

MORFOLOGIA IŁÓW MORSKICH NA PRZYKŁADZIE UTWORÓW ILASTYCH Z CHMIELNIKA I MACHOWA

UKD 551.352.1/2:552.122:624.131.439:622.242.3(26.03)(438.13)

Głębokie wiercenia, wykonywane obecnie w dnie mórz i oceanów, oraz konieczność posadowienia na nich platform wiertniczych budzą zainteresowanie morfologią i strukturą tych osadów. Ponieważ informacje, dotyczące badań takich próbek, są dotychczas skąpe, poniżej przedstawiono szczegółowe badania iłów morskiego pochodzenia, które obecnie należą do obszarów śródlądowych.

GEOLOGICZNE WARUNKI WYSTĘPOWANIA

Rejon występowania badanych iłów należy do jednostki tektonicznej tzw. zapadliska przedkarpackiego, które wchodziło w skład Paratetydy jako subprowincji neogenu w Europie. Do obszaru środkowej Paratetydy należą osady występujące na przedgórzu Karpat w Austrii, Czechosłowacji, Polsce, ZSRR (zachodnia Ukraina), na Węgrzech, w Rumunii, północnej Bułgarii i Jugosławii. Zapadlisko przedkarpackie stanowiło w okresie trzeciorzędowym wyraźny rów przedgórski, gdzie z pewnymi przerwami odbywała się sedymentacja osadów morskich. Zmiany linii brzegowej i głębokości morza miocenijskiego były głównymi przyczynami powstawania w zbiorniku osadów zróżnicowanych pod względem litologicznym zarówno w profilu

pionowym, jak i poziomym. W środkowych częściach zapadliska sedymentowały przeważnie utwory ilaste, przechodzące ku brzegom zbiornika w płytkowodne osady detrytyczne. Materiał był znoszony do basenu morskiego z otaczającego lądu, najprawdopodobniej z wypiętrzonych Karpat fliszowych, z wału metakarpackiego i z Gór Świętokrzyskich. W rejonie obrzeżenia tych ostatnich, zdaniem A. Radwańskiego (8), panowały warunki sprzyjające rozwojowi świata organicznego. Oprócz fauny (przede wszystkim małże i ślimaki) spotyka się również i florę.

LITOLOGIA

Odślaniające się w licznych naturalnych i sztucznych zboczach w północnej części zapadliska przedkarpackiego osady ilaste są wykształcone głównie w postaci laminowanych (warstwowanych) skonsolidowanych iłów marglistych (często bentonitowych). Cały kompleks ilasty w tej części zapadliska osiąga miąższość od kilku do kilkudziesięciu metrów. Maksymalnie w całym zapadlisku, położonym w granicach Polski, grubość miocenijskich utworów ilastych dochodzi do 3,8 km (6). Natomiast na terenie Rumunii



Ryc. 1. Wykop w ile z Chmielnika z widoczną laminacją.

Fig. 1. Clearly marked lamination in the Chmielnik clay visible in excavation.

osiągają one znacznie większe miąższości, nawet 5–8 cm (7).

Zasadniczym elementem teksturalnym iltów jest ich dobrze wykształcona laminacja (ryc. 1). Laminacja charakteryzuje się występowaniem naprzemianległych, przeważnie ciemnych, lamin i warstewek ilastych o zmiennej zawartości siarczków żelaza i substancji organicznej, o miąższości od ułamków milimetra do kilku centymetrów, oraz na ogół rzadziej występujących lamin i warstewek piaszczysto-pylastych, z reguły o jaśniejszej barwie i mniejszej grubości. W iltach występują liczne powierzchnie spękań.

Próbki do badań zostały pobrane ze ścian eksploatacyjnych kopalni Machów i z wykopu Zakładów Ceramiki Budowlanej w Chmielniku (Andrzejówce). Głębokości poniżej poziomu terenu wynosiły: w Machowie 30–50 m, w Chmielniku 8 m. Omawiane iltów są zaliczane do trzeciorzędu – górnego miocenu (sarmat – baden).

SKŁAD MINERALNY ORAZ WŁAŚCIWOŚCI MINERALOGICZNE I MECHANICZNE

Pod względem mineralogicznym szczegółowo przebadano ilt z Chmielnika. Ilt ten zawiera montmorillonit, illit i kaolinit. Montmorillonit występuje częściowo w strukturach mieszanych z illitem i chlorytem (10). Podobny skład mineralny wykazuje ilt z Machowa.

Tabela I
WŁAŚCIWOŚCI IŁÓW Z CHMIELNIKA (I)
I Z MACHOWA (II), OKREŚLONE NA PODSTAWIE
SORPCJI I RETENCJI WODY

Badanie	$W_m(0,95)$ %	\bar{S} m ² /g	$S-\bar{S}$ m ² /g	S m ² /g	M %	δ nm	CEC mwal/g	ΔG_3 %
I WST	10,1 ± 1	32,0 ± 1,4	160	192	21	30	0,324	12,7
I WRT	20,6 ± 1	44,7 ± 2	224	268	30	23	0,453	12,9
II WST		30–32	155– –162	190	21	30	0,32	7,5– –8,5

\bar{S} – zewnętrzna powierzchnia właściwa
 $S-\bar{S}$ – wewnętrzna powierzchnia właściwa
 S – całkowita powierzchnia właściwa
 CEC – pojemność wymiany kationów
 δ – grubość cząstki
 M – wskaźnik zawartości montmorillonitu
 ΔG_3 – strata masy w zakresie temperatur 400–800°C

Tabela II
WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE BADANYCH IŁÓW
(NIEZWIEETRZAŁYCH)

	Chmielnik 8 m ppt	Machów 30–50 m ppt
ϕ 2–0,05 mm	% 20	2–28
ϕ 0,05–0,002 mm	% 54	41–52
ϕ 0,002 mm	% 26	20–57
ρ_s	Mg/m ³ 2,57	2,63–2,71
ρ_n	Mg/m ³ 1,89	2,06–2,15
ρ_d	Mg/m ³ 1,41	1,61–1,83
e	0,822	0,475–0,630
W_n	% 33,6	13,0–26,9
W_l	% 72,8	34,9–70,5
W_p	% 38,8	25,3–37,4
I_p	% 34,0	9,6–40,0
I_l	–0,15	–0,22 do –0,45
S_w	ok. 1	ok. 1
CaCO ₃	% 19,3	do 15,9
A (Skempton)	1,31	0,70–1,0
α'_{cu} (Kąt tarcia wewn.)	17°20'	16°–24°
c'_{cu} (Spójność)	MPa 0,321	0,240–0,332
Moduł ścisłości	MPa 34	100–132

Na podstawie badań dyfraktometrycznych i sorpcyjnych można określić następujący przybliżony skład ilościowy badanego iltu (w %):

montmorillonit	30
illit	20
kaolinit	20
węglany	15
minerały i substancje akcesoryczne	15

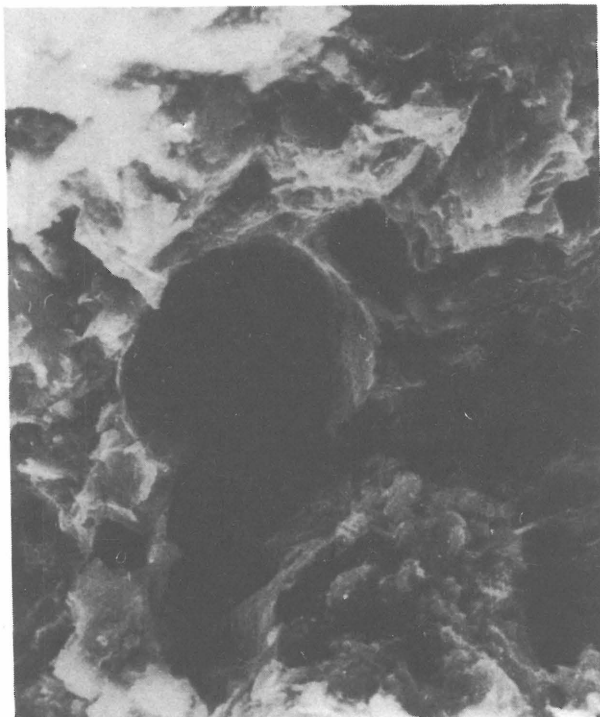
Właściwości mineralogiczne, określone na podstawie sorpcji (WST) i retencji (WRT) wody, przedstawiono w tab. I, właściwości zaś fizyczne – w tab. II. Pełną charakterystykę cech fizycznych iltów górnomiocenickich zapadliska przedkarpaccyjskiego można znaleźć w pracach R. Kaczyńskiego (3–5).

TEKSTURA

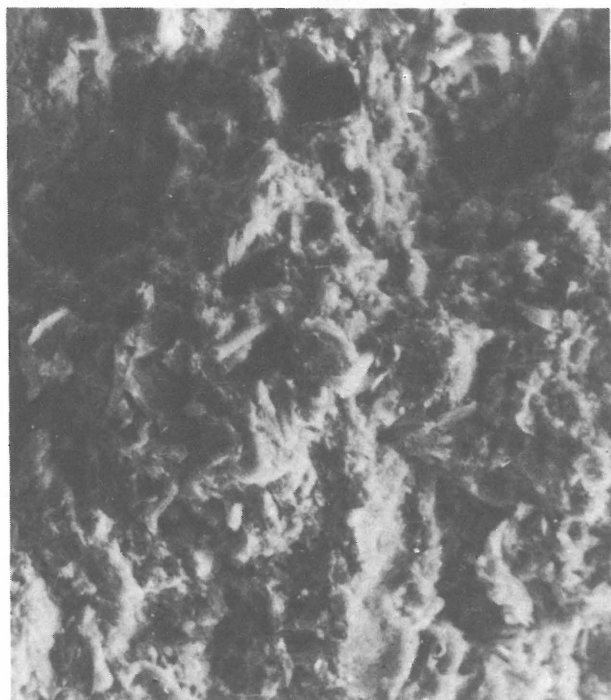
W ramach obszernych badań nad fizycznymi przyczynami zjawisk mechanicznych wykonano badania morfologii iltów przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego. Badania przeprowadzono na powierzchniach świeżych przełamów, tworzących płaszczyzny pionowe i poziome względem złoża. Po naklejeniu dolnej powierzchni preparatu na płytkę aluminiową, przystosowaną do uchwytu mikroskopu, badaną powierzchnię przełamu napylano



a



a



b



b

Ryc. 2. Zdjęcie dwóch powierzchni poziomych (a i b) łą z Chmielnika przy różnych powiększeniach (SEM).

a – lewe powiększenie 150×, prawe 500×, b – to samo.

w próżni (ok. 5×10^{-5} Tr) węglem, a następnie miedzią, w celu zapobieżenia elektrostatycznemu ładowaniu się preparatów pod wpływem bombardowania wiązką elektronów w mikroskopie skaningowym oraz w celu uzyskania lepszego kontrastu.

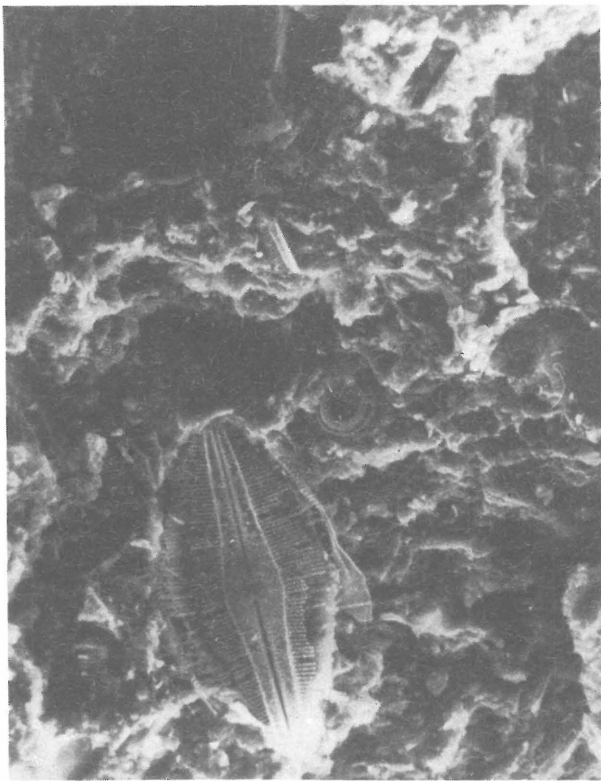
Przedstawione zdjęcia wykonano przy użyciu mikroskopu skaningowego JSM-2 firmy JEOL (w Instytucie Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej) przy napięciu przyspieszającym wiązkę elektronów 25 kV (ryc.

Fig. 2. SEM micrographs of horizontal surfaces (a and b) of the Chmielnik clays taken at different magnifications.

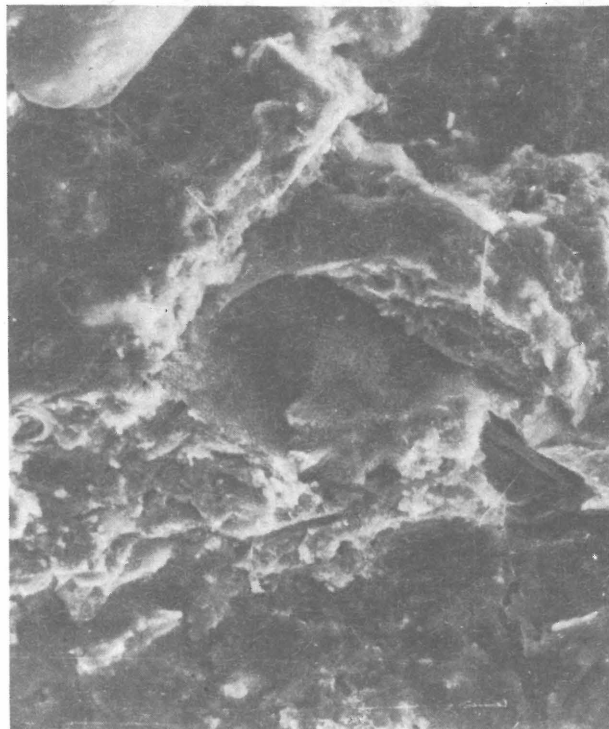
a – left micrograph – $\times 150$, right – $\times 500$, b – as above.

2–4). łą z Machowa (ryc. 5 i 6) były badane w Uniwersytecie Moskiewskim.

Badane łą wykazują w mikroskopie elektronowym obecność mikroorganizmów, świadczących o morskich warunkach ich powstawania. Zbudowane z węgla wapnia kokkolity (Coccolithophoridae; ryc. 6) osadzają się na dnie mórz. Badane osady uległy deformacji postsedymentacyjnej, o czym świadczą zniszczone fragmenty kokkolitów. Na ryc. 4 przedstawiono otwornicę planktoniczną



3a



3b

Ryc. 3. Zdjęcia dwóch powierzchni pionowych (a i b) łu z Chmielnika przy różnych powiększeniach (SEM), z widocznymi mikroorganizmami (powiększenia jak przy ryc. 2).

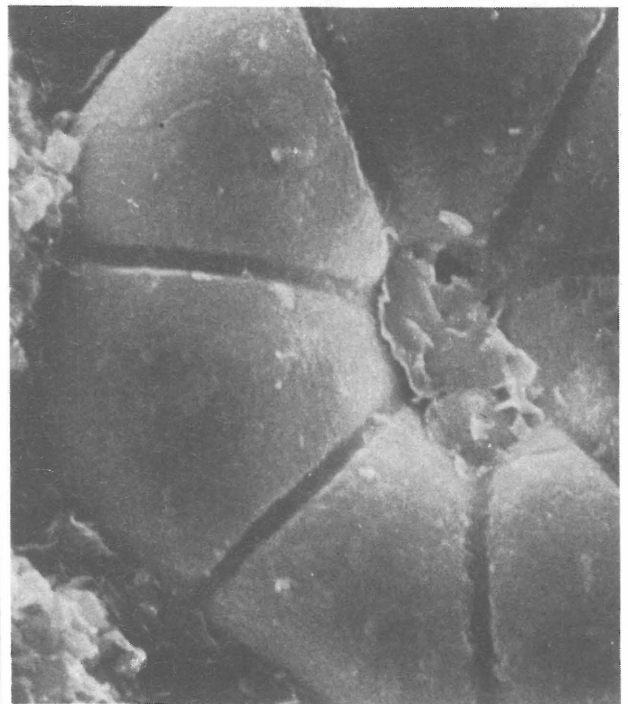
Fig. 3. SEM micrographs of two vertical surfaces (a and b) of the Chmielnik clays with noticeable microorganisms. Magnifications as in Fig. 2.

(Foraminifera), na pozostałych zaś rysunkach są widoczne różne gatunki okrzemek (Bacillariophyceae, Diatomeae).

Zwraca uwagę fakt, że mikroorganizmy są najczęściej osadzone płaskimi ścianami prostopadle do powierzchni



3a



Ryc. 4. Otwornica planktoniczna (Foraminifera) w powierzchni pionowej łu z Chmielnika (SEM). pow. 3000 \times .

Fig. 4. Planktonic foraminifer (Foraminifera) displayed by vertical surface in the Chmielnik clay; SEM, $\times 3000$.

sedymantacji (powierzchni poziomej złoża), choć zdarzają się również takie, które są osadzone ścianami płaskimi (ryc. 2b). Mikroorganizmy są rozmieszczone w masie cząstek iłowych i nie jest prawdopodobne, aby wpływały one w istotny sposób na właściwości mechaniczne osadu.

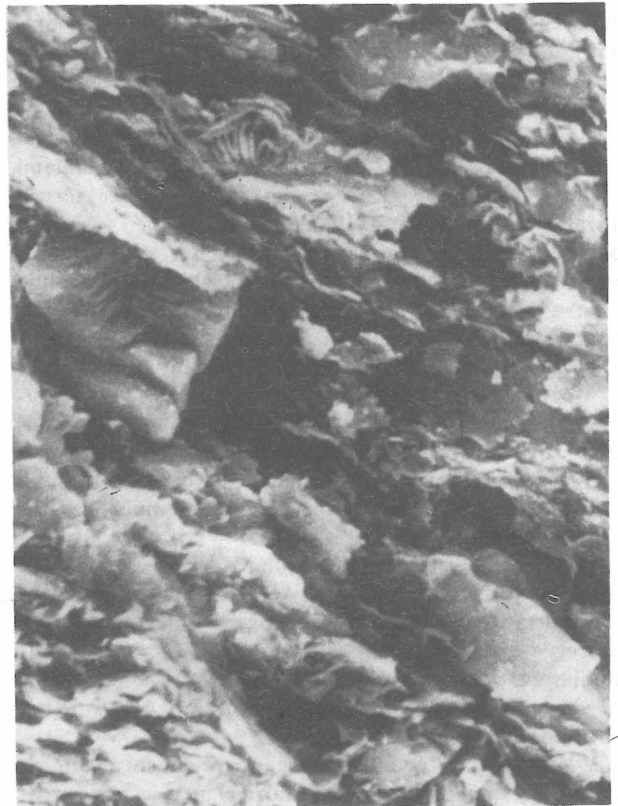
Z obrazów mikroskopowych wynika płytkowy kształt cząstek minerałów ilastych o różnej wielkości. Można



a

Ryc. 5. Zdjęcia dwóch powierzchni przelamu iltu z Machowa (SEM, pow. 3000×).

a – powierzchnia równoległa do laminacji, b – prostopadła do laminacji.



b

Fig. 5. SEM micrographs of two breakage planes in clay from Machów; ×3000.

a – surface parallel to lamination, b – surface perpendicular to lamination.

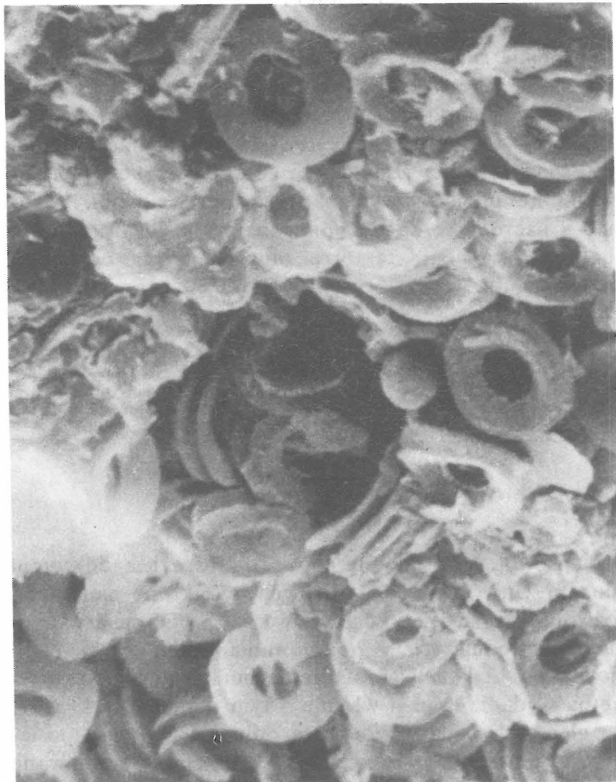


Fig. 6. Coccoliths (*Coccolithina*, *Coccolithophoridae*) in clay from Machów, SEM; 3000×.

Ryc. 6. Kokkolity (*Coccolithina*, *Coccolithophoridae*) w iltu z Machowa (SEM); ×3000.

również obserwować ziarna niecałkowicie przeobrażonych minerałów macierzystych (duża cząstka po prawej stronie, ryc. 5b). Cząstki tworzą większe agregaty, przedzielone makroporami, w których w stanie naturalnym występuje woda (zawartości wody makroporów nie określono ilościowo).

Oznaczona na podstawie sorpcji grubość cząstki $\delta = 30 \text{ nm}$ (300 \AA) jest na granicy zdolności rozdzielczej mikroskopu, jednak z ryc. 2a wynika, że jest to wartość prawdopodobna. Kształt cząstek jest wieloboczny (kaolinit, illit), o kącie ok. 120° lub są one nieregularne i wtedy są powyginane, co jest charakterystyczne dla montmorillonitu. Ich długość i szerokość wynosi od kilku do kilkunastu tysięcy \AA (500 do 1500 nm).

W obrazie powierzchni poziomej (ryc. 2a i 2b) obserwuje się mniejsze makropory i mniejsze reliefy niż w obrazie powierzchni pionowej, co logicznie wynika ze sposobu przygotowania próbki przez przelamanie. Uzyskuje się wówczas bardziej gładką powierzchnię poziomą, w której cząstki wykazują uprzywilejowaną orientację. Natomiast w powierzchni pionowej najsłabszym miejscem, po którym nastąpi przelam, jest powierzchnia, zawierająca najwięcej makroporów. Są one rozmieszczone niezbyt równomiernie, co może być związane z niejednorodnością składu mineralnego w obszarach mikroskopowych (1).

Uprzywilejowana orientacja cząstek, widoczna na niektórych powierzchniach pionowych (prostopadła do nich), jest maskowana przez mikroorganizmy, których duże pionowe powierzchnie zakrywają obraz na zdjęciu. Na innych powierzchniach pionowych nie jest ona w obrazie mikroskopowym zbyt wyraźna. Mogła ona być zakłócona w procesie przelamywania próbki. „Pasma” najdrob-

niejszych cząstek, będące przypuszczalnie cząstkami montmorillonitu (ryc. 2a) nasuwają hipotezę, że ten właśnie minerał, jako najmniej wytrzymały, będzie decydował o właściwościach wytrzymałościowych próbki.

Jeśli chodzi o wzajemne oddziaływanie cząstek, to przeważają układy cząstek, stykających się powierzchniami płaskimi, równoległymi względem siebie. W niektórych obszarach można zauważyć lokalną anizotropię i niejednorodność w postaci „taśm” równoległych cząstek otaczających makropory (ryc. 2a), obserwowalnych szczególnie w ile z Chmielnika. Jednocześnie można zaobserwować w płaszczyźnie pionowej nieznaczną uprzywilejowaną orientację cząstek, prostopadłych do tej płaszczyzny.

Można również zaobserwować, szczególnie w ile z Machowa, agregaty cząstek, stykających się krawędziami lub krawędzią z powierzchnią płaską (ryc. 5). If ten wykazuje niższy stopień transformacji od iltu z Chmielnika (obecność ziaren minerału macierzystego, mniej cząstek montmorillonitowych).

Oba iltu mają strukturę podobną do iltów morskich, badanych przez K. Collinsa i A. McGowna (2), jednak w przedstawionym przez nich obrazie mikroskopowym obserwuje się więcej minerałów towarzyszących minerałom ilastym. W obrazach iltów omawianych w tym artykule oprócz mikroorganizmów zaobserwowano tylko jedno ziarno skały macierzystej (ryc. 5).

Właściwości wytrzymałościowe i sorpcyjne iltu z Chmielnika zostały opublikowane gdzie indziej i będą jeszcze przedmiotem dalszych badań (10).

Autorzy dziękują dr E. Gaździckiej za konsultacje paleontologiczne.

LITERATURA

1. Borovec Z. — Microstructure and pore systems in clay rocks. Vth Conference on Clay Mineralogy and Petrology in Praha and Kutna Hora, Universitas Carolina Pragensis 1973.
2. Collins K., McGown A. — The form and function of microfabric features in variety of natural soils. Geotechnique 1974 vol. 24 no. 2.
3. Kaczyński R. — Badania wytrzymałości i odkształcalności iltów miocénskich z Bełchatowa i Machowa w warunkach wysokich ciśnień. Mat. Symposium IAEG 1979 t. 1.

4. Kaczyński R. — Inżyniersko-geologiczna ocena wpływu powierzchni osłabienia w iltach krakowieckich na stateczność zboczy rejonu Tarnobrzega. Biul. Geol. Wydz. Geol. UW 1977 t. 22.
5. Kaczyński R. — Wytrzymałość i odkształcalność górnomiocénskich iltów zapadliska przedkarpackiego. Ibidem, 1981 t. 29.
6. Karnkowski P. — Zapadlisko przedkarpackie. Część wschodnia. Budowa Geologiczna Polski. T. IV. Tektonika. Wyd. Geol. 1974.
7. Mahel M. (Ed.) — Tectonics of the Carpathian Balkan Regions. Geol. Inst. of Dionyz. Stúr Bratislava 1974.
8. Radwański A. — Neogen. [W:] H. Makowski (red.) — Geologia historyczna. Wyd. Geol. 1977.
9. Stępkowska E.T. — Test sorpcyjny i możliwość jego stosowania w różnych badaniach. Arch. Hydrotechniki 1977 t. 24 z. 3.
10. Stępkowska E.T., Kaczyński R. — Właściwości sorpcyjne naturalnego iltu bentonitowego z Chmielnika, poddanego wysokim obciążeniom. Ibidem 1980 t. 27 z. 3.

SUMMARY

Deep drillings recently made in seas and oceans and the necessity to analyse seafloor deposits as foundation soil for drilling platforms arise interest in morphology and structure of these deposits. The available data from studies on samples of such deposits are still rather innumerable so the author presents results of detailed studies on marine clays, nowadays occurring in land areas and which may be of some interest from the two above reasons.

РЕЗЮМЕ

Бурение глубоких скважин на дне морей и океанов, а также вопросы основания на них буровых платформ, вызвали большой интерес к морфологии и структуре этих осадков. До сих пор нет обширных информации по исследованию таких образцов. В статье представлены детальные исследования морских глин, которые в настоящее время принадлежат к континентальным территориям, так что они являются особенно интересными.