

## O PRZYDATNOŚCI KARPACKICH ŁUPKÓW FLISZOWYCH DO PRODUKCJI KRUSZYW LEKKICH

UKD 552.521.08:551.263.23:553.541.003.1:691.322(438-13-924.51)

Do niedawna łupki ilaste obszaru Karpat fliszowych uważane były za skałę o ograniczonej przydatności. Napotykanie w znacznych ilościach przy eksploatacji piaskowców stanowiły poważne obciążenie. Jeszcze w większym stopniu ich niekorzystne znaczenie ujawniało się w przypadku karpaccich złóż rud żelaza. Stosunek miąższości łupków ilastych do ławic rudnych jest tak znaczny, że eksploatacja tych rud może być podjęta tylko w przypadku ubocznego użytkowania łupków ilastych.

Zagadnienie możliwości wykorzystania łupków ilastych stanowiło przedmiot zainteresowania wielu autorów. J. Karpacz w 1954 r. wykazał (2), że niektóre łupki ilaste towarzyszące rudom żelaza w utworach jurajskich posiadają własności ekspansywne. Pod tym kątem widzenia prowadzono również w latach 1957—1970 badania skał towarzyszących karpackim złożom rud żelaza. W. B. Porfiriew i in. (10,

11) oraz — J. Badak (1) wykazali przydatność karpaccich łupków menilitowych jako surowca do produkcji kruszyw lekkich.

W 1967 r. zespół pracowników działających przy PWRN w Rzeszowie uzyskał patent PRL nr 57746, na wytwarzanie lekkich kruszyw z łupków menilitowych. Powyższe wyniki nasunęły myśl określenia własności ekspansywnych także innych pozamenilitowych utworów ilastych obszaru Karpat fliszowych.

Podjęcie w 1969 r. przez Samodzielną Pracownię Geologii Złóż Oddziału Karpackiego w Krakowie tematu pt. „Określenie perspektyw występowania surowca keramzytowego w Polskich Karpatach fliszowych” umożliwiło dokładniejsze poznanie zagadnienia. Przy opracowaniu programu badań należało ustalić, czy badania te należy prowadzić szczegółowo, obejmując nimi mniejszy obszar występowania utworów ilastych, czy wykonać je ogólniej i wskaź-

SKŁAD CHEMICZNY SKAŁ ILASTYCH WYBRANYCH OBSZARÓW KARPAT

Składniki	Miejscowości						
	Sól	Kamesznica	Kamionna	Sowliny	Zalasowa	Bączalka	Bieżdziadka
	Zawartość składników w % wagowych						
SiO <sub>2</sub>	53,68	52,68	61,21	54,45	63,71	75,98	48,94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,86	21,28	9,87	18,92	10,50	11,23	15,47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,70	8,05	4,02	7,42	4,14	3,59	6,05
CaO	3,08	1,34	8,70	2,64	0,92	0,97	7,76
MgO	2,60	2,08	1,27	3,49	0,42	0,65	5,30
Na <sub>2</sub> O	0,62	1,37	0,27	1,46	0,25	0,25	1,25
K <sub>2</sub> O	3,27	2,95	1,32	3,59	1,69	1,82	2,40
SO <sub>3</sub> całkowite	1,37	1,32	1,27	0,09	3,22	0,05	1,93
SO <sub>3</sub> w HCl	0,10	0,09	0,08	0,04	0,83	0,05	0,10
Części organiczne	1,24	3,07	2,03	0,32	7,67	0,67	1,39
Straty prażenia	8,48	9,44	12,24	7,45	16,39	5,08	12,66

Tabela II

SKŁAD MINERALNY SKAŁ ILASTYCH WYBRANYCH OBSZARÓW KARPAT

Miejscowość	Składniki główne	Składniki towarzyszące
Sól	illit, chloryt, kware, miki	illit, skalenie
Kamesznica	kaolinit, kware	illit, skalenie
Kamesznica	kaolinit, illit, montmorylonit, kware	montmorylonit, skalenie
Kamionna	kaolinit, illit, kware	kalcyt, dolomit
Zalasowa	montmorylonit, kware	illit, kalcyt, dolomit, syderyt
Bączalka	montmorylonit, kware	illit, kalcyt, dolomit
Bieżdziadka	illit, kaolinit, montmorylonit, kware	dolomit, kalcyt

Tabela III

WYNIKI BADAŃ SKŁONNOŚCI DO ROZPADU POD WPLYWEM WODY PO 72 GODZINACH W % CIĘŻAROWYCH

Sól	Kamesznica	Kamionna	Zalasowa	Bączalka	Bieżdziadka
13,2	28,09	14,06	8,2	72,3	60,3

stwach podmagurskich i magurskich. Łupki te różnią się makroskopowym wyglądem, składem chemicznym, mineralnym, własnościami fizycznymi i mechanicznymi, a także sposobem występowania. Makroskopowo są to łupki twarde i miękkie o różnej podzielności (od płytkowej do muszlowej) i różnym rozpadzie; charakteryzują się barwami od czarnej przez szarą, popielatą, zielonkawą, do czerwonej; często występują jako tzw. łupki pstre.

Próbki skał ilastych do badań laboratoryjnych pobrano głównie z obszarów ujawniających realne możliwości eksploatacyjne. W pierwszym etapie badań pobrano 90 próbek, które poddano analizie chemicznej. Z liczby tej dla 35 próbek określono skład mineralny, stopień rozmakania w wodzie, ekspansywność i niektóre własności technologiczne uzyskanych kruszyw, jak: ciężar nasypowy, wytrzymałość na ściskanie i inne. Dla wybranych próbek wykonano szczegółowe badania składu mineralnego oraz pełne badania technologiczne. Badane próbki pochodziły z następujących poziomów stratygraficznych:

warstw krośnieńskich	2 próbki,
warstw menilitowych	4 próbki,
warstw pstrego eocenu	6 próbek,
warstw istebniańskich	7 próbek,
utworów dolnokredowych	16 próbek,

Skład chemiczny badanych próbek ujawnił duże zróżnicowanie. Przykładowo obrazuje to tab. I, w której podano skład chemiczny skał ilastych z obszaru: Soli, Kamesznicy, Kamionnej, Sowlin, Zalasowej, Bączalki oraz Bieżdziadki. Wyniki analiz chemicznych nie stwarzają pełnych podstaw do wydzielenia skał ilastych przydatnych do produkcji lekkich kruszyw. Skład mineralny łupków jest również zróżnicowany. Łupki ujawniające największą zdolność do pęcznienia mają skład illitowo-chlorytowy z domieszką droбноziarnistego kwarcu. Ich przykładem są łupki z utworów zielonych eocenu obszaru Soli. Łupki istebniańskie z Kamesznicy reprezentują typ łupków kaolinitowo-illitowy z domieszką droбноziarnistego kwarcu. Obecność kaolinitu obniża własności ekspansywne łupków. Skład mineralny omawianych próbek podano w tab. II. Różnice w składzie mineralnym badanych łupków wyrażają się głównie zmiennym udziałem poszczególnych składników mineralnych, zwłaszcza minerałów ilastych.

nikowo, ale za to objąć nimi obszar całych Karpat fliszowych. W pierwszym przypadku uzyskano by pewniejsze wyniki, byłyby one jednak zbyt pracochłonne i kosztowne a także wymagałyby zaangażowania wieloosobowego zespołu lub rozłożenia badań na okres wieloletni. Wybór obszarów badań ze względu na małą znajomość badanych utworów z konieczności musiałyby być dość przypadkowe. Mogłoby to doprowadzić do otrzymania niereprezentatywnych wyników.

Badania bardziej ogólne dostarczają wprawdzie mniejszej ilości informacji, ale za to pozwalają w stosunkowo krótkim czasie, przy niewysokich nakładach finansowych, małym zaangażowaniu środków technicznych i liczności zespołu badawczego uzyskać przegląd perspektyw zasobów znacznego obszaru, a zależnie od uzyskanych wyników badań jakości surowca oraz aktualnych potrzeb skoncentrować badania na kilku lub kilkunastu wybranych, wstępnie rozpoznanych obszarach. Po rozważeniu powyższych zagadnień zdecydowano się prowadzić badania ogólniejsze.

W Karpatach fliszowych utwory ilaste występują w różnych jednostkach tektonicznych i formacjach stratygraficznych. Znaną są z jednostek: skolskiej, podśląskiej, śląskiej i magurskiej. W jednostce skolskiej znane są one z pstrego eocenu, zwłaszcza warstw hieroglifych. W jednostce podśląskiej występują w warstwach wierzowskich i radiolarytowych. W jednostce śląskiej występują one niemal w całym profilu stratygraficznym, od górnych łupków cieszyńskich do utworów krośnieńskich. W jednostce magurskiej zanotowano je w pstrym eocenie, w war-

## WYNIKI BADAŃ EKSPANSYWNOSCI ŁUPKÓW ILASTYCH

Parametr		Pochodzenie badanych próbek						
		Sól	Kamesznica	Kamionna	Sowliny	Zalasowa	Bączalka	Bieździadka
Współczynnik pęcznienia	M	2,3	1,9 3,2	5,6	2,4	2,6	3,3	2,6
	P	4,9	4,5 5,7	3,6	—	5,5	6,1	5,0
Interwał pęcznienia	M	50	100 120	120	70	200	150	—
	P	70	160 100	50	—	130	100	40
Temperatura pęcznienia	M	1280	1270 1240	1170	1220	1180	1290	1240
	P	1160	1070 1170	1050	—	1140	1200	1160

Uwaga: M — wyniki uzyskane w wysokotemperaturowym mikroskopie Leitza.

P — wyniki uzyskane w piecu oporowym.

Tabela V

ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ ŁUPKÓW  
NA EKSPANSYWNOSĆ

Łupki z warstw	Ilość bada- nych prób- ek	Zróżnicowanie wyników badań ekspansywności łupków					
		w mikroskopie wysokotempera- turowym Leitza			na podstawie próbnych wypa- łów w piecach oporowych		
		++	+-	--	++	+-	--
krośnień- skich	2	1	—	1	—	2	—
menili- to- wych	4	2	2	—	2	1	1
oocień- skich	6	1	2	3	2	—	4
isteb- niań- skich	7	1	5	1	3	2	2
dolno- kredo- wych	16	7	2	7	9	1	6
Razem	35	12	11	12	16	6	13

++ wynik współczynnika oraz interwału pęcznienia pozytywny

+- jeden z badanych parametrów pozytywny, drugi negatywny

-- wynik współczynnika oraz interwału pęcznienia negatywny

Dla uzyskania chociażby orientacyjnych danych o składzie mineralnym większości skał ilastych, głównie udziału montmorylonitu, określającego ich skłonność do rozpadu pod wpływem wody, wykonano odpowiednie badania, których wyniki przedstawiono fragmentarycznie w tab. III.

Własności ekspansywne badano w wysokotemperaturowym mikroskopie Leitza oraz piecu oporowym. Wykonano je dla 35 próbek. Własności te scharakteryzowano takimi parametrami, jak współczynnik pęcznienia, interwał pęcznienia oraz temperatura początku pęcznienia. Współczynnik pęcznienia określa zdolność do ekspansji, wyrażoną stosunkiem objętości uzyskanego ziarna keramzytu  $V_2$  do objętości

suchej próbki  $V_1$ ;  $S = \frac{V_2}{V_1}$  Interwał pęcznienia

wyraża się różnicą między temperaturą mięknięcia a temperaturą obtapiania. Temperaturą początku pęcznienia nazwano tę temperaturę, w której badany surowiec zaczyna powiększać swoją objętość. Wyniki badań ekspansywności łupków przedstawiono w tab. IV.

Wymagania jakościowe stawiane łupkom, z punktu widzenia własności ekspansyjnych, są następujące: współczynnik pęcznienia powinien być wyższy od 2,5, interwał pęcznienia nie mniejszy od 50°C, zaś

Tabela VI

WŁASNOŚCI FIZYCZNE LEKKICH KRUSZYW Z NIKTÓRYCH  
ŁUPKÓW KARPACKICH

Rodzaj oznaczenia	Oznaczenie próbki			
	Kamesz- nica 1	Kamesz- nica 2	Sól 4	Bączal- ka 6
Graniczne wartości cięż- aru nasypo- wego w $\text{kg/m}^3$	555—650	490—585	305—405	550—675
Ciężar nasy- powy w stanie luźnym w $\text{kg}/$ $\text{m}^3$	590	506	347	596
Ciężar nasy- powy w stanie zagęszczonym w $\text{kg/m}^3$	650	558	391	668
Wytrzymałość na ściskanie w $\text{kg/m}^3$	36,8	48,3	14,1	88
Klasa kru- szywa	700	500	300	700

temperatura pęcznienia nie wyższa od 1300°C. Porównując wyniki badań uzyskanych w wysokotemperaturowym mikroskopie Leitza oraz piecu oporowym łatwo dostrzec, że różnice w wynikach oznaczeń wykonanych tymi metodami są znaczne. Informują one również, że badane parametry spełniają określone normy wymagania. Wartości parametrów pozwalają zaliczyć badane łupki ilaste fliszu karpackiego do grupy średnio i dobrze pęczniących surowców ilastych.

Analiza wyników składu mineralnego łupków oraz ich ekspansywność zdają się wskazywać, że stopień i przebieg ekspansji zależy od składu mineralnego łupków. Najsilniejsze własności ekspansywne wykazują łupki zawierające kwarc drobnoziarnisty, łupki z kwarcem gruboziarnistym charakteryzują się mniejszą zdolnością do pęcznienia. Obecność kaolinitu zmniejsza własności ekspansywne, podwyższając znacznie temperaturę ekspansji. Mając na względzie tylko współczynnik i interwał pęcznienia, otrzymane wyniki można podzielić na 3 grupy, w których albo obydwa parametry są pozytywne, jeden parametr jest pozytywny, drugi — negatywny lub oba parametry są negatywne. Tego rodzaju ocenę wyników badań pierwszego etapu przedstawiono w tab. V.

Badania w piecu oporowym dają na ogół korzystniejsze i bardziej zdecydowane wyniki, przy mniejszej ilości wyników pośrednich. Różnice między wynikami badań w mikroskopie wysokotemperaturowym i w piecu oporowym tłumaczy się tym, że prób-

Tabela VII

## WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE LEKKICH BETONÓW

Oznaczenie betonu z kruszywa keramzytowego	Wytrzymałość na ściskanie w kG/cm <sup>2</sup>				
	Betony nienaparzone			Betony naparzone	
	po 3 dn.	po 7 dn.	po 28 dn.	po- nap. po 7 dn.	po 28 dn.
Sól	79,6	96,9	103,7	104	82,5
Kamesznica 1	165,9	174,3	204,7	144,7	209,5
Kamesznica 2	163,7	127,8	194,5	134,7	162,6
Bączalka	211,6	237,1	247,8	216,7	227,7

ka badana w mikroskopie Leitza wynosi zaledwie kilka gramów, a w piecu ok. 1 kg. Próbkę badaną w piecu jest bardziej uśredniona, co przy zmienności własności łupków karpaccich ma główny wpływ na wynik ekspansywności. Wyniki badań otrzymane z pieca wydają się bardziej miarodajne dla przemysłowej oceny przydatności łupków do produkcji kruszyw lekkich.

Z porównania wyników badań ekspansywności pod mikroskopem oraz w piecu oporowym wynika, że za miarodajne można przyjąć tylko te wyniki badań ekspansywności, które dały zgodną ocenę obydwu stosowanych metod. Przy rozbieżności wyników ( $\pm$ ) badania należy powtórzyć po odpowiednim przebadaniu terenowym i właściwym przygotowaniu próbek. Przyjmując takie kryteria z tab. V wynika, że około 1/3 próbek zbadanych pod mikroskopem należy zakwalifikować wstępnie jako posiadające własności ekspansywne, 1/3 zdecydowanie jest nieprzydatna, natomiast 1/3 wymaga ponownego przebadania. Korzystniejszy obraz uzyskuje się w następstwie badań w piecu oporowym. Biorąc pod uwagę znaczne zasoby poszczególnych obszarów oraz w wielu przypadkach ich dogodne położenie, możliwość wykorzystania surowców ilastych o własnościach ekspansywnych na terenie Karpat jest większa niż pozyskanie odpowiedniej wielkości złóż kruszywa naturalnego.

Przydatność karpaccich łupków ilastych do produkcji lekkich kruszyw została potwierdzona badaniami w skali ćwierćtechnicznej. W wyniku próbnych wypadów uzyskano dwa rodzaje kruszywa lekkiego. Jedną odmianą stanowiła kruszywo keramzytowe o ciężarze objętościowym w granicach 300–700 kG/m<sup>3</sup>, druga — o ciężarze objętościowym od 700 do 1000 kG/m<sup>3</sup>. Kruszywo keramzytowe z łupków karpaccich zostało uzyskane bez stosowania dodatków uaktywniających. Normy dotyczące keramzytu, zależnie od typu betonów wymagają od kruszywa ciężaru objętościowego od 300 do 700 kG/m<sup>3</sup>. Własności fizyczne otrzymanych lekkich kruszyw przedstawiono w tab. VI.

Uzyskane kruszywo lekkie przebadano pod kątem możliwości otrzymania z niego lekkich betonów (7). Ich wytrzymałości przedstawiono w tab. VII. Korzystniejsze wyniki otrzymano dla betonów wyprodukowanych z kruszyw uzyskanych z łupków ilastych z Kamesznicy oraz Bączalki.

Na podstawie badań terenowych popartych badaniami wskaźnikowymi i technologicznymi stwierdzono, że na terenie Karpat fliszowych (oprócz łupków menilitowych, których przydatność surowców do wyrobu kruszywa jest znana) występują inne rodzaje łupków ilastych i ilasto-krzemionkowych, posiadających własności ekspansywne, a które stanowią dobry surowiec do produkcji keramzytów. Łupki te występują na terenie różnych jednostek tektonicznych i są związane z utworami różnego wieku. Zasoby ich są

znaczne. Obecny stan poznania tego zagadnienia pozwala przewidywać realną możliwość użytkowania łupków karpaccich, a zwłaszcza łupków z warstw istebniańskich współwystępujących z syderytami, jako surowca keramzytowego, niemal na całym obszarze swego występowania. Spełniają one bowiem wymogi stawiane tym surowcom do produkcji keramzytów.

Za bezinteresowne wykonanie badań technologicznych lekkich betonów wyrażam podziękowanie dyrektorowi Zakładów Żelbetonowych w Łegu dr inż. S. Sztabrawie oraz mgr inż. R. Korczyńskiemu.

## LITERATURA

1. Badak J. — O przydatności niektórych skał ilastych fliszu karpacciego do produkcji ceramicznych kruszyw lekkich. Kwart. geol. 1966, nr 2.
2. Karpacz J. — Wstępne określenie przydatności jako surowca ceramicznego czarnych łupków i łupków ilastych okresu jurajskiego wydobywanych jako skała płonna przy eksploatacji rud żelaznych. Biul. Inst. Tech. Krzem. 1954, nr 3–4 (dod. do Mat. Bud. nr 9).
3. Kita-Badak M. — Charakterystyka wybranych występowania rud żelaza w Karpatach (praca doktorska), 1970.
4. Kita-Badak M. — Dotychczasowy stan badań karpaccich ilastych utworów jako surowca do produkcji kruszyw lekkich. Kwart. geol. 1972, nr 2.
5. Kita-Badak M., Stoch L. — O niektórych surowcach ceramicznych Karpat. Spraw. PAN. T. 26/2 (w druku).
6. Kita-Badak M., Jaszczur J. — Surowce ilaste fliszu karpacciego do produkcji lekkich kruszyw w świetle wyników nowszych badań geologiczno-żelaznych i technologicznych. Kwart. geol. 1973, nr 3.
7. Kita-Badak M., Małolepszy J., Stok A. — Kruszywa lekkie ze spieków łupków ekspansywnych obszaru Karpat C.W.G. 1972 (w druku).
8. Kita-Badak M., Baranowski K., Stoch L. — Skład mineralny i własności przerosłów ilastych wśród niektórych piaskowców karpaccich. Spraw. PAN, 1973 (w druku).
9. Mojsiejenko J. — Łupki ilaste kopalni łęczycyckich jako surowiec do produkcji kruszywa lekkiego. Prz. geol. 1969, nr 7.
10. Porfiriew W. B. i in. — Mienilitowyje ślancy-syrje dla promyslnosti stroitielnych materialow. AN USRR. Kijów, 1956.
11. Porfiriew W. B. i in. — Mienilitowyje ślancy Karpat. AN USRR. Kijów, 1963.

## SUMMARY

The paper discusses possibilities of utilization of clay slates occurring in the Flysch Carpathians. The slates were hitherto considered to be a rock material of subordinate economic value. The clay deposits occur in various tectonic and stratigraphic units of the Flysch Carpathians. They differ in macroscopic appearance, chemical and mineral compositions, physical and mechanical parameters, and mode of occurrence.

The studies recently carried out have shown applicability of the Flysch slates to production of light aggregates.

## РЕЗЮМЕ

В статье анализируется возможность использования глинистых сланцев, распространенных во флишевых Карпатах. До недавнего времени считалось, что их практическое применение весьма ограничено. Рассматриваемые породы распространены в разных тектонических элементах флише-

вых Карпат и характеризуются разной стратиграфической принадлежностью. Они отличаются друг от друга макроскопическим видом, химическим и минеральным составом, физическими и механическими свойствами, а также условиями залегания.

Проведенные в последнее время исследования доказали пригодность упомянутых флишевых сланцев для производства легких наполнителей.