

PIROKLASTYCZNE OSADY W WARSTWACH POREBSKICH (GRODZIECKICH)

KOPALNI MILOWICE

UKD 552.313:553.611:551.351(438.23-201 Sosnowiec — kop. Miłowice)

O osadach piroklastycznych, występujących w postaci bentonitów w polu górniczym kopalni „Miłowice”, dowiadujemy się z artykułu J. Ryszki (11). Autor ten wykazał, że bentonity tego obszaru zbudowane są głównie z montmorylonitu i illitu, z tym że w niektórych miejscach pokładu przeważa montmorylonit nad illitem, w innych bywa odwrotnie.

Należy podkreślić, że na występowanie łów typu montmorylonitowego w karbonie Zagłębia Górnośląskiego zwrócił już wcześniej uwagę doc. dr J. Szteklak (informacja ustna) przy dokumentowaniu otworów wiertniczych w 1957 r. Autor ten kilka lat później (w 1963 r.) opublikował w „Przeglądzie Geologicznym” artykuł o możliwości wykorzystania bentonitów, występujących w utworach karbonu produktywnego (12).

Mniej więcej w tym samym czasie ukazał się na temat tych skał artykuł A. Bolewskiego, Z. Michałka i Z. S. Stopy (2). W 1965 r. opublikowana została rozprawa habilitacyjna dr Z. Michałka o łtach montmorylonitowych z Radzionkowa na Górnym Śląsku (9). Występujące w polu górniczym kopalni „Miłowice” bentonity są obecnie przedmiotem szczególnych badań geologicznych i mineralogicznych, prowadzonych przez pracowników Głównego Instytutu Górnicztwa.

Celem naszego artykułu będzie przedstawienie charakterystyki petrograficznej skał leżących w stropie tzw. pokładu bentonitowego, które są charakterystyczne dla litologii tej części Zagłębia Górnego Śląska.

OPIS PROFILU GEOLOGICZNEGO SKAŁ WYSTĘPUJĄCYCH W STROPIE POKŁADU BENTONITOWEGO W KOPALNI MILOWICE

W bezpośrednim stropie pokładu bentonitowego układ skał jest następujący:

1) warstwa łupku węglowego grubości 15—18 cm, silnie zlustrowanego, z licznymi płaszczyznami posłizgowymi;

2) ławica piaskowca miałko lub średnioziarnisteo, miąższości 40 cm, barwy jasnoszarnej, przechodzącej w ciemnoszarą, bez wyraźnej laminacji, z licznymi przewarstwieniami substancji organicznej, przykryta w stropie 2 cm warstewką węgla;

3) ławica piaskowca bardzo drobnoziarnistego grubości 32 cm, barwy ciemnoszarej, przechodzącego w mułowiec tej samej barwy;

4) pokład węgla grubości ok. 20 cm z 6-centymetrowym przerostem ilastym;

5) ławica łowca barwy ciemnoszarej, miąższości 80 cm.

Badaniom laboratoryjnym poddano próbki 2, 3 oraz z próbki 4 — przerost ilasty. Próbka 2 — piaskowiec miałkoziarnisty — wykazuje barwę jasnoszarą, budowę drobnoziarnistą (wielkość ziarn kwarcu od 0,25 do 0,5 mm) i stosunkowo niewielką zwięzłość, bez wyraźnego uwarstwienia. Zauważyć dają się w niej sporadycznie grubsze ziarenka kwarcu (powyżej 1 mm) oraz srebrzystobiałe blaszki muskowitu. Skała ta badana w szlifie cienkim wykazuje budowę w zasadzie drobnoziarnistą, przy czym jednak zauważa się w ziarnach brak wysortowania, ponieważ obok ziarn wielkości 0,3 mm spotyka się dużą ich ilość o wymiarach nieco większych od 0,02 mm.

Wśród składników mineralnych wyróżniono przede wszystkim kwarc zarówno detrytyczny, jak i piroklastyczny, nieznaczne ilości skaleni potasowych — ortoklazu oraz pseudomorfozy kaolinitu po skałeniach. W znacznie mniejszych ilościach stwierdzono obecność lyszczyków, przede wszystkim muskowitu, następnie chlorytu i zachowanych jeszcze w stanie oznaczalnym amfiboli.

Na uwagę zasługuje spoiwo w tym piaskowcu, które stanowią ziarna bezbarwne lub zabarwione, szare lub żółtawe. Ziarna te przy nikolach skrzyżowanych są albo całkowicie izotropowe, albo tylko w minimalnym stopniu anizotropowe. Występujące spoiwo w tej skale przedstawia cechy optyczne właściwe dla szkliva wulkanicznego, w dużej mierze zdewitryfikowanego (odszkłonego). Ilościowy skład mineralny badanej skały przedstawia tab. I. Niezależnie od badań mikroskopowych wykonano analizę chemiczną omawianej skały. Wyniki badań chemicznych podano w tab. II.

Na podstawie badań mikroskopowych i chemicznych opisywaną skałę należy uważać za piaskowiec piroklastyczny lub z uwagi na bardzo dużą zawartość w nim szkliva — za tufit psamityczny. Zawartość zdewitryfikowanego szkliva jest w tej skale tak duża, że można było wydzielić je w cieczy ciężkiej i poddać badaniom chemicznym i rentgenograficznym. Skład chemiczny wydzielonego szkliva przedstawia tab. III, a wyniki badań rentgenograficznych zestawiono w tab. IV.

Zarówno z podanej analizy chemicznej, jak i analizy rentgenograficznej wynika, że produktem dewitryfikacji opisywanego szkliva jest kaolinit, muskowiit i montmorylonit. Prawdopodobna jest również obecność wśród produktów defitryfikacji — chlorytu (?) i wermikulitu (?) (tab. IV).

Próbka 3 — piaskowiec bardzo drobnoziarnisty (mułowiec). Skała ta pod względem wielkości ziarna (0,15–0,01 mm) odpowiada mialkoziarnistemu piaskowcowi lub mułowcowi. Pod względem zabarwienia występują w niej warstewki jaśniejsze i ciemniejsze, pochodzące od domieszek substancji węglowej. Badania mikroskopowe przeprowadzono oddzielnie dla partii jaśniejszych i ciemniejszych.

Ilościowy skład mineralny obu odmian oznaczony planimetrycznie zestawiono w tab. V. Z zestawienia tego wynika, że w jaśniejszych partiach badanej skały zachowała się jeszcze dość znaczna ilość szkliva wulkanicznego, które jednak w stosunku do poprzednio omówionego piaskowca piroklastycznego jest znacznie mniejsza. Szklivo w tej skale jest w znacznym stopniu przeobrażone w minerały ilaste. Zawartość kwarcu uległa w stosunku do piaskowca piroklastycznego nieznacznemu powiększeniu.

W mułowcu zawęglonym (ciemniejszym) jako charakterystyczny składnik występuje syderyt. Minerale ilaste stanowią w nim ponad 50% wszystkich składników; obniżyła się w nim bardzo wyraźnie zawartość kwarcu oraz skaleni; skład chemiczny tej odmiany przedstawia tab. VI.

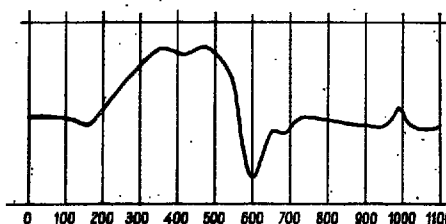
Próbka 4 — przerost ilasty w pokładzie węgla pod względem makroskopowym przypomina swą budową i barwą ilowiec krystaliczny, który można uważać za skałę przewodnią przy identyfikacji pokładów węglowych. Po różnego rodzaju stosowaniu nazw dla tych skał ostatecznie przyjęto dla nich nazwę węglowych tonsteinów (Kohleltonsteine — 10).

Obecność tej skały w węglu zwróciła uwagę ze względu na fakt, że stanowi ona przewodni poziom stratygraficzny. J. Kuhl (6) w artykule o surowcach mineralnych, towarzyszących złożom węgla podał, że w pokładzie 612 kopalni „Wieczorek” — szyb Wilson występuje przerost podobnego ilowca. Przyjmując, że poziomy węglowych tonsteinów są poziomami przewodnimi przy identyfikacji pokładów (7, 8) można było uważać, że pokład 610 w kopalni „Milowice”, w którym występuje omawiany ilowiec jest stratygraficznie identyczny z pokładem 612 w kopalni „Wieczorek”. Potrzebny był na to jednak dowód, który przeprowadziła dr K. Kruszewska z Głównego Instytutu Górniczego, opracowując zespoły mikroflorystyczne podkładu 610, występującego w kopalni „Milowice” oraz pokładów 612 i 610 z szybu Wilson w kopalni „Wieczorek”. Zespoły mikroflorystyczne z pokładu 612 szybu Wilson i pokładu 610 z kopalni „Milowice” okazały się identyczne, nato-

miał spektrum mikroflorystyczne pokładu 610 szybu Wilson było odmienne. Kopalnia „Wieczorek” powinna zatem przeprowadzić korektę w identyfikacji pokładów należących do grupy „600”.

Badania dr K. Kruszewskiej potwierdziły wyniki badań prof. S. Z. Stopy (2), że poziom bentonitowy w kopalni „Milowice” występuje poniżej pokładu 610. Taki sam stan rzeczy utrzymuje się w kopalni „Radzionków”, gdzie również jak wiadomo występuje poziom bentonitowy.

Badany pod mikroskopem tonstein węglowy z kopalni „Milowice” wykazuje, że zbudowany on jest w głównej masie z bardzo drobnoziarnistych, prawie izotropowych minerałów, w których tkwią większe osobniki mineralne. Wśród tych większych osobników wyróżniono przede wszystkim blaszki biotyty z zachowanym jeszcze pleochroizmem oraz biotyty zbauerytowanego. Często pozostają po biotycie tylko pseudomorfozy kaolinitu lub w małych ilościach illitu. Z innych minerałów wyróżnia się kwarc o ostrych krawędziach, często o pokrojach sztyłętowatych, zawierających wrostki ciał obcych (stałych lub gazowych). Spotkać go można również w pokrojach idiomorficznych, obok kwarcu dostrzega się również drobne kryształki dobrze zachowanego sanidynu i adularu. Skałę rozdrobniono przez zamrażanie i najdrobniejszą frakcję poniżej 30 μ poddano analizie rentgenograficznej (tab. VII). Skałę poddano również badaniom termiczno-różnicowym TAR (ryc. 1).



Termogram TAR tonsteinu węglowego z kopalni Milowice
TAR thermogram of coal tonstein in the mine Milowice.

Skład chemiczny tonsteinu węglowego z kopalni „Milowice” przedstawiono w tab. VIII. Przytoczono również dla porównania analizę tonsteinu węglowego z pokładu 612 w szybie Wilson, który okazał się pokładem 610. Z porównania tych dwóch analiz wynika, że w zawartościach Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO i Na_2O występuje w obu skałach bardzo duża zgodność. Jedyne w zawartościach SiO_2 i K_2O zaznaczają się w obu ilowcach większe różnice. Większa zawartość K_2O w ilowcu z kopalni „Milowice” znajduje swój wyraz z jednej strony w znacznej ilości biotyty, a z drugiej skaleni — sanidynu i adularu, wykazanych mikroskopowo, a potwierdzonych rentgenograficznie (tab. VII).

WYNIKI I WNIOSKI

W podsumowaniu naszych badań podajemy poniżej wyniki i wnioski:

1. Osady piroklastyczne, które występują w obszarze kopalni „Milowice” należałoby pod względem wielkości ziarn podzielić przynajmniej na 2 grupy, a mianowicie grupę pelityczną, czyli popiołów wulkanicznych, z której powstały bentonity oraz grupę psamityczną, którą opisaliśmy jako piaskowiec piroklastyczny względnie tufit psamityczny.

Pył lub popiół wulkaniczny pochodził z wybuchu podwodnego i w stosunkowo głębokiej wodzie uległ rozwarstwieniu i chemicznemu przeobrażeniu. Kierunek chemicznych przeobrażeń tych popiołów w warunkach głębokomorskich przebiegał prawdopodobnie poprzez illit do montmorylonitu, tak jak to przyjmują J. Hower i B. Velde (4). W rezultacie tych przemian powstał bentonit.

Tabela I

IŁOŚCIOWY SKŁAD MINERALNY PIASKOWCA PIROKLASTYCZNEGO, OZNACZONY PLANIMETRYCZNIE W % OBJ.

Składnik mineralny	Zawartość
kwarc	36,6% obj.
skalenie potasowe	7,9% "
minerały ilaste	7,0% "
muskowit	0,9% "
amfibole	2,0% "
chloryt	1,4% "
węglały	0,1% "
szkliwo	44,1% "
	100,0%

Tabela II

ANALIZA CHEMICZNA PIASKOWCA PIROKLASTYCZNEGO (ANAL. T. KAPUŚCIŃSKI)

Składniki chem.	% wagowy	Ekwiwalent molekularny
SiO ₂	74,70	12440
TiO ₂	0,54	68
Al ₂ O ₃	11,24	1104
Fe ₂ O ₃	3,13	193
FeO	0,52	72
MgO	1,19	297
CaO	0,70	130
MnO	śląd	—
Na ₂ O	0,18	28
K ₂ O	4,20	450
-H ₂ O	0,30	170
+H ₂ O	3,41	1895
Suma	100,11	16947

Tabela III

ANALIZA CHEMICZNA SZKLIWA WULKANICZNEGO, WYODREBNIONEGO Z PIASKOWCA PIROKLASTYCZNEGO (ANAL. T. KAPUŚCIŃSKI)

Składniki	% wagowe	ekwiwalent molekularny
SiO ₂	52,80	8700
TiO ₂	0,50	60
Al ₂ O ₃	26,40	2590
Fe ₂ O ₃	3,28	208
FeO	0,63	86
MgO	2,10	520
MnO	śl.	—
CaO	1,74	308
Na ₂ O	0,26	42
K ₂ O	4,00	420
-H ₂ O	0,60	—
+H ₂ O	7,50	4500
Suma	99,71	17524

Tabela IV

ANALIZA RENTGENÓGRAFIĘCZNA SZKLIWA WULKANICZNEGO WYODREBNIONEGO Z PIASKOWCA PIROKLASTYCZNEGO (ANAL. J. RYSZKA)

I	d _{hkl}	Identyfikacja
bbm	14,10	montmorylonit (wermikulit)?
dm	10,16	muskowit
bbm	7,19	kaolinit
bbs	6,41	montmorylonit
m	5,01	muskowit
bbs	4,74	wermikulit (?), chloryt (?)
dm	4,48	muskowit
m	4,37	kaolinit
dm	4,27	montmorylonit
m	4,19	kaolinit
bss	3,98	montmorylonit
bs	3,90	muskowit
bbm	3,59	kaolinit
s	3,49	kaolinit (chloryt ?)

Obj. bbm — bardzo-bardzo mocna, bm — bardzo mocna, m — mocna, dm — dość mocna, s — słaba, bs — bardzo słaba, bbs — bardzo-bardzo słaba.

Tabela V

IŁOŚCIOWY SKŁAD MINERALNY PIASKOWCA BARDZO DROBNOZIARNISTEGO (MULOWCA) OZNACZONY PLANIMETRYCZNIE W % OBJ.

Składniki mineralne	Mułowiec z partii jaśniejszych (bez węgla)	Mułowiec z partii ciemniejszych
kwarc	41,4	16,3
skalenie potasowe	6,0	2,3
muskowit	7,5	8,0
minerały ilaste	30,5	52,3
syderyt	—	10,7
szkliwo wulkaniczne	14,6	—
węgiel	—	10,4
	100,0	100,0

Tabela VI

ANALIZA CHEMICZNA MULOWCA POCHODZĄCEGO Z CIEMNIEJSZYCH PARTII PIASKOWCA BARDZO DROBNOZIARNISTEGO (ANAL. T. KAPUŚCIŃSKI)

Składniki	% wagowy	ekwiwalent molekularny
SiO ₂	54,40	9060
TiO ₂	śl.	—
Al ₂ O ₃	25,74	2524
Fe ₂ O ₃	1,26	76
MgO	0,76	186
CaO	1,58	286
Na ₂ O	1,00	160
K ₂ O	3,72	392
H ₂ O	6,35	3515
C	5,10	4250
Suma	99,91	20449

Tabela VII

ANALIZA RENTGENOGRAFICZNA TONSTEENU WĘGLOWEGO (ANAL. J. RYSZKA)

I	d _{hkl}	Identyfikacja mineralogiczna
m	10,0	illit
bbm	7,15	kaolinit
bs	4,18	kaolinit, sanidyn, adular
bbs	4,45	sanidyn, adular
s	4,86	illit
dm	5,86	kaolinit, illit
m	6,45	kaolinit, sanidyn, adular
dm	3,94	sanidyn, adular
m	3,77	kaolinit, sanidyn, adular, illit
bbm	3,57	kaolinit, adular
s	3,458	sanidyn
dm	3,35	kaolinit
dm	3,22	kaolinit, sanidyn, adular, illit
m	2,98	adular
s	2,907	sanidyn, illit
s	2,77	kaolinit, sanidyn, adular
bs	2,63	kaolinit
m	2,57	kaolinit, sanidyn, illit
dm	2,49	kaolinit, sanidyn
bs	2,39	kaolinit, sanidyn, adular
dm	2,34	kaolinit, sanidyn, adular
m	2,29	kaolinit
dm	2,18	kaolinit
m	1,99	kaolinit, sanidyn, illit
bs	1,90	kaolinit
m	1,84	kaolinit
bbs	1,79	kaolinit
m	1,67	kaolinit, illit
s	1,62	kaolinit

Obj. bbm — bardzo-bardzo mocna, bm — bardzo mocna, m — mocna, dm — dość mocna, s — słaba, bs — bardzo słaba, bbs — bardzo-bardzo słaba.

Występująca w stropie pokładu bentonitowego warstwa łupków węglowych świadczy o bardzo poważnym spięczeniu się zbiornika sedimentacyjnego (morza), a nawet podniesienia się jego dna do tego stopnia, że powstały warunki dla rozwinięcia się pewnej wegetacji roślinnej.

2. Po utworzeniu się łupków węglowych nastąpiło nieznaczne obniżenie dna basenu sedimentacyjnego. W tym okresie doszło do dopływu ponownego materiału piroklastycznego, jednak już w klasie psamitycznej. Warunki fizyko-chemiczne środowiska sedimentacyjnego tego materiału były już nieco odmienne. pH tego środowiska musiało ulegać ciągłym wahaniom od kwaśnego do zasadowego, przy których dochodziło do powstawania ze szkliwa wulkanicznego kaolinitu względnie montmorylonitu. Na podobne procesy przeobrażenia szkliwa wulkanicznego zwracają uwagę: M. E. Besoain, J. Garcia-Vicente (1), W. D. Keller (5), L. Chodyncka i T. Kapuściński (3).

3. W górnym poziomie ławy mułowców stwierdzono znaczną zawartość syderytu, co świadczy o ponownym wynurzeniu się dna i jednoczesnym dopływie CO₂, który mógł pochodzić albo z ekshalacji podmorskich wulkanów, albo z rozkładu substancji organicznej.

4. Tworzenie się pokładu węglowego, leżącego na syderytowych mułowcach wskazuje na dalsze wynurzenie się dna zbiornika sedimentacyjnego. W okresie sedimentacji pokładu doszło do ponownego dopływu piroklastycznego materiału, który sedymen-

Tabela VIII

ANALIZY CHEMICZNE TONSTEENU WĘGLOWEGO Z POKŁADU 610 W KOPALNI MIŁOWICE I TONSTEENU WĘGLOWEGO Z POKŁADU 612 KOPALNI WIECZOREK

Składniki chemiczne	Tonstein z pokładu 610 kopalni Miłowice anal. T. Kapuściński		Tonstein z pokładu 612 kopalni Wieczorek anal. W. Ścigaj	
	% wag.	ekwiwalent molekularny	% wag.	ekwiwalent molekularny
SiO ₂	49,70	8280	46,38	7726
TiO ₂	0,20	30	0,28	38
Al ₂ O ₃	30,02	2942	30,81	2950
P ₂ O ₅	n.o.	—	0,12	12
Fe ₂ O ₃	2,09	129	2,21	141
FeO	0,40	60	1,08	236
MnO	—	—	—	—
MgO	0,80	200	1,60	400
CaO	1,51	272	1,40	250
Na ₂ O	0,84	138	0,58	93
K ₂ O	4,00	420	1,78	190
H ₂ O ⁻	0,21	114	0,93	520
H ₂ O ⁺	10,25	5690	11,09	6100
CO ₂	śl.	—	0,36	82
C	0,19	158	0,80	665
Suma	100,21	18433	100,29	19403

tował w zupełnie innym od poprzedniego środowisku fizyko-chemicznym, a mianowicie w środowisku kwaśnym-humidycznym, w klimacie tropikalnym. W takim środowisku materiał piroklastyczny, głównie w postaci szkliwa, ulegał szybko rozkładowi przechodząc w tych warunkach nie w illit względnie montmorylonit, ale głównie w kaolinit. Powstała z niego zwężła warstwa tonsteinu węglowego, różniąca się fizycznie i chemicznie od innych ilastych skał karbońskich. Trudniej rozpuszczalny sanidyn zachował się w pierwotnym stanie, natomiast adular powstał na drodze wtórnej krystalizacji z roztworów bogatych w potas, pochodzących z rozkładu biotyty.

Będzie interesujące w przyszłości wykazać, czy cykl sedimentacyjny, towarzyszący złożu bentonitów w innych rejonach poza obszarem Miłowic, jak: w Czeladzi, Sosnowcu i Radzionkowie, przebiegał podobnie, czy w warunkach odmiennych oraz czy poziom opisanych w niniejszym artykule piroklastycznych piaskowców ogranicza się tylko do obszaru pola górniczego kopalni „Miłowice”, czy sięga on dalej, jak by to należało przypuszczać.

LITERATURA

1. Besoain M. E., Garcia-Vicente S. — Clay mineralogy of some volcanic ash soils of Chile. N. J. f. Min. Bd. 90, 1962, H. 3. Stuttgart.
2. Bolewski A., Michałek Z., Stopa Z. S. — Utwory montmorylonitowe warstw porębskich w niecce bytomskiej. Prz. geol. 1963, nr 7.
3. Chodyncka L., Kapuściński T. — O montmorylonizacji tułów bazaltowych z rejonu miedzionosnej niecki północnosudeckiej. Zesz. nauk. Pol. Śl. Górnictwo 30, 1968.
4. Hower J., Velde B. — Petrological significance of illite polymorphism in paleozoic sedimentary rocks. The Amer. Min. V. 48. November—December, 1963.
5. Keller W. D. — Hydrothermal kaolinization (endellization) of volcanic glassrock. Clays Clay Minerals, 1961, t. 10.

6. Kuhl J. — Surówce mineralne, towarzyszące złożom węgla i ich wykorzystanie. *Prz. geol.* 1957, nr 6.
7. Kuhl J. — Kristalltonsteine, die in Kohlenflözen als vulkanische Elemente zu betrachten sind, als leitführende Horizonte bei der Parallelstellung der Flöze im oberschlesischen Kohlenbecken. *Freiber. Forsch.* 1960, C., H. 80.
8. Kuhl J., Kruszewska K. — Łupki ogniotrwałe (ilowce krystaliczne) z warstw łaziskich w Śląsko-Krakowskim Zagłębiu Węglowym jako horyzonty przewodnie przy paralelizacji pokładów węgla. *Acta geol. pol.* 1965, vol. XV, nr 1.
9. Michałek Z. — Iły montmorylonitowe z Radzionkowa na Górnym Śląsku. *Zesz. nauk. AGH, rozpr.* 39, 1965.
10. Rösler H. J., Pälchen W. — Die Kohlen-tonsteine aus den Steinkohlenbecken von Zwickau-Oelsnitz, Freital-Döhlen (bei Dresden) und Döberlug. *Freib. Forsch.* 1967, C. 211.
11. Ryszka J. — Krystalochemiczne i fizyczne właściwości montmorylonitów poziomu bentonitowego w karbonie produktywnym Zagłębia Górnośląskiego. *Prz. geol.* 1967, nr 10.
12. Sztelak J. — Możliwości wykorzystania bentonitów, występujących w utworach produktywnego karbonu. *G. Z. W. Ibidem* 1963, nr 5.

SUMMARY

The article shows that in the Miłowice mine the bentonite seam built up of volcanic ashes is covered with psammitic tuffites (pyroclastic sandstones) and crystalline claystones (coal tonstein). The bentonites consisting of illite and montmorillonite, the predominance of which changes along the strike, are thought by the present authors to be a product of sedimentation in a deeper water basin, where pH must have been high value. The psammitic tuffites were sedimented in a more acid environment, thus the volcanic glass altered mainly into kaolinite, partly also into montmorillonite and muscovite. On the other hand, the coal tonstein bed that occurs in the seam 610 has been formed under acid-humid conditions, as proved by the predominance of kaolinite.

РЕЗЮМЕ

В статье доказывается, что в шахте Миловице на бентонитовом пласте, образовавшемся из вулканического пепла, залегают псаммитовые туффиты (пирокластические песчаники) и кристаллический аргиллит (угольный тонштейн). Бентониты, сложенные иллитом и монтмориллонитом с преобладающим количеством то одного, то другого компонента по простиранию, рассматриваются авторами как глубоко водный осадок, образованный в условиях высокого pH. Псаммитовые туффиты накопились в более кислой среде и поэтому вулканическое стекло в этих осадках преобразовано в каолинит и в меньшей степени в монтмориллонит и мусковит. Слой угольного тонштейна образовался в кислой — гумидной среде, что выражено преобладанием каолинита.