

PAVEL ONDRA\*

## DISTRIBUTION DER RADIOAKTIVEN ELEMENTEN IN DEN MAGMATISCHEN GESTEINEN DER ŠTIAVNICA INSEL (WESTKARPATEN)

(Abb. 1–8)

**Kurzfassung:** In der Arbeit werden gegenseitige Beziehungen der Gehalte des Thoriums, Urans, Kaliums und  $\text{SiO}_2$  im Granit von Vyhne, in Banatit-Intrusionen und wichtigen Typen der Neovulkanite der Štiavnica-Insel untersucht. Aus dem Vergleich mit einem ähnlichen Studium, das vom Verfasser im Kremnica-Gebirge durchgeführt wurde, ergeben sich einige Gesetzmäßigkeiten der Distribution von Th und U in den magmatischen Gesteinen. Diese Erkenntnisse können bei der Lösung von Fragen der Sukzession der Eruptionen, ihrer Parallelisation in verschiedenen vulkanischen Territorien bzw. Alter Intrusionskörper benutzt werden.

**Резюме:** В работе дана оценка соотношений концентрации тория, урана калия и  $\text{SiO}_2$  в выгнянском граните, банатитовых интрузиях и главных типах эфузивных пород Штиавницкого острова. При сравнении с подобным исследованием, проведенным автором в Кремницких горах, а также с данными, приведенными в литературе, мы видим некоторые закономерности расширения Th и U, которые могут использоваться при решении вопросов последовательности извержений, их параллельности на разных территориях, а также в каком-то мере определения возраста интрузивных тел.

### Einleitung

Geophysikalische Methoden, als ein Hilfsmittel bei der Lösung der verschiedensten geologischen Probleme, gewinnen ständig an Bedeutung. Eine davon ist die gamma-spektrometrische Feststellung der radioaktiven Elemente — des Thoriums, Urans und Kaliums in den Gesteinen. Die Forschung der Distribution dieser Elemente in magmatischen Gesteinen der Štiavnica-Insel knüpft an die ähnliche Studie, die im Kremnica-Gebirge durchgeführt wurde (P. Ondra 1972).

Die Problem der Tiefgesteine (vom sog. Granit von Vyhne, Diorit und Granodiorit von Banská Hodruša) und der Haupttype, von den Neovulkaniten wurden gamma-spektrometrisch analysiert. Die Analysen wurden nach der von J. Bartošek (1967) entwickelten Methode durchgeführt.

In den studierten Gesteinen wurde außerdem auch  $\text{SiO}_2$  mit Hilfe von Neutron-Aktivationsanalyse festgestellt (J. Bartošek – I. Kašparec 1973). Die relative Genauigkeit dieser Methode bei der Bestimmung  $\text{SiO}_2$  beträgt 1–1,5 %.

Aus dem Gebiet, das auf der schematischen Karte (Abb. 1) dargestellt ist, wurden die Proben aus den oberflächigen Ausbissen; Tiefbohrungen HDŠ-6 (Banská Hodruša), R-1 und R-2 (Suchá Voznica) — insgesamt ca 160 Proben, bearbeitet. Auf dieser Karte sind die Stellen der Probenahmen laufend nummeriert und mit dem Symbol des Gesteintyps bezeichnet.

Die ausführliche petrographische Bearbeitung wurde von J. Šalát (1955) durchgeführt, mit dem geologisch-tektonischen Aufbau dieses Gebietes beschäftigt sich L. Rozložník (1966), den sekundären Umwandlungen von Neovulkaniten widmete J. Forgáč (z. B. J. Forgáč 1966) Aufmerksamkeit.

\* Prom. Geol. P. Ondra, Geofyzika n. p., Brno, Ječná 29a.

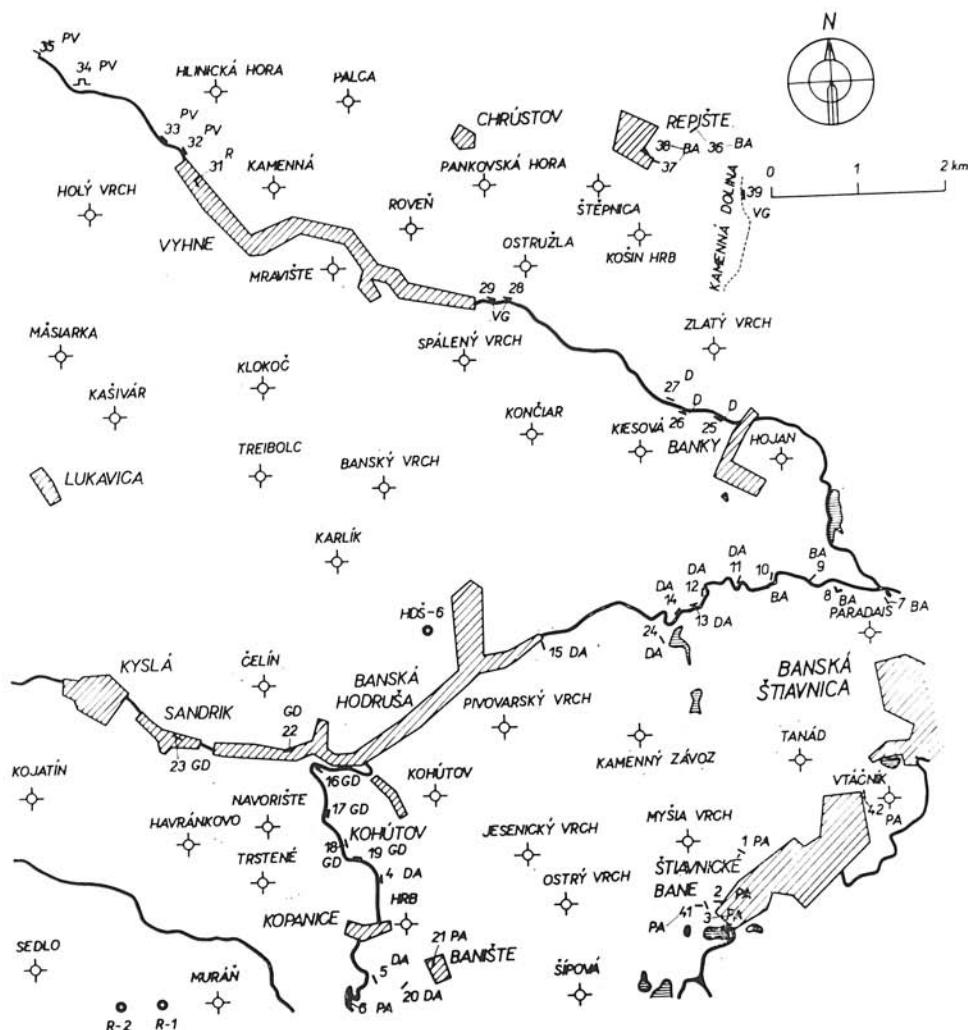


Abb. 1. Schematische Karte der Probenahme mit Bezeichnung des Vorkommens (laufende Nummer) und des Typs der Effusivgesteine.

Der Granit von Vyhne ist nach L. Rozložník (1966) variszischen (voroberkarbonischen) Alters, stark kataklasiert. Dieser Granit ist durch seine Körper bei Vyhne und Kamenná dolina bekannt. (Bezeichnung des Granits VG.)

Diorit und Granodiorit von Hodruša werden von L. Rozložník – J. Šalát (1963) zu den sog. Banatit-Intrusionen eingereiht, die an der Grenze Kreide-Tertiär (aramische Phase) entstanden. Die Proben von Granodiorit wurden auch (ausser der oberflächlichen Ausbisse) aus der Tiefbohrung HDŠ-6 (Banská Hodruša) entnommen. (Bezeichnung von Diorit D, Granodiorit GD.)

Aus den Effusiven wurden die Gesteine des neogenen vulkanischen Komplexes studiert. Mit Rücksicht auf das Sukzessionsschema von L. Božložník (1966) und L. Božložník – J. Slavkovský (1968) wurden die Proben aus folgenden Typen entnommen:

Pyroxenische Andesite I	(PA)
Dazite und dazitoide Andesite	(DA)
Amphibol-Biotit Andesite	(BA)
Pyroxenische Andesite II (die sog. „Gipfel“-Andesite)	(PV)
Rhyolite	(R)

Rhyolite wurden aus dem ausser der schematischen Karte liegenden Gebiet, bei dem Nordrand von Sklené Teplice entnommen.

Pyroxenische Andesite I sind meistens propylitisiert. L. Božložník – J. Slavkovský (1968) parallelisieren diese Gesteine mit Andesiten der I. Gruppe der Eruptionen im Kremnica-Gebirge, dem Schema von F. Fišáka (1961, 1962) nach. Dazitoide Andesite, Amphibol-Biotit Andesite und Dazite von Banská Štiavnica werden mit Gruppe IIIa der Eruptionen und pyroxenische Andesite II (von Banská Štiavnica) mit der Gruppe IIIb der Kremnica-Vulkanite nach F. Fišáka (1961, 1962) parallelisiert.

### Verteilung von Thorium, Uran und Kalium

Verteilung von Thorium, Uran und Kalium in den einzelnen Typen von Neovulkaniten zeigen die Histogramme Abb. 2, 3 und 4. Bei jeder der gewerteten Gruppen der Gesteine wurde arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und mittlere Abweichung ( $\sigma$ ) errechnet. Die Tiefgesteine werden in die Gruppen 1 bis 3 eingereiht, die Effusiven in die übrigbleibenden Gruppen.

Aus dem Distributionsdiagramm des Th (Abb. 2) wird deutlich, dass die höchsten

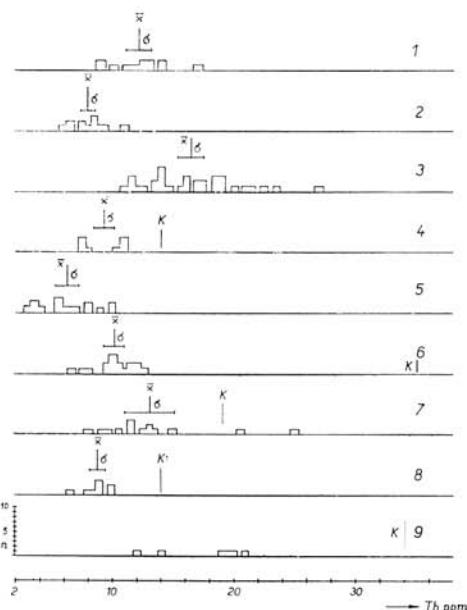


Abb. 2. Distribution des Thoriums in den einzelnen Typen der Neovulkanite;  $\bar{x}$  arithmetischer Mittelwert,  $n$  – Zahl der Proben,  $\sigma$  – mittlere Abweichung,  $K$  – mittlere Konzentration in entsprechenden Gruppen der Erosionsgesteine des Kremnica-Gebirges. Einzelne Typen sind wie folgt bezeichnet: 1 – Granit von Vyhne, 2 – Diorite, 3 – Granodiorite, 4 – pyroxenische Andesite I, 5 – pyroxenische propylitisierte Andesite I, 6 – Dazite, 7 – Amphibol-Pyroxen Andesite, 8 – pyroxenische Andesite II (sog. „Gipfel“ Andesite), 9 – Rhyolite.

mittleren Gehalte die Granodiorite (Gruppe 3) zeigen. Die mittlere Konzentration ist höher, als bei dem Granit von Vyhne (Gruppe 1). Die Diorite sind dann durch die niedrigsten Gehalte charakteristisch.

Bei den Effusiven sind ausser den statistischen Parametern der gewerteten Gruppen der Gesteine der Štiavnicka-Insel auch arithmetische Mittelwerte der Th-Gehalte, von den entsprechenden Effusionen der Neovulkanite des Kremnica-Gebirges (K), nach der Parallelisation von L. Rozložník - J. Slávko v s k ý (1968) gekennzeichnet. Es ist charakteristisch, dass die Jungvulkanite des Kremnica-Gebirges an Th reicher sind als Ergussgesteine von Štiavnicka.

Die mittleren Th-Gehalte in den propylitisierten pyroxenischen Andesiten I (Gruppe 5) sind niedriger, als bei nicht umgewandelten Gesteinen (Gruppe 4). In der Richtung zu den saueren Gliedern von der Differentiationsreihe (die Gruppen 6, 7, 9) steigen die Th-Gehalte.

Die clarkesche Konzentration des Urans ist ca 4–5mal niedriger, als beim Thorium.

Das Distributionsdiagramm von Uran (Abb. 3) zeigt ein ähnliches Verhältnis der Konzentrationen unter den einzelnen Gruppen der Effuzive, wie beim Th. Es gibt wieder eine Herabsetzung der U-Gehalte bei den propylitisierten pyroxenischen Andesiten I gegenüber den nicht umgewandelten und das gleiche Verhältnis der Konzentrationen bei den einzelnen Typen der Tiefgesteine. Markante Differenzen der mittleren U-Konzentrationen hinsichtlich der Vulkanite des Kremnica-Gebirges, zum Unterschied von Th, existieren hier aber nicht. Die Vertretung  $K_2O$  in den gleichen Gruppen von Gesteinen ist aus der Abb. 4 deutlich. Der Granit von Vyhne (Gruppe 1) ist an Kalium

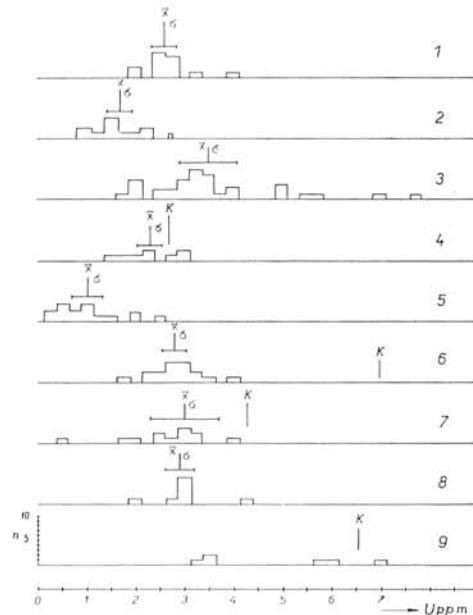


Abb. 3. Distribution des Urans in einzelnen Typen der Neovulkanite.  $\bar{x}$  — arithmetischer Mittelwert,  $\sigma$  — mittlere Abweichung. Die Bezeichnung der Typen der Neovulkanite wie bei Abb. 2.

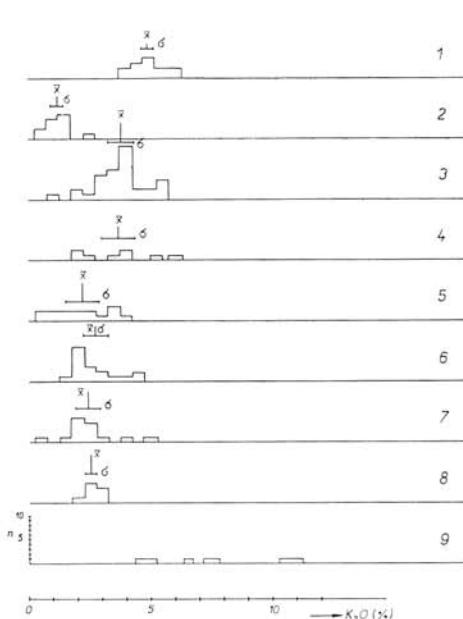


Abb. 4.  $K_2O$ -Distribution in einzelnen Typen der Neovulkanite.  $\bar{x}$  — arithmetischer Mittelwert,  $\sigma$  — mittlere Abweichung. Die Bezeichnung der Typen der Neovulkanite wie bei Abb. 2.

reich, mit dem mittleren Gehalt von 5 ‰ K<sub>2</sub>O und relativ kleiner mittlerer Abweichung. Erheblich propylitisierte pyroxenische Andesite (I) (Gruppe 5) besitzen ein bisschen herabgesetztere K<sub>2</sub>O-Gehalte, als Andesite (I) ohne Umwandlung. Das ist eine umgekehrte Erscheinung, wie bei den pyroxenischen Andesiten des Kremnica-Gebirges. Es ist wahrscheinlich, dass die Kaliummetasomatose in dem Kremnica-Gebirge einen einigermaßen unterschiedlichen Charakter hat, als im Falle der Effusiv von Štiavnica, wo sich eine erhebliche Anreicherung von Kalium bei einigen Proben von Rhyolithen erweist (10–11 ‰ K<sub>2</sub>O, siehe Gruppe 9, Abb. 4).

Eine Übersicht über die mittleren Konzentrationen der radioaktiven Elemente in den einzelnen Gruppen der Gesteine mit dem Verhältnis Th/U, der gesamten  $\gamma$ -Aktivität Q (die durch U-Xquivalente angegeben ist) gibt Tabelle 1 (Bezeichnung der Gesteinstypen gleich wie Abb. 2).

T a b e l l e 1. Gehalte der radioaktiven Elemente ( $\bar{x}$  – arithmetisches Mittelwerte,  $\sigma$  – mittlere Abweichung) in den einzelnen Typen der magmatischen Gesteine der Štiavnica-Insel

Gesteinstyp	Th (ppm)		U (ppm)		K <sub>2</sub> O (‰)		Th/U		Q (U Xqv.)	
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
1	12,13	2,14	2,67	0,49	4,93	0,67	4,7	1,42	11,7	1,16
2	8,04	4,36	4,70	0,49	4,29	0,53	5,1	1,86	6,3	1,05
3	16,5	3,80	3,57	1,35	3,80	1,05	5,0	1,92	12,4	1,99
4	9,32	1,62	2,32	0,52	3,70	1,44	4,0	0,50	9,2	2,13
5	6,37	2,26	1,03	0,66	2,20	1,15	8,4	5,49	5,1	2,13
6	10,18	1,60	2,84	1,49	2,72	0,98	3,7	0,90	9,3	0,99
7	13,11	4,57	3,04	1,25	2,43	1,02	4,2	1,39	10,9	3,58
8	8,70	1,10	2,92	0,65	2,52	0,29	3,2	1,20	8,8	0,48

#### Gesetzmäßigkeiten der Verbreitung von Th und U in den magmatischen Gesteinen

Mit der Problematik der Beziehung von Radioaktivität und Alter der granitoiden Gesteine befasste sich M. Chlupáčová (in J. Bartošek et al. 1969, 1972). Diese Autoren sind zum Entschluss gekommen, dass sich genetisch verwandte Typen der Gesteine des gleichen Alters in verschiedenen Massiven oder verschiedenen Teilen der Plutone durch ähnliche Distribution der radioaktiven Elemente kennzeichnen. Die Distribution richtet sich nach bestimmten, bisher nicht ganz gut geklärten Gesetzmäßigkeiten. Die Radioaktivität der granitoiden Gesteine nutzen sie zu Korrelationszwecken.

An Th und U sind die Granite am reichsten, die zum letzten tektonomagmatischen Zyklus gehören, mit dem grundsätzlich die geologische Entwicklung beendet wurden. Z. B. die Th- und U-Gehalte in den granitoiden Gesteinen vom Tatra-Vepor-Komplex (variszische postkinematische Intrusive) sind relativ niedrig, die Gehalte in gemeriden Graniten (Kreide-Alter) verhältnismässig hoch. Die Basizität der Gesteine beeinflusst die Th- und U-Konzentration, aber sie ist nicht entscheidend.

Die Gesetzmäßigkeiten der Verteilung von Th und U werden markanter durch das Studium der gegenseitigen Beziehungen der Konzentrationen den festgestellten Elementen. Auf der Abb. 5 ist die Abhängigkeit der Th- und K<sub>2</sub>O-Gehalte der Intrusivgesteine

der Štiavnica-Insel dargestellt. Während die Banatit-Intrusionen eine fliessende Reihe (Felder II und III) bilden, liegt die Gruppe der Punkte des Granits von Vyhne (Feld I), ganz ausser dieser Abhängigkeit. Wenn man die Beziehung  $K_2O/U$  untersuchen sollte, würde man ähnliche Schlüsse erreichen. Noch differenzierter ist die Beziehung  $Th/SiO_2$  für die Tiefgesteine (Abb. 6). Die Banatit-Intrusionen (Diorite und Granodiorite) bilden wieder eine selbständige Reihe, die an Th reicher ist. Die älteren Intrusiven des Granits  $K_2O(\%)$

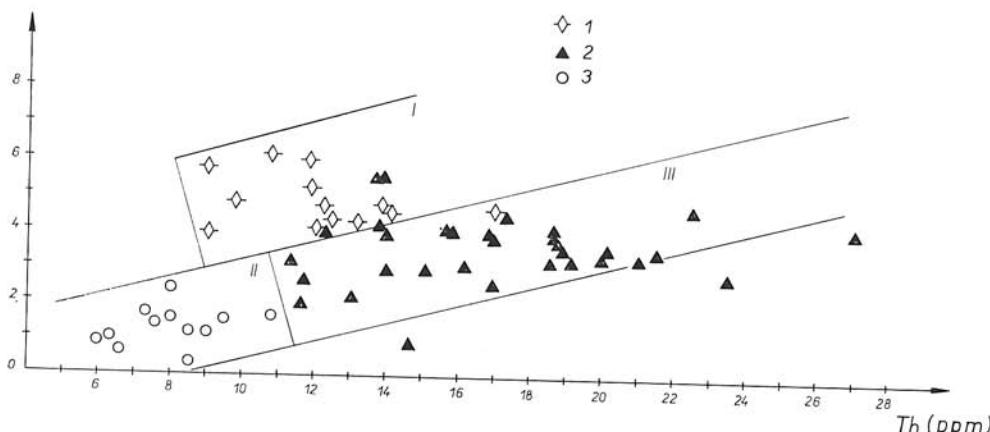


Abb. 5. Beziehung der  $K_2O$ - und Th-Gehalte in Intrusiven der Štiavnica-Insel. 1 — Granit von Vyhne, 2 — Granodiorite, 3 — Diorite, I — Feld des Granits von Vyhne, II — Feld der Diorite, III — Feld der Granodiorite.

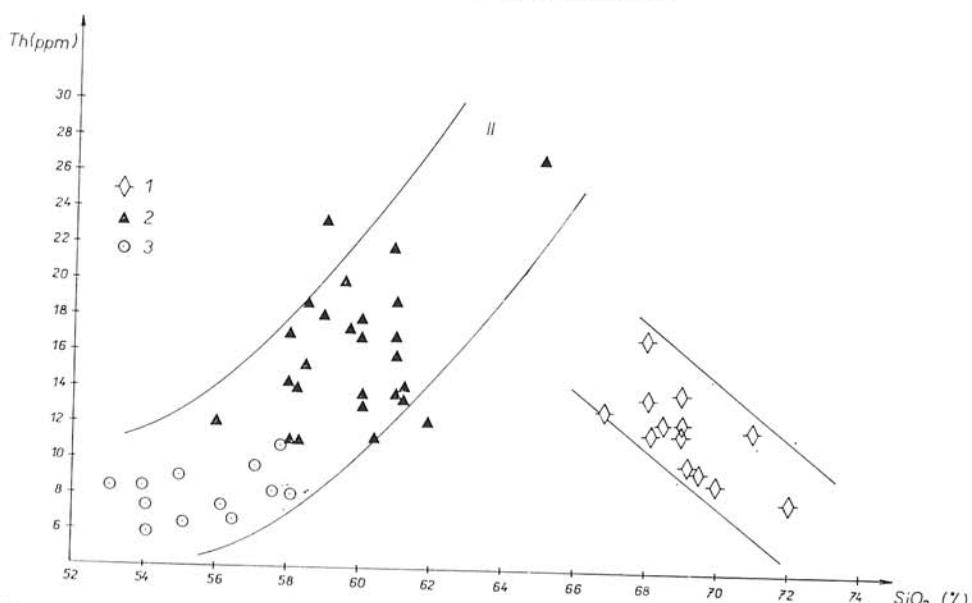


Abb. 6. Beziehung der Th- und  $SiO_2$ -Gehalte in Intrusiven der Štiavnica-Insel. 1 — Granit von Vyhne, 2 — Granodiorite, 3 — Diorite, I — Feld des Granits von Vyhne, II — Feld der Banatit-Intrusionen.

von Vyhne liegen ganz ausser dem Feld der Punkte von Banatit-Intrusionen. Die allgemeine Beziehung der Azidität des Magmas der Th- und U-Gehalte ist aus der Literatur bekannt. Diese Beziehung erwähnt z. B. D. Gottfried (1969) und andere Autoren. Die Punkte, die dem Granit von Vyhne angehören, deuten eher auf eine umgekehrte, als direkte Abhängigkeit  $\% \text{ Th} = f(\text{SiO}_2)$  hin. Die direkte Abhängigkeit besteht gewöhnlich sowohl bei den Intrusiven, als auch bei den Effusiven eines Komplexes. Die Erscheinung der umgekehrten Abhängigkeit hängt wahrscheinlich mit den sekundären Umwandlungen des Gesteines zusammen, wo bei relativer Anreicherung durch  $\text{SiO}_2$  der Th-Gehalt unverändert bleibt. Im Falle des Th, zum Unterschied vom U, kann man nicht eine intensivere Migration von Th voraussetzen, denn Th ist durch seine geochemische Natur wenig mobil. Auf den Abb. 7 und 8 sind dieselben Abhängigkeiten für die Ergussgesteine der Štiavnicka-Insel dargestellt.

Die Abhängigkeit der  $\text{K}_2\text{O}/\text{Th}$  (Abb. 7) zeigt eine erhebliche Differentiation. Eine unterschiedliche Lage nehmen die propylitisierten pyroxenischen Andesite I ein, ununterbrochene Reihe bilden die Effusiven mit zunehmender Azidität (Feld II). In eine besondere Gruppe (III) reihen sich die wahrscheinlich durch K angereicherten Andesite ein.

Die propylitisierten pyroxenischen Andesite I, der Typ von Tanád (Bezeichnung von L. Rozložník 1966), die im Graph 7 eingetragen sind, sind stark umgewandelt. Die dunklen Minerale werden überhaupt nicht bewahrt. Die Einsprenglinge von Feldspaten, sowie ein Teil der Matrix, werden durch im Gemisch von Karbonat, Sericit bzw. Opal ersetzt. Die Gesteine dieses Typs (ähnlich wie im Kremnica-Gebirge) sind

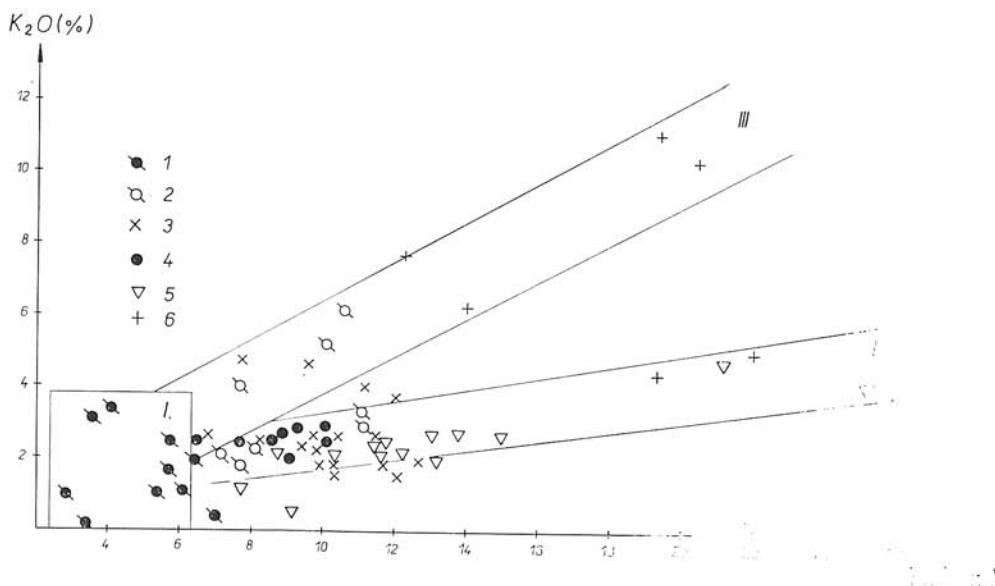


Abb. 7. Beziehung der  $\text{K}_2\text{O}$ - und Th-Gehalte in Ergussgesteinen der Umgebung von Banská Štiavnica. I — propylitisierte pyroxenische und propylitisierte Pyroxen-Amphibol Andesite, 2 — pyroxenische I und Pyroxen-Amphibol Andesite, 3 — Dazite und dazitoide Andesite, 4 — pyroxenische Andesite II („Gipfel“-Andesite), 5 — Amphibol-Biotit Andesite, 6 — Rhyolite, I — Feld der umgewandelten Andesite, II — Feld der Differentiationsreihe von Neovulkaniiten, III — Feld der durch  $\text{K}_2\text{O}$  angereicherten Neovulkanite.

meistens an Th und U sehr arm. Man kann voraussetzen, wie ich schon in meiner letzten Arbeit (P. Ondra 1972) zu beweisen versuchte, dass die Herabsetzung der Gehalte sekundär ist und mit der Zersetzung der Th- und U-enthaltenden Matrix verbunden wird.

Stark propylitisierte Andesite der Štiavnicia-Insel werden durch K<sub>2</sub>O entweder überhaupt nicht, oder nur mässig angereichert. Höhere Gehalte von K<sub>2</sub>O zeigen einige Proben von pyroxenischen Andesiten I mit einer niedrigen Stufe der Umwandlung und einige Proben von Rhyolithen. Auf diese Tatsache muss man aufmerksam machen, denn beim Studium der intensiv umgewandelten Andesite des Kremnica-Gebirges wurde stärkere Kaliummetasomatose gefunden.

Der nächste Graph (Abb. 8) zeigt die Beziehung der Th-Konzentrationen und der SiO<sub>2</sub>-Gehalte bei den entsprechenden Typen der Neovulkanite von Kremnica (K) und Štiavnicia (S). Zwecks gröserer Übersichtlichkeit wurden in dem Graph nur arithmetische Mittelwerte der Th- und SiO<sub>2</sub>-Gehalte eingetragen. Aus dem Graph folgt, dass die Abhängigkeit % Th = f % (SiO<sub>2</sub>) existiert, wenn man die Komplexe aus der Region abgesondert wertet.

Die mittleren Th-Konzentrationen in den Vulkaniten von Kremnica sind allgemein höher, als in den Ergussgesteinen von Štiavnicia, in den Rhyolithen sogar 2mal.

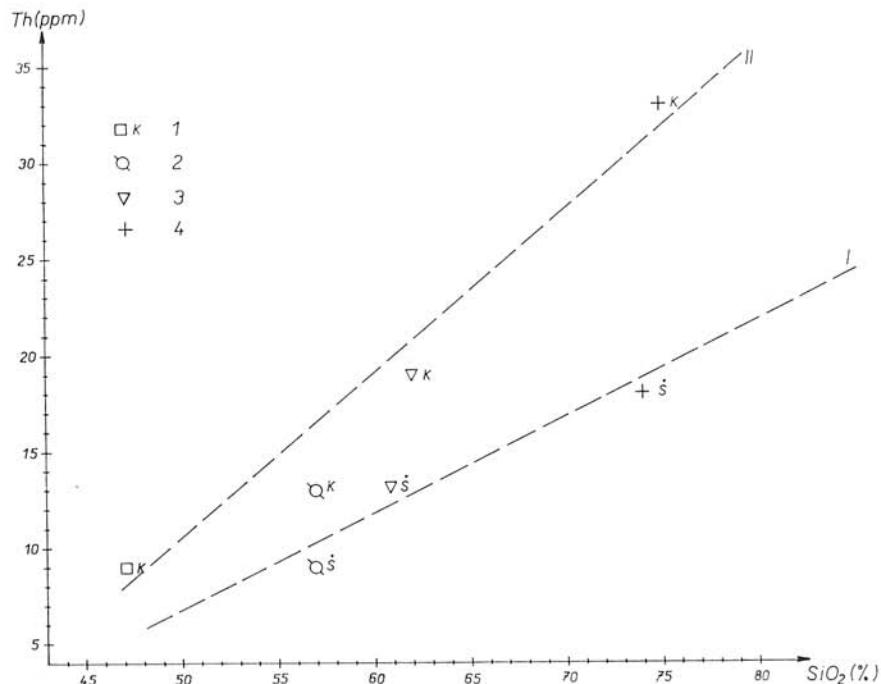


Abb. 8. Beziehung der mittleren Th- und SiO<sub>2</sub>-Gehalte in den Haupttypen der Effusiven der Umgebung von Banská Štiavnica (S) und des Kremnica-Gebirges (K). I — Basaltoide Andesite des Kremnica-Gebirges, 2 — pyroxenische Andesite I (von Banská Štiavnica), im Kremnica-Gebirge pyroxenische Andesite der I und II Gruppe der Eruptionen der Sukzession von F. Fišala (1961, 1962) nach, 3 — Amphibol-Biotit Andesite, im Kremnica-Gebirge Andesite der Gruppe IIIa der Eruptionen von F. Fišala (1961, 1962) nach, 4 — Rhyolite, I — Differenzierungsreihe der Neovulkanite von Štiavnica, II — Differenzierungsreihe der Neovulkanite des Kremnica-Gebirges.

### Schlussfolgerungen

Die studierten Tiefgesteine — Diorite, Granodiorite von Hodruša einerseits und Granit von Vyhne anderseits zeigen den verschiedenen Charakter der Distribution von Th und U. Während die Banatit-Intrusionen in Abhängigkeit  $\% \text{ Th} = f(\text{SiO}_2)$  eine fliessende Reihe bilden, sind für Granit von Vyhne niedrigere Gehalte von Th und U charakteristisch. Diese Wirklichkeit steht in Übereinstimmung mit der Feststellung von M. Chlupáčová (in J. Bartošek et al. 1969, 1972), dass an Th und U die Granitoide am reichsten sind, die im letzten Stadium der geologischen Entwicklung der Erdkruste der bestimmten Struktureinheit entstanden.

Unterschiede unter Th- und U-Gehalten sind also eine Folgerung des unterschiedlichen Alters des Granits von Vyhne und der Banatit-Intrusionen. Die Verteilung von Th und U in den Banatit-Intrusionen der Štiavnica-Insel ist ähnlich wie z. B. bei den generiden Graniten, die Distribution von Th im Granit von Vyhne kann man mit den Granitoiden vom Tatra-Vepor-Komplex vergleichen.

Eine fliessende Abhängigkeit  $\% \text{ Th} = f(\text{SiO}_2)$  ist typisch sowohl für die Štiavnica-Vulkanite, als auch für die Ergussgesteine von Kremnica. Die Neovulkanite des Kremnica-Gebirges sind ca 2mal reicher an Th als Effusiv von Štiavnica. Die wirkliche Ursache dieser Erscheinung ist bisher nicht gut bekannt. Es ist wahrscheinlich, das die Distribution des Th und U in verschiedenen neovulkanischen Regionen gesetzmässig ist.

Die Angaben über die Th-Gehalte in den Intrusiven verschiedenen Alters und Effusiven von Štiavnica und Kremnica fasst Tabelle 2 zusammen. Die Daten über die Gehalte in den Generiden und Tatra-Vepor Graniten wurden aus der Arbeit von M. Chlupáčová (in J. Bartošek et al. 1972) übernommen.

Diorite der Štiavnica-Insel besitzen eine ähnliche Distribution von Th, sowie die pyroxenische Andesite dieses Gebietes. Granodiorit von Hodruša kann man mit den Rhyolithen von Banská Štiavnica vergleichen.

Tabelle 2. Tabelle den Intrusiven und ihren Erguss-Aquivalenten mit den gegenseitig entsprechenden Th-Gehalten

Mittelbasische Gesteine 50–60 % SiO <sub>2</sub>	Saure Gesteine 60–75 % SiO <sub>2</sub>	
	7–15 ppm Th Granit von Vyhne, Granite und Granodiorite des Tatra-Vepor Komplexes	Variszische Intrusionen
6–11 ppm Th Diorite der Štiavnica-Insel	12–22 ppm Th Generide-Granite, Granodiorit von Hodruša	Intrusionen des Alters Kreide-Tertiär
Pyroxenische Andesite	Rhyolite	Neovulkanite der Umgebung von Banská Štiavnica
10–20 ppm Th Pyroxenische Andesite	30–40 ppm Th Rhyolite und Rhyodazite	Neovulkanite des Kremnica-Gebirges

## SCHRIFTTUM

- BARTOŠEK, J. 1967: Stanovení klarkových koncentrací thoria, uranu a drasliku v horninách pomocí gama spektrometru. *Věstn. Ústř. úst. geol.* (Praha), 17, Nr. 5, S. 353–362.
- BARTOŠEK, J.—CHLUČOVÁ, M.—ŠTOVÍČKOVÁ, N. 1969: Petrogenesis and structural position of small granitoid intrusions in the aspect of petrophysical data. *Sbor. geol. věd.* Č. UG (Praha), 9, S. 37–50.
- BARTOŠEK, J.—CHLUČOVÁ, M.—KAŠPAREC, I. 1972: Výzkum přirozené radioaktivity slabě aktívnych hornin. Manuscript, Geofond Praha.
- BARTOŠEK, J.—KAŠPAREC, I. 1973: Stanovení kyslíku a křemíku v horninách aktiváni analyzou 14 MeV neutrony. *Čas. miner. geol.* (Praha), 18, Nr. 1, S. 81–86.
- FIALA, F. 1961: Geologicko-petrografický výzkum centrální a jižní části Kremnických hor za léta 1955–1960. Manuscript, Geofond Bratislava.
- FIALA, F. 1962: Chemistry of the Neogene volcanites of the Kremnické hory. *Geol. práce, Správy* (Bratislava), 25-26, S. 5–78.
- FORGÁČ, J. 1966: Petrografia a geochemie premenených hornín v Štiavnicko-hodrušskom rudnom obvode. *Geol. práce, monogr. ser.* (Bratislava), 5, S. 103–150.
- GOTTFRIED, D. 1969: Distribution of uranium in igneous complexes. *Geol. Surv. Bull.* (Washington), 751, S. 102–108.
- ONDRA, P. 1972: Distribution des Thoriums, Urans und Kaliums in den Neovulkaniten des Kremnica-Gebirges und im Granodiorit von Hodruša. *Čas. miner. geol.* (Praha), 17, Nr. 4, S. 413–427.
- ROZLOŽNÍK, L. 1966: Výskum hornin Štiavnického ostrova — časť stratigrafia, tektonika, metalogenéza. Manuscript, Geofond Bratislava.
- ROZLOŽNÍK, L.—SLAVKOVSÝ, J. 1968: Príspevok k postaveniu tzv. vrcholových andezítov v rámci Slovenského stredohoria. *Geol. práce, Správy* (Bratislava), 46, S. 95–99.
- ROZLOŽNÍK, L.—SALAT, J. 1963: Stratigraficko-tektonická pozícia banatitov na Štiavnickom ostrove. *Sborn. ved. práce VŠT* ( Košice).
- SALAT, J. 1954: Petrografia a petrochemia eruptívnych hornín v oblasti Hodruša-Vyhne. *Geol. práce* (Bratislava), 39, S. 55–99.

Zur Veröffentlichung empfohlen von V. KĀTLOVSKÝ.