

Wacław SIKORA

## Bentonity i łołupki bentonityczne w polskich Karpatach

### WSTĘP

Szybki rozwój przemysłu chemicznego, odlewniczego i innych działów przemysłu, w których znajdują zastosowanie różne odmiany bentonitów, sprawia, że zapotrzebowanie na te surowce wzrasta i w dalszym ciągu będzie wzrastało. Dlatego też od kilku lat na obszarze Karpat fli-szowych prowadzone są przez Instytut Geologiczny prace poszukiwawcze surowców bentonitowych. Od roku poszukiwania bentonitów i skał pokrewnych są również prowadzone na obszarze miocenijskiego przedkarpackiego rowu przedgórskiego. Niniejszy artykuł dotyczy wyłącznie obszaru Karpat.

Bentonity mają bardzo różnorodne zastosowanie. W chwili obecnej znamy już ponad 50 zastosowań bentonitów, a ilość ich stale wzrasta, gdyż rokrocznie na świecie przybývają nowe patenty dotyczące zastosowania tego surowca. Poniżej podaję kilka ważniejszych zastosowań bentonitów:

- w chemii stosowane są między innymi w przemyśle naftowym i spożywczym, głównie jako materiał odbarwiający;
- w przemyśle wiertniczym wyrabia się z nich płuczki wiertnicze najwyższej jakości;
- w przemyśle odlewniczym służą do sporządzania syntetycznych mas formierskich;
- w budownictwie lądowo-wodnym szeroko stosowane między innymi jako materiał do zasłon przeciwfiltracyjnych;
- w przemyśle tekstylnym;
- w przemyśle farmaceutycznym i kosmetyce, głównie jako napełniacze oraz jako składniki lekarstw przeciwko chorobom skóry;
- w produkcji papieru, mydła, gumy i farb.

Wyróżnia się dwa główne typy bentonitów, a mianowicie: bentonity składające się z montmorillonitu sodowego, czyli tzw. bentonity właściwe oraz bentonity złożone z montmorillonitu wapniowego, znane pod nazwą ziemi fulerskiej. W Karpatach polskich występują głównie bentonity składające się z montmorillonitu wapniowego. Montmorillonity so-

dowe natomiast stwierdzone zostały tylko w jednym miejscu, a to w Zagórzu koło Sanoka (I. Gucwa, L. Koszarski, 1960).

W Karpatach polskich wyróżniono ponadto iłołupki bentoniczne. Jest to skała illitowa ze zmienną domieszką montmorillonitu (10÷30%). Ziemia fulerska może mieć wielorakie zastosowanie, przede wszystkim w produkcji ziem odbarwiających, iłołupki natomiast mają zastosowanie bardziej ograniczone. W większości przypadków mogą one służyć jako średniej jakości surowiec do produkcji syntetycznych mas formierskich oraz jako niskiej albo średniej jakości surowiec do sporządzania płuczek wiertniczych.

Odkryte ostatnio złoża skał montmorillonitowych na Górnym Śląsku (A. Bolewski, Z. Michałek, S. Z. Stopa, 1963) zaspokoją w dużej mierze, choć może nie całkowicie zapotrzebowanie na ten surowiec przemysłu odlewniczego. Zastosowanie bentonitów górnośląskich w przemyśle chemicznym jest dopiero na etapie badań laboratoryjnych. Dlatego też odkrycie złóż bentonitów mogących znaleźć zastosowanie w przemyśle chemicznym (głównie do produkcji ziem odbarwiających) jest w Polsce sprawą bardzo ważną.

Temu celowi, jak również zwiększeniu bazy surowcowej dla przemysłu wiertniczego i odlewniczego służą w głównej mierze prace poszukiwawcze tych surowców w Karpatach.

## ZARYS HISTORII BADAŃ

Badania prowadzone w ostatnich latach przez pracowników Instytutu Geologicznego wykazały obecność utworów piroklastycznych (między innymi i bentonitów) prawie we wszystkich ogniwach fliszu karpackiego.

Pierwsze utwory piroklastyczne w polskich Karpatach zostały stwierdzone w warstwach krośnieńskich (M. Książkiewicz, T. Wieser, 1954; A. Tokarski, J. Tokarski, 1954). Pierwsze wkładki bentonitów znaleźli T. Wieser i J. Żgiet (badanie nie publikowane z 1957 r.). Od tego czasu w dalszym ciągu powiększa się ilość nowych znalezisk utworów pochodzenia piroklastycznego.

Utwory pochodzenia piroklastycznego występują w obrębie fliszu karpackiego w postaci sedymentacyjnych wkładek, których miąższość zazwyczaj waha się od kilku do kilkudziesięciu centymetrów; spotyka się również ławice do kilku metrów. Najgrubsza ławica tufów, około 8 m miąższości, stwierdzona została w warstwach krośnieńskich jednostki skolskiej (J. Żgiet, 1963), najgrubsza ławica bentonitów (1,8 m miąższości) w warstwach belowskich jednostki magurskiej w okolicy Polan (W. Sikora, T. Wieser, 1961).

Badania T. Wiesera, głównie nie publikowane, wykazały, że olbrzymią większość utworów piroklastycznych w Karpatach stanowią produkty subaeralnych wybuchów wulkanicznych. Popioły i pyły wulkaniczne albo bezpośrednio osiadały na dnie morza, albo dostawały się na swoje obecne miejsce w wyniku redepozycji z wyżej położonych miejsc dna morskiego.

We fliszu karpackim, w miarę posuwania się ku górze profilu stra-

tygraficznego, zaznacza się wyraźnie tendencja do wzrostu ilości i miąższości wkładek pochodzenia piroklastycznego. W wyjątkowo dużej ilości są one rozwinięte w warstwach krośnieńskich jednostki skibowej (skolskiej).

Przy opróbowaniu złoża ziemi fulerskiej w Polanach okazało się, że łupki przegradzające ławice ziemi fulerskiej zawierają montmorillonit, a badania technologiczne wykazały, że mogą one być użyte jako surowiec przy sporządzaniu syntetycznych mas formierskich. W późniejszych badaniach stwierdzono, że tego typu łupków w Karpatach jest więcej, nazywa się je łołupkami bentonicznymi lub bentonitowymi; w niniejszym artykule używam określenia: bentonityczne.

### SPOSÓB GEOLOGICZNEGO WYSTĘPOWANIA

Bentonity i łołupki bentonityczne występują we wszystkich wielkich jednostkach Karpat zewnętrznych (fliszowych), w Karpatach wewnętrznych — w paleogeńskim fliszu podhalańskim.

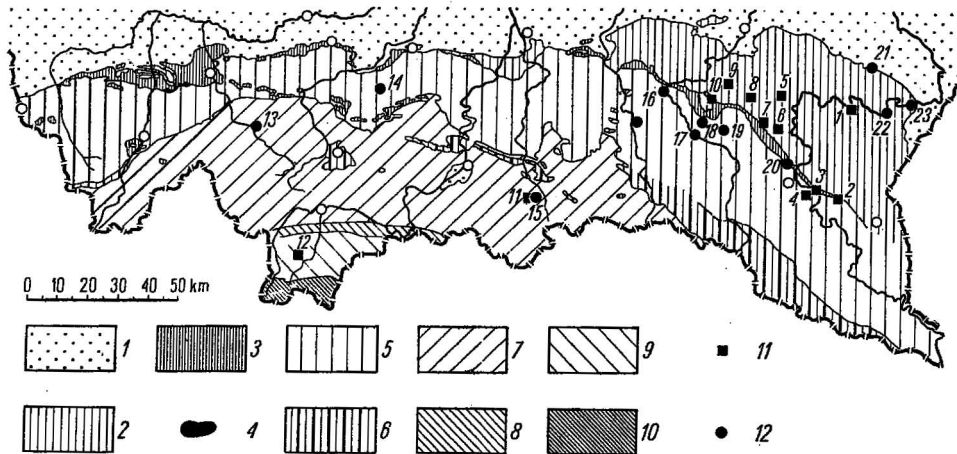


Fig. 1. Mapa rozmieszczenia wystąpień ziemi fulerskiej i łołupków bentonitycznych w polskich Karpatach fliszowych (wykonana na podstawie szkicu tektonicznego polskich Karpat z Atlasu Geologicznego Polski, z. 13)

Map of occurrence of bentonites and bentonite clay shales in the Polish Flysch Carpathians (the map has been made on the basis tectonical sketch of the Polish Carpathians published in the Geological Atlas of Poland, fasc. 13)

1 — miocen i inne utwory przedmurza; 2 — płaszczowina skolska; 3 — płaszczowina podśląska, flisz zewnętrzny; 4 — skałki andrychowskie; 5 — płaszczowina śląska; 6 — fałdy dukielskie, jednostki okien podmagurskich, łuska przedmagurska; 7 — płaszczowina magurska; 8 — Pieniński Pas Skałkowy; 9 — flisz podhalański; 10 — jednostki tatrzańskie; 11 — ziemia fulerska i bentonity; 12 — łołupki bentonityczne; numerami oznaczone są miejscowości: 1 — Brzuska, 2 — Rudenka, 3 — Monasterzec, 4 — Zagórz, 5 — Lubno, 6 — Izdebnki, 7 — Przysietnica, 8 — Barycz, 9 — Niebylec, 10 — Zyznów, 11 — Polany, 12 — Gawronówka, 13 — Zarnówka, 14 — Brzezowa, 15 — Polany, 16 — Kobyła, 17 — Krosno, 18 — Korczyzna, 19 — Kombarnia, 20 — Międzybrodzie, 21 — Chorzów, 22 — Nahurczany, 23 — Pikulice

1 — Miocene and other piedmont formations; 2 — Skole overthrust nappe; 3 — Sub-Silesian overthrust nappe, external flysch; 4 — Andrychów outlier; 5 — Silesian overthrust nappe; 6 — Dukla folds, units of Sub-Magura windows, Fore-Magura slice; 7 — Magura overthrust nappe; 8 — Pieniny klippen belt; 9 — Podhale flysch; 10 — Tatra units; 11 — Fuller's earth and bentonites; 12 — bentonite shales; the localities are numbered (1—23) as follows

W Karpatach zewnętrznych bentonity, które mogą budzić zainteresowanie przemysłowe, zostały stwierdzone w jednostce magurskiej, śląskiej, skolskiej i podśląskiej (w tej ostatniej stwierdził je L. Koszarski, badania nie publikowane). Nie znaleziono ich dotychczas w strefie przedmagurskiej. Iłolupki bentonityczne występują również we wszystkich jednostkach tektonicznych z wyjątkiem strefy przedmagurskiej.

W Karpatach wewnętrznych (flisz podhalański) bentonity występują wśród serii łupkowo-piaskowcowej warstw chochołowskich. W rejonie ich występowania warstwy mają nieduży upad —  $4\div 10^\circ$ .

W Karpatach zewnętrznych poznano dotychczas bentonity i iłolupki bentonityczne wśród różnych ogniw serii fliszowej, przy czym w strefach ich występowania w większości przypadków ustawienie ławic jest strome  $40\div 90^\circ$ .

### KRÓTKI OPIS WYSTĄPIEŃ BENTONITÓW I IŁOŁUPKÓW BENTONITYCZNYCH W KARPATACH FLISZOWYCH

#### POLANY

Największe jak dotychczas nagromadzenie ziemi fulerskiej i iłolupków bentonitycznych zostało stwierdzone w Polanach koło Grybowa — w jednostce magurskiej (W. Sikora, T. Wieser, 1959, 1961). Złoże to zostało udokumentowane przez Karpacką Stację I.G. w 1963 r., przy czym czysta ziemia fulerska stanowi tu około 7% masy złoża. Złoże to może służyć jako przykład występowania bentonitów wśród sfałdowanych mas fliszu karpackiego, dlatego występowanie to zostanie opisane szerzej od innych.

#### BUDOWA ZŁOŻA W POLANACH

Przez obszar położony na prawym brzegu potoku Florynka we wsi Polany przebiega wąska, drugorzędna antyklina o kierunku NW—SE. Jądro jej jest zbudowane z pstrych łupków, skrzydła zaś z warstw magurskich (górną eocen), które są tutaj wykształcone w postaci drobno-rytmicznego fliszu z wkładkami gruboławicowych piaskowców i zlepieńców (fig. 2 i 3). W strefie, w której występuje złoże, siodło ma budowę asymetryczną. Skrzydło północne zapada ku północy pod zmiennym kątem ( $20\div 70^\circ$ ) i jest nie przełałdowane, skrzydło południowe zaś jest drugorzędnie przełałdowane i zapada ku S pod stromo zapadającym kątem; stoi pionowo lub jest wstecznie obalone. Zasięg złoża, poprzeczny do rozciągłości warstw, jest ograniczony spagiem warstw magurskich, a wzdłuż rozciągłości warstw dwoma poprzecznymi uskokami. Od NW złoże kontaktuje z warstwami magurskimi (fig. 3), od SE zaś z pstryimi łupkami (czerwone i zielone), które zawierają tylko bardzo cienkie i bardzo nieliczne wkładki ziemi fulerskiej. Jak już wspominałem, jądro siodła Polan zbudowane jest z pstrych łupków. Cechą charakterystyczną tego ogniwa w siodle Polan jest brak wkładek piaskowców; tylko w jednym miejscu została stwierdzona jedna ławica drobnoziarnistego, skrzemionkowanego piaskowca 1,5 cm grubości. Ogniwo pstrych łupków składa się z łupków i mułowców łupkowych z wkładkami zbentonityzowanych tufów i bentonitów. Część tych utworów (w południowym skrzydle



60 m, a w północnym 20 m miąższości) ma charakter surowca, który może być użyty jako materiał wiążący przy produkcji mas formierskich.

Łupki i mułowce barwy zielonooliwkowej i ciemnopopielatej, oraz pstre łupki (czerwone łupki z wkładkami zielonych łupków bentonitycznych) zostały objęte wspólną nazwą łożypków bentonitycznych.

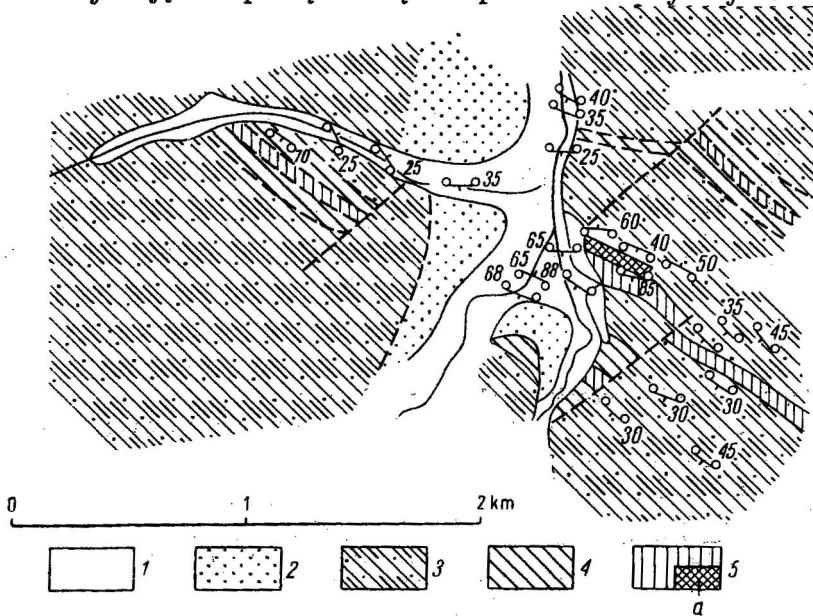


Fig. 2. Mapa geologiczna okolic Polan.

Geological map of the Polany vicinity

1 — aluwia; 2 — gliny; 3 — warstwy magurskie; 4 — warstwy beloweskie; 5 — pstre łupki (a — ziemia fulerska)

1 — alluvium; 2 — loams; 3 — Magura beds; 4 — Beloweskie beds; 5 — variegated shales (a — Fuller's earth)

**Łożypki bentonityczne.** Skąły ilaste czerwonego koloru występują w ściśle określonej pozycji stratygraficznej — w stropowej części ogniwa pstrych łupków, blisko kontaktu z warstwami magurskimi, przy czym leżą one stratygraficznie niżej w skrzydle południowym niż w północnym. Zasięg czerwonych wkładek ku dołowi jest zmienny również wzdłuż rozciągłości.

W północnym skrzydle siodła Polan w obrębie złoża, poniżej zwartej masy pstrych łupków (zielonych i czerwonych), wkładki czerwonych łupków nie występują. Jedynie w paru miejscach zostały stwierdzone tutaj cienkie, nieregularne soczewki łożypków rdzawobrazowych.

Wśród pozostałych skał ilastych można wyróżnić dwa zasadnicze typy: ciemnopopielate (na mokro), grubołożypki łowce łupkowe (pseudobentony) oraz ciemno- i jasnozielone łożypki i mułowce łupkowe.

**Tufy i tufity.** Wśród nich można wyróżnić dwie odmiany: 1) tufy i tufity silnie zbentonizowane i 2) tufy i tufity słabo zbentonizowane, lub nie zbentonizowane w ogóle. Tufy zbentonizowane w stanie wysuszonym chciwie chłoną wodę i podobnie jak bentonyty

pecznieją powiększając przy tym kilkakrotnie swoją objętość. Skała jest miękka i łatwo daje się kruszyć w palcach. Utwory te są barwy szarej i jasnopopielatej z żółtymi i rdzawymi nalotami w strefie aeracji. W spągowych partiach ławic występuje nagromadzenie dużych blaszek biotyту i ziarn skaleni.

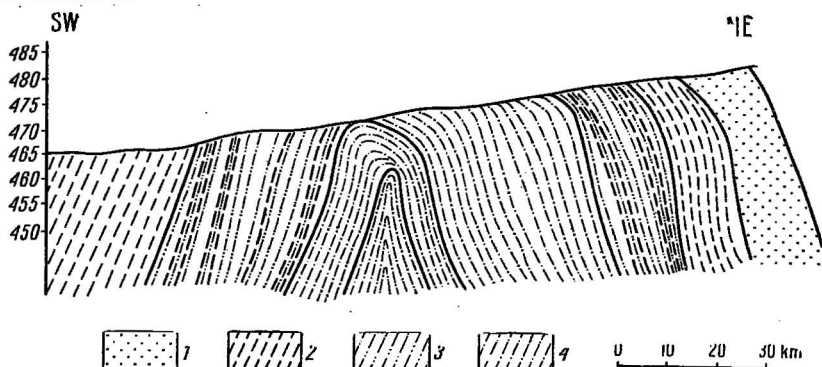


Fig. 3. Przekrój geologiczny złoża w Polanach  
Geological cross section of the deposition in the Polany

1 — warstwy magurskie; 2 — pstre łupki; 3 — zielone łożupki bentonityczne; 4 — zielone i ciemnopopielate łożupki bentonityczne z wkładkami bentonitów i silnie zbentonizowanych tufów i tufitów oraz wkładkami tufów nie zbentonizowanych

1 — Magura beds; 2 — variegated shales; 3 — green bentonite clay shales; 4 — green and dark-ashen bentonite clay shales with intercalations of bentonites, strongly bentonitized tuffs and tuffites, as well as non-bentonitized tuffs

Odmiana nie zbentonizowana nie chłonie wody, jest twarda, tak że do rozkruszenia skały trzeba użyć młotka. Przeważają barwy szare i popielate.

Ziemia fulerska. Skały posiadające podobne własności fizyczne co zbentonizowane tufy, barwę białą lub kremową i określane w profilach jako ziemia fulerska.

Stosunek ilościowy poszczególnych składników w złożu. Tło złoża i jego główną masę stanowią zielonooliwkowe łożupki bentonityczne. Na drugim miejscu pod względem ilości należy wymienić łożupki czerwone, zbentonizowane tufy i tufity, oraz ziemię fulerską mającą najmniejszy udział w złożu (około 7%). Jak już wspomniano, czerwone łożupki grupują się w skrzydłach antykliny, pozostałe składniki natomiast w jej jądrze.

Najgrubsza ławica silnie zbentonizowanego tufu ma miąższość 70 cm, najgrubsza ławica ziemi fulerskiej w obrębie złoża ma miąższość również 70 cm. Najgrubsza ławica bentonitu w polskich Karpatach fliszowych została stwierdzona również w Polanach, jednakże już poza obrębem złoża, w jednym izolowanym punkcie w korycie rzeki Florynka. Występuje ona w warstwach belowskich wieku środkowoeoceńskiego i ma miąższość 1,8 m (W. Sikora, T. Wieser, 1961). W jednym z profilów, który dał najpełniejszy poprzeczny przekrój przez złożo w Polanach, stwierdzono 6 ławic silnie zbentonizowanych tufów i tufitów oraz ziemi fulerskiej powyżej 15 cm grubości, o sumarycznej miąższości 2,2 m.

Istnieją trudności paralelizacji tych ławic w poszczególnych przekrojach złoża. Jest to wynikiem między innymi faktu, że ławice ziemi fulerskiej przechodzą po rozciągłości w silnie zbentonizowane tufy zmieniając przy tym swoją miąższość.

**Miąższość nadkładu.** Miąższość nadkładu jest zmienna i waha się 0,2÷4,2 m. Można przyjąć, że średnia miąższość nadkładu, na który składają się gliny zwietrzelinowe z rumoszem piaskowców magurskich i leżące pod nimi silnie zwietrzałe łożupki bentonityczne, wynosi średnio 2÷3 m. Dużą miąższość nadkładu w najbardziej zachodniej części złoża należy wiązać z dużym uskokiem obcinającym złożę od zachodu (fig. 2).

**Geneza złoża.** Ziemia fulerska i zbentonizowane tufy z Polan są niewątpliwie pochodzenia piroklastycznego, jednakże nie wszystkie momenty tej genezy były jasne. W szczególności należało wyświecić: czy ziemia fulerska z Polan powstała w wyniku erupcji subaerycznej, czy też podmorskiej (1), co było źródłem montmorillonitu w łożupkach bentonitycznych (2), jak wytłumaczyć obecność kompleksu łożupków i mułowców łupkowych 60-metrowej miąższości, pozbawionych wkładek piaskowców (3).

Pierwsze zagadnienie rozstrzygnęły badania T. Wiesera (nie publikowane), który wykluczył możliwość erupcji podmorskiej. Można przyjąć za pewnik, że montmorillonit występujący w łożupkach bentonitycznych jest również pochodzenia piroklastycznego. Świadczy o tym między innymi obecność w łożupkach bentonitycznych piroklastycznych ziarn biotyty i skalenia (określenie T. Wiesera). Trudno jednak przypuszczać, aby w czasie osadzania się utworów, z których powstał 60 m miąższości pakiet łożupków, do osadów ilastych dostawały się permanentnie pyły wulkaniczne, unoszące się w powietrzu lub w wodzie, jako pozostałość po wybuchach wulkanicznych, z których rozkładu powstałby montmorillonit występujący w łożupkach skał ilastych. Ponadto obecność 60 m serii pstrych łupków bez wkładek piaskowców jest zupełnie wyjątkowa w tej części Karpat.

Wszystkie te dane wskazują, że 60-metrowa seria ilasta nie powstała na drodze wolnej sedymentacji typu „*grain-by-grain*”, ale że została ona wtórnie wzbogacona zarówno w składniki illitowe, jak i montmorillonitowe. To wtórne nagromadzenie nastąpiło w wyniku przemieszczenia się z dna morskiego obszarów geantyklinalnych, zarówno popiołów wulkanicznych, jak i zielonych i czerwonych iłó w i mułow. Wydaje się, że główną rolę transportującą należy przypisać prądom zawieszinowym i ewentualnie podmorskim ruchom masowym. Świadczy o tym obecność porwaków łupkowych w ławicach zbentonizowanych tufów. W czasie takiego transportu dochodziło do mieszania się popiołów i pyłów wulkanicznych z ılem i mułem, co w konsekwencji uwarunkowało powstawanie łożupków bentonitycznych, oraz niektórych ławic tufów i ziemi fulerskiej. Niezależnie od tego procesu część ziemi fulerskiej i tufów bentonitycznych w Polanach mogła jednak powstać na drodze dostania się do sedymentującego „*grain-by-grain*” ılu, pyłów wulkanicznych, najlżejszych frakcji chmur erupcyjnych, które bardzo długo mogły się utrzymywać w powietrzu i w wodzie.

## INNE WYSTĄPIENIA BENTONITÓW

Drugim interesującym obszarem, jeśli idzie o ziemie fulerskie, są okolice Nowego Targu (A. Michalik, T. Wieser, 1959; B. Halicki, 1961). Między rzeką Biały Dunajec a potokiem Ciche, wśród warstw chochołowskich (górną eocen) znaleziono kilkanaście wkładek silnie zbentonitowanych tufów i ziemi fulerskiej. Dwie cienkie wkładki zostały stwierdzone ostatnio również w przekroju Czarnego Dunajca w Kojśówe (W. Sikora badania nie publikowane), co świadczy o tym, że ten typ skał ma szersze rozprzestrzenienie w obrębie warstw chochołowskich. Zazwyczaj wkładki te są bardzo cienkie — od 1 do kilku centymetrów. Tylko w jednym miejscu zostały stwierdzone wkładki o grubości ponad 15 cm. Dwie wkładki są położone blisko siebie (w odległości kilku metrów), a inne są rozrzucone w różnych częściach profilu. Korzystną okolicznością wystąpień ziemi fulerskiej we fliszu podhalańskim jest płaskie ułożenie warstw. Niesprzyjającą okolicznością natomiast jest rozmieszczenie ich albo wśród piaskowców, albo wśród wapnistych łupków (wapnistość wyklucza możliwość użycia łupku jako gorszego gatunku surowca do produkcji syntetycznych mas formierskich).

Trzecim wreszcie obszarem w Karpatach, gdzie grubsze wkładki ziemi fulerskiej mają większe rozprzestrzenienie, jest seria menilitowo-krośnieńska w jednostce skolskiej (W. Sikora, T. Wieser i in., 1959; J. Żgiet, 1961a oraz S. Gucik, L. Koszarski, J. Kotlarczyk, badania nie publikowane). W łupkach menilitowych stwierdzono liczne kilkucentymetrowe wkładki ziemi fulerskiej; w jednym tylko miejscu warstewka ziemi fulerskiej miała 15 cm miąższości (J. Żgiet, badania nie publikowane). W leżących wyżej warstwach krośnieńskich znaleziono liczne stanowiska tufów, wśród których wyróżniono VII poziomów. Dwa wśród nich — IV i V — występują na dużym obszarze. Niektóre odcinki tych poziomów są mniej lub bardziej zbentonitowane, a miejscami przechodzą w czystą ziemię fulerską. Stwierdzono to między innymi w miejscowości Niebylec koło Rzeszowa (J. Żgiet, 1961b; W. Nowak, badania nie publikowane) i Żyznow koło Domaradza (L. Koszarski, J. Żgiet, badania nie publikowane). W obu przypadkach miąższość ławicy ziemi fulerskiej jest stosunkowo duża — w Niebylcu 70 cm, w Żyznowie koło 150 cm.

Poza jednostką skolską grubsza wkładka bentonitu, który reprezentuje tutaj bentonit właściwy (sodowy), została stwierdzona tylko w jednym miejscu — w Zagórzu koło Sanoka (J. Gucwa, K. Koszarski, 1960). Występuje ona wśród gruboławicowych piaskowców krośnieńskich, które mają prawie pionowy upad. Miąższość jej wynosi 40 cm. Podobnie jak w Zagórzu niekorzystną cechą wszystkich dotychczas poznanych wystąpień bentonitów w serii menilitowo-krośnieńskiej jest strome ułożenie warstw i występowanie surowca wśród serii piaskowcowo-łupkowych.

Należy jednak podkreślić, że utworom piroklastycznego pochodzenia, występującym w serii menilitowo-krośnieńskiej towarzyszą zazwyczaj niegrube (do kilku metrów) pakiety zielonkawych łożupków bentonitowych.

W Karpatach fliszowych stwierdzono w sumie 11 punktów z wystąpieniami ziemi fulerskiej i jedno z bentonitami właściwymi, które mogą

budzić zainteresowanie z przemysłowego punktu widzenia. Rozmieszczenie tych punktów ilustruje fig. 1.

W większej ilości występują w Karpatach łożupki bentonityczne. W płaszczynie magurskiej oprócz złoża w Polanach zostały one stwierdzone (choć w gorszym gatunku) w Żarnówce koło Makowa Podhalańskiego w Zachodnich Karpatach (W. Sikora, J. Żgiet, badania nie publikowane). Poszukiwania prowadzone w innych częściach płaszczyny magurskiej jak dotychczas nie dały rezultatów; między innymi nie zostało znalezione przedłużenie złoża w Polanach.

Ostatnio poszukiwania łożupków bentonitycznych zostały skierowane również na pozostałe jednostki fliszu karpackiego<sup>1</sup>. Okazało się, że w serii menilitowo-krośnieńskiej łożupki bentonityczne grupują się w dwóch poziomach, które mają regionalne rozprzestrzenienie w Karpatach fliszowych (F. Bieda, S. Geroch, L. Koszarski i in., 1963).

Pierwszy poziom stanowią zielone łupki wieku cenomańskiego, występujące razem z radiolarytami lub radiolariowymi łupkami w stropie „czarnej kredy”. Drugi poziom to również zielone łupki, występujące poniżej podmenilitowych margli globigerynowych oraz leżąca pod nimi górna część warstw hieroglifowych.

Poziom cenomańskich łupków bentonitycznych ma niewielką miąższość, która wynosi zazwyczaj kilka metrów, przy czym nie we wszystkich miejscach łożupki tego poziomu mają charakter bentonityczny. Górnooceński poziom łożupków bentonitycznych wykazuje natomiast większe miąższości, wahające się od kilku do kilkudziesięciu metrów. W większości przypadków poziom ten zawiera stosunkowo liczne wkładki piaskowców, co dyskwalifikuje opłacalność jego eksploatacji. Jedynie w niektórych obszarach reprezentowany on jest przez czystą serię łupkową (np. Chorzów<sup>2</sup> koło Jarosławia, Polany) lub też przez serię łupkową z małą ilością cienkich wkładek piaskowcowych (np. Żarnówka, Kobyle).

Przykładem złoża łożupków z wkładkami piaskowców jest wystąpienie w Żarnówce koło Makowa Podhalańskiego, w północnej części jednostki magurskiej. Miąższość serii z łożupkami bentonitycznymi wynosi tu około 80 m, podczas gdy miąższość pakietów łupkowych 8÷15 m. Łupki poprzedzielane są cienkimi (1÷10 cm) wkładkami drobnoziarnistych piaskowców, zapadają one pod kątem 50÷70°. Stwierdzona rozciągłość warstw z łożupkami bentonitycznymi wynosi około 1500 m. Przykryte są one piaskowcami magurskimi. W ich spagu natomiast występują pstre łupki. łożupki bentonityczne z Żarnówki należą podobnie jak łożupki z Chorzowa i Kobyla do poziomu górnooceńskiego, złoża w Polanach jest natomiast środkowo-górnooceńskie (J. Blacher, badania nie publikowane).

W sumie stwierdzono 11 punktów występowania łożupków bentonitycznych, mogących budzić zainteresowanie z przemysłowego punktu widzenia.

<sup>1</sup> W skład zespołu zajmującego się tym zagadnieniem wchodził oprócz autora: S. Gućik, L. Koszarski, F. Szymańska, A. Ślaczka i J. Żgiet.

<sup>2</sup> Występowanie w Chorzowie zostało stwierdzone przez S. Gućika.

## BADANIA CHEMICZNE, TECHNOLOGICZNE I MINERALOGICZNE BENTONITÓW I IŁOŁUPKÓW BENTONITYCZNYCH

Badania chemiczne i mineralogiczne iłołupków karpacckich były prowadzone w ograniczonym zakresie głównie przez Instytut Geologiczny. Badań tych było jeszcze zbyt mało, aby można było dojść do jakiegoś generalnego uogólnienia, niemniej wydaje się, że ogólnie rzecz biorąc, iłołupki karpacckie składają się z mieszaniny minerałów iłowych, z których na pierwszym miejscu należy postawić illit (A. Gawel, 1928; W. Narębski, 1958; H. Gruszczyk, B. Ostrowicki, 1961; A. Pelczar, 1965).

Tabela 1

Tablica analiz chemicznych ziemi fulerskiej z Polan\*

Składniki	Dolna ławica			Górna ławica		
	5	7	8	16	17	18
SiO <sub>2</sub>	53,41	52,07	51,11	51,75	52,09	51,51
TiO <sub>2</sub>	0,38	0,36	0,46	0,30	0,29	0,27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,19	17,07	16,60	17,28	18,77	18,79
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,82	4,92	4,16	6,83	4,52	5,31
FeO	1,29	1,43	1,76	1,18	1,16	0,97
MnO	0,05	0,05	0,13	0,03	0,04	0,06
MgO	2,80	3,68	2,97	3,06	2,32	2,37
CaO	3,90	3,99	5,12	3,23	2,87	3,03
Na <sub>2</sub> O	0,22	0,26	0,25	0,31	0,43	0,32
K <sub>2</sub> O	0,58	0,69	0,80	0,06	0,17	0,07
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	6,36	6,20	5,88	5,01	7,14	7,14
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	6,25	6,43	6,91	9,91	10,25	10,03
CO <sub>2</sub>	3,00	2,67	3,56	1,27	—	0,23
S	0,07	0,09	—	0,05	—	0,04
Całkowity procent wagowy	100,32	99,91	99,71	100,27	100,05	100,15

\* Wykonana przez I. Gucwę i A. Pelczar.

Stosunkowo najwięcej badań chemicznych i mineralogicznych przeprowadzono na złożu ziemi fulerskiej i iłołupków bentonitycznych w Polanach (I. Gucwa, A. Pelczar, T. Wieser, badania nie publikowane). Badania chemiczne i mineralogiczne wykazały, że ziemie fulerskie z Polan są prawie monomineralnymi skałami montmorillonitowymi o dużej pojemności kationów wymiennych, która wynosi 50÷70 miliekwiwalentów na 100 g suchej próbki (W. Sikora, T. Wieser, 1959). Niżej podaję wyniki dwóch analiz z dwóch najniższych ławic ziemi fulerskiej (50÷70 cm miąższości), wykonanych w pracowni geochemicznej Oddziału Karpacckiego I.G. Analizy chemiczne iłołupków bentonitycznych z Polan nie były wykonywane. Na podstawie analiz TAR T. Wieser (badania nie publikowane) wyliczył, że iłołupki bentonityczne zawierają 10÷30%



montmorillonitu. Podobne wyniki osiągnięto na podstawie badań spektrofotometrycznych.

Należy podkreślić, że wszystkie badane dotychczas bentonity karpackie zawierają Ca — montmorillonit, reprezentują więc ziemie fulerskie. Wyjątkiem jest bentonit z warstw krośnieńskich z Zagórza koło Sannoka, który składa się z Na+K — montmorillonitu (I. Gucwa, L. Koszarowski o.c.).

Bentonity i ziemie fulerskie karpackie, pomimo ogólnie dużego podobieństwa chemicznego, wykazują dość duże różnice w cechach fizycznych, które, jak np. stopień dyspersji cząstek ilastych, decydują o gęstości i trwałości zawiesin, co jest ważne, np. przy sporządzaniu płuczek wiertniczych. Określenie bezwzględnego zmętnienia suspensji i tempa jej opadania metodą nefelometryczną pozwoliło na wykrycie nieprzeciętnych pod tym względem własności bentonitów z fliszu podhalańskiego (Nowe Bystre). Odnośnie do zdolności absorpcyjnych bentonitów, na które mają wpływ zarówno cechy fizyczne, jak i chemiczne — szczególnie wysoka jakość określona stopniem chłonności błękitu metylowego lub faktorem odbarwienia mieszaniny nafty i oleju smarnego znamionuje ziemie fulerskie z Polan i bentonity właściwe z Zagórza. Ziemie fulerskie z fliszu podhalańskiego są pod tym względem nieco gorsze (W. Sikora, T. Wieser, 1961).

Ziemie fulerskie i łożupki bentonityczne z Polan, jak również i z innych części Karpat fliszowych zostały poddane dwojakim badaniom technologicznym. Badania tych skał pod kątem widzenia ich przydatności do produkcji syntetycznych mas formierskich wykonał Instytut Odlewnictwa w Krakowie i Katedra Technologii Formy AGH (większość próbek przebadła AGH), zaś badania przydatności do produkcji ziem odbarwiających wykonał Instytut Chemii Nieorganicznej w Gliwicach<sup>3</sup>.

W badaniach odlewniczych ograniczono się do określenia zasadniczych własności technologicznych mas syntetycznych, sporządzonych z bentonitów lub łożupków bentonitycznych z 10% dodatkiem piasku kwarcowego ze złoża w Bukownie. Część prób została przeprowadzona na tzw. piasku znormalizowanym, na który ostatnio przechodzi przemysł odlewniczy. W szczególności oznaczano:  $a$  — wytrzymałość na wilgotno  $R_w^c$ ,  $b$  — przepuszczalność na wilgotno  $p^w$ ,  $c$  — temperaturę spiekania masy syntetycznej. Na niektórych próbach przeprowadzono oznaczenia węglanów (ilość ich nie może przekraczać 7%). Część próbek została również poddana procesowi aktywacji. Badania były przeprowadzone zgodnie z normą państwową PN-58/H-11003.

Standardowe próbki technologiczne wykazały, że część badanych łożupków karpackich oraz wszystkie bentonity i zbentonizowane tufy nadają masom, jeszcze w stanie nie aktywowanym, przy 4,5% zawartości wody, wytrzymałość większą od 0,5 kg/cm<sup>2</sup>, a więc taką, jakiej wymaga się od glin najlepszych gatunków.

<sup>3</sup> Kilkadziesiąt próbek łożupków bentonitycznych pochodzących z górnooceńskiego poziomu, leżącego poniżej podmenilitowych margli globigerynowych, przebadano ostatnio w Instytucie Naftowym — Oddział w Krośnie — pod kątem ich przydatności do sporządzania płuczek wiertniczych. Tylko nieliczne nadają się do tego celu. Między innymi są to łożupki z Krepaka koło Przemyśla i z Chorzowa koło Jarosławia.

Na zakończenie omawiania odlewniczych badań technologicznych nad łożupkami karpackimi przytaczam opinię Katedry Technologii Formy A/GH odnośnie do prób przebadanych w 1964 r.

Próbki łożupków bentonitowych z miejscowości: Nachurczany, Pikulice, Kobyle, Leluchów nadają masom własności wytrzymałościowe wskazujące na możliwość wykorzystania tych surowców w odlewnictwie. Wymagają jednak przeprowadzenia dalszych prób laboratoryjnych na większej ilości próbek pobranych z różnych miejsc sprawdzenia ewentualnego wpływu aktywacji.

Próbki z miejscowości: Chorzów (łożupki bentonitowe), Międzybrodzie (łożupki bentonitowe), Chodenice (zbentonitowane tufy miocénskie)<sup>4</sup>, Niebylec (ziemia fulerska) spełniają wymagania stawiane glinom formierskim pod względem wytrzymałościowym. Część próbek — z Chorzowa oraz z Chodenic — wykazuje pod względem własności wiążących wartości odpowiadające bentonitom pierwszego gatunku z kopalni Radzionków. Pod względem przydatności dla przemysłu odlewniczego zostały przebadane tylko ziemie fulerskie ze złoża w Polanach oraz z wystąpienia z Niebyleca koło Rzeszowa. Masa formierska z dodatkiem tego surowca wykazuje wytrzymałość około 1 kG/cm<sup>2</sup>. Inne ziemie fulerskie z terenu Karpat analogicznie powinny mieć podobne właściwości.

Instytut Chemii Nieorganicznej w Gliwicach przebadał ziemie fulerskie i łożupki bentonitowe z Polan. Poza tym zostały zbadane tylko ziemie fulerskie z warstw krośnieńskich z Żyznowa koło Domaradza. Zgodnie z kryteriami oceny surowca bentonitowego zawartego w projekcie warunków technicznych, opracowanych na zlecenie Komisji Ziemi Odbarwiających przy Instytucie Chemii Nieorganicznej, surowiec bentonitowy został podzielony na trzy gatunki. Głównymi wskaźnikami pozwalającymi zaliczyć dany surowiec do określonego gatunku jest ciężar usypowy próbki przed i po aktywacji oraz zdolność odbarwiania oleju silnikowego Lux 10 i Lux 13. Za wzorcową przyjęto ziemię odbarwiającą „Tonsil”, przyjmując jej wskaźnik jako 10. I gatunek ma zdolność odbarwiania 9÷10, II — 8÷9, III — 7÷8.

Ziemie fulerskie z Polan zostały zakwalifikowane jako surowiec należący do I, II i III gatunku. Z łożupków bentonitowych tylko jedna próbka znalazła się w kategorii III, wszystkie inne poniżej III kategorii. Należy jednak podkreślić, że część próbek miała wskaźnik 6,5, a więc tylko o 0,5 stopnia mniejszy od dolnej granicy III gatunku. Ziemie fulerskie z Żyznowa zostały zakwalifikowane do I i II gatunku.

## GENEZA BENTONITÓW I ŁOŻUPKÓW BENTONITOWYCH

Dla lepszego zrozumienia genezy i ze względu na fakt, że nie wszyscy czytelnicy interesujący się zagadnieniem bentonitów śledzą rozwój ostatnich badań nad sedymentacją fliszu, podaję niektóre podstawowe dane dotyczące tego zagadnienia.

<sup>4</sup> W Chodenicach koło Bochni, w warstwach chodenickich w miejscu wskazanym przez T. Kucińskiego, T. Wieser stwierdził tufy o różnym stopniu bentonitizacji. Biorąc to pod uwagę należałoby zrewidować pod tym kątem widzenia inne wystąpienia tufów i tufitów w warstwach chodenickich.

Flisz jest pojęciem litologicznym, a nie stratygraficznym. Pod nazwą tą rozumiemy wielokrotnie powtarzające się na przemian ławice piaszczystych i zlepieńców — z jednej strony — oraz łupków ilastych i margli — z drugiej<sup>5</sup>. Flisz występuje wyłącznie w strefach geosynklinalnych i osiąga miąższości dochodzące do kilku tysięcy metrów.

Na podstawie badań sedimentologicznych przeprowadzonych na kopalnych osadach fliszowych oraz badań eksperymentalnych, a także na podstawie wyników badań oceanograficznych większość badaczy na świecie przyjmuje obecnie, że flisz jest utworem głębokowodnym. Na dużych głębokościach, mogących dochodzić do paru tysięcy metrów osadzały się pelityczne utwory ilaste i margliste, a w strefie przybrzeżnej — litoralnej gromadziły się szybko piaski i żwiry, tworząc stożkowate nasypy litoralne. Zaburzenia równowagi na nasypie litoralnym, powodowane wstrząsami sejsmicznymi, potężnymi falami burzowymi itp., doprowadzały do obsuwania się materiału piaszczystego, który zmieszany z łem i wodą tworzył gęstą zawiesinę, staczającą się pod wpływem siły ciężkości w głąb basenu, aby w konsekwencji na dużej głębokości złożyć piaszczyste i żwirowe osady na pelitycznych osadach głębokomorskich. Wielokrotnie powtarzające się tego rodzaju zjawiska doprowadzały do naprzemianległego ułożenia utworów gruboziarnistych i pelitycznych, tworząc w konsekwencji charakterystyczną serię, określaną mianem fliszu. Ta teoria głębokowodnego pochodzenia fliszu, zwana teorią prądów zawieszinowych (*turbidity current theory*), została opracowana przez Ph. H. Kuenena i C. J. Miglioriniego (1950). Teorię tę w odniesieniu do fliszu Karpat polskich rozbudował M. Książkiewicz (1954).

Flisz polskich Karpat zewnętrznych reprezentuje ciągłą serię osadów od przełomu jury i kredy (warstwy cieszyńskie dolne) aż po dolną część miocenu włącznie (warstwy górnokrośnieńskie) — F. Bieda, S. Geroch, L. Koszarski i in. (1963). W polskich Karpatach fliszowych wyróżnia się 5 głównych jednostek tektonicznych, które ponasuwane są na siebie od południa ku północy. Są to: jednostka magurska, strefa przedmagurska, jednostka śląska, jednostka podśląska i jednostka skolska (M. Książkiewicz, 1956).

Badania ostatnich lat przeprowadzone w głównej mierze przez pracowników Oddziału Karpackiego I.G. w Krakowie wykazały obecność stosunkowo licznych stanowisk utworów pochodzenia piroklastycznego. Są to tufy, tufity, zbentonityzowane tufy i tufity oraz bentonity. Można już dzisiaj powiedzieć, że prawie we wszystkich piętrach stratygraficznych kredy i paleogenu Karpat fliszowych zostały stwierdzone utwory pochodzenia piroklastycznego. W większości przypadków utwory te występują w postaci cienkich, kilku do kilkunastu centymetrowych warstwek wśród łupkowo-piaszczystych warstw fliszowych.

Tam, gdzie bentonity łączą się bocznymi przejściami z tufami względnie z tufitami lub zawierają frakcje ciężkie złożone z piroklastycznych minerałów, wulkaniczne pochodzenie tych pierwszych nie budzi wątpliwości. Tego typu dowody zostały zbadane w odniesieniu do wszystkich wystąpień ziem fulerskich i właściwych bentonitów w Karpatach fliszowych.

<sup>5</sup> Skład litologiczny odnosi się do fliszu karpackiego. Są również flisze o odmiennym składzie litologicznym niż karpacki.

wych. Badania T. Wiesera wykazały, że wszystkie utwory piroklastyczne w Karpatach związane z ziemiami fulerskimi i bentonitami właściwymi są podobnie jak w złożu w Polanach pochodzenia subaerycznego (T. Wieser, badania nie publikowane).

Stwierdzenie utworów piroklastycznych prawie we wszystkich ważniejszych ogniwach fliszu karpackiego pozwala przypuszczać, że działalność wulkaniczna była mniej lub więcej ciągła w czasie życia karpackiej geosynkliny fliszowej. Mamy kilka nasileń tej działalności, ale dwie z nich są szczególnie ważne, gdyż wiążą się one ze zmniejszoną intensywnością dostarczania materiału piaszczystego do obrębu geosynkliny. Te okresy są niewątpliwie związane genetycznie ze zmianą reżimu fizyczno-chemicznego, która miała miejsce w cenomanie, kiedy to nad ciemnymi osadami dolnej kredy zaczęły się osadzać pstry osady górnej kredy i niższego paleogenu, oraz na przełomie eocenu i oligocenu, kiedy to nad pstrymi osadami tworzyły się czarne łupki menilitowe. Innymi słowy, okresy wzmożonej działalności wulkanicznej przypadają mniej więcej w okresie między etapami rozwojowymi geosynkliny karpackiej, wyróżnionymi przez L. Koszarskiego (1963).

W wyniku zmniejszenia dowozu materiału piaszczystego tworzyły się mniej lub bardziej grube poziomy łupkowe, zawierające wkładki rud manganowych i skał krzemionkowych. Według T. Wiesera skały te powstały z rozkładu pyłów wulkanicznych, co pozwala przypuszczać, że montmorillonit występujący w iłołupkach bentonitycznych jest pochodzenia piroklastycznego. Taka teza znajduje potwierdzenie z jednej strony — w minerałach piroklastycznych występujących w tych iłołupkach, z drugiej zaś — w nielicznych, jak dotychczas, znaleziskach cienkich wkładek bentonitów i tufów stwierdzonych w łupkach bentonitycznych w dwóch wyżej wymienionych poziomach. Sam montmorillonit powstał w wyniku rozpadu hydrolitycznego szkliwa wulkanicznego, które miało charakter dacytowy względnie andezytowy (T. Wieser, badania nie publikowane). Wyjątkiem jest stanowisko w Gorlicach, gdzie stwierdzone utwory piroklastyczne wiążą się z lawami szeregu alkalicznego (L. Koszarski, T. Wieser, 1960).

Co do rozmieszczenia wulkanów dających popioły i pyły, z których później powstały tufy, bentonity i domieszki montmorillonitowe w iłołupkach, istnieją tylko pośrednie dane. Z danych tych wynika, że większość wulkanów była usytuowana poza obrębem basenu fliszowego, przypuszczalnie na jego południowym obrzeżeniu.

#### PERSPEKTYWY POSZUKIWAŃ BENTONITÓW I IŁOŁUPKÓW BENTONITYCZNYCH W KARPATACH

Należy rozróżnić dwa zagadnienia: perspektywy znalezienia w Karpatach złóż ziemi fulerskiej i bentonitów właściwych, oraz dalszego rozszerzenia bazy surowcowej iłołupków bentonitycznych.

Utwory pochodzenia piroklastycznego zostały stwierdzone, jak już o tym była mowa, prawie we wszystkich ważniejszych ogniwach fliszu karpackiego. Nie wykryto jednak żadnych reguł, na podstawie których

można by przewidzieć, w jakiej części fliszu karpackiego mogą występować wkładki utworów piroklastycznych, a w szczególności najgrubsze wkładki tychże utworów. Statystycznie najwięcej wkładek tufów (miejscami zbentonizowanych) spotyka się w serii menilitowo-krośnieńskiej jednostki skolskiej i tylko na tej podstawie można ją uznać za najbardziej perspektywiczną we fliszu Karpat. Jednocześnie należy stwierdzić, że złoża w Polanach jest przykładem, kiedy to można przypadkowo znaleźć duże nagromadzenie bentonitów w jednym miejscu, chociaż dane geologiczne, bezpośrednio sąsiadujących obszarów nie dają podstaw do znalezienia takiego złoża.

Ogólnie biorąc wkładki bentonitów we fliszu karpackim są cienkie, zazwyczaj od ułamków centymetra do kilkunastu centymetrów, rzadziej pierwszych dziesiątków centymetrów, a bardzo rzadko grubość ich przewyższa 0,5 m.

Drugą bardzo ważną, niekorzystną okolicznością, która ogranicza możliwość znalezienia większego złoża ziemi fulerskiej czy właściwych bentonitów, jest to, że w olbrzymiej większości przypadków ławic bentonitów są ułożone stromo. Gdyby przyjąć, że złoża w Polanach ma horyzontalne ułożenie, to w 30-metrowym pakiecie łożypków bentonitycznych mielibyśmy blisko 2,5 m czystej ziemi fulerskiej, występującej w 70, 50 i 30 cm miąższości ławicach. Strome ułożenie warstw redukuje jednak bilansowe zasoby złoża w Polanach w drastyczny sposób. To samo odnosi się do innych rejonów Karpat, z tym, że takiego nagromadzenia bentonitów jak w Polanach dotychczas nie stwierdzono.

Reasumując należy stwierdzić, że istnieje mała szansa na znalezienie dużego złoża czystej ziemi fulerskiej czy bentonitów właściwych, których zasoby bilansowe byłyby tak duże, aby na ich podstawie można było się pokusić o postawienie w jego pobliżu zakładu przetwórczego, np. ziem odbarwiających. Olbrzymia większość bentonitów karpackich reprezentuje jednak wysokogatunkowe ziemie fulerskie, cena niektórych z nich przewyższa kilka, a nawet kilkunastokrotnie razy cenę bentonitu właściwego. Dlatego też należałoby zbadać, czy karpackie ziemie fulerskie nie nadają się dla celów specjalnych, np. dla farmacji czy kosmetyki. Gdyby wyniki okazały się pozytywne, należałoby się zastanowić, czy nie warto by zacząć eksploatacji omawianych zasobów.

Inaczej ma się rzecz z łożypkami bentonitycznymi. W Karpatach fliszowych często można spotkać pakiety łożypkowe od kilku do ponad 100 m miąższości. Przykładem mogą być np. czerwone i zielone illitowe łożypki, występujące w kilku poziomach w utworach górnej kredy i paleogenu. Abstrahując od składu mineralnego łożypków przy poszukiwaniach łożypków bentonitycznych, których eksploatacja byłaby opłacalna, należy szukać ich w strefach, które miały charakter geantyklinalny w okresie życia geosynkliny i w związku z tym do stref tych dostarczany był w minimalnym stopniu materiał piaszczysty. Strefom tym między innymi odpowiada brzeżna (północna) część jednostki magurskiej, jednostka przedmagurska, brzeżna część jednostki śląskiej, jednostka podśląska oraz zewnętrzna i wewnętrzna część jednostki skolskiej (M. Książkiewicz i in., 1963).



Drugim warunkiem jest bentonityczność poziomów ilastych. W poprzednich rozdziałach była mowa o dwóch takich poziomach — cenomańskim i górnocoeńskim. I tutaj od razu trzeba powiedzieć, że nie wszystkie wystąpienia tych dwóch poziomów mogą tworzyć złoża. Po pierwsze, ilość wkładek piaskowcowych nawet miejscami w obrębie stref geantyklinalnych może być taka duża, że to eksploatacja łożysk bentonitycznych okazałaby się nieopłacalna. Po drugie, co jest częstszym przypadkiem, ilość składnika montmorillonitowego jest tak mała, że łupki nie odpowiadają wymaganiom technologicznym do sporządzania syntetycznych mas formierskich. Biorąc pod uwagę te dwa czynniki pogarszające jakość złóż, należy stwierdzić, że do najbardziej perspektywicznych należą północno-wschodnia część jednostki skolskiej i brzeźna, północna część jednostki śląskiej w Karpatach środkowych. Do nich należałoby również zaliczyć jednostkę podśląską, która na całej swej rozciągłości ma typowo geantyklinalny charakter. Jednakże możliwość znalezienia tutaj opłacalnych pod względem ekonomicznym złóż jest ograniczona w wyniku zaburzeń tektonicznych, które występują w tej jednostce bardzo często. Ze względu na silnie podkreśloną obecność dwóch wyżej wymienionych czynników najmniej perspektywiczną jest płaszczowina magurska.

W zakończeniu chciałbym bardzo serdecznie podziękować Panu prof. drowi T. Wieserowi za ofiarną współpracę i liczne, cenne uwagi i rady, których mi nie szczędził przy opracowywaniu zagadnienia surowców bentonitowych w Karpatach. Serdeczne podziękowania za rady oraz przedyskutowanie tekstu opracowania składam Panu prof. drowi S. Wdowiarzowi i Panu mgr. L. Koszarskiemu. Wszystkim Kolegom, którzy włączyli się do opracowywania tego zagadnienia, dziękuję na tym miejscu za dyskusję i uwagi.

Oddział Karpacki Instytutu Geologicznego  
Kraków, ul. Grzegorzewska 81  
Nadesłano dnia 5 kwietnia 1966 r.

#### PIŚMIENNICTWO

- BOLEWSKI A., MICHAŁEK Z., STOPA S. Z. (1963) — Utwory montmorillonitowe warstw porębskich w niecce bytomskiej. *Prz. geol.*, 11, p. 333—335, nr 7. Warszawa.
- BUCIEWICZ J., RZĘPA T. (1960) — Własności krajowych glin bentonitowych ogniotrwałych i nietypowych z punktu widzenia ich przydatności dla przemysłu odlewniczego. *Prz. geol.*, 8, p. 557—566, nr 11. Warszawa.
- GAWEŁ A. (1928) — Über die chemisch-mineralogische Zusammensetzung roter und grüner eozäner Schiefer-tonne der Ostkarpaten. *Bull. Inter. Acad. Pol. Sci.*, ser. A, p. 523—537. Kraków.
- GRUSZCZYK H., OSTROWICKI B. (1961) — Mineralizacja miedzią łuszu karpackiego. *Pr. geol. Kom. Nauk Geol. PAN, Oddz. w Krakowie*, nr 3, p. 7—41. Kraków.



- GUCWA J., KOSZARSKI L. (1960) — Występowanie bentonitów w warstwach krosńskich dolnych w Zagórzu koło Sanoka. *Kwart. geol.*, **4**, p. 181—193, nr 1. Warszawa.
- HALICKI B. (1961) — Z badań nad fliszem podhalańskim i magurskim na Podhalu. *Acta geol. pol.*, **11**, p. 477—482, nr 4. Warszawa.
- JANUSZEWICZ P., KOSTECKI J., WERTZ Z. (1961) — Nietępaliczne surowce mineralne przemysłu odlewniczego. Wyd. Geol. Warszawa.
- KOSZARSKI L. (1963) — Types fondamentaux des dépôts et principales étapes de leur développement dans le géosynclinal du flysch des Carpates Septentrionales. *Assoc. Geol. Carp.-Balk. V-ème Cong.*, **3**, p. 253—267. Bucaresti.
- KOSZARSKI L., WIESER T. (1960) — Nowe horyzonty tufowe w starszym paleogenie Karpat fliszowych. *Kwart. geol.*, **4**, p. 749—771, nr 3. Warszawa.
- KOSZARSKI L., WIESER T. (1965) — Bentonitized tuffs in the menillite silex complex in the Carpathians. *Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. geol. et géogr.*, **11**, nr 1, p. 3—10. Warszawa.
- KOSZARSKI L., WIESER T., ŻGIET J. (1962) — Komunikat o występowaniu skał tufowych w dolnej i środkowej kredzie Karpat Polskich. *Kwart. geol.*, **6**, p. 441—442, nr 2. Warszawa.
- KSIĄŻKIEWICZ M. (1954) — Uwarstwienie frakcyjne i laminowanie we fliszu karpackim. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **22**, nr 4, p. 391—449. Kraków.
- KSIĄŻKIEWICZ M. (1956) — Geology of the Northern Carpathians. *Geol. Rundschau.*, **45**, nr 2, p. 369—411. Stuttgart.
- KSIĄŻKIEWICZ M., WIESER T. (1954) — Occurrence of tuffites in the Krosno beds of Carpathian Flysch. *Bull. Acad. Pol. Sci., Cl. III*, **5** (2), nr 6, p. 295—297. Warszawa.
- KSIĄŻKIEWICZ M. i inni (1963) — Atlas geologiczny Polski — Zagadnienia stratygraficzno-facjalne. Zeszyt XIII — Kreda i starszy trzeciorzęd Karpat Zewnętrznych. Inst. Geol. Warszawa.
- KUENEN Ph. H., MINGLIORINI C. J. (1950) — Turbidity currents as the cause of graded bedding. *Journ. of Geology*, **58**, p. 91—127. Chicago.
- MICHAŁIK A., WIESER T. (1959) — Tuffity we fliszu podhalańskim. *Kwart. geol.*, **3**, p. 378—388, nr 2. Warszawa.
- NAREBSKI W. (1958) — Mineralogia i geochemiczne warunki genezy tzw. syderytów fliszu karpackiego. *Arch. miner.*, **21**, nr 1, p. 5—100. Warszawa.
- PELCZAR A. (1965) — Pierwiastki śladowe w pstrych łupkach górnej kredy i eocenu fliszu karpackiego. *Kwart. geol.*, **9**, p. 934—935, nr 4. Warszawa.
- SIKORA W. (1962) — Złoże bentonitów i łożupków bentonitycznych w Pollanach koło Grybowa. *Kwart. geol.*, **6**, p. 800—801, nr 4. Warszawa.
- SIKORA W., WIESER T. (1959) — The Occurrence of bentonites in variegated shales of the Magura Nappe. *Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. chim., geol. et geogr.*, **7**, p. 491—496, nr 7. Warszawa.
- SIKORA W., WIESER T. (1961) — Obecny stan wiadomości i perspektywy poszukiwań bentonitów i skał pokrewnych w Polskich Karpatach fliszowych. *Prz. geol.*, **9**, p. 636—638, nr 12. Warszawa.
- SIKORA W., WIESER T., ŻYTIKO K. (1959) — Tuff horizons in the Menillite — Krosno series of the flysch Carpathians. *Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. chim., geol. et geogr.*, **7**, nr 7, p. 497—503. Warszawa.

- SZYMAKOWSKA F. (1962) — Bentonity z kredy śląskiej pasma Chełm — Czarnorzeki. *Kwart. geol.*, 6, p. 440—441, nr 2. Warszawa.
- TOKAJSKI A., TOKAJSKI J. (1954) — On the tuffite layer of the Upper Krosno beds. *Bull. Acad. Pol. Sci., Cl. III*, 2, nr 8, p. 399—404. Warszawa.
- ŻGIEB J. (1961a) — Nowe dane o serii menilitowo-krośnieńskiej jednostki skolskiej w Karpatach rzeszowsko-sanockich. *Kwart. geol.*, 5, p. 995—996, nr 4. Warszawa.
- ŻGIEB J. (1961b) — Uwagi o występowaniu serii diatomitowych w warstwach krośnieńskich. *Kwart. geol.*, 5, p. 996—997, nr 4. Warszawa.
- ŻGIEB J. (1963) — Spostrzeżenia nad sedimentacją wkładek diatomitów i tufów w Karpatach. *Kwart. geol.*, 7, p. 714—715, nr 4. Warszawa.
- БЕДА Ф., ГЕРОХ С., КОШАРСКИ Л., КСЕНЖКЕВИЧ М., ЖИТКО К. (1963) — Стратиграфия внешних польских Карпат. *Biul. Inst. Geol.*, 18, p. 5—175. Warszawa.
- СИКОРА В. (1965) — Перспективы поисков бентонитов и сходных пород в польских флишевых Карпатах и в карпатском краевом прогибе. *Карпато-Балкан. Геолог. Ассоц. 7 Конгресс, ч. 2, 1, стр. 321—324. София.*

Вацлав СИКОРА

## БЕНТОНИТЫ И БЕНТОНИТОВЫЕ СЛАНЦЫ В ПОЛЬСКИХ КАРПАТАХ

### Резюме

Быстрое развитие химической, литейной и других промышленности, в которых применяются разные разновидности бентонитов, является причиной постоянного роста потребности в этом сырье. В связи с этим во флишевых Польских Карпатах ведутся разведочные работы на бентонитовое сырье.

Во флишевых Карпатах выделяются два типа бентонитового сырья. Первый тип это фуллеровая земля и собственно бентониты (последние были выявлены только в одном месте — Загуж близ Санок). Эти породы сложены почти чистым (90—100%) монтмориллонитом. Второй тип представлен бентонитовыми сланцами, которые содержат до 30% монтмориллонита.

Исследованиями последних лет, проводившимися, главным образом, Геологическим институтом, было доказано наличие в сланцево-песчаниковой толще карпатского флиша прослоек пирокластических образований. Их мощность колеблется обычно в пределах от нескольких до нескольких десятков сантиметров, но встречаются также прослойки мощностью в несколько метров. На опубликованных исследованиях Т. Визера было доказано, что подавляющее большинство этих образований происходит из субэпиральных вулканических извержений, продукты которых или непосредственно попадали на дно бассейна или переотлагались из выше расположенных частей морского дна. Подавляющее большинство фуллеровой земли и бентонитов в Карпатах пирокластического происхождения. Наблюдается резкое стремление к увеличению количества и мощности пачек образований пирокластического происхождения по направлению к верхним частям разреза карпатского флиша.

Самое большое накопление фуллеровой земли было выявлено южнее г. Грибув в пос. Поляны (Магурский надвиг). Бентониты прослеживаются здесь в эоценовых зеленых сланцах (звено пестрых сланцев) в виде пачек (0,15—0,70 м) с суммарной мощностью 2,4 м. Па-

дение слоев колеблется от 25 до 70°. Другие интересные местонахождения фуллеровой земли прослеживаются в подгалском флише в окрестностях г. Новы-Тарг, а также в меницито-кросненской серии Скольской единицы. Распределение местонахождений фуллеровой земли и собственно бентонитов, мощность которых превышает 15 см, иллюстрирует фиг. 1.

Бентонитовые сланцы распространены в разных звеньях карпатского флиша, но самое большое их накопление отмечается в двух горизонтах, характеризующихся региональным развитием в пределах карпатской флишевой толщи. Первый горизонт это зеленые сланцы сеноманского возраста, прослеживающиеся в кровле „черного мела”. Второй горизонт сложен верхнеозеновыми зелеными сланцами, залегающими в кровельной части иероглифовых слоев или их аналогов, подстилающей подменилитовые глобигериновые мергели. С этими двумя горизонтами связаны кремнистые породы и марганцевые руды, являющиеся хорошими показателями присутствия пород пирокластического происхождения.

Прослеживающиеся в карпатском флише бентонитовые сланцы относятся к сырью среднего качества и могут использоваться для производства синтетических формовочных смесей, а некоторые их разновидности — для изготовления буровых растворов. Местонахождения бентонитовых сланцев, представляющих интерес в промышленном отношении иллюстрирует фиг. 1.

На основании настоящего отчета знаний наиболее перспективными районами для бентонитовых сланцев являются: СВ часть Скольской единицы и крайняя, северная часть Силезской единицы в средних Карпатах.

Wacław SIKORA

## BENTONITES AND BENTONITIC CLAY SHALES IN THE POLISH FLYSCH CARPATHIANS

### Summary

A quick development of chemical, metallurgical and other industry branches that use a lot of varieties of bentonites and bentonitic clay shales is responsible for the fact that the demand for these mineral raw materials increases, and will increase in the future. Thus, the Flysch Carpathians are now area of intense prospecting works carried on by the Geological Institute to search for bentonite raw materials.

Two types of bentonite raw materials have been distinguished in the Flysch Carpathians. To the first type belong Fuller's earth<sup>1</sup> and proper bentonites (these latter are found in one place only — at Zagórz, near Sanok). These are rocks consisting of 90—100 per cent. of pure montmorillonite. The second type is represented by bentonitic clay shales, for the most part built up of illite, with an admixture of montmorillonite that may reach up to 30 per cent.

Recent studies, conducted mainly by the Geological Institute, have shown the occurrence of pyroclastic deposits that intercalate the shale-sandstone Flysch strata. Their thickness is from several to over ten centimetres, although intercalations revealing a thickness of several metres have also been encountered.

<sup>1</sup> Bentonite consisting of calcium montmorillonite.

T. Wieser's unpublished studies demonstrate that most of the formations come from subaerial volcanic eruptions. The products of these latter have either immediately fallen down on the basin bottom, or have been redeposited from the higher parts of the sea bottom. It has also been ascertained that considerable part of the Fuller's earth and of bentonites is, in the Carpathians, of pyroclastic origin. So, a distinct increase both in quantity and in thickness can be observed in the formations of pyroclastic provenance, from bottom to top of the stratigraphical section of the Carpathian flysch area.

The greatest amassment of Fuller's earth (bentonites consisting of Ca-montmorillonite) has been ascertained to occur in the village Polany, near Grybów (Magura nappe). The bentonites are found here in the Eocene green shales (member of variegated shales) as intercalations (0,15÷0,70 m), revealing a total thickness amounting to 2,4 m. Dip of beds ranges from 25° to 70°. Moreover, some interesting sites of Fuller's earth are found in the Podhale flysch (vicinities of Nowy Targ) and in the Skole unit. Distribution of the Fuller's earth and of smoober bentonites, more than 15 cm in thickness, is illustrated on Fig. 1.

Bentonitic clay shales occur in various members of the Carpathian flysch mainly, however, in two horizons regionally spread over the Carpathian flysch area. The first horizon is represented by the green shales of Cenomannian age that occur at the top of „Black Cretaceous”. The second horizon embraces the green shales found at the top part of the hieroglyphic beds or their equivalents, underlying the sub-montmorillonite globigerina marls of Upper Eocene age. These two horizons contain siliceous rocks and manganese ores that are valuable indicators of the rocks of pyroclastic origin. Bentonitic clay shales occurring in the Carpathians can be used in production of synthetic moulding masses and their certain varieties may serve to prepare drill muds. The occurrence sites of the bentonitic clay shales that, from the industrial point of view, can be great value, are shown on Fig. 1.

Basing on the present-day knowledge of this problem, we may assume that in the Carpathian area both the north-eastern part of the Skole unit and the marginal, northern part of the Silesian unit, may be thought to represent the most promising regions in search for bentonitic clay shales.