

Stanisław RYBICKI, Janusz RYBICKI

Własności inżyniersko-geologiczne utworów kredowych okolic Chełma Lubelskiego

Utwory kredowe okolic Chełma Lubelskiego wykształcone są głównie jako kreda pisząca. Z uwagi na małe rozprzestrzenienie kredy piszącej, ograniczające się do kilku miejsc występowania we wschodniej części kraju, jej własności nie były dotychczas dostatecznie zbadane. W okolicach Chełma kreda pisząca posiada miąższość ok. 300 m (E. Witwicka, 1958) i występuje bądź to bezpośrednio na powierzchni (fig. 1), bądź też pod przykryciem osadów czwartorzędu o miąższości od kilku do kilkunastu metrów. Kreda pisząca jest przedmiotem eksploatacji odkrywkowej dla potrzeb przemysłu cementowego. Stanowi ona także bezpośrednie podłoże budowlane, co powoduje zainteresowanie własnościami inżyniersko-geologicznymi tych utworów.

Wykształcenie litologiczne kredy chełmskiej jest na ogół bardzo monotonne bez wyraźnych horyzontów litostratygraficznych. Makroskopowo kreda pisząca jest skałą drobnopelityczną, wykazującą ławicowość, jest niewarstwowana, o przełamie ziemistym, jasnopopielata lub kremowa. Składa się ona z okruchów otwornic inoceramów i spikul gąbek. Pod względem granulometrycznym są to przeważnie cząstki o średnicy 0,05—0,005 mm (J. M. Gorkowa, 1962). Mimo makroskopowo niewidocznych różnic w obrębie kredy piszącej stwierdza się występowanie przerostów marglistych o małej zawartości węglanów. Pod względem chemicznym kreda pisząca jest dość jednorodna, a przeciętny skład chemiczny przedstawia się następująco: CaCO_3 (86—90%), SiO_2 (5,7—7,0%), Al_2O_3 (1,7—3,0%), Fe_2O_3 (0,6—0,7%).

Utwory kredowe okolic Chełma są słabo zaangażowane tektonicznie. Poza sporadycznymi deformacjami ciągłymi występują deformacje nieciągłe o charakterze spękań. Dość liczne są spękania duże, kilku lub kilkunastometrowe, często o charakterze uskoków. Pomiarzy kierunków nachylenia powierzchni spękań wykonano w odkrywkowej kopalni kredy w okolicy Chełma i w podziemnych korytarzach pod starą częścią miasta. W wyniku pomiarów stwierdzono, że dominujące kierunki nachylenia powierzchni spękań mają ogólnie przebieg NE—SW (fig. 2, 3).

Klasyfikując spękania pod względem ich wielkości i przebiegu w stosunku do ławic, wydzielono dwie klasy spękań. Klasa I — to spękania

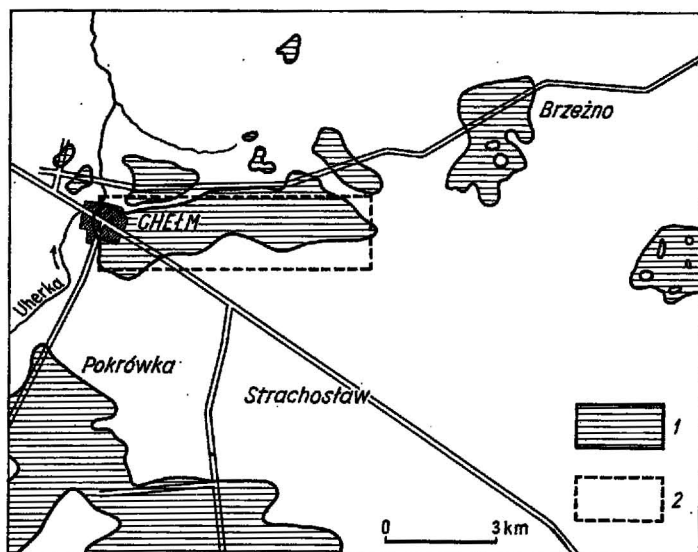


Fig. 1. Schematyczna mapa występowania kredy piszącej w rejonie Chełma Lubelskiego (wg. St. Różyckiego)
 Diagrammatic occurrence map of chalk in the region of Chełm Lubelski (according to St. Różycki)
 1 — kreda i margle kredowe, 2 — obszar badań
 1 — chalk and chalky marls, 2 — area of study

tektoniczne o długości kilkunastu cm do ok. 2 m, występujące w obrębie poszczególnych ławic i zanikające na międzyławicowych powierzchniach oddzielności. Spękania te mają dwa główne kierunki nachylenia powierzchni spękań (fig. 2) — ok. 25° i ok. 205° . Jest to więc ogólnie jeden sprzężony kierunek spękań o przeciwnym, dość stromym zapadaniu pod kątem ok. 72° . Klasa II — to duże spękania tektoniczne o długości kilku do kilkunastu metrów. Przecinają one poszczególne ławice tak, że można je często śledzić w całym odsłoniętym profilu utworów kredowych na odcinku o długości ok. 35 m. Spękania te posiadają cztery główne kierunki zapadania powierzchni spękań (fig. 3): ok. 15° i ok. 210° oraz słabiej zaznaczone kierunki ok. 75° i ok. 255° . Tworzą one dwa sprzężone systemy spękań o przeciwnym kierunku zapadaniu pod kątem ok. 75° . Warto nadmienić, że kierunki spękań II klasy pokrywają się generalnie z głównymi kierunkami spękań stwierdzonymi przez A. Jahna (1956) w niecce lubelskiej.

Określono również stopień spękania kredy piszącej. Charakteryzuje go wskaźnik gęstości spękań, który wyraża łączną długość wszystkich spękań na powierzchni 1 m^2 . Wskaźnik ten zmienia się wraz z głębokością: na głębokości 0—10 m wynosi średnio $13,6 \text{ m/m}^2$, 10—20 m — średnio $5,7 \text{ m/m}^2$ i 20—30 m — średnio $4,4 \text{ m/m}^2$. Zróżnicowanie wskaźnika gęstości spękań oprócz przyczyn natury tektonicznej spowodowane jest głównie spękalnością wietrzeniową w strefie przypowierzchniowej. Należy nadmienić, że grubość ławic w profilu pionowym nie zmienia się, co mogłoby wpłynąć na zmianę gęstości spękań.

W przypowierzchniowych partiach utworów kredowych rozwinięte są procesy wietrzeniowe, które cechują się pewną strefowością. Charakter wietrzenia i jego zasięg głębokościowy zależą głównie od zaawansowania

Fig. 2. Diagram konturowy kierunków zapadania spękań klasy I w kredzie piszącej okolic Chełma Lubelskiego
 Contour diagram of dip directions of I class fractures in the chalk in the vicinity of Chełm Lubelski

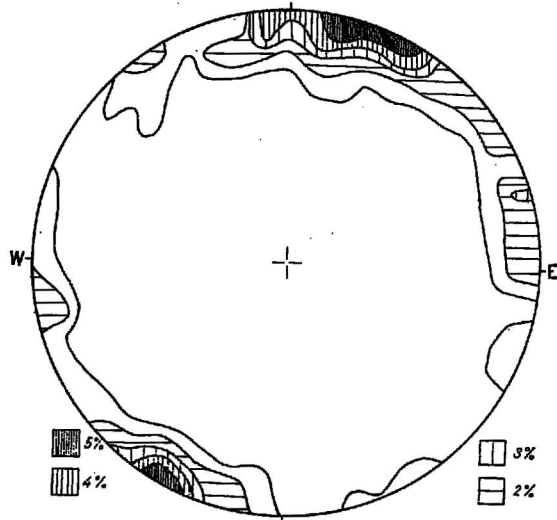


Fig. 2

Fig. 3. Diagram konturowy kierunków zapadania spękań klasy II w kredzie piszącej okolic Chełma Lubelskiego
 Contour diagram of dip directions of II class fractures in the chalk in the vicinity of Chełm Lubelski

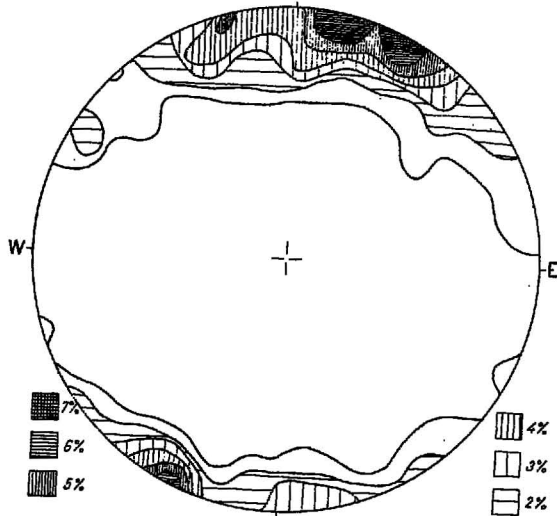


Fig. 3

tektonicznego i wykształcenia litologicznego utworów kredowych, bowiem sposób wietrzenia margli występujących sporadycznie w obrębie kredy piszącej jest inny niż samej kredy. Ogólnie w utworach kredowych można wydzielić trzy strefy wietrzeniowe.

W strefie I-szej przypowierzchniowej, o miąższości ok. 2 m, zwietrzelnina ma charakter drobnego rumoszu o wymiarach okruchów do kilku cm. W strefie tej występują niekiedy niewielkie leje krasowe o zasięgu pionowym do 1 m. Rozwinięte są na ogół wzdłuż większych spękań tektonicznych. I-sza strefa wietrzeniowa charakteryzuje się dużymi wahaniami wilgotności w zależności od warunków atmosferycznych. Dla strefy tej charakterystyczne jest odżelazienie zwietrzelniny i jej jaśniejsza barwa. Strefa wietrzeniowa II-ga ma miąższość 4—6 m i charakteryzuje się blokową dezintegracją kredy, a wymiary bloków wynoszą kilkanaście do kilkudziesięciu cm. W strefie tej wilgotność jest mniejsza i na ogół mało zmienna, natomiast występuje tu większe zażelazienie wietrzelniny, wynoszące 1—5‰.

W strefie III-ciej, o miąższości kilku metrów, procesy wietrzeniowe obserwuje się tylko na powierzchniach spękań. Dezintegracja kredy ma również charakter blokowy o wymiarach bloków do kilkudziesięciu cm. Na powierzchniach spękań obserwuje się podwyższoną wilgotność o 1—6‰ w stosunku do otoczenia spękań oraz zwiększone zażelazienie.

Charakter stref wietrzeniowych oraz ich zasięg głębokościowy w istotny sposób rzutują na warunki inżyniersko-geologiczne strefy przypowierzchniowej terenu. Warunki te określone są także własnościami fizyczno-mechanicznymi samej kredy.

Kreda piszcząca jest skałą organogeniczną, odznaczającą się wysoką porowatością, małym ciężarem objętościowym, dużą wodochłonnością i stosunkowo małą wytrzymałością. Na podstawie badań laboratoryjnych określono, że ciężar właściwy kredy piszczącej wynosi średnio $2,62 \text{ G/cm}^3$, ciężar objętościowy szkieletu $1,42 \text{ G/cm}^3$, a wilgotność naturalna średnio 24,9%. Porowatość ogólna kredy wynosi średnio 45,0%, a porowatość odkryta — 45,3%. Nasiąkliwość wagowa kredy jest znacznie mniejsza od porowatości i wynosi średnio 29,9%. W stanie suchym kreda chętnie nasycza się wodą, lecz pełnego nasycenia nie osiąga. Badania pęcznienia kredy wykazały, że jest ono minimalne, a jedynie próbki z wkładek marglistych wykazują pęcznienie 0,2—4,3‰. Kreda piszcząca posiada dużą odporność na rozmakanie i praktycznie w stanie naturalnej wilgotności nie rozmaka. Margle natomiast rozmakają przeciętnie już po ok. 3 godz. Współczynnik przepuszczalności monolitycznych próbek kredy piszczącej oznaczony przy pomocy sprężonego powietrza wynosi $3 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$, podczas gdy współczynnik z próbnego pompowania wynosi $2,6—3,3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. Świadczy to, że ruch wody w kredzie ma charakter szczelinowy.

Badania własności mechanicznych przeprowadzono na monolitycznych próbkach kredy i próbkach z powierzchniami spękań. Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie oznaczono prostopadle i równoległe do uławicenia na próbkach powietrzno-suchych i próbkach w stanie maksymalnego nasycenia wodą do wilgotności 30%. Przy ścisłaniu kreda zachowuje się jak materiał kruchy, niszczenie struktury zachodzi już przy odkształceniach pionowych rzędu 0,1 mm. Statyczny moduł sprężystości kredy w stanie powietrzno-suchym prostopadle do uławicenia wynosi średnio $E_{\perp} = 1,12 \cdot 10^3 \text{ kG/cm}^2$, a równoległe do uławicenia $E_{\parallel} = 0,8 \cdot 10^3 \text{ kG/cm}^2$. W stanie nasycenia wodą $E_{\perp} = 3,2 \cdot 10^3 \text{ kG/cm}^2$, a $E_{\parallel} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ kG/cm}^2$. Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie wynosi dla kredy w stanie powietrzno-suchym: $R_{c\perp} = 21,0 \text{ kG/cm}^2$, a $R_{c\parallel} = 15,4 \text{ kG/cm}^2$. Po nawilgo-

ceniu wodą $R_{c\perp} = 9,5 \text{ kG/cm}^2$, a $R_{c\parallel} = 7,1 \text{ kG/cm}^2$. Mimo makroskopowej jednorodności kredy wytrzymałość na ściskanie prostopadle i równolegle do uławicenia wykazuje istotne różnice. Współczynnik anizotropii określony stosunkiem:

$$A_c = \frac{R_{c\parallel}}{R_{c\perp}} \quad (1)$$

wynosi więc dla kredy powietrzno-suchej $A_{cs} = 0,71$, a dla kredy nasyconej wodą $A_{cw} = 0,77$. Wielkość współczynnika anizotropii kwalifikuje kredę piszącą do skał słabo anizotropowych. Po nasyceniu wodą kreda pisząca zmniejsza swoją wytrzymałość i mięknie. Współczynnik mięknięcia określony stosunkiem wytrzymałości na ściskanie w stanie nasycenia wodą do wytrzymałości w stanie powietrzno-suchym.

$$M_c = \frac{R_{cw}}{R_{cs}} \quad (2)$$

wynosi dla próbek prostopadłych do uławicenia $M_{c\perp} = 0,58$ i próbek równoległych do uławicenia $M_{c\parallel} = 0,61$. Według klasyfikacji W. C. Kowalskiego (1966), z uwagi na wielkość współczynnika mięknięcia, kredę piszącą zaliczyć można do skał silnie miękających.

Badania wytrzymałości kredy piszącej na ścinanie przeprowadzono na próbkach monolitycznych powietrzno-suchych i nawilgoconych wodą oraz próbkach z powierzchniami spękań. Spójność i kąt tarcia wewnętrzznego tych próbek są zróżnicowane (tab. 1). Zwraca uwagę, że nasycenie kredy piszącej wodą powoduje kilkukrotne zmniejszenie spójności.

Tabela 1

Uśrednione wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności kredy piszącej rejonu Chełma uzyskane z badań bezpośredniego ścinania

Rodzaj próbek	Kąt tarcia φ°	Spójność C kG/cm ²
Próbka monolityczna w stanie powietrzno-suchym ($W=18\%$)	39°50'	1,65
Próbki monolityczne w stanie nasycenia wodą ($W=30\%$)	29°10'	0,65
Ścinanie próbek powietrzno-suchych po powierzchni spękania	30°40'	0,35
— w stanie nawilgoconia powierzchni spękania	26°30'	0,15

Badania własności mechanicznych oraz badania spękalności kredy pozwalają na określenie własności wytrzymałościowych kredy w masywie dla potrzeb oceny stateczności zboczy. Miaraą charakteryzującą, w jakim stopniu wytrzymałość spękanego masywu kredy jest mniejsza od wytrzymałości oznaczanej na próbkach monolitycznych, jest wskaźnik osłabienia strukturalnego (G. L. Fisenko, 1965):

$$\lambda = \frac{C_m}{C_p} = \frac{1}{1 + a \cdot \ln\left(\frac{H}{l}\right)} \quad (3)$$

gdzie:

- λ — wskaźnik osłabienia strukturalnego;
- C_m — spójność masywu;
- C_p — spójność próbki monolitycznej;
- a — współczynnik zależny od rodzaju skały (dla kredy $a = 2$);
- H — wysokość zbocza;
- l — wymiary bloków, na które dzieli się spękana skała.

Ze wzoru 3 wynika, że spójność masywu jest

$$C_m = \frac{C_p}{1 + a \cdot \ln\left(\frac{H}{l}\right)} \quad (4)$$

Dysponując więc wynikami badań spójności próbek monolitycznych można ocenić spójność masywu w zależności od rodzaju i gęstości spękań oraz wysokości zbocza. W poszczególnych interwałach głębokościowych, dla których określono wskaźnik gęstości spękań odpowiadający generalnie spękanom I i II klasy przy wysokości zbocza ok. 10 m, spójność masywu przeciętnie wynosi: dla wskaźnika gęstości spękań $W_s = 13,6 \text{ m/m}^2$, $C_m = 0,18 \text{ kG/cm}^2$; dla $W_s = 5,5 \text{ m/m}^2$, $C_m = 0,19 \text{ kG/cm}^2$ i dla $W_s = 4,4 \text{ m/m}^2$, $C_m = 0,24 \text{ kG/cm}^2$. Dla kredy w stanie nasycenia wodą odpowiednie wartości spójności są mniejsze, rzędu $0,1 \text{ kG/cm}^2$. Porównując te wartości spójności z wynikami badań próbek na powierzchniach spękań (tab. 1) widać, że wartości te są bardzo zbliżone. Można by więc praktycznie określać wskaźnik osłabienia strukturalnego masywu jako stosunek spójności na powierzchniach spękań do spójności próbek monolitycznych.

Z inżyniersko-geologicznego punktu widzenia interesujący jest problem szkód budowlanych miasta Chełma. W starej części miasta w utworach kredowych występują podziemne korytarze, których pochodzenie i przeznaczenie nie jest dotychczas w pełni wyjaśnione. Korytarze te posiadają różną szerokość i występują na głębokości od ok. 1 do 30 m, tworząc podziemny labirynt na trzech poziomach głębokościowych. Podziemne korytarze wskutek postępujących procesów geologicznych, głównie wietrzenia, ulegają zawałom, które często sięgają do powierzchni terenu, tworząc lokalne zapadliska. Do powstania zawałów przyczynia się w dużej mierze nie uregulowany problem kanalizacji miasta oraz nasilający się ruch pojazdów. Dla problematyki szkód budowlanych niezbędne jest rozpoznanie i określenie własności inżyniersko-geologicznych podłoża kredowego. Składa się na to rozpoznanie charakteru litologicznego utworów kredowych, stopnia ich zwiętrzenia i głębokości zwiętrzenia, własności fizyczno-mechanicznych oraz charakteru i kierunków spękań kredy.

Zasięg głębokościowy profilu wietrzeniowego stwierdzony otworami wiertniczymi wynosi w starej części miasta 5—7 m, co odpowiada I i II

strefie wietrzeniowej, obserwowanej w odkrywkowej kopalni kredy. Tak więc w stropowych partiach wielu podziemnych korytarzy występują utwory kredowe, częściowo zwietrzałe i o przewodze spękań I i II klasy. Główne kierunki zapadania powierzchni spękań wynoszą podobnie jak w odkrywkowej kopalni kredy ok. 10° i ok. 210° . Podziemne korytarze o przebiegu NE—SW są więc bardziej narażone na zawał anizeli korytarze o innym kierunku przebiegu. Zwietrzenie utworów kredowych i ich spękanie ułatwia infiltrację wód opadowych, co powoduje wzrost wilgotności i znaczne zmniejszenie wytrzymałości. Jeśli w kredzie występują wkładki margliste, to wskutek wzrostu zawilgocenia stwarzają szczególne zagrożenie prowadzące do zawałów korytarzy.

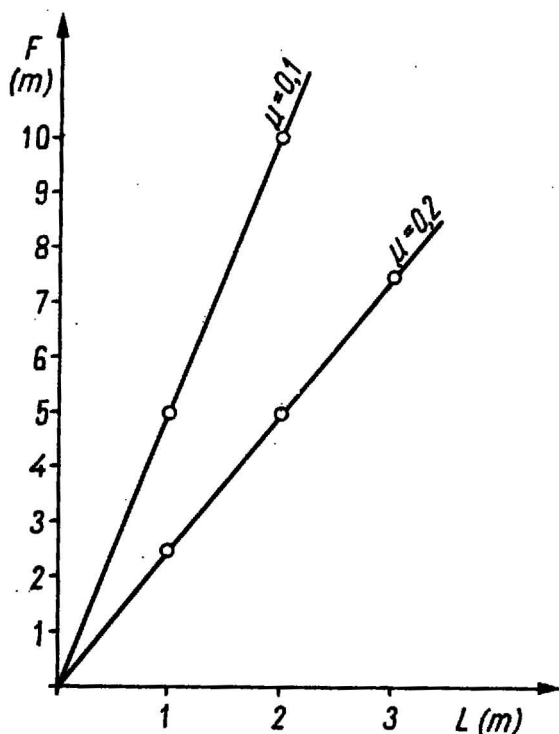


Fig. 4. Wykres zależności zasięgu strefy spękań (F) od szerokości chodnika (L) przy różnych współczynnikach zwięzłości kredy (μ)
Diagram of dependence of fracture zone (F) extent upon the width of a gallery (L) according to different coefficients of chalk compactness (μ)

W celu określenia stopnia zagrożenia podziemnych korytarzy zawałem przeprowadzono orientacyjne obliczenia zasięgu strefy odprężenia i spękania kredy w stropie tych korytarzy na podstawie badań Protodiakonowa (A. Sałustowicz, 1965). Zasięg tej strefy nad wyrobiskiem można określić dla skał zwięzłych z następującego wzoru:

$$F = \frac{l}{2\mu} \quad (5)$$

gdzie:

- F — wysokość strefy spękań nad stropem wyrobiska,
- l — szerokość wyrobiska,
- μ — współczynnik zwięzłości skał.

Współczynnik zwięzłości $\mu = 0,01 R_c$ i dla kredy w stanie powietrzno-suchym wynosi średnio 0,2, a dla kredy w stanie nawilgocenia — średnio 0,1. Przyjmując stwierdzone szerokości chodników ok. 1—3 m, obliczono wysokość strefy spękań nad stropem (fig. 4). Przy średniej szerokości chodników 1,5 m zasięg strefy spękań wynosi ok. 3,5 m dla współczynnika zwięzłości kredy w stanie powietrzno-suchym i ok. 7,5 m dla współczynnika zwięzłości w stanie nawilgocenia. W świetle obliczeń można więc przyjąć, że szczególnie narażone na powstawanie zawałów stropu są te podziemne korytarze, które występują do ok. 7 m głębokości. Do głębokości około 5—7 m sięga też I i II strefa wietrzeniowa utworów kredowych, co dodatkowo osłabia wytrzymałość masywu kredowego. Podziemne korytarze pod starą częścią miasta występują przeciętnie na głębokości około 10 m, w związku z tym zagrożenie zawałem występuje sporadycznie i tylko tam, gdzie głębokość ta jest mniejsza od 7 m.

Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej
Akademii Górniczo-Hutniczej
Kraków, Al. Mickiewicza 30
Nadesłano dnia 19 czerwca 1972 r.

PIŚMIENNICTWO

- JAHN A. (1956) — Wyżyna Lubelska. PWN. Warszawa.
KOWALSKI W. C. (1966) — Anizotropia wytrzymałości i mięknięcia skał senońskich przełomowego odcinka Wisły środkowej. Biul. Inst. Geol. 190. Warszawa.
SAŁUTOWICZ A. (1965) — Zarys mechaniki górotworu. Wyd. Śląsk. Katowice.
WITWICKA E. (1958) — Statygrafia mikropaleontologiczna kredy górnej włocławskiej w Chełmie. Biul. Inst. Geol., 121. Warszawa.
ФИСЕНКО Г. Л. (1965) — Устойчивость воров карьеров и отвалов. Изд. Недра. Москва.
ГОРЬКОВА И. М. (1962) — Природа прочности и деформационные особенности мела. Изд. АН СССР, 44. Москва.

Stanisław RYBIŃSKI, Janusz RYBIŃSKI

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОКРЕСТНОСТЕЙ ХЕЛМА ЛЮБЕЛЬСКОГО

Резюме

Меловые отложения окрестностей Хелма Любельского представлены главным образом песчаным мелом. Они вызывают заинтересованность с точки зрения их инженерно-геологических свойств, так как залегают на поверхности рассматриваемой территории. В результате полевых исследований описан характер и направления трещин песчаного мела, определены

классы трещин, а также показатель плотности трещин. На основе полевых наблюдений определено глубинное распространение выветренного разреза мела, а также его вертикальная изменчивость.

В результате лабораторных исследований определены физические и механические свойства песчого мела, а также на основании формул коэффициента структурного ослабления вычислена вероятная спайность мела в массиве в зависимости от характера и плотности трещин. В работе определено отношение также к проблематике строительного вреда, связанного в городе Хелме со свойствами меловых отложений.

Stanisław RYBICKI, Janusz RYBICKI

**ENGINEERING-GEOLOGICAL PROPERTIES OF FORMATIONS FOUND
IN THE VICINITY OF CHELM LUBELSKI**

Summary

The Cretaceous formations found to occur in the vicinity of Chelm Lubelski are developed mainly as chalk. Since they occur at the surface they are interesting from the engineering-geological point of view. On the results of field examinations both character and directions of fractures in the chalk are discussed, and the classes of the fractures and the coefficient of fracture density are determined. On field observations the depth of weathering profile of the chalk has been examined, and its vertical variation has been given.

During laboratory examinations both physical and mechanical properties of the chalk have been determined and probable chalk compactness in the massif according to the character and density of fractures has been calculated on the basis of the formulae for structural weakness. The work comprises also the problem related to building damages in Chelm Lubelski with reference to the chalk formations.