

DUŠAN HOVORKA*

ULTRABASISCHE GESTEINE DER WESTKARPATEN IN DER SLOWAKEI

(Abb. 1—3 im Texte)

Abstract. In dieser Arbeit ist eine neue Ansicht über die Entstehung und Stratigraphie der ultrabasischen Gesteine der tatriden und veporiden Zone der Westkarpaten in der Slowakei dargelegt. Der verschiedene Grad der Serpentinisierung der ultrabasischen Gesteine in einzelnen stratigraphisch-tektonischen Einheiten der Westkarpaten ist als Folge geologischer Prozesse im Kristallinikum anzunehmen.

Einleitung

In den letzten Jahren hat sich im Schrifttum über die Westkarpaten eine ansehnliche Menge von Forschungsergebnissen über geologisches Auftreten, Stratigraphie, Petrographie und Petrochemismus ultrabasischer Gesteine angesammelt. Die Intensität der Forschung der ultrabasischen Gesteine war in einzelnen Gebieten nicht gleich, so daß ein Teil der Forschungsergebnisse nicht vollständig ist.

Die ultrabasischen Gesteine in den Westkarpaten stellen ganze Mengen kleiner bis winziger verschieden intensiv serpentinisierter Körper vor. Sie sind auf großer Fläche verstreut, wobei die größte Anhäufung in den südlichsten tektonischen Zonen der Westkarpaten, und in der südlichsten Veporiden- und Gemeridenzone ist. Aus den übrigen Kerngebirgen der Slowakei wurden nur vereinzelte Vorkommen beschrieben.

Die Forschungsergebnisse über die ultrabasischen Gesteine der tatriden Zone sind sehr mangelhaft. M. Ivanov — L. Kamenický (1957) haben den amphibolischen Peridotit aus der Malá Fatra beschrieben, wobei sie seine stratigraphische Position nicht bestimmt haben. J. Koutek (1931) hat den amphibolisch-biotitischen Peridotit von den Nordabhängen der Niederen Tatra beschrieben, das studierte Material stammt leider nur aus sekundärem Fundort.

In den letzten Jahren haben hauptsächlich die Arbeiten B. Cambels (1951) und J. Kantors (1955) neue Erkenntnisse über die Mineralzusammensetzung und Serpentinisierungsvorgänge des Dunits bei Sedlice unweit von Margecany gebracht. Laut B. Cambel (l. c.) sind die ultrabasischen Gesteine von Sedlice ein Analogon der Serpentiniten der Gemeridenzone. J. Kantor (l. c.) hält sie hauptsächlich auf Grund ihrer Position bei Sedlice für ein tatrides Element, das der Čierna hora Zone angehört. In der letzten Zeit studierten die Serpentinite der veporiden Zone hauptsächlich M. Kužvart (1956), J. Kantor (1956) und der Verfasser (im Druck).

Die ultrabasischen Gesteine des Spišsko-gemerské rudohorie bildeten in der Vergangenheit den Studiumsgegenstand hauptsächlich für B. Kordjuk (1941), B. Cambel (1951), J. Kamenický (1950, 1951, 1957), J. Kočiščáková (1954), J. Kantor (1955a, 1955b, 1956) und M. Kužvart (1956). Von den Werken der angeführten Verfasser haben hauptsächlich die Arbeiten B. Cambels (l. c.), J. Kamenickýs (l. c.) und J. Kantors (l. c.) grundsätzliche Erkenntnisse über den Ursprung der Muttergesteine der Serpentiniten gebracht, als auch über ihre mineralische und chemische Zusammensetzung, über den Charakter der Veränderungen der ultrabasischen Gesteine und auch über die Stratigraphie der Serpentiniten im Spišsko-gemerské rudohorie. Das intensive Studium der Serpentiniten dieses Gebietes

* Prom. Geol. D. Hovorka, Lehrstuhl für Petrographie, Naturwissenschaftliche Fakultät, Komenský Universität, Bratislava, Gottwaldovo nám. 2.

war unzweifelhaft auch von ihrer ökonomischen Bedeutung bedingt (Asbest, Schlammkreide).

Die geologische Position der ultrabasischen Gesteine

1. Tatridenzone

In der Tatridenzone der Zentralen Westkarpaten bilden ultrabasische Gesteine einen sehr sporadisch vorkommenden Gesteinstyp. Im mittleren Teil des Massivs Velká Lúka im Gebirge der Malá Fatra kommt amphibolischer Peridotit vor. Es handelt sich um einen einige Meter großen Körper, der sich in stark hybriden Granitoiden befindet. Im breiteren Gebiet des Vorkommens ultrabasischer Gesteine sind vorgranitoide Gesteine mit biotitischen Paragneisen, Quarzparagneisen und Amphibolit vertreten. Es handelt sich um Gesteine des Mantels granitoiden Massivs, die in verschiedenem Maße von alkalischer Metasomatose bis Granitisation betroffen waren. Die Berührung des Peridotits mit hybriden Granitoiden ist zur Beobachtung unzugänglich.

Ein weiteres Vorkommen ultrabasischer Gesteine in der Tatridenzone ist von J. Koutek (l. c.) beschriebener amphibolisch-biotitischer Peridotit aus dem Tale Ráztocká dolina an den Nordabhängen der Niederen Tatra.

Die tektonische Zuständigkeit des Dunits bei Sedlice unweit von Margecany ist nicht eindeutig gelöst. Der Dunit befindet sich unter paläogenen Konglomeraten. In letzter Zeit wurden Dunitbruchstücke auch in weiterer Umgebung der Gemeinde Vítaz, ungefähr 12 km nordwestlich von Sedlice festgestellt. Der Charakter des Dunits ist in Konglomeraten des Paläogens identisch mit dem aus Sedlice. Auf Grund des petrographischen Charakters und tektonischer Position des sedliceer Dunits, nehme ich ihn als tatrides Element an.

Amphibolischer Peridotit kommt im Gebirge Malá Fatra im hybriden Granit vor. In weiterer Umgebung sekundären Vorkommens ultrabasischer Gesteine in der Niederen Tatra zeichnet J. Koutek (l. c.) in die Landkarte Granit ein.

Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß auch dieser Peridotitkörper in granitoiden Gesteinen vorkommt (Abb. 1).

2. Veporidenzone

In der südlichsten Veporidenzone, im Kristallinikum von Kohút [M. Mášková — V. Zoubek (1960)] treten 9 winzige Serpentinittkörper hervor. Ihre geologische Stellung ist ähnlich. Sie kommen in der Glimmerschiefer-Serie und Gneisen vor, die oft migmatisiert bis granitisiert sind, eventuell den Charakter von Diaphoriten besitzen.

Ein typisches Merkmal aller bekannten Serpentinittkörper der Veporidenzone ist ihre starke Serpentinisierung. Außer einer Lokalität wurde in ihnen keine Asbestmineralisierung festgestellt. Die Ränder der Serpentinittkörper der Veporidenzone sind verschiefert.

3. Gemeridenzone

Die Gemeridenzone dominiert mit der Zahl und Größe der ultrabasischen Körper über allen tektonisch-stratigraphischen Zonen der Westkarpaten.

Auf Grund ihrer geologischen Position kann man in der Gemeridenzone drei Gruppen der ultrabasischen Gesteine ausgliedern.

a) In die erste Gruppe gehören Serpentinite, die im epimetamorphierten jüngeren Paläozoikum (Karbon) vorkommen. Es sind hauptsächlich ultrabasische Gesteine aus den Lokalitäten Kalinovo, Ochtná, Ploské.

b) Ein Teil der Serpentinivorkommen ist an die Berührung jüngeren Paläozoikums mit unterer Trias gebunden. Hierher gehören die Serpentine aus der Gegend von Jelšava und Bôrka.

c) Die letzte Gruppe sind ultrabasische Gesteine, die heute schon klassische Lokalitäten der Westkarpaten vorstellen: Dobšiná, die Umgebung von Jaklovce, das Gebiet Rudník—Jasov u. a. Es handelt sich um Vorkommen in unterer eventuell mittlerer Trias.



Abb. 1. Vorkommen des ultrabasischen Gesteins in den Westkarpaten der Slowakei. 1 — Lokalitäten in der Tatridenzone; 2. — Lokalitäten in der Veporidenzone; 3 — Lokalitäten in der Gemeridenzone.

Petrographie und Chemismus

Auf Grund der bis jetzt durchgeführten Forschungen der ultrabasischen Gesteine der Westkarpaten fasse ich in der Tabelle 1 Forschungsergebnisse über die Mineralzusammensetzung und Veränderungen der ultrabasischen Gesteine zusammen.

Die ultrabasischen Gesteine der Tatridenzone sind durch schwachen bis geringen Grad der Serpentinisierung charakterisiert. Die Erhaltung primärer Magnesiumminerale ermöglicht die Charakteristik der ursprünglichen Gesteine. Im Falle des Peridotits der Malá Fatra, entstand der Amphibol vor der Serpentinisierung. Außer der Antigoritisierung des Peridotits ist auch eine schwache Raumsteatitisierung wahrnehmbar. Es ist die letzte Veränderung des Peridotits. J. K o u t e k (l. c.) bezeichnete das ultrabasische Gestein der Niederen Tatra als amphibolisch-biotitischen Peridotit mit folgender Mineralzusammensetzung: Olivin, monoklinischer Pyroxen, brauner Amphibol, Biotit, Aktinolith, Chrysotil, Antigorit, Chlorit, saussuritisches Aggregat, Klinozoisit, Pyrit und Magnetit. Laut B. C a m b e l (l. c.) ist Dunit bis enstatischer Dunit bei Sedlice ein klassisches Beispiel begin-

Tabelle 1

| | Tatridenzzone | | | Veporidenzone | Gemeridenzone | | |
|---|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---|---|---|--|
| | Malá Fatra | Niedere Tatry | Čierna hora (Sedlice) | | Karbon | Karbon-Trias | Trias |
| Primäre magmatische Sillkate | ... | ... | ... | — | — | — | . |
| Serpentinisierung | . | . | . | ... | ... | ... | .. |
| Chrysoladerbildung | — | — | . | — | — | — | ... |
| Weitere Nachserpentinisierungsveränderungen | unbedeutende Steatitisierung | unbedeutende Steatitisierung | Karbonsierung, De-weyladerbildung | Amphibolisierung, Biotitisierung, Chloritisierung, Karbonatisierung | Amphibolisierung, Steatitierung, Karbonatisierung | Amphibolisierung, Steatitierung, Karbonatisierung | |
| Muttermagma | Peridotit | Peridotit | Dunit | Peridotit Lherzolith Harzburgit | Lherzolith | Lherzolith | Lherzolith |
| Gestein | amphibolischer Peridotit | amphibolischer Peridotit | Dunit | antigoritischer Serpentin | antigoritischer Serpentin | antigoritischer Serpentin | antigoritischer Serpentin (lokal auch serp. Dunit) |

. Sehr seltenes Mineral; sehr schwache Serpentinisierung.

.. Seltenes Mineral; schwache Serpentinisierung.

... Häufiges Mineral; starke Serpentinisierung.

nender Serpentinisierung des ultrabasischen Gesteins. Der primäre Charakter des Gesteins ist deutlich.

Die ultrabasischen Gesteine der Veporidenzone waren vollständig serpentiniert. Sie haben den Charakter antigoritischer Serpentine. Laut vorangehenden Studien von Serpentiniten dieser Zone (D. Hovorka, l. c.) variierte der Charakter der ultrabasischen Gesteine zwischen Peridotiten, Lherzoliten bis Harzburgiten. Für die Serpentinite der Veporidenzone ist charakteristisch die Entwicklung monomineraler amphibolischer, chloritischer, talkiger und lokal auch biotitischer Gesteine. Häufig sind Karbonatenäderchen vorhanden. Monominerale Gesteine kommen in der Regel an den Berührungen der Serpentiniten vor, mit verschiedenen intensiv migmatisierten bis granitisierten kristallinen Schiefern. Ein weiteres charakteristisches Merkmal der Serpentiniten der Veporidenzone ist der Mangel an Asbestmineralisierung.

Das Entstehen der monomineralen Zonen folgte nach der Serpentinisierung der ultrabasischen Gesteine. Nachdem diese Nachserpentinisierungsveränderungen zur Geltung kamen, an Körpern die in kristallinen Schiefern ihre Diaphoriten und auch in stark granitisierten Gesteinen, die von Diaphtorese nicht betroffen waren vorkommen, hat der Verfasser (l. c.) die Ansicht ausgesprochen, daß die Ursache der Nachserpentinisierungsveränderungen der ultrabasischen Gesteine in der granitoiden Intrusion im weiteren Sinne liegt.

Die Studien des J. Kamenický (l. c.) und J. Kantor (l. c.) erläuterten den petrographischen und petrochemischen Charakter der Serpentiniten des Spišsko-gemerské rudohorie. Aus diesem Grunde lege ich nur eine kurzgefaßte Charakteristik der Serpentiniten nach ihrer geologischen Lage vor.

a) Serpentinite im Karbon

Ihr gemeinsames Merkmal ist sehr intensiver Serpentinisierungsgrad. In den Serpentiniten dieser Gruppe sind primäre Silikatminerale nicht erhalten geblieben. Es handelt sich um antigoritische Serpentine, die stellenweise in amorphe Abarten übergehen. Die Asbestmineralisierung ist sehr gering, meistens fehlt sie überhaupt. Das gemeinsame Merkmal der Serpentiniten dieser geologischen Position ist die Anwesenheit aktinolithischer Gesteine an den Rändern der Serpentinittkörper. Eine oft vorkommende Veränderung ist auch die Steatitisierung. In den Serpentiniten dieser Gruppe kommen häufig Karbonatenäderchen vor.

b) Serpentinite, die an der Grenze des jüngeren Paläozoikums und Werfen auftreten

Die Serpentinite dieser geologischen Position haben den Charakter antigoritischer Serpentine mit erhaltenen Pseudomorphosen schuppenartiger Antigoriten nach rhombischen Pyroxenen (-Bastit). Außer der Serpentinisierung haben sich an den ultrabasischen Gesteinen auch weitere Veränderungen geltend gemacht: Aktinolithisierung, Steatitisierung und Karbonatisierung. Auf Asbest sind sie steril.

c) Serpentinite im Werfen bis Mitteltrias

Das gemeinsame Merkmal dieser Serpentinittgruppe sind teilweise erhaltene Pyroxene, in einzelnen Fällen auch Olivine. Häufig sind Antigoritpseudomorphosen nach Pyroxenen (Bastit) vorhanden. Die Asbestmineralisierung ist aus allen Serpentinittvorkommen dieser geologischen Position bekannt. In einigen Lokalitäten sind Industriekonzentrationen von Asbest bekannt (Dobšiná, Gebiet Rudník-Jasov). Typisch, zum Unterschied von den vorangehenden Gruppen, ist die Abwesenheit der Amphibol-, Talk- und Karbonatmineralisierung. Die Anwesenheit

Tabelle 2

| Geol. Einheit | Anal. Nr. | Lokalität | An. Nr. i. Lit. | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Cr ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | FeO |
|---------------|----------------------------|-----------|-------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
| Veporidenzone | Jüngeres Proterozoikum (?) | 1 | Strieborná bei Cinobaňa | 1 | 41,82 | sp. | 2,56 | * | 1,68 |
| | | 2 | Uhorské I | 2 | 37,73 | 0,35 | 5,92 | * | 3,69 |
| | | 3 | Uhorské I | 3 | 39,01 | 0,19 | 4,72 | * | 4,32 |
| | | 4 | Uhorské II | 4 | 40,94 | 0,01 | 2,85 | * | 4,24 |
| | | 5 | Ostrá bei Klenovec | 5 | 35,52 | sp. | 2,06 | * | 0,96 |
| | | 6 | Muránska Dlhá Lúka | 6 | 38,93 | sp. | 3,31 | * | 0,84 |
| | | 7 | Muránska Dlhá Lúka | 7 | 42,45 | sp. | 3,88 | * | 0,48 |
| | | 8 | Muránska Dlhá Lúka | 9 | 39,80 | — | 1,36 | 0,25 | 3,96 |
| | | 9 | Čierna Lehota | 9 | 38,42 | 0,26 | 2,59 | * | 5,83 |
| | | 10 | Čierna Lehota | | 36,00 | 0,25 | 5,31 | * | 4,35 |
| Gemeridenzone | Karbon | 11 | Ploské | 10 | 39,67 | — | 0,46 | 0,50 | 6,35 |
| | | 12 | Ochtiná, Bergwerkfel | 3 | 40,98 | 0,12 | 1,85 | 0,21 | 2,71 |
| | | 13 | Borčok bei Breznička | 8 | 40,47 | 0,03 | 2,56 | 0,08 | 92 |
| | Karbon-Werfen | 14 | Bôrka | 4 | 38,95 | 0,04 | 3,67 | 0,31 | 3,12 |
| | | 15 | Jelšava, Tri peniažky | 11 | 41,74 | — | 4,67 | — | 3,56 |
| | Unter- bis Mittel-trias | 16 | Držkovce | 1 | 34,04 | 0,04 | 1,82 | — | 6,66 |
| | | 17 | Hačava-Miglinč | 2 | 39,40 | — | 1,41 | — | 3,16 |
| | | 18 | Jasov | 6 | 40,42 | — | 6,15 | — | 2,60 |
| | | 19 | Bretka | 7 | 37,80 | — | 6,20 | — | 5,66 |
| | | 20 | Jaklovce-Švablica | 1 | 36,90 | sp. | 3,14 | 0,54 | 4,88 |
| | | 21 | Jaklovce | 2 | 37,14 | sp. | 4,09 | 0,54 | 5,67 |
| | | 22 | Jaklovce | 3 | 39,59 | sp. | 2,72 | 0,20 | 3,31 |
| | | 23 | Jaklovce, Gottestal | 4 | 37,66 | sp. | 3,75 | 0,51 | 7,01 |
| | | 24 | Danková | 5 | 37,19 | sp. | 5,18 | 0,11 | 3,04 |
| | | 25 | Danková | 6 | 37,27 | sp. | 6,71 | 0,46 | 0,79 |

Die Analysen Nr. 1—7, 9 sind aus der Arbeit D. Hovorka's (l. c.) über 20—25 aus der Arbeit J. Kamenický's (l. c.)

* Nicht bestimmt.

von Aktinolith im Serpentin in der Lokalität Babinec ist laut J. Kantor (l. c.) die Folge neogener Andesiteruptionen in der nächsten Umgebung des Serpentinits.

In den Serpentiniten des Spišsko-gemerské rudohorie waren auch manche seltene akzessorische und sekundäre Minerale festgestellt: Rutil, Millerit, Pentlandit, Awaruit, Heazlewoodit, Deweylit u. a. (J. Kantor, l. c.).

In der Tab. 2 sind chemische Analysen der Serpentiniten der Veporidenzone und des Spišsko-gemerské rudohorie angeführt. Aus der tabellaren Übersicht geht hervor, daß die chemische Zusammensetzung der ultrabasischen Gesteine aus den verschiedenen geologischen Einheiten der Westkarpaten ohne einen markanten Unterschied ist. Die kleine Variabilität des Chemismus der Serpentiniten weist auf Ähnlichkeit des Stoffes des primären Magmas.

Die Nummerierungen qualitativer Spektralanalysen entsprechen den Nummerierungen der chemischen Analysen der in der Tabelle 3 angeführten Serpentiniten.

Im Sinne der vorliegenden Konzeption sind die Serpentinite der Veporidenzone als auch die des Spišsko-gemerské rudohorie „vorgranitoide“ Gesteine. Die

| NiO | CuO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | H ₂ O±CO ₂ | H ₂ O— | | Analysiertes Gestein |
|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|--------|--|
| * | * | 0,41 | 0,18 | 0,1 | sp. | 10,79 | 0,29 | 99,31 | antigoritischer Serpentin |
| * | * | 2,18 | 0,18 | 0,1 | sp. | 10,79 | 0,12 | 99,09 | antigoritischer Serpentin |
| * | * | 1,36 | 0,80 | 0,35 | 0,12 | 10,48 | 0,23 | 100,35 | antigoritischer Serpentin (schw. schief.) |
| * | * | 2,37 | 0,09 | 0,13 | 0,12 | 11,57 | 0,08 | 99,45 | antigoritischer Serpentin |
| * | * | 3,32 | 0,48 | 0,18 | 0,26 | 15,82 | 0,26 | 99,58 | antigoritischer Serpentin |
| * | * | 2,72 | 0,18 | 0,1 | 0,01 | 13,62 | 0,06 | 99,14 | antigoritischer Serpentin |
| * | * | 0,54 | 0,93 | 0,33 | sp. | 11,02 | 0,18 | 100,30 | antigoritischer Serpentin |
| — | — | 1,35 | 0,42 | 0,08 | — | 10,06 | 0,11 | 100,90 | antigoritischer Serpentin |
| * | * | 2,80 | 0,40 | 0,22 | 0,20 | 10,01 | 0,10 | 99,37 | antigoritischer Serpentin |
| * | * | 3,35 | 0,15 | 0,07 | 0,09 | 13,08 | 0,08 | 99,82 | antigoritischer Serpentin |
| — | — | 0,95 | 0,44 | 0,10 | — | 11,63 | 0,15 | 101,02 | Serpentin |
| — | 0,01 | 0,50 | 0,42 | — | sp. | 10,54 | 0,18 | 100,04 | Serpentin |
| 0,13 | — | 0,42 | 0,12 | 0,18 | 0,09 | 11,72 | 0,15 | 100,84 | Serpentin |
| 0,32 | — | 0,08 | 0,82 | 0,30 | sp. | 12,25 | 0,69 | 100,56 | Serpentin |
| — | — | 1,51 | 0,04 | 0,70 | 0,09 | 12,96 | 0,26 | 99,79 | Serpentin |
| 0,24 | — | 4,00 | 0,18 | 0,26 | — | 15,48 | 0,84 | 100,06 | Serpentin |
| — | — | 0,65 | 0,40 | 0,37 | — | 13,32 | 0,83 | 100,78 | Serpentin |
| — | — | 1,75 | 0,14 | 0,20 | — | 11,33 | 0,65 | 100,38 | Serpentin |
| — | — | 0,08 | — | — | 0,01 | 11,65 | 0,95 | 100,49 | Serpentin |
| — | * | 0,33 | 0,15 | 0,10 | — | 11,28 | 0,61 | 99,49 | antigoritischer Serpentin |
| — | * | 1,05 | 0,30 | 0,07 | — | 10,57 | 0,55 | 100,27 | antigoritischer Serpentin |
| — | * | 0,64 | 0,12 | 0,09 | sp. | 13,12 | 1,80 | 99,15 | Serpentin |
| — | * | 0,65 | 0,33 | 0,08 | — | 11,18 | 0,92 | 100,06 | antigoritischer Serpentin |
| — | * | 0,15 | 0,09 | 0,04 | sp. | 12,88 | 1,88 | 98,87 | antigoritischer Serpentin |
| — | * | 1,46 | 1,39 | 0,09 | — | 11,82 | 1,46 | 99,69 | antigoritischer Serpentin |

die Analyse Nr. 10 aus der Arbeit L. Kamenický s (l. c.) und die Analysen Nr.

Anwesenheit der für ultrabasische Gesteine nicht typischen Elementen [Pb-Zn-Ag-Sb-Sn-Sr-B-Li (?)] nehme ich als Folge azider plutonischer Tätigkeit im weiteren Sinne an.

Tabelle 3. Spurenelemente (unter 0,1 %) in Serpentin

| | |
|-------------------------------------|---------------------|
| 1 Ni, Co, Cu, V | As(?) |
| 2 Ni, Co, Cu, V, Pb, Zn | In(?), Sb(?), Sr(?) |
| 3 Ni, Co, Cu, V, Zn | In(?), Ag(?) |
| 4 Ni, Co, Cu, V | In(?) |
| 5 Ni, Co, Cu, V, Zn | Sb(?) |
| 6 Ni, Co, Cu, V, Pb, Zn, Ag, Sb, Sr | As(?) |
| 7 Ni, Co, Cu, V, Zn, Sb | Pb(?) |
| 9 Ni, Co, Cu, V, Zn | Sn(?), Sb(?) |
| 20 Ni, Co, Cu, Sn, B | Pb(?), Ag(?) |
| 21 Ni, Cu, B | Co(?) |
| 22 Ni, Co, Cu, V, B, Sn | Li(?) |
| 23 Ni, Cu, B | In(?) |
| 24 Ni, Co, Cu | Ag(?), B(?) |
| 25 Ni, Co | B(?) |

Genese und Stratigraphie

Die Interpretation der Genese und des Alters des amphibolischen Peridotits der Malá Fatra muß sich wegen des Mangels stratigraphisch eingegliedelter Schichtenfolgen an die Analyse geologischer und petrographischer Prozesse bis im Kristallinikum stützen. Amphibolischer Peridotit kommt gemeinsam mit versunkenen Schollen des Parakristallinikums in Granitoiden vor. Wenn wir von der allgemein angenommenen Anschauung ausgehen, daß nämlich die ultrabasischen Gesteine ein Produkt des simatischen Magmatismus sind, müssen wir annehmen, daß die tiefen Spalten durch die ganze sialische Hülle der Erde die Zufuhr des simatischen Materials in die oberen Teile der Lithosphäre bilden. Die Rigidität granitoider Massive schließt, nach der Meinung des Verfassers, die Möglichkeit des Entstehens einige-zehnkilometertiefen Störungszonen (Spalten), die die Zufuhr des ultrabasischen Magmas bildeten, aus. Deshalb scheint im Falle der Malá Fatra die Erklärung der vorgranitoiden Entstehung des ultrabasischen Gesteins logisch zu sein. Der Peridotit, gemeinsam mit den übrigen basischen Vulkaniten, bildete ein Glied der sedimentären vulkanischen Serie altproterozoischer Geosynklinale. Das typische Merkmal des Peridotits aus der Malá Fatra ist der geringe Serpentinisierungsgrad. Diese Feststellung ist um so auffälliger, daß in vielen ausländischen, als auch heimischen Werken die Serpentinisierungsprozesse der ultrabasischen Gesteine mit Granitplutonismus verbunden wurden. Die geringe Peridotitserpentinisierung ist ein sekundäres Merkmal dieses ultrabasischen Gesteins. Zum Unterschied von H. H. Hess (1955), der den Deserpentinisierungsprozeß der Serpentiniten mit vulkanischer Tätigkeit verbindet, nehme ich an, daß das ursprünglich serpentinisierte ultrabasische Gestein der Malá Fatra durch die Wirkung sialischer plutonischer Tätigkeit deserpentinisiert wurde. Die zur Deserpentinisierung nötige Wärme lieferte das granitoide Magma, das auf seinem Ausgangsweg Schollen des Parakristallinikums verschlang als auch den Körper des serpentinisierten ultrabasischen Gesteins (Serpentinits?). Das Plazieren des ultrabasischen Gesteins direkt im granitoiden Massiv schuf geeignete Bedingungen zur Deserpentinisierung. Die geringe Serpentinisierung und Steatitisierung die auf diesem ultrabasischen Gestein wahrzunehmen ist, betrachte ich als die Folge schwacher metasomatischer (automorpher) Veränderungen im granitoiden Massiv und so auch in ihm enthaltener Enklaven anderer Gesteine.

Eine analogische Genese hat wahrscheinlich auch der Peridotit aus der Niederen Tatra. Leider ist in diesem Falle die geologische Position nicht bekannt. Da in den Westkarpaten keine Differenzierungserscheinungen des ultrabasischen Magmas in der Richtung zu azideren Gliedern beobachtet wurden, ist die von J. Koutek (l. c.) angeführte Anwesenheit von Klinozoisit und saussuritischen Aggregats höchstwahrscheinlich eine sekundäre minerale Assoziation nach Plagioklasen (J. Koutek, l. c.). Die Anwesenheit von Plagioklas, Biotit und wahrscheinlich auch Aktinolith und braunen Amphibols im Peridotit der Niederen Tatra nehme ich als die Folge exokontakter Wirkung der granitoiden Intrusion auf verschlungene ultrabasische Gesteinslinsen an.

Die stratigraphische Zuständigkeit des tatraveporiden Kristallinikums ist bis jetzt eindeutig nicht gelöst. Nach der Konzeption von M. Máška und V. Zoubek (1959 und 1961) ist das tatrider Kristallinikum altproterozoischen Alters. Die von J. Kantor durchgeführte Bestimmung des absoluten Alters der tatrider Gra-

nitoidgesteine entspricht der Konzeption von M. Máška und V. Zoubek (l. c.) nicht. Nach J. Kantor (l. c.) sind die tatriden Granite waristischen Alters.

Die Abwesenheit jungpaläozoischer, eventuell mesozoischer Hülle im Gebiete der Serpentinittvorkommen im Kristallinikum von Kohút nötigt bei der Lösung der Frage der Genese und Stratigraphie zur Anwendung der indirekten Methode. Auf Grund petrographischen und petrochemischen Studiums der Serpentinitten und an diese gebundenen monomineralen Gesteine, die der Verfasser (l. c.) selbst durchführte, stellen die Serpentinitten des Kristallinikums von Kohút eines der Glieder der sedimentärmagmatischen Kohút-Serie vor. Ihre stratigraphische Eingliederung ist auch problematisch. Laut M. Máška und V. Zoubek (l. c.) stellt die Kohút-Serie metamorphiertes jüngeres Proterozoikum dar. Die Platzierung der Serpentinitten in einer Serie verschiedenartig granitisierter Gesteine (feldspatisierte Gneise, Migmatite und ihre diaphoritischen Derivate) war für hochtemperierte Deserpentinisierung nicht günstig. Die Feldspatisierungs- und Migmatitisierungsvorgänge verursachten die Nachserpentinisierungsveränderungen der ultrabasischen Gesteine: die Amphibolisierung, Bitotitisierung, Chloritisierung, Steatitisierung, Karbonatisierung. Mit diesen Veränderungen waren am meisten die Ränder der Serpentinittkörper betroffen. Die Serpentinittenplatzierung im Kristallinikum von Kohút, im Wirkungsbereich der Granitisierungsagenzien hat sich auch in der Assoziation der Spurenelemente in den Serpentinitten ausgewirkt.

Zum Begreifen des Mechanismus des simatischen Magmatismus in geosynklinalen Gebieten muß man aus den Ergebnissen geophysikalischen Studiums, der Zusammensetzung der Erdkruste im Gebiete der Kontinente und der Ozeane ausgehen.

Auf der Abbildung 2 ist ein schematischer Querschnitt durch die Erdkruste im kontinentalen Gebiet und im Gebiete des Atlantischen Ozeans dargelegt. Aus der Abbildung geht hervor, daß für simatischen Magmatismus im Geosynklinalgebiet günstige Bedingungen waren.

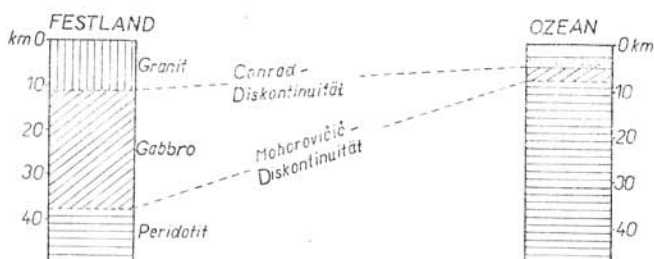


Abb. 2.

Im Falle, daß wir die Erklärung J. T. Wilsons (1949) über das Entstehen jüngerer orogener, parallel mit älteren Faltungssystemen akzeptieren, verstehe ich das Eindringen von ultrabasischen Körpern in die gefalteten parakristallinen Serien der Kohút-Zone im Sinne der Ansicht von R. S. Dietz (1963a, 1963b) folgendermaßen: In der jungproterozoischen Geosynklinale, die den altproterozoischen metamorphierten Tatridenkomplex umsäumte, kam es während des Faltungsprozesses zur Pressung des Sedimentationsraumes. Die sedimen-

täre Serie war regional metamorphiert in kristalline Schiefer. Im Zeitraum der Wirkung tangentialer Drücke kam es zur Pressung des Geosynklinalraumes bei gleichzeitiger Aufschubung des kontinentalen Blocks (Tatridenzone) auf die orogene Zone (eventuell Unterschiebung basischen und ultrabasischen Substrates der Geosynklinale unter die Tatridenzone). Im Hangenden der „Annäherung“ (Berührung) des Substrates orogenen Gebietes mit dem Substrat der Faltingszone (Tatridenzone) kam es zum Entstehen der „geschwächten Zone“, die das tektonisch maximal beeinflusste Gebiet darstellt. Gleichzeitig kam es zur Trennung von Blöcken basaltischen bis peridotischen Magmas und ihrer Hebung in die oberen Teile des metamorphierten Komplexes. Der angenommene Mechanismus der Hebung von ultrabasischen Körpern in den Gesteinskomplex der Kohút-Zone ist in der Abbildung 3 schematisch dargestellt.

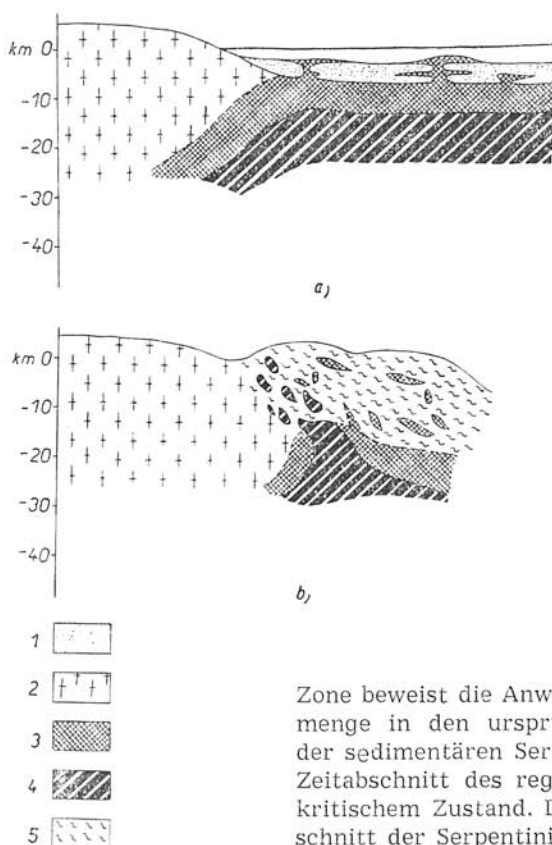


Abb. 3. Erklärung: 1 — Sedimente; 2 — Eruptive und metamorphe Gesteine der Tatriden-Zone; 3 — Gabbro-Zone; 4 — Peridotit-Zone; 5 — Metamorphe Gesteine der Kohút-Zone.

Die Annahme der angeführten Hypothese des Durchdringens ultrabasischen simatischen Magmas in die oberen Teile der Lithosphäre ermöglicht uns gleichzeitig auch die logische Erklärung der Serpentinisierungsprozesse der ultrabasischen Gesteine. Die Serpentinisierung der ultrabasischen Gesteine ist die Folge von Metamorphprozessen in der orogenen Zone, also Vorgängen, die das Entstehen gebirgsbildender Minerale der kristallinen Schiefer mit großem H_2O (OH)-Gehalt bedingen. Der wesentliche Anteil von Muskovit, Chlorit und Biotit in kristallinen Schiefen der Kohút-

Zone beweist die Anwesenheit einer bedeutenden Wassermenge in den ursprünglichen Sedimenten. Das Wasser der sedimentären Serie ton-sandigen Charakters kam im Zeitabschnitt des regionalen Metamorphismus in überkritischen Zustand. Die tektonische Aktivität im Zeitabschnitt der Serpentinisierung des ultrabasischen Gesteins hat sich auch am Mangel von Asbestmineralisierung gezeigt, die zu ihrem Entstehen ruhige tektonische Bedin-

gungen benötigt.

Die Serpentinite des Spišsko-gemerské rudohorie treten in gewisser Gesetzmäßigkeit in bezug zu tektonischen Elementen ersten Ranges auf. Die Serpentinittkörper sind in drei Zonen parallel mit der Antiklinoriumachse gruppiert. Der nördlichste Serpentinittstreifen tritt in der Nähe der tektonischen Berührung

der Veporidenzone mit dem Spišsko-gemerské rudohorie auf (Kalinovo, Babinec, Kyjatice, Ploské). Die beiden übrigen Serpentinistreifen liegen symmetrisch zur Achse des Gemeridenantiklinoriums. Diese zonale Serpentinverbreitung im Spišsko-gemerské rudohorie ist mit der Erfahrung von H. H. Hess (1955) identisch, nach der die symmetrische Verbreitung längs der Geosynklinalachse für alpinotype Serpentine charakteristisch ist.

Die stratigraphische Zergliederung des ultrabasischen Magmatismus im Gebiet von Spišsko-gemerské rudohorie ist zum Unterschied von dem Tatraveporiden-gebiet klarer. Die Serpentine befinden sich in drei stratigraphischen Horizonten: im Karbon, an der Karbon-Werfenwende und die dritte Serpentingruppe tritt in der Unter- bis Mitteltrias auf. Bisher bleibt noch die Frage ungelöst, ob die Serpentine des Spišsko-gemerské rudohorie in einer magmatischen Phase entstanden sind und ihre Anwesenheit in verschiedenen stratigraphischen Horizonten nur eine sekundäre Folge ist, oder stellen sie Produkte mehrerer, zeitlich getrennter Phasen magmatischer Tätigkeit vor. In Übereinstimmung mit Autoren, die in den letzten Jahren die Serpentine des Spišsko-gemerské rudohorie (l. c.) studierten, neige ich mich auch zur Ansicht des einheitlichen Alters der Serpentiniten.

J. Kantor (l. c.) und J. Kamenický (l. c.) bewiesen kontakt metamorphe Wirkungen der Serpentiniten der Gemeridenzone auf die Schichtenfolge der unteren bzw. mittleren Trias. Damit ist die untere stratigraphische Grenze der Intrusion bewiesen. Problematisch bleibt die Möglichkeit der Angliederung des simatischen Magmatismus zu höheren stratigraphischen Horizonten. Eine obertriassische oder jüngere sedimentäre Schichtenfolge kommt im Gebiet des Serpentinivorkommens nicht vor.

Laut J. Kamenický (1957) intrudierten die ultrabasischen Gesteine der Gemeridenzone nach tiefen Brüchen, die infolge epirogenetischer Bewegungen bei der Veränderung der ton-sandigen Sedimentierung der Untertrias in karbonatische Sedimentierung in der Mitteltrias entstanden sind.

Im Sinne dieser Konzeption erkläre ich mir den Mechanismus des Durchdringens ultrabasischer simatischer Massen in Schichtenfolgen des jüngeren Paläozoikums bis Trias folgendermaßen: Die geosynklinale Sedimentierung des alpidischen Zyklus im Gebiet des Spišsko-gemerské rudohorie ist lokalisiert an jenen Stellen, wo sich im Liegenden metamorphierte Herzynserie befindet. Es muß daher angenommen werden, daß es von der Oberfläche des Sedimentierungsbassins in der Unter-, bzw. Mitteltrias bis zur Oberfläche des ultrabasischen Substrats einige Zehnkilometer abweich. Eventuelle tiefe Brüche müßten durch einen mechanisch heterogenen triassischen, jüngeren paläozoischen, metamorphierten älteren paläozoischen Gesteinkomplex und durch die plastische Gabbroschichte der Erdkruste durchdringen. Zum Unterschied von den früheren Autoren nehme ich an, daß die Serpentinikörper des Spišsko-gemerské rudohorie nur Bruchstücke des simatischen Substrats vorstellen, die in die oberen Teile der Lithosphäre im alpidischen Orogenzeitabschnitt emporgehoben waren. Es ist wahrscheinlich, daß während des karpatischen Orogenzyklus, der sich auch an der herzynisch geformten paläozoischen Unterlage widerspiegelt, kam es zu keinem primär hervortretenden Durchdringen simatischen Substrats. Ultrabasisches Magma wurde in die höheren Horizonte der Lithosphäre bereits im herzynischen Orogenzeitabschnitt emporgehoben. Die hohe Plastizität des epimetamorphierten Paläozoikums der Gemeridenzone war eine günstige Bedingung zum „Aufgleiten“

ultrabasischer Körper in höhere Zonen. Die Rigidität des mitteltriassischen Kalkkomplexes war die Ursache, daß die Schuppen der ultrabasischen Gesteine in ihm „hängen blieben“. Die schuppenartige Struktur und häufige tektonische Brekzien an den Berührungen der Serpentinitten mit Werfenschiefern und mitteltriassischen Kalken sind einer von den Beweisen über die tektonische Position der ultrabasischen Gesteine in ihrer jetzigen Position. Die Gruppierung einiger kleiner Serpentinittkörper in gewissen Gebieten (das Gebiet von Jaklovce, Kyjatice-Babiniec u. a.) kann man im Sinne dieser Konzeption als Teile einer Masse größeren simatischen Bruchstückes annehmen, der sich im Zeitabschnitt des Karpatenogens bereits über der Mohorovičič Diskontinuität befand.

Die ungarischen Autoren K. Balogh — G. Pantó (1953) und K. Balogh (1959) verbinden die Intrusion basischer und ultrabasischer Gesteine des Mesozoikums des Südslovakischen Karstes mit vorgeschauenen Vorgängen. Auf Grund durchgeführter Analyse des Mechanismus des Durchdringens ultrabasischen Magmas in obere Teile der Lithosphäre nehmen wir an, daß es zur Plazierung der Serpentinittkörper in ihre jetzige Position in der unteren eventuell mittleren Trias und vor der Intrusion der Gemeridengranite kam.

Über den Einfluß älterer orogenetischer Vorgänge auf das ultrabasische Magma ist es möglich nur hypothetisch zu reden. Das letzte Orogen, das karpatische, das Emporheben simatischen Materials in die höchsten Teile des Sials verursachte, beeinflusste im wesentlichen Maße den jetzigen Charakter der Serpentinitten des Spišsko-gemerské rudohorie. Aus der Tabelle 1 geht der verschiedene Serpentinisierungsgrad und das Entstehen weiterer Serpentinittveränderungen in Abhängigkeit von ihrer geologischen Position hervor. Körper ultrabasischer Gesteine im epimetamorphisierten Karbon waren vollständig serpentiniert. Die tektonometamorphen Bedingungen während der Serpentinisierung waren für das Entstehen von Klüften nicht günstig (Tendenz der Raumpressung) und daher ungünstig für die Entstehung der Asbestmineralisierung. Die PT-Bedingungen und die hervortretende hydrothermal pneumatolytische Front neoider Gemeridengranite waren günstig für Amphibolisierung, Chloritisierung, Steatitisierung und Karbonatisierung der Serpentinitten. Die geologische Position in höheren stratigraphischen Horizonten (Werfen—Mitteltrias) ermöglichte die Schaffung günstiger thermodynamischer Bedingungen zur Entstehung von Klüften und daher auch der Asbestmineralisierung.

Abschluß

1. Die ultrabasischen Gesteine der Westkarpaten sind das Produkt einiger Orogens. Der amphibolische Peridotit der Malá Fatra (wahrscheinlich auch der Niederen Tatra und der Dunit von Sedlice) ist ein singenetisches Glied der „Tatra“-Serie. Diese ist laut M. Mášková und V. Zoubek (l. c.) altproterozoischen Alters.

Die Serpentinite der Kohút-Zone sind ein sporadisches Gesteinsglied. Nach der Ansicht frühergenannter Autoren handelt es sich um metamorphisierten Komplex jungproterozoischen Alters.

Die untere Grenze des Durchdringens des simatischen Magmas in die oberen Teile der Lithosphäre im Gebiete des Spišsko-gemerské rudohorie ist durch den Beweis kontakter Wirkung der Serpentinite auf die Sedimente der unteren, eventuell mittleren Trias (J. Kantor l. c., J. Kamenický l. c.) bestimmt. In

der Arbeit ist die Eingliederung der Serpentinitten des Spišsko-gemerské rudohorie in jüngere Horizonte besprochen.

2. Der Mechanismus des Durchdringens ultrabasischer simatischer Masse in die höheren Teile des Tatraveporidenkomplexes ist nicht als gangartiges Durchdringen simatischer Schmelze in die oberen Teile der Lithosphäre betrachtet, sondern als die Folge linsen- und schuppenartiger Emporhebung ultrabasischen Substrats in Geosynklinalsedimente im Zeitraum ihres regionalen Metamorphismus.

Die Serpentinitten des Spišsko-gemerské rudohorie kamen in ihre jetzige Position im karpatischen Orogen. Es handelt sich um Schuppen simatischen Substrats, die aus ihrem „Herd“ im Sial in ihre jetzige Position redeponiert wurden, da sie durch den vorangehenden herzynischen orogenetischen Zyklus herausgepreßt waren.

3. Die unbedeutende Peridotitserpentinisierung in der Malá Fatra ist eine sekundäre Erscheinung. Der Peridotit ist im Zeitabschnitt der Intrusion des Granitoidenmassivs der Deserpentinisierung unterlegen. Dies war hauptsächlich durch die Wärmeenergie des granitoiden Magmas bewirkt.

Die Serpentinisierung des ultrabasischen Gesteins des Kohút-Kristallinikums ist die Folge des regionalen Metamorphismus jungproterozoischer Kohút-Serie. Das zur Serpentinisierung des ultrabasischen Gesteins nötige Wasser stammt aus der sedimentär vulkanogener Schichtenfolge.

4. Die geologische Position der ultrabasischen Gesteine in einzelnen tektonostratigraphischen Einheiten der Westkarpaten ist gleichzeitig ein Anzeiger ihrer möglichen ökonomischen Bedeutung. Die ultrabasischen Gesteine der Tatridenzone haben durch ihren niedrigen Serpentinisierungsgrad als Muttergesteine der Asbestmineralisation keinen praktischen Wert.

Die Serpentinitten des Kohút-Kristallinikums führen kein Asbest. Im Falle ausgedehnter Nachserpentinisierungsveränderung, die in Serpentinitspalten, oder an Rändern mancher Serpentinittkörper lokalisiert wurden, kann man stellenweise die Anwesenheit ökonomisch bedeutender Talklagen erwarten.

Die Serpentinitten des Spišsko-gemerské rudohorie, die in Unter-, eventuell Mitteltrias vorkommen, haben eine günstige geologische Position für Asbestmineralisierung von industrieller Konzentrationen.

5. Die ultrabasischen Gesteine der Westkarpaten kommen wegen ihrer komplizierten tektonometamorphen Entwicklung als Träger bedeutenderer Elementkonzentrationen von Metallen (Ni, Co, Cr) nicht in Betracht.

Übersetzt von G. Horná.

SCHRIFTTUM

- Balogh K. — Pantó G., 1953: Das Mesozoikum von Nordungarn und der anliegenden Teile des Jugoslawischen Karstes. Sborník ÚÚG 20, Abt. Geol., Prag. — Balogh K., 1953: Geologische Studien in der Umgebung von Plešivec (Pelsöc 1942), ferner zwischen Bodvaszilas und Josvafő (1943). Évi Jelentések az 1943ról, Budapest. — Betehtin A. G., 1953: O metamorfičeskich porodach obrazujuščichsja za ščot ultraosnovnych izveržennyh porod. Vopr. petrogr. a mineral. T. I. AN SSSR. — Bowen N. L., Tuttle O. F., 1949: The system $MgO-SiO_2-H_2O$. Geol. Soc. Am. Bull. 60. — Burri C., Niggli P., 1945: Die jungen Ophiolite des mediterranen Orogens. — Cambel B., 1951: Das ultrabasische Gestein von Sedlice und Serpentinitten der nächsten Umgebung. Geol. sbor. Slov. ak. vied 2, Bratislava. — Clark H. H., Fyfe W. S., 1961: Ultrabasic Liquids. Nature, Vol. 191, No 4784. — Dietz R. S.,

- 1963: Collapsing continental rises: an actualistic concept of geosynclines and mountain building. The Journ. of geol. Vol. 71, No 3, Chicago. — Dietz R. S., 1963: Alpine serpentines as oceanic rind fragments. Geol. Soc. Am. Bull. Vol. 74, No 7. — Egoen V. L., Chain V. E., 1953: Rol' i mesto ultraosnovnykh intruzij v razviti zemnoj kory. Dokl. AN SSSR 91, No 4. — Hess H. H., 1938: A primary peridotite magma. Am. Journ. Sci., 35. — Hess H. H., 1955: Serpentine, orogeny and epeirogeny. Geol. Soc. Am. Spec. Paper, No 62. — Hovorka D., (im Druck): Die Serpentinite des Kohút-Kristallinikums und ihre metamorphe Produkte. Acta geol. et geograph. Univ. Comenianae, Bratislava. — Hovorka D., (im Druck): Endotakte Erscheinungen im Serpentin bei Málinec (Veporské rudohorie). Geol. práce, Zprávy, Bratislava. — Ivanov M., Kamenický L., 1957: Bemerkungen zur Geologie und Petrographie des Kristallinikums der Malá Fatra. Geol. práce, 45, Bratislava. — Jelisejev N. A., Gorbunov G. J., Jelisejev E. N., Maslennikov V. A., Utkin K. N., 1961: Ultraosnovnyje i osnovnyje intruzii Pečengi. Izv. AN SSSR. Trudy, vyp. 10, Moskva—Leningrad. — Jeremejev V. P., Merenkov B. Ja., Petrov V. P., Sokolova L. A., 1959: Chryzotilazbestovyje mestoroždenija kak odna iz form kontaktnogo vozdejstvia granitoidov na ultraosnovnyje porody. Trudy inst. geol. rud. mestorož., petrogr., miner. i geochim. AN SSSR, 31. — Kamenický J., 1950: Basische Eruptiva der Untertrias im Gebiete des Gebirges Spišsko-gemerské rudohorie. Geol. sbor. Slov. akad. vied 1, Bratislava. — Kamenický J., 1951: Über den Serpentin bei Danková. Geol. sbor. Slov. akad. vied 2, Bratislava. — Kamenický J., 1957: Serpentinite, Diabase und Glaukophangesteine der Trias des Gebirges Spišsko-gemerské rudohorie. — Geol. práce 45, Bratislava. — Kamenický L., 1963: Das Kristallinikum der Tatravaporiden. Vysvetl. k prehľad. geol. mape 1:20 000 M—34—XXVII Vysoké Tatry. Geofond Bratislava. — Kantor J., 1955a: Das Deweylit von Sedlice. Geol. práce, Zprávy 2, Bratislava. — Kantor J., 1955b: Erzminerale der Serpentiniten aus dem Gebirge Spišsko-gemerské rudohorie. Geol. sbor. Slov. akad. vied 6, 3—4, Bratislava. — Kantor J., 1956: Die Serpentinite des südlichen Teiles des Gebirges Spišsko-gemerské rudohorie. Geol. práce, Zprávy 6, Bratislava. — Kantor J., 1959: Beitrag zur Altersbestimmung mancher Granite und mit ihnen verbundenen Lagerstätten der Westkarpaten. Acta geol. et geograph. Univ. Comenianae, No 2, Bratislava. — Kantor J., 1960: Orogenic Prozesse der Kreide im Lichte der geochronologischen Forschung des Veporiden-Kristallinikums. Geol. práce, Zprávy 19, Bratislava. — Kočiščáková E., 1954: Die Ursachen der Serpentinisation mancher Kleinmassive im Gebirge Spišsko-gemerské rudohorie. Geol. práce, Zprávy 1, Bratislava. — Kordjuk B., 1941: Über das Alter der slowakischen Serpentine. Zentralblatt für Min. Geol. und Paläont. Abt. B, Stuttgart. — Koutek J., 1931: Geologische Studien im Nordwesten der Niederen Tatra. Sbor. Stát. geol. úst. 9, Praha. — Kužvart M., 1956: Schwemmkreidelagerstätten im Gebirge Spišsko-gemerské rudohorie in der Slowakei. Sbor. Ústř. úst. geol. 23, odd. geol., 2, Praha. — Lebedev A. P., 1955: Zakonomernosti razvitiia osnovnykh i ultraosnovnykh formacij na primere SSSR. V. sbor.: Magmatizm i svjaz s nimi poleznykh iskopajemykh, AN SSSR, Moskva. — Lodočnikov V. N., 1933: Serpenty i serpentinity i svjazannyje s nimi petrografičeskije voprosy. Problemy sov. geol. 5. — Marmo V., 1956: Sur la serpentinisation d'olivine. Bull. de la Soc. France Min. et de Crist. 79, 4—6. — Máška M., Zoubek V., 1960: Tectonic development of Czechoslovakia. Nakl. ČSAV, Praha. — Niggli P., 1956: Die Magmentypen. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 16. — Petraschek W. E., 1959: Intrusiver und extrusiver Peridotitmagmatismus in Alpentypen Bereich. Geol. Rundschau, 48. — Phillips A. H., Hess H. H., 1936: Metamorphic differentiation at contracts between serpentine and siliceous rocks. Amer. Min. 24. — Pinus G. V., 1957: Ob osobennostiach sostava ultraosnovnykh porod slaqajuščich giperbazitovyje pojasa skladčatych oblastej. Izv. AN SSSR, ser. geol., 3. Moskva. — Rankama K., 1946: On the Geochemical Differentiation in the Earth's Crust. Bull. Comm. géol. Finl. 137. — Sobolev N. D., 1946: O serpentinizacii. Vopr. miner. geoch. i petrogr. AN SSSR. — Sobolev N. D., 1955: Ultraosnovnyje porody i svjazannyje s nimi polevyje iskopajemyje. Issled. miner. syria. — Wilson J. T., 1949: The origin of continents and Precambrian history. Royal Soc. Canada Trans., 3d ser., 43, 4.