

DUŠAN HOVORKA*

ULTRABASICHE 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 tatriiden und vepriden 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 tatriiden Zone sind sehr mangelhaft. M. Ivanov — L. Kamenický (1957) haben den amphibolischen Peridotit aus der Malá Fatra beschrieben, wobei sie seine stratigrafische Position nicht bestimmt haben. J. Koutecký (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 Serpentiniten der vepriden Zone hauptsächlich M. Kužvart (1956), J. Kantor (1956) und der Verfasser (im Druck).

Die ultrabasischen Gesteine des Spišsko-gemerské rudochorie 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. Cambel (l. c.), J. Kamenický (l. c.) und J. Kantor (l. c.) grundsätzliche Erkenntnisse über den Ursprung der Muttergesteine der Serpentiniten gebracht, als auch über ihre Minerale und chemische Zusammensetzung, über den Charakter der Veränderungen der ultrabasischen Gesteine und auch über die Stratigraphie der Serpentiniten im Spišsko-gemerské rudochorie. 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 *Veľká 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 Granitisierung betroffen waren. Die Berührung des Peridotits mit hybriden Granitoiden ist zur Beobachtung unzugänglich.

Ein weiteres Vorkommen ultrabasischer Gesteine in der Tatridenzone ist von *J. Kouteck* (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 *Vitaz*, 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 sedlceer 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. Kouteck* (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. Máška — V. Zoubek (1960)] treten 9 winzige Serpentinitkörper 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 Serpentinitkörper der Veporidenzone ist ihre starke Serpentinisierung. Außer einer Lokalität wurde in ihnen keine Asbestmineralisierung festgestellt. Die Ränder der Serpentinitkörper 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 epimetamorphyten jüngeren Paläozoikum (Karbon) vorkommen. Es sind hauptsächlich ultrabasische Gesteine aus den Lokalitäten *Kalinovo*, *Ochtiná*, *Ploské*.

b) Ein Teil der Serpentinitvorkommen ist an die Berührung jüngeren Paläozoikums mit unterer Trias gebunden. Hierher gehören die Serpentinite 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 durchgeföhrten 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 Raumstabilitätsierung wahrnehmbar. Es ist die letzte Veränderung des Peridotits. J. Koutecký (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. Chamberlain (l. c.) ist Dunit bis enstatitischer Dunit bei Sedlice ein klassisches Beispiel begin-

Tabelle 1

	Tatridenzone			Veporiden- zone	Gemeridenzone	
	Malá Fatra	Niedere Tatra	Čierna hora (Sedlice)		Karbon	Karbon-Trias
Primäre mag- matische Sili- kate	—	—	—
Serpentinisie- rung	•	•	•
Chrysotilader- bildung	—	—	•	—	—	...
Weitere Nachserpentini- sierungsverän- derungen	unbedeutende Steatititisierung	unbedeutende Steatititisierung	Karbontisi- erung, De- weyllader- bildung	Amphibolisi- erung, Biotitisie- rung, Chloriti- sierung, Karbo- natisierung	Amphibolisi- erung, Steatiti- sierung, Karbo- natisierung	Amphibolisi- erung, Steatiti- sierung, Karbo- natisierung
Muttermagma	Peridotit	Peridotit	Dunit	Peridotit Lherzolith Harzburgit	Lherzolith	Lherzolith
Gestein	amphibolischer Peridotit	amphibolisch- biotitischer Peridotit	Dunit	antigoritischer Serpentinit	antigoritischer Serpentinit	antigoritischer Serpentinit (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 Serpentiniten. Laut vorangehenden Studien von Serpentiniten dieser Zone (D. H o v o r k a, l. c.) variierte der Charakter der ultrabasischen Gesteine zwischen Peridotiten, Lherzolithen bis Harzburgiten. Für die Serpentiniten 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 verschieden 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 Diaptorese 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. K a m e n i c k ý (l. c.) und J. K a n t o r (l. c.) erläuterten den petrographischen und petrochemischen Charakter der Serpentiniten des Spišsko-gemerské rudoohorie. Aus diesem Grunde lege ich nur eine kurzgefaßte Charakteristik der Serpentiniten nach ihrer geologischen Lage vor.

a) Serpentiniten 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 Serpentiniten, 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 Serpentinitkörper. Eine oft vorkommende Veränderung ist auch die Steatitisierung. In den Serpentiniten dieser Gruppe kommen häufig Karbonatenäderchen vor.

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

Die Serpentiniten dieser geologischen Position haben den Charakter antigoritischer Serpentiniten 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) Serpentiniten im Werfen bis Mitteltrias

Das gemeinsame Merkmal dieser Serpentinitgruppe sind teilweise erhaltene Pyroxene, in einzelnen Fällen auch Olivine. Häufig sind Antigoritpseudomorphosen nach Pyroxenen (Bastit) vorhanden. Die Asbestmineralisierung ist aus allen Serpentinitvorkommen 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. 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	5,34
	2	Uhorské I	2	37,73	0,35	5,92	*	3,69	8,34
	3	Uhorské I	3	39,01	0,19	4,72	*	4,32	7,75
	4	Uhorské II	4	40,94	0,01	2,85	*	4,24	3,76
	5	Ostrá bei Klenovec	5	35,52	sp.	2,06	*	0,96	6,31
	6	Muránska Dlhá Lúka	6	38,93	sp.	3,31	*	0,84	6,31
	7	Muránska Dlhá Lúka	7	42,45	sp.	3,88	*	0,48	5,69
	8	Muránska Dlhá Lúka	9	39,80	—	1,36	0,25	3,96	4,83
	9	Čierna Lehota	9	38,42	0,26	2,59	*	5,83	6,39
	10	Čierna Lehota		36,00	0,25	5,31	*	4,35	6,63
		Karbon	11	Ploské	10	39,67	—	0,50	6,35
			12	Ochtiná, Bergwerk tel	3	40,98	0,12	1,85	0,21
		Karbon-Werfen	13	Borčok bei Breznička	8	40,47	0,03	2,56	0,08
			14	Bôrka	4	38,95	0,04	3,67	0,31
			15	Jelšava, Tri peniažky	11	41,74	—	4,67	—
			16	Držkovce	1	34,04	0,04	1,82	—
			17	Hačava-Miglinc	2	39,40	—	1,41	—
			18	Jasov	6	40,42	—	6,15	—
			19	Bretka	7	37,80	—	6,20	—
			20	Jaklovce-Švablica	1	36,90	sp.	3,14	0,54
			21	Jaklovce	2	37,14	sp.	4,09	0,54
			22	Jaklovce	3	39,59	sp.	2,72	0,20
			23	Jaklovce, Gottestal	4	37,66	sp.	3,75	0,51
			24	Danková	5	37,19	sp.	5,18	0,11
			25	Danková	6	37,27	sp.	6,71	0,46
								0,79	6,47

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 Serpentinit in der Lokalität Babinec ist laut J. Kantor (l. c.) die Folge neogener Andesiteruptionen in der nächsten Umgebung des Serpentiniten.

In den Serpentiniten des Spišsko-gemerské rudochorie 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 rudochorie 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 rudochorie „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 Serpentinit
*	*	2,18	0,18	0,1	sp.	10,79	0,12	99,09	antigoritischer Serpentinit
*	*	1,36	0,80	0,35	0,12	10,48	0,23	100,35	antigoritischer Serpentinit (schw. schief.)
*	*	2,37	0,09	0,13	0,12	11,57	0,08	99,45	antigoritischer Serpentinit
*	*	3,32	0,48	0,18	0,26	15,82	0,26	99,58	antigoritischer Serpentinit
*	*	2,72	0,18	0,1	0,01	13,62	0,06	99,14	antigoritischer Serpentinit
*	*	0,54	0,93	0,33	sp.	11,02	0,18	100,30	antigoritischer Serpentinit
—	—	1,35	0,42	0,08	—	10,06	0,11	100,90	antigoritischer Serpentinit
*	*	2,80	0,40	0,22	0,20	10,01	0,10	99,37	antigoritischer Serpentinit
*	*	3,35	0,15	0,07	0,09	13,08	0,08	99,82	antigoritischer Serpentinit
—	—	0,95	0,44	0,10	—	11,63	0,15	101,02	Serpentinit
—	0,01	0,50	0,42	—	sp.	10,54	0,18	100,04	Serpentinit
0,13	—	0,42	0,12	0,18	0,09	11,72	0,15	100,84	Serpentinit
0,32	—	0,08	0,82	0,30	sp.	12,25	0,69	100,56	Serpentinit
—	—	1,51	0,04	0,70	0,09	12,96	0,26	99,79	Serpentinit
0,24	—	4,00	0,18	0,26	—	15,48	0,84	100,06	Serpentinit
—	—	0,65	0,40	0,37	—	13,32	0,83	100,78	Serpentinit
—	—	1,75	0,14	0,20	—	11,33	0,65	100,38	Serpentinit
—	—	0,08	—	—	0,01	11,65	0,95	100,49	Serpentinit
*	0,33	0,15	0,10	—	—	11,28	0,61	99,49	antigoritischer Serpentinit
*	1,05	0,30	0,07	—	—	10,57	0,55	100,27	antigoritischer Serpentinit
*	0,64	0,12	0,09	sp.	—	13,12	1,80	99,15	Serpentinit
*	0,65	0,33	0,08	—	—	11,18	0,92	100,06	antigoritischer Serpentinit
*	0,15	0,09	0,04	sp.	—	12,88	1,88	98,87	antigoritischer Serpentinit
*	1,46	1,39	0,09	—	—	11,82	1,46	99,69	antigoritischer Serpentinit

die Analyse Nr. 10 aus der Arbeit L. Kamenickýs (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 Serpentiniten

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 eingegliederter 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 Anschaufung 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 Litosphäre bilden. Die Rigidität granitoider Massive schließt, nach der Meinung des Verfassers, die Möglichkeit des Entstehens einige-zehn Kilometertiefen 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 auffallender, 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 serpentinierte ultrabasische Gestein der Malá Fatra durch die Wirkung sialischer plutonischer Tätigkeit deserpentinisiert wurde. Die zur Deserpentinisierung nötige Wärme lieferte das granitoiden Magma, das auf seinem Ausgangsweg Schollen des Parakristallinikums verlangt als auch den Körper des serpentinierten ultrabasischen Gesteins (Serpentinit?). Das Plazieren des ultrabasischen Gesteins direkt im granitoiden Massiv schuf geeignete Bedingungen zur Deserpentinisierung. Die geringe Serpentinisierung und Steatitidisierung 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. Kouteck (l. c.) angeführte Anwesenheit von Klinozoisit und saussuritischen Aggregaten höchstwahrscheinlich eine sekundäre minerale Assoziation nach Plagioklasen (J. Kouteck, 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 tatravaporiden 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 Granit waristischen Alters.

Die Abwesenheit jungpaläozoischer, eventuell mesozoischer Hülle im Gebiete der Serpentinitvorkommen 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 Serpentiniten und an diese gebundenen monomineralen Gesteine, die der Verfasser (l. c.) selbst durchführte, stellen die Serpentiniten 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 Plazierung der Serpentiniten in einer Serie verschiedenartig granitisierter Gesteine (feldspatierte 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, Steatititisierung, Karbonatisierung. Mit diesen Veränderungen waren am meisten die Ränder der Serpentinitkörper betroffen. Die Serpentitenplazierung im Kristallinikum von Kohút, im Wirkungsbereich der Granitisierungsagenzen hat sich auch in der Assoziation der Spurenelemente in den Serpentiniten ausgewirkt.

Zum Begreifen des Mechanismus des simatischen Magmatismus in geosynkinalen 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 Geosynkinalgebiet günstige Bedingungen waren.

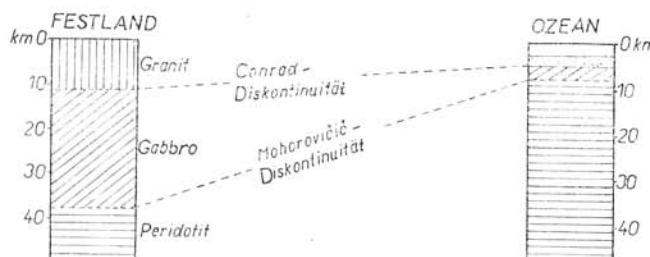


Abb. 2.

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 parakristallinischen 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 Faltungprozesses 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 Geosynkinalraumes bei gleichzeitiger Aufschiebung 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 Faltungszone (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 metamorphytierten Komplexes. Der angenommene Mechanismus der Hebung von ultrabasischen Körpern in den Gesteinskomplex der Kohút-Zone ist in der Abbildung 3 schematisch dargestellt.

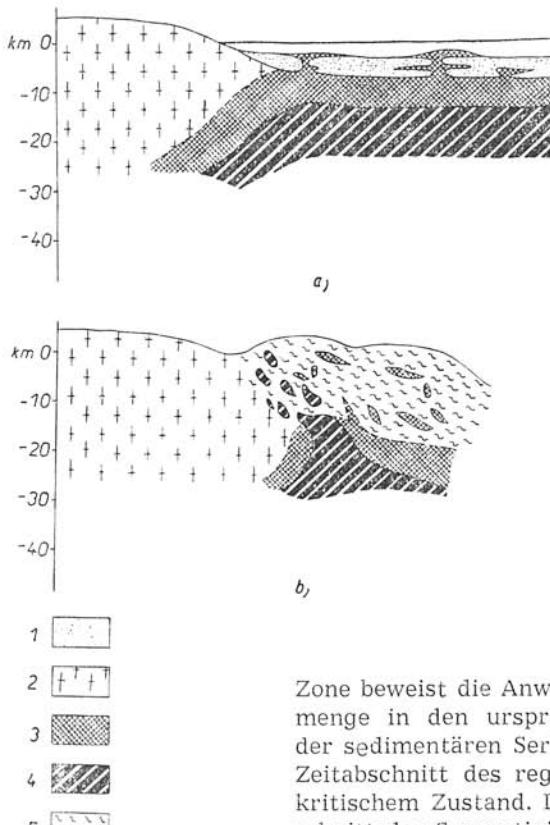


Abb. 3. Erklärung: 1 — Sedimente; 2 — Eruptive und metamorphe Gesteine der Tatriden-Zone; 3 — Gabbro-Zone; 4 — Peridotit-Zone; 5 — Metamorphe Gesteine der Kohút-Zone.

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 kristallinischen Schiefer mit großem H_2O (OH)-Gehalt bedingten. Der wesentliche Anteil von Muskovit, Chlorit und Biotit in kristallinen Schiefern 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 überkritischem 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 Bedingungen benötigt.

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

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

Die stratigraphische Zergliederung des ultrabasischen Magmatismus im Gebiet von Spišsko-gemerské rudochorie ist zum Unterschied von dem Tatraveporiden-gebiet klarer. Die Serpentiniten befinden sich in drei stratigraphischen Horizonten: im Karbon, an der Karbon-Werfenwende und die dritte Serpentinitgruppe trittet in der Unter- bis Mitteltrias auf. Bisher bleibt noch die Frage ungelöst, ob die Serpentiniten des Spišsko-gemerské rudochorie 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 Serpentiniten des Spišsko-gemerské rudochorie (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 Serpentinitvorkommens nicht vor.

Laut J. Kamenický (1957) intrudierten die ultrabasischen Gesteine der Gemeridenzone nach tiefen Brüchen, die infolge epeirogenetischer 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 Cyklus im Gebiet des Spišsko-gemerské rudochorie 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 abweichen. Eventuelle tiefe Brüche müßten durch einen mechanisch heterogenen triassischen, jüngeren paläozoischen, metamorphen älteren paläozoischen Gesteinkomplex und durch die plastische Gabbroschicht der Erdkruste durchdringen. Zum Unterschied von den früheren Autoren nehme ich an, daß die Serpentinitkörper des Spišsko-gemerské rudochorie 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 epimetamorphen 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 Serpentiniten 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 Serpentinitkörper in gewissen Gebieten (das Gebiet von Jaklovce, Kyjatice-Babinec u. a.) kann man im Sinne dieser Konzeption als Teile einer Masse größeren simatischen Bruchstückes annehmen, der sich im Zeitabschnitt des Karpaten-oregions bereits über der Mohorovičić 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 vorgosauschen Vorgängen. Auf Grund durchgeföhrter Analyse des Mechanismus des Durchdringens ultrabasischen Magmas in obere Teile der Lithosphäre nehmen wir an, daß es zur Plazierung der Serpentinitkörper 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 Serpentiniten des Spišsko-gemerské rudoohorie. Aus der Tabelle 1 geht der verschiedene Serpentinisierungsgrad und das Entstehen weiterer Serpentinitveränderungen in Abhängigkeit von ihrer geologischen Position hervor. Körper ultrabasischer Gesteine im epimetamorphyierten Karbon waren vollständig serpentinisiert. 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 neider Gemeridengranite waren günstig für Amphibolisierung, Chloritisierung, Steatitisierung und Karbonatisierung der Serpentiniten. Die geologische Position in höheren stratigraphischen Horizonten (Werfen—Mitteltrias) ermöglichte die Schaffung günstiger thermodynamischer Bedingungen zur Entstehung von Klüften und daher auch der Asbestmineralisierung.

A b s c h l u ß

1. Die ultrabasischen Gesteine der Westkarpaten sind das Produkt einiger Orogen. 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. Máška und V. Zoubek (l. c.) altproterozoischen Alters.

Die Serpentinite der Kohút-Zone sind ein sporadisches Gesteinsglied. Nach der Ansicht früher genannter 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 rudoohorie ist durch den Beweis kontakter Wirkung der Serpentinite auf die Sedimente der unteren, eventuell mittleren Trias (J. Kantor l. c., J. Kamennický l. c.) bestimmt. In

der Arbeit ist die Eingliederung der Serpentiniten des Spiško-gemerské rudo-horie 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 Serpentiniten des Spiško-gemerské rudo-horie 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 Cyklus 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 tektono-stratigraphischen 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 Serpentiniten des Kohút-Kristallinikums führen kein Asbest. Im Falle ausgedehnterer Nachserpentinisierungsveränderung, die in Serpentinitpalten, oder an Rändern mancher Serpentinitkörper lokalisiert wurden, kann man stellenweise die Anwesenheit ökonomisch bedeutender Talklagen erwarten.

Die Serpentiniten des Spiško-gemerské rudo-horie, die in Unter-, eventuell Mitteltrias vorkommen, haben eine günstige geologische Position für Asbest-mineralisierung von industrieller Konzentrationen.

5. Die ultrabasischen Gesteine der Westkarpaten kommen wegen ihrer komplizierten tektonometamorphen Entwicklung als Träger bedeutenderer Elementenkonzentrationen 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 ÚUG* 20, Abt. Geol., Prag. — Balogh K., 1953: Geologische Studien in der Umgebung von Plešivec (Pelsöc 1942), ferner zwischen Bodvaszilas und Josvafö (1943). *Évi Jelentések az 1943 ról*, Budapest. — Bétechtin A. G., 1953: O metamorfičeskikh porodach obrazujučichsa za ščot uťraosnovnych izveržennych porod. *Vopr. petrogr. a minreal. 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 Orogen. — Cambel B., 1951: Das ultrabasische Gestein von Sedlice und Serpentinite 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. — Eggen V. L., Chain V. E., 1953: Rol i mesto ul'traosnovnych intruzij v razviti zemnoj kory. *Dokl. AN SSSR* 91, No 4. — Hess H. H., 1958: A primary peridotite magma. *Am. Journ. Sci.*, 35. — Hess H. H., 1955: Serpentines, 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. Comeniana*, Bratislava. — Hovorka D. (im Druck): Endotakte Erscheinungen im Serpentinit bei Málinec (Veporské rudoohorie). *Geol. práce, Zprávy*, Bratislava. — Ivanov M., Kamennický 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., Maslenikov V. A., Utkin K. N., 1961: Ul'traosnovnyje i osnovnyje intruzii Pečengi. *Izv. AN SSSR. Trudy*, vyp. 10, Moskva—Leningrad. — Jerejejev V. P., Merenkov B. Ja., Petrov V. P., Sokolova L. A., 1959: Chryzotilazbestovýje mestoroždenija kak odna iz form kontaktnogo vozdejstvia granitoidov na ul'traosnovnyje porody. *Trudy inst. geol. rud. mestorož., petrogr., miner. i geochim. AN SSSR*, 31. — Kamennický J., 1950: Basische Eruptiva der Untertrias im Gebiete des Gebirges Spišsko-gemerské rudoohorie. *Geol. sbor. Slov. akad. vied* 1, Bratislava. — Kamennický J., 1951: Über den Serpentinit bei Danková. *Geol. sbor. Slov. akad. vied* 2, Bratislava. — Kamennický J., 1957: Serpentinite, Diabase und Glaukophangesteine der Trias des Gebirges Spišsko-gemerské rudoohorie. — *Geol. práce* 45, Bratislava. — Kamennický 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 rudoohorie. *Geol. sbor. Slov. akad. vied* 6, 3—4, Bratislava. — Kantor J., 1956: Die Serpentinite des südlichen Teiles des Gebirges Spišsko-gemerské rudoohorie. *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. Comeninae*, 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 rudoohorie. *Geol. práce, Zprávy* 1, Bratislava.
- Kordjuk B., 1941: Über das Alter der slowakischen Serpentine. *Zentralblatt für Min. Geol. und Paläont. Abt. B*, Stuttgart. — Koutecký J., 1931: Geologische Studien im Nordwesten der Niederen Tatra. *Sbor. Stát. geol. úst.* 9, Praha. — Kužvart M., 1956: Schwemmkreidelagerstätten im Gebirge Spišsko-gemerské rudoohorie in der Slowakei. *Sbor. Ústř. úst. geol.* 23, odd. geol., 2, Praha. — Lebedev A. P., 1955: Zakonomernosti razvitiia osnovnych i ul'traosnovnych formacij na primere SSSR. V. sbor.: *Magmatizm i svjaz s nimi poleznykh iskopoemykh*, AN SSSR, Moskva. — Lodočník V. N., 1933: Serpentiny i serpentiniti i svjazannyye s nimi petrograficheskiye voprosy. *Problemy sov. geol.* 5. — Marmo V., 1956: Sur la serpentisation 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., 1936: Die Fragmenttypen. *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 16. — Petraschek W. E., 1959: Intrusiver und extrusiver Peridotitmagmatismus in Alpintypen Bereich. *Geol. Rundschau*, 48. — Phillips A. H., Hess H. H., 1956: Metamorphic differentiation at contracts between serpentine and siliceous rocks. *Amer. Min.* 24. — Pinus G. V., 1957: Ob osobennostiach sostava ul'traosnovnych porod slacajúščich giperbazitovýje 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 serpentinizaci. *Vopr. miner. geoch. i petrogr. AN SSSR*. — Sobolev N. D., 1955: Ul'traosnovnyje porody i svjazannyye s nimi polevyye iskovajemye. *Issled. miner. syria*. — Wilson J. T., 1949: The origin of continents and Precambrian history. *Royal Soc. Canada Trans.* 3d ser., 43, 4.