kouřím	assyntský
15	4	granulit	Český masív, Český Krumlov	proterozoikum
18	5	granulit	Český masív, Bor	proterozoikum
19	6	granulit	Český masív, Mohelno	proterozoikum
20	7	granodiorit	Rodopy, Maidan	proterozoikum
5	8	hybridný granit	Bradlové pásmo, Upohlav	kriedové zlepence — obliak
6	9	autometam. granit.	Bradlové pásmo, Vrtižer	kriedové zlepence — obliak
35	10	granit	detto	detto
33	11	kremitý porfýr	detto	detto
1	12	porfyrit	detto	detto
3	13	kremitý porfýr	Bradlové pásmo, Nosice	detto
38	14	granodiorit	Bradlové pásmo, Udiča	detto
40	15	granit	detto	detto
41	16	granit	detto	detto
39	17	granit	Bradlové pásmo, Mariková	detto
31	18	granodiorit	detto, Považský Chlmec	detto
37	19	granit	detto	detto
2	20	leukokratný granit	detto, Oravský Podzámok	detto
42	21	kremitý porfýr	detto	detto
36	22	granit	detto, Krivá	detto
7	23	leukokratný granit	detto, Podbiel'	detto
34	24	autometam. granit	detto, Zem. dedina	detto
45	25	porfyrit	detto	detto
4	26	porfyrit	detto, Proč	paleogén obliak
46	27	pegmatit	Šambrónské pásmo Telek	paleogén obliak
43	28	dacit	Muntii Apuseni?	krieda—paleogén
11	29	ortorula	N. Tatry, N. Boca	proterozoikum
22	30	leukokrat. ortorula	Čierna Hora, Sedlice	proteozoikum
12	31	ortorula	Slov. Rudohorie, Muráň	proterozoikum
17	32	ortorula	detto, Mur. Huta	proterozoikum
21	33	granit synkinem.	N. Tatry, Králička	proterozoikum
24	34	granodiorit. porfyrit	N. Tatry, Dol. Leňuška	paleozoikum
23	35	porfyroid	Slov. Rudohorie, Podsúľová	paleozoikum
28	36	hybr. granodiorit	detto, Čier. Lehota	karbón
27	37	kremitý diorit	Tribeč	karbón
25	38	granodiorit	N. Tatry, Chopok	karbón
14	39	leukokr. granit	Slov. Rudohorie, Chyžné	karbón
26	40	aplit. pegm. granit	Branisko, Podbranisko	karbón
29	41	granit porfýrovitý	Slov. Rudohorie, Hrončok	karbón-krieda
44	42	kremitý porfýr	Slov. Rudohorie, Ľub. pásmo	perm
47	43	kremitý porfýr	Slov. Rudohorie, Sp. N. Ves	perm
48	44	detto	detto	detto
8	45	gem. autom. granit	Slov. Rudohorie, Hnilec	krieda
9	46	detto	detto	detto
30	47	granit porfyrovitý	detto, Poproč	krieda
32	48	granodiorit	Slov. Rudohorie, Sandrik	miocén

Tab. 2. Zoznam rádiometricky a spektrograficky analyzovaných vzoriek kyslých magmatitov z obliakov kriedových a paleogénnych zlepencov bradlového pásma Záp. Karpát a porovnávacích vzoriek zo susedných území.

Table 2. List of radiometrically and spectrographically analysed samples of acid magmatites from pebbles of Cretaceous and Paleogene conglomerates of the Klippen Belt of the West Carpathians and of comparative samples from adjacent areas.

Č. vz. por.	% Na_2O	K_2O	F	ppm B	Be	Li	Rb	Cs	Sr	Ba	Sn	W	Zn	Pb	V	Ni	Co	Cr	Cu	Y	Sc	Zr
9				16	5,6				101	1 010	12,6				11	5,6	<3	13	5,6	166	10,7	282
11				110	5,5				40	209	12,9				3	4,4	<3	7	4,5	89	3,8	182
12				17	<3				54	510	10,4				10,7	5	<3	13,8	20,4	174	7,4	239
14				13,5	<3				42	540	<10				3,4	5,4	<3	18,2	3,4	309	5,2	174
18				22,4	5				95	1 100	12				11,7	5,5	<3	14,5	4,8	138	11,7	275
20				18,6	<3				24	200	12,3				3	3,9	<3	24	4	126	4,2	162
21				18,6	—				115	102	10				17,4	4,4	20	16,6	9,5	5,2	<3	120
23				13	<3				52	420	11,7				3	6,5	<3	16	8,3	20	3,7	166
24				21,4	<3				56	660	11,2				5,7	5,7	<3	51	8,3	45	6,2	214
25				40	—				43	330	12				126	6	14,1	22,9	42	13,8	3	132
26	2,86	3,57	0,03	22		17	174	6	110	1 000	4,9	2,2	52	14								
	2,82	3,72	0,03	40		18	158	5	83	1 000	5	sl.	62	11								
27				29, 7	<3				63	630	15,5				13,8	11	13,8	16	91	400	12	400
28				28,8	—				141	470	<10				83	28,8	17,4	51	16,2	22,4	6,5	155
31				7,8	<3				62	316	<10				<3	71	<3	159	74	30,2	<3	72
33				37	4,1				480	400	<10				<8	141	<3	251	7,1	28,8	3,2	21
34				6,5	<3				480		12,3				54	74	4,3	138	44	10,1	4,8	145
36				7,4	<3				309		17				42	63	3,2	145	107	19,1	4,8	214
37				19,5	<3				740	910	<10				101	129	6,3	200	10,7	55	11	234
38				3,7	3,2				182	540	<10				38	186	4	380	10,7	182	6,3	63
39				3,3	3,2				350	680	<10				29,5	138	<3	275	11,5	18,6	4	104
40				14,5	—				302		<10				3,2	117	<3	229	54	3,6	<3	50
41	2,60	3,88	0,05	32		44	204	25	170	500	5,9	2,9	39	9								
42				11,2	<3				251	620	12				69	6,8	14,8	18,2	9,3	63	7,8	155
43				95	<3				38	740	15,5				18,2	8,5	3,8	15,5	4	20,4	5	123
44				112	7,2				25	132	21				14	5,2	<3	<3	4	400	7,4	540
45	2,76	2,42	0,16	28	1,75	78	58	22	18	90	100	5,5	20	1								
46				41	11				191	50	<10				<3	112	<3	224	4,9	35	<3	30
48				18,2	4,4				460	650	15,5				126	6	7,2	10,4	14,8	31	13	138
G-2a)				<3	<3				510	1 660	<10				42	4,1	3,4	8,7	9,1	12	4,7	275
b)				2	2,5				463	1 950	1				37	6,4	4,9	9	10,7	12,2	3,9	316
c)				—	1,3–3				235–680	1 500–3 000	0,78–1,5				26–60	2–14	2–21	5–29	6–17	8–15	2–10	250–400

a) GÚ SAV, b) F. J. Flanagan (1968), c) F. J. Flanagan (1968) — rozptyl analyt. výsledkov

Tab. 3. Obsah Na_2O, K_2O a F (%) a vybraných stopových prvkov (v ppm) v kyslých magmatitoch z obliakov kriedových a paleogénnych zlepencov bradlového pásma Záp. Karpát a porovnávacích vzoriek zo susedných území.

Vysvetlivky: vzorky č. 26, 41 a 45 boli analyzované v Inštitúte geochémie SO AV ZSSR v Irkutsku.

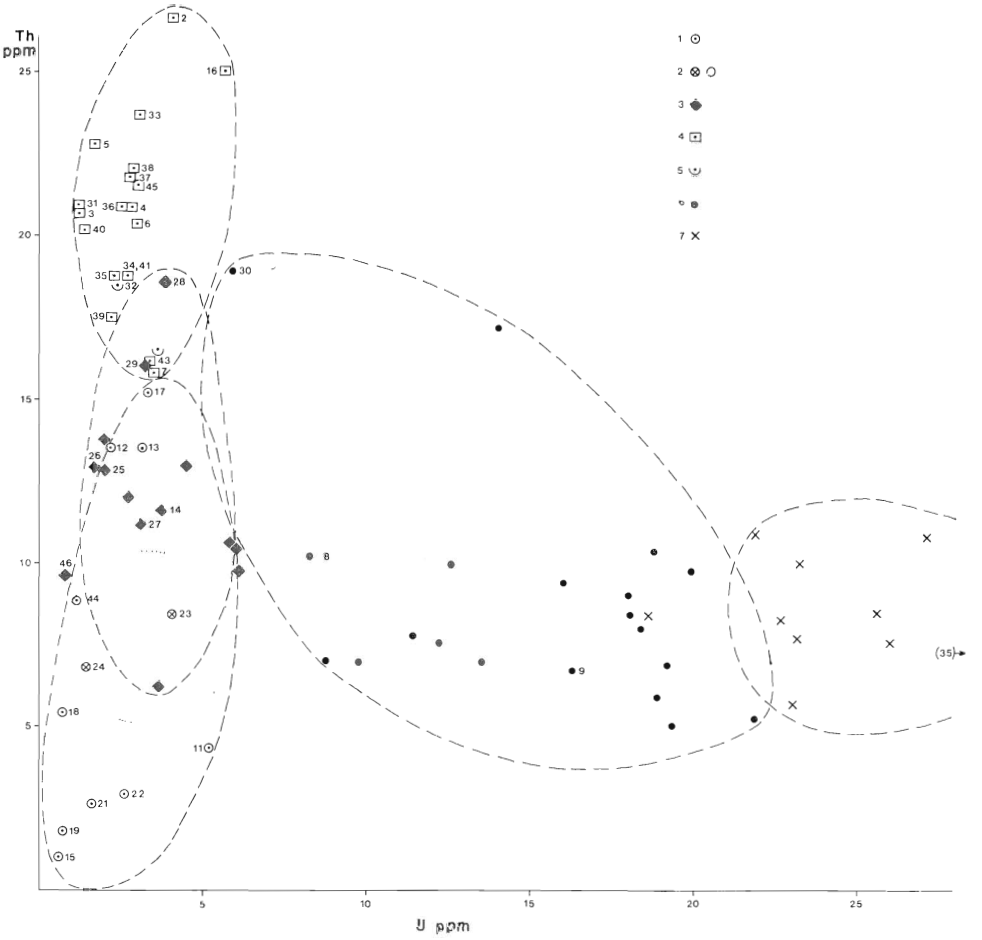
Table 3. Contents of Na_2O, K_2O and F (in per cent) and of selected trace elements (in ppm) in acid magmatites from pebbles of Cretaceous and Paleogene conglomerates of the Klippen Belt of the West Carpathians and of comparative samples from adjacent areas.

Explanations: Analyses no. 26, 41, and 45 were carried out in the Institute of Geochemistry of the Siberian Department of the Academy of Science of the USSR in Irkutsk.

Č. vz. por.	QTh	QU	QK	QTh/QU	QU ekv.
1	13,5	3,1	3,6	4,3	9,9
2	25,0	5,7	2,9	4,4	16,0
3					1,9
4	1,0	0,6	4,2	1,7	4,6
5	5,4	0,7	4,4	8,1	6,6
6	1,8	0,7	3,3	2,6	4,2
7	15,1	2,7	4,4	5,7	12,2
8	22,8	1,7	3,9	13,2	13,6
9	20,4	3,0	4,1	6,8	13,1
10	18,8	2,3	3,9	8,1	12,2
11	23,7	3,1	4,1	7,6	15,6
12	20,0	3,1	3,8	6,5	13,1
13	20,7	1,2	3,7	17,5	11,2
14	22,1	2,9	4,1	7,7	13,5
15	20,2	1,4	3,9	14,1	12,1
16	18,7	2,8	3,2	6,7	11,6
17	17,5	2,2	2,7	8,1	10,1
18	20,9	1,2	3,9	17,3	12,1
19	21,8	2,8	3,8	7,8	13,6
20	26,6	4,10	3,8	6,7	16,2
21					2,2
22	20,9	2,6	3,8	8,0	13,9
23	15,7	3,5	3,6	4,5	12,8
24	18,8	2,8	4,1	6,8	13,4
25	21,5	3,0	2,7	7,3	13,2
26	20,9	2,8	3,8	7,6	13,2
27	9,7	0,8	1,85	12,6	6,1
28	16,1	3,4	2,8	4,7	10,9
29	4,3	5,2	3,6	0,82	9,4
30	2,9	2,65	1,9	1,1	4,9
31	13,5	2,2	3,8	6,0	10,5
32	15,2	3,3	0,6	4,6	9,0
33	2,6	1,6	4,5	1,6	6,6
34	6,8	1,4	1,9	4,8	5,4
35	8,4	4,0	4,4	2,1	10,8
36	18,6	3,9	3,3	4,8	13,1
37	11,2	3,1	2,0	3,6	8,5
38	12,9	2,0	2,8	6,5	9,3
39	11,6	3,7	3,3	3,1	9,8
40	13,0	1,7	3,7	7,5	9,0
41	16,0	3,2	3,4	5,1	11,7
42	8,8	1,1	10,5	8,0	13,7
43					4,5
44					10,1
45	10,2	8,3	3,0	1,2	13,6
46	9,4	15,5	3,9	0,61	21,5
47	18,9	5,9	4,4	3,2	15,8
48	18,5	2,4	2,9	7,8	11,6

Tab. 4. Rádioaktivita kyslých magmatitov z obliakov kriedových a paleogénnych zlepencov bradlového pásma Záp. Karpát a porovnávacích vzoriek zo susedných území.
Vysvetlivky: rozmery udaných hodnôt QTh 10^{-4} %, QU $^{-4}$ %, QK %.

Table 4. Radioactivity of acid magmatites from pebbles of Cretaceous and Paleogene conglomerates of the Klippen Belt of the West Carpathians and of comparative samples from adjacent areas.
Explanations: Dimensions of the given values QTh 10^{-4} per cent, QU^{-4} per cent, QK per cent.



Vysvetlivky k diagramu: Diagram obsahu Th a U a ich vzájomných vzťahov kyslých magmatitov z obliakov kriedových a paleogénnych zlepencov bradlového pásma Záp. Karpát a porovnávacích vzoriek zo susedných území.

1 — granulity, ortoruly, syntekt. migmatity prekambria; 2 — porfyroidy staršieho paleozoika a permský kremitý porfýr; 3 — paleozoické granitoidy; 4 — granitoidy, kremité porfýry a exotické porfyrity; 5 — terciérny granodiorit; 6 — gemeridné autometamorfné hnilecké granity; 7 — gemeridné autometamorfné popročské granity.

Značky bez čísiel zodpovedajú prebraným porovnávacím vzorkám z prác M. Trégera a P. Ondru.

Explanations to the diagram: Diagram of Th and U contents and of their mutual relations of acid magmatites from pebbles of cretaceous and Paleogene conglomerates of the Klippen Belt of the West Carpathians and of Comparative samples from adjacent areas.

1 — Granulites, orthogneisses, syntectonic magmatites of the Precambrian; 2 — Earlier Paleozoic porphyroids and Permian quartz porphyri; 3 — Paleozoic granitoids; 4 — Exotic granitoids, quartz porphyries and porphyrites; 5 — Tertiary granodiorite; 6 — Gemeride autometamorphic Hnilec' granites; 7 — Ditto Poproč granites.

The symbols without numbers correspond to comparative samples from the works of Treger and Ondra.

Exotické granitoidy a vulkanity kriedy a paleogénu bradlového pásma sa vyznačujú mierne zvýšeným obsahom uvedených stopových prvkov a relatívne stredne vysokým obsahom Ba a Sr, vysokou súhrnnou γ-aktivitou viazanou na relatívne vyšší obsah Th ako U.

Terciérny granodiorit má približne rovnaké charakteristiky ako exotické granitoidy a v korelačnom diagrame jeho bod leží v poli exotických granitoidov.

Prekambrické granulity a ortoruly nemajú vzhľadom na zastúpenie stopových prvkov znaky metalonosnosti a ich súhrnná γ-aktivita je veľmi nízka.

Ani variské granitoidy nemajú znaky metalonosnosti, čo sa prejavuje v nízkom obsahu B, Li, F, Sn, W, Be a vo vysokom obsahu Ba a Sr. Ich súhrnná γ-aktivita je vyššia ako pri prekambrických magmatitoch a metamorfitoch a nižšia ako pri exotických granitoidoch a gemeridných granitoch. Viaže sa hlavne na vyšší obsah Th ako U.

Permské vulkanity gemeríd, známe metalonosnosťou, sú charakteristické tiež súbežnými znakmi v obsahu stopových prvkov a súhrnnej γ-aktivity, viazanej pri zrudnených typoch na relatívne vyšší obsah U ako Th. Nezrudnené typy majú prevahu Th nad U.

Z uvedeného sa dá usúdiť, že exotické granitoidy — aj keď sa zatiaľ analyzovalo málo vzoriek impregnovaných hornín — tvoria pomerne jednotnú samostatnú formáciu zrejme mladšieho veku (pozri geochronologické stanovenia, zvýšený obsah charakteristických stopových prvkov, nemetamorfovanosť). Treba však uviesť, že sa to týka len určitej skupiny granitoidov, pretože podľa predbežného petrografického výskumu a niektorých geochemických pozorovaní v obliakovom materiáli sú zastúpené aj typy starších granitoidov a ortorúl (variských i prekambrických). Tieto exotiká patria do samostatnej tektonicko-magmatickej provincie, ktorej priebeh bol lineárny a tiahol sa v dĺžke najmenej 400 km v pieninskom tektonickom systéme. Nie je pravdepodobné, že by uvedené exotické granity v zlepencoch bradlového pásma pochádzali z gemeridných granitových zdrojov, pretože gemeridné granity v období vrchnej kriedy a paleocénu neboli odkryté, a preto nemohli tvoriť distribučnú provinciu zlepencom bradlového pásma (R. MARSCHALKO 1973b).

Možno usudzovať, že intenzita γ-žiarenia viazaná na relatívne vyšší obsah uránu a metalonosnosť granitoidov sú súbežné procesy vznikajúce za vhodných geologických podmienok.

Doručené 12. II. 1974
Odporučil P. Gregula

LITERATÚRA

AHRENS, L. H. 1954: Quantitative Spectrochemical Analysis of Silicates. London, Pergamon, 122 p.

AHRENS, L. H.—FLEISCHER, M. 1960: Trace element content of the standard granite (G—1) and standard diabase (W—1). U.S.G.S. Bull., 1113, 83.

AHRENS, L. H.—TAYLOR, S. R. 1962: Spectrochemical Analysis. London, Addison—Wesley Publ.

ANDRUSOV, D.—SCHEIBNER, E. 1960: On outline of the present state of knowledge about the geology of the Klippen Belt between r. Vlára and t. Tvrdošín. Geol. zbor. Slov. akad. vied (Bratislava), 11, s. 239—279.

BARTOŠEK, J. 1967: Stanovění klarkových koncentrací thoria, uranu a draslíka v horninách pomocí gamma-spektrometru. Vest. Ústř. úst. geol., 42, s. 352—362.

CAMBEL, B.—KUPČO, G. 1965: Petrochemie der metamorphen Hornblendegesteine aus der Kleinkarpatenregion. Náuka o Zemi (Bratislava), Geologica, vyd. SAV.

CAMBEL, B.—TAUSON, L. V.—KAMENICKÝ, L.—KOZLOV, V. D.—BARAN, J.—DRNZIK, 1973: Prevariteľnyje dannyje o geochimičeskych osobennostiach olovonosnych granitov Slovakii. Ježegodnik — 1972, Sib. inst. geochimii (Irkutsk), s. 97—101.

FLANAGAN, F. J. 1969: U. S. Geol. Survey standards — II. First compillation of data the new U.S.G.S. rocks. Geochem. Cosmochem. Acta, 33, 81.

KAHAN, Š. 1965: Über das Vorkommen interesanter exotischer Blöcke in den Zakopane Schichten im Paläogen bei Krivá in der Orava. Geol. zbor. Slov. akad. vied (Bratislava), 26, 1, s. 143—147.

KAMENICKÝ, L. 1953: Geologicko-petrografické pomery v území medzi osadou V. Hnilec a kótou Volovec (1215). Manuscript — Geofond, Bratislava.
KAMENICKÝ, L. 1953: Dodatok k správe o geologicko-petrografických pomeroch v území medzi osadou Veľký Hnilec a kótou Volovec (1215 m). Manuscript — Geofond, Bratislava.
KAMENICKÝ, L. 1959: Hnilecký granit — vyhľadávací prieskum. Manuscript — archív Geol. priesk. (Spišská Nová Ves), s. 1—6.
KAMENICKÝ, L. 1973: Lithologische Studien und structurelle Rekonstruktion des Kristallinikum des Zentralen Westkarpathen. Geol. zbor. Slov. akad. vied (Bratislava), 24, s. 282—302.
KAMENICKÝ, L. 1973: Relation on the crystalline of the Central West Carpathinas for the adjacent areas. Geol. zbor. Slov. akad. vied (Bratislava), 24, s. 303—313.
KRIVÝ, M. 1969: Exotické valúny magmatických hornín západnej časti bradlového pásma. Acta geol. et geogr. UC (Bratislava), s. 165—197.
MARSCHALKO, R. 1973: The Carpathian Klippen Belt and Inner Carpathian Paleogene. Sedimentological excursion on 10th Congress Carpat. Balcan. Assoc. (Bratislava), p. 21—27 and 58.
MARSCHALKO, R. 1973: Sedimentológia zlepencov paleogénneho flyša bradlového pásma a priľahlých tektonických jednotiek východného Slovenska. Manuskript — archív SAV (Bratislava), 124. s.
MARSCHALKO, R. RADOMSKI, A. 1960: Preliminary results of investigations of current directions in the flysh basin of the Central Carpathian Annales. Soc. Geol. Pologne (Kraków), 30, p. 259 — 272.
MATOLIN, M. 1970: Radioaktivita hornín Českého masívu. Knihovna Ústř. úst. geol., 41, s. 99.
MEDVEĎ, J.—PLŠKO, E.—CUBÍNEK, J. 1973: Studium der Zuverlässikeit der spektrochemischen Methode zur Bestimmung von Mikroelementen in Silikatgesteinen. Acta geol. UC, Geologica (Bratislava), No 27.
ONDRA, P. 1973: Distribution der radioaktiven Elemente in den magmatischen Gesteinen der Štiavnica Insel (Westkarpaten). Geol. zbor. Slov. akad. vied (Bratislava), 24, s. 315—324.
PODRACKÝ, P. 1970: Měření nízkých aktivit pro účely mineralogie a geochemie. Kandidátska dizertačná práca VŠD (Ostrava).
SALAJ, J.—SAMUEL, O. 1963: Contribution to the stratigraphy of Cretaceous of the Klippen Belt and Central West Carpathians. Geol. zbor. Slov. akad. vied (Bratislava), 14, p. 109—125.
SCHINDLER, R. 1966: Die Standardgesteine des Z.G.I. Erste zusammenfassende Betrachtung der Spurenelementanalysierung und Vergleich mit den amerikanischen Gesteinen G—1 und W—1. Z. angew. Geol., 12, 188 s.
TRÉGER, M. 1972: Rádiogeochemická charakteristika niektorých gemeridných granitov. Mineralia slov., 4, 16.
TAUSON, L. V.—CAMBEL, B.—KOZLOV, V. D.—KAMENICKÝ, L. 1974: Predvariteľnoje sravnenije olovonosnych granitov Zabajkalja, Križskych gor (Češskij massiv) i Spišsko-gemerskogo Rudogorja (Zapadnyje Karpaty). Geol. zbor. Slov. akad. vied (Bratislava), 25 s.

Contribution to characterization of acid magmatites of exotic rocks of the Klippen Belt and other tectonic units of the West Carpathians

L. KAMENICKÝ – V. KÁTLOVSKÝ – R. MARSCHALKO – J. MEDVEĎ

In the latest period the autometamorphic granites of the Spišsko-gemerské rudohorie Mts. draw more interest because of their metal-bearing and perspectiveness of some trace elements, mainly tim.

Since in the latest period some studies of the mobile zone of the Klippen Belt have been carried out at the Geolotical Institute of the Slovak Academy of Science (R. Marschalko 1973), in connection with the established various types of exotic granitoids and subvolcanic and effusive rocks in pebbles of Cretaceous and Paleogene conglomerates of the flych which do not display indications of stronge metamorphosis, the questions have appeared, which types are concerned and whether they are not analogous to the granites from the Spišsko-gemerské rudohorie Mts. Obviously they are linked with a relatively narrow tectonic zone, extending to great distances

At present two determinations of the geochronological age of granitoids by K/Ar- method are available, which show the values of 98,3 and 140 mil. y., i. e. the Upper Jurassic and Cretaceous. The determinations were carried out by the Institute of Geochemistry of the Siberian Department of the Academy of Science of the USSR in Irkutsk (oral communication).

Although the question of hopefulness of the Klippen Belt area from the economic standpoint is minimum so far, nevertheless, we applied more sensitive identification methods in order to verify

the character of granitoids and volcanics of this significant tectonic zone. It is apparent that metal--bearing granitoids have a distinct spectrum of trace elements (L. V. Tauson et al. 1974) and also differ in the character of radioactivity (M. Treger 1972) from those not displaying connection with concentrations of metals.

Choice of analytical material

For a better differentiation by the selected analytical methods (quantitative spectrochemical analysis and measurement of total gamma activity) orthogneisses and leptite gneisses from the crystalline, Variscan and Alpine granitoids and selected magmatites from the pebble material of the Klippen Belt were treated. We analysed also effusive equivalents of granitoids and Tertiary granitoids from Sandrik (the age of the latter determined by K/Ar method is 12,5 mil. y.- Institute of Geochemistry and Ore Deposits of the Academy of Science of the USSR inMoscow- oral communication), comparative samples of granulites and orthogneisses as well as granitoids of the Bohemian Massif, one sample of banatite and Permian volcanics from the Gemerides (known as metal-bearing) and from the Lubietová zone of the Veporides. As to the material of pebbles from the Inner Klippen Belt, it was collected from localities and individual stratigraphic horizons in its whole extension (see tables 2, 3, 4).

Conclusions

Closing the results of preliminary observations may be summarized as follows:

Gemeride granites arechar terized by metal-bearing and parallely a high content of B, Li, F Sn, W, Be, and, on the contrary, a low content of Ba and Sr. Their total gamma activity is bound to relatively higher contents of U than Th. Total gamma activity is high. Typical of it is a higher concentration of tin (L. Kamenický 1953, 1959).

Exotic granitoids and volcanics of the Cretaceous and Paleogene (pebbles of conglomerates) of the Klippen Belt are characterized by moderately increased contents of the above mentioned trace elements and relatively medium high concents of Ba and Sr, a high total gamma activity, bound to relatively higher contents of Th than U.

Tertiary granodiorite has approximately equal characteristics as exotic granitoids and in the correlation diagram their point lies in the field of exotic granitoids.

Precambrian granulites and orthogneisses have no marks of metalbearing with regard to representation of trace elements and their total-gamma activity is very low.

Variscan granitoids display also no metal-bearing marks as shown in the low contents of B, Li, F, Sn, W, Be and in high Ba and Sr contents. Their total gamma activity-is higher than in Precambrian magmatites and metamorphites and lower than in exotic granitoids and Gemeride granites. It is mainly bound to higher contents of Th than U.

Permian volcanics of the Gemerides are known by their metalbearing, also characteristic in parallel marks in the content of trace elements and total-gamma activity, bound to relatively higher contents of U than Th in mineralized types. Non-mineral ized ones have Th predominating to U.

From the above mentioned it may be concluded that exotic granitoids (although few samples of impregnated rocks have been analysed so far) form an own formation, relatively uniform and obviously of younger age. It is necessary to mention, however, that it concerns only a certain group of granitoids since according to preliminary petrographic investigation and some geochemical observations in the material of pebbles also types of older granitoids and orthogneisses (Variscan and Precambrian) are present. These exotic rocks belong to an own tectonic-magmatic province, the extension of which was linear, at least 400 km long in the Pieninic tectonic system. It is not probable that the mentioned exotic granites in conglomerates of the Klippen Belt would be derived from Gemeride granite sources since the latter were not exposed in the Upper Cretaceous and Paleocene and could not form a distribution province for Klippen Belt conglomerates. (compare Marschalko 1973b).

It may be concluded that the intensity of radiation bound to relatively higher uraniu mcontents and metal-bearing of granitoids are parallel processes, which probably proceed unter suitable geological conditions.

Translated by J. Pevný

Didier, J.: **Granites and their Enclaves. The Bearing of Enclaves on the Origin of Granites.** 1. ed Amsterdam — London — New York, Elsevier 1973, 393 p.

Autor, profesor geológie na univerzite v Breste (Francúzsko), sa už viac ako desaťročie zaoberá štúdiom granitov a ich uzavrenín. Recenzovaná monografia je syntézou problematiky uzavrenín v horninách granitového radu.

Kniha je už tretia zo série Developments in Petrology vydavateľstva Elsevier. Prvým titulom je Migmatites and the Origin of Granitic Rocks (K. R. Mehnert), druhým je monografia Granite petrology and the Granite Problem (V. Marmo). Z uvedeného je zároveň zrejmé, že problematika granitoidných hornín je stále aktuálna a je stredobodom pozornosti i v súčasnosti, keď si teórie globálnej tektoniky vynucujú najmä riešenie petrogenézy bázických a ultrabázických hornín.

Monografia o uzavreninách v granitoch je po úvodných a terminologických poznámkach rozdelená do 15 kapitol. Skladá sa z týchto častí:

a) Úvod a terminológia (porovnanie francúzskej, anglickej a nemeckej terminológie, návrh terminológie a náplň navrhovaných termínov).

b) Granity a ich enklávy. Kapitoly 1—7 sú venované jednak opisu rozličných typov enkláv v rozličných genetických typoch granitoidných masívov (intruzívne, autochtónne, subvulkanické masívy, masívy v asociácii s bázickými telesami), jednak sa v nich podáva charakteristika asociácií enkláv v rozličných typoch masívov. Ako príklady uvádza autor v minulosti už skúmané rozličné masívy Massif Central, resp. granity Nigérie.

c) Z hľadiska zovšeobecnenia dlhoročných autorových výskumov sú najzaujímavejšie kapitoly 8—13, ktoré opisujú rozličné morfologické i genetické skupiny uzavrenín v masívoch rozličného typu. V samostatnej kapitole sa spracúva problematika minerálnych nodúl (kap. 14) a samostatné postavenie má aj kapitola Shear Zones (kap. 15).

d) Zoznam literatúry je zameraný na obdobie po roku 1937, pričom autor odkazuje záujemcov o staršie pramene na prácu F. F. Grouta z uvedeného roku. Za literatúrou je index použitých termínov a označení.

Text knihy vhodne dopĺňajú geologické mapky, makro- i mikrofotografie, tabuľky minerálneho i chemického zloženia granitoidov i uzavrenín a profily masívov s uzavreninami. Je sympatické, že sa autor pokúsil riešiť problematiku uzavrenín v granitoidných horninách čo najkomplexnejšie. Neobmedzil sa na opis uzavrenín, ale pokúsil sa riešiť problematiku ich genézy, a tým i problematiku genézy celých granitoidných masívov. Na riešenie uvedenej problematiky použil pestrú škálu zistení (tvar, veľkosť a petrografický charakter uzavrenín, ich zostavenie a porovnanie so zostavením okolných hornín, chemické zloženie uzavrenín i okolných granitoidov: zdôraznil aj význam štúdia akcesorických minerálov pri riešení genetických otázok uzavrenín a i.).

Je len prirodzené, že aj recenzovaná kniha J. Didiera, podobne ako všetky publikácie podobného druhu, sa vyznačuje niektorými osobitosťami.

Ide napr. o to, že výber stanovení stopových prvkov (stanovenie Ni, Cu, Cr) na jednej strane a zároveň neprítomnosť údajov o obsahu prvkov typických pre kyslé plutonity (Li, Rb, Cs, B, F atď.) si nevyhnutne vyžadujú komentár. Podobne autor neuviedol ani metódu stanovenia prvkov v stopových koncentráciách. Niektoré mikrofotografie bez udania zväčšenia neumožňujú čitateľovi orientovať sa v plnom rozsahu v priestorových vzťahoch medzi uzavreninami a okolnými horninami ap.

Pri štúdiu monografie podobného typu sa pred čitateľom vynára komplex problémov, ktoré treba v prípade západokarpatských granitoidných masívov vyriešiť, aby mohla nastať etapa syntézy ich genézy v najširšom slova zmysle.

Prácu J. Didiera možno odporúčať všetkým, ktorí sa zaoberajú problematikou granitoidných hornín. Iste v nej nájdu mnohé námety vhodné na realizáciu pri vlastných výskumoch, a to nielen uzavrenín, ale aj pri výskume masívov plutonických hornín.

D. Hovorka

Mineralia slovaca, 6 (1974), 4, *323—332*

Výskum plôch diskontinuít v južnej časti handlovského ložiska

JOZEF SLUKA*

(9 obr., 3 tab. a 1 príl. v texte)

Recherche des surfaces de discontinuité de la partie sud du gisement de Handlová

L'auteur publie les résultats de la recherche des surfaces de discontinuité mécanique des membres de la formation détritique-volcanique dans le terrain d'exploitation situé au Sud de la mine de charbon de Handlová—Nováky et Podhradie. On y présente aussi de nouvelles vues sur la tectogénèse de ce bassin carbonifère lesquelles sont complétées par la documentation concrète.

Úvod

Pri dobývaní hnedého uhlia v ťažobných podnikoch patriacich do handlovsko-nováckej uhoľnej panvy hrá dôležitú úlohu tektonika. V mnohých prípadoch značne sťažuje banské práce, a to najmä vtedy, keď sa objaví neočakávane. Aby sa nepriaznivý vplyv tektoniky znížil na minimálny účinok, treba poznať jej zákonitosti a študovať priebeh a prejavy jej pôsobenia na banskú prevádzku. Špeciálny tektonický výskum sa v handlovsko-nováckej uhoľnej panve zatiaľ nevykonal. Údaje o tektonike tejto panvy sa uvádzajú v spojitosti s inými geologickými prácami (V. ČECHOVIČ 1959, J. SLÁVIK—T. ŠINÁLY 1962, M. BRODŇAN—J. SLÁVIK 1966, M. BRODŇAN 1970). Preto ani názor na genézu tektoniky v tejto panve sa doteraz jednoznačne nevyslovil. Z hľadiska ťažby sa ako nedoriešený problém považuje skutočnosť, že jednotlivé línie znázorňujúce poklesové štruktúry v geologických rezoch siahajú iba po členy detriticko-vulkanickej formácie. Z toho vyplýva, že tektonika by nemala porušovať členy detriticko-vulkanickej formácie.

Ťažobná prevádzka žiada jednoznačnejšiu odpoveď na otázku, či tektonika porušuje len uhoľný sloj a nadložné íly, alebo siaha i do členov detriticko-vulkanickej formácie. Preto sme v rámci úlohy Dobývanie mocného uhoľného sloja v blízkosti andezitov dostali čiastkovú úlohu s názvom Výskum plôch diskontinuít detriticko-vulkanickej handlovsko-nováckej formácie v južnom poli Handlovských uhoľných baní a v poli Podhradie.

Cieľom úlohy bolo:

a) Dokázať na konkrétnych príkladoch, či je tektonika v dobývacích priestoroch južného poľa Handlovských uhoľných baní a poľa Podhradie staršia ako detriticko-vulkanická formácia, alebo je mladšia a porušuje členy tejto formácie.

b) Vykonať výskum mechanickej diskontinuity v jednotlivých litotypoch nadložia v južnom

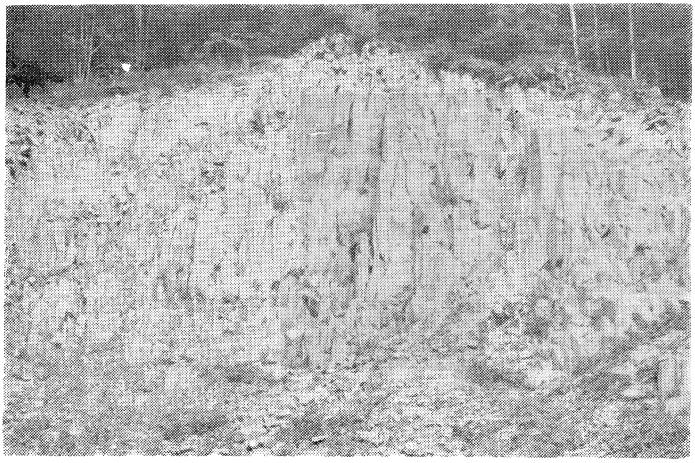
* RNDr. Jozef Sluka, CSc., Banský výskumný ústav, 971 01 Prievidza.

poli Handlovských uhoľných baní a v poli Podhradie a určiť ich vplyv na mechanické vlastnosti hornín a primárnu tektonickú napätosť horského masívu.

V tomto príspevku podávame niektoré výsledky výskumu, ktorý sme vykonali v roku 1972.

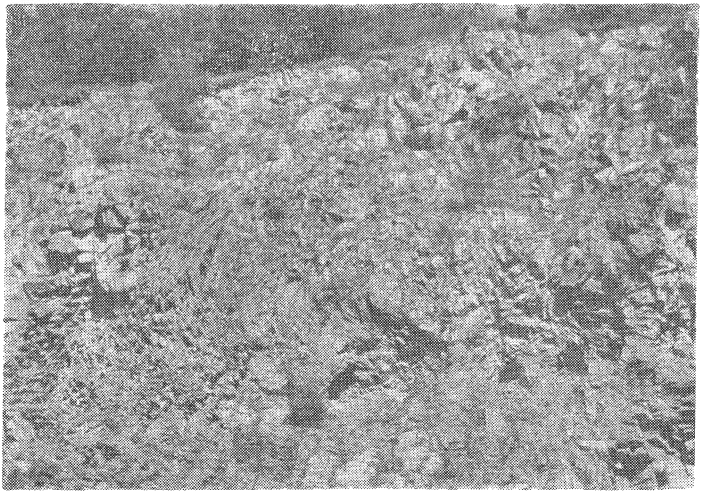
Výskum mechanickej diskontinuity andezitov v južnom poli Handlovských uhoľných baní a v poli Podhradie

Pri riešení úlohy sme najprv použili metódu drobnej tektoniky. Podľa nej sme dokumentovali povrchové a umelé odkryvy (lomy). Väčšinu dokumentovaných bodov budujú rozličné typy andezitov. Ostatné členy detriticko-vulkanickej formácie sa v dokumentovaných odkryvoch vyskytujú zriedkavejšie. Zriedkavo možno pozorovať iba výskyt andezitových tufobrekcií. V prevažnej miere sú plochy mechanickej diskontinuity zhodnotené na jednotlivých tektonogramoch tvorené plochami odlučnosti. Odlučnosť chápeme ako mechanickú diskontinuitu hornín podmienenú endokinetickým rozpukaním, ktorá vznikla



Obr. 1

Pukliny s uhlom sklonu 70—90° spôsobujú v mnohých prípadoch hranolovitú, stĺpcovitú alebo prizmatickú odlučnosť andezitu



Obr. 2

Lokálne tiež možno pozorovať všesmerné porušenie andezitu, pri ktorom sa plochy diskontinuít stáčajú do iného smeru. Takto porušená hornina pripomína porušenie v podobe „vrás".

primárnym zmršťovaním (kontrakciou) magmy pri jej chladnutí, tuhnutí a kryštalizácii. Odlučnosť vzniká vždy kolmo na smer najmenšieho odporu pri kontrakcii.

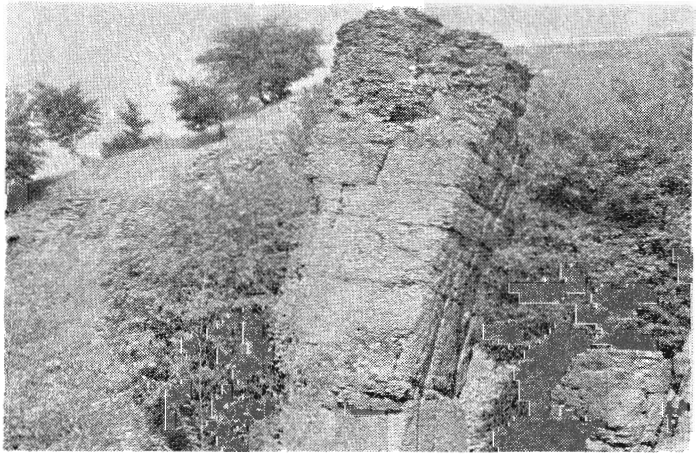
V skúmanom území sú takéto plochy odlučnosti, resp. pukliny:

1. pukliny, ktorých uhol sklonu je 70—90°,
2. pukliny s uhlom sklonu 0—30°,
3. diagonálne pukliny s uhlom sklonu 30—70°.

Pukliny v podobe tektonogramov sú zobrazené na drobnotektonickej mape (príl. 1).

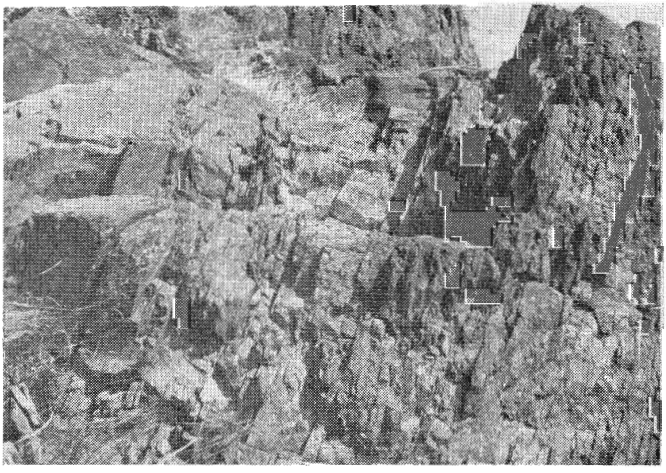
V skúmanom teréne sú najčastejšie pukliny s uhlom sklonu 70—90° a 0—30°. V porovnaní s nimi sú dosť zriedkavé diagonálne pukliny, pri ktorých možno lokálne pozorovať posun po dislokačnej ploche. Sú totožné so známymi tektonickými poruchami.

Plochy odlučnosti slúžia pri tektonických pohyboch, prejavujúcich sa v handlovskonováckej uhoľnej panve vo forme poklesových štruktúr, ako oslabené miesta v hornine s porušenou kontinuitou v mieste ich výskytu. Dôkazom toho sú blokové pohyby a posuvy terénu pozdĺž evidovaných plôch diskontinuít pod Bielou skalou v južnom poli Handlovských uhoľných baní. Andezitový lávový prúd, tvoriaci dnes kopec Biela skala, sa



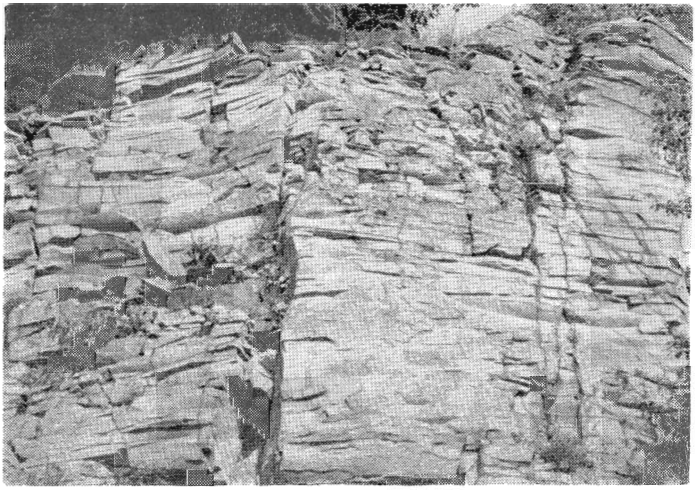
Obr. 3

Prizmatická alebo hranolovitá odlučnosť andezitu je dobre viditeľná, kde andezit tvorí akýsi prírodný „stĺp" pripomínajúci umele postavený objekt.



Obr. 4

Lavicovitá odlučnosť sa dá dobre pozorovať najmä v dokumentačnom bode 17. Je to prirodzený odkryv tvoriaci podklad alebo základy hradu Podhradie.



Obr. 5

Kombináciu lavicovitej a doskovitej odlučnosti vodorovne uložených puklín, ktoré sú naprieč porušené puklinami s úklonom 70—90°.



Obr. 6 ▶

postupne ponára do plastického a relatívne mäkšieho podložia, ktoré tvoria andezitové tufy, brekcie a íly.

Na obr. 6 vidieť otvorené trhliny založené na báze plôch odlučnosti v podobe písmena V. Vzdialenosť rozovretých stien v hornej časti trhlín dosahuje 2—4 m. Hĺbka trhlín pozorovaná voľným okom je 10—20 m. Treba zdôrazniť, že ide o prejavy v zatiaľ nepoddolovaných a baníckv neporušených miestach. Táto oblasť je veľmi bohatá na zosuvy a bola v nedávnej minulosti podrobená prieskumu.Vplyv tektoniky na zosuvy skúmal J. MALGOT (1968). Otvorené trhliny a zosuvy pod Bielou skalou jasne dokumentuje uplatnenie plôch odlučnosti pri tektonických pohyboch skúmaného terénu.

Porušené nadložie, ako ho možno pozorovať pod Bielou skalou, bude sa pri poddolovaní ešte viac porušovať a dá sa očakávať pohyb pozdĺž známych, ale i neznámych a novovytvorených plôch diskontinuít a tektonických línií. Vplyv poddolovania ešte viac zvýrazní 1959). Dnes je však báza detriticko-vulkanickej formácie v niektorých prípadoch až v hĺbke

blokové pohyby a vznik zosuvov. Dá sa predpokladať, že táto časť lesa sa na určitý čas stane nedostupnou a veľmi vhodnou oblasťou pre veternú smršť, a to so všetkými jej prejavmi a dôsledkami.

Jednotlivé pukliny sme zhodnotili a znázornili v podobe zberných úsekových tektonogramov reprezentujúcich vždy určitý počet dokumentovaných bodov a plochu asi 1 km^2 (príl. 1). V tektonogramoch sme znázornili priebeh (smer a sklon) puklín, ktoré v danej oblasti, reprezentovanej uvedeným tektonogramom, predstavujú maximálne prevládajúci smer a sklon.

Vplyv diskontinuít na mechanické vlastnosti pohoria

Na voľbu vhodnej dobývacej metódy v skúmanej oblasti okrem iného tiež podstatne vplýva stupeň porušenosti horského masívu, t. j. plochy mechanickej diskontinuity. V súčasnosti sa na posúdenie útvarovej pevnosti a stupňa porušenosti masívu najčastejšie používa HANSAGIHO metóda (1965, 1966).

Na naše účely sme použili čiastočne upravenú Hansagiho metódu, a to podľa J. HOUSKU (1968), pri ktorej autor K_t^- považuje za rovné 100 cm, ale postupovali sme aj podľa vlastného uváženia. Nepočítali sme koeficienty C_2, C_3 a C_4, pretože náklady na laboratórne práce tohto druhu by značne prekročili využiteľnosť získaných údajov. Preto sme namiesto C_g uvažovali C_1 ako konečný opravný koeficient. Pre skúmanú časť horského masívu sme získali tieto údaje o porušenosti:

Vrt	Lokalita	Hornina	Koeficient C_1
JP 248	JUP HUB	andezitová tufobrekcia	0,21
VtV—45	Vtáčnik	andezitová brekcia	0,25
		andezit	0,22
		andezitové tufity	0,24
VtV—42	Vtáčnik	andezitová brekcia	0,23
		andezit	0,25
		andezitová tufobrekcia	0,29

V laboratóriu BVÚ (Šufliarsky) boli zistené tieto hodnoty σ_{tl} a σ_t hornín.

Lokalita	Hornina	σ_{tl} kp . cm^{-2}			σ_t kp . cm^{-2}		
		min.	∅	max.	min.	∅	max.
Vtáčnik, vrt VtV—46 H hĺbka 315 m	andezit	629	1 466	2 737	46	73	117
	andezit. brekcia	155	222	311	17	19	23
hĺbka 480 m	andezit. brekcia	95	187	239	15	25	37
Lom M. Lehota	andezit	631	996	1 165	52	59	69
JUP HUB 17517	andezit. tufity	106	130	143	17	21	29
JUP HUB vrt JP-248	andez. tufobrek.	163	287	459	22	31	40

Priemerná hodnota C_1 pre andezit je 0,235
pre andezitovú brekciu 0,24
pre andezit. tubofrekciu 0,25
pre andezitové tufity 0,24

Ako vidieť, priemerné hodnoty sú veľmi blízke a porušenie postihuje rovnako všetky typy skúmaných hornín. Preto možno zo všetkých vypočítaných hodnôt C_1 vypočítať priemernú hodnotu kceficientu C_1.

C_1 ∅ = 0,24 = opravný koeficient

Útvarová pevnosť jednotlivých petrografických typov hornín tvoriacich vrstvy alebo iné priestorové telesá v skúmanej oblasti podľa Hansagiho bude:

Lokalita	Hornina (vrstva)	σ_{tlg} kp . cm^{-2}			σ_{tg} kp . cm^{-2}		
		min.	∅	max.	min.	∅	max.
Vtáčnik, vrt VtV—46H Hĺbka 315 m	andezit	151	352	657	11	17	28
	andezit. brekcia	37	53	75	4	5	6
hĺbka 480 m	andezit. brekcia	23	45	57	4	6	9
Lom M. Lehota	andezit	151	239	280	12	14	17
JUP HUB, pracovisko 17517	andezit. tufity	25	31	34	4	5	7
JUP HUB, vt JP- 248	andezitová tufobrekcia	39	69	110	5	7	10

Tektonogenéza poklesovej tektoniky

Jedným z cieľov úlohy bolo dať odpoveď na otázku, či tektonika v handlovsko-nováckej uhoľnej panve siaha po vrstvy detriticko-vulkanickej formácie, a teda ich aj porušuje, alebo sa končí na styku nadložných ílov a detriticko-vulkanickej formácie.

Vznik poklesovej tektoniky v skúmanej oblasti treba chápať ako dialektický proces prebiehajúci kontinuálne, s občasným skokovitým vývojom počas formovania a vývoja handlovsko-nováckej uhoľnej panvy. Tak to vysvetľuje aj fyzikálna teória tvorenia tektonických porúch (M. GZOVSKIJ 1960).

V otázke, či poklesová tektonika siaha vyššie, ako sa doteraz predpokladá, zastávame názor čiastočne zhodný s V. ČECHOVIČOM (1959). Nepoznáme príčinu, prečo by poklesová tektonika nemohla v niektorých prípadoch pokračovať do nadložných vulkanitov alebo až na zemský povrch.

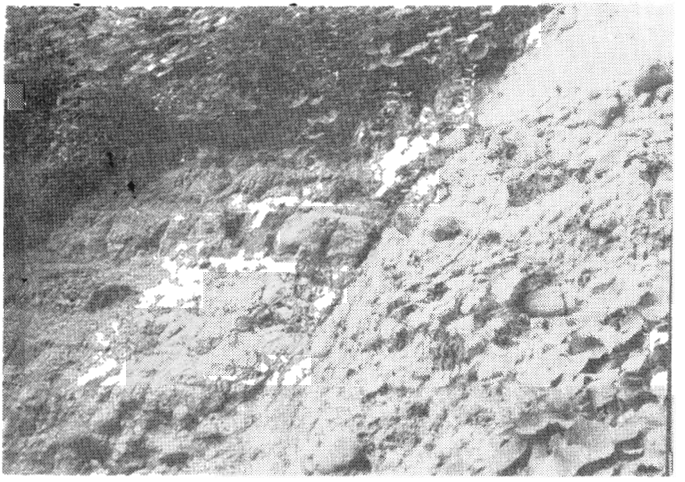
O tom, že zlomy niekedy siahajú až na zemský povrch, svedčia i niektoré odkryvy dokumentované pri riešení tejto úlohy. Na obr. 7 je znázornená dislokačná plocha strihovej poklesovej tektoniky, kde smer ryhovania dokazuje, že ide o diagonálny zaporný pokles v zmysle klasifikácie Molčanova (in Ažgirej). Táto porucha (pozri prílohu 1) prebieha smerom SZ-JV v dĺžke asi 800 — 1000 m pod Bielou skalou. Asi 100 m smerom k Bielej skale sa nachádza ďalšia poklesová plocha (pozri obr. 8), ktorá prebieha naprieč predošlej. Výška skoku tejto poruchy je asi 15 m.

V lome Malá Lehota je ďalší dôkaz svedčiaci o pochyboch v blízkosti zemského povrchu (pozri obr. 9). Na obr. 9 vidieť tzv. tektonické zrkadlo, svedčiace o tektonických pohyboch.

V ďalšej časti tejto kapitoly považujeme za potrebné posúdiť vplyv existencie nadložného vulkanizmu na charakter a tektonický vývoj v skúmanej oblasti. Stotožňujeme sa s názorom J. SLÁVIKA a T. ŠINÁLYHO (1962), že vznik poklesov a prešmykov nemožno klásť do jedného obdobia.

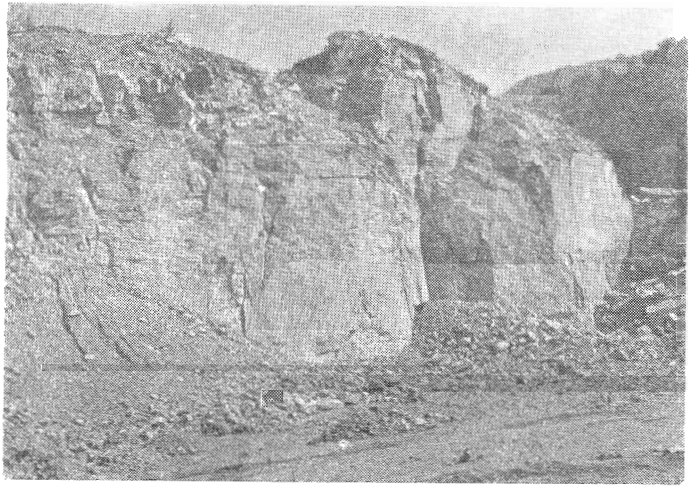
◀ Obr. 7





Obr. 8 ▶

Z analýzy napätia vychodí, že pri formovaní sa poklesovej tektoniky v tejto panve prevláda vonkajšia sila pôsobiaca v smere zemskej tiaže, teda σ_1. Táto sila vo všeobecnosti zodpovedá hodnote geostatického tlaku — ρ. H. Napätie vyvolané vnútri masívu v dôsledku pôsobenia vonkajšej sily, ktoré pôsobí v horizontálnom smere, má v porovnaní so σ_1 podstatne nižšiu hodnotu. To je zároveň podmienka pre vznik poklesov, t. j., že $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ alebo $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$, pretože len vtedy, keď je splnená, môže dôjsť k dilatácii masívu v horizontálnom smere, čo je základný predpoklad pre vznik poklesov. V prípade, že niektorá zo zložiek σ_2, σ_3 má väčšiu hodnotu, je teoretická podmienka pre vznik prešmykov splnená. Prešmyky v handlovsko-nováckej uhoľnej panve boli zatiaľ preukázateľne dokázané v spojitosti s bazalto-andezitovými intrúziami (J. SLÁVIK—T. ŠINÁLY 1962). Ich vznik sa vysvetľuje aktívnym vnikaním magmy do produktívneho súvrstvia, pričom zložky vektorov napätia σ_2, σ_3 spôsobili, že vznikli prešmyky. Z rozboru potom zákonite vyplýva, že prešmyky vznikli v kratšom čase ako poklesy, a preto ich vznik treba dávať do súvisu s nadložným vulkanizmom.



◀ Obr. 9

Úlohy banskej prevádzky často žiadajú odpoveď na otázku, do akej výšky nad uhoľný sloj siahajú poklesové zlomy. Doterajšia predstava o tektonogenéze tejto panvy nedáva na otázku jednoznačnú odpoveď. Istá odpoveď sa črtá z výsledkov výskumu fyzikálno-mechanických vlastností hornín. Pri výskume fyzikálno-mechanických vlastností uhlia a sprievodných hornín v slovenských treťohorných uhoľných ložiskách sme zistili, že akákoľvek deformácia nadložných hornín (pružná + plastická) pri ílovitých alebo pyroklastických horninách je zhruba 1/20 z mocnosti skúmanej vrstvy. Pri použití skúšobných valčekov priemeru a výšky 42 mm pri skúške na jednoosový prostý tlak mala pružná a plastická deformácia zvyčajne menšiu hodnotu ako 2 mm. Za touto hodnotou vždy nastala ruptúrna (trieštivá) deformácia, ktorá sa prejavila trhlinami na skúšobnom valčeku. Ak tento laboratórny poznatok o mechanických vlastnostiach nadložných hornín budeme aplikovať na prírodné podmienky, uvedená 1/20 bude predstavovať určitú priestorovú hranicu, za ktorou nastáva trieštivá deformácia skúmaných hornín. To by potom znamenalo, že ak je uhoľný sloj napr. v hĺbke 200 m, možno predpokladať, že všetky zlomy, ktoré ho porušujú poklesovou tektonikou s amplitúdou posunu vyššou, ako je 200 : 20 = = 10 m, by mali siahať až na povrch zeme, pretože sa vyčerpala plastická a elastická deformácia daného typu horniny a muselo zákonite dôjsť k porušeniu vo forme známych strihových porúch.

Rozličný charakter hornín z hľadiska mechanickej pevnosti podstatne vplýva na priebeh tektonických plôch a ich výškový dosah.

Za správnosť našich úvah sa prihovárajú aj výsledky získané výskumom z oblasti poddolovania. Pri ťaženej 6—7 m hrúbke sloja sa prejavy poddolovania prejavujú na povrchu zeme v podobe priepadlísk rozličných tvarov. Priepadliská svedčia o tom, že nadložné horniny v daných podmienkach nie sú schopné odolávať zaťaženiu zodpovedajúcemu príslušnému geostatickému tlaku. Už pri relatívne malom posune, rovnajúcom sa výške vydobytého priestoru, podliehajú postupne elastickej a plastickej deformácii, až sa nakoniec porušia. To je odpoveď, prečo poklesová tektonika musí v prípade zlomov s väčšou amplitúdou posunu zákonite siahať i vyššie, ako sa doteraz predpokladalo. Sedimentačný bazén bol v čase akumulovania jazerno-riečneho sedimentu, za aký sa vo všeobecnosti detriticko-vulkanická formácia považuje, pomerne plytký. Svedčí o tom i predchádzajúci stratigrafický hiát medzi vrchným badenom a spodným sarmatom (V. ČECHOVIČ

J959). Dnes je však báza detreticko-vulkanickej formácie v niektorých prípadoch až v hĺbke 300 m pod povrchom zeme (vrt Z 222H). Dostala sa tam postupným poklesávaním (v dôsledku narastania geostatického tlaku — pribúdanie sedimentačného materiálu v panve) pozdĺž už predtým vzniknutých zlomov a tiež aj zlomov, ktoré postupne vznikali. Preto v nijakom prípade nemôže byť z genetického hľadiska správne usilovať sa spájať obdobie vzniku poklesovej tektoniky s určitým geologickým stupňom, resp. oddelením. Diametrálne iná situácia je v rudných ložiskách, kde vo väčšine prípadov možno rozlíšiť predrudnú, rudnú a porudnú tektoniku. V takýchto prípadoch ide o niekoľkonásobne sa opakujúce tektonické procesy, ktoré na našich — v tejto práci opisovaných — slovenských uhoľných ložiskách nenachádzame.

Záver

Z výsledkov získaných pri riešení tejto úlohy, ako aj z výsledkov výskumu z minulých rokov v handlovsko-nováckej uhoľnej panve vyplývajú tieto uzávery:

1. Handlovsko-novácku uhoľnú panvu zaraďujeme medzi diastrofické (tektonické) štruktúry porušené nespojitou (disjunktívnou) tektonikou. Z morfologického hľadiska ide takmer vyložene o poklesovú tektoniku tvoriacu zvyčajne priekopové prepadliny. Z hľadiska kinematiky zaraďujeme uvedené tektonické poruchy medzi strihové. Svedčí o tom ich priestorové rozloženie v teréne a uhol sklonu, ktorý sa pohybuje v rozmedzí 40—70°.

2. Priebeh tektonických porúch v nadloží je rozličný. Niektoré siahajú až na zemský povrch, iné vyznievajú v detriticko-vulkanickej handlovsko-nováckej formácii a v nadložných íloch.

3. Porušenie andezitov a ich pyroklastík plochami mechanickej diskontinuity je značné a dá sa povedať všesmerné. V nijakom prípade ich nemožno hodnotiť ako monoblok, ale ako nepravidelný geometrický útvar porušený plochami mechanickej diskontinuity vodorovného, diagonálneho a vertikálneho uloženia, lokálne zvýrazneného poklesovou tektonikou.

4. Pri podrúbaní, resp. poddolovaní takto porušených andezitov a ich pyroklastík sa dá očakávať, že sa andezitové nadložie bude nepravidelne zavaľovať v podobe určitých blokov obmedzených plochami mechanickej diskontinuity.

5. Genetický vývoj známej tektoniky treba chápať ako dlhodobý proces, dialekticky spätý s históriou formovania handlovsko-nováckej uhoľnej panvy. Preto nie je správne viazať genézu tektoniky tejto panvy na určité časové obdobie.

6. Jednotlivé plochy odlučnosti slúžia pri tektonických pohyboch, prejavujúcich sa v handlovsko-nováckej uhoľnej panve vo forme poklesových štruktúr, ako oslabené miesta v hornine s prerušenou kontinuitou v mieste ich výskytu. Dôkazom toho sú blokové pohyby a posuvy terénu pozdĺž evidovaných plôch diskontinuít pod Bielou skalou v južnom poli Handlovských uhoľných baní.

Doručené 24. V. 1973
Odporučil L. Rozložník

Literatúra

Ažgirej, G. D. 1961: Strukturnaja geologija. 2. vyp. Moskva, Izdavateľstvo moskovskogo univerziteta.

Brodňan, M. 1970: Geologická stavba nováckeho uhoľného ložiska. Geol. práce, Správy 52 (Bratislava), s. 35—58.

Brodňan, M.—Slávik, J. 1966: O detriticko-vulkanickej formácii a o stratigrafickej pozícii priľahlých vulkanických masívov. Geol. práce, Správy 38 (Bratislava), s. 55—62.

Čechovič, V. 1959: Geológia treťohorných vrstiev severného okraja handlovskej uhoľnej panvy. Geol. práce, Zošit 53 (Bratislava), s. 5—58.

GZOVSKIJ, M. V. 1960: Fizičeskaja teorija obrazovanija tektoničeskich razryvov. Problemy tektonofiziki. Moskva, Gostgeoltechizdat, s. 78—96.
HANSAGI, I. 1965: Numerical determination of mechanical proporties of rock masses. Int. J. Rock Mech. and Mining Sciences, vol. 2, No 2 (London), p. 319—223.
HANSAGI, I. 1966: Bergmännisches Verfahren der Gebirgsfestigheitsbestimmung und der Gebirgsklasifizierung. Lisabon, s. 179—183.
HOUSKA, J. 1968: Discussion of I. Hansagi's Paper „The Numerical Determination of Mechanical Proporties of Rock Masses", Int. J. Rock Mech. and Min., vol. 5, No 3 (London), p. 277—279.
SLÁVIK, J.—ŠINÁLY, T. 1962: Tektonika handlovského ložiska. Geol. práce, Zošit 63 (Bratislava), s. 209—212.
SLÁVIK, J. 1959: Geologická charakteristika prvej fázy neogénnej vulkanickej činnosti v oblasti pohoria Vtáčnik. Geol. práce, Zošit 53 (Bratislava), s. 145—158.
SLUKA, J. 1972: Analýza primárneho napätia na tektonických zlomoch pomocou štruktúrno-geologických prvkov. Geol. průzkum (Praha), 14, s. 134—138.

Investigation of discontinuity planes in the southern part of the Handlová brown coal deposits

JOZEF SLUKA

The paper includes the results of investigation of mechanical discontinuity of andesite rocks found in the overlier of the coal seam in the southern part of the Handlová deposit. In andesites of the area under study the following divisional planes and/or joints occur:

1. Vertical joints, with angle of dip 70°—90°.
2. Horizontal joints with angle of dip 0°—30°.
3. Diagonal joints with angle of dip 30°—70°.

Fracturing of andesites by the mentioned discontinuites is considerable. Most abundant are joints in vertical and horizontal position. The number of horizontal joints locally attain 100 per 1 metre. The strike of joints often changes and is crooked.

The degree of fracturing of andesites was also traced by Hansagi's method. It has been found by this method that the correcting coefficient is $C_1 = 0.24$. It is identical for all andesite rocks and their pyroclastic rocks.

Between the tension acting on the given disjunctive tectonic plane and the movement along it a certain direct dependence is valid, i. e. concerning the question whether various types of normal faults or trusts, upthrusts originate in nature, whether the respective tectonic plane will have a steep or gentle clip, is controlled in the first place by relation and dependence between the directions and values of main normal strains σ_1, σ_2 and σ_3, structural composition and engineering — geological properties of the given natural mass — rock, which is disturbed by the mentioned plane.

As most common relation between $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$, most often the negative and positive diagonal normal fault is found in nature. More rare are cases when $\sigma_3 > \sigma_2 > \sigma_1$ and therefore the positive and negative diagonal upthrust are more seldom found in germanotype tectonics than the positive diagonal normal fault. The normal fault in direction of the gradient line may originate only when $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3 = 0$.

In nature normal faults along the gradient line of the tectonic plane are more rare as σ_2 and σ_3 will always display a certain values. It is evident that when a normal fault forms in nature, then a diagonal positive or negative one. Also the classical upthrust ist rare as the strain relation $\sigma_3 > \sigma_2 = \sigma_1 = 0$ conditioning formation of such an upthrust is not possible.

In the next part of this paper an explanation of tectogenesis of the Handlová — Nováky coal basin is presented. We range the Handlová — Nováky coal basin among diastrophic (tectonic) structures disturbed by disjunctive (discontinuous) fault tectonics. From the morphological standpoint, there is almost exclusively a subsidence tectonics, forming grabens.

From the standpoint of kinematics we range the mentioned tectonic fractures among shearing ones as is testified by spatial distribution in the field and the angle of dip varying within the range 40°—70°.

The genetic development of the known tectonics should be understood as a long-dated process, dialectically connected with the history of formation of the Handlová — Nováky coal basin.

Mineralia slovaca, **6** (1974), 4, *333—349*

Niektoré otázky štúdia sekundárnych geochemických polí pri metalometrii elúvia

(9 tab. a 11 obr. v texte)

IVAN ČILLÍK*

Certains problèmes concernant l'étude des champs géochimiques secondaires, lors de la métallographie de l'éluvion

L'étude des champs géochimiques secondaires (le sol ainsi que la végétation) et leur rapport aux champs primaires dans le voisinage des gisements de minerai de sedérite-sulfuré complexes dans les roches cristallines, de minerai d'antimoine dans les granitoides et de minerai de plomb- zinc dans les roches carboniques du Mésozoique, avait montré, en accord avec les données de la littérature, l'influence différenciée des procédés de la hypeergenèse sur la structure du champs géochimique (la distribution de la tenuer en éléments et la corrélation entre eux), ce qui peut conduire au rétrécissement de la sphère des éléments qui conviennent à la prospection géochimique. Les complications s'accroissent proportionnellement au nombre des sphères de la migration (sol-végétation). Ces faits doivent entre mis au jour dans l'étape expérimentale de la prospection géochimique et pris en considération lors de son application en masse.

Pri vyhľadávaní ložísk nerastných surovín geochemickými metódami sa sleduje priestorová distribúcia prvkov i minerálov — geochemických indikátorov v hypogénnej a hypergénnej zóne. Výsledky štúdia distribúcie v hypogénnej zóne — primárnom geochemickom poli — určitého ložiska ako typu slúžia na rozpracovanie metodiky a zhodnotenie výsledkov geochemických prác vo zvetraninovom plášti v obdobných geologicko-ložiskových pomeroch. Okrem toho sa využívajú pri vyhľadávaní ložísk a ložiskových telies pod zemou. Pri aplikovaní výsledkov štúdia primárneho geochemického poľa vo vyhľadávaní ložísk na povrchu — v sekundárnom geochemickom poli — nás zvlášť zaujíma stupeň zachovania a zmeny zákonitostí zistených pod zemou v súvislosti s rôznymi migračnými schopnosťami prvkov-indikátorov v hypergénnych podmienkach.

Pre prospekčné účely má veľký význam vyriešenie štruktúry sekundárneho geochemického poľa. Na jej charakteristiku slúži sústava klasifikovateľných znakov — geochemických indikátorov, ich distribúcia v pôde nad geochemicky odlišnými typmi hornín a v priestore skúmaného objektu, variačné rozpätie hodnôt ich obsahov kvôli dostatočnej kontrastnosti anomálií, prah anomálnych hodnôt ich obsahov a morfológia geochemického poľa.

* Ing. Ivan Čillík, CSc., Geologický prieskum Spišská Nová Ves, Geologické stredisko, 974 00 Banská Bystrica.

Niektoré všeobecné zákonitosti formovania sekundárneho geochemického poľa

Spracovanie pomerne rozsiahleho geochemického materiálu z rôznych ložísk nerastných surovín Slovenska v poslednom období upozornilo na niektoré problémy štúdia sekundárneho geochemického poľa.

Sekundárne geochemické pole vzniká mechanickou (štúdium prevažne mineralogickými metódami — šlichy), fyzikálno-chemickou (štúdium pôdnogeochemickými a hydrogeochemickými metódami), plynnou (atmometria) a biogénnou (geobotanika, biochémia, čiastočne hydrogeochémia a pôdna geochémia) migráciou prvkov v hypergénnej zóne. Prekážky v migrácii prvkov v hypergénnej zóne sú rôzne. Obraz o distribúcii sledovaných prvkov sa komplikuje úmerne počtu sfér migrácie (mechanická, mechanicko-vodná, chemicko-biogénna, biogénna), ktorými prvok pri vetraní prešiel. Tak v sekundárnom geochemickom poli oproti primárnemu obyčajne klesá priemerný obsah hlavne perzistentnejších prvkov, a to viac v hydrosfére a biosfére ako v pôde. Súčasne klesá aj variačná šírka a kontrastnosť anomálnych obsahov. Komplikuje sa aj štruktúra normálneho geochemického poľa zistená v primárnej zóne. Klesá počet prvkov-indikátorov, ktoré navzájom korelujú. Z hľadiska metalometrie pôdy sú zaujímavé otázky predovšetkým fyzikálno-

Fyzikálno-chemická bariéra migrácie prvkov a skupiny sedimentujúcich prvkov (A. A. Saukov at al. 1966) Tabuľka 1

Bariéra	Koncentrujúce prvky (vypadávajú z procesu migrácie)
Kyslíková	Fe, Mn, Co
Redukčná H_2S	V, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, Hg, Pb, U
Alkalická	Ca, Mg, Sr, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb
Odparovacia	Li, N, F, Na, Mg, S, Cl, K, Ca, V, Zn, Sr, Pb, Mo, Y, U
Absorpčná	Mg, P, S, K, Ca, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Mo, Hg, Pb, Ra, U

Physical-chemical barrier of elements migration and the group of depositing elements (A. A. Saukov et al. 1966)

Biogeochemická bariéra migrácie prvkov a ich pohlcovanie rastlinami (A. A. Saukov at al. 1966) Tabuľka 2

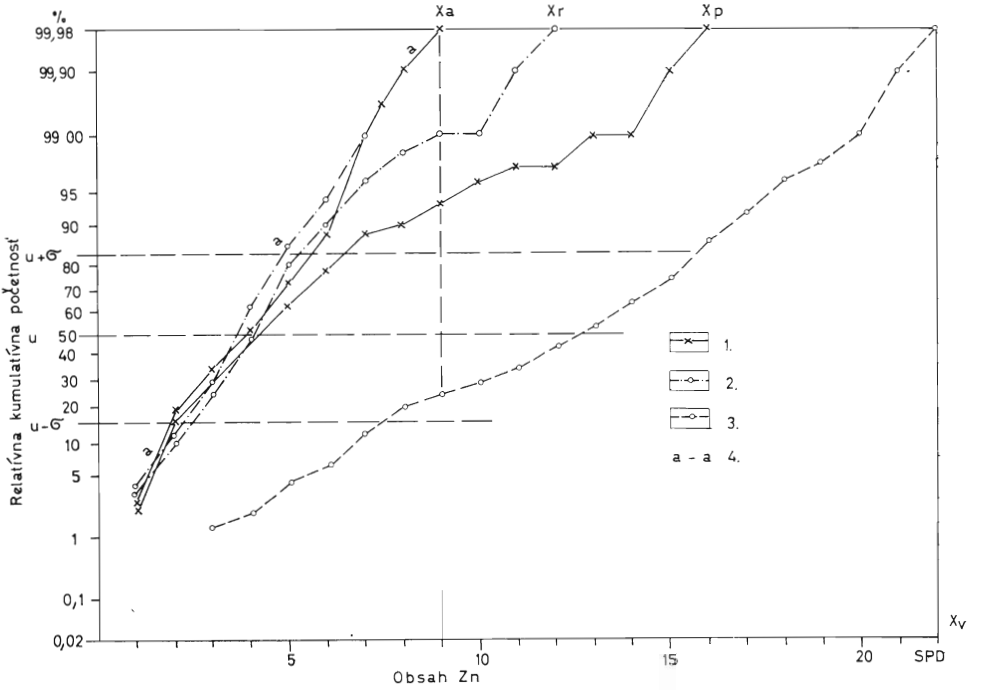
Prvky	Rastlinný pokryv celkove	
	Pohlcovanie	Koeficient pohlcovania (K)
		100n, 10n, n 0,n 0,0n 0,00n
Prvky biologického hromadenia	Veľmi silné	P, S, Cl
	Silné	Ca, K, Na
		Mg, F, Sr
		Zn, B, As, Mo
Prvky biologicky strhované	Stredné	Si, Fe, Ba, Rb
		Ni, Cu, Li, Y, Co
		Ge, Cs, Hg, Se, Ra
	Slabé	Al, Ti, Cr, V
	Veľmi slabé	Pb, Sn, U
	Veľmi slabé	Zr, Nb, Sc, Ta, N, Hf, Pd, Os, Ru, Rh, Pt, Th

Biogeochemical barrier of elements migration and their absorption by plants (A. A. Saukov et all., 1966).

chemickej migrácie prvkov. Z týchto otázok je najdôležitejší problém vypadávania prvkov z procesu ich migrácie, problém fyzikálno-chemickej bariéry.

Pre fyzikálno-chemickú migráciu prvkov v zóne hypergenézy A. A. SAUKOV et al. (1966) uvádzajú tieto bariéry (tab. 1). Na distribúciu prvkov v pôde však má vplyv aj ich pohlcovanie v biosfére — biogeochemická bariéra ich migrácie. Selektívny charakter migrácie prvkov v biosfére pomerne zložitú štruktúru sekundárneho geochemického poľa ďalej komplikuje (tab. 2).

Čo sa týka fyzikálno-chemických bariér, nás z hľadiska migrácie rudných prvkov-indikátorov Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Ag, Hg, Cd zaujíma redukčná absorpčná bariéra, ktorá vedie k ich vypadávaniu z procesu migrácie v hornej časti zvetraninového plášťa (A-horizont pôdy — humus). Tieto prvky okrem zinku sú v biosfére stredne až slabo pohlcované. Pritom intenzita pohlcovania prvkov v biosfére prudko klesá so vzrastajúcim obsahom



Obr. 1. Variačné rozpätie a distribúcia obsahov zinku (SPD stupnica) v C-horizonte pôdy — 1; v tráve — 2; a vo vrte D-5—3 (v karbonátoch stredného triasu na ložisku oloveno-zinkových rúd na Drienku pri Banskej Bystrici); 4 — interpretovaná čiara kumulatívnej početnosti obsahov zinku vo vrte D-5 a x_v — najvyššia hodnota tohto súboru údajov; x_P — najvyššia hodnota súboru obsahov zinku v pôde; x_r — najvyššia hodnota súboru obsahov zinku v rastlinách; 5 a-a — čiary relatívnej kumulatívnej početnosti obsahov zinku v pôde a rastlinách v mimoložiskových partiách územia, x_a — spoločná najvyššia hodnota týchto súborov údajov.

Fig. 1. Variation range and distribution of zinc contents (SPD scale) in the C-horizon of soil (1), in gras (2) and in borehole D—5 (3) in Middle Triasic carbonates at the deposit of lead-zinc ores of Drienok near Banská Bystrica. 4. Interpreted line of cumulative frequency of zinc contents in borehole D—5 and x_v — the highest value of this set of data; x_P — the highest value of the set of zinc contents in soil; x_r — the highest value of the set of zinc contents in plants; 5. a-a Lines of relative cumulative frequency of zinc contents in soil and plants in parts of the area outside the deposit, x_a — the common highest value of these sets of data.

prvku v pôde. Ako príklad uvediem distribúciu a variačnú šírku obsahov zinku vo vrtoch, pôde a rastlinách (tráve) na ložisku oloveno-zinkových rúd v strednotriasových karbonátových horninách Drienok (Banská Bystrica). Obsahy zinku v primárnej zóne (vrty cez ložisko) kolíšu medzi 3—22 SPD (emisná spektrografia), v pôde 0—16 SPD a v rastlinách 0—12 SPD (obr. 1). Variačná šírka obsahov zinku zo vzoriek z pôdy a rastlín odobraných mimo ložiska — normálne geochemické pole — je rovnaká: 0—9 SPD. Rastliny pohltili z pôdy nad ložiskom iba polovicu obsahu zinku (16—9 a 12—9 SPD). Z obrázku 1 je ďalej zrejmé postupné znižovanie variačnej šírky obsahov zinku od primárnej zóny cez pôdu do biosféry, a to predovšetkým v oblasti anomálnych hodnôt obsahov.

Pre hrubú kvantitatívnu charakteristiku migrácie prvkov v zóne hypergenézy N. A. ROSLIAKOV (1965) navrhol koeficient obohatenia týchto prvkov v oxidačnej zóne. Pre polymetalické ložiská hodnoty koeficientu sú v tabuľke 3.

Všeobecné uzávery o formovaní a štruktúre sekundárneho geochemického poľa budem demonštrovať na konkrétnych príkladoch rôznych parageneticko-geochemických typov rúd v rôznych geologických a petrografickо-litologických podmienkach.

Koeficient obohatenia pôdy prvkami oproti primárnym horninám a migračné rady prvkov (N. A. Rosliakov 1965) Tab. 3

	Koeficient obohatenia	Prvky
Ľahko migrujúce	0,5	Mn, Zn, Ca, B, Cd
Migrujúce	0,5—0,8	Mo, Ti, Sn, Co, Ni
Ťažko migrujúce a nemigrujúce	1,1	V, Cu, W, Sr, Pb, Ag, As, Sb, Ba

Coefficient of enrichment of soil by elements in contrast to primary rocks and migration groups of elements (N. A. Rosliakov 1965).

Komplexné siderit-sulfidické a medené rudy v paleozoiku

Otázky štruktúry a indikátorov v sekundárnom geochemickom poli rozoberieme na príklade pomerne rozsiahlych metalometrických prác sústavou profilov južne od Rudnian, medzi Nálepkovom a Slovinkami (nálepkovská rudná štruktúra) a severne od Švedlára (švedlárska ložisková štruktúra). Z ložiskového hľadiska sú obe ložiskové štruktúry parageneticky veľmi blízke rudným žilám na Bindte.

Metalometrický výskum na úlohe Rudňany-juh mal za cieľ spresniť priebeh dvoch rudonosných štruktúr:

— nálepkovskej — v priestore medzi Nálepkovom a Slovinkami (v smernej dĺžke 14 km),
— švedlárskej — severne od Švedlára v smernej dĺžke 9 km.

Z toho vyplývala i voľba siete metalometrických profilov, približne 500—700 m, výnimočne i 800—1200 (ovplyvnená do značnej miery i morfológiou terénu).

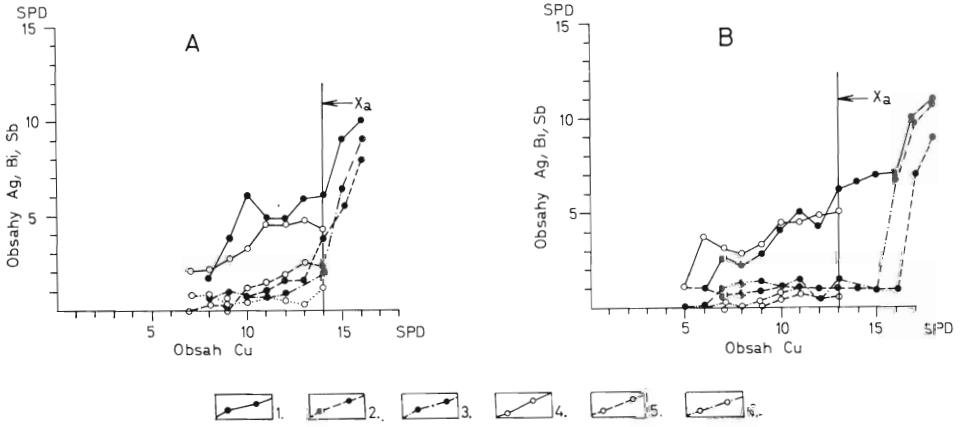
Prevažná časť profilov prechádza cez horniny vulkanogénneho súvrstvia gelnickej série. Z toho súvrstvia sme vyčlenili tri základne geochemicko-litologické typy pre geochemické zhodnotenie normálneho poľa:

a) produkty kyslého vulkanizmu (porfyroidy — 420 vzoriek),
b) produkty bázického vulkanizmu (súvrstvie s častým striedaním polôh diabázových tufitov, diabázov a chloritických fylitov (560 vzoriek).

c) klasicko-vulkanické vrstvy (chloritické fylity) — klastické horniny s jemnou prímesou vulkanogénneho materiálu (260 vzoriek).

Sústava prvkov — geochemických indikátorov: Cu, Ag, Sb, Bi sa vybrala na základe paragnézy rudných ložísk v skúmanom území a dobre koreluje s výsledkami štúdia primárneho geochemického poľa z vrtov na ložisku Bindt (údaje emisnej spektrografie v SPD stupnici).

Pri štúdiu distribúcie obsahov prvkov a vzťahov medzi nimi sa metalometrické vzorky rozdelili do skupiny zrudnených (vzorky z pôdy nad rudnými žilami a hydrotermálne premennými horninami) a nezrudnených úsekov (mimo makroskopicky zistiteľného dosahu zrudňovacích procesov) len v diabázoch a porfyroidoch. V chloritických fylitoch sa pri metalometrii zrudnenie neevidovalo, a tak sa vzorky nedelili do uvedených skupín. Grafické zhodnocovanie korelačných vzťahov medzi meďou (hlavná úžitková zložka) a ostatnými prvkami ukázalo, že korelácia zistená medzi týmito prvkami na Bindte sa konštatovala aj v tejto oblasti v pôde (obr. 2), ale má rôzny charakter v zrudnených a nezrudnených úsekoch. Výrazná korelácia je v anomálnom geochemickom poli. Zrejme obdobné migračné vlastnosti medi a striebra sú príčinou nevýraznej korelácie medzi ich obsahmi v pôde aj vo vzorkách z nezrudnených častí profilov. Pretože v primárnom geochemickom poli na analogickom ložisku Bindt sa v mimoložiskových úsekoch korelácia nezistila, jej existencia v sekundárnom geochemickom poli, pravdepodobne spôsobená rovnakým správaním prvkov v procese migrácie, pôsobí rušivo a pri prospekcii sa nemôže zohľadniť. Z obrázku 2 ďalej vidno, že chýbajú korelačné vzťahy medzi obsahmi medi, antimónu a bizmutu v pôde mimo zrudnených úsekov, čo svedčí predovšetkým o vysokej perzistencii antimónu a biz-



Obr. 2. Korelačné vzťahy medzi meďou a druhými prvkami-indikátormi v rôznych typoch hornín na ložiskách komplexných siderit-sulfidických rúd medzi Švedlárom a Nálepkovom v Spišsko-gemerskom rudohorí.

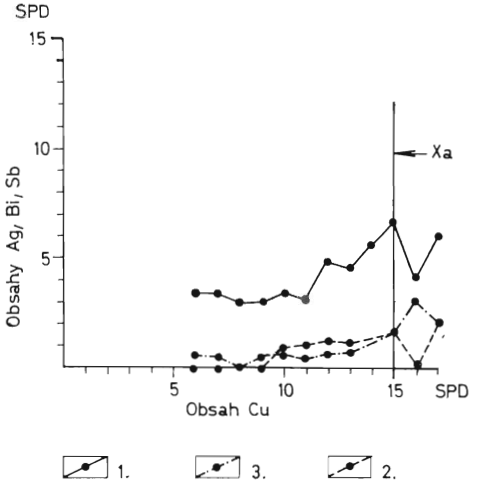
A — bázické vulkanity (diabázy); B — kyslé vulkanity (porfyroidy); vystredené čiary korelácie v pôde nad pásmom hydrotermálne premenených hornín; 1 — striebra, 2 — antimónu, 3 — bizmutu; v mimoložiskových častiach metalometrických profilov; 4 — striebra, 5 — antimónu, 6 — bizmutu, x_a — prah anomálií medi.

Fig. 2. Correlative relations between copper and other elements-indicators in various types of rocks at the deposits of complex siderite-sulphide ores between Švedlár and Nálepkovo in the Spišsko-gemerské rudohorie Mts. A — basic volcanic rocks (diabases); B — acid volcanic rocks (porphyroids); centred lines of correlation in soil above the zone of hydrothermally altered rocks 1. silver, 2. antimony, 3. bismuth; in parts outside the deposit of metallometric profiles; 4. silver, 5. antimony, 6. bismuth, x_a — threshold of copper anomalies.

mutu pri migrácii v hypergénnej zóne. Túto perzistenciu vidno aj v anomálnej časti geochemického poľa nad porfyroidmi (obr. 2, B — obsahy Cu 14—16 SPD).

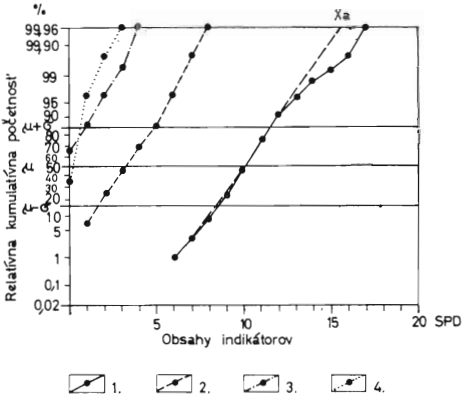
V pôde nad chloritickými fylitmi sa zistila nevýrazná korelácia medzi obsahmi medi a striebra v oboch častiach geochemického poľa (obr. 3). Korelácia vzťahov medi k obsahom antimónu a bizmutu nie je dostatočne preukázateľná. To zrejme súvisí aj s tým, že metalometrickými profilmi v chloritických fylitoch sa nezachytili zrudnené úseky žíl.

Distribúcia obsahov medi, striebra, bizmutu a antimónu v pôde sa študovala oddelene nad chloritickými fylitmi (obr. 4), diabázmi a porfyroidmi (obr. 5).



Obr. 3. Korelácia medzi prvkami-indikátormi v pôde nad chloritickými fylitmi na ložiskách komplexných siderit-sulfidických rúd medzi Švedlárom a Nálepkovom v Spišsko-gemerskom rudohorí; 1 — s triebro, 2 — antimón, 3 — bizmut, x_a — prah anomálnych obsahov medi.

Fig. 3. Correlation between elements-indicators in soil above chlorite phyllites at the deposit of complex siderite-sulphide ores between Švedlár and Nálepkovo in the Spišsko-gemerské rudohorie Mts., 1 — silver, 2 — antimony, 3 — bismuth, x_a — threshold of anomalous contents of copper



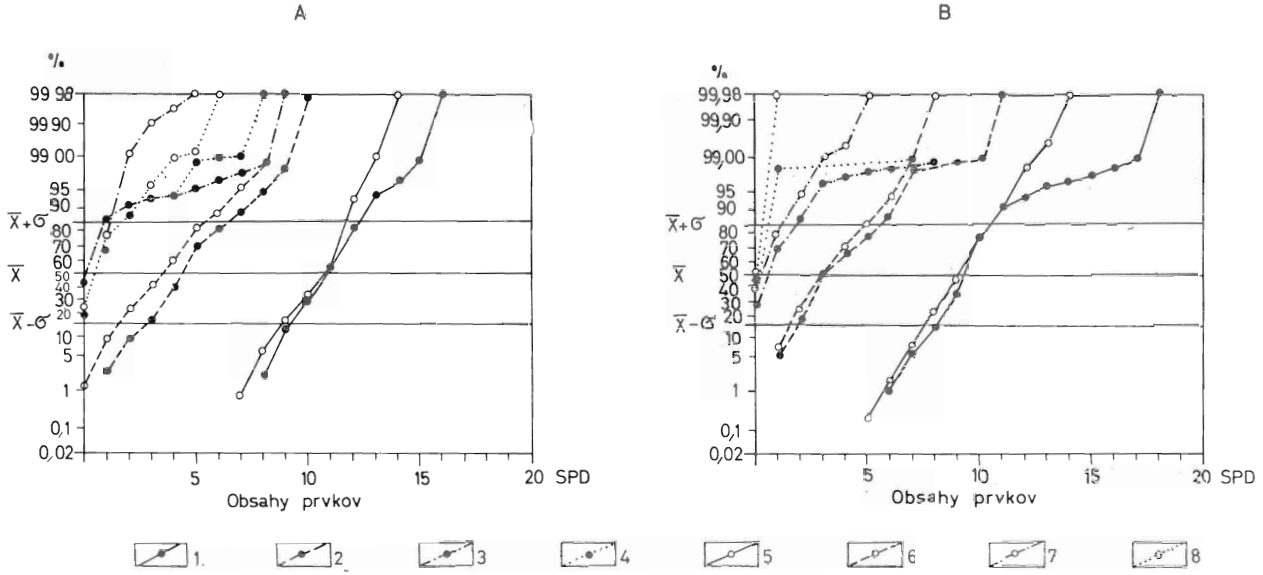
Obr.4. Distribúcia obsahov prvkov v pôde nad chloritickými fylitmi medzi Švedlárom a Nálepkovom v Spišsko-gemerskom rudohorí.
1 — meď, 2 — striebro, 3 — bizmut, 4 — antimón, x_a — prah anomálnych obsahov medi.

Fig. 4. Distribution of element contents in soil above chlorite phyllites between Švedlár and Nálepkovo in the Spišsko-gemerské rudohorie Mts., 1 — copper, 2 — silver, 3 — bismuth, 4 — antimony, x_a — threshold of anomalous contens of copper.

Parametre sekundárneho geochemického poľa (v pôde) pri komplexných siderit-sulfidických rudách medzi Nálepkovom a Švedlárom nad rôznymi horninami Tab. 4

Horniny	Prvky							
	Cu		Ag		Bi		Sb	
	$M_e+3\sigma$	$M_e+3\sigma$	$M_e+3\sigma$	$M_e+3\sigma$	$M_e+3\sigma$	$M_e+3\sigma$	$M_e+3\sigma$	$M_e+3\sigma$
Diabázy	10,4	14,0	2,6	7,8	0,3	2,4	0,6	3,3
Porfyroidy	9,1	13,0	3,4	7,6	0,3	3,0	0,1	1,0
Fylity	10,0	15,0	3,2	8,0	0,4	3,2	0,2	2,0

Parameters of the secondary geochemical field (in soil) in complex siderite-sulphide ores between Nálepkovo and Švedlár above various rocks.



Obr. 5. Distribúcia obsahov prvkov v pôde nad diabázmi (A) a porfyroidmi (B) medzi Švedlárom a Nálepkovom v Spišsko-gemerskom rudohorí; čiary kumulatívnej početnosti vrátane vzoriek zo zrudnených častí. 1 — medi, 2 — striebra, 3 — bizmutu, 4 — antimónu; vzoriek bez zrudnených častí: 5 — medi, 6 — striebra, 7 — bizmutu, 8 — antimónu.

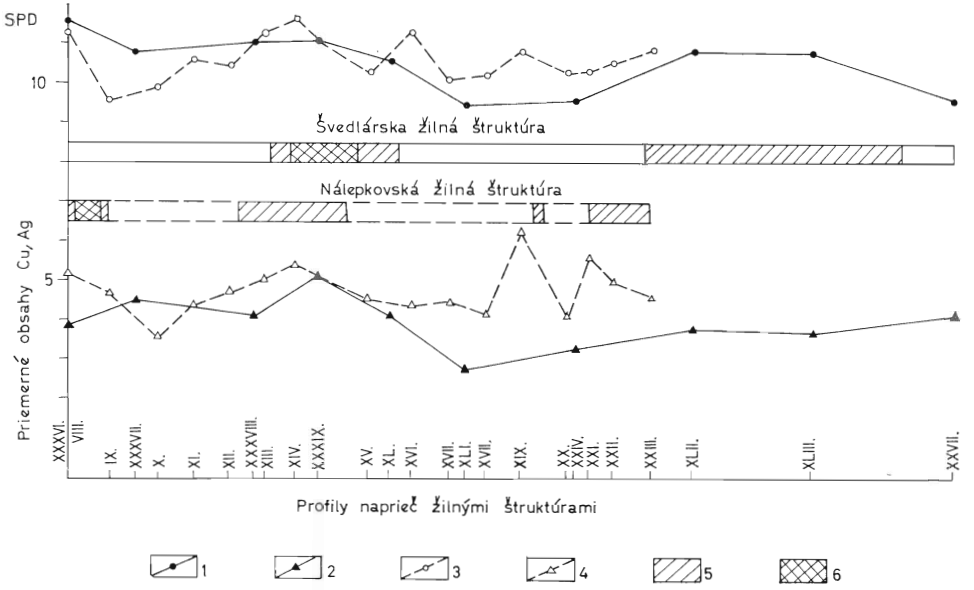
Fig. 5. Distribution of element contents in soil above diabases (A) and porphyroids (B) between Švedlár and Nálepkovo in the Spišsko-gemerské rudohorie Mts.; lines of cumulative frequency including samples from mineralized parts: 1 — copper, 2 — silver, 3 — bismuth, 4 — antimony; samples without mineralized parts: 5 — copper, 6 — silver, 7 — bismuth, 8 — antimony.

Kontrastnosť anomálnych hodnôt obsahov prvkov-indikátorov v pôde nad rôznymi horninami — komplexné siderit-sulfidické rudy medzi Nálepkovom a Švedlárom Tab. 5

Horniny	Prvky							
	Cu		Ag		Bi		Sb	
	N	K_a	N	K_a	N	K_a	N	K_a
Diabázy	16	2	10	2,2	9	6,6	8	4,7
Porfyroidy	18	5	11	3,4	11	8,0	8	7,0
Fylity	17	2	8	—	4	0,8	3	1,0

N — Najvyššia hodnota obsahu v súbore údajov
$K_a = N - M_e - 3\sigma$ (pozri tab. 4)

5 Contrasts of anomalous content values of elements-indicators in the soil above various rocks--complex siderite-sulphide ores between Nálepkovo and Švedlár.



Obr. 6. Sledovanie priestorovej zhody medzi kolísaním stredných hodnôt obsahov medi a striebra pozdĺž rudnej štruktúry s výskytom zrudnených úsekov na nálepkovskej a švedlárskej žile v Spišsko-gemerskom rudohorí; obsahy medi 1 — nálepkovská, 2 — švedlárska žila; obsahy striebra 3 — nálepkovská, 4 — švedlárska žila; 5 — preskúmané časti ložísk s pozitívnym výsledkom, 6 — vyrúbané časti ložísk.

Fig. 6. Tracing of spatial coincidence between variation of the mean values of copper and silver contents along the ore structure and the occurrence of mineralized sections of the Nálepkovo and Švedlár vein in the Spišsko-gemerské rudohorie Mts.; contents of copper 1 — Nálepkovo, 2 — Švedlár vein; contents of silver, 3 — Nálepkovo vein, 4 — Švedlár vein; 5 — investigated parts of deposits with positive result, 6 — exploited parts of deposits.

V pôde nad chloritickými fylitmi pri striebre a bizmute chýba pri grafickom zhodnotení anomálna oblasť údajov (spôsob zhodnotenia — I. ČILLÍK 1972) — distribučné čiary majú prakticky priamkový priebeh. Okrem toho sa v 65 % vzoriek bizmut nezistil, čo súvisí s citlivosťou analyzovania. U obsahov antimónu (v 35 % vzoriek sa nezistil) je priebeh

distribučnej čiary ťažko interpretovateľný. Len u obsahov medi môžeme interpretovať prah anomálií (obr. 4 — bod x_a) s hodnotou 15 SPD. Avšak rozpätie anomálnych hodnôt je iba 2 SPD. Tento stav distribúcie obsahov medi, antimónu, bizmutu a striebra zrejme súvisí s tým, že v týchto horninách sa rudné úseky nezistili.

Rozdiely v distribúcii obsahov uvedených prvkov medi v pôde nad porfyroidmi a diabázmi sú najmä v anomálnej oblasti (obr. 5). Obdobné sú rozdiely medzi týmito horninami a chloritickými fylitmi, ako to vidno z tab. 4.

Z grafického materiálu (obr. 4 a 5) a z tab. 4 vyplýva, že v pôde z nezrudnených úsekov porfyroidov je obsah medi a hlavne antimónu v normálnom geochemickom poli najnižší, v pôde z nezrudnených úsekov diabázov najvyšší; chloritické fylity zaujímajú v obsahu týchto prvkov stredné postavenie. U obsahov striebra a bizmutu (medián — Me) sú v pôde nad jednotlivými skupinami hornín nezrudnených úsekov len nevýrazné rozdiely; podstatne sa nelíši ani variačná šírka údajov, a tak prah anomálnych hodnôt pre striebro a okrem diabázov i pre bizmut je zhruba rovnaký. U medi najnižšiu hodnotu anomálnych obsahov sme zistili v pôde nad porfyroidmi, najvyššiu nad chloritickými fylitmi (rozdiel 2 SPD). Najvýraznejšie rozdiely v hodnote prahu anomálií sú u antimónu; najvyššia je u diabázov, najnižšia u porfyroidov. Pri porovnávaní najvyšších hodnôt obsahov a hodnôt prahu anomálií (N—Me—3σ) podľa jednotlivých prvkov — kontrastnosť anomálií — najkontrastnejšie anomálie u všetkých prvkov sa dajú očakávať v porfyroidoch a z jednotlivých prvkov u bizmutu a antimónu (tabuľka 5).

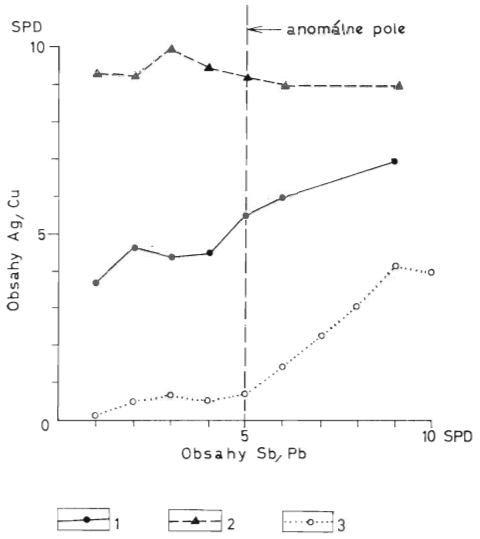
Pre účely sledovania zrudnených úsekov rudných žíl metalometriou sa v jednotlivých metalometrických profiloch na nálepkovskej a švedlárskej ložiskovej štruktúre spočítali stredné hodnoty obsahov striebra a medi nad hydrotermálne premennými horninami. Do rozvinutej línie po smere rudných štruktúr sa vyniesli miesta profilov, vyrúbané alebo prieskumne pozitívne časti rudných štruktúr a vypočítané stredné hodnoty (obr. 6). Z obrázku sa dá konštatovať situačná zhoda medzi miestami zvýšených stredných hodnôt obsahov medi a striebra v pôde a zrudnenými miestami rudných žíl.

Antimónové rudy v granitoidoch

Dúbravský žilníkový systém antimónových rúd (ako typový objekt) vystupuje prevažne v granitoidoch. Zrudnenie sa nachádza vo všetkých typoch vyvrených hornín. Z mineralogicko-geochemickej charakteristiky ložiska podľa M. HARMANA (1956) a J. HAKA (1966) vyplýva, že antimonit prevažne vznikal v tretej mineralizačnej etape, a to v druhej podetape spolu so sulfosoľami Sb, Pb, Cu a pyritom, a teda jeho priamymi indikátormi môžu byť Sb, Pb, Cu. Vedľajšími prvkami v tejto podetape sú Au, Ag, Cd, Zn, Hg, Ni, Sn, ktoré vystupujú ako zriedkavé samostatné minerály, alebo sú diadochne viazané na hlavné minerály. Na základe štúdia primárneho geochemického poľa sa za priame indikátory antimónového zrudnenia považujú Sb, Pb, Hg a za nepriame Cu, Bi, Ag, K, Na a Mg. Primárne geochemické pole, hoci je tvorené rôznymi typmi vyvrelín, je rovnorodé.

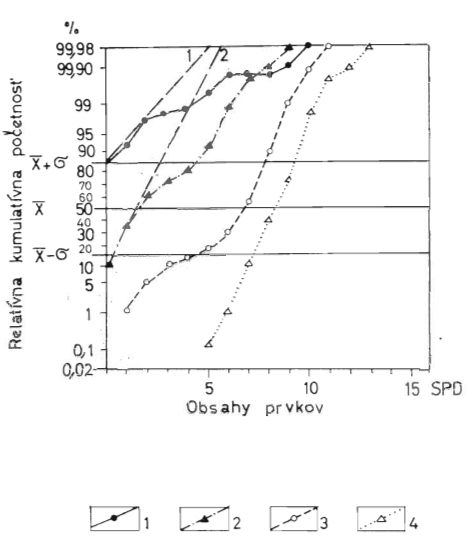
V sekundárnom geochemickom poli sa študovali zmeny distribúcie prvkov-indikátorov v pôde na orientačných metalometrických profiloch v okolí dúbravského ložiska. Vzorky sa spektrálne analyzovali len na Sb, Ag a Cu, miestami aj Pb (údaje v SPD stupnici).

Korelačné vzťahy medzi Sb a uvedenými prvkami sa zisťovali graficky (obr. 7). Korelácia sa zistila len medzi Sb a Ag a Pb—Ag. Medzi Sb a Cu sa korelácia v pôde nezistila a sledovať vzťahy medzi Sb a Pb znemožnila tá skutočnosť, že v miestach zvýšených obsahov Pb obsahy Sb boli veľmi nízke. Z obr. 7 sa však dá uzavrieť, že na tomto ložisku striebro v zóne hypergenézy migrovalo obdobne ako antimón i olovo, a na základe toho môžeme predpokladať aj korelačný vzťah medzi olovom a antimónom. Distribúcia obsahov prvkov-indikátorov v pôde je rozdielna (obr. 8). Kumulatívna čiara medi je blízka priamke,



Obr. 7. Diagram korelačných vzťahov medzi prvkami-indikátormi v pôde na ložisku antimónových rúd v Dúbrave. Vystredené čiary korelácie medzi obsahmi 1. antimónu a striebra, 2. antimónu a medi, 3. olova a striebra.

Fig. 7. Diagram of correlative relations between elements-indicators in soil at the deposit of antimony ores in Dúbrava. Centred lines of correlation between the contents of 1. antimony and silver, 2. antimony and copper, 3. lead and silver.



Obr. 8. Distribúcia obsahov prvkov-indikátorov antimónových rúd v Dúbrave v pôde: 1. antimónu, 2. striebra, 3. olova, 4. medi.

Fig. 8. Distribution of elements-indicators contents of antimony ores of Dúbrava in soil. 1. antimony, 2. silver, 3. lead, 4. copper.

čo svedčí o homogenite súboru údajov bez anomálnej časti; u olova deformácia kumulatívnej čiary v dolnej časti môže súvisieť s nedostatočnou reprodukovateľnosťou analýz a môžeme taktiež uvažovať o homogenite súboru údajov. V distribúcii obsahov striebra a antimónu môžeme vyčleniť anomálnu oblasť (normálne pole čiary 1 a 2 na obr. 8). V porovnaní s primárnym geochemickým poľom sa však u týchto prvkov zmenšila variačná šírka obsahov v normálnom poli a klesla aj kontrastnosť anomálnych hodnôt (tab. 6). Pre sekundárne geochemické pole v oblasti dúbravského ložiska sa ako najvhodnejšie indikátory ukázali prvky Sb a Ag; funkcia prvku Pb ako indikátora je nejasná a obsahy medi patria rovnorodému geochemickému poľu bez anomálií.

Oloveno-zinkové rudy v karbonátových horninách mezozoika

Ako príklad poslúži ložisko Drienok pri Ponikách. Ložisková oblasť Poník má veľmi zložitú geologickú stavbu s častým striedaním karbonatických a sialických členov hornín ľubietovskej zóny, krížňanskej a chočskej série, série Drienok a vulkanického i sedimentárneho terciéru. Sú tu známe ložiská oloveno-zinkových impregnačne žilníkových rúd v karbonátových horninách (typ Drienok), impregnačných medených rúd vo werfénе (typ Farbište) a sideritových žíl s mladšou generáciou sulfidov farebných kovov. Regionálna a detailná metalometria a biogeochémia sa zamerali predovšetkým na vyhľadávanie oloveno-zinkových rúd typu Drienok. Vzorky pre pôdnu metalometriu a biogeochémiu sa odoberali

Zmeny hodnôt geochemických parametrov medzi primárnym a sekundárnym geochemickým poľom na ložisku antimónových rúd v Dúbrave Tab. 6

Prvok	Prah anomálií x_a		Najvyšší obsah súboru N		Rozpätie anomálnych hodnôt K_a	
	P	S	P	S	P	S
Sb	13,6	5,0	21,0	10,0	7,4	5,0
Ag	11,2	5,6	19,0	9,0	7,8	3,4

P = primárne S = sekundárne

Changes of values of geochemical parameters between the primary and secondary geochemical field at the deposit of antimony ores in Dúbrava.

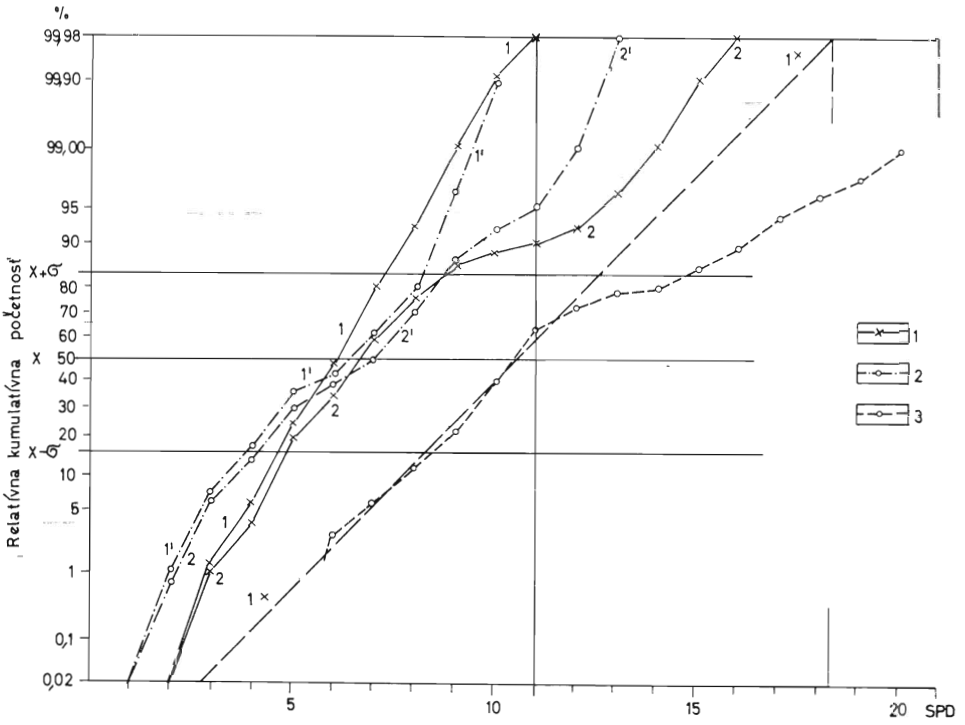
Parametre geochemických polí v karbonátových horninách stredného triasu na ložisku olovenozinkových rúd na Drienku pri Ponikách Tab. 7

Geochemické polia	Geochemické parametre v stupňoch SPD		
	medián M_e	variačná šírka σ	rozpätie obsahov
Normálne, bez vzorkov nad ložiskom, rastliny (1′)	6,4	±1,8	1—11
Normálne, bez vzorkov nad ložiskom, pôda (1)	6,1	±1,2	2—11
Normálne primárne (interpretované —1*)	10,5	±2 0	3—13,3
Anomálne rastliny	—	—	10—13
Anomálne pôda	—	—	12—16
Anomálne primárne	—	—	18,3—23 (?)

Parameters of geochemical fields in Middle Triassic carbonate rocks at the deposit of lead-zinc ores of Drienok near Poniky.

na rovnakých miestach kvôli porovnávaniu. Zároveň sa dosť obmedzene študovalo primárne geochemické pole ložiska Drienok (zásekové vzorky z banských prác — obsah v %, vrt D—5 v SPD stupnici spektrálne).

Pri rozbore kumulatívnych čiar obsahu, napr. olova v primárnom geochemickom poli, v pôde a rastlinách (obr. 9) môžeme konštatovať určitý súlad v ich priebehu u vzoriek odoberaných v pôde, rastlinách i v primárnom geochemickom poli (údaje analýz zásekových vzoriek boli transformované do SPD stupnice). Avšak horná hranica obsahov olova je v sekundárnom geochemickom poli podstatne nižšia ako v primárnom: v pôde do 16 SPD, v rastlinách len 13 SPD. Pre primárne geochemické pole v oblasti vysokých obsahov je graf neukončený. Štatistické parametre geochemických polí sú v tab. 7. Rozdiely medzi čiarami distribúcie u normálneho geochemického poľa v pôde a v rastlinách sú nevýrazné. U anomálnej časti geochemického poľa rozpätie obsahov klesá od pôdy (4 SPD) k rastlinám (2 SPD). Medzi primárnym a sekundárnym geochemickým poľom je prudký pokles hodnoty mediánu, rozpätia obsahov olova, najmä v normálnom, menej anomálnom poli. Kontrastnosť anomálií z primárnej do sekundárnej sféry klesá, v sekundárnej klesá ďalej v rastlinách, čo súvisí so slabou úrovňou pohlcovania olova rastlinami. Pritom intenzita pohlcovania prvkov rastlinami v rozličnom horninovom prostredí je nerovnako intenzívna nielen pre jeden prvok, ale sú značné rozdiely aj medzi prvkami (tab. 8). Diferenco-



Obr. 9. Distribúcia obsahov olova na ložisku Drienok pri Banskej Bystrici v zásekových vzorkách v šachte, v pôde a rastlinách nad karbonátovými horninami stredného triasu. 1. pôda, 2. rastliny, 3. šachta Drienok, v diagrame: geochemické pole bez vzoriek nad ložiskom 1. pôda, 1′. rastliny, všetky vzorky, 2. pôda, 2′. rastliny, 1^{x} interpretované — šachta Drienok.

Fig. 9. Distribution of lead contents at the deposit Drienok near Banská Bystrica in cut samples in the shaft, in soil and plants above Middle Triasic carbonate rocks. 1. Soil, 2. plants, 3. shaft Drienok, in the diagrame; geochemical field without samples above the deposit 1. soil, 1′. plants, all samples, 2. soil, 2′. plants, 1^{x} interpreted-shaft Drienok.

Intenzita pohlcovania prvkov rastlinami oproti pôde v rôznych horninách v okolí ložiska Drienok pri Ponikách Tab. 8

Druhy hornín—séria	Stupeň koncentrácie prvkov rastlinami				
	Prvky				
	olovo	meď	zinok	striebro	molybdén
Ponický neogén	1,0	1,25	1,6	1,8	3,8
Neokóm, krížňanská s.	0,9	1,2	1,7	1,4	3,0
Keuper, krížňanská s.	1,5	1,35	3,2	2,0	7,0
Neovulkanity	1,8	1,2	2,7	4,0	6,0
Strednotriasové karbonáty, Drienok	1,0	1,2	1,0	0,8	1,6
Dolomity, chočská s.	1,5	1,25	2,5	2,5	9,5
Strednotriasový vápenec, krížňanská s.	1,0	1,5	1,75	1,5	10,0
Nižný trias, Drienok	1,75	1,4	2,5	2,2	10,0
Nižný trias, chočská s.	1,1	1,2	2,6	3,0	11,0
Nižný trias, krížňanská s.	1,4	1,4	2,7	2,8	4,0
Porfyroidy, ľubietovská s.	1,2	1,25	2,8	2,6	1,6

Intensity of absorption of elements by plants in contrast to soil in various rocks in the vicinity of the deposit Drienok near Poníky.

vaná intenzita pohlcovania určitého prvku rastlinami je príčinou značných rozdielov vo výške pozadia pre jednotlivé horniny, a tým komplikuje štruktúru normálneho geochemického poľa v biosfére.

Tieto rozdiely v migrácii prvkov a aj v ich pohlcovaní rastlinami narúšajú ich korelačné vzťahy zistené v primárnom geochemickom poli. Tak na ložisku Drienok sa graficky konštatovala pomerne výrazná korelácia medzi obsahom zinku, kadmia a olova (obr. 10) a medzi obsahom olova a striebra (obr. 11) vo vrte D—5. Pri zhodnotení perzistencie týchto vzťahov v sekundárnom geochemickom poli pre rôzne typy hornín grafickým spôsobom sa musel zohľadniť stredný rozdiel dvojíc základných a kontrolných analýz (± 2 SPD). Pri kvantitatívnom hodnotení korelácie sa percentuálne spočítali body, ktoré zostali v pásme ohraničenom rozptylovými čiarami zhodnotenia kvality analýz. Výsledky sú v tab. 9. Korelačné vzťahy medzi zinkom a kadmiom sa v analýzach nesledovali, pretože kadmium sa zistilo len v ojedinelých prípadoch. Ako indikátor ložiska typu Drienok v biochémii zostalo predovšetkým olovo a z hľadiska korelácie čiastočne zinok a striebro (len niektoré typy hornín — tab. 9).

Štúdium sekundárneho geochemického poľa pri metalometrii elúvia je mimoriadne vážny úkon pri geochemickej prospekcii. Štúdium vzťahov medzi primárnym a sekundárnym geochemickým poľom a štruktúry sekundárneho geochemického poľa (pôda) na ložiskách komplexných siderit-sulfidických rúd medzi Švedlárom a Nálepkovom, na ložisku antimónových rúd v Dúbrave a výsledkov metalometrie a biochémie na ložisku oloveno-zinkových rúd na Drienku pri Ponikách potvrdilo predstavy o komplikujúcom účinku procesov hypergenézy na distribúciu prvkov v pôde i rastlinách.

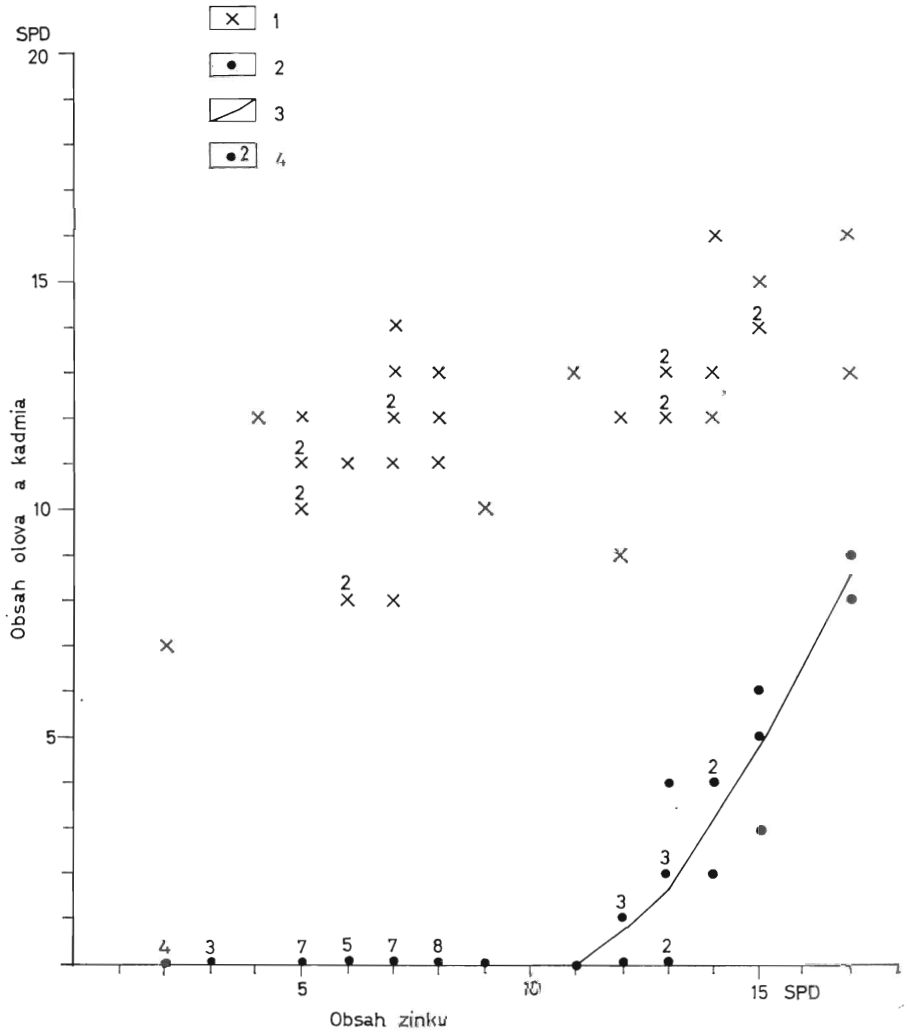
Zo štúdia sekundárneho geochemického poľa v porovnávaní distribúcie prvkov v primárnom a sekundárnom poli vyplýva, že ich migračné schopnosti v zóne hypergenézy sú ovplyvňované nielen ich geochemickou charakteristikou, ale aj horninovým prostredím, najmä v biosfére. Najmarkantnejšie je to v okolí ložiska oloveno-zinkových rúd na Drienku pri Ponikách (tab. 8). Pritom v rôznych podmienkach si uchovávajú perzistenciu v migrácii napr. antimón (Nálepkovo—Švedlár — tab. 5 a Dúbrava — tab. 6), bizmut (Nálepkovo — Švedlár — tab. 5) a v niektorých prípadoch i striebro (Dúbrava — tab. 6). Obsahy týchto prvkov v pôde sa prudko znižujú oproti primárnej zóne a uchovávajú si značné rozpätie obsahov v anomálnej oblasti, a tým relatívne vysokú možnosť indikovať rudu. Naproti tomu meď (Dúbrava, Švedlár — Nálepkovo — tab. 5) a obyčajne aj striebro (tab. 5) nepatrným rozpätím obsahov v anomálnom úseku patria k prvkom, ktorých indikačné možnosti môžu byť obmedzené. V biosfére sú tieto rozdiely vo fixovaní prvkov

Zmena korelačných vzťahov medzi prvkami-indikátormi v okolí ložiska Drienok pri Ponikách *Tabuľka 9*

Horniny-séria	Korelačné vzťahy %			
	Pb/Zn		Pb/Ag	
	pôda	rastliny	pôda	rastliny
Neogén (Poniky)	65	60	90	65
Neovulkanity	75	60	0	0
Karbonátové horniny, Drienok	85	60	80	75
Dolomity, chočská s.	0	0	90	65

Change of correlation relations between the elements-indicators in the vicinity of the deposit Drienok near Poniky.

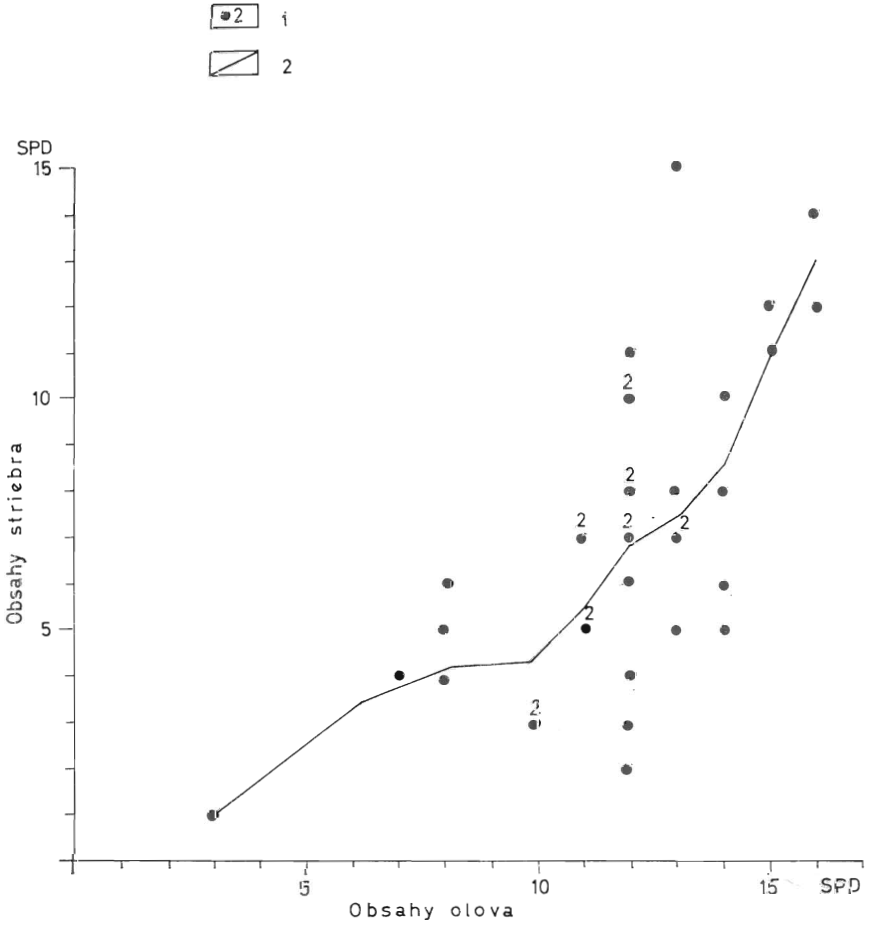
z pôdy ešte výraznejšie a nerovnaký stupeň koncentrácie toho istého prvku v rozličných horninách (napr. molybdén v tab. 8) štruktúru sekundárneho geochemického poľa v biosfére môžu úplne oddeliť od štruktúry v pôde, a tým znemožniť riešenie akýchkoľvek vzťahov medzi nimi. Tieto prvky (Drienok — hlavne molybdén — tab. 8) nemôžeme v biosfére spoľahlivo použiť pri geochemickej prospekcii. Oveľa vhodnejšie pre tieto účely sú na ložisku Drienok olovo a meď (tab. 8).



Obr. 10. Korelácia medzi obsahmi zinku, olova a kadmia v karbonátových horninách vo vrte D-5 na ložisku Drienok. 1. obsahy olova, 2. obsahy kadmia, 3. vystredená čiara obsahov kadmia, 4. počet údajov.

Fig. 10. Correlation between the contents of zinc, lead and cadmium in carbonate rocks in borehole D—5 at the deposit Drienok. 1. contents of lead, 2. contents of cadmium, 3. centred line of cadmium contents, 4. number of data.

Narušenie korelačných vzťahov a zásadné zmeny v štruktúre sekundárneho geochemického poľa oproti primárnemu obyčajne vedú k zníženiu počtu prvkov vhodných indikovať zrudnenie. Na ložisku Drienok (tab. 9) zostali v pôde a aj v rastlinách len makrokomponenty zrudnenia — olovo a zinok. Pritom stupeň zachovania korelačných vzťahov je iný pre zvetraninový plášť a iný pre rastliny nad rôznymi horninami (okolie ložiska Drienok — tab. 9), alebo sa mení podľa toho, či je to úsek normálneho — nezrudnené úseky — či anomálneho — zrudnené úseky — geochemického poľa. Spravidla v anomálnych úsekoch sa korelačné vzťahy medzi obsahmi prvkov-indikátorov uchovávajú (Švedlár — Nálepkovo, meď—striebro, bizmut, antimón). Tým už prítomnosť korelácie je vyhľadávacím geochemickým príznakom a hodnoty obsahov sa môžu spočítavať kvôli zvýrazneniu kontrastnosti anomálií.



Obr. 11. Korelácia medzi obsahmi olova a striebra v karbonátových horninách vo vrte D-5 na ložisku Drienok. 1. obsahy striebra a počet vzoriek, 2. vystredená čiara korelácie.

Fig. 11. Correlation between the contents of lead and silver in carbonate rocks in borehole D—5 at the deposit Drienok 1. contents of silver and number of samples, 2. centred line of correlation

Pokus o riešenie existencie „rudných stĺpov" v priebehu ložiskových štruktúr metalometriou medzi Švedlárom a Nálepkovom i pri veľmi riedkej sieti profilov preukázal perspektívu využitia tohto postupu.

Doručené 2. 4. 1973
Odporučil Ján Slávik

LITERATÚRA

BEĽAKOV, E. E. et al. 1968: O raspredelenii elementov v sisteme voda-porody-rastenija na mestorožděnijach sulfidnych rud v sviazi s ocenkoj geologičeskoj effektivnosti litochimičeskich, gidrochimičeskich i biogeochimičeskich poiskovich issledovanij. Sb. Litochim. poiski rudnych mestorožděnij po ich gipergen. oreolam i potokam rassejanija. Alma Ata.

BEUS, A. A. 1969: Izpoľzovanie matematičeskich metodov pri geochimičeskich poiskovych rabotach. Sb. Trudy Vsesojuz. politechn. instituta.

ČILLÍK, I. 1963: Štúdia o ďalších možnostiach vyhľadávania oloveno-zinkových rúd v predjurských útvaroch Západných Karpát. Manuskript — archív Geol. prieskumu, Spišská Nová Ves.

ČILLÍK, I. 1965: Skúsenosti z geochemického vyhľadávania na ložisku Drienok v okolí Poník. Geol. průzk. (Praha), č. 6.

ČILLÍK, I. 1971: Otázky vieryhodnosti spektrálnych analýz pre geochemické vyhľadávanie ložísk rúd. Geol. průzk. (Praha), č. 8.

ČILLÍK, I.—HÁJIK, A.—SCHMIDT—FAILÍKOVÁ, A. 1972: Zhodnotenie metodiky a doterajšie výsledky geochemického vyhľadávania ložísk nerastných surovín v Západných Karpatoch. Manuskript.

ČILLÍK, I. 1972: Zjednodušený spôsob určovania prahu anomálnych hodnôt pri geochemickom vyhľadávaní ložísk nerastných surovín. Geol. průzk. (Praha), č. 10.

HÁK, J. 1966: Mineralogie a geochemie nízkotatranských antimonových ložisek. Sbor. geol. věd (Praha), TG, sv. 7.

HARMAN, M. 1956: Geologické a paragenetické pomery SZ časti dúbravského Sb ložiska a niekoľko poznámok k zrudneniu Nízkych Tatier. Geol. práce, správy 6, (Bratislava)

ONDREJKOVIČ, K. 1967: Záverečná správa a výpočet zásob Bindt—Závadka Fe, Cu ku 31. 7. 1967. Manuskript — Archív Geologického prieskumu Spišská Nová Ves.

POKORNÝ, J. 1965: Určování normálních hodnot parametrů geochemického pole. Geol. průzk. č. 7. Praha.

PEREĽMAN, A. 1955: Očerki geochimii landšafta. Nauka, Moskva.

SAUKOV, A. A.—PEREĽMAN, A. I.—ŠARKOV, J. V.—BORISENKO, E. N. 1966: Sovremennyje problemy teoriji geochimičeskich poiskov poleznych izkopajemych. Očerki geochimiji endogennych i gipergennych procesov. Nauka, Moskva.

Some questions of the study of secondary geochemical fields in metallometry of elevium

IVAN ČILLÍK

The study of the secondary geochemical field in metallometry of eluvium is an extraordinarily serious act of geochemical prospection. The study of relations between the primary and secondary geochemical field and of the structure of the secondary geochemical field (soil) at the deposits of complex siderite-sulphide ores between Švedlár and Nálepkovo, at the deposit of antimony ores in Dúbrava and of the result of metallometry and biogeochemistry at the deposit of lead-zinc ores of Drienok near Poniky has confirmed the ideas of the complicating effect of hypergenesis processes on distribution of elements in soil and plants.

As results from the study of the secondary geochemical field and from comparing of elements distribution in the primary and secondary field, their migration abilities in the zone of hypergenesis are influenced not only by geochemical characteristic, but also by the rock environment and mainly in the biosphere. This is most striking in the vicinity of the desopit of lead-zinc ores of Drienok near Poniky (tab. 8). The elements have preserved persistence in migration under various conditions there, e.g. antimony (Nálepkovo—Švedlár tab. 5 and Dúbrava — tab. 6), bismuth (Nálepkovo—Švedlár — tab. 5) and in some cases also silver (Dúbrava — tab. 6). The contents of these

elements in soil are suddenly decreasing in contrast to the primary zone and have preserved a considerable range of values in the anomalous area and so a relatively great possibility to indicate ore. Copper (Dúbrava, Švedlár—Nálepkovo — tab. 5) and usually also silver (tab. 5), on the contrary, with an insignificant range of contents in the anomalous part belong to elements, indication possibilities of which can be limited. In the biosphere these differences in fixation of elements from the soil are still more distinct and the various degree of concentration of the same element in various rocks (e.g. molybdenum in tab. 8) may completely separate the structure of the secondary geochemical field in the biosphere from the structure in soil and so make solution of whatever relations between them impossible. These elements (Drienok — mainly molybdenum — tab. 8) we cannot reliably apply in the biosphere in geochemical prospection. Essentially more suitable for these purposes at the deposit are lead and copper (tab. 8).

Disturbing of correlation relations and essential changes in the structure of the secondary geochemical field in contrast to the primary one usually lead to lowering of the number of elements, suitable to indicate ore mineralization. At the deposit Drienok (tab. 9) only macrocomponents of mineralization have remained in soil and plants — lead and zinc. The degree of preservation of correlation relations is different for the mantle of waste and plants above various rocks, e.g. the vicinity of the deposit Drienok (tab. 9) ore changes according to that whether a section of the normal-nonmineralized sections or anomalous-mineralized sections, of the geochemical field is concerned. In anomalous sections correlation relations between the contents of elements-indicators have usually preserved (Švedlár—Nálepkovo, copper-silver, bismuth, antimony). So is already the presence of correlation a searching geochemical indication and the values of contents may be summed up for emphasizing of anomalies contrasts.

The attempt of solving the existence of „ore chimneys" in the course of deposit structures by metallometry between Švedlár and Nálepkovo also with a very sparse network of profiles has demonstrated the perspectiveness of application of this approach.

E. Raguin: **Pétrographie des roches plutoniques dans leur carde géologique. Masson et C^ie^, Paris, 239 p., 1970**

Autorem recenzované knihy je známy profesor pařížské École nationale supérieure des mines a jeden z mála žijících klasiků „plutonické" geologie a petrografie. Dlouholeté výzkumné práce ve Francii a jejich bývalých koloniích i v jiných zemích Evropy (pobýval několikrát i v ČSSR), Afriky a obou Amerik, byly mu zdrojem rozsáhlých zkušeností, které shrnul již před několika lety v proslulém díle „Géologie du granite", a které nyní předkládá v rozšířené formě ve své Petrografii plutonických hornin.

Jak je zřejmo z názvu i obsahu knihy, jsou jejím tématem především geologická pozice plutonitů, morfologie jejich těles a jejich vztahy k okolním geologickým sériím a jejich geologickému vývoji. V této souvislosti autor obrazně zdůrazňuje (p. 220), že plutonické horniny jsou situovány na křižovatce nejrůznějších geologických jevů. Velký důraz je kladen také na genetickou interpretaci plutonitů, kdežto údaje chemického a petrologického rázu i širší aplikaci výsledků experimentálního petrologického studia systémů analogických svým složením plutonitům bychom v knize marně hledali.

Při rozčlenění své knihy do osmi základních kapitol vyšel autor z rozdělení plutonických hornin do osmi skupin podle jejich petrografického charakteru. V každé kapitole postupuje podle předem určeného schématu, a to od celkové mineralogické charakteristiky dané skupiny hornin a definic termínů (zvlášť užitečné pro některé vzácnější odrůdy plutonitů) přes popis petrografických struktur a megastruktur až k precizování geologické pozice a vývoje vybraných těles plutonitů. Přehlednosti prospívá to, že v rámci každé skupiny jsou probírány zvlášť horniny sdružené s plutonity jiných skupin (podskupin S), horniny sdružené s migmatity (M), horniny tvořící autonomní tělesa (A) a horniny subvulkanické, zejména v prstencovitých komplexech (SV).

První kapitola se zabývá granity. Autor v ní geologicky, strukturně a mineralogicky charakterizuje nejen granity, ale i pegmatity, aplity a lamprofyry. Rozeznává, ve shodě se svými staršími pracemi, granity ostře ohraničené (circonscrits) a granity difúzní, tvořící batolity nebo stratoidní masívy. Uvádí příklady obou typů a diskutuje i úlohu metasomatózy, chemických front a diferenciace při jejich vzniku. Cenná je geologická část této kapitoly, v níž jsou granity rozčleněny podle časového vztahu k tektonickému vývoji okolních komplexů. Autor zde uvádí příklady synkinematických, pozdně kinematických a kratonických granitů z různých částí světa, přičemž zvláštní pozornost věnuje geologické pozici a genezi plutonitů v prstencovitých komplexech s diferencovanou vnitřní stavbou.

Předmětem druhé kapitoly jsou plutonity skupiny křemenného dioritu. Charakter jednotlivých podskupin (S, M, A, SV), včetně žilných hornin, je osvetlen příklady, zejména z francouzského území a z oblasti Alp (Adamello), Skandinávie a Severní Ameriky.

Alkalické syenity a některé vzácnější horniny této skupiny (nordmarkity, šonkinity, bostonity aj.) jsou probrány ve třetí kapitole. Z hlediska našich geologů je tu zvlášť zajímavá metasomatóza s přínosem železa a alkálií a odnosem SiO_2 — tzv. fenitizace, neboť existence takových procesů byla v nedávné době prokázána i v Českém masívu (Kopecký). Je zajímavé, že fenitizace nemusí být vázána pouze na alkalické masívy, ale může k ní docházet i v okolí některých karbonatitových, bazických a dokonce i ultrabazických těles. Rovněž bostonitické subvulkanické ekvivalenty této skupiny jsou pro naše geology zajímavé vzhledem k výskytu analogických syenitických a bostonitických hornin v Českém středohoří (např. u Roztok). Ty ovšem — co do rozlohy — nejsou srovnatelné s popisovanými analogy, které vytvářejí např. žilné roje v Coloradu, klasické prstencovité masívy na Madagaskaru a velká tělesa na z. pobřeží USA a v příkopové propadlině u Osla v Norsku.

Horninám skupiny alkalicko-vápenatých syenitů a monzonitů je věnována pátá kapitola. Autor v ní mj. diskutuje názory starších badatelů na genezi odpovídajících magmat a podává užitečnou charakteristiku různých horninových variet této skupiny. Ilustruje — na příkladě hornin z Vogéz — i vlastnosti durbachitů. Je škoda, že v tomto kontextu se nezmiňuje o některých analogických horninách ze středočeského plutonu, které studoval v roce 1964 u nás. Podrobnou pozornost zaměřil Raguin na autonomní tělesa, mezi nimiž figurují i známé rumunské bonatity a laramické syenitové masívy v Bulharsku. Uvádí rovněž známý míšeňský syenit a monzonity v Utahu a neobvyklé výskyty subvulkanických syenitů v prstencovitých komplexech Portugalska.

V páte kapitole píše Raguin o horninách s feldspatoidy. Správně ukazuje na nomenklatorické nesnáze s jejich označováním a dokumentuje jejich pozici na příkladech z Evropy, Grónska a severní Afriky. Známý komplex nefelinických hornin u Ditrău v Rumunsku považuje za migmatitický a vzniklý přínosem

Pokračovanie na str. 366

Mineralia slovaca, **6** (1974) 4, *351—365*

Zhodnotenie režimu podzemnej vody kvartérnej nivy Váhu v úseku Liptovský Hrádok — Okoličné

IGOR MUCHA*—RASTISLAV PAVELEK**

Evaluation des eaux souterraines de la terrasse quaternaire du Wag située entre Liptovský Hrádek et Okoličné

La contribution présente l'évaluation des eaux souterraines de deux localités — Liptovský Hrádok et Okoličné — dans le but de vérifier les résultats de la recherche hydrogéologique de base et d'estimer les réserves d'eaux souterraines. On utilise l'analogie hydraulique différentielle à l'aide de l'intégrateur hydraulique et l'analogie continuelle électrique sur le papier conductif en se servant d'appareilage EMPO.

Východiskové údaje

Študované územie leží v Liptovskej kotline, ktorá má horský charakter a je odvodňovaná riekou Váh. Kotlinu tvorí centrálno-karpatský paleogén, vystupujúci v štyroch odlišných litofaciálnych súvrstviach. Kvartér kotliny tvoria eluviálne a deluviálne sedimenty, pleistocénne riečne terasy a mladé fluviálne náplavy jednotlivých údolí.

Lokalita Závažná Poruba — Uhorská Ves v celkovej ploche 2,144 km^2 sa nachádza na ľavom brehu Váhu a je ohraničená zo severu Váhom, z juhu odvodňovacím kanálom, záchytným drénom a terasovým stupňom, od SZ Váhom a odpadovým kanálom. Južnú časť okrajovej podmienky okrem toho ovplyvňuje drenážna sústava, ktorej plošné rozmiestnenie nepoznáme.

Výška terénu sa pohybuje od kóty 587,70 m n. m. na sz. okraji až po kótu 606,00 m n. m. na jv. okraji územia. Spád územia od Uhorskej Vsi po dolný okraj územia je 4,4 ‰.

Lokalitu tvoria riečne náplavy (A.TUŽINSKÝ 1972), ktorých šírka je priemerne 900 až 1000 m. Hrúbka náplavov kolíše od 3,50—9,30 m a náplavy tvorí povodňová hlina, ktorej mocnosť kolíše od 0,30 m do 2,0 m. Hlina je jemne piesočnatá a obsahuje obliaky štrku. Pod touto vrstvou náplavovej hliny sa nachádza štrk, ktorý je vo vyšších polohách silne zahlinený, v nižších polohách prechádza do piesočnatého štrku. Piesočnatý štrk je veľmi dobre zvodnený. Koeficienty filtrácie sa pohybujú rádove 10^{-4}—10^{-3} m/s (V.BANSKÝ 1970).

Podzemná voda prúdiaca v riečnych náplavoch s hladinou v hĺbke 1,0—2,9 m vytvára laterálny prúd s Váhom a je napájaná z troch základných zdrojov:

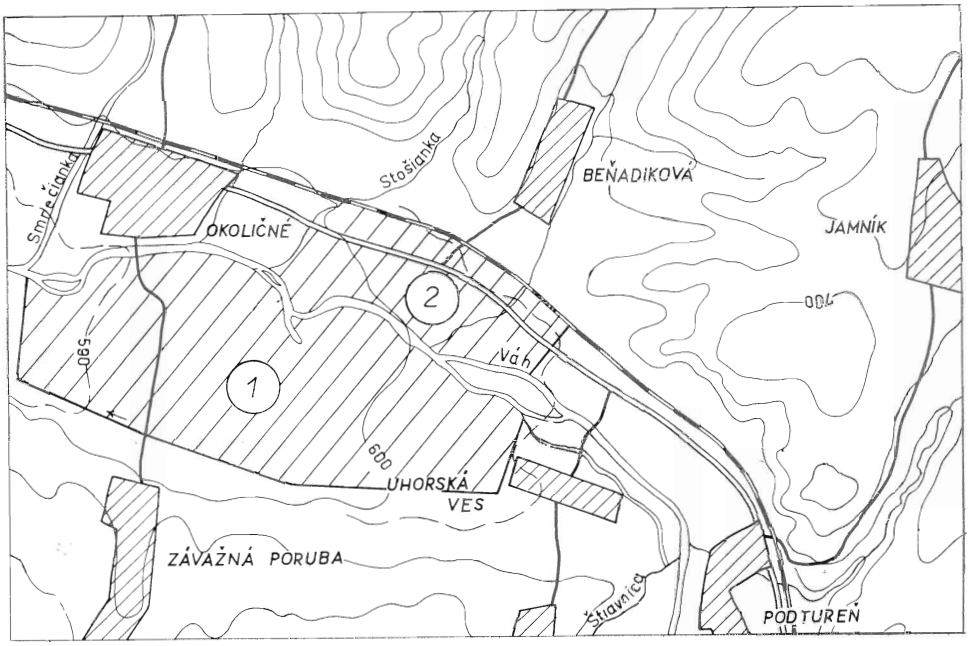
a) brehovou infiltráciou z Váhu a Štiavnice,
b) vsakovaním atmosferických zrážok,

* RNDr. Igor Mucha, CSc., Katedra inžinierskej geológie a hydrogeológie PF UK, 811 00 Bratislava, Zadunajská 15.
** Ing. Rastislav Pavelek, Geologický ústav UK, 811 00 Bratislava, Zadunajská 15.

c) prítokom z terasy na j. okraji ovplyvneným drenážnym systémom a odvodňovacím kanálom zaústeným do Váhu.

Z hydraulického hľadiska možno režim prúdenia podzemnej vody charakterizovať ako neustálené nerovnomerné prúdenie podzemnej vody s voľnou hladinou po nepriepustnom podloží. Nepriepustné podložie tvoria flyšové sedimenty centrálno-karpatského paleogénu v ílovcovej fácii a je uklonené v smere toku rieky.

Ako sme už uviedli, úlohu sme riešili metódou hydraulickej analógie modelovaním na hydraulickom integrátore systému Lukjanova (M. A. VEVIOROVSKAJA — I. P. KRAVČENKO — S. A. RUMJANCEV 1962; I. MUCHA et al. 1974).



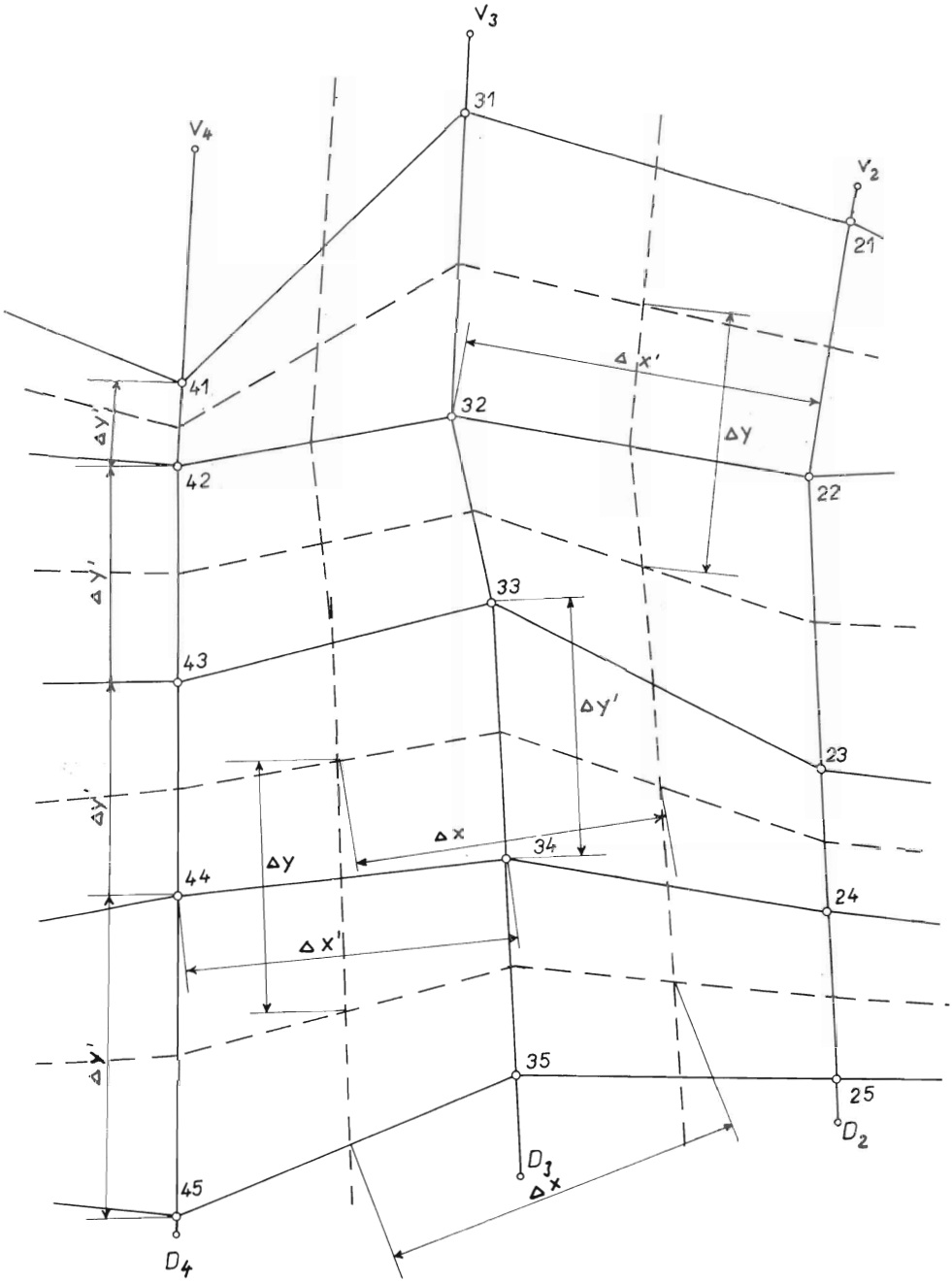
Obr. 1 ▲

Okrajové podmienky riešenia tvorí Váh na S územia a hlavný zvodný drén na jv. strane územia (obr. 1 a 3—5), ktorý do km 2,320 ide ako otvorený kanál, od km 2,320 ide v smere na vrt HV—9 ako drén (obr. 3—5). Okrajovou podmienkou na tomto úseku je spojnica kóty priemernej hladiny v odpadovom kanáli 596,30 m n. m. a kóty priemernej hladiny vo vrte HV—9 601,65 m n. m. (obr. 6).

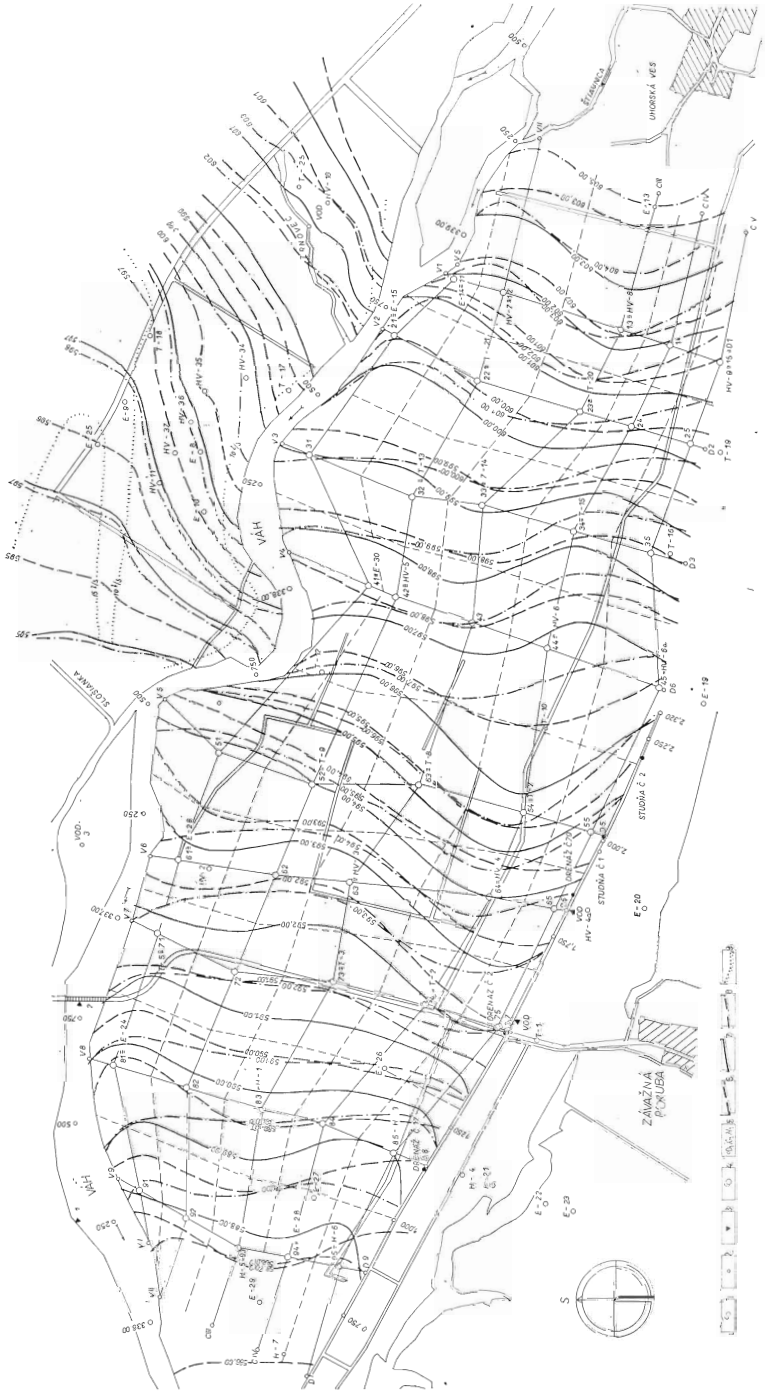
Celá okrajová podmienka drenáže, ktorá zároveň stabilizuje vplyv prítoku z terasy, je modelovaná priemernou hladinou (obr. 6 a tab. 1). Okrajová podmienka Váhu (obr. 6) bola modelovaná na hydraulickom integrátore ako časový priebeh hladiny z roku 1969 s verifikáciou k 12. IV. 1969.

Ako minimálny stav bola použitá výška hladiny vody na Váhu k 14. III. 1960 (dlhoročné minimum), maximálny stav k 26. VII. 1960 (50-ročná voda) a priemerný stav k 30. IV. 1969 (tab. 2 a obr. 6).

Zrážky ako samostatný zdroj napájania podzemnej vody sme nebrali do úvahy, pretože okrajová podmienka (v poľnohospodárskej drenáži) znižuje a pri vyšších stavoch takmer vylučuje vplyv zrážok.


V3
V4
V2
31
21
41
32
42
22
33
43
23
34
44
24
35
25
45
D4
D3
D2
Δx'
Δy
Δy'
Δx

Obr. 2



Obr. 3

Obr. 4

Lokalita Stošice — Beňadiková sa nachádza na pravom brehu Váhu (obr. 1). Jej celková plocha je 0,8072 km^2. Terén územia stúpa od okraja z kóty 597,50 m n. m. až po kótu 607,00 m n. m. na sv. okraji.

Povrch územia (A. TUŽINSKÝ 1972) tvorí jemne piesočnatá hlina, miestami ílovitá, s mocnosťou až 2 m, pod ktorou sa nachádza štrk fluviálnych náplavov v celkovej mocnosti 8,7—11,10 m. Štrk je slabo vytriedený, veľkosť obliakov kolíše od 2 do 15 cm. Vo vrchných partiách je štrk silne zahlinený. Podložie štrku lokality tvorí centrálno-karpatský paleogén. Povrch nepriepustného podložia je uklonený v smere toku Váhu a od svahov k rieke. Hladina podzemnej vody je v hĺbke 2,7—5,9 m pod povrchom územia. Koeficient filtrácie sa rádove pohybuje okolo 10^{-4} m/s (A. TUŽINSKÝ 1972).

Režim podzemnej vody má približne rovnaký charakter ako na lokalite Závažná Poruba — Uhorská Ves. K okrajovej podmienke Váhu (obr. 3—6, tab. 2), ktorá je od rieč-

Tab. 1

Okrajová podmienka	Drenáž	Staničenie v km	Kóta priemernej hladiny v m n. m.
1	2	3	4
D_1	Drén	3,130	601,65
D_2		2,930	600,34
D_3		2,665	598,57
D_4		2,370	596,62
D_5	Otvorený kanál	2,005	594,40
D_6		1,810	593,40
D_7		1,505	591,97
D_8		1,040	589,10
D_9		0,860	588,05
D_I		0,485	585,88

Tab. 2

Číslo okrajovej podmienky	Tok	Staničenie v km	Vodný stav			Priemerný výškový rozdiel medzi okraj. podmienkami v m
			Minimálny 14. III. 60 v m n. m.	Priemerný 30. IV. 69 v m n. m.	Maximálny 26. VII. 60 v m n. m.	
1	2	3	4	5	6	7
V_{II}	Váh	339,290	604,13	604,45	605,56	2,12
V_I		338,935	601,97	602,33	603,37	0,33
V_1		338,900	601,63	602,00	603,20	1,10
V_2		338,700	600,57	600,90	602,15	1,88
V_3		338,360	598,72	599,02	600,25	1,42
V_4		338,110	597,03	597,60	598,90	3,25
V_5		337,535	593,85	594,35	595,45	1,50
V_6		337,155	592,33	592,85	593,85	1,00
V_7		337,013	591,33	591,85	593,04	1,75
V_8		336,655	589,70	590,10	591,20	1,20
V_9		336,400	588,45	588,90	59g,00	2,20
V_I'		336,165	586,20	586,70	588,05	0,20
V_{II}'		336,050	586,10	586,50	587,60	

Obr. 5

neho km 337,4 až po riečny km 339,25 totožná pre obe lokality, sa pri riešení priraďuje ako okrajová podmienka potoka Stošianka na sv. okraji územia a okrajová podmienka potoka Trnovec pred sv. okrajom územia s priemerným sklonom 4 %. Úlohu sme riešili pomocou elektrickej analógie na vodivom papieri (I. MUCHA et al. 1974) zariadením EMPO a pre vodné stavy na Váhu k 12. IV. 1969 (verifikácia modelu), priemerný stav k 30. IV. 1969, maximálny stav k 26. VII. 1960 a minimálny k 14. III. 1960.

Metodika a výsledky riešenia

Riešená úloha lokality Závažná Poruba — Uhorská Ves je z hydraulického hľadiska veľmi blízka dvojrozmernej plošnej úlohe.

Pri riešení úlohy je celá plocha lokality 1 pokrytá výpočtovou sieťou, ktorá tvorí sústavu nepravidelných štvoruholníkov (obr. 3—5). V uhlových bodoch štvoruholníkov výpočtovej siete sú na modeli umiestnené nádoby, ktoré reprezentujú akumulačnú schopnosť zvodnej vrstvy a jej zmeny na ploche štvoruholníka ohraničeného týmito bodmi (obr. 2). Hlavným kritériom pri rozmiestnení uzlových bodov bola poloha siete hydrogeologických vrtov a pozorovacích trúbok hladiny podzemnej vody na území (obr. 3—5).

Bolo rozmiestnených 44 merných bodov. Priesečníky siete s brehovou čiarou Váhu na s. strane, drenážou na s. strane, ako i priesečníky siete so spojnicou V_{II} — drenáž na str. V a V_{II} — drenáž na z. strane určujú miesta na napojenie okrajových podmienok a majú číselné označenie podľa profilov výpočtovej siete.

Na výpočet odporov zvodnenej vrstvy v prírode medzi dvoma uzlovými bodmi boli použité tieto vzorce:

$$R_x = \frac{\Delta x'}{T\Delta y}; \quad R_y = \frac{\Delta y'}{T\Delta x}, \tag{1}$$

kde T — koeficient prietočnosti (m^2/s)

$\Delta x'$, $\Delta y'$ } dĺžky filtračnej cesty medzi dvoma uzlovými bodmi (obr. 2)

Δx, Δy } šírka úseku zvodnenej vrstvy v priečnom smere na $\Delta x'\Delta y'$ (obr. 2)

Voľný objem zeminy jednotlivých dielov územia okolo uzlových bodov siete sme vypočítali z výrazu:

$$C = m\,\Delta x \Delta y \tag{2}$$

Hodnotu m sme použili podľa V. BANSKÉHO (1970) ako koeficient akumulácie m = 0,23. Na modelovanie času sme zvolili jeho mierku

$$\alpha_T = \frac{t_p}{t_m} = 10,$$

kde t_p — čas v dňoch v prírode

t_m — čas v minútach na integrátore

Vypočítané hodnoty hydraulického odporu R (deň/m^2) voľného objemu zeminy C (m^2) a mierky času α T_T (deň/min) sme dosadili do výrazu pre mierku času v tvare

$$\alpha_T = \frac{R \,.\, C}{\varrho \,.\, \omega} \tag{4}$$

a určili sme mierku podobnosti plôch vyjadrujúcich voľný objem zeminy v prírode a na integrátore tak, že sa 10 000 m^2 v prírode rovná 1 cm^2 na integrátore.

Mierku podobnosti výšok sme zvolili 1 : 40, teda zmene výšky hladiny v piezometri (uzlový bod výpočtovej siete) o 1 mm zodpovedá zmena výšky hladiny podzemnej vody v prírode o 4 cm.

Okrajová podmienka výpočtovej siete bola vytvorená diferencovane na okrajoch výpočtovej siete, ale kontinuitne v čase. Okrajová podmienka drenáže označená D_1—D_9 a D_I (tab. 1, obr. 3—6) bola vytvorená prepadmi s konštantnou výškou pri vyšších vodných stavoch zodpovedajúcou priemernej hladine vody v dréne a odvodňovacom kanáli (obr. 6). Pri minimálnom stave hladín podzemnej vody hladina klesá pod drenážny systém, čo bolo samočinne modelované poklesom hladiny na prepadoch, a tým ich vyradením z činnosti.

Okrajová podmienka na Váhu bola modelovaná diferencovane na okrajoch výpočtovej siete, ale kontinuitne v čase (tab. 2, obr. 3—6). Časový priebeh kolísania hladiny bol modelovaný kontinuitne pre tri rozličné časti okrajovej podmienky Váhu, a to podľa kolísania V_{II} (spolu s V_I, V_1), podľa V_2 (V_3, V_4, V_5) a podľa V_6 (V_7, V_8, V_9, V_I', V_{II}'). Okrajová podmienka C_{III}' a C_{IV} bola modelovaná lineárnou výškou hladiny medzi V_{II}' a D_I C_{III}' C_V (zodpovedajúcou bodom na drenáži v km 3,43, obr. 6 a situácia na obr. 3—5).

Okrajová podmienka drenáže je komplikovaná najmä preto, že do nej ústi zo záujmového územia plošná drenážna sústava neznámeho tvaru a priebehu, ako i neznámeho hydraulického vplyvu na vlastnú zvodnenú vrstvu. Jej vplyv sa prejavil hlavne pri verifikácii modelu (výškové nezhody v uzloch výpočtovej siete) a pri spätnom prepočte hodnôt koeficienta prietočnosti. Vplyv drenáže sa takto bral do ohľadu pri verifikácii modelu zmenou hydraulických odporov.

Model sme verifikovali pre nestacionárne okrajové podmienky zodpovedajúce vodnému stavu na Váhu k 12. IV. 1969 (obr. 3). Výsledkom verifikácie je zmena hydraulických odporov oproti pôvodne vypočítaným, a tým i zmena pôvodne určených koeficientov prietočnosti (obr. 5). Pretože sme nepoznali účinok plošnej drenáže pri okrajovej podmienke drénu a charakter jv. okraja medzi drénom v km 3,43 a okrajovou podmienkou Váhu V_{II}, verifikáciou určené hydraulické odpory (a tým i vypočítané hodnoty koeficienta prietočnosti) zobrazujú spoločný odpor zvodnenej vrstvy a drenáže pre verifikovaný vodný stav. Výrazne sa to prejavuje hlavne medzi bodmi výpočtovej siete D_{II}—95, C_{III}—13 a 44—54. Čiastočný vplyv drenáže vidieť tiež medzi bodmi 85—95, 65—75, 55—65, 45—55 a 15—25. Pri verifikácii na vyšší vodný stav by sa prejavil vplyv drenáže podstatne viac a naopak. Verifikácia ďalej preukázala plošnú anizotropiu hodnôt koeficienta prietočnosti. Koeficient

Tab. 3

Číslo okrajovej podmienky	Vodný stav							
	Minimum 14. III. 60		Minimum 26. VII. 1960		Priemer 30. IV. 1969		Verifikácia 12. IV. 1969	
	kóta	SJ %	kóta	SJ %	kóta	SJ %	kóta	SJ %
V_{II}	604,13	64,52	605,45	79,80	604,45	65,80	604,33	65,32
V_I	601,97	55,88	603,37	61,48	602,33	56,92	602,23	56,92
V_1	601,63	54,52	603,20	60,80	602,00	56,00	601,88	55,52
V_2	600,57	50,28	602,15	56,60	600,90	51,60	600,78	51,12
V_3	598,72	42,88	600,25	49,00	599,02	44,08	598,87	43,48
V_4	597,03	36,12	598,90	43,60	597,60	38,40	597,45	37,80
V_5	593,85	23,40	595,45	29,80	594,35	25,40	594,15	24,60
V_6	592,33	17,32	593,85	23,40	592,85	19,40	592,65	18,60
V_7	591,33	10,32	593,05	20,20	591,85	15,40	591,65	14,60

prietočnosti v smere pozdĺž Váhu je priemerne 1,6-krát vyšší ako v smere kolmo na Váh (bez uvažovania hodnôt ovplyvnených drenážou). Ukazuje sa, že najvyššie hodnoty koeficienta prietočnosti sú okolo bodov 52, 62, 72, 63 a medzi bodmi 23, 33, 34, 44 (obr. 5). Priľahlá časť k brehu Váhu má nižšie hodnoty koeficienta prietočnosti, čo môže byť spôsobené doplňujúcim hydraulickým odporom koryta Váhu (kolmatácia, neúplné zarezanie). Presnosť verifikácie je veľmi dobrá, výnimky sú výsledkom hlavne vplyvu drenáže, napr. v bodoch 64 a 74 (porovnaj obr. 3). V bodoch 11 a 21 je pravdepodobne chyba v meraní prírodných stavov.

Hydraulický model možno považovať za verifikovaný, pretože 17-krát sa model zhodoval s prírodou, 37-krát bol rozdiel medzi modelom a prírodou menší alebo rovný ± 5 cm, 40-krát bol rozdiel menší alebo rovný ±10 cm. Teda pri chybe ± 10 cm má model s prírodou 90,92 % totožnosť. Anomálie, ktoré predstavujú hodnotu 6,8 %, sú pri verifikácii modelu v dovolených hraniciach a mohla ich spôsobiť tiež chyba pri meraní v prírode alebo niektoré neznáme a neuvažované faktory (drenáž, mŕtve ramená).

Riešenie minimálneho stavu hladín podzemnej vody bolo vykonané pre minimálny vodný stav vo Váhu (dlhodobé minimum), ktorý bol 14. III. 1960. Riešenie sa uskutočnilo pre stacionárny stav minima a prirodzený pokles hladiny pod úroveň drenáže. Vplyv drenáže, verifikovaný zníženými odpormi, sa prejavil hlavne medzi bodmi výpočtovej siete 64—74. Pretože nepoznáme hydraulické vlastnosti drenáže v tomto úseku, predpokladáme jej účinok i pri minimálnom stave.

Výsledok modelovania predstavuje ustálený minimálny limitný stav hladiny podzemnej vody pre dlhodobé minimum okrajovej podmienky. Skutočný stav hladiny podzemnej vody 14. III. 1960 sa bude rovnať alebo bude v bodoch výpočtovej siete vyšší. Výsledky hydroizohypsy (obr. 4) ukazujú, že podzemná voda prúdi laterálne s Váhom a že v miestach nárazových brehov v meandri voda infiltruje do územia a opačne.

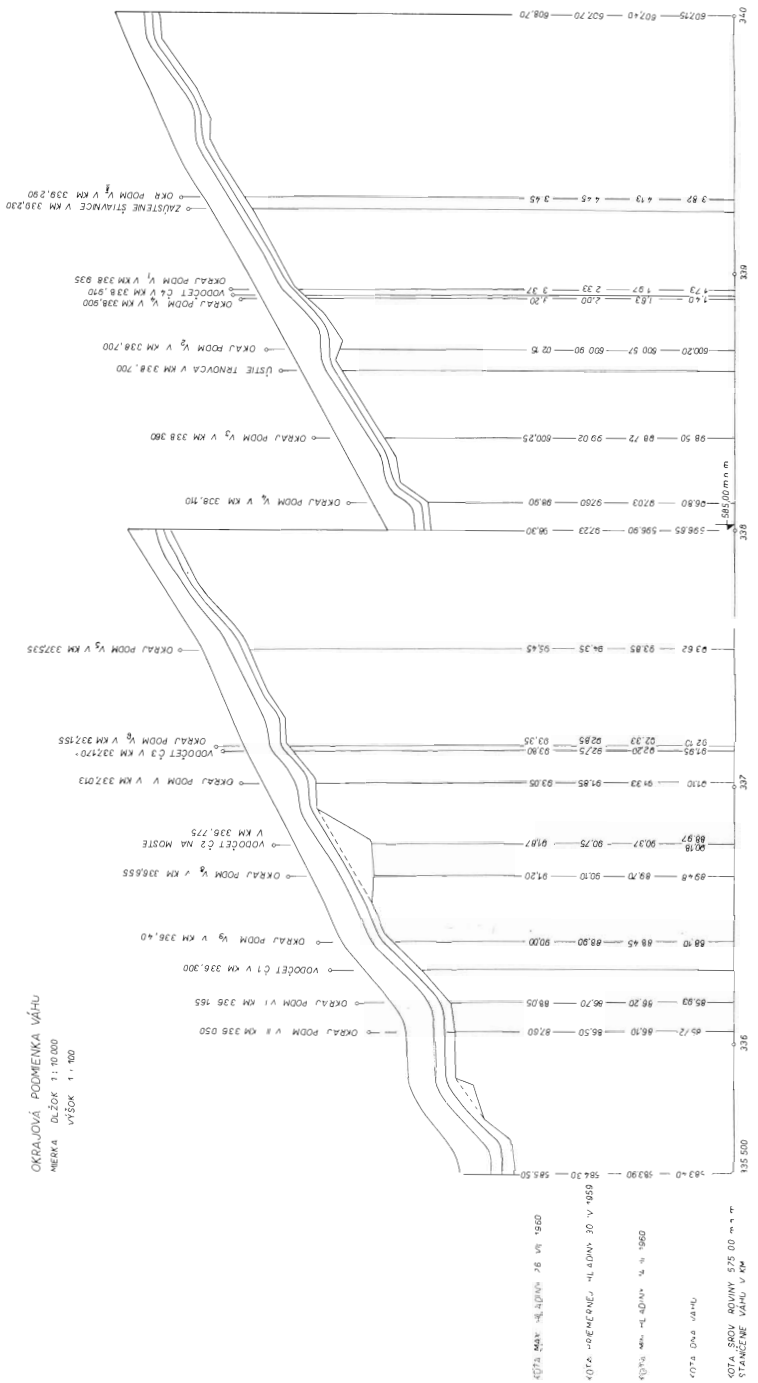
Riešenie priemerného stavu hladiny podzemnej vody bolo vykonané pre okrajové podmienky k 30. VI. 1969, čo predstavuje dlhodobú priemernú hladinu na Váhu. Riešenie bolo vykonané pre stacionárny stav okrajových podmienok a pri účinku drenáže. Porovnanie hydroizohýps prírodného nestacionárneho a modelovaného stacionárneho stavu (obr. 3 a 4) poukazuje na rozličný vplyv drenáže pri rozličnom vodnom stave a na predchádzajúce kolísanie prirodzenej hladiny podzemnej vody, prípadne na nepresnosti v meraní na pozorovacích objektoch.

Riešenie maximálneho stavu hladiny podzemnej vody (obr. 4) bolo vykonané pre okrajové podmienky k 26. VII. 1960, čo predstavuje 50-ročnú vodu na Váhu. Okrajová podmienka Váhu bola modelovaná stupňovite pre jednotlivé okrajové podmienky výpočtovej siete konštantne v čase a rovnako aj okrajová podmienka drenáže. Riešenie predstavuje limitný stacionárny maximálny stav hladiny podzemnej vody. Riešenie neuvažuje zaplavenie územia, ako to bolo napr. pri povodni 29. VI. 1958. Pri riešení v niektorých bodoch vystúpila piezometrická tlaková výška (hladiny podzemnej vody) nad terén. Priebeh hydroizohýps (obr. 4) poukazuje na infiltráciu po celej dĺžke Váhu a na účinok drenáže. Celkový smer prúdenia podzemnej vody je tým stočený čiastočne smerom k drenáži.

Prúdenie podzemnej vody lokality Stošice — Beňadiková bolo modelované metódou elektrického modelovania polí na vodivom papieri (MUCHA et al. 1974) so základným merným odporom 80 000 Ω. Riešenie sme vykonali simulovaním filtračnej lokality postupnou zmenou filtračného prostredia podľa daných a predpokladaných hydrogeologických pomerov. Podľa testov vykonaných na modeloch z vodivého papiera sme uvažovali s 5 % nepresnosťou spôsobenou nehomogenitou papiera. Stacionárna okrajová podmienka Váhu bola vytvorená kontinuitným lineárnym deličom napätia medzi jednotlivými bodmi okrajovej podmienky uvedenej v tab. 3, tab. 2 a znázornená na obr. 3. Sklon hladiny vody

OKRAJOVÁ PODMIENKA DRENÁŽE
MIERKA DĹŽOK 1 : 10 000
VÝŠOK 1 : 50
KOTA HLADINY VODY V DRENÁŽI
KOTA DNA DRENÁŽE
KOTA PRIEMERNEJ HLADINY V ODPADE
KOTA DNA ODPADU
KOTA SKRÝV. ROV. STANIČENIE V KM
595,00 m n m
2,320
3,0
2,0
1,0
0,0
PF C.1 KM 0,500
VYUSTENIE DRENÁŽE C.76
585,63
585,95
PF C.2 KM 0,8
OKRAJ. PODMIENKA D9 KM 0,860
587,38
587,76
PF C.3 KM 1,027
OKRAJ. PODM D8 KM 1,040
586,70
586,80
588,60
588,78
VYUSTENIE DRENÁŽE C.77
588,50
588,62
588,75
588,38
PRIEČNY PROFIL Č.4 KM 1,39
589,18
591,40
OKRAJ. PODM D7 KM 1,505
VYUSTENIE DRENÁŽE Č.78
589,188
589,50
591,75
591,87
592,06
591,76
OKRAJ. PODM D6 KM 1,810
VYUSTENIE DRENÁŽE C.79
STUPEŇ
592,13
593,40
593,35
593,73
593,91
593,79
593,38
593,57
OKRAJ. PODM D5 KM 2,005
STUDŇA C.1
594,08
594,14
34,35
94,40
STUDŇA Č.2
595,53
595,57
KONEC OTVORENÉHO ODPADU
595,65
OKRAJ. PODM D4 KM 2,370
596,07
OKRAJ. PODM D3 KM 2,665
596,57
OKRAJ. PODM D2 KM 2,930
600,34
VRT HV9 = OKRAJ. PODM "1 KM 3,130
601,65
603,60

Obr. 6a


OKRAJOVÁ PODMENKA VÁHU
MIERKA DĹŽOK 1 : 10.000
VÝŠOK 1 : 100
OKRAJ PODM V II KM 336.050
OKRAJ PODM V I KM 336.165
VODOČET Č1 V KM 336.300
OKRAJ PODM V3 V KM 336.40
OKRAJ PODM V4 V KM 336.655
VODOČET Č2 NA MOSTE V KM 336.775
OKRAJ PODM V V KM 337.013
VODOČET Č3 V KM 337.170
OKRAJ PODM V6 V KM 337.155
OKRAJ PODM V5 V KM 337.535
OKRAJ PODM V4 V KM 338.110
OKRAJ PODM V3 V KM 338.360
ÚSTIE TRNOVCA V KM 338.700
OKRAJ PODM V2 V KM 338.700
OKRAJ PODM V1 V KM 338.900
VODOČET Č4 V KM 338.970
OKRAJ PODM V1 V KM 338 835
ZAÚSTENIE STIAVNICE V KM 338.230
OKR PODM V1 V KM 338.290
KÓTA MAX HLADINY 26 VII 1960
KÓTA NORMÁLNEJ HLADINY 30 V 1959
KÓTA MIN HLADINY 14 II 1960
KÓTA DNA VÁHU
KÓTA ŠKÁL NOVÝCH 575.00 m n m
STANICENIE VÁHU V KM

Obr. 6b

v potoku Stošianka a Trnovec sa modeloval taktiež lineárnym deličom napätia s hodnotou sklonu 4 ‰. Ostatnú oblasť splňujúcu podmienku $H/x = 0$ sme ohraničili ukončením papiera, a tým i prúdového poľa.

Takto realizovaný matematický model filtračnej oblasti sme transformovali na tzv. strojový tvar metódou normovaných premenných na bezrozmerový tvar. Túto bezrozmerovú závislú premennú možno priamo zobraziť ako výstupnú veličinu počítacej jednotky vyjadrenú v častiach strojovej jednotky alebo v %. Potom rozsah počítača — strojová jednotka SJ = 100 % bola prisúdená rozdielu výšok 25 m, takže 1 m = 4 % SJ a to 0 % pre kótu 588,0 m n. m. a 100 % pre kótu 613,00 m n. m. Okrajové podmienky sú zahrnuté v tabuľke 3.

Tab. 4

Studňa	Kóta hladiny podzemnej vody 12. IV. 1969	Kóta dosiahnutá pri verifikácii	Rozdiel (m)
1	2	3	4
HV—10	600,24	600,72	+ 0,48
HV—34	598,73	598,70	— 0,03
HV—35	598,18	598,12	— 0,06
HV—36	597,57	597,58	+ 0,01
HV—37	597,22	597,16	— 0,06
HV—11	596,64	596,71	+ 0,07

Tab. 5

Studňa	Kóta hladiny podzemnej vody pri vodnom stave na Váhu			
	Priemerný 30. 4. 1969 prírodný	Priemerný 30. 4. 1969 modelovaný	Minimálny 14. 3. 1960 modelovaný	Minimálny 26. 7. 1970 modelovaný
HV—10	600,64	601,20	600,75	602,73
HV—34	598,88	598,89	598,60	600,11
HV—35	598,35	598,33	597,98	599,33
HV—36	597,79	597,79	597,40	599,01
HV—37	597,39	597,33	596,92	598,50
HV—11	596,89	596,83	596,40	598,02

Tab. 6

Vrt	Použité východiskové hladiny na verifikáciu				
	Kóta hladiny 12. 4. 1969	Kóta terénu	Hrúbka (m)	k (m/s)	T (m^2/s) 12. 4. 1969
HV—10	600,24	604,71	11	$1{,}14 \cdot 10^{-3}$	$7{,}44 \cdot 10^{-3}$
HV—34	598,73	601,21	8,7	$1{,}41 \cdot 10^{-2}$	$8{,}77 \cdot 10^{-3}$
HV—35	598,18	602,13	9,8	$1{,}39 \cdot 10^{-3}$	$8{,}13 \cdot 10^{-3}$
HV—36	597,57	601,63	9,6	$0{,}9 \cdot 10^{-3}$	$5{,}07 \cdot 10^{-3}$
HV—11	596,64	600,78	9,0	$0{,}59 \cdot 10^{-3}$	$2{,}87 \cdot 10^{-3}$
HV—37	597,22	601,17	10,5	$1{,}62 \cdot 10^{-3}$	$10{,}61 \cdot 10^{-3}$

Verifikácia bola vykonaná dňa 12. IV. 1969, pričom sa prúdenie podzemnej vody považovalo za takmer ustálené. Verifikovali sa výsledky pre studne uvedené v tab. 4. Výsledky vlastného riešenia sú uvedené vo forme hydroizohýps na obr. 3—5, vo forme tabuľky (tab. 5). Na obr. 4 sú okrem toho zobrazené izočiary mernej výdatnosti každej jednotkovej studne. Pod mernou výdatnosťou jednotkovej studne rozumieme fiktívnu studňu s polomerom r = 0,25 m, ktorá má preukázať relatívne výhodnejšie miesta odberu podzemnej vody.

Z overenia modelu vyplýva podstatné zvýšenie priepustnosti (koeficienta filtrácie a prietočnosti) severne a severovýchodne od radu studní HV—11, HV—34 až HV—37. Porovnaním kót hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch a okrajovej podmienky (Váh), tabuľka 3 a 4, ako aj z tvaru hydroizohýps k 12. IV. 1969 (obr. 3) vidieť, že v celom priebehu okrajovej podmienky voda z Váhu infiltruje do územia a tečie sz. smerom k potoku Stošianka, ktorý vlastne celé územie drénuje. Za predpokladu správnych kót odmerných vrtov v tomto území je takýto priebeh hladiny podzemnej vody možný vtedy, ak koeficient prietočnosti je s. a sz. od prieskumných vrtov podstatne vyšší ako v príbrežnej zóne, a to minimálne o jeden rád, približne má hodnotu $T = 1 . 10^{-1}$ m^2/s. Použité východiskové hodnoty na verifikácie sú uvedené v tab. 6.

Pri predpoklade pomerne rovnorodého rozdelenia koeficienta prietočnosti vychádzajú kóty hladiny vody vo všetkých vrtoch približne o 1 m vyššie.

Minimálny a maximálny stav hladiny podzemnej vody určený modelovaním metódou elektrickej analógie predstavuje limitný stav hladiny podzemnej vody pri dlhodobom trvaní minimálnych a maximálnych okrajových podmienok zistených 14. III. 1960 a 26. VII. 1960.

Záver

V práci sa metódou modelovania na analógových počítačoch určuje priebeh minimálnej, maximálnej a priemernej hladiny podzemnej vody.

Na lokalite Závažná Poruba — Uhorská Ves boli hydraulickým integrátorom plošne určené koeficienty prietočnosti, plošné nerovnorodosti zvodnenej vrstvy, bola zistená a stanovená v priemere 1,6-krát zvýšená priepustnosť v smere pozdĺž Váhu oproti priepustnosti kolmo na Váh. Okrem toho bol zistený doplňujúci hydraulický odpor do príbrežnej časti územia (kolmatácia, neúplnosť zarezania koryta Váhu). Graficky boli vymedzené koeficienty prietočnosti (obr. 5), a tým vyznačené miesta vhodné na vodárenské využitie.

Na lokalite Stošice — Beňadiková boli metódou elektrickej analógie okrem hydroizohýps pre minimálny, maximálny a priemerný stav podzemnej vody vyriešené izočiary výdatnosti jednotlivej jednotkovej studne (obr. 3—4) a bolo poukázané na niektoré zmeny hydraulických parametrov zvodnenej vrstvy.

Doručené 28. V. 1973
Odporučil A. Porubský

Literatúra

Banský, V. 1970: Metodika oceňovania zásob podzemných vôd v úzkych údolných nivách a jej praktické aplikovanie na území Uhorská Ves—Okoličné. Manuskript — Archív Kat. inž. geol. a hydrogeol. PF UK, Bratislava.

Duba, D. 1968: Hydrológia podzemných vôd, Bratislava, SAV.

Mucha, I.—Meliboris, L.—Banský, V.—Böhm, V. 1973: Metódy hydrogeologického výskumu. Učebný text — v tlači, Bratislava. SPN.

TUŽINSKÝ, A. 1972: Hydrogeologické pomery fluviálnych sedimentov Liptovskej kotliny. Zborník prác absolventov k 20. výročiu výuky inžinierskej geológie a hydrogeológie. Bratislava, str. 58—72, Katedra inž. geol. a hydrogeol. PF UK.
VEVIOROVSKAJA, M. A.—KRAVČENSKO, S. A. I. P.—RUMJANCEV, 1962: Metody analogii primenitelnyje k filtracionnym rasčetam. Izd. Mosk. univerz. Moskva.

Evaluation of the ground-water regime of the Quaternary flood plain of the river Váh between the towns of Liptovský Hrádok and Okoličné

IGOR MUCHA — RASTISLAV PAVELEK

In the paper presented the results of basic hydrogeological investigations are evaluated from the view point of the ground-water regime and as a basis for future appraisals of ground-water reserves.

The area studied consists of young fluvial deposits, in the upper part of loam, in the lower part of loam and gravel or sand and gravel in the total thickness of 8 to 12 m and a coefficient of permeability 10^{-4} to 10^{-3} m/s. The impermeable substratum of the water-bearing sediments with unconfined ground-water level consists of flysch sediments. The area is limited by the river Váh, at one of the localities by an opened and covered drainage and at the other by an impermeable boundary (fig. 1).

In solving the problem the method of hydraulic analogy by modelling on the hydraulic integrator of Lukjanov's system and the method of electric modelling of fields on an electrically conductive paper by means of an EMPO apparatus were applied.

At the Závažná — Uhorská Ves locality, the ground-water regime consists of influent seepage from the rivers Váh and Štiavnica, infiltration of precipitation, inflow from a terrace on the southern border, and agricultural drainage on the whole locality.

In evaluating the ground-water regime of the Quaternary flood plain of the river Váh, the following problems have been solved by the method of hydraulic analogy:

— Course of the minimum ground-water table for a long-term minimum of the extreme marginal condition to March 14, 1960.
— Course of the average ground-water table for the extreme marginal condition of the river Váh to april 4th, 1969 which represents a long-term average level of the river Váh.
— Course of the maximum ground-water table for extreme marginal conditions to July 26, 1960 which represents a 50-year water in the river Váh.
— The coefficients of transmissibility were determined areally and the inhomogeneities of the aquifers were established. Likewise the increased permeability along the river Váh has been established and it has been determined that it is on the average 1.6 times higher than the permeability at right angle to the river Váh.

The solutions have been verified at unstable flow and carried out for the stationary conditions of the extreme marginal conditions and taking into account the effects of drainage.

At the Stošice—Beňadiková locality the ground-water regime is controlled by influent seepage and infiltration of atmospheric precipitation. The ground water produces a lateral flow with the river Váh.

For the evaluation of the ground-water regime, by means of modelling and electrical analogy have been determined the minimum, average, and maximum levels of ground water, which represent extreme conditions of ground water at a long-term duration of the minimum (March 14th, 1960), average (April 30, 1969), and maximum (July 26, 1960) extreme marginal conditions (figs. 3 and 4).

Moreover, discharge isolines of a unit well have been constructed and several changes in the hydraulic parameters of the aquifer have been indicated.

Translated by E. Česánková

Pokračovanie zo str. 350

určitých a odnosem jiných látek. Tím se přibližuje k názoru rumunských autorů, kteří tyto horniny považuje za hyperalkalické migmatity, a liší se od pojetí Streckeisena, jenž klade důraz na diferenciaci. Důležité horniny této skupiny nalézáme v prstencovitých komplexech s vyzařující fenitizací a často i s karbonatitovým jádrem. Mezi příklady uvádí autor klasický masív Fen a zvláště světoznámý masív chibinský. Bohužel se ani stručně nezmiňuje o unikátní a ekonomicky významné mineralizaci (apatit, nefelin, minerály vzácných zemin), které tento masív provázejí.

Šestá kapitola obsahuje údaje o gabroidních horninách. Autor v ní správně reaguje na výsledky nových výzkumů a podtrhuje možnost dvojího původu gaber: rekrystalizací a mobilizací z vulkanitů a intruzí z hlubších zón. Diskutuje vztah gaber k iniciálnímu vulkanismu a uvádí pozici různých typů gabroidních těles v Evropě, Africe, včetně dnes již klasických intruzí Skaergaard v Grónsku a Sudbury v Kanadě.

Předmětem sedmé kapitoly jsou peridority. Do této skupiny řadí Raguin i geneticky dosud nevysvětlené dvojpyroxenové horniny s pyropem a spinelem — tzv. ariégity z Pyrenejí. Jako příklady peridoritů různých asociací uvádí peridority z evropských a maloasijských afiolitových sérií, ultrabazika orogenních zón z. pobřeží USA, pyrenejské lherzolity i peridotity v jádrech některých prstencovitých komplexů (Aldan, Brazílie).

Osmá kapitola se zabývá problematikou charnockitů. Dosavadní nejednotné názory na jejich genezi vedou Raguina k tomu, aby genezi, paragenezi a vývoji těchto hornin i jejich tolik diskutované příslušnosti ke granulitové facii věnoval ve své knize hodně místa; nekde dokonce (např. diskusí obecné problematiky granulitů) vybočuje z tematického rámce své knihy. Z desítek světových výskytů charnockitů uvádí Raguin indické a zařazuje překvapivě do této skupiny i granulity saské a dokonce i jihočeské, i když je mu známo (p. 189), že tyto horniny naši autoři interpretují jako metavulkanity.

Velkou pozornost věnuje autor anortozitům (hlavně norským) a jejich diferenciaci, přičemž se opírá o výzkumy belgického badatele Michota.

V závěrečné deváté kapitole se Raguin zamýšlí nad některými obecnějšími problémy geneze plutonitů. Najdeme v ní zajímavé úvahy o dualismu transformismu a magmatismu, o vztazích mezi vulkanismem a plutonismem i o litologických sériích plutonitů. Podle Raguina je vznik plutonických hornin důkazem konvergence, vedoucí — různými cestami — k dosažení (málokdy však úplného) rovnovážného stavu.

Raguinova kniha je celkově velmi vydařeným, a pro svůj originální přístup se zdůrazněním geologických aspektů cenným dílem. Její hodnotu nesnižují ani některé menší nedostatky, jako např. zařazení saských a českých granulitů do knihy o plutonitech a některé mezery v citacích moderní literatury. V tomto smyslu postrádáme v knize zmínky např. o významných sovětských pracích věnovaných antarktickým charnockitům (Ravič) a o důležité americké monografii o charnockitech, kterou vydal v roce 1969 Isachsen. Náš čtenář by v knize očekával alespoň stručnou zmínku o středočeském plutonu nebo karpatských granitoidech, a to tím spíše, že jejich problematika je autorovi dobře známa z několika exkurzí po ČSSR. Na druhé straně je však třeba ocenit, že autor se nevyhýbá příkladům plutonitů z území socialistických zemí, ač i zde by našel více a vhodnějších příkladů (např. bazika a ultrabazika Uralu). V tomto směru je zajímavé, že autor je dobře obeznámen s pracemi D. S. Koržinského, jehož práce jsou v poslední době vysoce hodnoceny a hojně aplikovány moderní francouzskou petrologickou školou (Fonteilles, Guitard).

Po Raguinově knize sáhnou jistě se zájmem i naši geologové, zejména ti, kteří spíše než petrochemií a petrologií se zabývají terénní prací v oblastech plutonitů a studují jejich tělesa v kontextu s jejich geologickým rámcem. Pro velké množství příkladů z různých oblastí světa a pro výstižné definice a petrografické charakteristiky i čestné instruktivní mapky je kniha užitečným doplňkem i pro vysokoškolské studenty geologických věd.

Jiří Losert

Mineralia slovaca **6** (1974), 4, *367—374*

Nové hydrogeologické poznatky z prieskumu náplavov Tople a Ondavy na ich sútoku

(2 obr. a 1 tab. v texte)

ĽUDOVÍT CIBUĽKA*

Les connaissances nouvelles acquises sur les dépôts alluvionnaires des rivières Topľa et Ondava à leur confluent

L'article présente un résumé des connaissances obtenues de l investigation hydrogéologique des dépôts alluvionnaires dans les conditions hydrogéologiques prétentieuses, lorsque l'approvisionnement en eaux souterraines est rendu difficile par le creusement incomplet des lits des fleuves et la qualité des eaux souterraines est menacée par une forte polution des eaux d'une des rivières.
La solution de ce problème est présentée par le modelage de l'investigation au moyen duquel on établit les résistances complémentaires, l écoulement souterrain et les ressources utilisables des eaux souterraines. Plus loin on évalue par les calculs hydrogéologiques les quantités des eaux souterraines exploitables par 3 alternatives de prise ainsi que l'influence d'une rivière fortement polluée sur la qualité des eaux souterraines. On recommande comme méthode de prise optimale l'enrichissement artificiel des ressources des eaux souterraines.

Sútok Ondavy a Tople je v popredí záujmu vodárskych organizácií, odkedy A. PORUBSKÝ (1957) označil túto oblasť za vodárensky priaznivú.

Už orientačný hydrogeologický prieskum (A. SCHINDLER 1956) ukázal, že z jednotlivých vŕtaných studní možno odčerpávať až niekoľko desiatok l/s podzemnej vody

Hydrogeologickými prácami na úrovni predbežného prieskumu sa bližšie preskúmali hydrogeologické pomery tesne nad sútokom oboch riek (J. ORVAN 1960) a v širšej oblasti vyššie proti toku (Ľ. CIBUĽKA 1966, W. TŮMA 1961). Práce potvrdili, že najmä hydrogeologické pomery nad sútokom sú veľmi priaznivé, ale zároveň veľmi zložité, a preto je problematika vodárenského využitia podzemnej vody neobyčajne náročná.

Ďalšie prieskumné práce mali vyriešiť dve kľúčové otázky:

a) možnosti doplňovania zásob podzemnej vody infiltráciou z neúplne zarezaných, resp. zakolmatovaných korýt riek,
b) vplyv silne znečistenej rieky Ondavy na kvalitu podzemnej vody.

Hydrogeologické pomery

Záujmové územie je plochou rovinnou nivou so šírkou 4—5 km, spoločnou obom riekam od Vranova. Na pravej strane prechádza údolná niva pozvoľne do nevýraznej neo-

* RNDr. Ľudovít Cibuľka, IGHP, n. p., Žilina, závod Košice 040 01 Košice—Ťahanovce

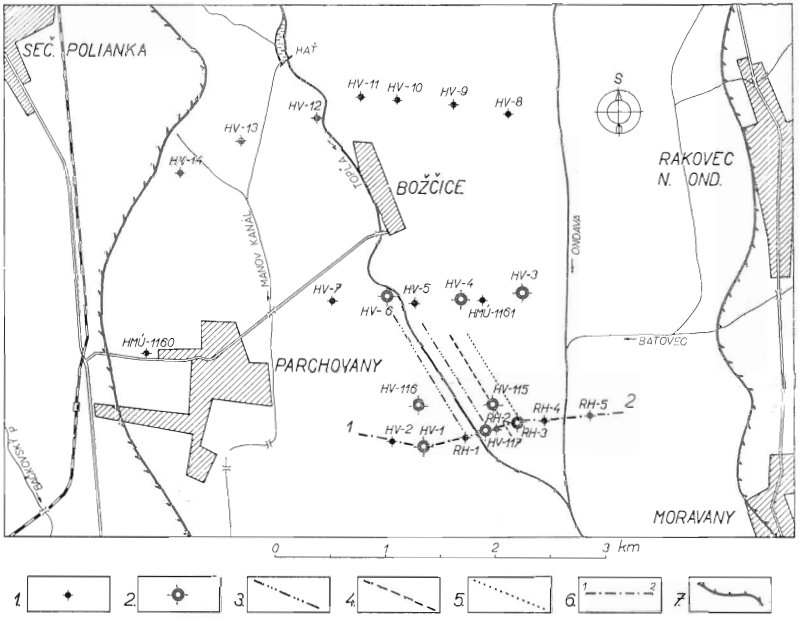
génnej pahorkatiny podhoria Slanského pohoria, na ľavej strane je výrazne morfologicky ohraničená hrabovecko-trhovištskou pahorkatinou.

Hlavným nositeľom podzemnej vody sú kvartérne piesčité a štrkovité náplavy riek. Sú zvodnené a vypĺňajú dno údolia ako súvislá poloha. Najväčšia mocnosť zvodnených náplavov bola zistená v medziriečí tesne nad sútokom (7—9 m). Smerom k okrajom rovinnej nivy sa rovnako ako v smere proti toku mocnosť zvodnených náplavov zmenšuje na 3—6 m (obr. 2).

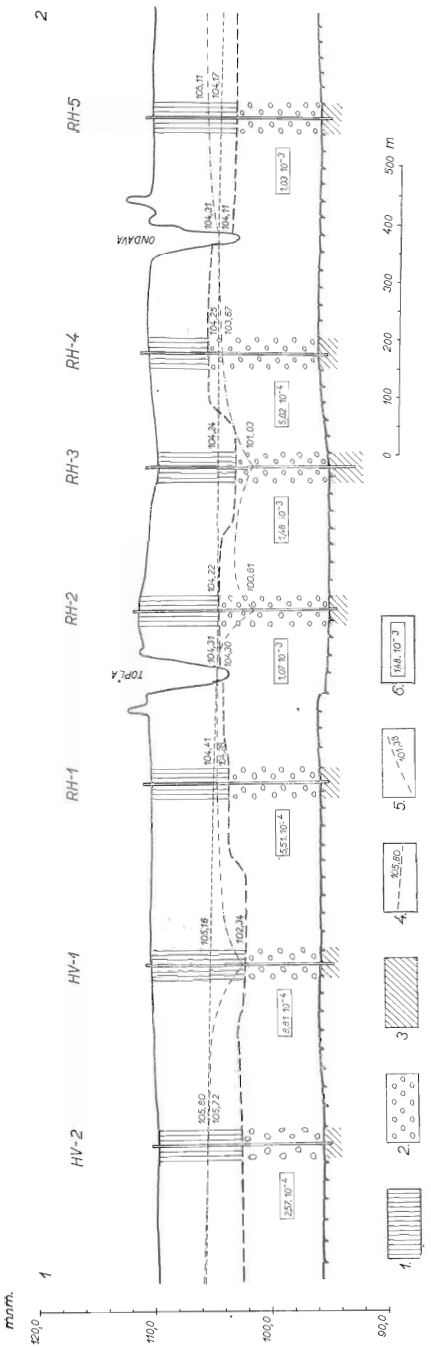
Ide zväčša o drobno- až strednozrnný štrk so značným obsahom piesčitej frakcie (12 až 42 %). Zahlinenie kolíše v horizontálnom i vertikálnom smere. Najviac zahlinený štrk je spravidla v mocnosti okolo 1,5 m v najvrchnejšej časti štrkovej polohy. Jemno- až strednozrnný piesok, zvyčajne viac-menej zahlinený, vystupuje len miestami ako tenká poloha nad štrkom (1—2 m), prípadne ako vložka v hlinitých sedimentoch.

Priepustnosť zvodnenej vrstvy a jej mocnosť klesá smerom k okrajom rovinnej nivy a v smere proti toku. Nejde pritom o zmenšovanie priepustnosti celej zvodnenej vrstvy, ale o väčší výskyt čiastkových, menej priepustných, zahlinenejších polôh. Hodnoty koeficientov filtrácie kolíšu až v rozmedzí jedného rádu ($k = 1{,}02 \cdot 10^{-4}$—$1{,}48 \cdot 10^{-3}$ m/s).

Podložie zvodnenej vrstvy predstavujú takmer výlučne len ílovité neogénne sedimenty (sarmat), ktoré z hydrogeologickej stránky možno považovať prakticky za nepriepustné.



Obr. 1. — Situácia prieskumných sond a odberných objektov
1 — Hydrogeologické vrty — prieskumné studne, 2 — hydrogeologické vrty — prieskumné studne, pri ktorých sa uskutočnila spoločná čerpacia skúška (tiež odberné objekty podľa 1. alt.), 3 — rady odberných studní povedľa Topľe (2. alt.), 4 — rad odberných studní (3. alt.), 5 — rad vsakovacích studní (3. alt.), 6 — hydrogeologický rez, 7 — okraj rovinnej nivy.
Fig. 1. Position of exploration and intake wells.
1 — Hydrogeological drillings — exploration wells, 2 — hydrogeological drillings — exploration wells on which a joint pumping test was carried out (salo intake wells according to alt. I), 3 — groups of intake wells along Topľa (alt. II), 4 — group of intake wells (alt. III), 5 — group of infiltration wells (alt. III), 6 — hydrogeological section, 7 — margin of flood plain.



Obr. 2. Schematický hydrogeologický rez 1—2
1 — nadložie zvodnenej vrstvy — hliny piesčité, prachovité a ílovité, 2 — zvodnená vrstva — štrky piesčité, štrky hlinité, 3 — podložie zvodnenej vrstvy — neogénne íly, 4 — hladina podzemnej vody pred započatím spoločnej čerpacej skúšky 5 — hladina podzemnej vody pred ukončením spoločnej čerpacej skúšky 6 — hodnoty koeficienta filtrácie „k" m/s.

Fig. 2. Diagrammatic hydrogeological section 1–2
1 — Beds overlying the aquifer — sandy, silty, and clayey loam, 2 — aquifer — sand and gravel, loamy gravel, 3 — beds underlying the aquifer — Neogene clay, 4 — ground-water table beforethe joint pumping test, 5 — groundwater table before the termination of the joint pumping test, 6 —values of the coefficient of permeability "k" m/s.

Nadložie zvodneného štrku a piesku kvartéru tvorí mocná poloha piesčitej až ílovitej hliny (7—8 m). Priepustnosť týchto materiálov je veľmi nízka, prakticky žiadna.

Hladina podzemnej vody je slabo napätá. Jej rozkyv dosahuje počas roka 2,5—3,0 m, max. 3,5 m. Podľa režimných pozorovaní rozkyv hladiny podzemnej vody je v priamej závislosti od zmeny vodného stavu na povrchových tokoch, čo svedčí o hydraulickej spätosti oboch hladín. Ako ukázali prieskumné práce, rieky prerezávajú mocnú polohu hliny a dná ich korýt zasahujú do najvrchnejšej, menej priepustnej časti zvodnenej polohy (piesok, zahlinený štrk). V úsekoch malého spádu tokov možno okrem toho predpokladať aj určitý stupeň prirodzeného zakolmatovania dna jemnými splaveninami. Tieto nepriaznivé okolnosti spôsobujú zmenšenie priepustnosti a zvýšenie hydraulického odporu na styku zvodnenej polohy s riekami.

Z uvedeného vyplýva, že okrajové hydraulické podmienky vo vertikálnom smere tvoria podložné neogénne ílovité sedimenty a vrchná krycia hlinitá poloha. Prítok i odtok na oboch týchto hraniciach možno považovať za zanedbateľný ($\pm q = 0$).

Okrajové podmienky v horizontálnom smere tvoria rieky Ondava a Topľa a okraje

údolia (obr. 1). Na hranici riek možno brať do úvahy podmienku stáleho tlaku, avšak vzhľadom na zvýšenie hydraulických odporov je nevyhnutné zaviesť potrebné korekcie. Okraje údolia sú tvorené málo priepustnými ílovitými horninami. Na pravej strane zasahujú z podhoria Slanských vrchov na okraj údolia proluviálne sedimenty náplavových kužeľov cabovského a bačkovského potoka, príp. sa tu lokálne vyskytuje nízky terasový stupeň. Podľa priebehu hydroizohýps dochádza na tejto hranici k trvalému prítoku a možno uvažovať q = konšt.

Podstatný vplyv na prirodzený režim prúdenia podzemnej vody majú obe rieky a prítok z okraja údolia. Vzhľadom na pomerne malý spád oboch riek sa výrazne uplatňuje vplyv hate na Topli nad Božčicami. Vzdutie hladiny v rieke spôsobuje nad haťou trvalé presakovanie vody z toku do náplavov. Na pravej strane Tople pod haťou nastáva opätovné drénovanie takto presiaknutej vody. V celom úseku až po sútok nastáva tiež drénovanie podzemnej vody pritekajúcej z okraja údolia. Výpočtom sme určili hodnotu špecifického prietoku na $q = 8{,}0 \cdot 10^{-3}$ l/s/bm, čo v úseku od HV—6 po HV—1 na šírku prúdu 1500 m predstavuje prítok Q = 12 l/s. V medziriečí sa z hate presiaknutá voda drénuje jednak Topľou pod haťou, jednak Ondavou v priľahlom úseku vzdutia, i ďalej, skoro až po sútok. Takýto režim prúdenia sa uplatňuje pri nízkom a priemernom stave hladiny v tokoch. Pri vysokom stave prirodzená drenáž riekami prestáva a naopak, okrem krátkeho úseku Tople pod haťou, presakuje povrchová voda z tokov do náplavov.

Možnosti vodárenského využitia podzemnej vody

Pri posudzovaní možností vodársky využiť podzemnú vodu bolo treba stanoviť jednak využiteľné zásoby, jednak kvalitu podzemnej vody. V prvom prípade bola nepriaznivým faktorom sťažená infiltrácia z riek, v druhom možnosť ovplyvnenia podzemnej vody silne znečistenou Ondavou. Optimálny spôsob odberu podzemnej vody závisí od vylúčenia vplyvu týchto faktorov.

Využiteľné zásoby podzemnej vody

Využiteľné zásoby podzemnej vody sme určili modelovým výskumom na hydrointegrátore systému prof. Lukjanova na základe dlhodobej čerpacej skúšky a režimového pozorovania (I. MUCHA 1968). Modelovaním sa stanovili doplňujúce odpory na hranici zvodnená poloha—rieka, podzemný odtok z územia a odberateľné množstvo podzemnej vody. Všetky hodnoty zistené modelovaním sú pri riešení problematiky veľmi cenné, pretože pri ďalších výpočtoch poskytli nepostrádateľné korekčné, ako aj vierohodné porovnávacie hodnoty.

Pri 5 studniach v medziriečí (RH—3, HV—117, HV—115, HV—4, HV—3) sa modelovaním stanovilo ako trvale odberateľné množstvo $Q_{sum} = 66{,}93$ l/s pri S = 1/3 H. Pri dokonalosti filtrov by sa toto množstvo zvýšilo až na $Q_{sum} = 95{,}20$ l/s. Okrem toho bol nad sútokom v medziriečí modelovaný odber úplným radom studní povedľa riek v dĺžke 2700 m, pričom sa ich vzájomná vzdialenosť blíži k nule. V závislosti od vzdialenosti studní od rieky (100, 50, 25 m) bolo stanovené odoberateľné množstvo 167, 218 a 278 l/s.

Okrem toho sme využiteľné množstvá stanovili hydrogeologickými výpočtami podľa metód, ako ich uvádza N. N. BINDEMAN (1963). Do vzorcov boli zavedené korekcie vzhľadom na doplňujúce odpory predstavujúce vplyv neúplného zarezania, resp. zakolmatovania korýt riek.

Pre jestvujúce studne v medziriečí (I. alt.) RH—3, HV—117, HV—115, HV—3, HV—4 sa stanovilo trvale odberateľné množstvo 61,3 l/s; zo studní na pravej strane Tople HV—116, HV—6, HV—1 množstvo 27,1 l/s.

Tab. 1

Objekt		Topľa	HV-4*	HV-4**	HV-117	HV-117	HV-115	HV-115	RH-3	RH-3	HV-3	HV-3	Ondava
Teplota vody °C		—	9,6	9,8	10,0	10,4	10,4	10,0	10,6	10,0	9,2	9,2	—
Mineralizácia mg/l		390	511	517	540	507	736	700	817	817	493	510	526
Celková tvrdosť °C		12,5	15,6	15,6	26,7	15,9	22,8	21,7	26,0	28,3	15,4	15,7	11,3
Oxidovateľnosť mg O_2/l		9,44	2,00	2,08	3,52	1,92	4,76	2,00	2,32	2,88	3,76	0,48	110
Voľný CO_2 mg/l		7,48	42,5	43,1	149	79,2	101	114	102	85,4	51,9	63,3	44
Katióny mg/l	Na^+	8,80	13,6	13,2	15,6	12,4	15,0	15,8	15,6	15,2	12,8	13,0	42,2
	K^+	7,80	4,20	4,20	4,60	3,40	12,0	10,4	4,6	5,0	4,2	3,8	8,80
	Ca^{2+}	64,5	82,6	84,5	146	86,2	119	113	141	151	83,8	87,0	79,0
	Mg^{2+}	15,1	17,5	16,1	27,2	16,5	26,7	25,3	27,5	30,6	15,8	15,3	14,3
	Fe^{3+}	0,21	0,09	0,18	0,24	0,39	0,24	0,27	0,09	0,70	0,02	0,06	1,66
	Mn^{2+}	st	1,56	1,23	1,56	1,24	2,18	1,82	0,70	1,13	0,35	0,43	0,23
	NH_4^+	0,17	0,25	0,25	0,47	0,32	0,60	0,42	0,75	0,60	0,53	0,60	1,00
Anióny mg/l	Cl^-	12,0	4,25	3,25	4,75	12,0	3,50	5,25	4,75	9,50	32,75	5,75	60,2
	SO_4^{2-}	32,9	52,7	51,4	50,6	43,2	44,1	47,7	38,7	49,4	42,0	44,4	43,6
	NO_2^-	0,20	st	0,02	st	0,00	0,00	0,00	st	0,00	st	0,00	st
	NO_3^-	5,50	3,00	6,50	2,50	1,00	st	1,00	st	st	2,5	1,00	st
	PO_4^{3-}	0,02	st	0,00	0,09	st	0,00	0,00	0,03	0,03	st	0,00	0,00
	HCO_3^-	232	305	305	555	299	488	451	555	579	305	311	268

Chemický rozbor vody

* Prvý údaj pri každom objekte je podľa vzorky vody na začiatku dlhodobej čerpacej skúšky,
** druhý údaj z jej konca.

Chemical analyses of water

* The first entry in each object refers to the water sample from the beginning of the pumping test,
** the second entry is from the end of the long-term joint pumping test.

Druhou alternatívou bolo umiestnenie odberných studní na oboch stranách rieky Tople vo vzdialenosti 100 m od rieky. Pre rad studní dĺžky 1600 m na pravej strane (alt. 2a) boli určené pri počte studní 5, 9, 17 odberné množstvá takto:
$Q_5 = 29{,}2$ l/sek, $Q_9 = 51{,}2$ l/sek, $Q_{17} = 60{,}4$ l/sek.
Pre rad studní 1200 m na ľavej strane Tople (alt. 2b) boli určené pri počte studní 4, 7, 13 odberné množstvá takto:
$Q_4 = 34{,}3$ l/sek, $Q_7 = 45{,}3$ l/sek, $Q_{13} = 54{,}4$ l/sek.
Pri 3. alternatíve sa počítalo s umelým obohacovaním zásob podzemnej vody. Išlo o odber radom studní na úseku 1000 m v medziriečí po ľavej strane Tople vo vzdialenosti 200 m od rieky. Vo vzdialenosti 100 m od tohto radu smerom na Ondavu bol uvažovaný rad vsakovacích studní na rovnako dlhom úseku a v rovnakom počte. Odberné množstvá pri počte odberných studní 5, 9, 17, 33 boli stanovené takto:
$Q_5 = 90{,}8$ l/sek, $Q_9 = 152{,}0$ l/sek, $Q_{17} = 229{,}6$ l/sek, $Q_{33} = 300{,}5$ l/sek.
Z porovnania modelovaním získaných a vypočítaných hodnôt odberných množstiev podzemnej vody možno konštatovať, že porovnávané hodnoty nevykazujú podstatnejšie odchýlky.

Kvalita podzemnej vody

Chemizmus čerpanej podzemnej vody (tab. 1) určujú faktory, ktoré ho vytvárajú, resp. naň vplývajú za prirodzeného režimu prúdenia podzemnej vody, a faktory, ktoré sa na dotváraní chemizmu zúčastňujú za režimu prúdenia pri intenzívnom odčerpávaní podzemnej vody.
Podzemná voda v medziriečí je v podstatnej miere voda infiltrovaná do náplavov z rieky Tople nad haťou, v menšej miere tiež voda infiltrovaná za vysokého stavu z oboch riek. Chemizmus podzemnej vody je teda prvotne určovaný chemizmom vody v riekach. Infiltrovaná voda sa v zvodnenej polohe ďalej mineralizuje, pričom podstatnú úlohu má obsah organického znečistenia.[1)]
Rozkladom organických látok za účasti baktérií a mikroorganizmov vzrastá v podzemnej vode koncentrácia voľného CO_2 a dusíkatých, hlavne amónnych zlúčenín. Voľný CO_2 reaguje s karbonatickými zložkami sedimentov za tvorby bikarbonátov alkalických zemín, ale tiež bikarbonátov železa a mangánu. Infiltrovaná voda zvyšuje svoju mineralizáciu v závislosti od filtračnej dráhy a času styku s horninovým prostredím.
Pri prirodzenom režime podzemnej vody je mineralizácia podzemnej vody v južnejšie položených sondách (HV—117, HV—115, RH—3) v rozmedzí 825—863 mg/l, pri severnejších sondách HV—3, HV—4 však len 464—476 mg/l. Na pravej strane Tople sa celková mineralizácia pohybuje v rovnakých hraniciach.
Pri intenzívnom čerpaní sa na jednej strane zrýchľuje prúdenie podzemnej vody a skracuje čas jej styku s horninovým prostredím. Na druhej strane však zväčšený prínos organického znečistenia spôsobuje zvýšenie agresívnosti podzemnej vody. Preto infiltrácia z Tople a Ondavy neovplyvňuje chemizmus podzemnej vody rovnako. Zatiaľ čo infiltrácia z Tople vyvoláva pokles pomerne vysokej mineralizácie, infiltrácia z Ondavy vyvoláva jej stúpnutie. Táto zásada platí tiež pre obsah závadných komponentov v podzemnej vode.
Celkovým chemizmom sa zaraďuje podzemná voda k hydrouhličitanovo-vápenatému až vápenato-horečnatému typu. Je stredne až silnejšie mineralizovaná, dosť tvrdá až tvrdá. Podzemná voda má všeobecne zvýšený obsah amónnych iónov, iónov železa, mangánu a bária, miestami i zvýšený obsah organických látok. Obsah týchto nevhodných kompo-

[1)] Rieka Ondava je v úseku pod Hencovcami silne znečistená odpadovými vodami z Východoslovenských celulózok a papierní, n. p., Hencovce.

nentov značne presahuje medznú hodnotu pitnej vody podľa ČSN 83 0611. Ani pri studniach, v ktorých v dôsledku infiltrácie z Tople poklesla celková mineralizácia (HV—115, HV—117), obsah závadných komponentov nepoklesol pod prípustné normové hodnoty. Pri ostatných sondách nebola počas čerpania badateľná výraznejšia zmena chemizmu, v prípade vplyvu infiltrácie z rieky Ondavy dokonca obsah závadných komponentov stúpol (RH—3, HV—3).

Za takýchto okolností je prognóza zmien kvality podzemnej vody pri dlhodobom odbere veľmi ťažká, pretože zmeny v podstatnej miere závisia od spôsobu a intenzity odberu. Rozhodne bude treba obmedziť na najmenšiu možnú mieru, prípadne úplne vylúčiť možnosť infiltrácie zo znečistenej Ondavy. Pri intenzívnej infiltrácii z rieky Tople však možno predpokladať zlepšenie kvality odberanej podzemnej vody.

Záver

Problematika využitia podzemnej vody náplavov Ondavy a Tople nad ich sútokom je veľmi náročná. Z hľadiska možností vodárenského využitia podzemnej vody nepriaznivo pôsobí jednak neúplné zarezanie korýt riek do zvodnených náplavov, resp. zakolmatovanie ich dna, jednak silne znečistená rieka Ondava. Hydrogeologické prieskumné práce stanovili vplyv oboch týchto faktorov. Uvažované alternatívy odberu podzemnej vody v odlišnej miere majú na zreteli vylúčenie ich vplyvu.

Výhodou I. alternatívy je znalosť filtračných vlastností v bezprostrednom okolí budúcich studní a overenie čerpateľných množstiev a kvality podzemnej vody dlhodobou čerpacou skúškou. Jej nevýhodou je rozmiestnenie studní na príliš veľkej ploche, nie vždy v najvhodnejších hydrogeologických pomeroch a vo vhodnej pozícii voči znečistenej Ondave. Nevýhodou II. alternatívy je, že pri intenzívnom odbere radom studní po obidvoch stranách rieky Tople hrozí nebezpečenstvo ďalšej kolmatácie dna a postupný pokles odberného množstva podzemnej vody. Pri odbere podzemnej vody len na jednej strane rieky je odberné množstvo pomerne nízke.

Ako najpriaznivejšia sa ukazuje III. alternatíva odberu, t. j. umelé obohacovanie zásob podzemnej vody. Oproti predchádzajúcim dvom alternatívam dovoľuje podstatne zvýšiť odberné množstvo podzemnej vody a zmenšuje nebezpečenstvo kolmatácie dna toku. Možno tiež predpokladať, že sa umelým obohacovaním výrazne zlepší kvalita odoberanej podzemnej vody.

Doručené 31. 1. 1973
Odporučil A. Porubský

Literatúra

Bindeman, N. N. 1963: Ocenka ekspluatacionnych zapasov podzemnych vod. I. Izd. Moskva, Gosgeoltechizdat, 203 s.

Cibuľka, Ľ. 1966: Božčice — predbežný hydrogeologický prieskum náplavov Tople a Ondavy. Manuskript — Geofond Bratislava, 27 s.

Cibuľka, Ľ. 1968: Božčice — podrobný hydrogeologický prieskum náplavov Tople a Ondavy. Manuskript — Geofond Bratislava, 41 s.

Mucha, I. 1968: Výskum využitia podzemných vôd sútoku Ondavy a Tople. Manuskript — Geofond Bratislava, 31 s.

Orvan, J. 1960: Hydrogeologický prieskum náplavov Tople a Ondavy pri ich sútoku pod obcou Božčice. Manuskript — Geofond Bratislava, 27 s.

Porubský, A. 1957: Hydrogeologické pomery Východoslovenskej nížiny. Manuskript — Geofond Bratislava, 91 s.

Schindler, A. 1956: Vyhodnocení hydrogeologického průskumu Sečovce. Manuskript — archív IGHP Žilina, 9 s.

ŠTEIN, F. 1963: Výskum zmien kvality podzemnej vody v náplavoch riek Ondavy a Laborca. Manuskript — Geofond Bratislava, 155 s.
ŠTEIN, F.—JACKO, R 1968: Chemické rozbory podzemnej vody oblasti hydrogeologického prieskumu Božčice na posúdenie vplyvu odpadových vôd na akosť vody. Manuskript — Geofond Bratislava.
TŮMA, W. 1961: Správa o prevedení vŕtaných sond štátnej pozorovacej siete v okolí Vranova, Sečoviec, Trebišova a Košíc. Manuskript — Geofond Bratislava, 5 s.

New hydrogeological information gained from the investigation of alluvial deposits on the junction of the Topľa and Ondava rivers

ĽUDOVÍT CIBUĽKA

The paper presented describes a method solving the problem of ground-water utilization in the hydrogeologically intricate conditions in alluvial deposits on the junction of the Ondava and Topľa rivers. In order to appraise the possibility of ground-water management it was necessary to solve two principal questions:

(a) The possibility to supplement ground-water reserves by infiltration from the incompletely incised and/or silted river channels.
(b) The influence of the strongly polluted Ondava river on the quality of ground water.

The replenishment of ground-water reserves was solved by means of a model research on the hydraulic integrator of Prof. Lukjanov's system based on regime observations and a long-term pumping test on exploration wells. Supplementing resistances on the boundary aquifer-river, subsurface discharge from the area, recoverable quantity of ground water from the existing test wells and recoverable quantity of ground water from a group of wells in a hydrogeologically most favourable part of the area have been determined by the modelling. All data thus obtained are extremely valuable for the problem in question since they provide indispensable correcting as well as reliable comparative values for the subsequent hydrogeological calculations.

The determination of utilizable ground-water reserves was also made by means of hydrogeological calculations according to the usual formulas as mentioned by N. N. Bindeman (1963). Three alternatives have been evaluated:

I. Catchment from 8 existing test wells.
II. Catchment from a group of wells on the right side of the river Topľa (alternative IIa) and on the left side of the Topľa (alternative IIb).
III. Catchment from a group of wells which are hydrogeologically most favourably situated on the left bank of the Topľa with artificial re-charging of the ground-water reserves by a series of infiltration wells located toward the Topľa river.

The values obtained by modelling and documented by calculations do not substantially differ and may be regarded as reliable. Depending on the alternative selected, the utilizable quantities of ground water range within 88 to 300 l/sec.

An important factor also considered in the solution of the problem of the effects of the strongly polluted river Ondava on the ground-water quality in alluvial deposits was the fact that the chemical composition of ground water is primarily determined by the chemism of water in rivers. While the Topľa river has an acceptable water quality, the Ondava river is strongly contaminated, especially by organic matter (cellulose waste water). It is just the organic pollution which significantly affects the subsequent chemism of infiltrated water in alluvial deposits. Under the presence of bacteria and microorganisms the decomposition of organic matter takes place and free CO^2 and nitrogen, particularly ammonium compounds, originate. These substances increase the corrosiveness of ground water, owing to which its total dissolved solids as well as the content of unfavourable components such as iron, manganese, and ammonium increase.

It may be expected that intense infiltration of water from the river Topľa will improve the quality of water withdrawn, since the shortening both of the filtration path and of the time of contact of the water with the surrounding rock will effect the decrease of a rather appreciable amount of dissolved solids as well as the decrease of the content of detrimental components.

Preložila E. Česánková

Mineralia slovaca, 6 (1974), 4, 375—397

SÚBORNÝ REFERÁT

Geologické a genetické problémy chilských stratiformních ložisek mědi

(*9 obr. a 4 tab. v texte*)

JIŘÍ LOSERT*

Úvod

Chilská stratiformní ložiska mědi zůstávala po dlouhá desítiletí ve stínu světoznámých ložisek typu "Porphyry copper ores", reprezentovaných zejména největším chilským ložiskem mědi Chuquicamata, a ložisek typu „Breccia pipes", dobývaných na dolech El Teniente a El Salvador. Se vzrůstem těžby mědi v Chile a s postupným ubýváním zásob na těchto obrovských ložiskách obrací se však pozornost geologů i na střední a malá ložiska, jež sice nedosahují tak velkých rozměrů, zato však jejich počet jde do desítek. Jsou to ložiska žilná a ložiska stratiformní, z nichž hlavně druhá skupina nabývá v poslední době stále většího významu a stává se předmětem intenzívního geologického výzkumu a průzkumu.

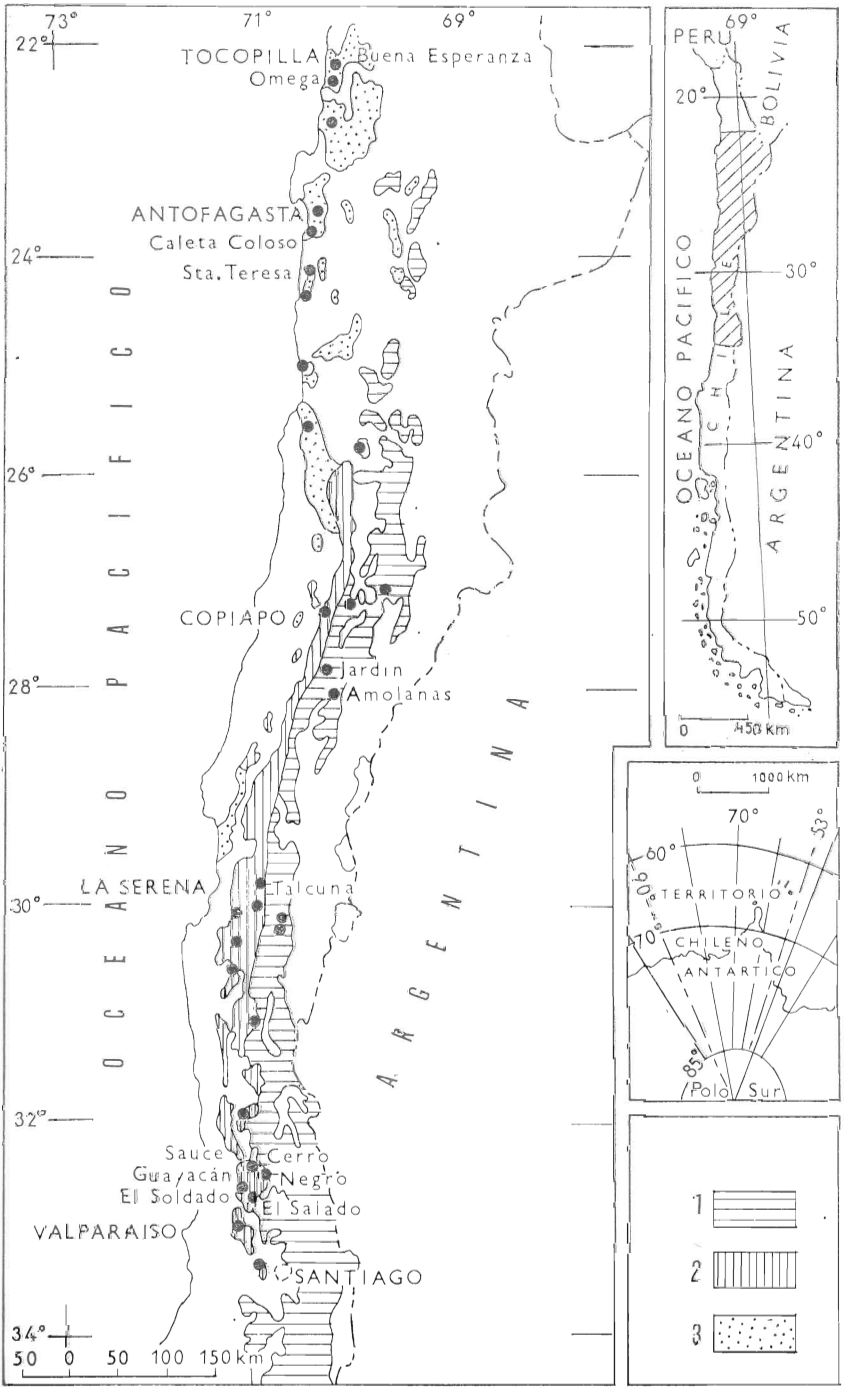
Základním problémem při nových výzkumných pracích na stratiformních ložiskách je vyřešení jejich geneze, neboť jedině tak lze vypracovat nové prospekční metody pro jejich vyhledávání a nastínit prognózy hloubkových a laterálních změn tohoto druhu ložisek. Genetickými problémy stratiformních ložisek v Chile se proto v současné době zabývá několik geologických skupin, v nichž pracují geologové chilští, sovětští, japonští aj. a v nichž pracoval i autor této stati během své dvouleté činnosti v Chile v letech 1970—1972.

Rozšíření a výskyt stratiformních ložisek mědi v Chile

Chilská stratiformní ložiska mědi se vyskytují takřka výlučně v s. polovině země, v semiaridní až aridní oblasti, rozkládající se na S od Santiaga až k hranicím Peru a Bolívie (obr. 1). Obdobná ložiska jsou známa i z přilehlých oblastí Peru a Bolívie, kam pokračují analogické geologické jednotky andské geosynklinální zóny. V jižní části Chile jsou stratiformní ložiska mědi (a stejně tak i ložiska ostatních kovů) mnohem vzácnější, patrně vlivem větší zakrytosti terénu hojnými pokryvnými útvary a vegetací.

Většina stratiformních ložisek v severním Chile leží v horském terénu, a je proto dopravně těžko přístupná. Jejich průzkum a těžba naráží na nedostatek vody, elektrické energie a mnohdy i pracovních sil. Proto většina ložisek, z nichž mnohá patřila a ještě patří soukromým majitelům, byla těžena jen velmi primitivním způsobem, bez nasazení mechanizace a se zanedbáním základních principů bezpečnosti práce. Nehospodárný způsob těžby rabováním nejbohatších částí a bez zajišťovacích prací vedl v mnoha případech k znehodnocení ložisek a jejich opuštění. V rámci znárodňovacího programu uskutečňovaného chilskou lidovou vládou v posledních letech byla zestátněna i řada takovýchto ložisek, a to zejména ta, která mají perspektivy obnovení těžby a zásoby alespoň 50 000 t kvalitní rudy. Na takovýchto ložiskách se nyní započalo s plánovitou těžbou a v jejich okolí s vyhledáváním a těžbou ložisek nových. Vytěžená ruda se většinou sváží (lanovkami, nákladními auty, ale i na hřbetech koní a oslů) do menších středisek, kde se drtí, flotuje nebo vyluhuje. Získané koncentráty se pak dopravují do některého z velkých hutních středisek nebo se vyvážejí do Japonska, Anglie a jiných zemí. Od soukromých majitelů vykupuje rudu

* RNDr. Jiří Losert, CSc., Geologický ústav ČSAV, 165 00 Praha 6, Suchdol

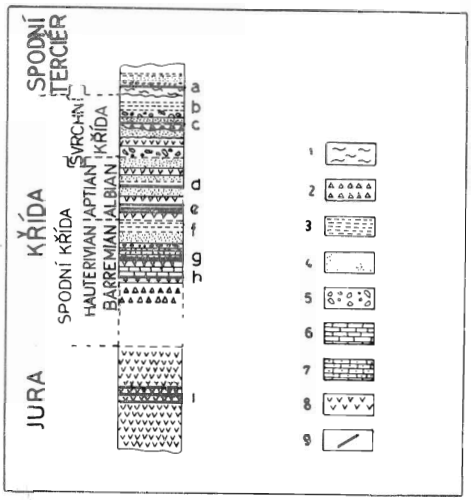


Obr. 1. Geografická poloha a schematická geologická pozice některých hlavních stratiformních ložisek mědi v Chile (tečky) 1 — svrchnokřídové a spodnoterciérní kontinentální vulkanické a sedimentární série; 2 — spodnokřídové vulkanické a sedimentární série; 3 — jurské eugeosynklinální vulkanické série (podle Ruize et al. 1971)

státní podnik ENAMI (Empresa Nacional de Minería), avšak výkupní proces je vzhledem k malému množství rudy dodávané jednotlivými majiteli a k různé kovnatosti a mineralogii rud, pocházejících z různých ložisek, velmi pracný a neekonomický.

Geologická pozice stratiformních ložisek mědi

Geologickým rámcem chilských stratiformních ložisek mědi jsou jednotky tvořící výplň někdejšího andského geosynklinálního pásma; v rámci těchto jednotek jsou to zejména vulkanicko-sedimentární série eugeosynklinálního charakteru, vyskytující se při z. okraji andského geosynklinálního pásma. Stratigraficky odpovídají jednotky s ložisky juře, křídě a spodnímu terciéru (obr. 2), přičemž jednotky patřící spodní juře až svrchnímu neokomu mají převážně marinní charakter, kdežto jednotky tvořené svrchní křídou až spodním terciérem mají povahu kontinentální. Většina ložisek se nachází v křídě.



Obr. 2. Stratigrafická pozice některých stratiformních ložisek mědi v Chile (podle Ruize et al. 1971)
1 — ignimbrity; 2 — brekcie; 3 — černé břidlice; 4 — vulkanické pískovce; 5 — slepence; 6 — mořské vápence; 7 — skarny; 8 — andezity; 9 — stratiformní rudní polohy s rudami mědi

Petrograficky jsou horniny, v nichž jsou ložiska uložena, reprezentovány marinními nebo kontinentálními sedimenty (černé břidlice, často s pyritem, vápence, slepence a pískovce, slínovce), efuzívy a extruzívy (andezity a tzv. „okoity" — velmi hrubozrnné porfyrické andezity —, bazaltické andezity a bazalty a jejich brekcie a tufy, kyselé ignimbrity) a smíšenými vulkanogenně sedimentárními horninami tufitického charakteru. Z uvedených horninových skupin jsou nejčastější doprovodnou horninou stratiformních ložisek andezity a jejich tufy a brekcie.

Horninové série s ložisky mají obvykle monoklinální zapadání, dané jednoduchou — pláše vrásovou s tavbou, místy komplikovanou strmými zlomy převážně meridionálního nebo ekvatoriálního směru. Typické jsou velké mocnosti horninových sérií — mocnosti přesahující 10 km nejsou zvláštností. V mnoha případech je značná část sérií budována desítkami až stovkami deskovitých, převážně andezitových nebo bazaltických příkrovů (obr. 3; tab. I, obr. 1) s malou, ale velmi pravidelnou mocností jednotlivých lávových proudů (3—12 m). Jejich neobyčejně velký laterální rozsah při poměrně malé mocnosti svědčí o poměrně klidném rytmickém trhlinovém vulkanismu, tu a tam přerušeném sedimentací kontinentálních nebo mořských sedimentů.

Sedimenty i vulkanity všech zrudněných stratigrafických jednotek nesou znaky slabých regionálně metamorfních přeměn, odpovídajících svým charakterem poklesovému metamorfismu (burial metamorphism) (Levi—Corvalán 1964). Ukazují na to minerální parageneze, v nichž se uplatňují zeolity, K-živec (adulár i mikroklin), albit, chlorit, pumpellyit, prehnit, kalcit, epidot, sericit a aktinolit. Zda je tento metamorfismus vyvolán „pohřbením" sérií do oblastí velkých tlaků a teplot, či zda je způsoben vlivem mladších intruzí, které v hojné míře prorážejí zrudněné série v podobě subintruzívních pňů i větších masívů a batolitů, není dosud jasno; výsledky dosavadních studií ukazují, že mohou existovat oba typy.

Tvar stratiformních ložisek

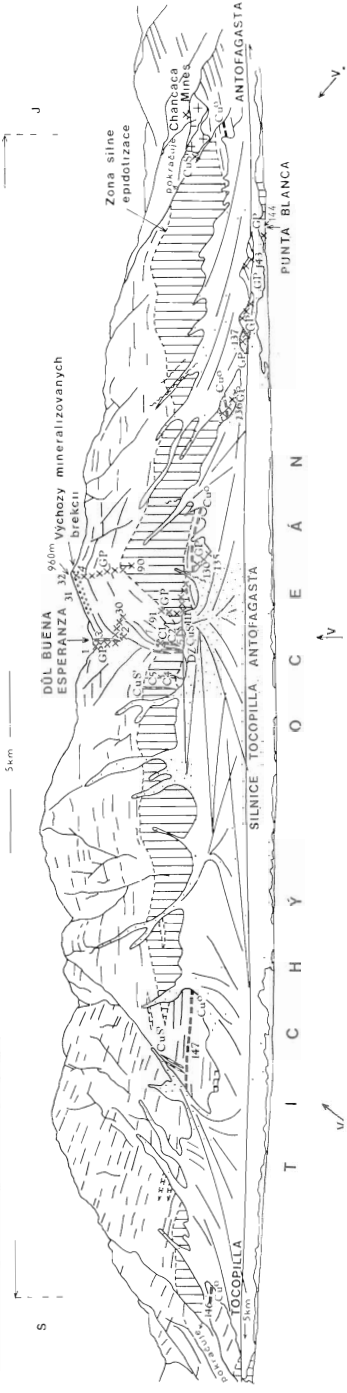
a) Konkordantní zrudnění

Základním a nejmarkantnějším tvarem studovaných stratiformních ložisek je deskovité či ploše

čočkovité těleso, uložené konkordantně se stratifikací okolních horninových poloh. V latinskoamerické geologické literatuře se taková tělesa označují jako „mantos". Na jednom ložisku může být jedno nebo i více takových ložních těles. Jsou známa i ložiska (např. ložisko Buena Esperanza v provincii Antofagasta v severním Chile, které studoval autor této stati), kde je vyvinuto až 28 zrudněných poloh nad sebou (obr. 4).

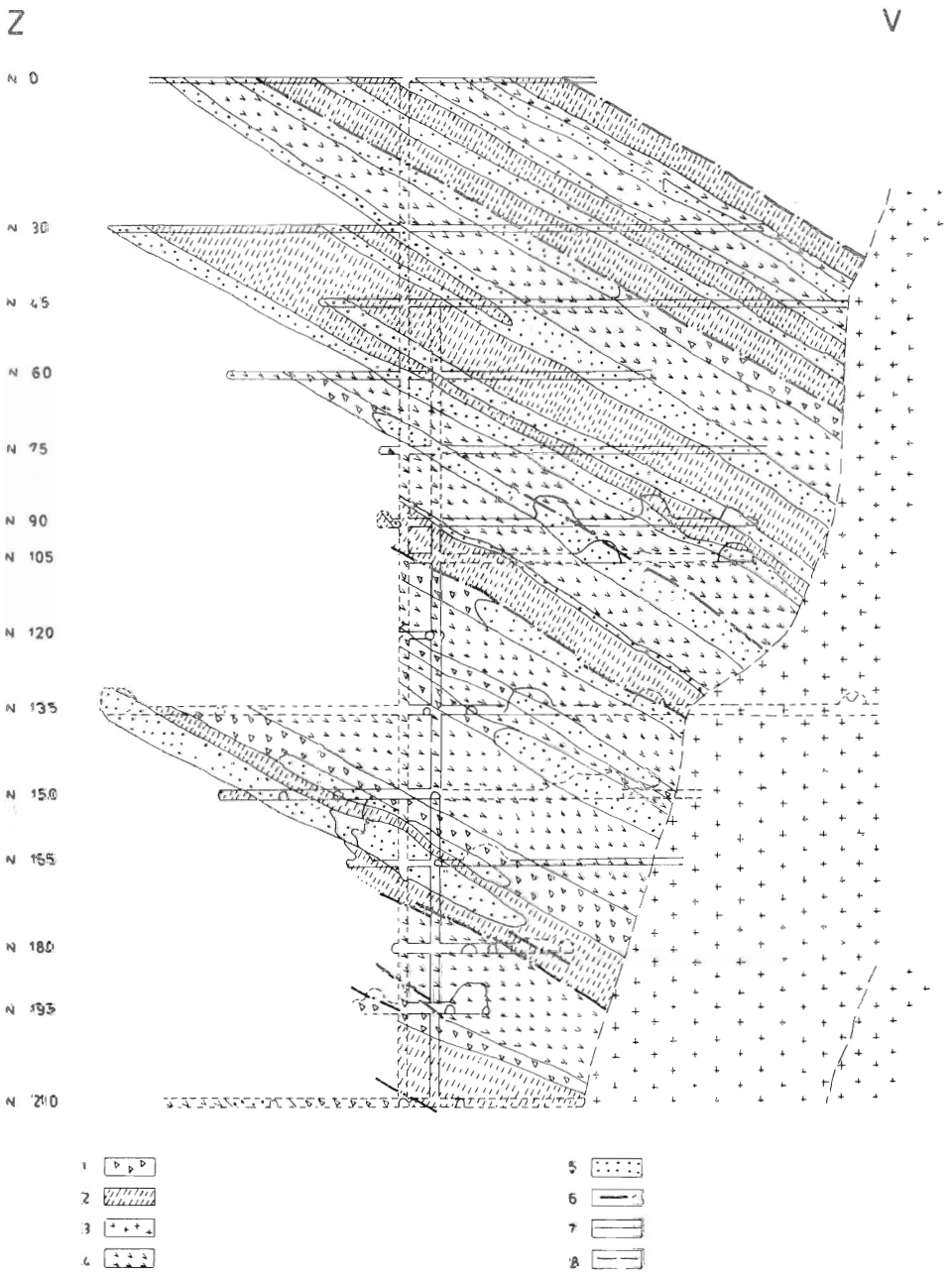
Mocnost jednotlivých rudních těles může být několik centimetrů, na jiných ložiskách i několik desítek metrů. Laterální rozsah rudních poloh po směru a sklonu je od desítek metrů do několika kilometrů, přičemž v některých případech mohou rudní polohy po přerušení (např. díky laterální záměně facií) znovu nasadit ve stejné stratigrafické úrovni.

Vnitřní struktura jednotlivých stratiformních ložisek závisí do značné míry na tom, v jakých horninách je zrudnění uloženo. V nejtypičtějších případech, kdy jsou rudy uloženy v andezitových nebo bazalt-andezitových příkrovech (např. ložiska Buena Esperanza, El Pacotillo, Guyacán, Peumo, Palqui, El Salado de Catemu), hromadí se zrudnění převážně ve svrchních částech jednotlivých příkrovů, které mají obvykle mandlovcovitou nebo proudově brekciovitou strukturu (flow breccias). Mikroskopická pozorování ukazují, že v těchto pórovitých partiích příkrovů zaplňují sulfidy mědi zčásti nebo úplně mandle (v lávě i v úlomcích lávy v brekciích) a také nepravidelné dutiny mezi úlomky porfyrické lávy, tvořící proudovou brekcii. Spolu s měděnými rudami se v dutinách i v mandlích vyskytují křemen, chalcedon, sericit, chlorit a kalcit. Směrem k bázi příkrovů se zrudnění vytrácí a objevuje se znovu v nejsvrchnější části podložního příkrovu. V některých případech, je-li báze příkrovů rovněž mandlovcovitá, jsou přítomny rudní minerály i zde. Jinak se v masivní střední a spodní části příkrovů obyčejně vyskytují rudní minerály v podobě krátkých rudních žilek nebo impregnací o velmi nízké kovnatosti a v nedobyvatelném množství. Celkově lze tedy říci, že omezení rudního tělesa uloženého v lávách je dáno mocností lávového proudu — každý lávový proud, je-li dostatečně zrudněn, představuje obvykle i samostatně dobyvatelnou rudní polohu. V případech, kdy je mocnost příkrovů a rudních poloh menší než 2—4 m, dobývá se zpravidla několik rudních příkrovů společně.



Obr. 3. Pohled od Z na ložiskový revír Buena Esperanza v provincii Antofagasta (podle Loserta 1972)

Jurská vulkanická série tvořící přivrácený svah je ponechána bez šrafy, jen se schematicky vyznačenou stratifikací. Vertikální šrafy znázorňují rozsah epigenetické epidotizace bazaltů a bazaltických andezitů. Tečkovaně — suti. Křížky vyznačují geochemické profily (GP) a čísly u nich je znázorněna poloha některých orientačních bodů v profilech. Silná přerušovaná čára vyznačuje horizont ryzí mědi (Cu°) v metasomatických draselných andezitech v podloží epidotizované zóny. C 1—C 2 a CuS' jsou výchozy rudních žil se sulfidy mědi; 2 — hlavní vchod dolu Buena Esperanza. Svislé křížky — výchozy intruzivních dioritů

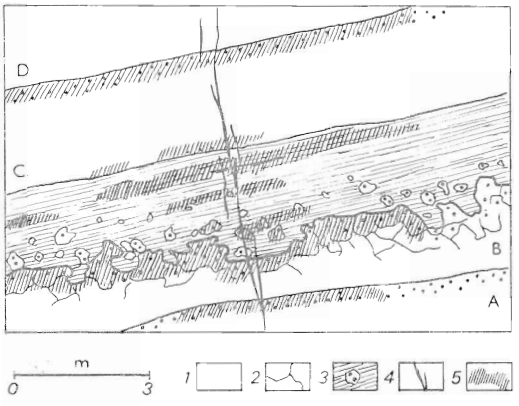


Obr. 4. Geologický profil střední částí stratiformního ložiska mědi Buena Esperanza (upraveno podle QUEZADY, in RUIZ et al. 1971)
1 — amygdaloidní andezitové brekcie; 2 — mikroporfyrický andezit; 3 — diorit a gabrový porfyr; 4 — porfyrický andezit; 5 — stratiformní zrudnění; 6 — porucha; 7 — kontakty v efuzívní a vulkanogenní sérii; 8 — přechod mezi dioritem a gabrovým porfyrem

Ojedinělé rudní struktury jsou vyvinuty na ložisku Mantos de Catemu. Zrudnění tam vystupuje v podobě pravidelně rozesetých závalků chalkopyritu v černých porfyrických andezitech, které mají strukturu „Sonnenbrand", popř. v tufech těchto andezitů, a připomíná struktury některých liquid-magmatických ložisek. Pozoruhodné jsou struktury v tufech, kde původní kalcitový tmel úlomků je téměř zatlačen rudami, hlavně chalkopyritem.

V četných případech jsou andezitové efuzívní série proloženy vložkami středně až hrubě zrnitých tufů, kontinentálních tufogenních pískovců a slepenců a sedimentárních a vulkanických brekcií. Tyto horniny mohou tvořit až desítky metrů mocné vložky, avšak také jen výplně žlabovitých erozívních rýh, kanálů a kapes, vyhloubených ve svrchních partiích lávových příkrovů. V takových horninách tvoří měděné rudy (obvykle spolu s kalcitem) tmel mezi úlomky hornin, popř. vyplňují i póry v úlomcích v podobě rudní impregnace (obr. 5). Větší dutiny v tufech mohou být zaplněny litou sulfidickou rudou. Příklady tohoto typu zrudnění jsou známy z ložisek Cerro a Talcuna v provincii Aconcagua a Buena Esperanza (prov. Antofagasta).

Ryolitové ignimbrity, tvořící bázi nejmladší (spodnoterciérní) vulkano-sedimentární sekvence andské geosynklinály, jsou okolní horninou ložisek Jardín, El Venado a Amolanas v provincii Copiapó.



Obr. 5. Detail z ložiska Buena Esperanza dokazující epigenetický charakter zrudnění a vliv vlastností okolních hornin na jeho charakter (podle Loserta 1972)
A — Spodní andezitový příkrov s mandlovcovitou facií ve svrchní části
B — Další andezitový příkrov nepravidelně erodovaný a překrytý tufitickým pískovcem, přecházejícím do sedimentární brekcie s úlomky mandlovcovitého andezitu (3). Nejvyšší část erodovaného příkrovu má blokovitou stavbu, popř. je v ní vyvinuta proudová brekcie (2)
C — Vyšší andezitový příkrov překrývající vulkanogenně sedimentární vložku
D — Nejvyšší příkrov
Příčné žilky tvořené sulfidy mědi (4) protínající všechny čtyři andezitové příkrovy i vulkanogenně sedimentární vložku, v níž se zrudnění (5) šíří do stran podle stratifikace. Zrudněny jsou rovněž mandlovcovité partie ve svrchních částech všech příkrovů, nejnižší mandlovcovitá část proudu C a také úlomky mandlovcovitého andezitu v sedimentární brekcii

V marinních vápencích a slínech, obvykle černě nebo černošedě zbarvených a bohatých organickým materiálem a někdy i pyritem, tvoří sulfidické rudy mědi proužkovitě uspořádané impregnace nebo tenké pásky lité rudy střídající se s impregnacemi (např. ložisko Carmen v oblasti Cabildo, Russa a Torre v provincii Aconcagua, Teresita v provincii Atacama). V černých břidlicích a slinitých břidlicích lagunárního původu, známých z ložisek Chancleta a Veta Negra (Cabildo), vytvářejí rudy konkrece a hlízky soustředěné do jednoho nebo více rudních horizontů.

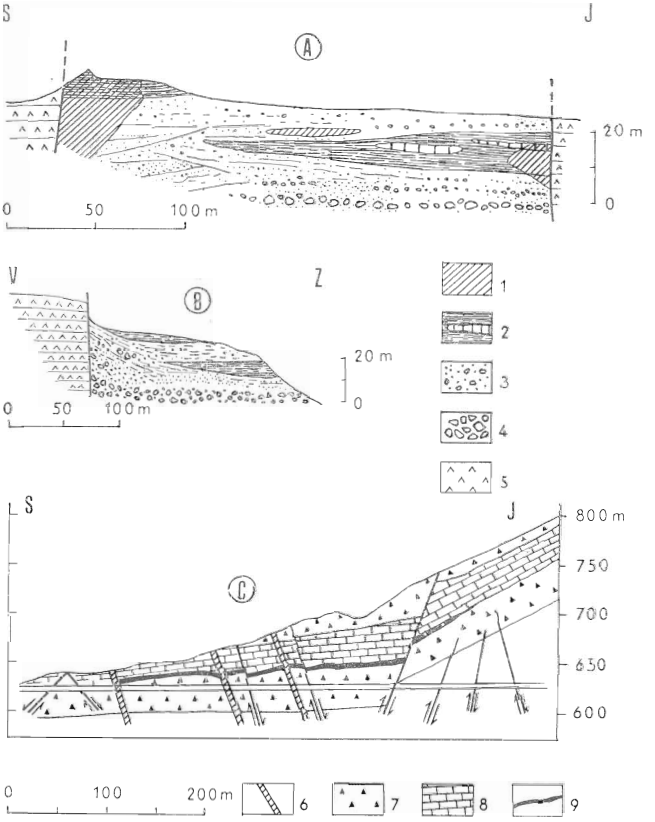
Komplikovanější typy zrudnění jsou vyvinuty např. v ložisku Guayacán, kde zrudněné amygdaloidní porfyrické andezity jsou diskordantně překryty transgresívními brekciemi a organogenními vápenci až lumachelami, které vyplňují erozívní rýhy v andezitovém podkladu. V andezitech je ruda soustředěna do mandlí nebo zatlačuje vyrostlivce živců, kdežto ve vápencích tvoří impregnace a krátké nepravidelné žilky, rotínající lastury brachiopodů i jemnozrnnou matrix vápenců.

Výjimečně mohou být doprovodnou horninou stratiformního zrudnění i červené a hnědé jaspility, uložené v černých slinitých vápencích a břidlicích, které tvoří vložky v andezitech a tufech (Mina Portales). Zrudnění v nich má charakter zvlněných a anastomozujících pásků vráskovitě deformovaných subakvatickými skluzy, popř. i impregnací v dobře zachovaných úlomcích zuhelnatělých stromovitých rostlin křídového stáří. Na ložiskách v oblasti Cerro Negro provázejí jas-

pility zrudnění uložené v hrubých tufech překrytých břidlicemi (ložisko Pirquitas) nebo prachovci a vápenci (ložisko Diablo) (obr. 6). Celá série má kontinentální původ.

Ke stratiformním ložiskům se v Chile řadí i konkordantní rudní polohy, které mají charakter skarnů (El Sauce, Los Maquis, La Campana, Fortuna, část ložisek v distriktu Santa Gracia) a zřejmě kontaktně metasomatický původ, odvozený od křídových až terciérních intruzív. Měděné rudy jsou tam vyvinuty v kontaktně metamorfovaných vápencích bohatých granátem, epidotem a místy přecházejí do železorudného (magnetit-hematitového) zrudnění.

Nakonec je nutno zmínit se i o stratiformních ložiskách recentního až subrecentního původu, reprezentovaných ložisky Caleta Coloso v provincii Antofagasta a několika ložisky (Sagasca, Riqueza, El Tesoro aj.) na Z od Ariky v provincii Tarapacá. Na tamějších ložiskách je ruda (převážně oxidická) přítomná jako impregnace a povlaky ve tmelu málo zpevněných terciérních až kvartérních slepenců. Nejvýznamnější je ložisko Sagasca, kde zásoby chryzokolové rudy s 2,5 % Cu dosahují asi 10 mil. tun.



Obr. 6. Geologické řezy ložisky Pirquitas (A, B) a Diablo (C) v oblasti Cerro Negro. Podle PELISSONNIERA (1971; A, B) a ALISTE (1964; C)

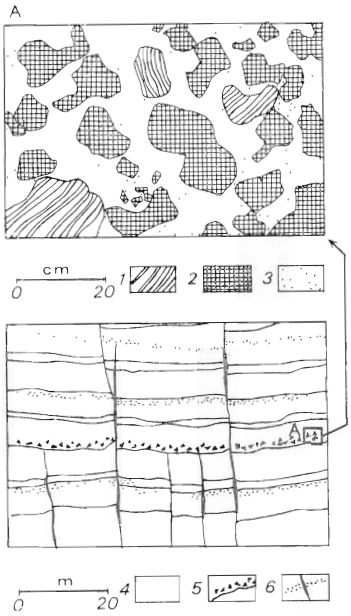
1 — jaspility a zóny silicifikace; 2 — břidlice s vložkami vápenců; 3 — hrubé tufy; 4 — masivní vulkanické brekcie; 5 — andezity; 6 — žilné horniny; 7 — brekcie; 8 — vápence a vápnité břidlice; 9 — těžené zrudnění

b) Diskordantní zrudnění

Na mnoha stratiformních ložiskách se vyskytují — obyčejně v kvantitativně podřízeném měřítku — i diskordantní typy zrudnění. Obyčejně jsou málo nápadné a jejich zásoby malé, takže se většinou netěží. Mívají charakter nepravidelných žilníků, impregnančních pásem strmých úklonů, výplní poruchových pásem nebo nepravidelných strmých žil. Na některých ložiskách (Talcuna, Portales, Buena Esperanza, Carmen, Diablo aj.) dosahují žíly i větších — několikadecimetrových až metrových — rozměrů a kumulace měděných rud v nich byly příležitostně dobývány. Syme-



Obr. 7. Schematická geologická mapa ložiskového revíru Talcuna (podle Peeblese, in Ruiz et al. 1971)
1 — aluvium; 2 — andezity, andezitové aglomeráty a brekcie; 3 — horizont se stratiformním zrudněním mědi; 4 — vulkanické brekcie a tufy blíže neurčené; 5 — osa antiklinály; 6 — poruchy, zčásti též žíly se sulfidy mědi a barytovou žilovinou; 7 — doly



Obr. 8. Intermineralizační eroze na ložisku Talcuna (podle Loserta) A — detail z celkového profilu ložiska, ukazující úlomky páskované barytové žiloviny s měděnými sulfidy (1) a úlomky andezitu (2) v bazálním horizontu mladší vulkano-sedimentární série; 3 — tufitická písčitá brekcie; 4 — andezity s lokálními vložkami vulkanických brekcií a tufů; 5 — bazální horizont s úlomky starších rudních žil; 6 — rudní žíly, částečně končící na ploše skryté diskordance, částečně protínající obě vulkanogenně sedimentární série. Tečkovaně je vyznačen rozsah stratiformního měděného zrudnění v tufových vložkách

tricky páskované a brekciovité žíly na ložisku Talcuna (obr. 7) byly dokonce předmětem rozsáhlé těžby barytu.

Diskordantní zrudnění na stratiformních ložiskách se vyskytuje buď samostatně, nebo ve spojení se zrudněním stratiformním. V druhém případě, z genetického hlediska velmi důležitém, mohou žíly nebo zrudněné drcené zóny protínat jednu nebo více stratiformních poloh, přičemž styk mezi diskordantním a konkordantním zrudněním může mít přechodný charakter (žíly se do ložních rudních poloh rozpíjejí) nebo jsou kontakty mezi nimi ostré. Vzácně byly pozorovány (na ložisku Talcuna, srov. Peebles 1966, Ruiz et al. 1971) fragmenty žilného materiálu v poloze sedimentární tufové brekcie, která je stratiformně zrudněna (srov. obr. 8).

Mezi minerálním složením diskordantního a konkordantního zrudnění na jednom ložisku nebývá obyčejně větších kvalitativních rozdílů, avšak kvantitativními poměry jednotlivých nerostů se mohou oba typy zrudnění výrazně lišit, a to i v případě, kdy do sebe oba typy zrudnění přecházejí. Typickým příkladem — s převahou barytu nad sulfidy mědi v žilách a s opačným poměrem obou nerostů ve stratiformních polohách — je ložisko Talcuna.

Mineralogie a kovnatost stratiformních ložisek

Až na malé výjimky jsou chilská stratiformní ložiska mědi téměř vždy monometalická, s mědí jakožto jediným anebo daleko převládajícím kovovým prvkem. Doprovodným kovem někdy bývá železo (obsažené v bornitu, chalkopyritu nebo hematitu) nebo mangan (v podobě oxidů), jehož rudy tvoří ovšem samostatné polohy pod nebo nad polohami měděných rud. Výjimečný je obsah olova (galenit), zinku (sfalerit), popř. arzénu (arzenopyrit). Obsahy zlata a stříbra jsou obyčejně nepatrné, jen na ložisku Diablo (Cerro Negro) obsah Ag dosahuje až 125 g/t.

Z primárních měděných rud jsou nejčastější chalkozín, bornit, chalkopyrit, digenit a neodigenit. Obyčejně bývá přítomno i trochu pyritu a hematitu popř. magnetitu. Žiloviny, ve stratiformním zrudnění dosti vzácné, jsou zastoupeny křemenem, chalcedonem a zejména kalcitem, popř. barytem. Na některých ložiskách (Guayacán, Palqui, Buena Esperanza) byl pozorován růžový laumontit, prehnit, adulár, albit, chlorit a epidot, avšak tyto nerosty jsou zřejmě produktem regionálního nízkoteplotního metamorfismu. Magnetit, hematit, wollastonit, granát a epidot provázejí Cu-rudy na ložiskách skarnového typu. Ojedinělý a v Chile dosud neznámý typ stratiformního měděného

zrudnění byl nalezen autorem této stati (LOSERT 1972) v podloží sulfidického zrudnění na ložisku Buena Esperanza (obr. 3). Jde o výplně ryzí mědi — společně s epidotem, kalcitem, křemenem, aj. — v mandlích andezitů, které byly postiženy draselnou metasomatózou (tab. V, obr. 1, 2). Jde o zrudnění analogické strukturami i genezí ložiskům známým z oblasti Hořejšího jezera aj. (CORNWALL 1956).

Mezi stratiformními ložisky jsou sice známa ložiska téměř výhradně chalkopyritová (Mantos de Catemu), obyčejně však daleko převládá chalkozín nebo bornit, oba často s příměsí digenitu nebo neodigenitu. Chalkozín může náležet více genetickým typům (hypogenní i supergenní). Výjimečný je galenit a sfalerit, arzenopyrit, cobaltin nebo saflorit (poslední na ložisku Carmen—CARTER 1961). Charakteristická je nepřítomnost nebo nepatrné obsahy stříbrných rud a nízké obsahy zlata v rudě, místy nízké obsahy As v ryzí mědi.

Běžné jsou na stratiformních ložiskách supergenní proměny, vedoucí někdy k úplnému povrchovému vyloužení měděných rud a obyčejně i ke vzniku bohatých oxidačních zón, v nichž hlavní rudu tvoří směs atakamitu, chryzokolu, azuritu, malachitu a tzv. měděné černi. V cementačních pásmech jsou hlavními rudami chalkozín, covellín a místy i ryzí měď, v podobě až několikakilogramových agregátů.

Kovnatost stratiformních ložisek mědi je nestejná, v rámci jednoho ložiska však může být dosti pravidelná. V andezitových lávách bývají nejbohatší svrchní partie příkrovů, které mívají obsahy až 5—15 % Cu. Průměrné obsahy rudních poloh, přepočítané na celou mocnost příkrovů, nepřesahují 3—3,5 % Cu (Buena Esperanza), protože ve středních a spodních částech příkrovů jsou obsahy mědi velmi nízké, obvykle s kovnatostí jen 0,1—0,4 % Cu. Pro srovnání je možnost uvést, že klarkové obsahy mědi v nezrudněných andezitech ložiskových oblastí severního Chile jsou kolem 48 ppm (jurské andezity v oblasti Buena Esperanza; LOSERT, 1973, 1974), 66 ppm křídové andezity; OYARZÚN 1971), 46 ppm (terciérní andezity, Oyarzún l. c.), popř. 61 ppm (kvartérní andezity, Oyarzún l.c.).

Je-li zrudnění vyvinuto v tufech (Cerro Negro, Talcuna), bývají průměrné obsahy mědi nižší (kolem 1,5—2,5 %), zato však pravidelnější; jednotlivé rudní polohy tam mají sice větší mocnost, ale je jich zpravidla méně než u ložisek uložených v lávách. Výjimku zde tvoří vysokoprocentní chalkopyritové rudy na ložisku Mantos de Catemu. Obsahují až 50 % chalkopyritu zatlačujícího kalcitový tmel mezi úlomky v černém andezitovém tufu. Na některých ložiskách (Talcuna, Cerro Negro, Cuchillo blanco, Tropezón) lze porozovat, že kovnatost zrudnění ve stratiformních tělesech uložených v tufech klesá s rostoucí vzdáleností od strmých rudních žil, které je protínají (PEEBLES 1966).

Rychlé laterální změny kovnatosti jsou známy z ložisek kontaktních, kde směrem ke kontaktu je měděné zrudnění vystřídáno magnetit-hematitovým (Santa Gracia u La Serena). Naopak velmi stálá je kovnatost nově zjištěného zrudnění ryzí mědi v andezitech u Buena Esperanzy: plošná rozloha tohoto zrudnění je přes 10 km², bohužel však kovnatost, i když je pravidelná, je příliš nízká (0,1—0,2 % Cu), a zrudnění je proto nebilanční.

Žilné zrudnění na stratiformních ložiskách nebývá bohaté, i když lokálně se mohou vyskytnout žíly litých sulfidů (bornit, chalkozín, chalkopyrit, tetraedrit), jako je tomu na ložisku Portales. Obyčejně však v žilách převládají žiloviny nad rudními nerosty, kdežto v konkordantním zrudnění je tomu naopak.

Technologicky jsou rudy ze stratiformních ložisek pro jednoduché mineralogické složení a nízký obsah žilovin snadno zpracovatelné. Upravují se flotací (sulfidické rudy) nebo kyselým loužením a redukcí kovové mědi na železném šrotu (oxidické rudy).

Geneze stratiformních ložisek

Nejzajímavější a z hlediska vyhledávání nových stratiformních ložisek mědi nepochybně nejdůležitější otázkou je jejich vznik. Problémy zásadní důležitosti jsou zde v podstatě dva: zda jsou stratiformní ložiska (a z nich zejména ta, která jsou uložena v andezitových vulkanitech) syngenetická či epigenetická, a jaký je původ mědi v nich obsažené. Oba tyto problémy je přirozeně nutno řešit hlavně na ložiskách s primárním zrudněním. Proto ložiska tvořená akumulací sekundárních rud nejistého původu nebyla v první fázi prací zatím do výskumu pojata.

Při studiu stratiformních ložisek je obyčejně prvním znakem, který geology upoutá, konkordantní pozice zrudněných poloh uložených souhlasně se zvrstvením sedimentů nebo vulkanitů. Stratiformní tvar většiny takových ložisek je často natolik sugestivní, že řada geologů, kteří ložiska podrobně nestudují mineralogickými, strukturními, geochemickými a jinými metodami, tento tvar přecení a dospěje k názoru o syngenetickém vzniku takových ložisek. Odtud je pak již jen krok ke generalizaci syngenetických názorů na všechna stratiformní ložiska mědi v Chile. Není proto divu, že syngenetická interpretace chilských ložisek mědi ve vulkanitech se průběhem času ustálila v geologické literatuře (srov. RUIZ et al. 1965) a byla pak ve vyhraněné formě publikována na sjezdu IMA—IAGOD, konaném v r. 1971 v Tokyu (RUIZ, AGUILAR, EGERT, ESPINOSA, PEEBLES, QUEZADA, SERRANO 1971). Opatrněji a zvláštní formou (diskusí mezi zastánci syngenetické a epigenetické teorie) formuloval své názory na vznik ložisek v oblasti Cerro Negro PELLISSONNIER (1971).

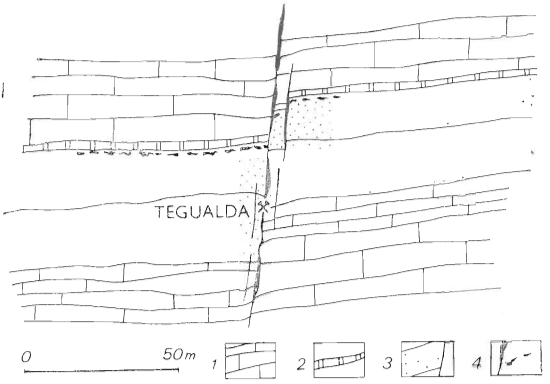
Názory uvedených autorů na syngenezi stratiformních ložisek mědi v Chile (zejména oněch uložených v andezitových lávách) a jimi uváděné důkazy pro syngenetickou interpretaci lze shrnout takto: přítomnost jemných zrnek sulfidů mědi v základní hmotě zrudněných andezitových proudů anebo v úlomcích andezitů obsažených v sedimentárních brekciích, dále absence žilovinových minerálů a hydrotermální alterace nasvědčují tomu, že měď byla přítomna pravděpodobně již v andezitovém magmatu jako dispergovaná primární fáze tvořená kapičkami sulfidů mědi, které pak krystalovaly současně s minerály andezitových láv. Tuto hypotézu podporují podle autorů mimořádně vysoké obsahy mědi v chilských andezitech, dosahující až 200—300 g/t. Tendence zrudnění koncentrovat se ve svrchních částech proudů může dokazovat částečnou mobilizaci sulfidů mědi plynnou fází uvolňující se při krystalizaci andezitového magmatu po jeho efúzi (tj. prakticky za atmosférických podmínek — pozn. autora). Pokud jde o jemnou sulfidickou impregnaci, zčásti nahromaděnou do páskovaných kumulací a vyskytující se v karbonátových horninách nebo černých břidlicích, mají autoři za to, že je produktem synsedimentárních vulkanických exhalací, přinášejících sloučeniny mědi a ukládajících je v marinních nebo kontinentálních sedimentárních pánvích. Precipitace sloučenin mědi byla způsobena redukcí nerozpustných sulfidů mědi z rozpustných sulfátů, a to redukčním účinkem sapropelitických látek. Vulkanický původ mědi, obsažené ve stratiformních ložiskách, je podle názoru autorů dokázán mj. také regionální asociací ložisek s vulkanity a nepřímo také tím, že ložiska, nejeví žádné vztahy ke granitoidním batolitům a ke geologickým strukturám.

Nedávno započaté nové výzkumy stratiformních ložisek uložených v efuzívech a tufech (NESTERENKO—CHÁVEZ 1971; LOSERT 1972; NAUMOV—NESTERENKO—LOSERT—CHÁVEZ 1973; NESTERENKO—LOSERT—CHÁVEZ—NAUMOV, v tisku) však ukázaly, že s generalizovaným názorem na syngenetický vznik těchto ložisek není možno souhlasit. Důkazy pro to byly shromážděny několika cestami: strukturním a litologickým výzkumem některých vybraných typických ložisek, mineragrafickým studiem rud, studiem alterací provázejících zrudnění, detailním geochemickým studiem zrudněných vulkanických sérií i jejich nezrudněných i nealterovaných ekvivalentů a termobarometrickým studiem žilovin provázejících sulfidy mědi na ložiskách tohoto typu. Sledujme tyto jednotlivé linie důkazů podrobněji:

1. Strukturní a litologický výzkum řady stratiformních ložisek uložených ve vulkanických sériích ukázal na výraznou závislost lokalizace zrudnění na disjunktivní tektonice. Zřetelně byla tato závislost prokázána např. na ložisku Buena Esperanza (Losert l. c.), kde zrudnění leží ve významném tektonickém pásmu vz. směru, které porušuje jurskou vulkanickou sérii a je samo částečně zrudněno měděnými rudami (tab. VI, obr. 2). Zároveň je zde velmi výrazně vyvinut ještě druhý jev, charakteristický pro stratiformní ložiska, a to lokalizace zrudnění v určitých litologicky příznivých horizontech. Na ložisku Buena Esperanza jsou to buď polohy andezitových proudových brekcií, tvořených úlomky silně mandlovcovitých andezitů uzavřených v nedokonale tmelených vulkanických pískovcích, anebo svrchní, silně mandlovcovité části andezitových příkrovů. Celé ložisko je zřetelně lokalizováno na křížení strmých poruchových pásem se sérií takových pórovitých hornin, což se dá nejsnadněji vysvětlit epigenetickým, hydrotermálním charakterem zrudnění. Naproti tomu žádná syngenetická teorie nemůže vysvětlit, proč všech 28 zrudněných příkrovů leží přesně nad sebou a zrudnění ve všech se do stran současně vytrácí.

Závislost stratiformního zrudnění na disjunktivních poruchách je zřejmá i v jiných oblastech,

např. v revírech Talcuna, Cerro Negro, Mina Tegualda aj. Severojižní poruchy v ložiskovém revíru Talcuna (obr. 7) jsou přitom výrazně zrudněny a mají charakter rytmicky páskovaných barytových žil se sulfidy mědi (Peebles 1966). Stratiformní zrudnění tu tvoří celkem tři polohy. Nachází se v subhorizontálně uložených polohách jemně laminovaných vulkanických pískovců a s nimi se střídajících jemných sedimentárních brekcií tmelených kalcitem, který je zatlačován chalkozínem a bornitem. Z genetického hlediska je důležité, že stratiformní rudní polohy mají největší kovnatost tam, kde jsou protínány rudními žilami — od nich na obě strany se kovnatost zřetelně zmenšuje a vyznívá. V hrubších horninách se obohacení projevuje do větší vzdálenosti než v jemnozrnných. Pozoruhodné je pokračování shodné mineralizace po dočasné emerzi, projevující se skrytou diskordancí a výskytem úlomků rudních žil i mineralizovaných sedimentárních brekcií na bázi sedimentární série mladšího cyklu (obr. 8).



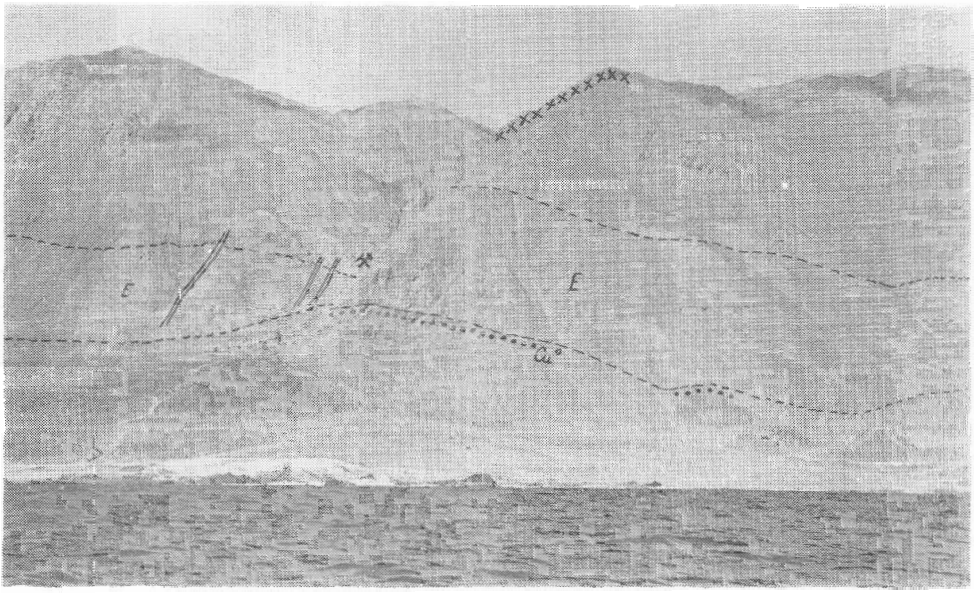
Obr. 9. Ložisko Tegualda u Tocopilly (podle Loserta)
1 — andezity a bazaltické andezity; 2 — vložky vulkanických (převážně andezitových) brekcií; 3 — ignimbrit; 4 — rudní žíly převážně s chalkopyritem, přecházející do ložních poloh chalkopyritu ve svrchní části ignimbritové polohy

Určující vliv kombinace radiálních zlomových pásem a příhodných (pórovitých nebo snadno propustných) hornin ukazuje i malé ložisko Tegualda j. od města Tocopilla, asi 150 km s. od Antofagasty (obr. 9). Jde o vertikální chalkopyritové žíly vz. směru, sledující poruchová pásma porušující sérii andezitových a bazaltových láv s vložkou ryolitického ignimbritu. Tam, kde žíly protínají pórovité horniny ve svrchní části ingimbritu, šíří se epigenetické chalkopyritové zrudnění podél vrstevnatosti až do vzdálenosti několika desítek metrů od žil.

Zajímavý způsob lokalizace rud uvádějí Carter a Aliste (1964) z ložiska Guayacán. Rudy jsou tam výrazně koncentrovány v mandlovcovitých hřbetních částech jazykovitých proudů porfyrického andezitu, překrytých bazální vápencovou brekcií a tufy. Skutečnost, že zrudnění vystupuje převážně v pórovitých apikálních částech proudů a částečně z nich zasahuje i do nadložní bazální vápencové brekcie, lze podle autorů nejlépe vysvětlit epigenetickou povahou zrudnění, při němž byly zrudňující roztoky vedeny pórovitými hřbety andezitových proudů a mineralizovaly přitom i nadložní vápencové brekcie a lumachely.

Podobné případy „vedení" hydrotermálního zrudnění poskytuje i ložisko El Salado de Catemu, v němž je zrudnění soustředěno v deseti nad sebou ležících andezitových příkrovech, a to v mandlovcovité facii vyvinuté při jejich povrchu. Podobně je tomu na ložisku Los Mantos de Catemu, vyvinutém v propustných polohách andezitových brekcií. Epigenezi nasvědčuje i hromadění Cu-zrudnění pod nepropustnými vložkami břidlic v tufech (např. oblast Cerro Negro).

2. Mineralogickým studiem a mikrostrukturním výzkumem rud ze stratiformních ložisek lze zjistit řadu příznaků typických pro epigenetický charakter zrudnění. Je to především řada drobných žilných struktur, většinou vyvinutých jen v mikroskopickém měřítku, jako například žilníkové typy zrudnění, uzlíkové struktury, v nichž se kombinují impregnační a žilníkové struktury (tab. II, obr. 2, tab. III, obr. 1) a jiné. Mineragraficky lze dále konstatovat shodnost minerálního obsahu žilných a s nimi spojených stratiformních ložisek stratiformních poloh na rudní žíly. Přitom je pozoruhodné, že sukcese minerálů ve stratiformním a diskordantním zrudnění je stejná, a to i v případě, kdy se kvantitativní zastoupení minerálů v žilách a ložních rudních polohách liší. Studium rudních výplní v mandlovcích ukazuje, že mandle jsou mezi sebou často propojeny žilkami (tab. III, obr. 2., tab. IV, obr. 3, 4.) a jimi také napojeny na rozvodní a přívodní trhliny hydrotermálních roztoků. Minerální sukcese v žilkách i mandlích je stejná a shodné jsou i cha-

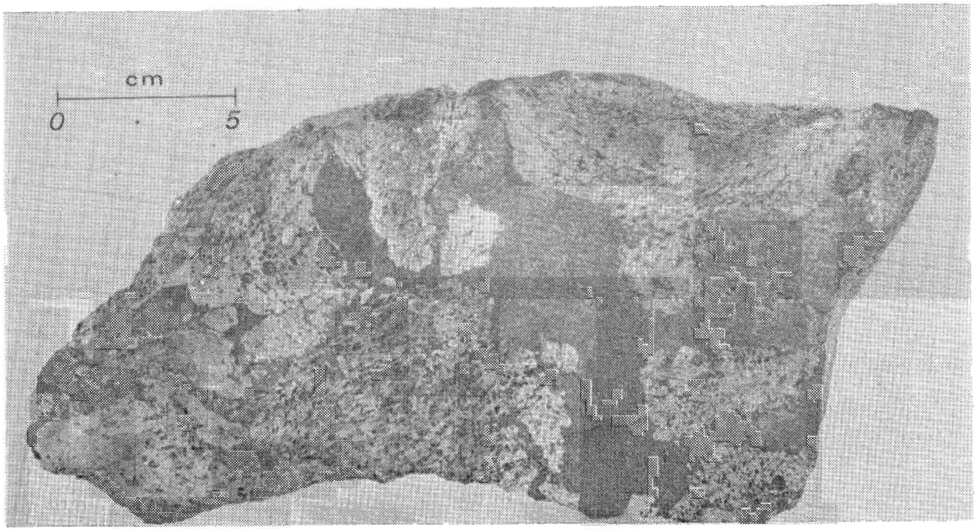


Obr. 1. Pohled od západu na střední část ložiskového revíru Buena Esperanza. E — ložní zóna silné epidotizace bazaltů a bazaltických andezitů. Křížky — výchozy stratiformního Cu-zrudnění ložiska Buena Esperanza, uloženého v andezitových příkrovech. Dvojité čáry — žíly s Cu-zrudněním; tečky (Cu) — horizont ryzí mědi v andezitech bohatých draslíkem; kladívka — hlavní vchod dolu Buena Esperanza

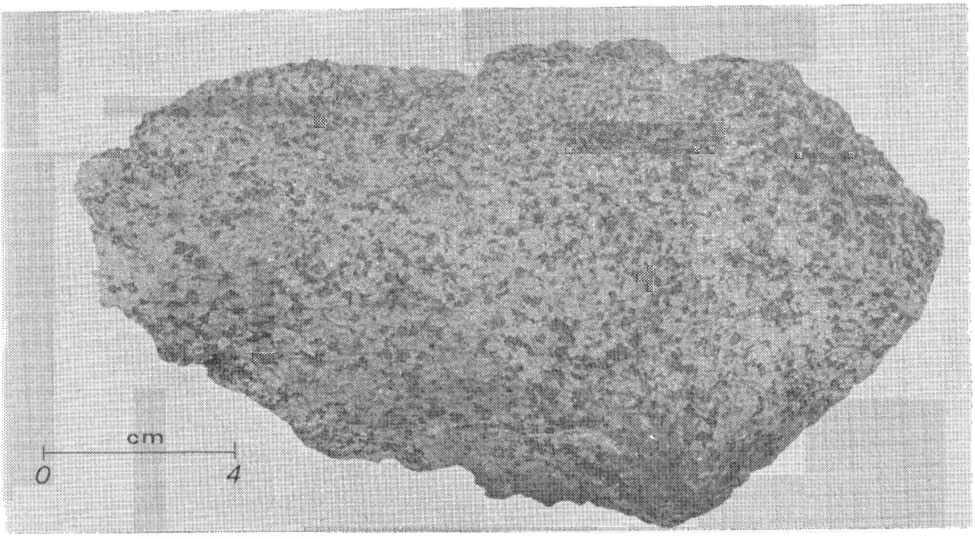
rakteristické mikrotextury, jako pseudomyrmekitické prorůstání bornitu s chalkozínem, postupné zatlačování pyritu Cu-sulfidy (tab. IV, obr. 2) aj. Toto vše ukazuje na současné ukládání rudních nerostů v diskordantním i stratiformním zrudnění, což nasvědčuje epigenezi stratiformní mineralizace a — časově i geneticky — společnému vzniku obou typů zrudnění. Epigenezi zrudnění dokazuje i zatlačování nerostů vzniklých při regionální metamorfóze (např. titanitu, K-živce) nerosty, které provázejí sulfidické zrudnění (např. anatas, sericit).

3. Přes tvrzení, že „neither the sequences that include these strata-bound copper sulphide deposits, nor the ore bodies themselves, show any effects of hydrothermal alterations that could be related to the sulphide mineralization..." (Ruiz et al. 1971), bylo novým výzkumem zjištěno, že stratiformní zrudnění ve vulkanitech je provázeno výraznou hydrotermální přeměnou hornin. Jde přitom o přeměny vysloveně epigenetické, protože jsou „přetištěny" přes regionálně metamorfní asociace (Losert l. c.) a běžně sečou hranice jednotlivých lávových proudů i vložených vulkanogenně sedimentárních a sedimentárních hornin. Na ložiskách, kde se minerální asociace vzniklá hydrotermální alterací podobá produktům regionální metamorfózy, může být hydrotermální alterace málo nápadná a může ujít pozornosti. Avšak i v takových případech se hydrotermální proměna zřetelně projevuje (např. kolem trhlin) v čerstvých horninách ve středních a spodních částech příkrovů, které jsou obvykle masívní a díky tomu byly uchráněny před regionálními přeměnami.

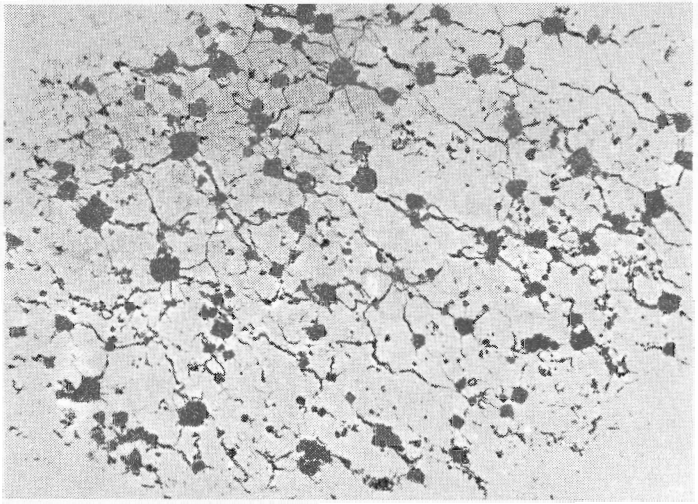
Na stratiformních ložiskách uložených ve vulkanitech jsou nejběžnějšími minerály hydrotermální alterace sericit, chlorit, kalcit, křemen, chalcedon, albit, hematit, anatas a vzácný skapolit. Nerosty regionálně metamorfního původu, jako pumpellyit, zeolity, prehnit, epidot a K-živec, nebyly v hydrotermálně přeměněných horninách zjištěny. Tím se také potvrzuje, že měděné zrudnění nebylo synchronní s regionální metamorfózou vulkanických sérií a nebylo při ní ani regenerováno, jak se domnívá např. Levi (1970).



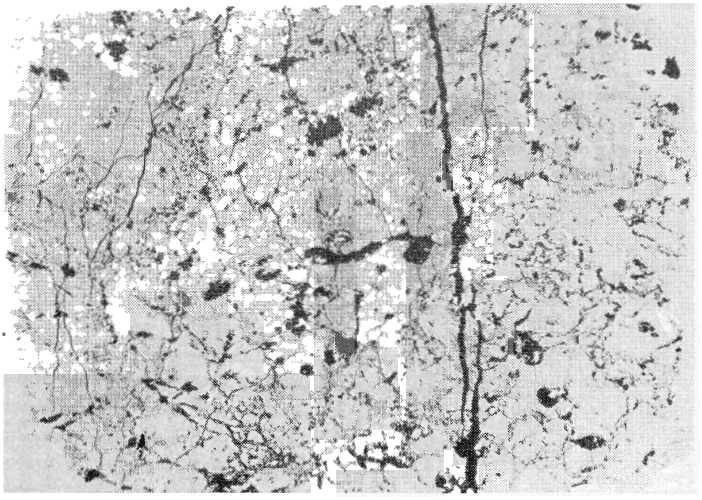
Obr. 1. Sedimentární brekcie z dolu Buena Esperanza. Zrudnění je vyvinuto v mandlích v úlomcích andezitů a jako impregnace i v základní hmotě tufitického pískovce



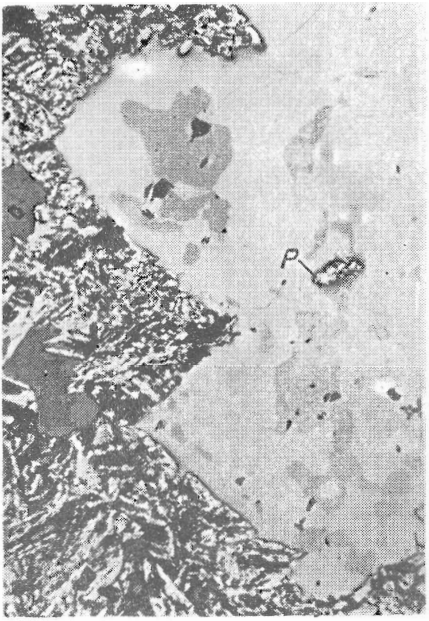
Obr. 2. Typická ukázka uzlíkové textury Cu-zrudnění z dolu Buena Esperanza. Vznikla hypogenní cementací Cu-sulfidů na pyritové impregnaci. Pseudomorfózy po krystalcích pyritu jsou propojeny žilníkem sulfidů mědi



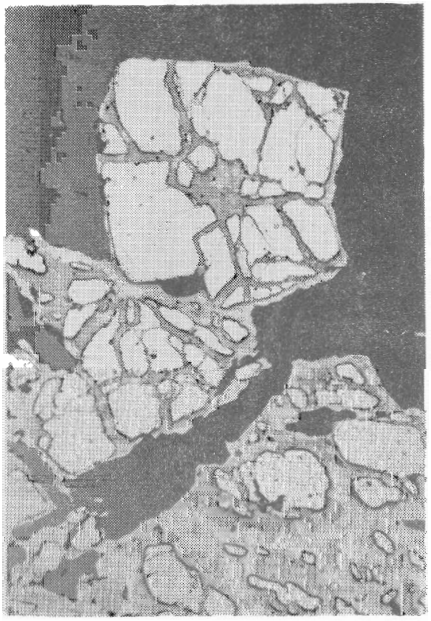
Obr. 1. Mikroskopický obraz uzlíkové textury z obr. 2, tab. II. Výbrus, bez nikolů, zvětš. 3 ×



Obr. 2. Kombinovaná rudní textura z dolu Buena Esperanza. Jemný žilník tvořený sulfidy mědi navazuje na sulfidické výplně drobných mandlí v andezitu. Výbrus, bez nikolů, zvětš. 3 ×



Obr. 1. Chalkozín (bílý) pseudomorfuje krychle pyritu, z nichž se zachoval jen malý relikt (P). Šedý nerost v chalkozínu je bornit. Chalkozín částečně zatlačuje i lištovitý hematit. Ložisko Buena Esperanza. Nábrus, bez nikolů, zvětš. 15×

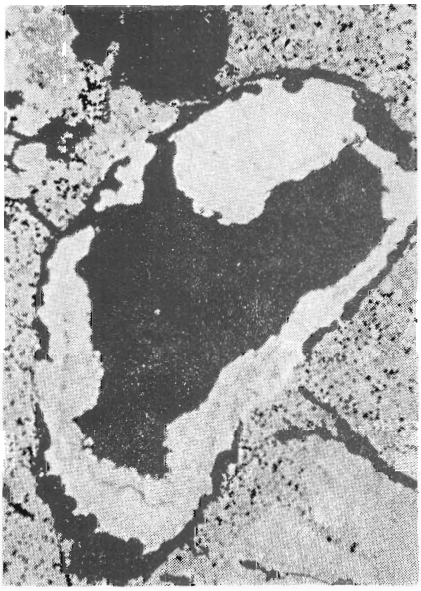


Obr. 2. Charakteristická hypogenní cementace chalkozínu (šedobílý) a bornitu (šedý) na krystalech pyritu (bílý). Ložisko Talcuna. Nábrus, bez nikolů, zvětš. 10×

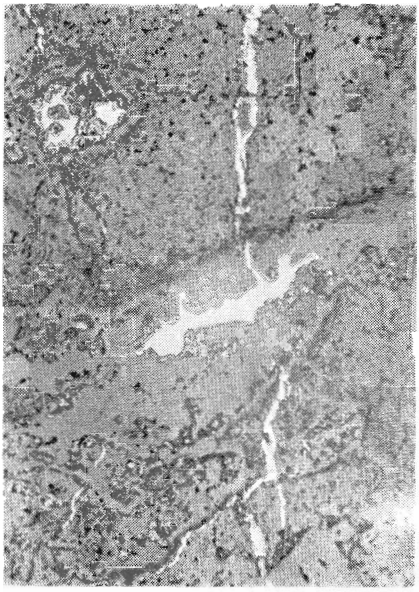
Na mnoha ložiskách jsou produkty hydrotermálních přeměn barevně pestré a již zdaleka do očí bijící. Nejmarkantnější jsou proměny na ložisku El Salado de Catemu, kde jsou svrchní mandlovcovité části osmi andezitových příkrovů silně albitizovány a prokřemeněny a světle růžové přeměněné horniny odrážející se od černošedých nepřeměněných andezitů tvořících spodní části příkrovů jsou viditelné na vzdálenost několika kilometrů. Rovněž proměny na ložisku Buena Esperanza jsou barevně nápadné a — což je důležité — nezastavují se na hranicích jednotlivých lávových příkrovů a sedimentárních vložek (obr. 5), jak by to vyžadovala syngenetická teorie. Podobně na ložiskách oblasti Cerro Negro má silicifikace navozující zrudnění výrazně diskordantní charakter.

4. Geochemický výzkum rovněž ukazuje na shodné rysy žilného a stratiformního zrudnění a tím i na genetickou spříznění obou. Výzkum též zjistil analogický makrochemismus i mikrochemismus odpovídajících si rudních generací a nerostů na žilách i stratiformních tělesech a také geochemicky totožný charakter alterací hornin provázejících oba typy zrudnění. Ten je charakterizován redistribucí K a Na uvnitř alterovaných vulkanických hornin, které byly zároveň při alteraci ochuzeny o Ca a Sr, Ni, Co a Zn (Losert l. c.). Tím se alterace spjatá s Cu-zrudněním výrazně liší od regionálně metamorfních proměn, např. regionální epidotizace, která vyvolává redistribuci Si, Na, Ca a Sr uvnitř epidotizovaných pásem a vynáší z nich K, Rb a Cu.

5. Termobarometrické studium bylo konáno na uzavřeninách v kalcitových a křemenných žilovinách, které krystalovaly současně nebo téměř současně se sulfidickými nerosty mědi na stratiformních ložiskách ve vulkanických sériích (Naumov, Nesterenko, Losert, Chávez, 1973; Nesterenko, Losert, Chávez, Naumov, práce v tisku). Teploty homogenizace plynokapalných uzavřenin mohou být nízké (mezi 65—140 °C [kalcit] a 122—195 °C [křemen] na ložisku Buena Esperanza) až středně vysoké (mezi 249—430 °C [křemen] pro ložisko El Salado de Catemu; 140



Obr. 3. Chalkozín (černý) tvoří výplň mandle v andezitu a zároveň její lem a drobné žilky, které na něj navazují. Ložisko Buena Esperanza. Výbrus, bez nikolů, zvětš. 10×



Obr. 4. Chalkozínové žilky protínající základní hmotu mandlovcovitého andezitu se napojují na chalkozínovou výplň mandlí. Ložisko Buena Esperanza. Nábrus, bez nikolů, zvětš. 8×

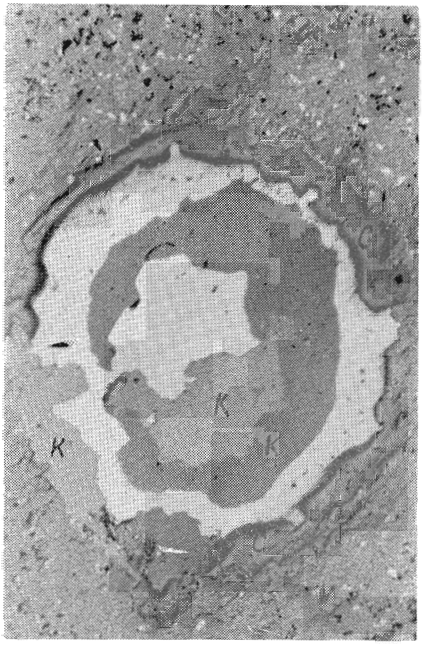
až 406 °C [kalcit] a 290—340 °C [křemen] pro ložisko Santa Gracia). Ložiska se středně vysokými teplotami vzniku jeví obyčejně geografické i genetické vztahy k intruzívům, kdežto ložiska s nízkými teplotami krystalizace jsou obvykle kryptomagmatická.

Zásadní důležitost má stanovení minimálních tlaků panujících při krystalizaci žilovin a odvozených z teplot vymizení plynné fáze a teplot rozpuštění pevné fáze v třífázových uzavřeninách. Takto zjištěné tlaky mají hodnoty mezi 285—315 bary (ložisko Buena Esperanza), 340 barů (ložisko El Salado de Catemu) a 260—1200 barů (Santa Gracia). Tyto hodnoty jednoznačně dokazují, že krystalizace nerostů nemohla probíhat za atmosférických podmínek v lávách vylitých na povrch, tak jak to vysvětlují zastánci syngenetického vzniku stratiformních ložisek uložených v andezitových příkrovech.

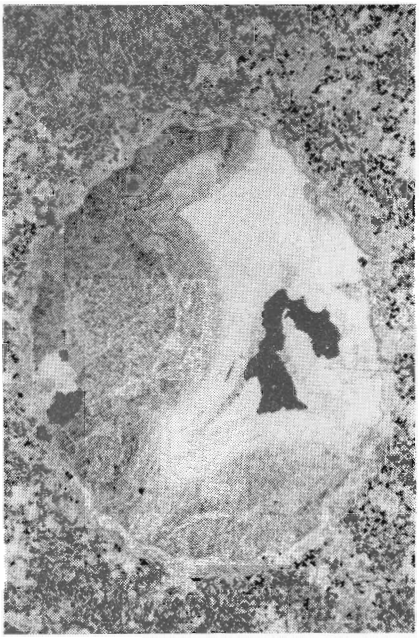
Souhrn poznatků získaných zmíněnými pěti metodami zřetelně ukazuje na epigenetický vznik stratiformního měděného zrudnění v andezitových lávách a s nimi sdružených vulkanosedimentárních horninách. Tento typ geneze dokládá také výskyt některých vysokoteplotních stratiformních ložisek (např. skarnových nebo katatermálních, provázených vznikem albitizovaných hornin) v těsné blízkosti intruzívních těles a zřetelná pozice takových ložisek uvnitř zonální rudní aureoly vyvinuté kolem těchto intruzí (Santa Gracia).

Zdroj mědi pro stratiformní ložiska

Druhou zásadní otázkou stratiformních ložisek je původ mědi v nich obsažené. Přestože syngenetickou mobilizaci mědi z láv během jejich solidifikace je možno z výše uvedených důvodů pokládat za nemožnou, nelze andezity a bazalty vyloučit z možných zdrojů mědi. I když průměrné obsahy mědi v chilských andezitech nejsou tak velké, jak o tom píše Ruiz et al. (1965, 1971), kteří uvádějí obsahy 200—300 ppm, přece jen průměrně obsahy mědi v chilských andezitech (46—66 ppm)



Obr. 1. Ryzí měď (černá) tvoří spolu s křemenem (bílý) a chalcedonem (šedý) výplň mandle v andezitu bohatém draslíkem. Západně od dolu Buena Esperanza. Výbrus, bez nikolů, zvětš. 10×

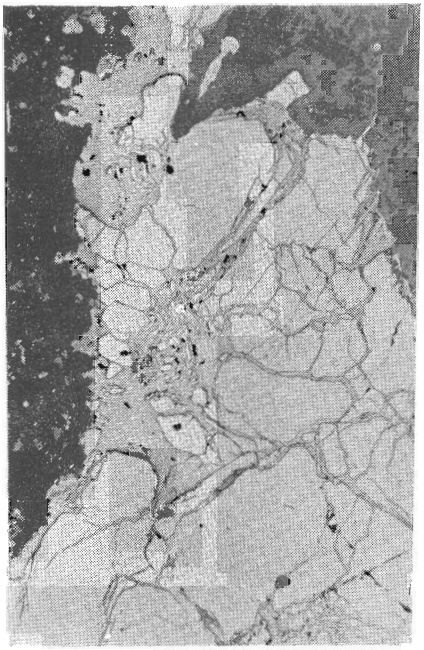


Obr. 2 — Ryzí měď (bílá) tvoří prstencovitou zónu v mandli vyplněné křemenem (K) a kalcitem (C). Bílé tečky v základní hmotě draslíkem bohatého andezitu jsou magnetit. Západně od dolu Buena Esperanza. Nábrus, bez nikolů, zvětš. 10×

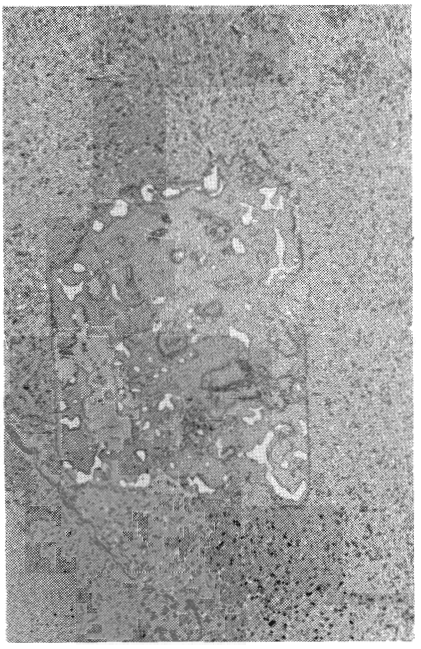
a podobně i bazaltech (55—84 ppm, OYARZÚN 1971), postačují k tomu, aby za určitých podmínek mohla být z těchto hornin uvolněna (extrahována) značná množství tohoto kovu.

Možnost rozsáhlé epigenetické a v regionálním měřítku probíhající extrakce mědi z bazaltů a bazaltických andezitů byla poprvé v Chile dokázána autorem této práce (Losert l. c.), a to detailním geochemickým výzkumem na ložisku Buena Esperanza. Čerstvé jurské bazalty a bazaltické andezity v této oblasti mají průměrné obsahy kolem 50 ppm Cu, avšak v rozsáhlých ložních polohách, kde tyto horniny podlehly epidotizaci (tab. I, obr. 1), klesá v nich obsah mědi na hodnoty menší než 15 ppm. Jelikož rozměry epidotizovaných zón v efuzívech dosahují rozměrů až 5 × ×0,3×1 km, je množství mědi uvolněné z takové epidotizované zóny efuzív pozoruhodné a dosahuje řádu 100 000 tun. Je to zhruba stejné množství mědi, jaké je obsaženo v zásobách stratiformního ložiska Buena Esperanza, které leží v nadloží epidotizované zóny, a v zásobách stratiformních akumulací ryzí mědi v andezitových mandlovcích, které leží v těsném podloží epidotizované zóny. Analýzy čerstvých a alterovaných hornin ukázaly, že k uvolnění mědi, která původně substituovala $Fe^{··}$ v primárních pyroxenech, olivínu a magnezitu, dochází úplnou oxidací $Fe^{··}$ na $Fe^{···}$, vázaného nyní výhradně v epidotu. Celý proces epidotizace je výsledkem regionální nízkoteplotní hydrotermální alterace, které podlehly především nejbazičtější (bazaltické a bazalt-andezitické) horniny celé vulkanické série.

Měď uvolněná z epidotizovaných hornin byla z epidotizovaných pásem vynesena hydrotermálními roztoky a jimi transportována podél příčných poruchových pásem. Byla potom uložena tam kde tato strmá poruchová pásma protínají horizonty pórovitých vulkanických a sedimentárních



Obr. 3. Agregáty ryzí mědi (bílá) v pseudomorfóze po hyperstenu v draslíkem bohatém andezitu. Západně od dolu Buena Esperanza. Nábrus, bez nikolů, zvětš. 10×

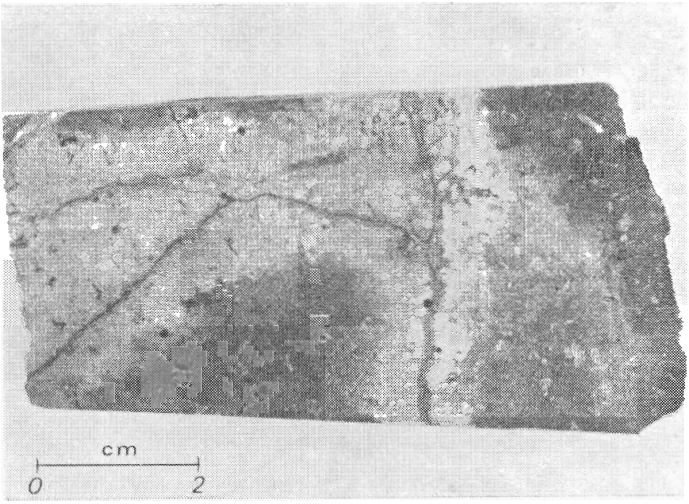


Obr. 4. Chalkopyrit (šedý) zatlačuje pyrit (bílý). Ložisko Mantos de Catemu. Nábrus, bez nikolů,zvětš. 10×

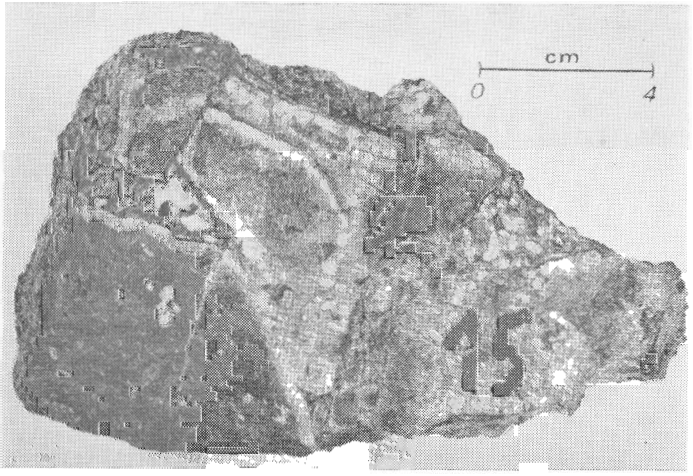
brekcií, popř. mandlovcovité polohy andezitových příkrovů. Spolu s mědí bylo z epidotizovaných pásem vyneseno i takové množství síry, že to opravňuje k předpokladu, že veškerá měď a síra obsažená v ložisku Buena Esperanza byla odvozena z epidotizovaných bazaltických hornin. To znamená, že v tomto případě není nutno hledat původ těchto dvou prvků v blízkých intruzívech, která prorážejí vulkanickou sérii s ložisky.

Otevřeným problémem zůstává původ sterilních hydrotermálních a silně oxidizujících roztoků, které vyvolaly regionální epidotizaci vulkanitů a vynášely z nich měď, síru a jiné prvky (Ni, Co, Zn). Je možno uvažovat o roztocích uvolněných z intruzív, o fosilních vodách „uvězněných" v mandlovcovitých nebo struskovitých partiích vulkanické série a ohřátých (při poklesu a překrytí vulkanitů dalšími sériemi) vlivem geotermického gradientu či intruzív, nebo reziduálním teplem neúplně vychladlé vulkanické série, navíc kontinuálně prohřívané mladšími subvulkanickými tělesy vulkanitů, popř. intruzív. Nesterenko a Chávez (1971), kteří analogickým způsobem — koncentrací mědi odvozené z alterovaných andezitů — objasňují vznik ložiska El Salado de Catemu, uvažují dokonce o vodách meteorického původu, sestupujících podle stratifikace vulkanické série zapadající směrem k intruzívům. V jejich termickém dosahu se meteorické vody ohřívaly, chemicky aktivizovaly a byly pak schopny extrahovat kovy z vulkanických hornin a přenášet je na jiná místa, kde ve vhodných strukturních a litologických podmínkách dochází k precipitaci sulfidů mědi a k tvorbě ložisek.

U stratiformních zrudnění ve vápencích a břidlicích se ve srovnání se zrudněním ve vulkanitech nedá původ mědi tak snadno stanovit, protože tato ložiska jsou značně menší, špatně prozkoumaná a ani jejich závislost na tektonice nelze pro nedostatek mapovacích prací v okolí ložisek zatím ověřit. Přesto však již dnes lze konstatovat epigenetický původ mědi z vulkanitů a její koncentraci ve vápencích a vulkanitech na ložisku Guayacán. V každém případě vyžádá si však řešení geneze zrudnění ve vápencích a břidlicích a původ mědi v nich obsažené dalších podrobných prací.



Obr. 1. Diskordantní typ zrudnění z ložiska Buena Esperanza ukazující silné hydrotermální proměny andezitu kolem žilek tvořených chalkozínem, křemenem a bornitem



Obr. 2. Zrudněná tektonická brekcie z dolu Buena Esperanza. Pozoruhodná je proměna andezitu na okrajích úlomků a v sousedství zrudnění, tvořeném chalkozínem, bornitem, hematitem a digenitem v křemenné a kalcitové žilovině. Důl Buena Esperanza

Shrnutí výsledků a význam studia

Přestože nových výzkumných prací zabývajících se chilskými stratiformními ložisky mědi není zatím mnoho, jsou jejich výsledky hodny povšimnutí a zasluhovaly by pokus o jejich aplikaci i v jiných případech. Hlavní přínos těchto výzkumů spočívá v tom, že prokázaly epigenetický charakter zrudnění uloženého ve vulkanitech a že ukázaly, že měď, potřebná k vytvoření takových ložisek, nemusí ve všech případech pocházet z magmatických zdrojů, nýbrž může být odvozena z vulkanitů samotných, a to epigenetickými, původně patrně sterilními hydrotermálními roztoky. Takovýto pohled na genezi stratiformního zrudnění ve vulkanitech ukazuje na velký význam studia regionálních hydrotermálních alterací ve vulkanických sériích a zejména na důležitost geochemického vymezení takových typů alterace, které vedly k uvolnění velkých množství mědi z přeměněných vulkanických hornin. Takovým studiem je možno vyčlenit území bez perspektiv pro výskyt nových ložisek mědi a na druhé straně — ve spojitosti se strukturním výzkumem (disjunktivní tektonika) a studiem litologie vulkanických sérií — vymezit oblasti nadějné pro výskyt nových stratiformních ložisek mědi.

Zvláštní úloha při prospekci nových stratiformních ložisek mědi připadá také geochemickému výzkumu těch druhů alterací, které přímo provázejí stratiformní zrudnění ve vulkanitech (tzv. lokální alterace na rozdíl od alterací regionálních, postihujících vulkanické série o rozloze několika km² a více). Ukazuje se (Losert l. c.), že v takto alterovaných vulkanitech charakteristicky klesá obsah stroncia oproti čerstvým, nealterovaným horninám. Tak např. čerstvé andezity v oblasti ložiska Buena Esperanza mají 163—284 ppm Sr, kdežto hydrotermálně alterované andezity sousedící se zrudněním jen 24—27 ppm Sr. Také Ca/Sr a Rb/Sr hodnoty hydrotermálně alterovaných hornin (958—1370, resp. 1,48—2,46) se diametrálně liší od Ca/Sr a Rb/Sr hodnot nepřeměněných andezitů (202—273, resp. 0,1—0,47). Tato skutečnost spolu s možností rychlého a celkem nenákladného stanovení Sr (a popř. Ca, Rb a Sr) ve velkém množství vzorků činí ze studia distribuce těchto prvků v alterovaných horninách užitečnou prospekční metodu. Její další výhoda spočívá v tom, že charakteristicky nízké obsahy Sr a vysoké hodnoty Ca/Sr a Rb/Sr se nemění ani tehdy, jestliže byly sulfidy mědi zcela odstraněny (vylouženy) z výchozů supergenními pochody, a zrudnění se proto ve vyloužené alterované zóně nijak neprojevuje. Této prospekční metody již bylo s úspěchem použito při prospekci stratiformní měděné mineralizace ve vulkanické sérii La Negra v okolí ložiska Buena Esperanza (Alfaro 1972).

Doručené 18. 1. 1974
Doporučil V. Zorkovský

Literatura

Alfaro, H. G. 1972: Alteración hidrothermal y elementos en trazas en prospección de yacimientos de cobre en andesitas de la zona de Tocopilla. Colloq. sobre fenómenos de alteración hidrothermal y metamorfismo en rocas volcánicas e intrusivas. Depart. de Geología, Univ. de Chile, Santiago.

Carter, W. D. 1961: Yacimientos de cobre tipo manto. Bol. Inst. Invest. Geol., Chile, 10. Santiago.

— Nelson Aliste N. 1964: Paleo-channels at the Guayacán Copper mine, Cabildo district, Aconcagua province, Chile. Econ. Geol., 59, 1283—1292.

Cornwall, H. R. 1956: A summary of ideas on the origin of native copper deposits. Econ. Geol., 51, 615—631.

Levi, B., Corvalán J. 1964: Metamorfismo regional en las rocas volcánicas del Geosinclinal Andino. Minerales, 86, 6—15, Santiago.

Levi, B. 1970: Burial metamorphic episodes in Andean geosyncline, Central Chile. Geol. Rundschau, 59, 3, 994—1013.

Losert, J. 1972: Alterations and associated copper mineralizations in the Buena Esperanza mining area, Northern Chile. Colloq. sobre fenómenos de alteración hidrothermal y metamorfismo en rocas volcánicas e intrusivas. Depart. de Geología, Univ. Chile, Santiago.

Losert, 1973: Genesis of copper mineralizations and associated alterations in the Jurassic vol-

canic rocks of the Buena Esperanza mining area (Antofagasta province, Northern Chile). Bol. Univ. Chile, Santiago.
LOSERT, 1974: The formation of the stratiform copper deposits in relation to the alteration of volcanic series. Rozpravy ČSAV, Praha.
NAUMOV, V. G., NESTERENKO, G. V., LOSERT, J., CHÁVEZ, L. 1973: Termobaričeskije uslovija formirovanija nekotorych mestoroždenij Čili. Geochimia, 8.
NESTERENKO, G. V., CHÁVEZ, L. 1971: Génesis de yacimientos de cobre tipo manto en Chile (Informe preliminar). Univ. de Chile Bol. 18 p. Santiago.
NESTERENKO, G. V., LOSERT, J., CHÁVEZ, L., NAUMOV, V. G. (v tisku): Presiones y temperaturas de la formación de algunos yacimientos cupríferos Chilenos. Bol. Inst. Invest. Geol., Santiago.
OYARZÚN, J. 1971: Contribution à l'étude géochimique des roches volcaniques et plutoniques du Chili. Thèse présentée à la Faculté des Sciences d'Orsay, Université Paris — Sud, pour obtenir le titre docteur de l'Université. P. 114.
PEEBLES, F. 1966: Estudio geológico del distrito cuprífero de Talcuna. Bol. Inst. Invest. Geol., Santiago.
PELISSONNIER, H. 1971: Le gisement de cuivre stratiforme de Cerro Negro (Aconcagua, Chili). Bulletin du B.R.G.M. (deuxième série), section II, N° 6, 43—50.
RUIZ, C., AGUIRRE, L., CORVALÁN, J., KLOHN, C., KLOHN, E., LEVI, B. 1965: Geología y yacimientos metalíferos de Chile. Inst. Invest. Geológicas, Chile, Santiago.
RUIZ, C., AGUILAR, A., EGERT, E., ESPINOSA, W., PEEBLES, F., QUEZADA, R., SERRANO, M. 1971: Strata-bound Copper Sulphide Deposits of Chile. Soc. Mining Geol. Japan, Spec. issue, 3, 252 to 260. (Proc. IMA—IAGOD Meetings 1970, IAGOD Vol.), Tokyo.

Geological and genetical problems of the Chilean stratiform copper deposits

JIŘÍ LOSERT

The Chilean stratiform copper deposits — several dozens in total — occur mostly in the northern part of the country. They are found in volcanic and sedimentary series extending along the w. border of the Andean geosynclinal zone. The major part of the deposits is in Jurassic-, Cretaceous- and Lower Tertiary series, in which andesites, basalt-andesites and corresponding tuffs are the dominant rocks. Limestones, both continental and marine, marlstones, shales, sandstones and conglomerates together with tuffites and volcanic breccias are host rocks to a minor part of the deposits. All of the host series bear evidence of a low-temperature burial metamorphism and are commonly intruded by granitoid bodies rimmed by zones of contact metamorphism.

Conformable layers parallel to stratification of the host rocks and up to several dozens of meters thick are characteristic forms of the deposits in question. Several mineralized layers can be developed in one single deposit. In lava flows, the mineralization is concentrated in the upper part of flows. It also infills amygdules or forms cement between fragments of flow breccias. When present in tuffs, the copper minerals occur as impregnation or cement, whereas massive and banded copper mineralization is mostly confined to limestones, sandstones, and shales. Chalcocite is the prevailing copper mineral, but bornite, chalcopyrite, digenite, neodigenite and some pyrite and hematite may also be present in varying amounts. Stratiform deposits of native copper have been recently discovered (Losert, 1962). Gangue minerals are generally rare and represented by calcite, quartz, chalcedony, and barite.

Exceptionally, the host rocks are rhyolite ignimbrites or jasper. Some of the deposits are skarn deposits with calcium-iron silicates formed at the contacts of granitoid- or gabbroidic intrusions. Secondary copper minerals, such as atacamite, chrysocolla and azurite are typical of the deposits set in conglomerates.

In addition to conformable layers, disconformable mineralizations — such as veins, cement of tectonically brecciated zones and cross-cutting zones of impregnation — are also found in the stratiform deposits. Both the stratiform and vein-type mineralization usually display identical

mineralogy and succession and may pass into each other thus showing that both are similar and coeval in origin.

The overestimation of layered forms of the deposits together with the subestimation of disconformable mineralization and of rock alteration is expressed in syngenetic interpretation extended by previous authors on all Chilean stratiform copper deposits (Ruiz et al., 1971). According to them ,,copper was probably present in the andesite magma as a disperse phase of copper sulphides droplets that crystallized simultaneously with the lava..." and ,,the tendency of the mineralization to concentrate in the upper part of flows could represent a partial gaseous mobilization of the copper sulphides".

In contrast to those ideas the recent work carried out by Nesterenko, Chávez, Losert and Naumov points to epigenetic character of the copper mineralization found in the volcanics. The epigenetic character is attested by 1. dependence of the location of the mineralization on fault tectonics and on the litologically favorable rocks such as porous amygdaloidal lavas or breccias, 2. identical mineralogy and mineral succession in both stratiform and disconformable mineralization which not uncommonly are seen to pass into each other, 3. intense hydrothermal alteration of rocks adjacent to the mineralization. The alteration is superimposed on both primary rock-forming minerals and secondary minerals stemming from burial metamorphism, and geochemically identical disregarding whether it accompanies stratiform or discordant mineraliztion within one deposit, 4. the same geochemical character of the stratiform and related disconformable mineralization, 5. relatively high pressures (285—340 bars) controlling the crystallization of gangue minerals in stratiform deposits, which excludes the possibility of syngenetic formation of minerals in superficially cooling effusives.

The geochemical studies by the above authors proved that volcanic rocks themselves can serve as source of copper present in the stratiform deposit. Under favourable conditions, such as those governing during the regional epidotization of volcanic series, an epigenetic hydrothermal extraction of copper from basalts and andesites (containing around 50 ppm Cu) may occur. The copper extracted and removed from the epidotized zones is assumed to have been transported through steep fault zones and deposited — as copper sulphides — in litologically favorable layers. Since the dimensions of such epidotized zones (in which copper-contents drop to values lower than 15 ppm) reach as much as $5 \times 0{,}3 \times 1$ km, the total amount of copper mobilized from one such zone is of the X00.000 t magnitude. It is of importance that the ore reserves found to underlie and overlie such a zone also belong to the same magnitude.

The cause of liberation of copper taking place as andesites and basalts were undergoing epidotization, is the activity of solutions promoting the low-temperature hydrothermal alteration of especially the most mafic (basalt-andesitic to basaltic) volcanic rocks. As the above rock were epidotized, their $Fe^{\cdot\cdot}$ (originally substituted by $Cu^{\cdot\cdot}$) was oxidized to $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$ bound in epidote and not substituable by $Cu^{\cdot\cdot}$, the latter thus being set free. Considerable amounts of sulfur, Ni and other elements, too, were also removed as the rocks were epidotized.

As to the origin of sterile hydrothermal solutions that brought about the regional epidotization and oxidation of volcanics depleting them in copper, several alternatives can be considered: fluids of magmatic origin (from intrusives), fossil waters burried together with volcanic complexes and warmed due to geothermic gradient or by intrusions or by residual heat of uncompletely cooled volcanic series repeatedly heated by younger subvolcanic intrusives.

The establishment of epigenetic origin of stratiform copper deposits with copper derived from volcanic rocks underlines the importance of geochemical studies of rock alterations affecting the volcanic host rocks of stratiform deposits. In such rocks the Sr-contents were found to drop to values up to ten times lower than those of equivalent fresh rocks. The Ca/Sr and Rb/Srvalues of hydrothermally altered rocks from the vicinity of the mineralization are 958—1370, and 1,48 to 2.16, respectively, and also substantially differ from those of equivalent unaltered andesites (207—273; 0.1—0.47). Such geochemical differences can serve as a guide to location of altered zones promissing stratiform ore possibilities. It is important in this relation that removal from outcrops of copper ores by supergene processes does not change the characteristically low Sr-contents and high values of Ca/Sr and Rb/Sr ratios.

Translated by D. Losertová

RECENZIA

V. A. Vachrušev: **Rudnyje miněraly izveržennych porod i ich značenije pri petrologičeskich issledovanijach.** — Izdať. Nauka, Sibirskoe otdělenije, Novosibirsk, 124 stran, 1973

V útlé publikaci jsou shrnuty údaje o rudních minerálech magmatických hornin majících různé chemické složení a genezi. Pozornost je také věnována lávám některých současných vulkánů a ultrabazickým horninám svrchního pláště. Jsou uvedeny příklady dokumentující použitelnost rudních minerálů při řešení otázek geneze intruzív a při diskusi rudonosnosti jednotlivých intruzív.

V první kapitole, která je nejrozsáhlejší (21 stran), jsou diskutovány petrografické znaky rozpadu magmatických tavenin na silikátovou a sulfidickou část. Autor podává přehled o primární sulfidické magmatické mineralizaci v lávách Kamčatky a Kurilských ostrovů a dále popisuje sulfidickou mineralizaci v bazaltech oceánické kůry. Věnuje se znakům rozpadu magmatické taveniny v trappech a v alkalických bazických horninách.

Druhá kapitola (17 stran) pojednává o sulfidických minerálech v horninách svrchního pláště a o problematice rudních komponent. Závěry činí autor na základě údajů o sulfidické mineralizaci v harzburgitových uzavřeninách v bazeltech Kamčatky (Avačinský vulkán), o mineralizaci nacházející se v uzavřeninách ultrabazických hornin v bazaltech Havajských ostrovů a ostrova Tahiti. Uvádí sulfidickou mineralizaci v uzavřeninách ultrabazických hornin v diatremách severominusinské deprese a sulfidy vyskytující se v uzavřeninách ultrabazických hornin v kimberlitových pních Jakutska.

Ve třetí kapitole (10 stran) je zdůrazněn význam rudních minerálů jako indikátorů genetického sepětí zrudnění s intruzívními komplexy. Tato kapitola staví na výsledcích prací autora z minulých let v rudonosných intruzívních komplexech Altajsko-sajanské oblasti. Důraz se klade na studium chemismu magnetitu, zejména na zákonitosti distribuce TiO_2, MnO, V_2O_5 a Cr_2O_3. Je diskutována možnost použití uvedených komponent v magnetitech jako kritéria pro objasnění vztahu zrudnění k intruzívním komplexům.

Velmi stručná čtvrtá kapitola (2 strany) se zabývá použitelností rudních minerálů jako kritérií při objasnění relativního stáří intruzívních hornin a rudních těles.

V kapitole páté (11 stran) jsou rudní minerály diskutovány z hlediska příslušnosti k jednotlivým typům intruzí na příkladech některých intruzív v západním Uzbekistánu, Altajsko-sajanské oblasti atd. V této kapitole je souhrn otázek řešených v kap. 3 na příkladu magnetitu rozšířen na další rudní minerály intruzívních hornin.

V kapitole šesté (6 stran) se hovoří o významu rudních minerálů při objasňování geneze intruzív, přičemž si autor všímá zejména oxidických minerálů.

V poslední kapitole sedmé (4 strany) uvádí autor některé proměny rudních minerálů při postmagmatických procesech.

Ke knize je připojen velmi stručný závěr, který shrnuje nejzávažnější diskutovaná fakta. V příloze je na křídovém papíře 66 mikrofotografií průměrné úrovně; několik fotografií má úroveň nižší. Seznam literatury obsahuje celkem 135 citací; z toho 108 citací prací psaných azbukou, včetně překladů zahraniční literatury do ruštiny (12 citací autora) a 28 citací je ze západní literatury.

Pavel Košpar

MINERALIA SLOVACA, roč. 6, č. 4 (24)

Vydavateľ a nakladateľ: Geologický prieskum n. p., Spišská Nová Ves.
Redakcia: Stará Spišská cesta, p. p. A—21, 040 51 Košice 1.

Vytlačili: Východoslovenské tlačiarne Košice v decembri 1974, AH 7,64, VH 8,00. Rukopis odovzdaný do tlačiarne v júli 1974.
Cena jedného čísla: pre organizácie 30 Kčs, pre členov Slovenskej geologickej spoločnosti 10 Kčs, pre ostatné fyzické osoby 15 Kčs. Ročne sa vydáva 6 čísiel.
Objednávky adresujte redakcii časopisu.

Subscriptions and correspondence concerning advertisments should be sent to SLOVART Ltd., Leningradská 12, 856 26 Bratislava.
The Mineralia Slovaca is also available on an exchange basis. For details please write to the Editor, Mineralia Slovaca, P.O. Box A—21 040 51 Košice 1, Czechoslovakia

© Geologický prieskum Spišská Nová Ves, 1974

Tektonická mapa

Zostavil: J. Sluka (1972)

0 100 200 300 400 500 600 700 800m

POLE PODHRADIE

JUŽNÉ POLE HUB

Veľké diely

Tlstý diel
△ 1016,6

Jančekova skála

Od cigliansk ého

Ľahkých lazy

Buchlova

Na jamy

Hrubý les

Biela skala

Pod Bielou skalou

Hrubý les

JV-VI. (SCHECHWALD)

Tri dvierka

Vlčia skala

PODHRADIE

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Príloha patriaca k článku:
J. Sluka — Výskum plôch diskontinuít v južnej časti handlovského ložiska

1 — dobývací priestor, 2 — umelý odkryv (lom), 3 — prirodzený odkryv, 4 — cesta III. triedy, 5 — lesná cesta štetovaná, 6 — poľná cesta, 7 — pukliny so sklonom 70-90° s udaním počtu na meter (KS) (M), 8 — pukliny so sklonom 30-70° s udaním počtu na meter, 9 — pukliny so sklonom 0 — 30° s udaním počtu na meter, 10 — pukliny so sklonom 90° s udaním počtu na meter, 11 — tektonické poruchy s udaním výšky skoku v metroch, 12 — tektonické poruchy s udaním skoku a výšky skoku, 13 — tektonické poruchy bližšie nedefinované, 14 — zberný úsekový tektonogram s udaním smeru a sklonu puklín vyskytujúcich sa s max. hodnotou v tektonograme, 15 — pukliny reprezentujúce v tektonogramoch hodnotu 15 — 46%, 16 — pukliny reprezentujúce v tektonogramoch hodnotu 5 — 30%, 17 — pukliny reprezentujúce v taktonogramoch hodnotu 1 — 20%, 18 — pukliny reprezentujúce v tektonogramoch hodnotu 1 — 10%.

VYDAVATEĽ:

SLOVENSKÁ
GEOLOGICKÁ SPOLOČNOSŤ
– BRATISLAVA

SLOVENSKÝ
GEOLOGICKÝ ÚRAD
– BRATISLAVA

INŽINIERSKOGEOLOGICKÝ
A HYDROGEOLOGICKÝ
PRIESKUM, N. P., ŽILINA

NAFTA, N. P., GBELY

GEOLOGICKÝ
PRIESKUM, N. P.,
SPIŠSKÁ NOVÁ VES

