

Wybrane parametry budowy mikrostrukturalnej kredy piszącej i opoki marglistej

Arkadiusz Olszewski*

Określenie charakteru migracji zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej wymaga wyznaczenia parametrów określających budowę mikrostrukturalną skały. Badania wykonano metodą SEM oraz porozymertu rtęciowego. Wykonano kilkadziesiąt analiz porowatości całkowitej i porowatości efektywnej dla kredy piszącej i opoki marglistej. Wyznaczono wartości średnic, pól powierzchni i obwodów porów oraz promienia hydraulicznego i współczynnika formy porów. Próbki skalne opoki marglistej i kredy piszącej wysuszono w temperaturze 20, 100 i -273 °C — sublimacja. Pozwoliło to na określenie skurczu skał, który zachodzi podczas suszenia.

Porowatość całkowitą określono na 45% dla kredy piszącej i 46% dla opoki marglistej. Porowatość efektywną oszacowano odpowiednio na 44 i 45%. Skurcz szkieletu skalnego określono na około 6–8 % w stosunku do porowatości skał w warunkach naturalnych. Ze względu na wielkości średnic pustki skalne zaklasyfikowano do grupy mikroporów.

Wyniki badań pozwolą na dokonanie próby analizy zjawisk fizycznych zachodzących podczas migracji zanieczyszczeń w wodach podziemnych w szczelinowo-porowej warstwie wodonośnej.

Słowa kluczowe: kreda pisząca, opoka marglista, mikrostruktura skał, porowatość

Opisując procesy chemiczne oraz zjawiska fizyczne zachodzące podczas migracji zanieczyszczeń w wodach podziemnych jest konieczne dokonanie charakterystyki mikrostrukturalnej skały. Podjęto także analizę dla skał węglanowych wodonośca szczelinowego w rejonie Chełma i Rejowca. Badania częściowo sfinansowano z funduszu Badań Własnych Zakładu Hydrogeologii Instytutu Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej UW.

Wykonano kilkadziesiąt analiz porowatości całkowitej kredy piszącej z okolic Chełma i opoki marglistej z rejonu Rejowca. Ponadto wyznaczono także wartość porowatości efektywnej tych skał. Analizy porowatości całkowitej wykonano przy użyciu mikroskopu skaningowego, a wyniki opracowano w Zakładzie Geologii Inżynierskiej Instytutu Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Wydziału Geologii UW, przy użyciu programu komputerowego STIMAN. Porowatość efektywną dla kredy piszącej i opoki marglistej wyznaczono Porozymertem Rtęciowym AutoPore II 9220 produkcji amerykańskiej firmy Micromeritics. Analiz dokonano w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, w Zakładzie Surowców Energetycznych. Ponadto określono wpływ zjawiska skurczu, występującego podczas suszenia próbek skalnych, na budowę mikrostrukturalną kredy piszącej i opoki marglistej. Na podstawie ok. 100 analiz porowatości całkowitej i efektywnej oszacowano także wartości średnic, obwodów, powierzchni porów oraz wartości promienia hydraulicznego i współczynnika formy porów. Wyznaczono także współczynnik przepuszczalności bardzo charakterystyczny dla badanych skał.

Metodyka badań

Próbki skalne do badań mikrostrukturalnych pobrano z odkrywek: w Chełmie (kreda pisząca) i Rejowcu Fabrycznym (opoka marglista). Badania porowatości poprzedzono analizami skaningowymi, wykonanymi na przygotowanych próbkach kredy piszącej i opoki marglistej. Na podstawie otrzymanych wyników graficznych określono charakter mikrostruktur tych skał. Stwierdzono, że kreda pisząca i opoka marglista to skały o mikrostrukturze komórkowej dobrze widocznej przy powiększeniu ok. 4000 razy (Grabowska-

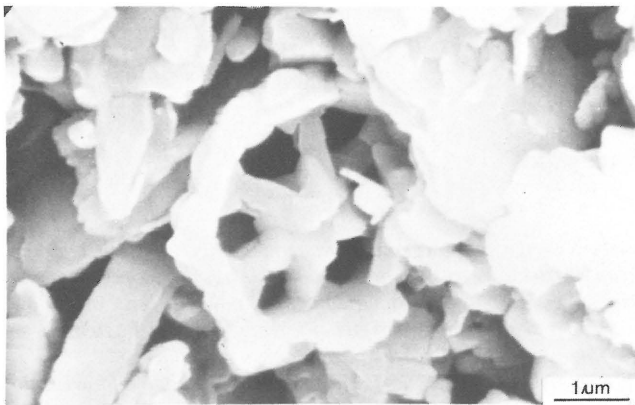
Olszewska i in., 1984). Udało się także sfotografować szkielety kokolitów (ryc. 1, 2) budujących kredę piszącą oraz igły gąbek z wykrytym SiO_2 (ryc. 3). Ciekawych wniosków dostarcza analiza porów ze zdjęć skaningowych. Pory w tych skałach to pustki, które są wolnymi przestrzeniami powstałymi pomiędzy kryształami minerałów skałotwórczych. Są to także luki po wypłukanych minerałach. Napotkano też na wolne przestrzenie po igłach gąbek. Część porów została zapełniona kryształami minerałów, które wytrąciły się z wody filtrującej w skale (ryc. 4a, b). Nowe kryształy z reguły nie wypełniają w całości wolnej przestrzeni po igle gąbki. Nie jest to możliwe, ponieważ kształty obu elementów nie są jednakowe. Na ryc. 4a, b są widoczne przestrzenie porowe powstałe w wyniku krystalizacji minerałów w wolnych przestrzeniach po igłach gąbek.

Skład chemiczny kredy piszącej i opoki marglistej jest zróżnicowany w zakresie proporcji ich składników. Kreda zawiera ponad 93% węgla wapnia podczas, gdy opoka marglista ponad 72%. W przypadku krzemionki natomiast jest odwrotnie: kreda zawiera jej 4–5% natomiast opoka marglista ponad 14%. Zawartość bezpostaciowej krzemionki SiO_2 wpływa m.in. na twardość skały. Opoka marglista jest bardziej twarda, mniej podatna na kruszenie i niszczenie mechaniczne. Zawartość minerałów ilastych dla kredy piszącej to ok. 2% jej składu, a dla opoki marglistej aż ponad 12% całkowitego składu. Pozostałych domieszek minerałów jest odpowiednio ok. 0,8% i prawie 3,5% dla obu typów skał (Łozińska-Stepień, 1975, 1988; Rybicki & Rybicki, 1973; Dragowski, 1981).

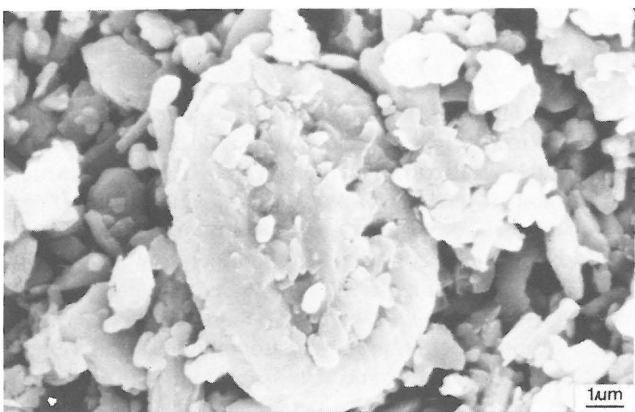
Omówienie wyników badań

Badania miały na celu określenie wartości porowatości całkowitej i efektywnej oraz oszacowanie stopnia skurczu występującego podczas suszenia skał. Minerały ilaste są odpowiedzialne za skurcz, dlatego też opoka marglista powinna ulegać dużo głębszym zmianom budowy mikrostrukturalnej niż kreda. Do badań porowatości całkowitej oraz porowatości efektywnej wypreparowano po trzy rodzaje próbek dla obu typów skał. Kredę i opokę marglistą suszono w temperaturze pokojowej do otrzymania stałej masy oraz w zwykłej suszarce w temperaturze 105°C także do stałej masy. Trzeci rodzaj próbek wysuszono w suszarce próżniowej przy wykorzystaniu niskiej temperatury (Smart & To-

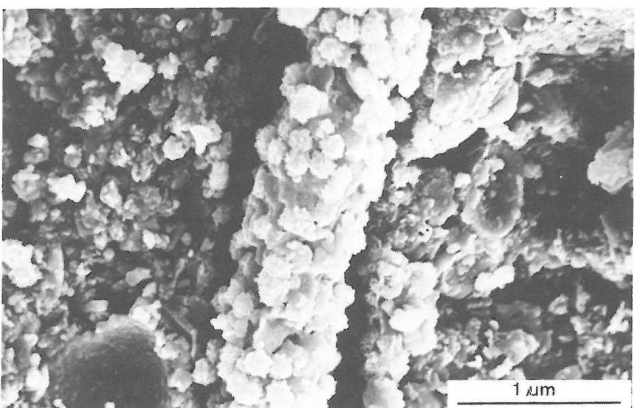
*Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa



Ryc. 1. Kreda pisząca z okolic Chełma



Ryc. 2. Kreda pisząca z okolic Chełma



Ryc. 3. Opoka marglista z rejonu Rejowca

wey 1981, 1982; Osipov i in., 1989). Powołując się na badania testowe cytowanych autorów, oraz doświadczenia Kaczyńskiego i Trzczińskiego (1997) przyjęto, że wyznaczone parametry dla skał niskotemperaturowo przygotowanych do analiz odpowiadają parametrom dla kredy i opoki marglistej w warunkach naturalnych. Dokonując preparatyki próbek skalnych poprzez zamrażanie skał wykluczono oddziaływanie procesu skurczu kredy piszącej i opoki marglistej.

Porównując uśrednione wartości porowatości całkowitej stwierdzono, że próbki kredy piszącej i opoki marglistej wysuszonej w niskiej temperaturze charakteryzują się porowatością w granicach ponad 45–46%. Ponadto stwierdzono, że porowatość całkowita opoki marglistej jest większa o ponad 1,5% od porowatości kredy piszącej.

Uwzględniając wartości tego parametru dla próbek skalnych wysuszonych w temperaturze 105°C należy stwierdzić, że jej wartość zmieniła się dość znacząco. Dla opoki marglistej wzrosła do ponad 49,7%, a dla kredy piszącej spadła do 46,7%. Zauważono wyraźną różnicę porowatości całkowitej, która uległa znacznemu wzrostowi dla próbek powietrznosuchych oraz wysuszonych w temperaturze 105°C w stosunku do skał wysuszonych niskotemperaturowo (ryc. 5). Widoczny więc jest tu wyraźny skurcz minerałów tworzących szkielet skalny (Olszewski, 1997), który dla kredy piszącej wynosi ok. 8,6%, dla opoki marglistej natomiast ok. 6,3% w stosunku do próbek skalnych wysuszonych w niskiej temperaturze. Wartość porowatości całkowitej dla próbek skalnych wysuszonych w temperaturze pokojowej wynosi ponad 49%. W przypadku opoki marglistej wartość ta jest nieznacznie niższa od porowatości całkowitej otrzymanej przy suszeniu w temperaturze 105°C, dla kredy piszącej natomiast jest ona wyższa i wynosi 49,07% (tab. 1, ryc. 5). Zauważyć należy, że proces skurczu szkieletu skalnego dla kredy piszącej jest dużo bardziej długotrwały. Nie jest on w pełni zakończony po szybkim odparowaniu wody. W przypadku długotrwałego odparowywania wód porowych z kredy piszącej proces ten znacznie się pogłębia i analizując wartości porowatości całkowitej jest bardziej widoczny.

Systematyzując wyniki porowatości efektywnej dla próbek kredy piszącej oraz opoki opoki marglistej odpowiednio wyprzepracowanych stwierdzono, że zjawisko zmiany budowy mikrostrukturalnej na skutek suszenia skał jest dobrze udokumentowane i mimo niższej zawartości minerałów ilastych w kredzie piszącej proces ten jest bardziej widoczny.

Porównując wyniki badań porowatości efektywnej należy zauważyć, że dla próbek kredy piszącej w stanie powietrznosuchym i wysuszonych w temperaturze 105°C jest ona równa 43,60%. Wartości te są niższe dla opoki marglistej i wyższe dla kredy piszącej. Porowatość efektywna jest wyższa dla skał wysuszonych w niskiej temperaturze i wynosi odpowiednio dla kredy 44,50%, a dla opoki marglistej 41,30%. Wielkości porowatości efektywnej kredy piszącej i opoki marglistej stanowi ponad 0,8 wartości porowatości całkowitej. Porównując opracowania graficzne wykonane dla porowatości całkowitej i efektywnej (ryc. 5, 6) zauważono, że nastąpiło wyraźne zróżnicowanie poszczególnych wartości porowatości. Całkowita porowatość jest większa dla opoki marglistej, natomiast efektywna wyraźnie wzrosła dla próbek kredy piszącej i jest wyższa od wartości charakteryzujących opokę marglistą. Porowatość efektywna kredy piszącej i opoki marglistej to zespół mikroporów połączonych ze sobą i tworzących bardzo skomplikowaną sieć. Nie wszystkie pory wchodzą w skład sieci porów efektywnych. W przypadku skał szczelinowo-porowych nie należy utożsamiać wartości porowatości efektywnej jako wielkości charakteryzującej tą skałę pod względem hydrogeologicznym (Krajewski, 1970; 1984). Dla określenia warunków i charakteru migracji jonów w wodonoścu szczelinowo-porowym wartość porowatości

Tab. 1. Zestawienie wartości porowatości oraz wybranych parametrów powierzchniowych i przestrzennych opisujących budowę mikrostrukturalną skał

| Rodzaj próbki skalnej | Średnia porowatość całkowita | Średnia porowatość efektywna | Średnia średnica porów | Średni obwód porów | Średnia powierzchnia porów | Uwagi |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------|--|
| | (%) | (%) | (μm) | (μm) | (μm^2) | |
| kreda pisząca | 49,07 | 43,70 | 1,089680 | 8,5278 | 2,717338 | próbki skalne suszone w temperaturze pokojowej |
| margiel | 49,66 | 39,00 | 0,882080 | 6,9602 | 1,872770 | |
| kreda pisząca | 49,72 | 43,40 | 1,040111 | 8,3512 | 2,633790 | próbki skalne suszone w temperaturze 105°C |
| margiel | 49,36 | 39,40 | 0,735004 | 5,2579 | 1,120486 | |
| kreda pisząca | 45,17 | 44,56 | 1,016184 | 8,0579 | 2,205890 | próbki skalne suszone w niskiej temperaturze |
| margiel | 46,72 | 41,30 | 0,745514 | 5,5477 | 1,323013 | |

efektywnej jest bardzo istotna, natomiast dla określenia czy istnieje filtracja wód podziemnych w tych utworach, odbywająca się porami należy określić ich wielkość.

Analizując wyniki porowatości całkowitej i efektywnej zauważono ciekawe zjawisko. Jest ono szczególnie widoczne na wykresach ryc. 5, 6. Podczas suszenia porowatość

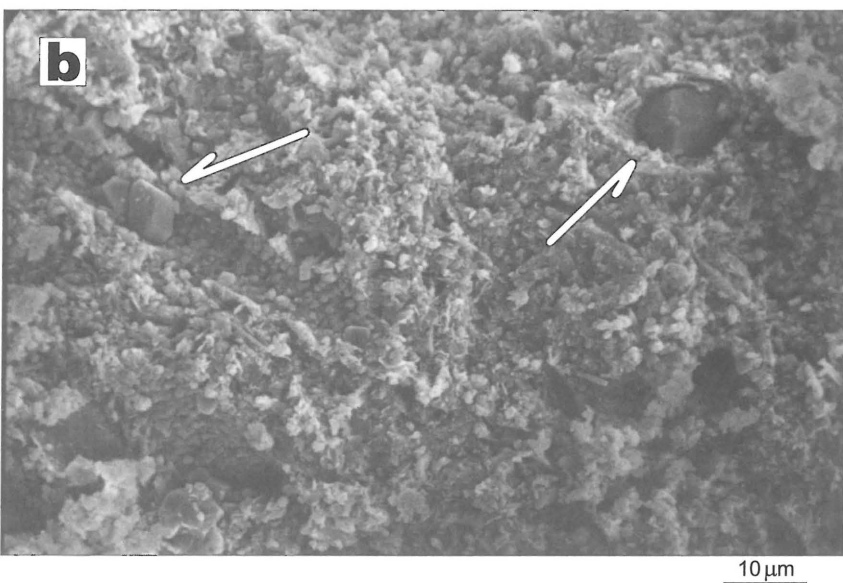
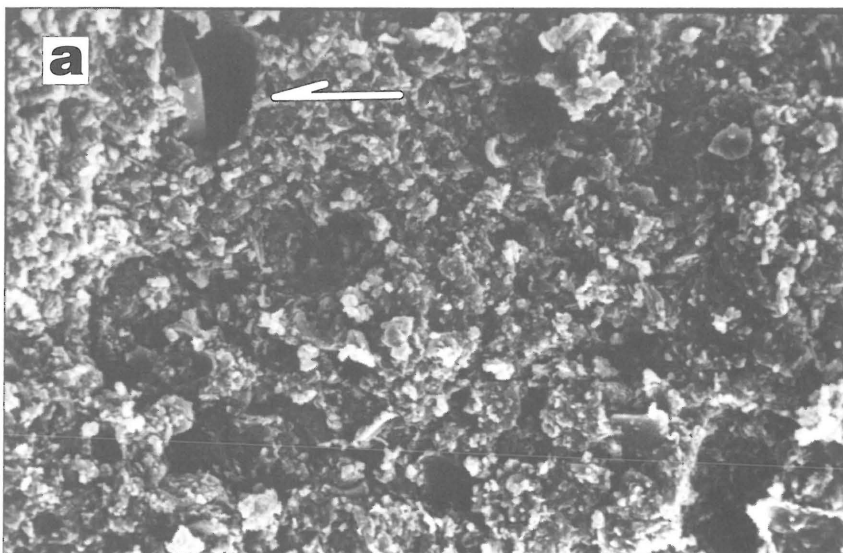
całkowita wzrasta (ryc. 5) i to zarówno dla kredy jak i opoki marglistej. W przypadku kredy wzrost jest dużo bardziej widoczny, mimo że w składzie tej skały występuje procentowo mniej minerałów ilastych, które poddają się procesowi skurczu. Natomiast porowatość efektywna (ryc. 6) dla analizowanych próbek skalnych zachowuje się zupełnie odwrotnie. Jej

wartość maleje. Nasuwa się pytanie: czy skurcz wpływa negatywnie na ilość porów aktywnych w skale? Okazuje się, że podczas suszenia kredy i opoki marglistej zachodzą zjawiska, które powodują zmiany wielkości kryształów minerałów budujących skały w trzech wymiarach. Budowa mikrostrukturalna zostaje dogłębnie naruszona, a ilość porów aktywnych wyraźnie maleje.

Porównanie średnic porów pozwoliło na określenie charakteru wolnych przestrzeni, które mogłyby brać udział w filtracji wód podziemnych. Przeciętne minimalne wartości średnic porów kredy piszącej w warunkach naturalnych wynoszą średnio 0,368 μm (ryc. 7), natomiast przeciętne wartości maksymalne są rzędu 12,942 μm (ryc. 8). Podobnie dla opoki marglistej w warunkach naturalnych wielkości minimalnych średnic wynoszą średnio 0,273 μm (ryc. 7), a maksymalne są ok. 12,345 μm (ryc. 8). Uwzględniając wielkości średnic porów należy je zaliczyć do grupy mikroporów (Grabowska-Olszewska, 1990). W warunkach naturalnych nie odbywa się w nich filtracja wód podziemnych przy zadanym naturalnym gradientie ciśnienia. Porównując obie skały stwierdzono, że średnice mikroporów kredy piszącej są większe w porównaniu z opoką marglistą o wartości 0,1–0,6 μm .

Określając przeciętne wartości średnic porów stwierdzono, że dla tego parametru w przypadku opoki marglistej widoczny jest także skurcz minerałów tworzących szkielet skalny. Dla próbek kredy piszącej w warunkach naturalnych

Ryc. 4a, b. Opoka marglistą z okolic Rejowca. Zaznaczono widoczne wykrystalizowane minerały w lukach po igłach gąbek





| | |
|---|---|
| 1 | kreda pisząca- próbki skalne suszone w temperaturze pokojowej |
| 2 | kreda pisząca- próbki skalne suszone w temperaturze 105°C |
| 3 | kreda pisząca- próbki skalne suszone w niskiej temperaturze |
| 4 | opoka marglistą- próbki skalne suszone w temperaturze pokojowej |
| 5 | opoka marglistą- próbki skalne suszone w temperaturze 105°C |
| 6 | opoka marglistą- próbki skalne suszone w niskiej temperaturze |

Ryc. 5. Rozkład średniej porowatości całkowitej kredy piszącej i opoki marglistej

wartość przeciętnej średnicy pory wynosi 1,018 μm i nie zauważono aż tak znaczącej różnicy w wartościach określonego parametru dla próbek powietrznosuchych i suszonych w suszarce w 105°C. Zupełnie inaczej jest dla opoki marglistej, gdzie zjawisko zmiany wartości średnic jest tym razem bardziej widoczne. W przypadku opoki marglistej pozbawionej wody metodą niskotemperaturową należy stwierdzić,

że wartości przeciętnych średnic mikroporów minimalnych i uśrednionych wynoszą odpowiednio 0,273 μm i 0,743 μm . Wartości te odpowiednio wzrastają dla próbek poddanych innym sposobom suszenia i dla opoki marglistej powietrznosuchej wynoszą odpowiednio 0,311 μm i 0,883 μm (ryc. 7, 8). Wartości średnic porów wzrosły o ok. 17% w stosunku do próbek opoki marglistej wysuszonych w niskiej temperaturze. Stwierdzono więc, że bardziej są widoczne zmiany średnic porów szkieletu skalnego próbek skalnych opoki marglistej w porównaniu z kredą piszącą



Ryc. 6. Rozkład średniej porowatości efektywnej kredy piszącej i opoki marglistej. Objasnienia rodzaju próbki skalnej jak na ryc. 5

Wyznaczono także wartości obwodów mikroporów każdej z analizowanych próbek. Minimalne wartości tego parametru dla próbek skalnych w warunkach naturalnych wynoszą odpowiednio dla kredy piszącej 2,16 μm oraz dla opoki marglistej 1,47 μm (ryc. 9). Wartość ta wzrasta dla opoki marglistej w stanie powietrznosuchym. Jest ona większa o ponad 17% w stosunku do próbek skalnych w warunkach naturalnych. W przypadku opoki marglistej bardzo podobne zależności występują dla średnich maksymalnych wartości obwodów mikroporów (ryc. 10). Zupełnie inaczej zachowują się powyższe parametry dla próbek skalnych kredy piszącej. Dla skał z Chełma nie jest zauważalny wzrost wartości obwodów mikroporów dla próbek powietrznosuchych i suszonych w 105°C w stosunku do skał pozbawionych wody w niskiej temperaturze. Jest to spowodowane składem chemicznym tych skał. Porównując oba typy skał zauważono, że obwody mikroporów dla kredy piszącej są większe niż dla opoki marglistej. Podobne różnice na korzyść kredy stwierdzono analizując wartości średnic porów. Zjawisko skurczu szkieletu skalnego widoczne jest także dla wartości obwodów porów.



Ryc. 7. Rozkład przeciętnych minimalnych i średnich wartości średnic porów. Objasnienia rodzaju próbki skalnej jak na ryc. 5

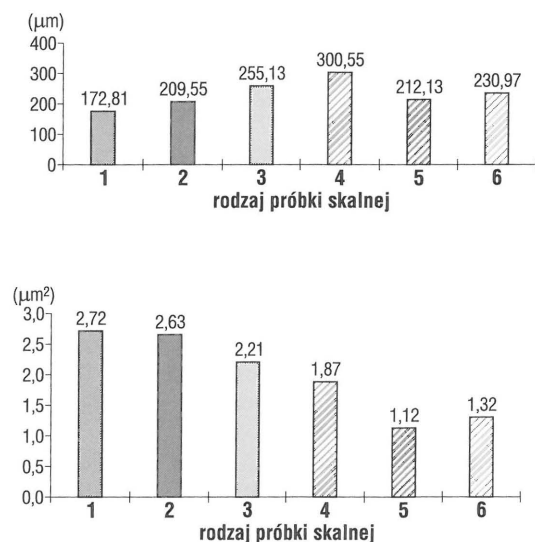
Różnicę w średnich powierzchniach mikroporów próbek skalnych zestawiono na wykresie — ryc. 11. Z uwagi



Ryc. 8. Rozkład przeciętnych maksymalnych wartości średnic porów. Objasnienia rodzaju próbki skalnej jak na ryc. 5



Ryc. 9. Rozkład przeciętnych minimalnych i średnich wartości obwodów porów. Objasnienia rodzaju próbki skalnej jak na ryc. 5

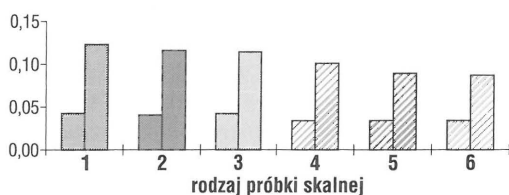


↑ Ryc. 11. Rozkład średnich wartości powierzchni porów. Objasnienia rodzaju próbki skalnej jak na ryc. 5

na to, że powierzchnia mikroporów to parametr dwuwymiarowy zjawisko skurczu szkieletu skalnego jest tu bardziej zauważalne. Wartości dla tego parametru próbek skalnych w stanie powietrznosuchym są znacznie większe od parametrów charakteryzujących skały w warunkach naturalnych. W przypadku kredy piszącej różnica ta wynosi ponad 23%, natomiast dla opoki marglistej jest ona równa ponad 41%. W obu przypadkach wartości procentowe odniesiono do parametrów wyznaczonych dla skał wysuszonych niskotemperaturowo. Porównując powierzchnie mikroporów dla obu analizowanych skał należy stwierdzić, że kreda pisząca charakteryzuje się znacznie obszerniejszymi powierzchniami mikroporami niż opoka marglista. Jest to zjawisko oczywiste, gdyż jak już wspomniano kreda pisząca to skała charakteryzująca się znacznie większymi średnicami, obwodami porów i porowatością w porównaniu z opoką marglistą.



Ryc. 12. Rozkład przeciętnych wartości minimalnych, maksymalnych i średnich współczynnika formy porów. Objasnienia rodzaju próbki skalnej jak na ryc. 5



Ryc. 13. Rozkład przeciętnych minimalnych i średnich wartości promienia hydraulicznego. Objasnienia rodzaju próbki skalnej jak na ryc. 5

Ryc. 10. Rozkład przeciętnych maksymalnych obwodów porów. Objasnienia rodzaju próbki skalnej jak na ryc. 5



Określono także jeden z parametrów morfometrycznych mikrostruktur, jakim jest współczynnik formy porów. Program STIMAN wyznaczył go korzystając ze wzoru:

$$K_f = 3,545 \frac{\sqrt{S}}{P} \quad [1]$$

gdzie:

K_f — współczynnik formy pory,
 S — pole powierzchni pory,
 P — obwód pory.

Współczynnik ten podawany jako wartość liczbową określa kształt badanych porów. Wyznaczając ten parametr dla figur geometrycznych otrzymano wartości: równą 1 dla koła, 0,886 dla kwadratu, 0,777 dla trójkąta foremnego oraz 0,953 dla sześciokąta foremnego. Ze wzoru [1] wynika, że jeżeli wartość K_f zbliża się do 0, to pora ma kształt wydłużony i odbiega ona od jakiegokolwiek geometrycznej figury foremnej (Kaczyński & Trzciniński, 1997). Parametr ten jest dość ważny do analizy procesów migracji substancji chemicznych w gruncie. Dzięki niemu można określić kształt porów w skale. Zwróćmy uwagę, że czas przenikania migranta przez pory o różnym kształcie, ale przy tej samej powierzchni będzie z pewnością inny.

Analizując wartości K_f dla kredy piszącej i opoki marglistej stwierdzono, że minimalne jego wartości wynoszą 0,21–0,22, średnie 0,44–0,54, natomiast maksymalne 0,87–0,90 (ryc. 12). Wynika z tego, że w obrębie mikrostruktur opisywanych skał pojawiają się mikropory zarówno o kształcie wydłużonym względem jednego kierunku oraz mikropory przypominające kształtem kwadrat i sześciokąt foremny. Porównując wartości K_f dla próbek kredy i opoki marglistej suszonych w suszarce próżniowej w niskiej temperaturze z próbkami powietrznosuchymi tych samych skał należy stwierdzić, że wartości współczynnika nieznacznie zmalały (bardziej jest to widoczne dla opoki marglistej ryc. 7). Świadczy to o tym, że podczas suszenia i zachodzącego procesu skurczu szkieletu skalnego zmienia się także rozmiar i kształt porów. Stają się one nieznacznie wydłużone w jednym kierunku. Zmieniają więc jednocześnie budowę mikrostrukturalną skały.

Dokonano także analizy wyników promienia hydraulicznego mikroporów analizowanych próbek skalnych (ryc.



Ryc. 14. Rozkład przeciętnych maksymalnych wartości promienia hydraulicznego. Objasnienia rodzaju próbki skalnej jak na ryc. 5

13, 14). Parametr ten określa stosunek powierzchni mikro-pory do obwodu zwilżonego wody. Porównując średnie wartości promienia hydraulicznego kredy piszącej i opoki marglistej stwierdzono, że jest on większy dla skał z okolic Chełma. Przeciętne średnie wartości dla tego parametru wynoszą odpowiednio 0,11 dla kredy piszącej i 0,09 dla opoki marglistej w warunkach naturalnych. Po wysuszeniu obu typów skał wartości promienia hydraulicznego wzrosły prawie o 10% w stosunku do kredy i opoki marglistej suszonych w niskiej temperaturze.

Program STIMAN na podstawie zeskanowanych obrazów określa także współczynnik przepuszczalności podany w mD. Dla kredy piszącej i opoki marglistej określono współczynnik filtracji, który jest jednak bardzo niski i wynosi 10^{-11} m/s. Zauważyć należy, że do badań laboratoryjnych zostały wykorzystane próbki skał bez wyraźnych spękań i szczelin. Jest to więc współczynnik określony dla litego fragmentu skały. Jak wspomniano pory nie odgrywają roli w filtracji wód podziemnych.

Analizując wyniki podanych powyżej badań stwierdzono niekonsekwencję wyników porowatości całkowitej i efektywnej. Porowatość całkowita jak również wartości średnich średnic porów, pola porów i ich obwodów wykazują, że opoka marglista jest podatniejsza na zmiany budowy mikrostrukturalnej wynikające ze stopnia nasycenia wód. Potwierdza to skład chemiczny i mineralogiczny opoki marglistej. Zauważono jednak, że proces skurczu znacznie bardziej wpływa na wielkość porów efektywnych w kredzie piszącej niż w opoce marglistej. Pod wpływem suszenia skał w kredzie piszącej odbywają się procesy, które powodują zmiany charakteru rozkładu oraz powierzchni porów połączonych. Należy zatem stwierdzić, że dla obu typów skał proces skurczu odbywa się zupełnie inaczej powodując bardziej odczuwalne zmiany w budowie mikrostrukturalnej kredy piszącej.

Wnioski

1. Przestrzenie porowe kredy piszącej i opoki marglistej to wolne luki po wypłukanych igłach gąbek i szkieletach organizmów budujących skał. Są to także wolne przestrzenie pomiędzy minerałami budującymi skałę.

2. Określono porowatość całkowitą kredy piszącej i opoki marglistej, która wynosi ponad 45%. Stwierdzono, że podczas suszenia tych skał występuje zjawisko skurczu szkieletu skalnego.

3. Porowatość efektywną określono na ponad 41% dla opoki marglistej i ponad 44% dla kredy piszącej.

4. Pod wpływem suszenia skał porowatość całkowita dla opoki marglistej rośnie, natomiast w kredzie wzrasta wartość porowatości efektywnej.

5. Stwierdzono, że wartości obu porowatości zmieniają się na skutek suszenia skał.

6. Wartość średnic porów kwalifikuje je do grupy mikroporów.

7. Przeciętne wartości średnic i powierzchni porów są nieznacznie wyższe dla kredy piszącej w porównaniu z opoką marglistą. Pory kredy piszącej są zatem nieznacznie większe.

8. Wartość obwodów porów jest większa dla opoki marglistej i pod wpływem skurczu minerałów ilastych roślinie. W kredzie zmiany mikrostrukturalne powodują spadek wartości obwodów porów.

10. Określono także wartości współczynnika formy porów — wzór [1]. Stwierdzono, że pory mają kształt podobny do kwadratu i sześciokąta foremego. Natomiast pod wpływem skurczu szkieletu skalnego pory wydłużają się nieznacznie w jednym kierunku.

Literatura

- DRĄGOWSKI A. 1981 — Inżyniersko-geologiczna charakterystyka niszczania skał mastrychckich Wyżyny Lubelskiej w wyniku pęcznienia i kurczu. *Biul. Geol. UW.*, 29: 1–95.
- GRABOWSKA-OLSZEWSKA B. red. 1990 — Metody badań gruntów spoistych. *Wyd. Geol.*
- GRABOWSKA-OLSZEWSKA B., OSIPOV V. & SOKOLOV V. 1984 — Atlas of the Microstructure of Clay Soils. PWN.
- KACZYŃSKI R. & TRZCIŃSKI J. 1997 — Ilościowa analiza mikrostrukturalna w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM) typowych gruntów Polski. *Biul. Geol. UW.*, 45: 721–726.
- KRAJEWSKI S. 1970 — Charakter dróg krążenia wód podziemnych w utworach szczelinowych górnej kredy na Wyżynie Lubelskiej. *Biul. Geol. UW.*, 8: 367–369.
- KRAJEWSKI S. 1984 — Wody szczelinowe kredy lubelskiej. *Biul. Geol. UW.*, 22: 359–363.
- ŁOZIŃSKA-STĘPIEŃ H. 1988 — Podatność kredy piszącej na odkształcenia w świetle procesów glacialnych. *Biul. Geol. UW.*, 424: 633–635.
- ŁOZIŃSKA-STĘPIEŃ H. 1975- Zmienność własności fizyczno-mechanicznych kredy piszącej Lubelskiego Zagłębia Węglowego *Biul. Geol.*, 18: 1–87.
- OLSZEWSKI A. 1997 — Charakterystyka przestrzeni porowej kredy piszącej z rejonu Chełma. *Biul. Geol.*, 45: 1282–1285.
- OSIPOV V. I., SOKOLOV V. N. & RUMYANTSEVA N. A. 1989 — Mikrostruktura glinistych parod. *Izdatelstwo Niedra. Moskwa.*
- RYBICKI S. & RYBICKI J. 1973 — Własności inżyniersko-geologiczne utworów kredowych okolic Chełma Lubelskiego. *Kwart. Geol.*, 17: 301–309.
- SMART P. & TOWEY K. 1981 — *Electronmicroscopy of soil and sediments: examples.* Clarendon Press. Oxford.
- SMART P. & TOWEY K. 1982 — *Electronmicroscopy of soil and sediments: techniques.* Clarendon Press. Oxford.