

SBORNÍK NÁRODNÍHO MUSEA V PRAZE

ACTA MUSEI NATIONALIS PRAGAE

Vol. X. B (1954) No. 4

Mineralogia No. 1

REDAKTOR IVAN KLÁŠTERSKÝ

J. KOUŘIMSKÝ, V. ŠATAVA:

PŘÍSPĚVEK K URČOVÁNÍ NEROSTŮ SKUPINY SERPENTINU
A CONTRIBUTION TO THE QUESTION OF THE DETERMINATION
OF MINERALS OF SERPENTINE GROUP

PRAHA 1954

NÁKLADEM NÁRODNÍHO MUSEA V PRAZE

V GENERÁLNÍ KOMISI MATICE ČESKÉ, PRAHA II - 1700, VÁCLAVSKÉ NÁM.

J. KOUŘIMSKÝ, V. ŠATAVA:

Příspěvek k určování nerostů skupiny serpentinu

Еще од определении минералов группы серпетина

(Předloženo 28. IV. 1954)

O nerostech ze skupiny serpentinu byla již uveřejněna velká řada prací, z nichž novější se zabývají zejména otázkou struktury a změny, které tyto nerosty prodělávají při zahřívání. Výsledky prací ukázaly, že existují pouze dva nerosty, antigorit a chrysotil, lišící se svými fyzikálními vlastnostmi a většinou i vzhledem. Ostatní nerosty této skupiny, označované mnohdy různými názvy, je nutno pokládat pouze za jejich variety, příp. i za synonyma.

Pod názvem „antigorit“ uvádí většina autorů makroskopicky lupeňnitě variety serpentinu, jako bementit (zčásti), bowenit, marmolit, pikrolit, schweizerit (zčásti), thermofyllit a j. Za „chrysotil“ se pokládají vláknité odrůdy jako ku př. bementit (zčásti), metaxit, pikrosmin, schweizerit (zčásti), webskyit, williamsit a j. Názvem „serpentin“ v užším slova smyslu bývají pak označovány jeho kusové variety, jako baretit, dermatin, enofit, hydrofit, iddingsit, ofit, pyknotrop, schweizerit (zčásti), vorhauserit atd.

Z nových prací, zabývajících se strukturou serpentinových nerostů, je patrné, že vnitřní stavba antigoritu i chrysotilu je velmi podobná (lit. 32, 41, 40, 26). Že mezi oběma nerosty není podstatnějších strukturních rozdílů, je patrné i z jejich röntgenogramů, které se od sebe prakticky neliší. To platí zejména pro práškové diagramy, kterých se nejčastěji používá při běžném určování nerostů pomocí röntgenů. Za mnohem bezpečnější prostředek k určování je proto možno pokládat metodu diferenční termické analýsy, při níž chování obou nerostů této skupiny je různé.

Úkolem této práce bylo, přezkoušet do jaké míry je možno spoléhat při určování nerostů ze skupiny serpentinu na výsledky termických analýs. Proto byly zkoumány různé nerosty této skupiny z nejrůznějších světových nalezišť. Ve všech případech byly výsledky termické analýsy ověřovány stanovením optických konstant, zejména indexů lomu. Dehydratační studie byly při tom provedeny metodou diferenční termické analýsy.

Výsledky termických analýs ukazují dva typy nerostů; chrysotil jeví dehydratační minimum při 680—700 °C, antigorit teprve při 780—800 °C. Za dehydratací následuje u obou nerostů krystalizační maximum, odpovídající tvorbě olivinu, a to u chrysotilu poněkud níže (800—

—810 °C). U antigoritu je méně vyvinuté a bývá posunuto až na 820—840 °C.

Stejně dehydratační minimum jako u chrysotilu bylo zjištěno u hydrofitu (Taberg), pikrosminu (Sverdlovsk), vorhauseritu (Val di Fiemme) a marmolitu (všechny zkoumané vzorky). Antigoritové dehydratační minimum mají též nerosty: pikrosmin (Greiner), barettit (Traversella), antigorit (Dobšíná), antigorit (Val Antigorio) a pikrolity (Taberg a Přísečnice). Kromě toho se vyskytují nerosty, jevící obě dehydratační minima s různou poměrnou velikostí: webskyit (Amelose), v němž převažuje antigorit, williamsit (Lancaster Co.) rovněž s převahou antigoritové složky, dále pyknotrop (Waldheim) a pikrolit (Slatinka), v němž převažuje chysotil, a metaxit (Letovice).

Tyto výsledky diferenčních thermických analys byly ověřovány určením optických konstant všech uvedených nerostů:

Hydrofit — vláknitý — Taberg (Småland), Švédsko: Thermická analýsa, optické konstanty i vzhled dokazují, že jde o chrysotil.

Pikrosmin — vláknitý — Sverdlovsk (Ural), SSSR: Thermická analýsa, optické konstanty i vzhled dokazují, že jde o chrysotil.

Vorhauserit — kusový — Val di Fiemme, sev. Itálie: Z výsledku thermické analýsy je patrné, že jde o chrysotil. Vzhledem k tomu, že v mikroskopu je tento nerost téměř opakní, nejsou indexy lomu směrodatné.

- Marmolit*: 1. kusový — Mornshausen (Hessensko), Německo,
2. lístkovitý — Reichenstein, Polské Slezsko,
4. vláknitý — Staten Island (New York), USA.
3. vláknitý — Lizard Point (Cornwall), Anglie,

Thermické analysy i optické konstanty dokazují, že nejde ani v jediném z uvedených případů o antigorit, ke kterému bývá marmolit přiřazován (38), nýbrž že jde o chrysotil.

Pikrosmin — tabulkovitý — Greiner, Zillertal (Tiroly), Rakousko: Z výsledků thermické analýsy i z optických konstant je patrné, že na rozdíl od pikrosminu ze Sverdlovska nejde o chrysotil, nýbrž o antigorit.

Barettit — paprčovitý — Traversella (Piemont) sev. Itálie: Thermická analýsa i optické konstanty dokazují, že jde o antigorit.

Antigorit — kusová směs antigoritu a chrysotilu se značnou převahou antigoritu — Dobšíná, Slovensko: Thermická analýsa i optické konstanty dokazují, že jde o antigorit. Získané indexy lomu jsou však značně nižší, než průměrné hodnoty antigoritu. Odlišnost konstant je zřejmě způsobena značným stupněm zvětrání.

Antigorit — lupenitý — Val Antigorio (Piemont), sev. Itálie: Pokládán za typický antigorit.

- Pikrolit*: 1. lupenitý — Taberg (Småland), Švédsko;
2. lupenitý — Přísečnice, Čechy.

Výsledky thermických analys, optické konstanty a z větší části i vzhled dokazují, že jde o antigorit.

Webskyit — kusový — Amelose (Bindenkopf), Německo: Thermická analýsa nasvědčuje tomu, že jde o směs chrysotilu a antigoritu s převahou antigoritové složky. Přesné určení optických konstant není možné, patrně jde o směs téměř mikroskopických krystalků obou nerostů.

Williamsit — kusový — Lancaster Co. (Pennsylvania) USA: Podle termické analýsy jde o směs antigoritu a chrysotilu s převahou antigoritu. Tomu nasvědčují i optické konstanty.

Pyknotrop — kusový — Waldheim (Sasko), Německo: Podle termické analýsy jde o směs antigoritu a chrysotilu. V mikroskopu je patrné, že jde o velmi nehomogenní směs, ve které převládá serpentín. Změřené indexy lomu neuspokojují.

Pikrolit — vláknitý — Slatinka u Letovic, Morava: Termická analýsa dokazuje, že jde o směs chrysotilu a antigoritu s převahou chrysotilu. Optickým výzkumem byla tato skutečnost potvrzena, i když zcela bezpečně byly určeny pouze indexy lomu chrysotilu.

Metaxit — kusový — Letovice, Morava: Termická analýsa dokazuje, že jde o směs chrysotilu a antigoritu. Obě složky byly určeny i mikroskopicky.

Diskuse výsledků:

Z uvedených výsledků je patrné, že určování nerostů ze skupiny serpentinu pomocí diferenční termické analýsy je možno pokládat za zcela bezpečné. Výsledky dále ukazují, že makroskopický vzhled není vždy zaručeným kritériem při rozlišování antigoritu a chrysotilu, i když antigorit bývá většinou lupenitý až tabulkovitý a chrysotil vláknitý až stébelnatý. Zcela kusové agregáty, označované dosud většinou jako serpentín v užším slova smyslu, je v mnoha případech možno rovněž zařadit do některé z obou podskupin. Náзву serpentín v užším slova smyslu doporučujeme proto nadále používat pouze pro směsi obou nerostů bez ohledu na makroskopický vzhled i způsob výskytu.

*

О минералах этой группы опубликовано большое количество работ. В новейших особое внимание посвящено вопросам структур и термических изменений этих минералов. В результате установлено существование только двух минералов антигорита и хризотила, которые отличаются как физическими свойствами так и своим габитусом. Остальные минералы этой группы разнообразных названий следует считать лишь разновидностями, или синонимами.

Большинство исследователей к «антигориту» относят пластинчатые разновидности серпентина, как бементит (частично), боуенит, мармолит, пикролит, швейцерит (частично), термофиллит и т. д. К «хризотилу» относят волосистые разновидности серпентина, как например — бементит (частично), метаксит, пикросмин, швейцерит (частично), вебскиит, виллиямсит и др. Собственно «серпентином» считается массивная разновидность, как например — бареттит, дерматин, энофит, гидрофит, иддингсит, офит, пикротроп, швейцерит (частично), форхаузерит и т. д.

Из новых работ, посвященных структуре минералов группы серпентина, видно, что внутреннее строение антигорита и хризотила очень сходно (лит. 32,41, 40,26). На отсутствие сколько либо важных различий в структуре указывают их рентгенограммы, которые практически почти не различимы. Особенно хорошо это иллюстрируют по-

рошкограммы (дебаеграммы) этих минералов. Более надежным способом определения их является дифференциальный термический анализ, при котором оба минерала этой группы ведут себя различно.

Задачей предлагаемой работы, была проверка до какой степени можно полагаться при определении минералов группы серпентина на результаты термических анализов. Для решения этого вопроса был исследован ряд минералов из различных месторождений света. Во всех случаях результаты термических анализов проверялись оптическим методом (определялись их оптические константы, особенно, главные показатели преломления). Обезвоживание производилось методом дифференциального термического анализа.

Результаты термического изучения указывают на два типа минералов; у хризотила наблюдается минимум обезвоживания при $680-700^{\circ}\text{C}$, у антигорита он несколько выше $780-800^{\circ}\text{C}$. После этого минимума у обоих минералов следует кристаллизационный максимум, который отвечает образованию оливина, причем у хризотила он лежит между $800-810^{\circ}\text{C}$, а у антигорита несколько выше ($820-840^{\circ}\text{C}$) и не так резко выражен.

Одинаковые с хризотилом минимумы обезвоживания наблюдались у гидрофита (Таберг), пикросмина (Свердловск), форхаузерита (Вал де Фьемм) и мармолита (во всех исследованных образцах). Антигоритовый минимум обезвоживания наблюдался у следующих минералов: пикросмин (Грейнер), бареттит (Траверселла), антигорит (Добшина) и у пикролитов (Таберг и Пржисечница). Кроме того наблюдались минералы обоими минимумами обезвоживания различной относительной величины. К ним относятся: вебскиит (Амелозе), в котором преобладает антигорит; виллиамсит (округ Лэнкэстр), также с преобладанием антигоритовой компоненты; затем, пикнотроп (Валдгейм) и пирколит (Слатинка), в которых преобладает хризотил и метаксит (Летовици).

Результаты дифференциальных термических анализов у следующих минералов были проверены определением оптических констант:

Гидрофит — волокнистый — Таберг (Смаланд), Швеция. Термический анализ, оптические константы и габитус говорят о том, что это хризотил.

Пикросмин — волокнистый — Свердловск (Урал), СССР. Термический анализ, оптические константы и габитус свидетельствуют о хризотиле.

Форхаузерит — массивный — Вал ди Фьемм, сев. Италия. Из результатов термического анализа видно, что это хризотил. В виду того, что в шлифе этот минерал почти опаковый, показатели преломления не являются руководящими признаками.

Мармолит: 1 — компактный — Морнхаузен (Гессен), Германия,
2 — листоватый — Рейхенштейн, Польская Силезия,
3 — волокнистый — Лизард Пойнт (Корнуэл), Англия,
4 — волокнистый — Статен Исланд (Нью Йорк), США.

Данные термического анализа и оптические константы говорят о том, что все эти минералы являются хризотилом, а не антигоритом, к которому иногда причисляют мармолит (лит. 38).

Пикросмин — таблитчатый — Грейнер, Циллertаль, Тироль, Австрия. Из результатов термического анализа и оптических констант видно, что в отличие от пикросмина из Свердловска, это не хризотил а антигорит.

Бареттит — радиально-лучистый — Траверселла (Пьемонт), сев. Италия. Термический анализ и оптические константы свидетельствуют о том, что это антигорит.

Антигорит — массивная смесь антигорита и хризолита с сильным преобладанием антигорита — Добшина (Словакия). Данные термического анализа и оптические константы говорят о антигорите. Полученные показатели преломления значительно ниже средних значений антигорита, что вызвало повидимому выветриванием исследованного образца.

Антигорит — пластинчатый — Вал Антигорио (Пьемонт), сев. Италия. Считается типичным антигоритом.

Пикролит — пластинчатый — Таберг (Смаланд), Швеция;
— пластинчатый — Пржисечница, Чехия.

Результаты термического анализа, оптические константы а большей частью и внешний облик свидетельствуют о том, что это антигорит.

Вебскаит — массивный — Амелозе (Бинденкопф), Германия. Термический анализ свидетельствует о том, что здесь имеем дело со смесью хризотила и антигорита, с преобладанием последнего. Точное определение оптических констант невозможно, вероятно имеем здесь дело со смесью микроскопических кристалликов обоих минералов.

Виллиямсит — массивный — округ Лэнкэстр (Пенсильвания), США. По данным термического анализа здесь имеем дело со смесью антигорита и хризотила, с преобладанием первого. О том же говорят и оптические константы.

Пикнотроп — массивный — Вальдгейм (Саксония), Германия. Данные термического анализа говорят о смеси антигорита и хризотила. В микроскопе видим весьма неоднородную смесь, в которой преобладает серпентин. Измеренные показатели преломления не удовлетворительны.

Пикролит — волокнистый — Слатинка у Летовиц, Моравия. Термический анализ свидетельствует о том, что перед нами смесь хризотила и антигорита, в которой преобладает хризотил. Это было подтверждено кристаллооптическими исследованиями, хотя были установлены бесспорно лишь показатели преломления хризотила.

Метаксит — массивный — Летовица, Моравия. Термическим анализом доказано, что здесь имеем дело со смесью хризотила и антигорита. Оба компонента были определены и микроскопически.

Закключение.

Вышеприведенные результаты говорят о том, что определение минералов группы серпентина при помощи дифференциального термического анализа вполне надежно. Далее, установлено, что габитус минерала не является вполне надежным критерием для определения

антигорита и хризотила, хотя антигорит в большинстве случаев бывает пластинчатым до таблитчатого а хризотил волокнистый до стебельчатого. Массивные образцы, определяемые до сих пор, как собственно серпентин, в многих случаях можно зачислить к одной из подгрупп. Поэтому рекомендуется пользоваться названием серпентин в будущем лишь для смесей обоих минералов независимо от внешнего облика (габитуса) и происхождения.

A Contribution to the Question of the Determination of Minerals of Serpentine Group

Many articles on the minerals of serpentine group have already been published. The most recent are concerned especially with the structure and the changes that those minerals are going through when heated. The authors have come to the conclusion that there exist only two kinds of minerals that may be so called: antigorite and chrysotile; the others, denoted by various names, are to be classified as mere varieties of the two, may they be ever so characteristic by their appearance.

Antigorite and chrysotile are sometimes found quite pure, sometimes mixed with each other. Antigorite occurs mostly in the form of leaf-like, generally dark-green or yellow-green aggregates. It is perfectly cleavable by the base plane (001), and easily cleavable by the pinacoid (010). Chrysotile, as a rule, forms finely fibrous yellow-green aggregates of silken lustre. As distinguished from antigorite it is cleavable by the vertical prism (110).

The majority of the authors, by the name of "antigorite", mean the macroscopically leaf-like varieties of serpentine, like bementite (partly), metaxite, picromine, schweizerite (partly), webskyite, williamsite, and others. By the name of "serpentine", in the narrower sense of the term, lump varieties of it are denoted ilke barettite, dermatine, enophite, hydrophite, iddingsite, ophite, pycnotrope, schweizerite (partly), vorhau-serite, and others. By the name of "serpentine" we mean a mineral whose prevailing part is made up of the fibres of chrysotile, sometimes mixed with antigorite, and the remainder is the residues of olivine, more rarely of another original mineral.

From the recently published articles, concerned with the structure of serpentine minerals we see that the jointed structures of antigorite and chrysotile are very similar. So the lattice constants show a complete congruency (Epprecht — Brandenberger — 30):

Chrysotile:	Antigorite:
Thedford Mines, Quebec	Val Antiorio, Piemont
$a_o = 14,66 \text{ A}$	$c_o = 14,35 \text{ A}$
$b_o = 9,24 \text{ A}$	$b_o = 9,25 \text{ A}$
$c_o = 5,33 \text{ A}$	$a_o = 5,3 \text{ A}$
elong. c.	$c \sim \perp$ to the plane of the layers.

Similar results have been obtained by W. Bragg (39), B. E. Warren (38), and E. Aruja (24).

The X-rays diagrams of the two minerals show as well, that there are no substantial structural differences between them. Aruja (24) mentions only one single difference in the rotation diagrams of the two minerals. The point reflexes (0kl) of the X-rays diagram of chrysotile are coherently blurred, while the same reflexes of antigorite are sharp enough.

The structure of chrysotile was at first described as a chain-structure (39), later on as a leaf-like one (40). Warren's and Bragg's idea is that the tetrahedrons of SiO_4 form double chains Si_4O_{11} , which are joined in some kind of double leaves with brucite groups composed of $\text{MgO}_2/\text{OH}/_4$ or $\text{Mg}_5\text{O}_6/\text{OH}/_6/\text{H}_2\text{O}$. An instructive picture has been presented by Brandenberger (26) (pict. 1). It shows a perpendicular cut to the chains, i. e. a parallel one with the plane (001). The chains Si_4O_{11} are marked with simple lines, the stripes $\text{Mg}_5\text{O}_6/\text{OH}/_6/\text{H}_2\text{O}$ are hatched diagonally. The double leaves are to be seen well in the picture. Unsaturated valences between the chains are levelled by ions of Mg between the double circles). It is possible, according to Brandenberger, that the double chains can unite into manifold ones and so can the stripes Mg/O, OH/₆. That leads then to structure of various arrangements, from the ideal structure of chrysotile itself with regularly distributed chains up to the pure leaf-like structure, that was anticipated by B. E. Warren and K. H. Hering (40).

Those differences cannot be sufficiently shown in powder diagrams, which are mostly used for the determination of minerals with X-rays. Nor can the difference in rotation diagrams of the two minerals, which Aruja has mentioned, be thought satisfactory. It is much safer to have them determined by differential thermal analysis, in which the two minerals of this group behave differently.

During the heating of chrysotile and antigorite a gradual dehydration takes place, then comes the destruction of the crystal lattice and, in the end, the formation of olivine (30). The two minerals differ in the fact that chrysotile loses a part of its water as soon as between 300—550 °C, while antigorite shows no change yet. The greatest dehydration (the loss of hydroxyl water), according to Epprecht and Brandenberger, sets in with both the minerals between 550—600 °C. At the same time an amorphous matter is formed which with chrysotile at 600 °C, with antigorite no sooner than at 700 °C, changes for olivine. Besides olivine another amorphous phase is formed, from which, at the heat of 1100 °C, enstatite results.

The purpose of this article has been to examine, to what extent it is possible, in the determination of serpentine group minerals, to depend on the results of thermal analyses. That is why various minerals of this group coming from various places of deposits in the world have been studied. In all cases the results of DTA have been proved by optic constants, especially by refractive indices.

(Experimental Part)

Here is the list of the minerals that have been examined. The samples of all of them were placed at our disposal through the kindness of the National Museum in Prague from their mineralogical collections.

Table I.

Mineral	Place of deposits	Inv. No	Appearance
1. Hydrophite	Taberg — Småland — Sweden	21.421 21.353	fibrous
2. Picrosmine	Sverdlovsk — SSSR — Ural	21.428	fibrous
3. Vorhauserite	Val di Fiemme — North Italy	21.424	lump-shaped
4. Marmolite	Mornshausen — Hessa — Germany	21.409	lump-shaped
5. Marmolite	Reichenstein — Silesia — Poland	21.407	leaf-like
6. Marmolite	Lizard Point — Cornwall — England	21.416	fibrous
7. Marmolite	Staten Island — USA	21.411	fibrous
8. Picrosmine	Greiner — Zillertal — Tyrol — Austria	21.982	slate-like
9. Baretite	Traversella — Piemont — Italy	25.042	ray-like
10. Antigorite	Dobšiná — Slovakia	not. inv.	a mixture of antigorite and chrysotile lumps
11. Antigorite	Val Antigorio — Piemont — Italy	21.375	leaf-like
12. Picrolite	Přísečnice — Bohemia	21.388	leaf-like
13. Picrolite	Taberg — Småland — Sweden	21.399	leaf-like
14. Webskyite	Amelose — Bindenkopf — Germany	24.303	lump-shaped
15. Williamsite	Lancaster Co. — Penn., USA	21.423	lump-shaped
16. Pycnotrope	Waldheim — Saxony — Germany	21.490	lump-shaped
17. Picrolite	Slatinka near Letovice, Moravia	31.680	fibrous
18. Metaxite	Letovice — Moravia	20.031	lump-shaped

Methods used in DTA:

Dehydration experiments were formerly executed by a static method, i. e. by gradual heating of the samples up to equilibrium and then by weighing of them. In our experiments in dehydration we have used a dynamic method, the differential thermal analysis. The analysis has been made in a standard way with ceramic bloc, Pt-PtRh thermopiles with the heat gradation of 10 °/min., and with Le Chatelier-Saladine (25) registration system.

Microscopic determinations:

Antigorite differs from chrysotile first in its higher refractive index and in a negative optic character. In a microscopic determination a further difference arises from the — above mentioned — different cleavability of the two minerals. In the majority of cases the refractive indices of salte-like antigorite, in consequence of its cleavability in two directions, can be determined in all the three directions. With the fibrous chrysotile, on the contrary, only two refractive indices can be determined. Is the direction of cleavability that of vertical prism (110) and the direction of extended fibres = $c \sim \gamma$, it is not possible correctly to distinguish the refractive indices for the crystallographic directions X and Y without using the universal table.

The results are as follows:

DTA show two types of minerals; chrysotile has its dehydration minimum at 680—700 °C, antigorite at 780—800 °C. The dehydration with both the minerals is followed by a crystallization maximum corresponding to the formation of olivine: with chrysotile a little lower (800—810 °C), with antigorite it is less developed and usually appears as late as 820—840 °C.

The same dehydration minimums as chrysotile show: hydrophite (Taberg), picrosmine (Sverdlovsk), vorhauserite (Val di Fiemme), marmolite (all the samples that have been examined).

Dehydration minimums like that of antigorite possess the minerals: picrosmine (Greiner), barettite (Traversella), antigorite (Dobšiná), antigorite (Val Antigorio), and picrolites (Taberg and Přisečnice).

Besides this there are minerals showing both dehydration minimums of various comparative height: webskyite (Amelose) and williamsite (Lancaster Co.), in both of which antigorite prevails, pyknotrope (Waldheim), picrolite (Slatinka) where chrysotile prevails, and metaxite (Le-tovice).

The results of DTA are demonstrated in the picture 2.

Optic constants: Refractive indices are shown in the following table:

Table II.

Mineral	n_α	n_β	n_γ	d	
Hydrophite — Taberg	$n_{\alpha, \beta} = 1,549$		1,559	>0,010	
Picrosmine — Ural	1,549		1,559	>0,010	
Vorhauserite — Fiemme	n=1,56				
Marmolite — Hessia	$n_{\alpha, \beta} = 1,550$		1,560	>0,010	
Silesia	1,551		1,558	>0,007	
Lizard Point	1,549		1,557	>0,008	
Staten I.	1,551		1,558	>0,007	
Picrosmine — Greiner	1,558	1,562	1,566	>0,008	
Barettite — Piemont			1,564	1,567	>0,003
Antigorite — Dobšiná	1,536	1,546	1,549	0,013	
Val Antigorio	1,560	1,572	1,573	0,013	
Picrolite — Bohemia	1,564	1,568	1,575	0,011	
Picrolite — Taberg	n =		1,567		
Webskyite — Amelose			1,555		
Williamsite — USA	1. $n_{\alpha, \beta} = 1,540$			1,549	>0,009
	2. 1,562	1,565	1,566	0,004	
Picnotrope — Saxony	1. $n_1 =$	1,567			
	2. $n_2 =$	1,565			
Picrolite — Moravia	1. $n_{\alpha, \beta} = 1,545$			1,556	>0,011
	2. $n_2 =$	1,569			
Metaxite — Moravia	1. $n_{\alpha, \beta} =$	1,550		1,558	>0,008
	2.	1,558		1,563	>0,005

Determination of the individual minerals:

Hydrophite: Denominated by Svanberg (22—1831). Appearance: lump-shaped and fibrous; colour: dark grey-green serpentine from Taberg in Sweden. Contains a relatively high per cent of water (see anal.) Websky (23—1858) thinks it to be a metaxite (a less valuable chrysotile asbest), rich in iron (see anal.). In the microscope it can be seen that the greater contents of Fe was caused by rich impregnation of the mineral by magnesite, consequently not by isomorphous admixtures to it. The low refractive indices corroborate this opinion. DTA, optic constants and appearance prove it to be a *chrysotile*.

Picrosmine: First described by W. Haidinger of Engelsburg. Place of deposits: near Přísečnice in Bohemia (see Mohs — 15 — 1825). The material from Sverdlovsk in Ural forms long, parallelly fibrous and even stalks-like, light greenish and even grey-green aggregates. It occurs commonly with typical serpentine asbest, forming narrow veins or even mighty layers in compact grey green serpentine. DTA, optic constants and appearance prove it to be a *chrysotile*.

Vorhauserite: Described by Kenngott (13—1856) as a lump-shaped mineral, of a dark pitch brown swarthy green colour, of a cockle-shell or coarse fracture, found on the hill Monzoni in the valey of Val di Fassa in northern Italy. Des Cloizeaux (7—1862) and Dana (6—1868) in their compendiums correctly classify the mineral as a serpentine. H. Strunz (37) thinks the name of vorhauserite to be an obsolete and superfluous term for a lump-shaped serpentine.

The sample under examination, quite corresponding to the mineral described by Kenngott, has been found in Val di Fiemme closely adjacent to the valey of Val di Fassa. The results of DTA show that it is a *chrysotile*. As this mineral is almost opaque, in the microscope the refractive indices are not desisive.

Marmolite: as an individual mineral has been described by I. Wuttall (16—1822). A year later, Vanuxem (23) proved that it was serpentine and that the original Wuttall's determination was founded on a wrong analysis. But the name of marmolite continued to be used for leaf-like varieties of serpentine. On Strunz's opinion (38) it is only an absolute and superfluous term for antigorite.

We have examined the following samples of marmolite:

1. from Mornshausen near Marburg (Germany),
2. from Reichenstein in Polish Silesia,
3. from Lizard Point in Cornwall (England),
4. from Staten Island, New York, USA.

Ad 1. Quite lump-shaped light-grey mineral, from the serpentine rock situated between Mornshausen and Amelose. In the nearest surroundings of the place more minerals of the serpentine group have been found, namely *chrysotile*, *picrolite* and *metaxite*.

Ad 2. Similar to the first, only it forms imperfect brittle leaf-like shapes. It occurs in lump-shaped serpentine with fine-fibrous *picrosmine*, fibrous *chrysotile* and leaf-like *metaxite*. In its place of deposits it is accompanied by several kinds of ore minerals, especially by *arsenopyrite*, *galenite*, *löllingite* and *magnesite*. Serpentine itself contains, according to Ulex (as Hintze mentions 35) as much as 10,65 per cent of *magnesite* and 2,70 per cent of *löllingite*.

Ad 3. Imperfectly coarse-fibrous, brownish or greenly-yellow with dirty green parts. Occurs in many places of Lizard District (southern Cornwall).

Ad 4. Imperfectly coarse fibrous or leaf-like, brownish and greenly yellow.

DTA and optic constants show that in none of the four cases mentioned above antigorite can be spoken of, but only *chrysotile*. The fibres of asbest are only of microscopic dimensions, but in all samples under examination they are well visible.

Picrosmine-Greiner: Coarsely stalk-like or slate-like dark-green aggregates penetrated by talc. The results of DTA and optic constants show that in this case we have no chrysotile, but *antigorite*.

Barettite — Traversella: Imperfectly radially beam-like, light grey-brown aggregate. To Strunz's opinion the term of barettite is an obsolete and superfluous name for serpentine. DTA and optic constants have shown that it is an *antigorite*.

Antigorite — Dobšiná: Slate-like and short column crystals of microscopic dimensions, occurring with chrysotile in weathered serpentine. The results of DTA and optic constants have shown that it is an *antigorite*. The differences in the constants are obviously caused by a high degree of weathering.

Antigorite — Val Antigorio: For the first time, from this place of deposits, determined by E. Schweizer (19—1840). Here it forms sheet-like swarthy green aggregates. It is thought for typical *antigorite*.

Picrolite: For the first time determined by J. Hausmann (10-1808). It is a mineral of a dirty green or grey colour. It forms, alternately with carbonates, veins and coatings in the swarthy green, lump-shaped serpentine near Taberg in Sweden. Later on, the author himself admitted of that it might be a variety of serpentine, which was then proved by the analyses made by Almroth (1—1818) and Lychnell (14—1826). Since that time the term of picrolite has been used for some coarsely fibrous, stalk-like or leaf-like kinds of serpentine.

We have examined the fine fibrous and leaf-like materials from the original locality, accompanied by hydrophite, chlorite and limestone. Then we have examined a light and dark-grey-green, leaf-like picrolite from Přísečnice in Bohemia, occurring there in brown-green, much weathered serpentine. The results of DTA, optic constants and, for the most part, the appearance as well have shown that it is a sort of *antigorite*.

Webskyite: This name has been given by R. Brauns (2—1884) to pitchblack coloured and swarthy-green or brown-green products of the decomposition of serpentine, which occur in lump-shaped aggregates with spherical surface near Amelose and Bottenhorn in Hessia. On the opinion of Strunz (38) the term is an obsolete and superfluous name for a fibrous serpentine (Faserserpentin = chrysotile). We have examined the material from Amelose. DTA have shown that it is a mixture of *chrysotile* and *antigorite* where the antigorite component prevails. A correct determination of the optic constants is not possible. Obviously the material is a mixture of nearly microscopical crystals of *antigorite* and *chrysotile*.

Williamsite: Name given by C. U. Shepard (18—1848). The mineral is a very finely fibrous, leaf-like and state-like species of greenish colour. It occurs as filling between serpentine and chlorite in Lancaster Co. — Texas. R. Hermann (12—1851), Smith and Brush (21—1853), on the basis of analyses, classified it as a serpentine. H. Strunz thinks it to be identical with chrysotile. We have examined the material from the original locality. The results of DTA show it is a mixture of *antigorite* and *chrysotile* with prevalence of antigorite. The same has been shown by the optic constants. In the microscope there are visible lighter parts with lower refractive indices, corresponding to chrysotile, and darker parts with higher indices, approaching to antigorite, but with extraordinary low double refraction.

Pyknotrope: A. Breithaupt (3—1831) determined as pyknotrope coarse lump-shaped aggregates, of grey-white, grey, yellow-grey, red-grey or brown colours, passing into yellow-green serpentine at Waldheim in Saxony. Fischer (9—1851), by mistake, took it for a mineral akin to saussurite, which it remembers by numerous little scales of mica permeating it. On H. Strunz's opinion it is an impure serpentine. We have examined the material from the original locality. The results of DTA have shown that it is a mixture of *antigorite* and *chrysotile*. In the microscope it can be seen, that it is a very unhomogenous mixture with serpentine prevailing. Refractive indices got by measuring are unsatisfactory. Yet it is probable that the lower indices correspond to chrysotile, the higher to antigorite.

Picrolite — Slatinka: Picrolite from Slatinka, near Letovice, which has been examined, forms flatly fibrous aggregates of silken lustre and of light green or grey-green colour. It occurs in the places of deposits of serpentine with coarse chrysotile. The results of DTA have shown that it is a mixture of *chrysotile* and *antigorite* with the prevalence of the former. This fact has been acknowledged by the optic research. The constants of chrysotile have been determined beyond doubt. Moreover a further admixture has been ascertained whose refractive indices can hardly be determined. Obviously it is an antigorite.

Metaxite: As such A. Breithaupt determined a mineral of imperfectly silken luster, faintly transparent, of greenish colour, occurring in the shape of coarse lumps in crystal limestone near Schwarzenberg in Saxony. J. Brauns (2—1887) took metaxite for a stalk-like variety of serpentine. On Strunz's opinion it is a less valuable chrysotile asbest.

We have examined the metaxite from Letovice in Moravia, where it forms numerous dark grey-green parallel bundles of finely or coarsely fibrous kidney-shaped masses and pseudomorphoses after little crystals of calcite. Coming from the same locality: lump-shaped serpentine-dunite, zöblitzite, picrolite and antigorite have been determined. DTA have shown that they are mixtures of *chrysotile* and *antigorite*. Both the components have been determined microscopically as well.

Discussion on the results:

The results above mentioned have shown that the determination of the minerals pertaining to the serpentine group can be thought quite certain. They have also shown that the macroscopic appearance is not always a safe criterion for distinguishing antigorite from chrysotile, even when antigorite is mostly leaf-like and slate-like, and chrysotile fibrous or stalk-like. Some lump-shaped aggregates, as yet denoted mostly as serpentine in the narrower sense of the word, can be classified as pertaining to one or the other group as well. That is why it is preferable to use the term of serpentine in the narrower sense of the word exclusively for the mixtures of the two minerals without regard to the macroscopical appearance and the way of occurrence.

Tables III. — V.

Original analyses of the minerals of serpentine group
under examination:

- I. Hydrophite — Taberg anal. by Swanberg (21).
- II. Vorsauserite — Val di Fassa, anal. by Oellacher (17).
- III. Marmolite — Lizard District, anal. by Phillips (18).
- IV. Picrosmine — Greiner, anal. by Schweizer (21).
- V. Antigorite — Val Antigorio, anal. by Stokar — Escher (Kenngott 13).
- VI. Antigorite — Val Antigorio, anal. by Brush (13).
- VII. Picrolite — Taberg, anal. by Almroth (1).
- VIII. Picrolite — Taberg, anal. by Lychnell (14).
- IX. Webskyite — Amelose, anal. by Brauns (2).
- X. Webskyite — Bottenhorn, anal. Brauns (2).
- XI. Williamsite — Lancaster Co., anal. Hermann (12).
- XII. Williamsite — Lancaster Co., anal. Smith — Brush (22).
- XIII. Williamsite — Lancaster Co., anal. Smith — Brush (22).
- XIV. Pyknotrope — Waldheim, anal. Fikenscher (Fallou 8).

Table III. Chrysotile (anal. I.—III.)

	I.	II.	III.
SiO ₂	36,19	41,21	38,72
FeO	22,73	1,72	5,07
MgO	21,08	39,24	34,47
H ₂ O	16,08	16,16	15,52
Al ₂ O ₃	2,90		3,01
MnO	1,66	0,30	
V ₂ O ₅	0,12		
Fe ₂ O ₃			1,90
NiO			0,29
Cr ₂ O ₃			0,08
K ₂ O			0,31
Na ₂ O			0,76
	100,76	98,63	100,13

Table IV. — Antigorite (anal. IV.—VIII.)

	IV.	V.	VI	VII.	VIII.
SiO ₂	41,69	40,83	41,58	40,04	40,98
FeO	2,07	5,84	7,22	8,28	8,94
MgO	40,33	36,62	36,80	38,80	33,44
H ₂ O	12,82	12,37	12,67	9,08	12,86
CO ₂				4,70	1,73
Al ₂ O ₃	1,56	3,20	2,60		0,73
	98,47	98,86	100,87	100,90	98,68

Table V. — Serpentine (anal. IX.—XIV.)

	IX.	X.	XI.	XII.	XIII.	XIV.
SiO ₂	34,96	36,74	44,50	41,60	42,60	45,02
FeO	3,03	3,06	1,39	3,24	1,62	0,21
Fe ₂ O ₃	9,13	11,52				
MgO	21,97	17,38	39,71	41,11	41,90	12,60
H ₂ O	31,04*)	32,02*)	12,75	12,70	12,70	7,03
Al ₂ O ₃			0,75			29,31
NiO			0,90	0,50	0,40	
K ₂ O						4,43
	100,13	100,72	100,00	99,15	99,22	98,60

*) The sum of the two waters, as distinguished in the author's original article.

LITERATURE

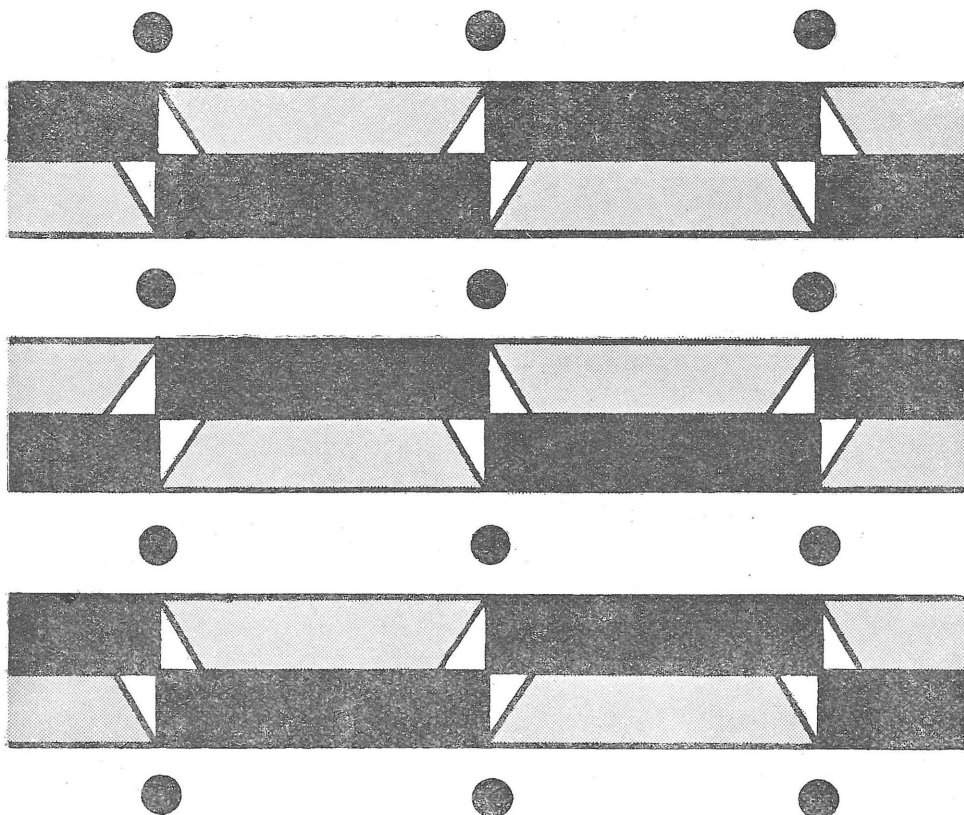
I. Original literature quoted in the article:

1. ALMROTH: Abhandl. Fys. 6, p. 267—181.
2. BRAUNS R.: Studien über den Palaeopikrit von Amelose bei Bindenkopf und dessen Umwandlungsprodukten. Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. Beil.—Bd. V., p. 275—329. — 1887.
3. BREITHAUPT A.: Schweigg. N. Jahrbuch Chem. Phys. 3, p. 276. — 1831.
4. BREITHAUPT A.: Vollständige Charakteristik des Mineral-Systems, p. 113. — 1832.
5. BRUSH G. J.: Am. Jour. Sci. 24, p. 128. — 1857.
6. DANA J. D.: A System of Mineralogy, p. 465. — London 1868.
7. DES CLOIZEAUX A.: Manuel de minéralogie, p. 111. — Paris 1862.
8. FALLOU: Karst. Arch. Min. 16, p. 458. — 1842.
9. FISCHER: Naturf. Ges. 2, p. 748. — Freiberg — 1859.
10. HAUSMANN: Moll's Efemeriden Berg- u. Hüttenkunde 4, p. 401. — 1808.
11. HAUSMANN J.: Reise Skand. V., p. 347. — 1818.
12. HERMANN R.: Über die Identität von Williamsit und Serpentin. Journ. praktische Chemie 53, p. 20. — 1851.
13. KENNGOTT A.: Übersicht der Resultate mineralogischen Forschungen 1856—1857. Leipzig.
14. LYCHNELL: Akad. Handl., p. 178. — Stockholm 1826.
15. MOHS F.: Treatise on Mineralogy. English translation by W. HEIDINGER III., p. 137. — 1825.
16. NUTTALL I.: Observations on the Serpentine Rocks of Hoboken, in New Jersey and on the Minerals which the Contain. Am. Journ. Sci. 4, p. 19. — 1822.
17. OELLACHER: Jahrbuch geol. Reichsanst. 8, p. 358. — 1857.
18. PHILLIPS: Phil. Mag. 97. — 1871.
19. SHEPARD C. U.: On New Minerals from Texas, Lancaster Co., Penn. Am. Journ. Sci. 6, p. 249. — 1848.
20. SCHWEIZER E.: Über den Antigorit, ein neues Mineral. Pogg's Annalen der Physik und Chemie 49, p. 595. — 1840, Jour. pr. Chem. 21, p. 105. — 1840.
21. SCHWEIZER E.: Über einige Wasserhaltige Talksilicate. Jour. pract. Chemie, 32, p. 378. — 1844.
22. SMITH-BRUSH: Am. Journ. Sci. 15, p. 212. — 1853.
23. SWANBERG: Pogg's Annalen der Physik und Chemie 51, p. 525. — 1839.
24. VANUXEM L.: On the Marmolite of Mr. Nuttall. Journ. Akad. sci 3, p. 133. — Philadelphia 1823.
25. WEBSKY: Über die Krystallstruktur des Serpentin und einiger zu denselben zuzurechnenden Fossilien. Zeitschr. d. deutschen geol. Ges. 10, p. 280. — 1858.

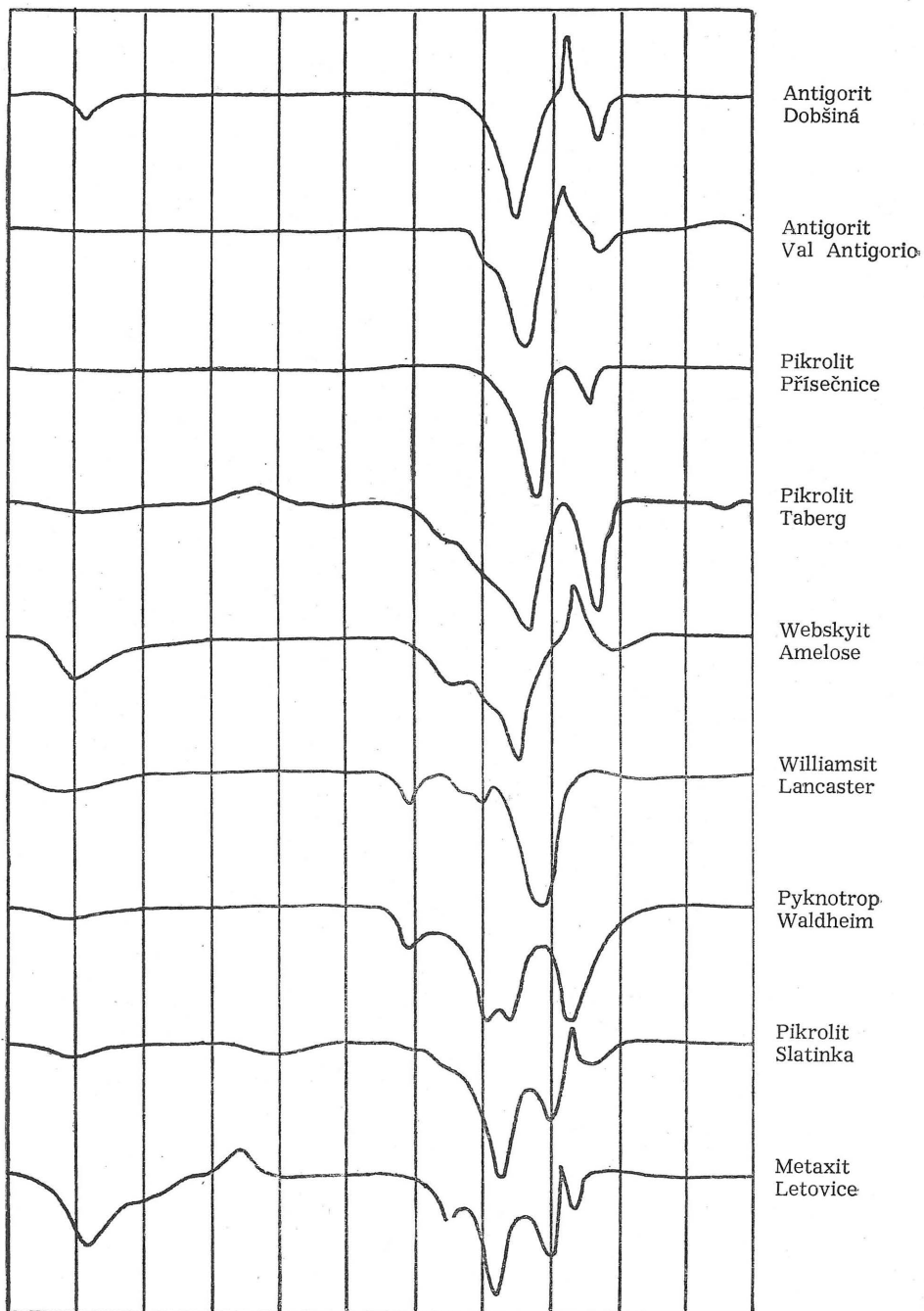
II. Literature used in the article:

26. ARUJA E.: An X-ray Study of Crystal-structure of Antigorite. Miner. Magazine 27, — p. 65. — 1945.
27. BÁRTA R.—ŠATAVA V.: Diferenční thermická analýza jako rychlá kontrolní a výzkumná metoda chemických průmyslů. Chem. průmysl 3, str. 113. — 1953.
28. BRANDENBERGER E.: Grundlagen der Werkstoffchemie. Zürich 1947.
29. BURKART E.: Die Minerale von Letovice in Mähren. Verhandlungen des naturforschenden Vereines 68, str. 113—126. Brno 1937.
30. BURKART E.: Moravské nerosty a jejich literatura. Naklad. ČSAV. Praha 1953.
31. CAILLIERE S.: Contribution à l'étude des minéraux de serpentines. Bull. Soc. Fr. Min. 59, p. 163—326. 1936.
32. EPPRECHT W.—BRANDENBERGER E.: Die Entwässerung des Chrysotil und Antigorit. Schweizerische mineralogische und Petrographische Mitteilungen 26, p. 229. — 1946.
33. GRUNNER J. W.: Notes on the Structure of Serpentine. American Mineralogist 22, p. 97—103. — 1937.
34. HARGREAVES A.—TAYLOR W. H.: An X-ray Examination of Decomposition Products of Chrysotile (Asbestos) and Serpentine. Min. Mag. 27, p. 204—216. — 1946.

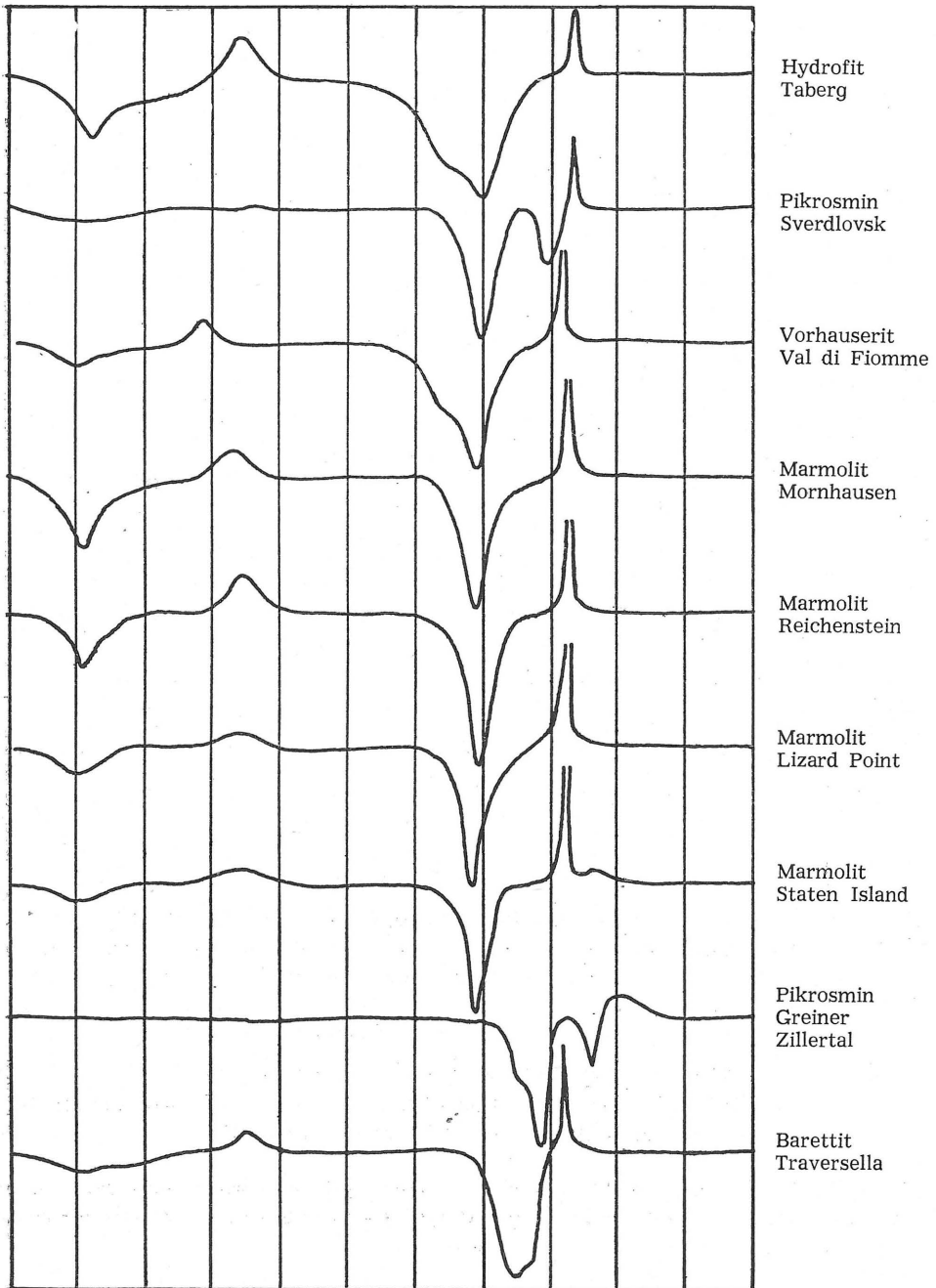
35. HEY M. H.—BANNISTER F. A.: A Note on the Thermal Decomposition Products of Chrysotile. *Min. Mag.* **28**, p. 333—337. — 1948.
36. HINTZE C.: *Handbuch der Mineralogie II./1.* p. 761—801. — Leipzig — 1897.
37. KRATOCHVÍL J.: *Topografická mineralogie Čech I.—V. Archiv pro přírodovědecký výzkum Čech.* Praha 1937 — 1948.
38. SELFRIDGE G. E.: An X-ray and Optical Investigation of the Serpentine Minerals. *American Mineralogist* **21**, p. 463—503. — 1936.
39. STRUNZ H.: *Mineralogische Tabellen.* Leipzig 1941.
40. WARREN B. E.: X-ray Study of Chrysotile Asbestos. *Ref.: American Mineralogist* **27**, p. 235 — 1942.
41. WARREN B. E.—BRAGG W. L.: The Structure of Chrysotile. *Zeit. Krist.* **76**, p. 201—210. — 1930.
42. WARREN B. E.—HERING K. H.: The Random Structure of Chrysotile Asbestos. *Physic. Review* **59**, p. 925. — 1945.



0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100° C



0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100° C



SBORNÍK NÁRODNÍHO MUSEA V PRAZE - ACTA MUSEI NATIONALIS PRAGAE

X. (1954) - B (PŘÍRODOVĚDNÝ) No. 4. - GEOLOGIA ET PALAEONTOLOGIA No. 1.

REDAKTOR IVAN KLÁŠTERSKÝ

J. Kouřimský, J. Šatava:

PŘÍSPĚVEK K URČOVÁNÍ NEROSTŮ SKUPINY

A CONTRIBUTION TO THE QUESTION OF THE DETERMINATION
OF MINERALS OF SERPENTINE GROUP

V září 1954 vydalo svým nákladem v počtu 1100 výtisků Národní museum v Praze
Vytiskl. Knihk. n. p., základní záv. 01 v Praze III - Cena brožovaného výtisku 8,20 Kčs

F 14679