

Hydromuskovit z Banskej Štiavnice a jeho vzťah k hydrotermálnym premenám vulkanických hornín

VENDELÍN RADZO

Úvod

Abstract.

Sur la base des études cristallographiques, radiographiques, thermiques, électrographiques et des autres, on constate que la matière argileuse blanche qui affleure dans la zone des quartzites près de Šobov près de Banská Štiavnica, considérée jusqu'ici comme pyrophyllite éventuellement comme agalmatolite, est hydromuskovite du type structural 2M appartenant à la modification monoclinique du groupe C^2/c . Son origine est reliée avec l'influence métasomatique des solutions hydrothermales sur les aluminosilicates des roches andésitiques.

Pri mineralogickom výskume hydrotermálne zmenených hornín v bansko-štiavnickom obvode zistil autor, v okrajových častiach lomu dinasových kremencov na Šobove pri Banskej Štiavnici polohu, bielej ílovej horniny zloženej z hydromuskovitu.

Zmienku o výskyte hydromuskovitu bez bližšieho určenia z oblasti Banskej Štiavnice (Banskej Belej) uvádza J. KONTA (1957) v súvislosti s výskytom dillnitu, kaolinitu a diaspóru.

V staršej literatúre Th. KARAFIÁT (1848) pred viac ako sto rokmi opisuje nazelenalú hmotu z Banskej Belej (Dilln) pri Banskej Štiavnici ako agalmatolit. Uvádza jeho chemickú analýzu a hustotu. Uvedenú nazelenalú hmotu predtým popísal A. HÜTZELMANN (1849) ako pimelit.

V mineralogickom systéme C. HINTZEHO (1897) nájdeme spomínaný agalmatolit ako odrodu pyrofylitu, uvedenú pri skupine kaolínu.

Neskoršie R. BARTA, K. ŠPIČÁK (1954) z lomu Štramberg neďaleko Ferdinandovej štôlnie pri Banskej Belej uvádzajú bielu ílovitú hmotu, ktorá sa silne otierala medzi prstami a bola na puklinách okrove sfarbená ako agalmatolit. Uvádzajú chemickú analýzu a DTA krivky. Táto ílová hmota tvorila podľa nich hraničnú vložku v susedstve s kremencami.

S. POLÁK (1963) v súvislosti s objasňovaním genézy ložiska dinasových kremencov na vrchu Šobov pri Banskej Štiavnici, spomína zelenkavý minerál vzhľadu mastenca ako pyrofylit, ktorý sa vyskytuje v silne propylitizovaných andezitoch v okolí kremencov v tzv. „šobovskej sérii“. V tejto súvislosti uvádza, že horniny šobovskej série sú silne pyrofylitizované.

Porovnávacie údaje je pomerne ťažko získať. S. POLÁK (1963) len konštatuje, že pyrofylit bol zistený chemickou analýzou, pomocou DTA a röntgenograficky. Chemická analýza agalmatolitu uvedená R. BARTOM a K. ŠPIČÁKOM (1954) skôr patrí minerálu kaolinitu ako agalmatolitu. Uvedená DTA krivka je podobná s DTA krivkou tu uvedeného hydromuskovitu. Podstatné sú rozdiely v chemickej analýze a to v obsahu alkálií a H_2O v porovnaní s che-

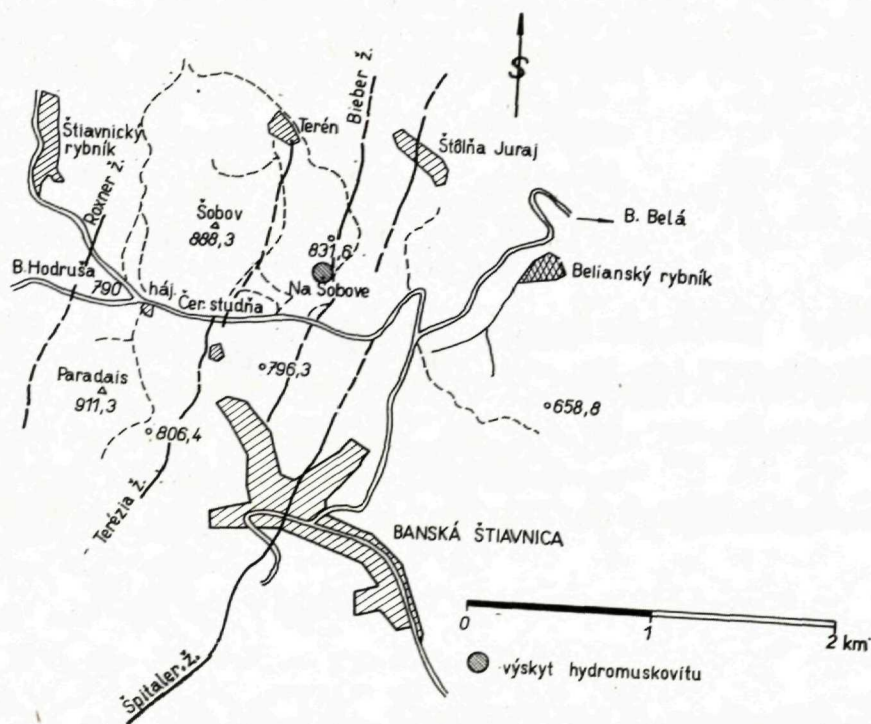
mickou analýzou agalmatolitu, ktorú tiež uvádza Th. KARAFIAT (1849) a tu opisovaným hydromuskovitom.

Agalmatolit popisovaný R. BÄRTOM a K. ŠPÍČÁKOM neobsahuje alkálie a má značný obsah H_2O . Podľa chemickej analýzy je to skôr kaolinit. Naproti tomu agalmatolit uvádzaný Th. KARAFIATOM (1849) podľa chemickej analýzy je veľmi blízky hydromuskovitu.

(Obr. 1.)

Výskyt a makroskopický popis hydromuskovitu

Hydromuskovit na Šobove pri Banskej Štiavnici vyskytuje sa v okrajových častiach ložiska kremencov ako biela ílovitá hmota, ktorá vzhľadom sa podobá kaolínu. Je to oblasť, kde pod povrchom prechádza Bieber žila.



Obr. 2. Schématická mapa priebehu rudných žíl v oblasti Šobova pri Banskej Štiavnici s výskytom hydromuskovitu.

Reliktom brekciovitej textúry pripomína brekciovitý pyroklastický materiál pyroxenického andezitu.

Úlomky s tvrdosťou okolo 2 majú ostrohranný charakter a sú spojené s jemnozrnnou ílovitou hmotou.

Miestami vyskytujú sa žltočervené povlaky hydroxydov Fe po zvetraní pyritov.

Charakteristickým znakom je, že otieraním horniny medzi prstami tvoria sa mastencu podobné perleťovosklé šupinky. Vo vode sa ľahko rozplavuje.

Od sericitu odlišuje sa hlavne makroskopicky tým, že tvorí celistvé agregáty, zložené z mikroskopických šupiniek hydromuskovitu.

Mikroskopické pozorovania

Vo výbruse, ktorý bol pripravený niekoľkonásobným preváraním v kanadskom balzáme, je možné pri 650 násobnom zväčšení pozorovať lístkovité agregáty hydromuskovitu s pestrými interferenčnými farbami.

Jednotlivé minerály hydromuskovitu majú zjavný lístkovitý pretiahly tvar s priemerným indexom lomu okolo 1,54 a $Chz+$

Pozorovanie v elektrónovom mikroskope

Charakter kryštálikov hydromuskovitu je zvlášť dobre pozorovateľný na elektronových mikrofotografiách. Sú to tenké, idiomorfne obmedzené šupinky. Šupinky majú pseudohexagonálne obmedzenie a sú pretiahle v jednom smere. O tomto, pre hydromuskovit a illit charakteristickom, pretiahlom tvare, zmieňuje sa R. E. GRIM (1933), ktorý uvádza, že pre tento jav doposiaľ nenašlo sa uspokojivé vysvetlenie.

Veľkosť hydromukovitových kryštálikov sa pohybuje v rozmedzí väčšom ako $1\ \mu$. Z mikrofotografie vidieť, že kryštalky sú pomerne veľké a tenké a ľahko v tenších agregátoch prepúšťajú elektrony. Charakteristické je, že hydromuskovit na rozdiel od illitu má idiomorfny vývoj kryštalických častíc. Od muskovitu, resp. sericitu sa odlišuje menšími rozmermi kryštálikov a charakteristickým, pretiahlym tvarom kryštálikov.

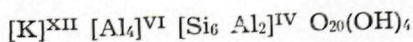
Kvantitatívna chemická analýza

Kvantitatívna chemická analýza sa urobila zo vzorky, ktorá bola pripravená plavením preto, aby sa odstránili hrubšie mechanické prímеси sulfidov a tak sa získala homogénna vzorka.

Chemická analýza bola prepočítaná na hlavné zložky tak, že boli odpočítané zložky, ktoré patria heterogenným prímesiam. Z hlavných zložiek bol vypočítaný kryštalochemický vzorec hydromuskovitu.

Pomer kryštalochemického vzorca hydromuskovitu ku kryštalochemickému vzorcu muskovitu teoretického zloženia, je nasledovný:

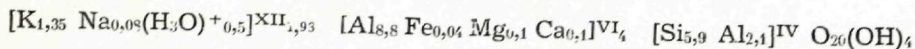
muskovit teoretický



hydromuskovit



Počet jednomocných katiónov v medzivrstve základného trojvrstvia kryštálovej štruktúry je nižší oproti muskovitu. Tento nedostatok jednomocných katiónov vysvetľuje G. BROWN a K. NORISHE (1952) prítomnosťou oxonia $(H_3O)^+$, na mieste jednomocných katiónov. Oxionové ióny vznikajú disociáciou H_2O podľa rovnice: $2H_2O \rightleftharpoons (H_3O)^+ + OH^-$. V prípade prítomnosti $(H_3O)^+$ ióna štruktúrnochemický vzorec hydromuskovitu je:



Existencia oxionových iónov $(H_3O)^+$, na mieste jednomocných iónov, zatiaľ nebola definitívne potvrdená.

Podľa prepočtu chemickej analýzy, bez uvažovania prítomnosti $(H_3O)^+$ iónov, vychádza dôsledku väčšej substitúcie Si^{4+} s Al^{3+} oproti muskovitu – aj väčší počet (OH) skupín. To by nasvedčovalo tomu, že v tetraedrickej koordi-

Chemická analýza hydromuskovitu Šobov pri
Banskej Štiavnici prepočítaná na hlavné zložky

Tab. 1.

Chem. zložky	Váh. %	Hlavné zložky	Prepočet na hlavné zložky
SiO ₂	44,90	44,90	45,46
TiO ₂	0,41	—	—
Al ₂ O ₃	38,51	38,51	39,00
Fe ₂ O ₃	0,42	0,42	0,42
MgO	0,61	0,61	0,62
CaO	0,89	0,89	0,90
Na ₂ O	0,30	0,30	0,30
K ₂ O	7,83	7,83	7,93
P ₂ O ₅	0,05	—	—
H ₂ O+O	5,30	5,30	5,37
H ₂ O-	0,98	—	—
Spolu	100,20	98,76	100,00

Chemické analýzy hydromuskovitu v porovnaní s chemickými analýzami muskovitu, agalmatolitu, illitu a pyrofylitu.

Tab. 2.

Chem. zložky	Muskovit teoret. zloženie	Hydromuskovit B. Štiavnica 1969	Hydromuskovit Ogofau Brammal 1937	Hydromuskovit Nagyborzöny, Erdélyi a spol. 1958	Agalmatolit B. Štiavnica R. Bárta, K. Spičák 1954	Agalmatolit B. Štiavnica Fr. Karafiát 1849	Illit, Vermilion Illinois R. Grim 1957	Pyrofylit teoret. zlož.
SiO ₂	45,20	44,90	46,54	44,90	49,69	49,50	51,22	66,65
TiO ₂	—	0,41	0,17	1,21	0,41	—	0,53	—
Al ₂ O ₃	38,50	38,51	36,37	32,46	35,52	27,45	25,91	28,35
Fe ₂ O ₃	—	0,42	0,72	1,22	0,22	1,03	4,59	—
FeO	—	—	0,36	1,68	—	—	1,70	—
MnO	—	—	—	0,05	—	—	—	—
CaO	—	0,89	0,22	2,65	1,32	5,56	0,16	—
MgO	—	0,61	0,50	0,83	1,23	0,72	2,84	—
K ₂ O	11,80	7,83	8,06	7,88	—	10,20	6,09	—
Na ₂ O	—	0,30	0,46	0,36	—	—	0,17	—
P ₂ O ₅	—	0,05	0,06	0,22	—	—	—	—
H ₂ O ⁺	4,50	5,30	6,31	4,70	11,50	5,10	7,14	5,06
H ₂ O ⁻	—	0,98	0,52	0,52	—	—	—	—
Spolu	100,00	100,20	100,29	100,39	99,89	99,56	100,35	100,00
SiO ₂	1,17	1,16	1,27	1,38	1,40	1,80	1,97	2,35

nácii sú nielen kremíko-kyslíko-hydroxylové tetraedre, ale aj hliníko-hydroxylové tetraedre.

Podobne, na rozdiel od muskovitu, má hydromuskovit aj dosť podstatnú substitúciu v oktaedrickej koordinácii a to iónov Al^{3+} s Ca^{2+} , Fe^{2+} a Mg^{2+} iónami.

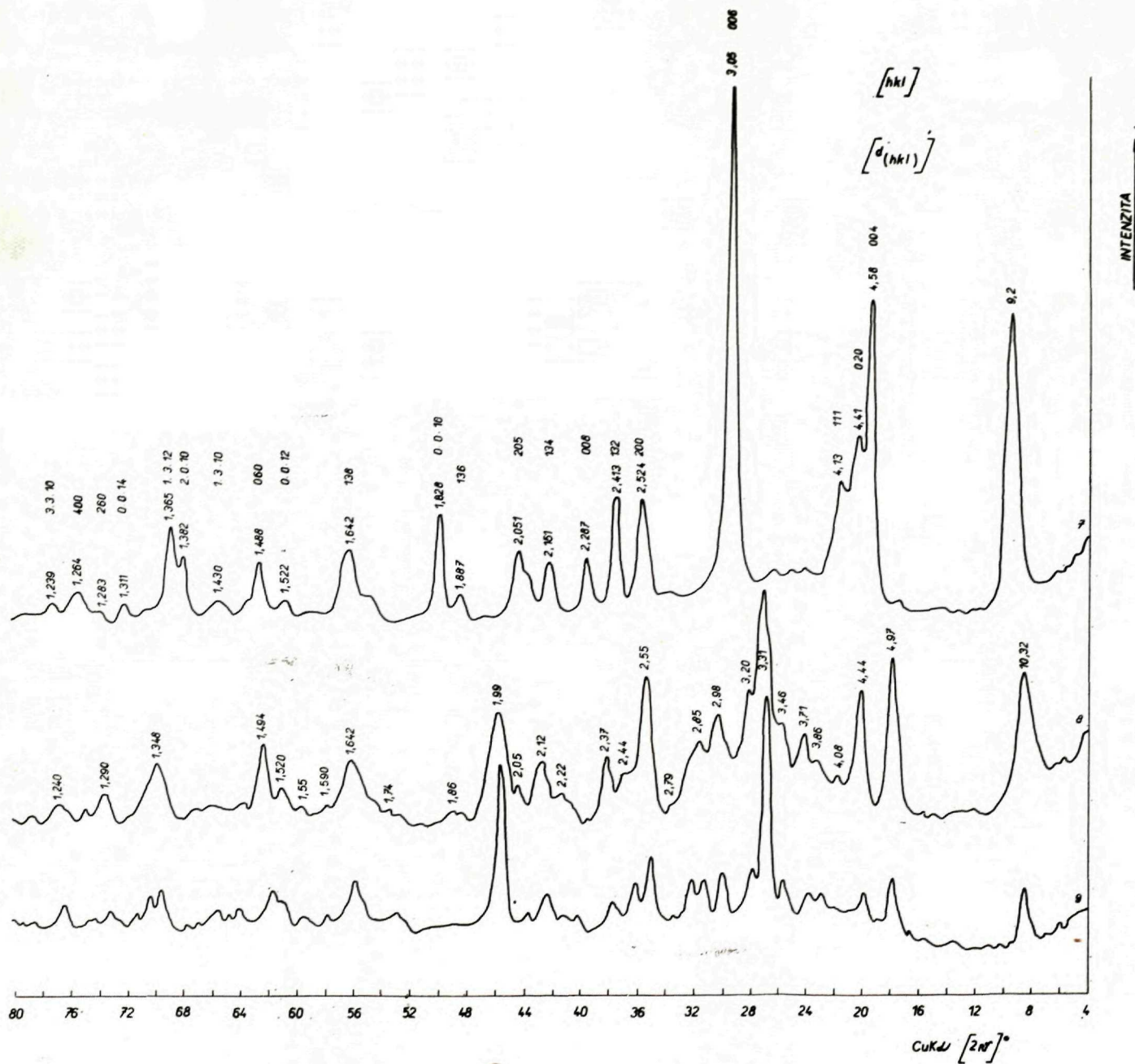
Pre porovnanie uvádzam z literatúry niektoré chemické analýzy hydromuskovitov, agalmatolitu, illitu a teoretické chemické zloženie muskovitu a pyrofylitu.

Z uvedených chemických analýz je vidieť, že chemické zloženie hydromuskovitov je veľmi blízke muskovitu. Chemická analýza agalmatolitu z Banskej Štiavnice popísaná R. BARTOM a K. ŠPIČÁKOM (1954) sa zásadne líšia v obsahu H_2O a obsahu alkalických prvkov. Značný rozdiel je aj medzi agalmatolitom a pyrofylitom hlavne v obsahu SiO_2 a v prítomnosti alkalických prvkov u pyrofylitu.

Výpočet kryštalochemického vzorca
hydromuskovitu Banská Štiavnica – Šobov

Tab. 3.

Ióny	%	Iónové kvocienty	Iónové kvocienty x 1000	Prepočet iónov na $(\text{O} + \text{OH}) = 24$
Si^{4+}	21,24	0,7569	756,9	5,9
Al^{3+}	20,63	0,7649	764,9	5,9
Fe^{3+}	0,29	0,0051	5,1	0,1
Mg^{2+}	0,37	0,0152	15,2	0,1
Ca^{2+}	0,64	0,0159	15,9	0,13
Na^{+}	0,22	0,0096	9,6	0,08
K^{+}	6,59	0,1686	168,6	1,31
$(\text{OH})^{-}$	10,14	0,5964	596,4	3088,4 4,6
$\text{O}, 2^{-}$	38,88	2,492	2492,0	19,4



Obr. 8. Difrakčný záznam: 7. agalmatolitu — Berezovsk; 8. hydromuskovitu — Šobov pri Banskej Štiavnici; 9. sericitu Mária Baňa Rožňava.

Výpočet iónov v štruktúrnej bunke hydromuskovitu Šobov pri Banskej Štiavnici

Tab. 4.

Teoretické zloženie muskovitu	Hydromuskovit			Illit
	B. Štiav- nica Šobov (1969)	Ogo- fau A. Brammall (1937)	Nagy- börzö- ny Er- délyi a spol. (1958)	Illinois Grim (1955)
Si ⁴⁺ 12	11,8	12,0	12,5	14,0
Tetraedr. vrstva	} 16,0	} 16,0	} 16,0	} 16,0
Al ³⁺ 4				
Al ³⁺ 8	7,7	7,06	7,1	6,2
Fe ³⁺ —	0,1	0,14	0,2	0,8
oktaedr. vrstva	} 8,0	} 7,52	} 8,0	} 8,0
Fe ²⁺ —				
Mg ²⁺ —	0,2	0,20	0,3	1,0
Ca ²⁺ —	0,3	0,4	0,20	0,2
Na ⁺ —	0,2	0,22	0,20	0,2
medzi- vrstva	} 3,1	} 2,88	} 3,20	} 2,8
K ⁺ 4				
OH 8	9,2	10,86	8,7	—
F ⁻ —	—	0,02	—	
O ²⁻ 40	38,8	37,12	39,3	

Kryštalochemický vzorec:

$[K_{1,31} Na_{0,1} Ca_{0,13}]^{XII}_{1,54}$

$[Al_{3,8} Fe_{0,1} Mg_{0,1}]^{VI}_{4,0}$

$[Si_{5,9} Al_{2,1}]^{IV}_8 O_{19,4}(OH)_{4,6}$

Tab. 5.

Kryštalochemický vzťah hydromuskovitu z Banskej Štiavnice — Šobov k hydromuskovitom z rôznych lokalít vyplýva zo vzájomného porovnania kryštalochemických vzorcov. Hydromuskovit Banská Štiavnica — Šobov (1969)

$[K_{1,31} Na_{0,1} Ca_{0,13}]^{XII}_{1,54} [Al_{3,80} Fe_{0,1} Mg_{0,10}]^{VI}_{4,0} [Si_{5,9} Al_{2,1}]^{IV}_8 O_{19,4}(OH)_{4,6}$

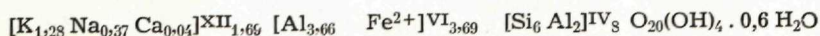
Hydromuskovit Ogofau, Wales, A. Brammall a spol. — 1937

$[K_{1,33} Na_{0,11}]^{XII}_{1,44} [Al_{3,53} Fe^{3+}_{0,07} Fe^{2+}_{0,04} Mg_{0,1} Ca_{0,02}]^{VI}_{3,76} [Si_6 Al_2]^{IV}_8 O_{18,6}(OH)_{5,43}$

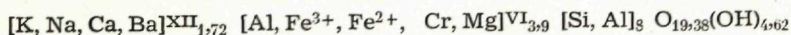
Hydromuskovit Nagybörczőny J. E. Erdélyi a spol. — 1958

$[K_{1,4} Na_{0,1} Ca_{0,1}]^{XII}_{1,6} [Al_{3,55} Fe^{3+}_{0,1} Fe^{2+}_{0,2} Mg_{0,15}]^{VI}_{4,1} [Si_{6,25} Al_{1,75}]^{IV}_8 O_{19,65}(OH)_{4,35}$

Hydromuskovit ložisko Mária, Rožňava, F. Novák — 1962



Hydromuskovit Tasmania. I. M. Treadgold — 1959



Podľa klasifikácie R. C. Mackenzieho (1957) a M. Muñoz Taboadela, V. A. Ferrandisa (1957), ktorí pre klasifikáciu ílových slud navrhli limity pre $K_2O + Na_2O$, ďalej súčet iónových kvocientov vypočítaných na základe $O + OH = 24$ a $(H_3O)^+$ iónový kvocient vypočítaný metódou Browna a Norrishu (1952) pre muskovit a hydromuskovit, je možné uviesť nasledovné porovnanie:

Tab. 6.

Z uvedenej tabuľky vidieť, že hydromuskovit z Banskej Štiavnice — Šobov podľa uvedenej klasifikácie je veľmi blízky hydromuskovitu z Ogofau, Wales, kde bol po prvý raz popísaný A. BRAMMALL-LOM, J. G. C. LEECHOM, F. A. BAN-NISTROM (1937).

	$K_2O + Na_2O$ (%)	iónový kvoc. $K + Na$	iónový kvoc. $(H_3O)^+$
muskovit	9	1,6–2,0	—
hydromuskovit	8–9	1,3–1,6	0,4–0,6
hydromuskovit Mount Lyell Tas- mánia, I. M. Tre- adgold (1959)	9,41	1,68	0,22
hydromuskovit Rožňava F. Novák (1960)	9,40	1,65	0,43
hydromuskovit Nagybörzöny J. Er- délyi a spol. (1958)	8,74	1,50	—
hydromuskovit (A) Ogofau Wales, A. Brammall a spol.	8,50	1,45	0,51
hydromuskovit Šobov, Banská Štiavnica (1966)	8,20	1,40	0,50
ilit, Vermilion County, Illinois, R. E. Grim a spol. (1957)	6,26	1,09	0,76

Spektrálna analýza

Semikvantitatívnou spektrálnou analýzou boli zistené prvky v zastúpení:

a) hlavné prvky: Si, Al, K, Ca, Mg, Fe,

b) vedľajšie prvky: V, Na, Sn, Mn, Ti,

c) stopové: Ag, Cu, Pb, Zn, Zr.

Pozoruhodný je obsah V, ktorý je radove zastúpený 10–15% a viac.

Zaujímavá je zhoda výskytu mikroelementov popri Sn, V v kremencoch (POLÁK 1963) a v hydromuskovitej hornine.

Vanádium spolu s Ti je izomorfným prvkom s Fe, hlavne v pyroxénoch, augitoch. V štádiu hypergených premien stráca izomorfii s Fe. Okrem toho je tiež vanádium typickým biogénnym prvkom (v krvi morských holotúrií). Jeho prítomnosť v hydromuskovite je z najväčšej pravdepodobnosti z pyroxénov — pyroxén andezitov šobovskej série. prípadne vanádium môže byť tiež substituovaný s Al v hydromuskovite.

Stanovenie mernej váhy

Tab. 7.

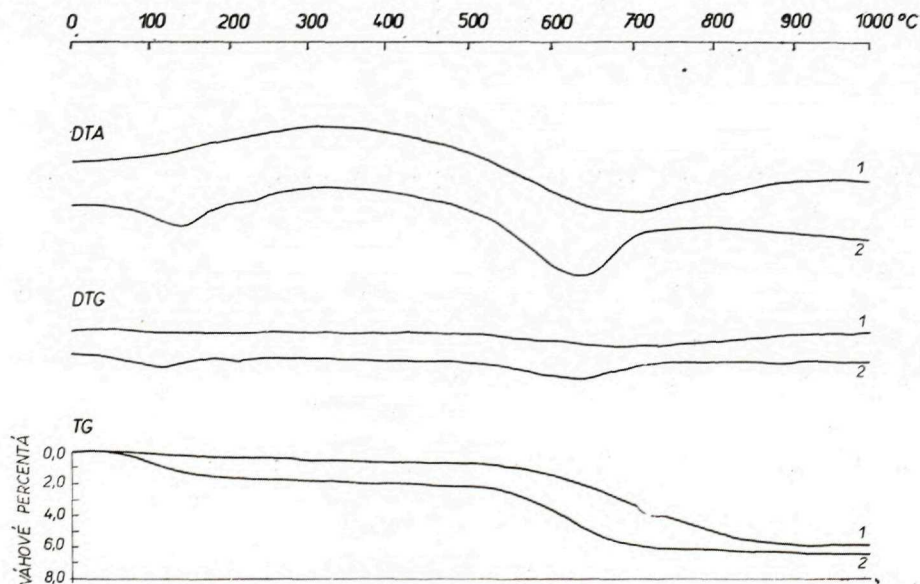
Merná váha bola stanovená z práškovej vzorky vysušenej pri laboratórnej teplote (20 °C) pyknometricky.

Pre porovnanie sú uvedené merné váhy muskovitu a niektorých hydromuskovitov z iných lokalít.

muskovit	[g/cm ³]
	2,78–2,88
hydromuskovit z Ogofau, Wales	2,65 ± 0,02
hydromuskovit z Nagyörzöny	2,81 (vypoč.)
hydromuskovit B. Štiavnica	2,84

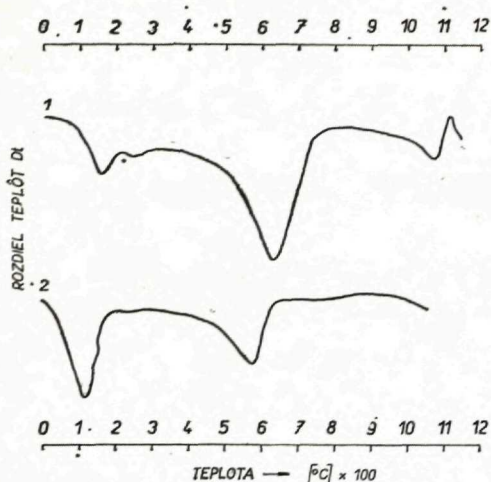
Termické rozbory

Termický rozbor vykonaný na prístroji Derivatograf (MOM-Budapest) z navážky 1 g vzorky pri stúpaní teploty 10 °C/1', so súčasným záznamom DTG, DTA, TG krivky, podáva nasledovný obraz o hydromuskovite (obr. 5, vzorka č. 2). Na začiatku DTA krivky je slabá endotermná výchylka s maximom pri 140 °C s prechodom do slabého inflexu pri 240 °C. Tento priebeh charakterizuje stratu adsorbčnej vody, podľa TG krivky 1,5 %, z medzivrstevného štruktúrneho trojvrstvia. Inflex pri 240 °C predstavuje stratu 0,25 % H₂O viazanej v podobe hydrátov. Od 350 °C dochádza k dehydroxylácii s maximom pri 630 °C so stratou 4,75 % H₂O. Obr. 5.



Obr. 5. Termické analýzy: 1. agalmatolitu — Berezovsk; hydromuskovitu — Šobov pri Banskej Štiavnici a ich DTG, DTA a TG krivky.

Pre porovnanie (obr. 5.) je uvedený termický rozbor agalmatolitu vzorka č. 1 (vzorku som dostal na Geologickom ústave v Moskve). Priebeh DTA a TG kriviek je navzájom podobný. Rozdiely oproti hydromuskovitu sú v malom množstve adsorbčnej vody a dehydroxylácia prebieha pri vyššej teplote s maximom pri 700 °C, so stratou 5,0 % H₂O. Hydromuskovit má navyše ešte inflex DTA krivky pri 240 °C.



Obr. 6. DTA krivky: 1. hydromuskovitu — Šobov pri Banskej Štiavnici. 2. agalmatolitu zo Štramberka pri Banskej Belej (R. Bárta, K. Špičák, 1954).

Na obr. 6 je uvedený termický rozbor hydromuskovitu prevedený do teploty 1200 °C. vzorka 1. a pre porovnanie termický rozbor agalmatolitu prevedený R. BARTOM a K. ŠPIČÁKOM (1954) vzorka č. 2. Hydromuskovit má pri teplote 1080 °C endotermnú výchylku, ktorá prechádza pri 1120° do exotermnej výchylky. Tento rozbor urobený klasickou termoanalýzou, dopĺňa termoanalýzu prevedenú Derivatografom. Obr. 6.

DTA krivka agalmatolitu (vzorka 2) je podobná krivke hydromuskovitu, avšak dehydroxylácia nastáva skôr, a to s maximom pri 580 °C. Uvedená DTA krivka sa však podstatne odlišuje od DTA krivky agalmatolitu obr. 5, vzorka 1.

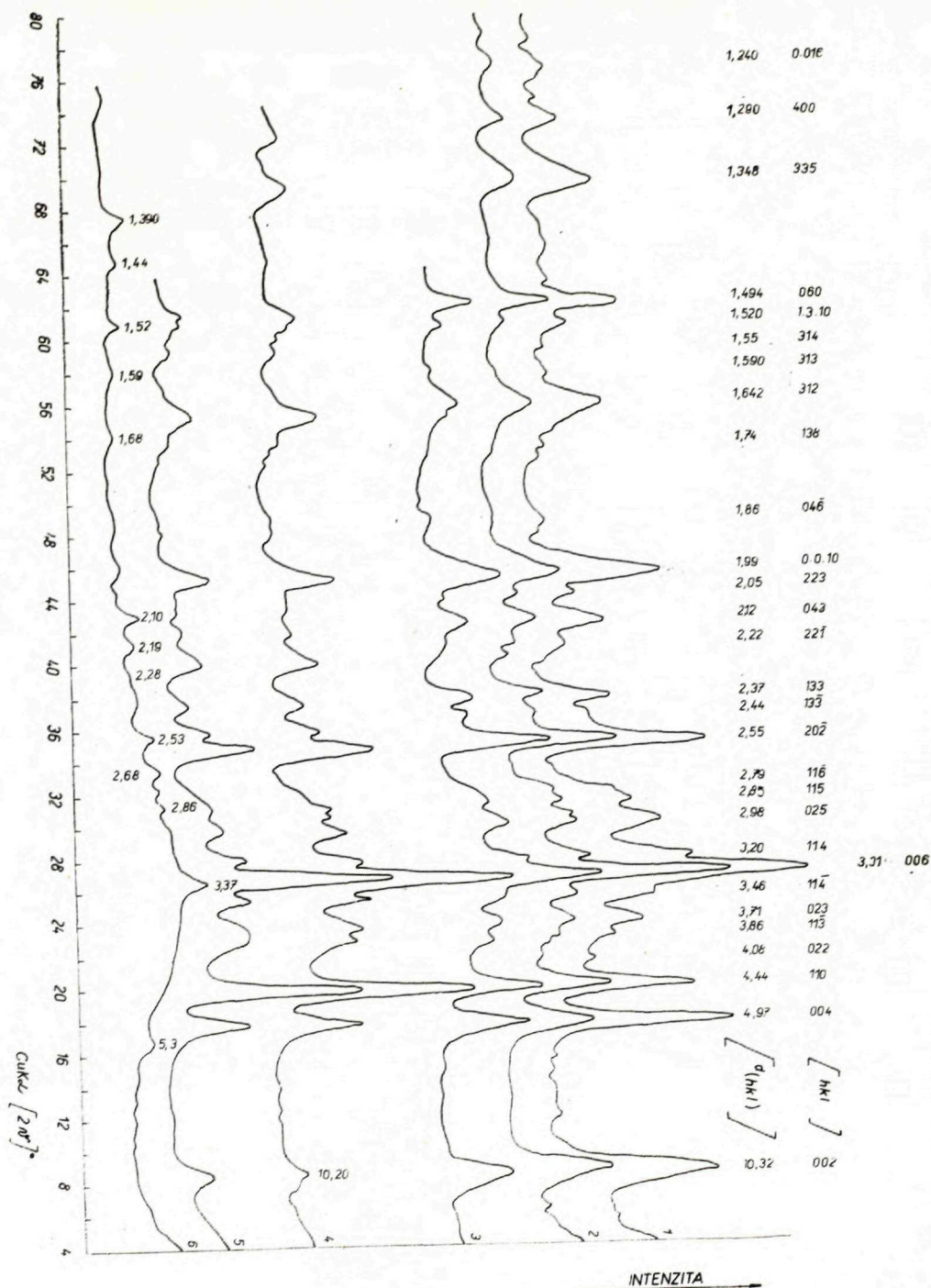
Röntgenografický rozbor

Röntgenografický rozbor hydromuskovitu z Banskej Štiavnice—Šobov, bol vykonaný na röntgen-gioniometre (GON.03 výrobok n. p. Chirana) metódou Bragg-Brentanovou s použitím CuK α žiarenia s SiO₂ — monochromátorom.

Vypočítané hodnoty d (Å) pre porovnanie sú uvedené spolu s hodnotami d (Å) minerálov, blízkych hydromuskovitu v tabuľke 8. Na difrakčnom zázname sú prítomné línie bazálnych reflexií s hodnotami d (Å) pri 10 Å; 5 Å, 3,3 Å, 1,99 Å, 1,24 Å, charakteristické pre minerály s kryštálovou štruktúrou typu slúd (muskovitu). Stredne intenzívna línia reflexie (060) pri 1,49 Å, charakterizuje hydromuskovit zo skupiny dioktaedrických hydroslúd.

Na základe štúdia polymorfie slúdnatých minerálov podľa S. B. HENDRICKSA; M. JEFFERSONA (1939) a J. V. SMITHA; S. H. IODERA (1956) je možné podľa zistených hodnôt d (h k l) a konštant kryštálovej štruktúry, zadeliť skúmaný hydromuskovit do typu 2M — monoklinickej modifikácie priestorovej grupy C2/c.

Bazálna reflexia (002) hydromuskovitu má hodnotu d = 10,32 Å, ktorá po nasýtení hydromuskovitu s etylenglykolom sa zmení na 9,98 Å. To by nasvedčovalo tomu, že v kryštálovej štruktúre hydromuskovitu sú sčasti zastúpené



Obr. 7. Difrakčný záznam hydromuskovitu – Šobov pri Banskej Štiavnici. 1. hydromuskovit, 2. vzorka s etylenglykolom; 3. vzorka zahriata do 160 °C; 4. vzorka zahriata do 700 °C; 5. vzorka zahriata do 800 °C; 6. vzorka zahriata do 1200 °C – silimanit.

Röntgenografické hodnoty hydromuskovitu z Banskej Štiavnice v porovnaní s hodnotami jemu blízkých minerálov.

Tab. 8.

Indexy	Muskovit K. Jasmund (1955)		Sericit Longellow R. E. Grim (1937)		Hydromuskovit B. Štiavnica – Šobov (1969)		Hydromuskovit Nagyborzöny J. Erdélyi (1958)		Illit, Illinois, Gilead R. Grim (1937)	
	hkl	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
002	9,99	s.	9,96	v. s.	10,32	s.	9,91	s.	9,98	s.
004	4,98	str.	4,97	s.	4,97	s.	4,96	str.	4,97	sl.
110	4,47	v. s.	4,47	v. s.	4,44	s.	4,46	v. s.	4,47	v. s.
111	4,29	sl.	4,30	v. sl.	—	—	—	—	—	—
022	4,11	sl.	4,11	sl.	4,08	v. sl.	—	—	4,11	v. sl.
112	3,95	v. sl.	3,95	v. sl.	—	—	—	—	—	—
113	3,87	str.	3,87	str.	3,86	str.	3,89	sl.	—	—
023	3,72	str.	3,75	s.	3,71	s.	3,70	sl.	3,7	v. sl.
113	3,55	v. sl.	—	—	—	—	—	—	—	—
114	3,475	str.	3,44	s.	3,46	str.	3,50	str.	3,4	v. sl.
006	3,32	v. s.	3,32	v. s.	3,31	† s.	3,32	str.	3,31	str.
114	3,20	str. s.	3,22	s.	3,20	str.	—	—	320	v. sl.
115	3,10	v. sl.	—	—	—	—	—	—	—	—
025	2,98	s.	2,99	s.	2,98	s.	—	—	2,98	sl.
115	2,86	str.	2,85	str.	2,85	str.	2,84	v. sl.	2,84	v. sl.
116	2,78	str.	2,77	str.	2,79	v. sl.	2,688	sl.	—	—
200	2,585	sl.	2,58	sl.	—	—	—	—	—	—
202	2,560	v. s.	2,56	v. s.	2,55	v. s.	2,564	v. s.	2,56	s.
008	2,49	sl.	2,50	v. sl.	—	—	—	—	—	—
133	2,46	sl.	2,45	sl.	2,44	sl.	2,456	v. sl.	2,44	sl.
204	2,39	v. sl.	—	—	—	—	—	—	—	—
133	2,376	str.	2,38	str.	2,37	str.	2,374	sl.	2,38	str.
221	2,245	sl.	2,235	sl.	2,22	sl.	2,24	v. sl.	2,24	str.
223	2,185	sl.	2,185	sl.	2,17	sl.	2,20	v. sl.	2,18	sl.
206	2,14	str.	—	—	—	—	—	—	—	—
043	2,13	str.	2,13	str.	2,12	str.	2,130	str.	2,11	sl.
223	2,05	v. sl.	2,05	v. sl.	2,05	sl.	—	—	—	—
0.0.10	1,991	s.	1,991	str.	1,99	v. s.	2,01	sl.	1,98	str.
206	1,95	sl.	1,95	sl.	—	—	1,969	v. sl.	—	—
046	1,83	str.	—	—	1,86	sl.	1,904	sl.	—	—
138	1,76	sl.	—	—	1,74	sl.	1,757	v. sl.	—	—
1.3.10	1,654	sl.	1,66	sl.	—	—	1,649	v. sl.	1,65	sl.
312	1,64	str.	1,64	str.	1,642	str.	1,630	sl.	1,64	sl.
313	1,60	sl.	1,60	v. sl.	1,590	v. sl.	1,596	v. sl.	—	—
314	1,55	sl.	1,55	—	1,55	sl.	—	—	—	—
1.3.10	1,52	sl.	1,52	v. sl.	1,520	sl.	—	—	—	—
060	1,504	s.	1,50	s.	1,494	s.	1,500	s.	1,50	s.
335	1,344	str.	1,344	sl.	1,348	s.	1,353	sl.	1,34	v. sl.
260	1,335	sl.	1,335	sl.	—	—	—	—	—	—
400	1,295	sl.	1,295	sl.	1,290	str.	1,296	str.	1,29	str.
0.0.16	1,245	sl.	1,245	sl.	1,240	sl.	1,244	sl.	1,24	sl.

i trojvrstvia typu montmorillonitu. U vzorky nenasytenej etyleglykolom je možné preto predpokladať kombináciu hodnôt bazálnych reflexií prvého rádu hydromuskovitu $d = 10 \text{ \AA}$ a montmorillonitu $d = 15,4$, prípadne $12,4 \text{ \AA}$. Naproti tomu u vzorky nasýtenej etyleglykolom kombináciou bazálnych reflexov prvého rádu hydromuskovitu a druhého rádu $d = 8,85 \text{ \AA}$ etylenglykolomontmorillonitu. Tento predpoklad potvrdzuje aj DTA krivka so slabou endoreakciou pri 240°C , ktorá naznačuje prítomnosť hydratovaných Ca^{2+} a Mg^{2+} iónov v štruktúrnej mriežke.

Röntgenografické štúdium hydromuskovitu pri rôznych teplotách do 160°C , 700°C , 800°C , 1200°C obr. č. 7, vzorky 3, 4, 5, 6 poskytuje nasledovné výsledky. Do 160°C zmena hodnôt d (hkl) nestáva. Do 800°C pozorovať zmenu intenzity difrakčných línii 004 a 110, ktorá sa zvlášť prejavuje pri zahrievaní do 800°C , kde oproti pôvodnej vzorke je pomer intenzít difrakčných línii 004 a 110 v obrátenom pomere. Postupne dochádza tiež k zmene bazálnej reflexie 002 z $d = 10,32 \text{ \AA}$ na $10,20 \text{ \AA}$ s postupným znižovaním intenzity. Slabé difrakčné línie zanikajú, prípadne dochádza k ich koencidencii (napr. línie 113, 023). Po dehydroxylácii vzorky do 800°C nedochádza k rozpadu štruktúrnej mriežky. K rozpadu štruktúrnej mriežky dochádza po 800°C okolo 1100°C a pri 1200°C vzniká sillimanit Al_2SiO_5 .

Pre porovnanie na obr. 8 je uvedený difrakčný záznam agalmatolitu (vzorka 7. Berezovsk) spolu s hydromuskovitom (vzorka 8) a sericitu z Rožňavy (Mária Baňa) vzorka 9. Z uvedeného porovnania vyplýva rozdiel medzi hydromuskovitom a agalmatolitom a príbuznosť hydromuskovitu so sericitom.

Výpočet parametrov štruktúrnej bunky hydromuskovitu z Banskej Štiavnice a ich porovnanie s parametrami štruktúrnej bunky hydromuskovitov a minerálom im blízkych.

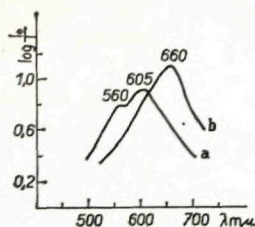
Tab. 9.

Minerál	$a_0 \text{ \AA}$	$b_0 \text{ \AA}$	$c_0 \text{ \AA}$	β
Pyrophyllit H. Strunz (1957)	5,15	8,92	18,59	$99^\circ55'$
Muskovit H. Strunz (1957)	5,19	9,04	20,08	$95^\circ30'$
Hydromuskovit H. Strunz (1957)	5,20	9,00	20,00	$96^\circ0'$
1 M Hydromuskovit Ogofau, Wales	5,21	9,03	20,10	$96^\circ6'$
1 M Hydromuskovit Roudný	5,20	9,01	20,12	$97^\circ0'$
2 M Hydromuskovit Rožňava	5,189	8,988	20,05	$94^\circ40'$
Hydromuskovit Nagybörzöny	5,20	9,00	20,00	$95^\circ3'$
2 M Hydromuskovit Ban. Štiavnica-Šobov	5,19	8,99	20,00	$95^\circ0'$
1 M d Illit Fithian Vermilion Co.	5,20	9,00	10,00	—
2 M Illit Gelad Calhoun Co.	5,20	9,00	19,90	—

Výpočet parametrov štruktúrnej bunky hydromuskovitu bol urobený pomocou línii (400) $d = 1,29 \text{ \AA}$; (060) $d = 1,494$ (0.0.10) $d = 1,99$ a za predpokladu, že $a^0 = b^0\sqrt{3}$ a $\sin \beta d_{100}/a^0$, pričom $d_{100} = 5,19 \text{ \AA}$.

Absorbčné spektrum metylénovej modrej s hydromuskovitom

Absorbčné spektrum metylénovej modrej s hydromuskovitom má absorbčné maximá s metylénovou modrou pri $\lambda = 560$ a 605μ m absorbčné maximum metylénovej modrej + KCl je pri $\lambda 660 \mu$ m.



Obr. 9. Absorbčné spektrum hydromuskovitu — Šobov pri Banskej Štiavnici: a) s metylénovou modrou; b) s metylénovou modrou + KCl.

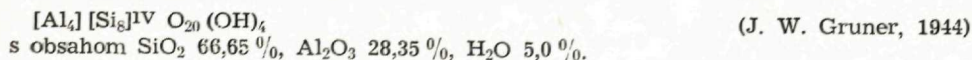
Postavenie hydromuskovitu a jemu blízkych minerálov v klasifikácii ílových minerálov

Pyrofyilit

Vyskytuje sa v tenkých lístočkoch perleťového lesku s tvrdosťou okolo 1. Makroskopicky je veľmi podobný mastencu. Vzniká hlavne ako nízкотемпературный minerál účinkom hydrotermálnych roztokov obyčajne na kyslé horniny.

Pevná, obyčajne nazelenalá odroda pyrofyilitu, označuje sa ako agalmatolit.

Kryštálová štruktúra je trojvrstevnatá, zložená z dvoch kremíkokyslíkových tetraedrických vrstiev so strednou hliníkohydroxylovou oktaedrickou vrstvou. Vrcholy každej tetraedrickej vrstvy sú spojené s oktaedrickou vrstvou kyslíkom z tetraedrickej vrstvy, ktorý tu takto popri skupinách OH zaujímá $\frac{2}{3}$ z oktaedrickej koordinácie, čím vzniká ucelený trojvrstevný dioktaedrický komplex štruktúrne-chemického vzorca:

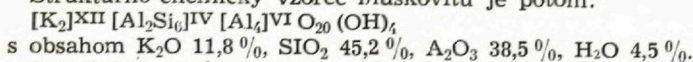


Muskovit

Muskovit na rozdiel od pyrofyilitu má v štruktúre $\frac{1}{4}$ iónov Si^{4+} v tetraedrickej vrstve zastúpenú iónami Al^{3+} , vznikajú tak Al-tetraedre namiesto Si-tetraedrov, čím súčasne vzniká zvyškový záporný náboj ($2e^-$ na elementárnu bunku), ktorý je kompenzovaný dvoma iónami K^+ , prípadne inými alkalickými iónami (GRIM 1953).

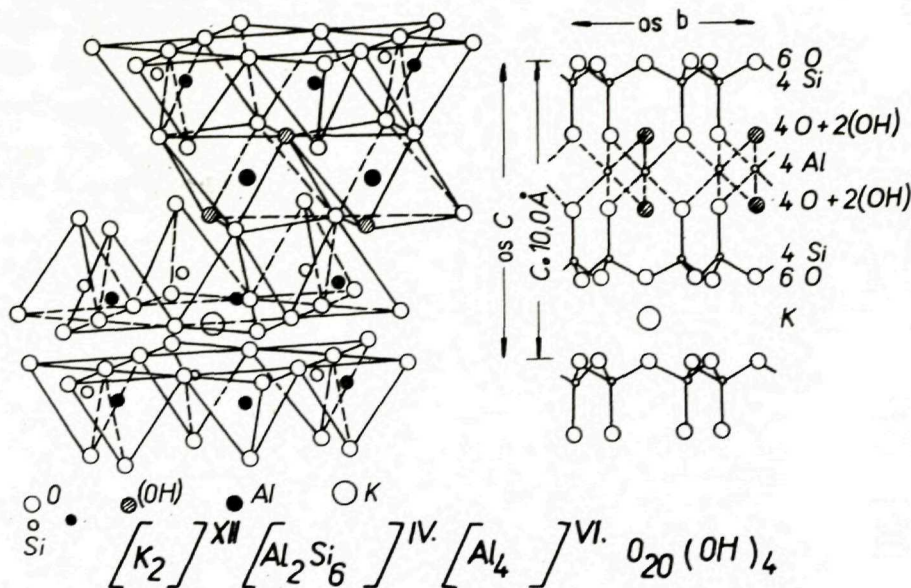
Uloženie K^+ iónov v dodekaedrickej koordinácii je v prázdnych priestoroch hexagonálnych prstencov dvoch proti sebe postavených tetraedrických vrstiev v medzivrstve základného trojvrstvia.

Štruktúrne-chemický vzorec muskovitu je potom:



Substitúciou Si^{4+} iónami Al^{3+} v tetraedrickej vrstve a kompenzáciou v medzivrstve odlišujú sa minerály typu štruktúry sľudy od minerálov skupiny montmorillonitu, kde popri izomorfii v tetraedrickej vrstve je v prevažnej miere izomorfia

Al^{3+} dvoj- a trojmocnými iónami v oktaedrickej vrstve. Kompenzácia voľných nábojov je uskutočňovaná iónami jedno- a dvojmocných alkalicko a alkalicko-zemných prvkov. Okrem toho medzivrstva medzi základným trojvrstvom obsahuje sčasti orientované molekuly n. H_2O , ktoré spôsobujú rôzny posun základného trojvrstvia v smere osi „c“ v závislosti na povahe medzivrstevných iónov.



Obr. 10. Schématické znázornenie štruktúry muskovitu.

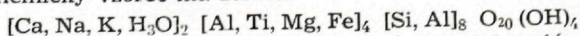
Hyromuskovit

Hydromuskovit po prvý raz popísal A. BRAMMALL, J. G. LEECH, F. A. BANNISTER v r. 1937 z Ogofau (Garmarthenshire) v Anglicku ako jemný, biely slúde podobný minerál, ktorý bol prítomný v podobe tenkých žíl v ílových bridliciach a vznikol ako nízкотемпературný minerál na hydrotermálnych žilách v paragenézii s pyritom, arzenopyritom, zlatonosným pyritom a kremeňom. Čo do obsahu draslíka a stupňa kryštalizácie, je zo skupiny minerálov, ktorých postavenie je medzi muskovitom a illitom.

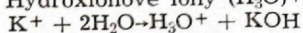
Podľa Brammalla a spolupracovníkov hydromuskovit od ideálneho muskovitu sa odlišuje:

- vyšším obsahom OH-skupín,
- nižším obsahom K a Al (v okt. koordinácii).

Zvýšený obsah vody pri nižšom obsahu draslíka vysvetľujú A. K. GANGULY (1951) a G. BROWN, K. NORRISH (1952) prítomnosťou H_3O^+ iónov v medzivrstevných priestoroch štruktúrnej mriežky základného trojvrstvia. Podľa toho štruktúrno-chemický vzorec má formu:



Hydroxiónové ióny (H_3O^+) izomorfne zastupujú alkálie podľa rovnice:



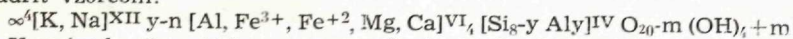
(H. Strunz 1957)

Vznik hydroxionových iónov možno znázorniť rovnicou disociácie molekúl vody ako:
 $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{H}_3\text{O}]^+ + [\text{OH}]^-$

Táto rovnica však platí len v kyslých alebo neutrálnych roztokoch. V alkalických roztokoch posunuje sa priebeh reakcie smerom doľava.

Vzhľadom na to, že hydrotermálne roztoky pri vzniku hydromuskovitu, ako je známe, majú alkalický charakter, nevznikajú preto hydroxoniové skupiny, ktoré, by vstupovali do mriežky hydromuskovitu.

Väčší počet OH^- iónov a menší počet alkalických iónov hydromuskovitu oproti muskovitu je možné vysvetliť tým, že v prípade izomorfie Si^{4+} iónov, iónami Al^{3+} , kompenzácia voľných záporných nábojov je možná preto, že časť $0-2$ iónov je nahradená OH^- iónami. Súčasne so znižovaním negatívnych nábojov znižuje sa počet alkalických iónov v medzivrstve základného trojvrstvia a počet OH^- iónov stúpa. Neprítomnosť H_2O molekúl v medzivrstevných priestoroch spôsobuje, že štruktúra nemá možnosť rozpínania v smere osi „c“, ako je to u montmorillonitu. Predpokladané zmeny v tetraedrickej vrstve spôsobujú zmeny v súdržných silách štruktúrnej mriežky minerálu, čím vznikajú oproti muskovitu rozdiely napr. v tvrdosti a rozmeroch kryštálov. Zmenšovaním rozmerov a nižšou tvrdosťou nadobúdajú minerály mastencový vzhľad so submikroskopickými rozmermi minerálov a pre íly typickú plasticitu. Štruktúrno-chemicky možno tieto zmeny oproti muskovitu vyjadriť vzorcom:



V prípade, že $\text{y} = 1$ a $\text{n} = \text{m} = 0$, je to štruktúrno-chemický vzorec muskovitu.

V tejto postupnej premene vyjadrenej horeuvedeným štruktúrno-chemickým vzorcom nachádzajú sa aj minerály illitovej skupiny.

Illit

Termín „illit“ (podľa štátu Illinois USA) zaviedol R. E. GRIM so spolupracovníkmi (v r. 1937) označenie slúde podobných minerálov. Mal nahradiť dovtedy používané označenie minerálov ako napr. K- obsahujúci ílový minerál, sericitu podobný minerál, glimerton, bravaisit a pod. V pozdejších rokoch R. E. Grim (1953) doporučuje tento termín používať pre ílové minerály slúde podobné ako dioktaedrické, tak trioktaedrické, ktorých kryštalová štruktúra je typu muskovitu a biotitu. Pripúšťa, že v budúcnosti podobné štúdiá ílových minerálov zo skupiny illitu ukážu, či bude účelné rozčleniť túto skupinu, prípadne uviesť pre jej charakteristiku iné podrozdelenia.

Naproti tomu v sovietskej literatúre častejšie sa stretávame s termínom „hydroslúda“ pre označenie slúde podobných minerálov a termín illit používa sa skôr pre hydromuskovitovú odrodu hydroslúd.

Vzhľadom na to, že existuje skupina minerálov, ktoré majú kryštalovú štruktúru typu muskovitu, od ktorej sa odlišujú len rôznym stupňom izomorfie iónov v tetraedrickej a oktaedrickej vrstve, ako aj obsahom alkalických iónov v medzivrstve základného trojvrstvia, dostávame röntgenogramy navzájom podobné. Táto podobnosť je vyjadrená rovnakými hodnotami v hlavných debyeových líniiach. Prípadná nedokonalosť v kryštalovej štruktúre spôsobuje vynechávanie najslabších línii, difúznosť línii, oproti debyeogramu muskovitu. Možno preto predpokladať plynulý rad minerálov s prechodom od muskovitu smerom k illitu a montmorillonitu. Tento rad je charakterizovaný znižovaním obsahu alkalických iónov a zvyšovaním obsahu H_2O s priliehavým označením ako hydroslúdy.

Tento plynulý rad minerálov je možné charakterizovať aj tým, že zmenšovaním rozmerov kryštálov, menia sa aj ich morfológické vlastnosti. Podľa týchto kritérií K. JASMUND (1955) doporučil označiť za hydroslúdy minerály so štruktúrou typu slúd, ktorých rozmery sú makro a mikrorozmerov, a za illity minerály s nedokonalou štruktúrou slúd, ktorých rozmery sa približujú rozmerom koloidov.

Sericit

Skrytokryštalická odroda muskovitu, ktorá vzniká premenou živcov – sericitizáciou –, má oproti muskovitu, podobne ako hydromuskovit, nižší obsah draslíka a vyšší obsah vody. Patrí taktiež do skupiny hydrosľúd a zdá sa, že je do určitej miery synonymom s hydromuskovitom, ktorý má nižší obsah draslíka a vyšší obsah vody.

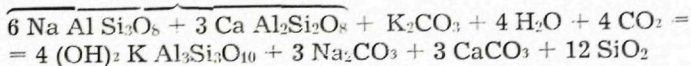
Vznik hydromuskovitu v okrajových častiach kremencov

Podľa W. Nolla (1936) hydromuskovit môže vznikáť v intervale teplôt 200 °C–525 °C. Preto hydromuskovit najpravdepodobnejšie vzniká ako výsledný produkt metasomatického pôsobenia hydrotermálnych roztokov na alumosilikáty andezitových hornín v okolí kremencov, za predpokladu relatívneho obohatenia komponentami Al a alkáliami, hlavne K, ktorý prinášali hydrotermálne roztoky.

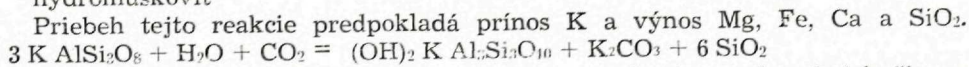
Štúdium fyzikálnych podmienok vzniku a stability minerálov; plagioklasov, sericit-muskovitu, kaolinitu, pyrofylitu a korundu v závislosti na teplote, koncentrácii draslíka, hliníka a charaktere prostredia (pH) sa zaoberal R. L. FOLK (1947). Podľa týchto prác sericit a teda aj hydromuskovit vzniká v neutrálnom prostredí pri teplote cca 200 °C. Pri nízkej koncentrácii draslíka alebo vysokej koncentrácii Al, teplota vzniku hydromuskovitu sa znižuje. V kyslom prostredí je hydromuskovit nestály a na miesto neho vzniká pyrofylit a kaolinit.

Chemické podmienky vzniku hydromuskovitu podľa A. N. ZAVARICKÉHO (1911) sú nasledovné:

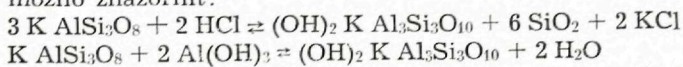
plagioklas andezínovej zložky



hydromuskovit



Podľa J. W. CRUNERA (1944) vznik hydromuskovitu z draselných živcov možno znázorniť:



Priebeh týchto reakcií predpokladá prítomnosť HCl, ktorej prítomnosť v hydrotermálnych roztokoch je možné predpokladať. Jeho výskumy ukázali, že hydromuskovit môže vznikáť ako v slabo kyslom, tak aj v neutrálnom a zásaditom prostredí.

Vzťah hydromuskovitu ku kremencom vyplýva z posledných výskumných prác a štúdiá genézie ložiska dinasových kremencov na vrchu Šobov pri Banskej Štiavnici S. Polákom (1963).

S. POLÁK (1963) uvádza, že v kremencoch brekciovitého vzhľadu vyskytujú sa povlaky agregátov pyrofylitu, ktoré sa vyskytujú aj v okolí hornín kremencov v tzv. šobovskej sérii. Z hľadiska genetického horniny šobovskej série považuje za horniny sedimentované syngeneticky s kremenami. Hydrotermálna, možno gejzírová činnosť sa odohrála v solfatárovom poli na suchej

zemi. Jej doznievanie súvisí s novou intenzívnou fázou vulkanickej činnosti, pri ktorej bolo celé ložisko kremencov pochované pyroklastickými horninami súčasne pyrofylitizovanými a sulfidizovanými. To, čo sa uvádza ako pyrofylit v kremencoch, je v skutočnosti hydromuskovit.

Za epitermálny vznik pokladá aj A. Brammall (1937) a spol. hydromuskovit z klasickej lokality na rudných žilách Ogofau pri Carmarthenshire v Anglicku, mezotermálny hydromuskovit z Nagyörzöny J. Erdélyi a spol. (1958).

Doteraz v Československu popísané hydromuskovity: z Roudného, F. Novák, F. Kupka (1960), B. Lukavic, J. Konta (1957), z Rožňavy, F. Novák (1962), vznikli v priebehu hydrotermálnych metamorfných procesov.

Záver

Na základe kryštalochemického, röntgenografického, termického, elektrónografického štúdia a ďalších bolo zistené, že biela ílovitá hmota, ktorá vystupuje v oblasti kremencov na Šobove pri Banskej Štiavnici, považovaná doteraz za pyrofylit, prípadne za agalmatolit, je hydromuskovit štruktúrneho typu 2 M — monoklinickej modifikácie priestorovej grupy C^2/c . Jeho vznik je spojený s metasomatickým účinkom hydrotermálnych roztokov na aluminosilikáty andezitových hornín.

Doručené 9. X. 1969

Lektoroval: Prof. Ing. L. Rozložník, CSC

Katedra geológie a mineralógie

Baníckej fakulty VŠT v Košiciach

Literatúra

- Bárta R. — Špičák K.: Příspěvek o výzkumu některých zemín ze Slovenska. Sborník prací z techn. silikátů, SNTL, Praha 1954.
- Brammall A. — Leech I. G. — Banister F. A.: The paragenesis of cookeite and hydromuskovite associated with gold at Ogofau, Carmarthenshire, Min. Mag. 24, 507—520, 1937.
- Brown G. — Norrish K.: Hydrous micas. Min. Mag. 29, 929—932, 1952.
- Erdélyi I. — Koblenz V. — Tolnay V.: Über Hydroparagonit ein neues Glimmer-Mineral sowie über seine Beziehungen zum Hydromuskovit, Natronillit und Brammallit, Acta Geologica Acad. Sc. Hung. 1958.
- Ganguly A. K.: Hydration of exchangeable cations in silicate minerals. Soil Sci 71, (239—244) 1951.
- Grim R. E.: Mineralogija glin, Moskva, Izdat. inostr. lit. (preklad z angl.) 1956.
- Grim R. E. — Bray, R. H. — Bradley W. F.: The mica in argillaceous sediments. Am. Min. 22, 1957.
- Grim R. E. — Rowland R. A.: Differential Thermal Analysis of Clay Minerals and Other Hydrous Materials, Part. 2 Am. Min. 27, 1942.
- Hintze C.: Handbuch der Mineralogie, Bd. 2, Leipzig, 1897.
- Konta J.: Jílové minerály Československa, ČSAV, Praha, 1957.
- Hutzelmann A.: Über den Dillnit und Agalmatolith, die Begleiter des Diaspors von Schemnitz. Poggend. Annal. Phys. u. Chem. 18, 575—578, 1849.
- Mackenzie R. C., ed.: The Differential Thermal Investigation of Clays, London, Miner. Soc. 1957.
- Michejev V. I.: Rentgenometričeskij opredelitel mineralov, Moskva, Gos. nauč. tech. Izd. 1957.

- Muñoz Taboa dela M., Aleixander Ferrandis V.: The mica minerals in „The Differential Thermal Investigations of Clays“, R. C. Mackenzie, ed. 1957.
- Noll, V.: Mineralbildung im System $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$. Neues Jahrb. Bd. 70. 1936.
- Novák F.: Studium hydromuskovitu z ložiska Mária u Rožňavy. Acta Univ. Carolinae, Geologica 1, 2. 1962.
- Polák S.: Ku genéze ložiska dinasových kremencov na vrchu Šobov pri Banskej Štiavnici, Geol. práce, Zprávy 29, Bratislava, 1963.
- Strunz H.: Mineralogische Tabellen, Leipzig 1957, (Preklad, Gos. naúč. tech. izd., Moskva 1962).
- Threadgold I. M.: A hydromuskovit with 2 M_2 structure, from Mount Lyell, Tasmania. Am. Min. 44. No. 5-6, 1959.

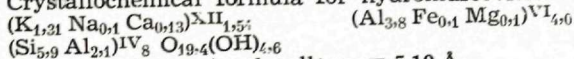
Hydromuscovite of Banská Štiavnica and Its Relation to Hydrothermal Alterations of Volcanic Rocks.

VENDELÍN RADZO

Résumé

The present work brings the results of mineralogical study on hydromuscovite from the area of quartzites from Šobov near Banská Štiavnica. Hydromuscovite occurs there in a form of white, clayey rock of talc-appearance, called pyrophyllite in older literature.

Crystallochemical formula for hydromuscovite:



The size of structural cell $a = 5.19 \text{ \AA}$

$b = 8.99 \text{ \AA}$, $c = 20.00 \text{ \AA}$ $\beta = 95^\circ$

DTA curve has endotherm reactions at 140°C , 240°C , 1080°C , and exoreaction at 1120°C .

Desintegration of structural cell takes place at 140°C , manite arises at 1200°C .

The rise of muscovite is connected with metasomatic effect of hydrothermal solutions upon aluminosilicates of andesite rocks.