



KRYSTYNA POŻARYSKA

P. 12.14/52

ZAGADNIENIA SEDYMENTOLOGICZNE
GÓRNEGO MASTRYCHTU I DANU
OKOLIC PUŁAW

(z 1 tabl., 7 fot. i 7 fig. w tekście)

KRYSTYNA POŻARYSKA

ZAGADNIENIA SEDYMENTOLOGICZNE
GÓRNEGO MASTRYCHTU I DANU
OKOLIC PUŁAW

(z 1 tabl., 7 fot. i 7 fig. w tekście)

СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ВЕРХНЕГО МААСТРИХТА
И ДАТСКОГО ЯРУСА ОКРЕСТНОСТЕЙ ПУЛАВ (средняя Висла)

(с 1 табл., 7 фот. и 7 фиг. в тексте)

THE SEDIMENTOLOGICAL PROBLEMS OF UPPER MAESTRICHTIAN
AND DANIAN OF THE PUŁAWY ENVIRONMENT
(MIDDLE VISTULA)

(with 1 pl., 7 phot. and 7 fig. in the text)

WARSZAWA

Wydawnictwo Państwowego Instytutu Geologicznego



P.1214/52

Rękopis złożono w P. I. G. 12. VIII. 1951 r.
Zatwierdzono do druku 15. X. 1951 r.
Dyrektor Naczelny Jan CZARNOCKI

P.240/60

Redaktor Naczelny — Dr Stanisław KRAJEWSKI
Redaktor Naukowy — Mgr Walentyna MIODUSZEWSKA

Oddano do druku 7. XII. 1951 r. Druk ukończono 16. 7. 1952 r.
Zam. nr. 3025. Nakład 1000 egz. Form. B5. Objętość 6¼ ark.
Papier sat. b/d. kl. V 70 g. 70×100 cm
Drukarnia RSW »Prasa« w Grudziądzu, Plac Wolności 5
E-2-17791

KRYSTYNA POŻARYSKA

ZAGADNIENIA SEDYMENTOLOGICZNE GÓRNEGO MASTRYCHTU I DANU OKOLIC PUŁAW

(z 1 tabl., 7 fot. i 7 fig. w tekście)

SPIS RZECZY

Wstęp	5
Obserwacje terenowe skał kredowych okolic Kazimierza i Puław	12
Kamieniołom miejski w Kazimierzu	12
Odslonięcia w Bochothnicy i Nasilowie	13
Odslonięcie i wiercenie w Górze Puławskiej	17
Opis mikroskopowy przewodnich typów skał	21
Cechy chemiczne skał	27
Wapnistość serii opoki i siwaka	31
Zawartość krzemionki, pirytu i fosforu	34
Cechy fizyczne skał	35
Badania rentgenologiczne skał	39
Skład mineralny skał siwaka i opoki	41
Charakter i definicja przewodnich typów skał	59
Porównanie z sąsiednimi obszarami	66
Wnioski sedymentologiczne	72
Zmiany ogólne	72
Zmiany rytmiczne	75
Geneza warstwy „hard ground”	77
Literatura	80
Резюме	83
Summary	95

Streszczenie

Praca jest próbą ujęcia skał danu i górnego mastrychtu okolic Kazimierza i Puław z sedymentologicznego punktu widzenia. Podano opis makroskopowy tych skał, ustalono ich cechy fizyczne, skład chemiczny i mineralogiczny. Stwierdzono, iż mastrycht górny tworzą głównie opoki, dan zaś złożony jest przeważnie z gez. W obu tych seriach skalnych występują przewarstwienia skał twardszych, bardziej wapnistych, powtarzających się rytmicznie co parę metrów. W serii mastrychtu określono je mianem opoki zwięzłej, nieporowatej, w obrębie zaś serii danu są to szare, twarde wapienie. W obu badanych seriach występuje kilka wkładek margli. Serię mastrychtu zakończa warstwa twardego wapienia (hard ground) o powierzchni skorodowanej, pokrytej piaskowcem glaukonitowym, zawierającym конкреcje fosforytowe.

Stwierdzono, że badane skały mastrychtu i danu odpowiadają jednemu, konsekwentnemu cyklowi sedymentacyjnemu, przedstawiając serię regresywną, osadzoną w cofającym się morzu górno-kredowym.

Wszystkie skały badanych serii powstały z osadów morskich, które tworzyły się bądź na pograniczu strefy osadów pelagicznych i terygenicznych, bądź na granicy szelfu kontynentalnego.

WSTĘP

Nieliczne występowania warstw danu w Europie sprawiają, że obecność tego piętra w Polsce w postaci pięknych odsłonień i ze stosunkowo bogatą fauną ma duże znaczenie naukowe.

Praca ta jest próbą ujęcia skał dańskich z sedymentologicznego punktu widzenia, w celu ustalenia ich genezy i stosunku do niżej leżących skał górno-kredowych.

Ze względu na brak ciągłości sedymentacji od mastrychtu do paleocenu można tu było jedynie zanalizować stosunek warstw danu do mastrychtu (osady paleocenu morskiego nie są dotychczas na Niżu polskim znane).

Skały górno-kredowe okolic Puław tworzą dwie odrębne serie litologiczne nazwane serią opoki i siwaka. Seria niższa — opoki — należy do górnego mastrychtu, seria wyższa — siwaka — jest wieku dańskiego.

Pracę nad utworami dańskimi, występującymi w przelomie Wisły na odcinku Kazimierz — Puławy, podjęłam w lecie 1948 r. z inicjatywy i pod kierunkiem prof. R. Kozłowskiego, kierownika Zakładu Paleontologii Uniwersytetu Warszawskiego.

Badania terenowe przeprowadziłam z ramienia Państwowego Instytutu Geologicznego w lecie 1948 i 1949 r. Polegały one na szczegółowym zbadaniu makroskopowym tych skał w terenie, zbadaniu kontaktu z leżącymi niżej utworami kredowymi, analizie stwardniałej warstwy „hard ground” zakończającej mastrychecki cykl sedymentacyjny, oraz na prześledzeniu zmienności facjalnej utworów dańskich i ich litologicznego charakteru.

Dalszą pracę o charakterze laboratoryjnym wykonywałam w Zakładzie Paleontologii Uniw. Warsz. metodami zaczerpniętymi z doświadczenia prof. R. Kozłowskiego, któremu jednocześnie z wdzięcznością wiele cennych spostrzeżeń odnośnie do szeregu problemów, jakie się wyłoniły w czasie badań.

Zimą 1949 r., dzięki życzliwemu poparciu Dyrektora Państwowego Instytutu Geologicznego Ob. J. Czarnockiego, zostało wykonane z ramienia Państw. Inst. Geol. w Górze Puławskiej badawcze wiercenie rdzeniowe o średnicy 7 cm. Wiercenie to było zaprojektowane w celu poznania całkowitej serii danu; przebiło ono tę serię i weszło na przestrzeń 40 m w niżej leżące utwory mastrychtu. Dzięki temu wierceniu uzupełniającemu odsłonięcia terenowe, nie powiązane zresztą ze sobą, udało się zbadać całkowitą serię danu, ustalić jej miąższość i zmienność litologiczną.

Pobrane w terenie próbki, zarówno jak i rdzeń wiercenia, zbadalam dokładnie pod binokulem, po czym ustalawszy zmienność skał, trawiłam część z nich w kwasie solnym w temperaturze pokojowej, w celu uzyskania i zbadania residuum. Ze skał wapnistrych, bardziej miękkich, pobrałam próbki w celu ich zbadania pod względem zawartości otwornic.

Większość analiz tych skał została wykonana w laboratoriach Państw. Inst. Geol. (dotyczy to wszystkich analiz chemicznych, analiz na porowatość skał i ciężar właściwy).

Prof. K. Smulikowskiemu zawdzięczam napisanie tekstu objaśniającego metodę, przy której pomocy pod Jego kierunkiem przeliczono z analiz chemicznych skład mineralny dla przewodnich typów skał badanej serii.

Szlify mikroskopowe opracowałam pod kierunkiem prof. M. Turnaum-Morawskiej.

Mikrofotografie szlifów zostały wykonane w Lublinie, w Zakładzie Fizjologii Roślin Uniw. M. Curie-Skłodowskiej.

Z przewodnich typów skał zostały wykonane rentgenogramy przez inż. J. Zdankowskiego w Głównym Instytucie Chemii Przemysłowej.

Pomiary niwelacyjne kontaktu siwaka z opoką (warstw danu z warstwami górnego mastrychtu) oraz punktów pobrania próbek, przeznaczonych do badań petrograficznych i otwornicowych, zostały wykonane przez ekipę niwelacyjną Muzeum Ziemi w 1949 r. Wszystkim wymienionym instytucjom i osobom, a w szczególności Panu Profesorowi R. K o z ł o w s k i e m u składam serdeczne podziękowanie za Ich życzliwość i pracę.

Opis geologiczny terenu

Przełomowy odcinek doliny Wisły poprzez Wyżyny Południowe ciągnie się na przestrzeni od Zawichosta do Puław. Wyerodowany jest on w utworach górno-kredowych, reprezentowanych tu głównie przez skały wapienno-margliste (fig. 1). Szczegółowiej zajęłam się skałami występującymi na odcinku Kazimierz Dolny — Puławy.

W Kazimierzu widoczne są liczne odsłonięcia skał kredowych w brzegu doliny Wisły oraz w szeregu wąwozów wcinających się w wyżynę. W stropie warstw, zwanych tam białą opoką, pojawia się sypka warstewka glaukonitowych piasków, nieznacznej miąższości, zawierająca niskoprocentowe, drobne konkracje fosforytowe, przepelniona muszlami mięczaków. Skamieniałości te stanowią zubożałą faunę mastrychtu górnego. Nadkład osadów plejstocenijskich — których znaczną część stanowi gruby pokład lessu, rozcięty stromościennymi dolinkami podnoszącymi malowniczość okolicy Kazimierza — maskuje budowę zboczy doliny Wisły.

Poniżej Kazimierza, w dół Wisły, utwory młodsze podłoża przedczwartorzędowego występują w położonej w odległości 4 km na północ od Kazimierza wsi Bochojnicy, dobrze odsłonięte w licznych łomach włociańskich. Można tu prześledzić u podnóża zbocza kontakt opoki, strefy „hard ground“ z warstwą fosforytową i serią „siwaka“, odznaczającą się w świeżym odsłonięciu ciemniejszą barwą, popielato-zieloną. W łomach Bochojnicy wybierana jest kilkunastometrowej miąższości stropowa warstwa opoki; eksploatacja jest na ogół podziemna — komorowa. Łomy, w których jedynie opoka eksploatowana jest jako pospolity w tych stronach budulec, nie dają dobrego pojęcia o siwaku, który nie eksploatowany, zwietrzały i zapełniony osadami plejstocenijskimi, nie nadaje się tu do przeprowadzania szczegółowych badań.

Po drugiej stronie Wisły, na lewym jej brzegu, odnajdujemy kontakt opoki z siwakiem wysoko w zboczu doliny, na południe od wsi Nasilów. Na długości 1 km ciągną się tu liczne łomy zarzucone kilkadziesiąt lat temu. Kontakt opoki z siwakiem daje się tu prześledzić na całej długości odsłonięcia; skały są tu jednak bardzo silnie zwietrzałe i zmienione. Prawie całe zbocze zbudowane jest z opoki, siwak bowiem osiąga grubość zaledwie paru metrów.

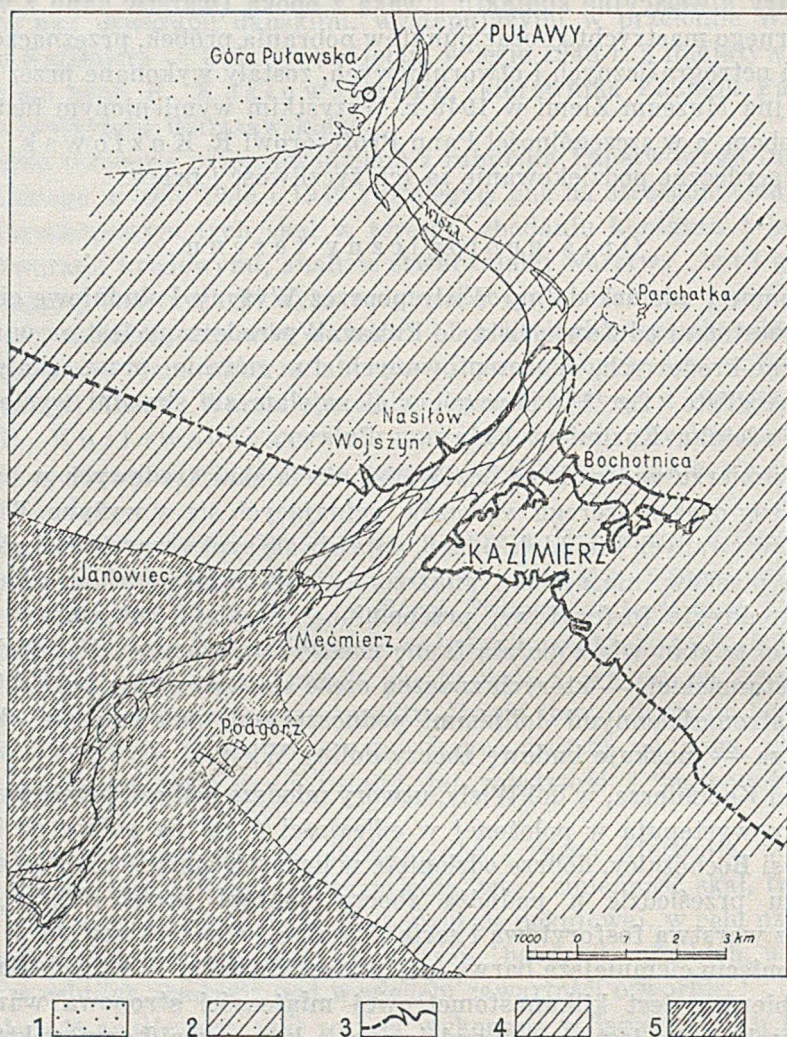


Fig. 1

Mapka geologiczna (odkryta) okolic Kazimierza i Puław. 1 — oligocen; 2 — dan: siwak (gezy i wapienie); 3 — mastrycht górny (wapień hard ground i warstwa fosforytowa); 4 — mastrycht górny (opoka i margle); 5 — mastrycht środkowy (margle).

U podnóża północnego końca tej długiej wsi czynny jest olbrzymi kamieniołom państwowy, który dzięki intensywnej eksploatacji prowadzonej systematycznie przez szereg lat wciął się głęboko w zbocze, odsłaniając na przestrzeni kilkuset metrów 30-tometrowej wysokości ścianę. Wspaniałe to odsłonięcie pozwoliło mi przyjrzeć się bliżej świeżym skałom siwaka i opoki. Poczyłałam tu liczne obserwacje i pomiary dotyczące kontaktu

opoki z siwakiem, oraz szczególnie ciekawej strefy, „hard ground“. Eksploatacja prowadzona przez Zarząd Dróg Wodnych w Puławach obejmowała tu nie tylko skały opoki ale i siwaka, które nie w mniejszym stopniu niż opoka nadają się do umacniania brzegów, w ramach prac regulacyjnych. Eksploatacją były przeto objęte oba typy skał w równym stopniu. Istniała więc tu możliwość przyjrzenia się świeżym, niezwiertzałym skałom siwaka na stosunkowo dużej przestrzeni i w znacznym zasięgu pionowym.

Na odcinku Nasilów — Góra Puławska, czyli na przestrzeni około 7 km, na lewym brzegu Wisły skały podłoża się nie odsłaniają. Brzeg doliny odsunięty jest tu szerokim zakolem od rzeki i utworzony ze starasowanych osadów plejstocenijskich. Na prawym natomiast brzegu Wisły, poniżej Bochochnicy, we wsi Parchatka istnieje parę drobnych odsłoneń siwaka, których jednak, jak dotychczas, nie dało się związać ze znanymi wychodniami w Bochochnicy z jednej strony, w Górze Puławskiej zaś z drugiej. Seria siwaka jest tak monotonna w całej swojej rozciągłości, że bez przeprowadzenia robót ziemnych, lub wiercenia, nie rozwiąże się kwestii, z jakim poziomem siwaka należy związać występowanie jego w Parchatce.

Najbardziej na północ wysuniętymi punktami występowania siwaka w odcinku przełomowym Wisły są odsłoneńca w Górze Puławskiej. W paru miejscach nad łachą wiślaną, w lewym brzegu doliny Wisły, ukazują się charakterystyczne skały siwaka. Nie tworzą one jednak większego odsłoneńca i widoczne są jedynie przy niskim stanie wody. Natomiast w obrębie wsi Góra Puławska istnieją dwa kamieniołomy. Na południowym końcu wsi znajduje się kamieniołom chłopski, zarzucony od lat kilkunastu i skutkiem tego zapełniony. Drugi kamieniołom — państwowy — znajduje się w środku wsi, przy szosie prowadzącej z Radomia do Puław. Na dnie tego kamieniołomu założone było wiercenie badawcze Państwowego Instytutu Geologicznego. Kilkunastometrowej wysokości ściana tego kamieniołomu obejmuje wychodnie górnego danu. Strop danu osiągnęłam za pomocą sztybek wykonanych na wysoczyźnie powyżej zbocza doliny Wisły, na terenie dawnych parków folwarku Góra Puławska.

Kontakt z utworami trzeciorzędowymi łatwo jest tu osiągnąć przy pomocy rozkopów w zwirowni założonej w utworach piaszczysto-żwirzastych oligocenu.

Na północ od Góry Puławskiej wierceniem w Klikawie, położonej w odległości paru kilometrów od Góry Puławskiej, sięgnięto jeszcze do skał danu. W brzegu doliny są tu jego odkrywki. Na północ od równoleżnika Puław i Góry Puławskiej kończy się odcinek przełomowy doliny Wisły poprzez Wyżyny Południowe.

Historia badań terenu

Utworami odsłoniętymi w przelomie Wisły pod Kazimierzem i Puławami zajmowało się wielu geologów, i to zarówno formacjami podłoża jak i młodszymi skałami czwartorzędowymi.

Pierwszy te strony opisał J. B. P u s c h w swym znanym dziele z 1836 r. Podał on stosunkowo dokładną jak na owe czasy charakterystykę skał podłoża i wyciągnął wnioski stratygraficzne odnośnie do skał kredowych, zaliczając je do górnej części dolnej kredy.

Następny badacz K. J u r k i e w i c z (1872) skały podłoża odcinka przelomowego Wisły zaliczył do kredy, wyróżniając dwa różne typy skał, a mianowicie: siwak występujący na północ od Kazimierza, oraz opokę, która ku południowi przechodzi w kredę piszącą. Opierając się jedynie na analogiach petrograficznych autor ten skały piaszczysto-glaukonitowe siwaka zaliczył do cenomanu, nie znalazł w nich bowiem żadnych skamieniałości, w które są istotnie niezbyt bogate, opokę zaś zaliczył do turonu. Margle białe występujące na południe od Kazimierza w brzegach doliny Wisły zaliczone zostały przez K. J u r k i e w i c z a do senonu.

Niewiele naprzód posunął zagadnienie wieku opoki i siwaka J. S i e m i r a d z k i (1886), gdyż siwak zaliczył do albu, opokę zaś do cenomanu.

Dopiero szczegółowe badania stratygraficzne utworów kredowych występujących w przelomowym odcinku doliny Wisły na przestrzeni między Zawichostem i Puławami, przeprowadzone przez N. K r i s z t a f o w i c z a (1899), sprawę wieku tych skał posunęły naprzód i w znacznym stopniu rozstrzygnęły. Wyróżnia on mianowicie w okolicach Kazimierza i Puław 4 kompleksy skał kredowych, które oznacza symbolem Cr. Siwak nazywa Cr 4/s, oznaczając tak piaszczysto-glaukonitowe osady z twardszymi ławicami wapiennymi. Cr 3/s jest to kompleks warstw wapienno-marglistych występujących w Kazimierzu. Ku S warstwy te przechodzą w margliste skały „kredowate“, oznaczone przez autora symbolem Cr 2/s. Oba te kompleksy skał Cr 3/s i Cr 2/s zaliczył N. K r i s z t a f o w i c z do górnego senonu na podstawie występowania w nich *Scaphites constrictus*. Wobec tego, że fauna warstw Cr 4/s nie dość dobrze charakteryzuje wiek siwaka, zaliczył je autor do poziomów przejściowych kredy i trzeciorzędu. N. K r i s z t a f o w i c z więc pierwszy ujął właściwie budowę tych okolic, przyjmując występowanie coraz młodszych warstw kredy idąc z południa na północ. Jest to odwrócenie stratygrafii przyjętej przez poprzednich autorów dla okolic Puław i Kazimierza, którzy przyjmowali występowanie coraz starszych warstw ku północy.

J. S i e m i r a d z k i (1905) w następnej swej pracy osady siwaka zaliczył do danu, pod nimi zaś leżące margle do mastrychtu, przyjmując w zasadzie stratygrafię ustaloną przez N. K r i s z t a f o w i c z a. W parę

lat później w „Geologii Ziemi Polskiej“ (1909) J. Siemiradzki zmienił swój pogląd na temat wieku opoki kazimierskiej w związku z badaniami geologicznymi przeprowadzonymi na większą skalę na Wyżynie Lubelskiej. Mianowicie przyjmuje on istnienie fałdu idącego z okolic Chełma przez Lublin do Kazimierza. W jądrze tego fałdu odsłania się opoka kazimierska, należąca według tego autora do warstw granicznych środkowego i górnego senonu. Zapada on ku południowi pod białe margle najwyższego senonu wynurzając się ponownie w okolicach Solca i Kaliszan. Białe margle zaliczył J. Siemiradzki do najwyższego senonu. Do wniosków takich doszedł autor ten opierając się z jednej strony na analogiach petrograficznych opoki kazimierskiej z niewątpliwie dolno-senońską opoką Kaliszan, z drugiej zaś strony na występowaniu pod Kazimierzem pewnych małżów dolno-senońskich i turońskich. J. Siemiradzkiego w tym przypadku wprowadziło w błąd podobieństwo petrograficzne opoki kaliszkańskiej i kazimierskiej, które, jak wykazał Wł. Pożaryski (1938), pochodzi stąd, iż pierwsza z nich odpowiada momentowi następowania transgresji mastrychckiej, druga zaś regresji. Stąd ich wielkie podobieństwo facjalne. Białe margle zaś, leżące między Kaliszkanami a Kazimierzem, powstały podczas trwania maksimum transgresji mastrychckiej. J. Siemiradzki w wyżej wspomnianej pracy podtrzymuje pierwotny swój pogląd o dańskim wieku osadów siwaka. Jednak w 1931 r. autor ten uważa, iż cały kompleks osadów piaszczysto-glaukonitowych leżących ponad opoką zaliczyć należy do paleocenu oraz do dolnego i środkowego eocenu. Niżej leżącą opokę kazimierską uważa on za odpowiednik opoki lwowskiej, czyli za najwyższy mastrycht.

W 1935 r. R. Kongiel podzielił serię siwaka na 3 poziomy: dolny, górny i środkowy, zaliczając odsłonięcia w Nasiłowie i w Górze Puławskiej do siwaka dolnego. Wiek siwaka dolnego i środkowego uznaje za dański, górnego zaś już za moncki. Następne prace R. Kongiela, oparte na opracowaniach jeżowców występujących w siwaku, ograniczają wiek jego do danu.

W następnych latach stratygrafią utworów kredowych okolic Kazimierza i Puław zajął się szczegółowo Wł. Pożaryski. W pracy z 1938 r. rozбивa on kredę górną na poszczególne poziomy, kompleks skał siwaka uważając za dan, z tym, że odsłonięcia w Górze Puławskiej zalicza do górnego danu, podczas gdy siwak Nasiłowa i Bochońnicy jest prawdopodobnie według tego autora odpowiednikiem dolnego danu. Cały kompleks opoki wraz z warstwą fosforytową uważa Wł. Pożaryski za mastrycht górny.

W ostatniej swej pracy (1949) R. Kongiel podtrzymuje poprzednio już wypowiedziany w pracy z 1935 r. swój pogląd na dolno-mastrychcki wiek opoki, a górno-mastrychcki — warstwy fosforytowej; co do siwaka

zaś ogranicza jego wiek całkowicie do danu, kwestionując postawiony przez L. M a t w i e j e w ó w n ę (1935) moncki wiek siwaka.

Autor ten stwierdza ponadto, że jeżowce występujące w skałach siwaka okolic Puław, w szczególności rodzaje *Micraster* i *Echinocorys*, są typowo kredowe i niespotykane były dotychczas w skałach wieku trzeciorzędowego. Podobnie ramienionogi występujące w siwaku okolic Puław oraz rzadko trafiające się łodziki mają według tego autora wyraźny aspekt kredowy.

Kwestię wieku tych skał należy więc uważać za dostatecznie wyjaśnioną. Wiek margli występujących na południe od Kazimierza (Męcierz) jest środkowo-mastrychcki, opoki kazimierskiej — górno-mastrychcki, warstwy fosforytowej — końcowo-mastrychcki, siwaka — dański.

Złoże fosforytów okolic Kazimierza badali A. M o r a w i e c k i (1925) i A. M a z u r e k (1929).

OBSEWACJE TERENOWE SKAŁ KREDOWYCH OKOLIC KAZIMIERZA I PUŁAW

Najstarszymi skałami z objętych badaniami na naszym terenie są margle kredowe, występujące w odległości paru kilometrów na południe od Kazimierza, pod wsią Męcierz. Wychodnie ich ciągną się aż pod wieś Dobre, położoną w odległości 7 km na południowy zachód. Jest to kompleks miękkich, mażących skał, łatwo wietrzejących, zaliczonych przez Wł. P o ż a r y s k i e g o (1938) do poziomu „w“, warstw przejściowych od dolnego do górnego mastrychtu. Skały te odpowiadają największemu nasileniu transgresji mastrychckiej. Są to drobnopelitowe, silnie wapniste skały, zawierające dość liczną makrofaunę.

KAMIENIOŁOM MIEJSKI W KAZIMIERZU

W kamieniołomie miejskim położonym na północ od Męcierza, już na południowych peryferiach Kazimierza, odsłania się, wcięta silnie w brzeg Wisły, kilkudziesięciometrowej wysokości ściana, zbudowana z białej opoki. Skały tu występujące są znacznie twardsze od margli Męcierza i zaliczone zostały przez Wł. P o ż a r y s k i e g o do górnego mastrychtu, poziomu „x“. Intensywnie prowadzona eksploatacja umożliwia bliższe przyjrzenie się skałom świeżym, niezwiędniętym. Pozornie, skały tu występujące są bardzo monotonne. Jest to opoka biała, biało-szara, żółtawa, odporna na wietrzenie. Trawiona kwasem solnym skała burzy się, lecz nie rozpada się. Posiada liczne, drobnutkie pory będące próżniami po spikulach gąbek. Skała, w całym profilu silnie spękana w kilku kierunkach, wyraźnego warstwowania nie wykazuje. Eksploatowana jest na wielką skalę, zarówno w celu regulacji Wisły, jak i na budulec.

W opoce występują tu nieliczne jasnoszare czerty, o nieregularnych kształtach, na ogół drobne i rozrzucone w skale dość przypadkowo,

W stropie warstw występujących w kamieniołomie miejskim pojawiają się dwie miękkie warstwy margliste. Szarą barwą odcinają się one dobrze od otaczającej je opoki, widoczne są więc z daleka. Każda z tych warstw marglistych ma około 1 m miąższości; przedzielone są 3-metrowej grubości warstwą opoki.

Prócz tych dwóch warstw marglistych, daje się w kamieniołomie tym, wśród monotonnej pozornie serii opoki, zauważyć bardziej twarde przewarstwienia, nieznacznej stosunkowo miąższości, nie przekraczającej na ogół 0,3 m. Skala w tych przewarstwieniach, występujących rytmicznie co parę metrów, jest barwy tej samej, co warstw sąsiednich, lecz jest bardzo zwięzła. Nie kruszy się łatwo pod uderzeniami młotka. Znaczna jej twardość spowodowana jest przesiąknięciem skały węglanem wapnia, stąd brak w niej licznych, drobnych por, tak charakterystycznych dla opoki typowej, tworzącej większość występujących w okolicy Kazimierza skał.

ODSŁONIĘCIA W BOCHOTNICY I NASIŁOWIE

Strop kompleksu opoki zakończony jest stwardniałą warstwą „hard ground“ (poziom „y“). Twarda ta warstwa posiada miąższość około 1 m. Jest to wapień jasnoszary, zlewny, nieporowaty, odporny na wietrzenie. Powierzchnia tego wapienia nie jest równa. Pocięta jest wielką ilością kanałów o kształtach zupełnie nieregularnych. Kanały te wypełnione są zielonawym osadem wyżej leżącej warstwy fosforytowej. Osad ten występuje w postaci mało zwięzłej, miejscami sypkiej skały, w kanałach zaś jest stwardniały, o twardości analogicznej do otaczającej go skały. Obecność tej twardej warstwy miała wpływ na zwężenie doliny Wisły w przełomie pod Kazimierzem i Puławami.

Warstwa twardego wapienia „hard ground“ w kamieniołomie miejskim nie jest widoczna. Odsłania się dopiero na północ od miasta, szczególnie w Bochothnicy, położonej w odległości 4 km na północ od Kazimierza. Ponad serią opoki zakończoną tu warstwą „hard ground“ leży mająca od 0,5 do 1 m miąższości warstwa słabo scementowanego piasku glaukonitowego; jest to poziom „z“. Skała zawiera liczne конкреcje fosforytowe, badane szczegółowo przez A. Morawieckiego (1925) i A. Mazurka (1929). Są to przeważnie pseudomorfozy po gąbkach oraz innych organizmach o zawartości P_2O_5 wahającej się od 22,1 do 26,05%, jak podaje pierwszy z cytowanych autorów. Fauna występująca w tym poziomie charakteryzuje się obfitością głowonogów z rodzaju *Belemnitella*, osiągającego tu swe najwyższe położenie. Poza tym występują tu liczne małże i ramienionogi.

Hard ground

Warstwa stwardniała, tzw. hard ground, w okolicach Kazimierza, jest to skała twarda, koloru biało-szarego, o miąższości 0,4—0,6 m. Skała ta jest prawie czystym wapieniem, gdyż zawiera około 90% węglanu wapnia. Jej ciężar właściwy wynosi około 2,5. Jest to wielkość charakterystyczna dla wapieni. Cechami fizycznymi i składem chemicznym wapień ten odpowiada prawie całkowicie przerostom wapiennym w opoce, tak zwanej opoce związanej.

Powierzchnia warstwy stwardniałej jest nierówna, pocięta ogromną ilością różnej wielkości kanałów. Kanały te mają niejednokrotnie kręty bieg; miejscami przebijają całą miąższość warstwy „hard ground“, wnikając w skały opoki. Są one wypełnione piaszczysto-glaukonitowym, zielonawym osadem wyżej leżącej warstwy fosforytowej. Dzięki temu kanały te i ich kształt doskonale się zaznaczają na tle białego wapienia.

W piaskowcu wyżej leżącym tkwią skamieniałości górnego mastrychtu, stosunkowo liczne wobec zahamowania procesów sedymentacyjnych w związku z istnieniem prądów przydennych.

W piaskowcu glaukonitowym, obok wzbogaconego zespołu fauny górnomastrychckiej, tkwią niewielkich rozmiarów i niezbyt liczne konkrecje fosforytowe. Są to niskoprocentowe skupienia fosforanu wapnia, stanowiące niejednokrotnie pseudomorfozy po skamieniałościach górnego mastrychtu.

Warstwa fosforytonośna zaliczana jest jeszcze do górnego mastrychtu (Wł. Pożaryski, 1938, 1948; R. Kongiel, 1949).

Opisane kanały i charakter powierzchni wapienia graniczącego z piaskowcem glaukonitowym ilustrują załączone rysunki (fig. 2 i 3).

Piaskowiec glaukonitowy z konkrecjami fosforytowymi i wzbogaconą fauną górnego mastrychtu leży na rozżartej powierzchni wapienia „hard ground“.

Niejednokrotnie wewnątrz kanałów tkwią konkrecje fosforytowe, choć na ogół zgromadziły się w warstewkę w piaskowcu glaukonitowym, ponad powierzchnią wapienia.

Warstwa fosforytonośna jest dużo słabiej scementowana w obrębie piaskowca ponad wapieniem, aniżeli w obrębie kanałów wżerających się w wapień. Tu twardość jest bliska twardości wapienia, w którym tkwi. Widoczne zaś w warstwie fosforytowej nad wapieniem ostrokrawędziste ułamki wapienia są dużo miększe od ciągłej warstwy wapienia, o twardości równej twardości otaczającej je warstwy fosforytowej. Te ostrokrawędziste ułamki są opoką, która albo nie uległa procesowi twardnienia w czasie, gdy strop opoki stawał się wapieniem, albo też uległa wtórnemu odwapnieniu.

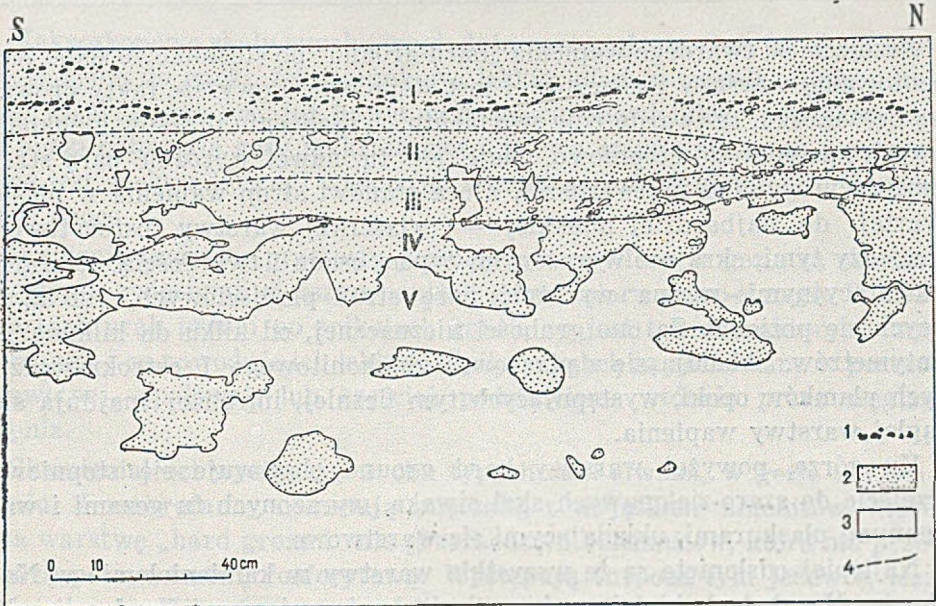


Fig. 2

Skorodowana powierzchnia wapienia hard ground. 1 — konkretcje fosforytowe; 2 — piaskowiec glaukonitowy; 3 — warstwa hard ground; 4 — granice stref cementacyjnych; cyframi rzymskimi oznaczono strefy cementacyjne od najmniejszej do najtwardszej.

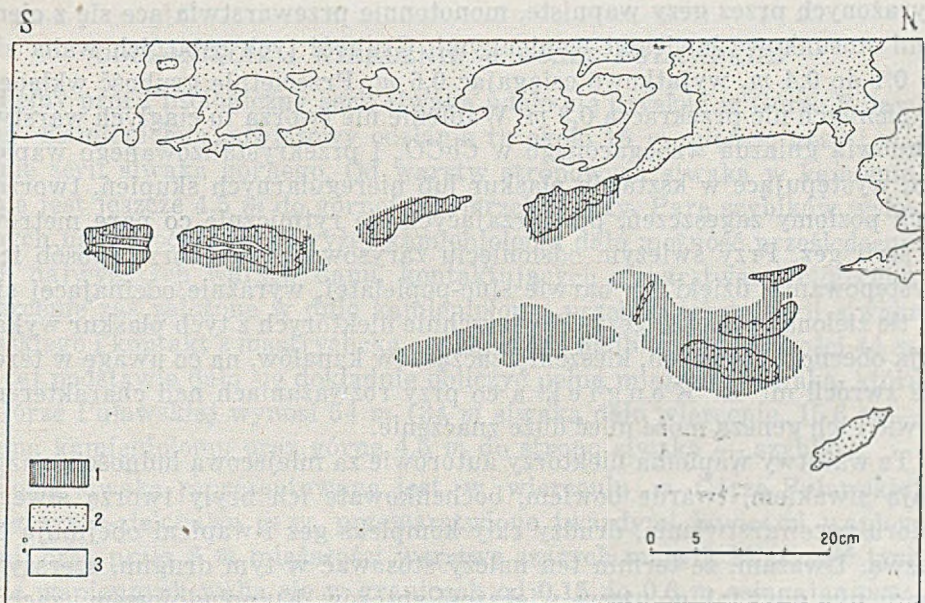


Fig. 3

Czerty w wapieniu hard ground. 1 — czerty; 2 — piaskowiec glaukonitowy; 3 — warstwa hard ground.

Przejście od twardego wapienia „hard ground“ do stosunkowo słabo scementowanej warstwy fosforytowej jest stopniowe. Powyższe fakty prowadzą do wniosku, że ztwardnienie sedymentu po osadzeniu piasków glaukonitowych następowało stopniowo. Daje się tu nawet wyróżnić parę stref cementacyjnych, od najtwardszej, która stanowi strop wapienia w masie zwartej, do najbardziej miękkiej — właściwej warstwy fosforytowej. Pomiędzy tymi, skrajnie wyrażonymi typem osadu i twardością, strefami cementacyjnymi, można wyróżnić parę stref przejściowych, rozciągających się poziomo. Są one grubości nieznacznej, od kilku do kilkunastu centymetrów. Składają się z piaskowca glaukonitowego i ostrokrawędzistych ułamków opoki, występujących tym liczniej, im bliżej znajdują się ciągłej warstwy wapienia.

Ku górze, powyżej warstwy hard ground obserwuje się stopniowe przejście do szaro-zielonawych skał siwaka, wyrażonych tu gezami i wapiennymi płaskurami, układającymi się warstwowo.

Najlepiej odsłonięte są te wszystkie warstwy w kamieniołomie w Nasiłowie. Na skałach białej opoki, zakończonej poziomem „hard ground“ spoczywają piaski glaukonitowe, słabo scementowane. Zawierają one dość liczne konkracje fosforytowe. Fauna jest w nich liczna i niewiele różni się od występującej niżej w opoce. Grubość warstwy tej wynosi średnio 0,5 m. Wyżej odsłania się 20-tometrowej miąższości kompleks skał siwaka, wyrażonych przez gezy wapniste, monotonnie przewarstwiające się z cienkimi stosunkowo ławicami wapiennymi. Grubość tych ostatnich waha się od 0,1 do 0,4 m, wyjątkowo osiągając 0,6 m. Przeciętnie grubość wkładek wapiennych nie przekracza 0,3 m. Wapienie nie tworzą tu ciągłych warstw. Stanowią gniazda wzbogaconego w $CaCO_3$ i przekrystalizowanego wapienia, występujące w kształcie płaskur lub nieregularnych skupień, tworzących poziomy zagęszczeń, powtarzających się rytmicznie co parę metrów w serii gez. Przy świeżym odsłonięciu zarysowuje się dobrze sposób ich występowania, dzięki ich barwie sino-popielatej, wyraźnie odcinającej się na tle zielonawych skał gezy. Powierzchnie niektórych z tych płaskur wykazują obecność zagłębień, kieszeni i zaczątków kanałów, na co uwagę w terenie zwrócił mi R. K o n g i e l, a co przy rozważaniach nad charakterem ławic i ich genezą może mieć duże znaczenie.

Te warstwy wapienia niektórzy autorowie za miejscową ludnością nazywają siwakiem, twarde bowiem, bochenkowate ich bryły tworzą siwego koloru przewarstwienia, drudzy cały kompleks gez i wapieni obejmują tą nazwą. Uważam, że termin ten należy stosować w tym drugim, szerszym znaczeniu, gdyż tak go używa większość autorów. Ku południowemu zachodowi warstwy się stopniowo podnoszą i dają się prześledzić aż poza Wojszyn, gdzie siwak i warstwa fosforytowa wychodzą w powietrze. Zatem istnieje tu słaby upad ku NE.

Makroskopowo skały siwaka wyglądają następująco. Gezy są skałą bardzo zbliżoną do opoki. Są stosunkowo lekkie, niezbyt twarde, silnie porowate, co widoczne jest już nawet przy użyciu niewielkiego powiększenia. Od opoki odbiegają gezy makroskopowo barwą szaro-zieloną, co spowodowane jest większą ilością i większymi rozmiarami ziarn glaukonitu w gezie niż w opoce.

Wapienie tworzące przerosty poziomo uwarstwione w gezie są skałami twardymi, zwięzłymi, cięższymi aniżeli gezy, koloru szaro-siwego. W skałach tych brak próżni po spikulach gąbek, co jest tak charakterystyczną cechą gez, i co powoduje ich lekkość. Spikule gąbek są zachowane w postaci pierwotnej, opalowej, lub częściej podstawione wtórnie przez węglan wapnia.

Skamieniałości występują w obu typach skał siwaka, w gezie i w wapieniu. Z makrofauny dominują mięczaki, z wyjątkiem amonitów, które poza warstwę „hard ground“ nie przechodzą, i belemnitów, które nie przechodzą poza warstwę fosforytową. Występują tu poza tym jeżowce, lecz mniej licznie. Mikrofauna jest obfita, lecz nie nadająca się do wydobycia z wapieni, z powodu zbyt wielkiej ich twardości, jak również i z twardszych odmian gezy. Rzeczą godną uwagi jest fakt zachowania makrofauny w gezie jedynie w postaci odlewów. W wapieniach zaś występują skamieniałości wraz ze skorupami.

ODSŁONIĘCIE I WIERCENIE W GÓRZE PUŁAWSKIEJ

Pełny profil litologiczny serii siwaka udało się uzyskać w Górze Puławskiej. Kamieniołom powiatowy odsłania tu około 15 m miąższe gezy i wapienie serii siwaka górnego. Od warstw stropowych siwaka w kamieniołomie jest jeszcze 4,5 m do górnej powierzchni gezy. Parę szybików wykonanych na wysoczyźnie powyżej kamieniołomu dało możność prześledzenia tych najwyższych warstw danu, kontaktujących z warstwami oligocenu. Wiercenie zaś założone w dnie kamieniołomu przebiło resztę serii siwaka dańskiego i kontakt z mastrychcką opoką, którą nadbiło do głębokości 44 m. Na tej podstawie dało się dokładnie obliczyć pełną miąższość siwaka, która w Górze Puławskiej wynosi 54 m (34 m siwaka dało wiercenie, 15,6 m — ściana kamieniołomu oraz górne 4,5 m do stropu siwaka — szybiki).

Seria siwaka reprezentowana jest w wierceniu w Górze Puławskiej przez szaro-zielonawe gezy, przewarstwione twardymi ławicami wapiennymi, oraz przez 8 m miąższości warstwę szarych margli. Miąższość tych ławic wapiennych waha się w granicach od 0,15 do 0,6 m osiągając przeciętnie 0,3 m. Analogiczną miąższość mają przewarstwienia wapienia w serii opoki, poza tym występują w tych samych mniej więcej odstępach w obydwu seriach — opoki i siwaka. Jest to bardzo charakterystyczne zja-



wisko, upodabniające obie te serie skalne i rzucające światło na wspólny ich rytm sedimentacyjny.

TABELA 1
Wiercenie w Górze Puławskiej

Głębokość w <i>m</i>	Opis warstw	Podział litologiczny	Wiek (Pożaryski 1938)
0—16,0	Gezy wapniste z cienkimi wkładkami wapieni	Seria siwaka	Dan
16,0—23,5	Margle miękkie, ilaste		
23,5—34,5	Gezy wapniste z cienkimi wkładkami wapieni		
34,5	Brak próbek	Warstwa fosforytowa (przez analogię z odsłonięciami w Nasiłowie i Bochońnicy)	„z“
34,5—81,2	Opoki porowate z cienkimi wkładkami bardziej wapnistymi (opoki zwięzłe). Miejscami wkładki margliste	Seria opoki	„y“
			„x“

Ponad marglami, aż do stropu, ponownie występują gezy z rytmicznie powtarzającymi się poziomami skalcytyzowanej gezy. Powyżej 0 *m* wiercenia seria gez kontuuje się w kamieniołomie, którego ściany odsłaniają dobrze i uwidaczniają te charakterystyczne bochenkowate płaskury wapienne, występujące wśród miększej gezy. Aż do stropu siwaka skały mają ten sam charakter. W całej swej miąższości są to skały wapniste. Jedynie górne około 3,5 *m* miąższości siwaka reprezentowane są przez skały bezwapienne; są to bardzo lekkie, silnie porowate gezy. Warstwa kontaktująca z leżącym na siwaku transgresywnie osadem piaszczysto-żwirzastym oligocenu jest silnie zmienioną gezą.

Jak z tego widać, seria siwaka jest reprezentowana podobnie jak i seria opoki przez trzy typy skał, a mianowicie:

1. Gezy — stanowiące główną masę siwaka.
2. Wapienie — występujące w postaci regularnych, stosunkowo cienkich przewarstwień wśród gezy. Nie są to wapienie *sensu stricto*,

gdyż zawierają na ogół mniej niż 80% CaCO_3 , a poza tym geneza zbliżają się do gezy, gdyż — poza wysoką koncentracją węglanu wapnia — pozostałe składniki są analogiczne do występujących w gezach.

3. *M a r g l e* — występujące 8 m miąższości warstwą, na głębokości od 16 do 23,5 m.

Facja marglista występuje pomiędzy seriami gezy w ten sposób, że tworzy ona pokład ciągły, a nie przewarstwienia margliste wśród gezy, jak to ma miejsce w przypadku opoki w wierceniu w Górze Puławskiej, gdzie wkładki margliste pojawiają się w postaci grubszych lub cieńszych przewarstwień wśród opoki, nie tworząc nigdzie grubszej serii. Gdyby ta facja marglista posiadała szersze rozprzestrzenienie poziome, a nie była zjawiskiem czysto lokalnym dla siwaka Góry Puławskiej, można by ją wyzyskać w celu rozbicia siwaka na trzy poziomy, a mianowicie: g ó r n y — najgrubszy, złożony z gez wapnistych przewarstwionych ławicami wapiennymi, ś r o d k o w y — wyrażony w postaci margli, ostro odgraniczonych od gez nadległych, stopniowo zaś przechodzących w gezy podścielające, d o l n y — złożony analogicznie jak i górny z gez wapnistych, przewarstwionych ławicami wapiennymi.

Jednakże w Górze Puławskiej spąg facji marglistej znajduje się już na wysokości 11 m ponad warstwą „hard ground“, a w Nasiłowie ani na tej wysokości, ani wyżej nie pojawiają się margle, choć ściana siwaka wznosząca się ponad skałami opoki osiąga 22,3 m miąższości. Margliste wykształcenie siwaka tu się nie pojawia. Powinno by ono występować na 11 metrze od kontaktu siwaka z opoką i w całej swej miąższości, która nie przekracza 7,5 m.

Próby rozbicia siwaka na trzy poziomy na podstawie petrograficznej zarówno jak i na podstawie makrofaunistycznej, które czynił w swoim czasie R. K o n g i e l (1935), upadają, gdyż ostatnio tenże autor (1949), po zbadaniu jeżowców z rodzaju *Echinocorys*, doszedł do wniosku, że nie są one związane z żadnym poziomem siwaka, lecz są rozrzucone w serii siwaka, zarówno jak i reszta jeżowców, zupełnie nieregularnie.

Wobec braku możliwości rozbicia siwaka na trzy poziomy można by go na razie rozbić na dolny i górny. D o l n y reprezentuje seria skał, których spąg kontaktuje z opoką, więc siwak Bochotnicy i Nasiłowa. Do g ó r n e g o należałaby odsłaniająca się na powierzchni w Górze Puławskiej seria skał, których strop kontaktuje z osadami oligocenu. Granicy pomiędzy siwakiem dolnym i górnym postawić nie można i podział taki jest niewątpliwie podziałem sztucznym, czysto roboczym. Być może, w przyszłości siwak da się rozpoziomować szczegółowiej, bądź na podstawie innej makrofauny, np. mięczaków, bądź też na podstawie zespołów otwornicowych.

Seria opoki reprezentowana jest w wierceniu w Górze Puławskiej w postaci szaro-białych skał, występujących w trzech typach:

1. Brudnobiałe m a r g l e miękkie, trudne do uzyskania w wierceniu w postaci rdzenia, który z powodu małej twardości tej skały uległ w znacznej mierze wypłukaniu przez płuczkę w trakcie przeprowadzania wiercenia.
2. O p o k a p o r o w a t a, występująca na powierzchni w okolicach Kazimierza nad Wisłą, stanowiąca tam dominujący typ skały, znanej pod nazwą opoki kazimierskiej. Skała biała, lub biało-żółtawa, dość twarda. Najbardziej charakterystyczną jej cechą jest znaczna porowatość. Liczne, bardzo drobne próżnie, widoczne już pod lupą ręczną, istnieją tu na skutek rozpuszczenia krzemionkowych igieł gąbek, stanowiących dominujący składnik tej skały. Skały te dzięki porowatości nie są ciężkie. Ten typ opoki określam mianem opoki porowatej.
3. O p o k a z w i ę z ł a stanowiąca cienkie wkładki w opoce porowatej w przeciwieństwie do poprzedniej reprezentuje skałę zlewną, dzięki czemu jest cięższa i dużo twardsza. Od opoki porowatej różni ją brak por i zmodyfikowana na skutek skalcytyzowania struktura skały. Stwardnienia te nie występują wśród opoki porowatej całkiem przypadkowo. Pojawiają się one w postaci regularnych przewarstwień o miąższości nieznacznej, osiągającej przeciętnie 0,3 m. Równie dobrze można by je nazwać wapiennymi przerostami w opoce, jeśli by pod opoką rozumieć pewien typ skały, a nie serię skał związanych z określonym wiekiem geologicznym.

Opisane trzy typy skał, tzn. m a r g l e, o p o k a p o r o w a t a i o p o k a z w i ę z ł a, charakteryzują utwory górnego mastrychtu osiągnięte wierceniem w Górze Puławskiej. Grupują się one w pewien charakterystyczny sposób, a mianowicie margle przeważają w najniższych 10 m wiercenia, wyżej zaś aż do granicy z siwakiem przeważa opoka porowata. Przewarstwienia opoki zwięzłej występują co parę metrów niezależnie, zarówno wśród opoki porowatej, jak i wśród margli. Na głębokości 48—54 m od stropu wiercenia, czyli na głębokości 14—20 m od granicy opoki z siwakiem, pojawiają się dwie wkładki miękkie margliste, zakończone od góry i od dołu 30 cm miąższości przewarstwieniami opoki zwięzłej. Te wkładki margliste oddzielone są od siebie około 3 m miąższości warstwą opoki porowatej, zawierającej 3 przewarstwienia opoki zwięzłej. Miąższości tych skał i ich wzajemne przewarstwianie się odpowiadają analogicznym warstwom marglistym w Kazimierzu, występującym w podobnym ułożeniu w stosunku do sąsiadujących skał w stropie kamieniołomu miejskiego.

Seria opoki w wierceniu z Góry Puławskiej zakończona jest stwardniałą warstwą „hard ground“. Jest to skalcytyzowana opoka, miąższości około 0,6 m, zawierająca skamieniałości analogiczne jak opoka kazimierska.

Skąła ta jest bardzo twarda, stanowi prawie czysty wapień. Powierzchnia jej jest nierówna. Analogicznie jak w wielu odsłonięciach w Bochotnicy i Nasiłowie, rdzeń wiercenia wykazuje na powierzchni „hard ground“ obecność szeregu kanałów, wypełnionych piaszczysto-glaukonitowym osadem warstwy fosforytowej. Warstwy fosforytowej w próbach brak. Jako osad mało zwięzły została ona z płuczką wypłukana.

OPIS MIKROSKOPOWY PRZEWODNICH TYPÓW SKAŁ

Badane skały poddałam trawieniu w rozcieńczonym kwasie solnym w celu zbadania ich lepiszcza, oraz ich nierozpuszczalnej reszty. Poza tym z całej serii siwaka i opoki zostało wykonanych kilkadziesiąt szlifów mikroskopowych.

Poniżej podaję opis residuum skał oraz opis mikroskopowy szlifów z przewodnich typów skał siwaka i opoki, wraz z pomiarami wielkości ziarn kwarcu i glaukonitu, które są wielkościami średnimi z 80 pomiarów dla każdego szlifu.

Geza bezwapienna

Góra Puławska, szybik, strop serii siwaka

Skąła nie reaguje na kwas solny.

Badanie mikroskopowe szlifów wykazują, że skąła składa się z licznych, dużych i dobrze wyodrębnionych ziarn kwarcu, glaukonitu, oraz z lepiszcza. Wśród ziarn kwarcu przeważają ostrokrawędziste. Największe ziarna kwarcu mają 0,16 mm, przeciętnie — 0,06 mm, średnicy. Glaukonitu jest dużo. Występuje on zarówno w postaci świeżych, jaskrawo zielonych, dobrze uformowanych ziarn o kształtach mniej lub bardziej owalnych, jak i w postaci drobnych kłaczków o nieregularnych kształtach i niezarysowanych ostro konturach. Glaukonit jest w stadium tworzenia się; największe jego ziarna osiągają 1 mm, przeciętnie mają 0,5 mm średnicy.

Poza ziarnami kwarcu i glaukonitu trafiają się z rzadka w szlifie ziarna cyrkonu i skaleni (np. zbliżniaczone plagioklasy) oraz blaszki muskowitu.

Spoiwo w świetle zwyczajnym przedstawia substancję brudnożółtawą. Na światło spolaryzowane reaguje słabo. W spoiwie występuje nie dająca się bliżej oznaczyć substancja blaszkowata oraz drobne łuski serycytu. Całkowicie izotropowa substancja w spoiwie występuje rzadko, przechodzi w substancję agregatowo polaryzującą, a miejscami w drobnowłóknisty chalcedon. Sporadycznie trafiają się gruboziarniste agregaty kwarcowe (okruchy kwarcytu?).

Geza wapienia

Góra Puławska, szybik, strop serii siwaka, poniżej gezy bezwapiennej

Skąła trawiona w kwasie solnym nie rozpada się.

Badania mikroskopowe szlifów wykazują, że skąła składa się z licznych ziarn kwarcu i glaukonitu. Wielkość ich oraz pokrój są analogiczne jak

w gezie bezwapiennej. Natomiast zaznacza się wyraźna różnica w budowie lepiszcza. Lepiszczce tu jest wapniste i występuje w postaci wyraźnie krystalicznych agregatów kalcytu lub skupień włóknistych. Kalcyt występuje tu również w szczątkach organizmów, wśród których widoczne są głównie otwornice i igły gąbek. Wnętrza otwornic wypełnione są krystalicznym fosforanem wapnia, bądź opalem. Zdarzają się też skorupki otwornic puste oraz częściowo lub całkowicie wypełnione glaukonitem. Po igłach gąbek pozostały jedynie próżnie, czasem wypełnione glaukonitem.

Średnia wielkość ziarn kwarcu wynosi 0,07 *mm*, maksymalna 0,18 *mm*. Średnia wielkość ziarn glaukonitu — 0,11 *mm*.

Geza wapnista

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 8,2 *m*

Skąła trawiona w kwasie solnym nie rozpada się.

Badania mikroskopowe szlifu wykazują obecność licznych, ostrokrawędzistych ziarn kwarcu, z tym, że niektóre z nich posiadają obwódki regeneracyjne. Wielkość ziarn kwarcu dochodzi maksymalnie do 0,18 *mm* średnicy, średnio osiągając 0,07 *mm*. Największe ziarna glaukonitu mają 0,57 *mm*, przeciętnie 0,32 *mm* średnicy. Skaleni, bliżej nieoznaczalnych, jest bardzo mało. Tło skały jest wapienno-ilaste. Występują w nim liczne kłaczkki czerwono-brunatnych tlenków żelaza, pochodzących zapewne z rozkładu glaukonitu. Substancja całkowicie izotropowa tworzy skupienia w obrębie organizmów, a więc przede wszystkim wypełnia wnętrza otwornic. Igły gąbek wyrażone są w postaci licznych próżni.

Geza wapnista

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 31,2 *m*

Skąła trawiona w kwasie solnym nie rozpada się.

Badanie mikroskopowe szlifu wskazuje, że poza składnikami analogicznymi do wyżej opisanych w gezie z głębokości 8,2 *m* występują tu nieznaczne ilości pirytu. Kwarcu i glaukonitu jest stosunkowo mniej niż w gezach wyżej opisanych; wielkość ziarn zmniejsza się wyraźnie. Niektóre igły gąbek są skalcytowane, po większości jednak zachowały się jedynie próżnie. Niektóre wnętrza skorupki otwornic są wypełnione opalem. Średnia wielkość ziarn kwarcu wynosi 0,03 *mm*. Średnia wielkość ziarn glaukonitu wynosi 0,06 *mm*.

Przerost wapienny w gezie

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 6 *m*

Skąła trawiona w kwasie solnym rozpada się całkowicie. Residuum jest bardzo obfite, w skład jego wchodzi następujące składniki:

1. Bardzo znaczna ilość substancji ilastej, występującej w postaci nadzwyczaj drobnych przezroczystych blaszek.

2. Blaszki muskowitu i serycytu (niezbyt liczne).
3. Piryty, będący dość pospolitym składnikiem wapieni, a szczególnie margli, występuje w postaci ziemistej jako liczne, drobne grudki.
4. Ziarna kwarcu nieliczne i drobne.
5. Ziarna glaukonitu zarówno kanciaste jak i zaokrąglone, nieliczne i drobne, w kolorach od blado- do ciemnozielonych.
6. Ze szczątków organicznych występuje tu pewna ilość, raczej nieduża, opalowych igieł gąbek, przy czym niektóre z nich mają kanał osiowy wypełniony glaukonitem.
7. Chitynowe szczątki *Pterobranchia* z rodzaju *Rhabdopleura* (R. K o- z ł o w s k i, 1949).
8. Szczątki roślinne.
9. Nieliczne chitynowe „podszewki“ otwornic.

Badanie mikroskopowe szlifów wykazuje, że spoiwo ma tu postać drobno-kryształicznego węglanu wapnia, na którego tle ziarna kwarcu i glaukonitu są nieliczne. Kwarc występuje w postaci ziarn ostrokrawędzistych. Ziarna glaukonitu są drobne i świeże; miejscami glaukonit wypełnia otwornice. Wszystkie prawie szczątki organiczne zbudowane są z przekryształizowanego węglanu wapnia. Trafiają się ciemne skupienia tlenków żelaza. Substancji izotropowej brak. Średnia wielkość ziarn kwarcu wynosi 0,06 mm, glaukonitu zaś 0,09 mm.

Margiel w serii siwaka

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 25 m

Skala trawiona w rozcieńczonym kwasie solnym rozpada się całkowicie, pozostawiając nadzwyczaj obfite residuum.

1. Najobficiej w residuum reprezentowana jest substancja ilasta, która oglądana pod lupą binokularną, pod dużym powiększeniem, przedstawia się w postaci nadzwyczaj drobnych, przezroczystych blaszek.
2. Ziarna kwarcu drobne i nieliczne.
3. Ziarna glaukonitu drobne i nieliczne. Glaukonit wypełnia niejednokrotnie otwornice i kanały w igłach gąbek.
4. Piryty występuje w residuum w dość dużych ilościach w postaci skupień ziemistych, wypełniając analogicznie jak glaukonit otwornice i podstawiając igły gąbek.
5. Opalowe igły gąbek są tu bardzo liczne i bardzo dobrze zachowane. Reprezentują parę typów z licznymi odmianami. Są to: monaksony (3 odmiany), tetraksony (8 odmian), triaksony (5 odmian) i gwiazdziste dyski.
6. Drobne blaszki miki (serycyt i muskowit).

7. Chitynowe szczątki *Pterobranchia* z rodzaju *Rhabdopleura* (R. K o z ł o w s k i, 1949). Są to fragmenty stolonów, tek o budowie fuzellarnej oraz pączki sterylne połączone stolonem.
8. Mikroskopijny mikroplankton złożony z *Hystrichosphaeridae*, stwierdzony przez R. K o z ł o w s k i e g o¹.
9. Szczątki roślinne.
10. Nieliczne chitynowe „podszewki“ otwornic.

Poddając badaniu mikroskopowemu szlif stwierdzamy, że tło jest bogate w węglan wapnia i substancję blaszkowatą. Występuje tu dużo drobno-kryształicznego kalcytu oraz dość liczne są gruzelki drobnego, rozsianego pirytu, wypełniającego niejednokrotnie wnętrza otwornic. Piryty nie tworzy jednak indywiduów idiomorficznych. Ziarna kwarcu i glaukonitu są drobne i nieliczne. Występują one w znacznie mniejszych ilościach niż w gezach siwaka. Glaukonit wygląda na mniej świeży niż w gezach siwaka. Przeciętna wielkość ziarn kwarcu wynosi 0,03 mm, największe dochodzą do 0,12 mm średnicy, osiągając średnią wielkość ziarn kwarcu występujących w gezie siwaka. Średnia wielkość ziarn glaukonitu ma zaledwie 0,1 mm, maksymalnie 0,3 mm średnicy. Wiele otwornic jest wypełnionych tlenkami żelaza, bądź fosforanem wapnia. Igły gąbek opalowe. Występuje tu stosunkowo duża ilość blaszek miki, wśród których zaznacza się pewna tendencja do ułożenia poziomego.

Piaskowiec glaukonitowy warstwy fosforytowej Nasiłów, kamieniołom państwowy

Skała wapnista, niezbyt mocno scementowana, trawiona w kwasie solnym rozpada się prawie całkowicie. Residuum jest bardzo obfite. Składa się z bardzo dużej ilości ziarn kwarcu i glaukonitu, przy prawie zupełnym braku substancji ilastej, w przeciwieństwie do innych skał badanej serii. Większość ziarn kwarcu i glaukonitu zanieczyszczona jest tlenkami żelaza, a wiele z nich tworzy skupienia spojone tlenkami żelaza. Liczne skupienia tych ostatnich wypełniają niejednokrotnie całkowicie lub częściowo próżnie po otwornicach. Trafiają się drobne, wielkości ziarn piasku, oraz rzadziej — duże — konkracje fosforytowe. Miejscami występują dość duże blaszki muskowitu. Niektóre skorupki otwornic, trawione w kwasie solnym, nie ulegają rozpuszczeniu, co wskazuje, że podstawione są całkowicie opalem; inne natomiast są tylko częściowo impregnowane, na co wskazuje fakt, że w mniejszym lub większym stopniu są nadtrawiane. Z innych szczątków zwierzęcych trafiają się zęby i kręgi rekinów.

¹ W skałach senonu górnego Holsztynu stwierdził O. W e n t z e l w nierozpuszczalnej reszcie również obecność mikroplanktonu *Hystrichosphaeridae* (1950).

Uderza w tym residuum, poza brakiem substancji ilastej, całkowity brak igieł gąbek, grudek pirytu, szczątków roślinnych i delikatnych, chitynowych fragmentów *Rhabdopleura*. Lepiszczce jest tu żelazisto-wapienne.

Na szlifach pod mikroskopem na tle wapnisto-żelazistym widoczne są w bardzo znacznej ilości duże ziarna kwarcu i glaukonitu. Największe ziarna zarówno kwarcu jak i glaukonitu osiągają 0,4 mm średnicy przy wielkości średniej 0,2 mm. Wśród ziarn kwarcu trafiają się osobniki zregenerowane. Stosunkowo liczne w porównaniu do innych skał badanej serii są skalenie, zarówno potasowe jak i zasadowe.

W a p i e ń „hard ground“

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 34,6 m

Skała trawiona w kwasie solnym rozpada się całkowicie. Residuum nie jest obfite; składa się prawie wyłącznie z substancji ilastej, wyrażonej w postaci drobniutkich, prawie przezroczystych blaszek. Bardzo nieliczne i nadzwyczaj drobne są poza tym ziarna kwarcu. To samo dotyczy i glaukonitu. Występują również w niewielkich ilościach drobne blaszki muskowitu i serycytu. Niezbyt liczne są igły gąbek: monaksony, triaksony i tetraksony, które często mają kanały osiowe wypełnione glaukonitem. Występuje tu również piryt lecz w ilościach znikomych, zarówno jak i drobne, rozpylone szczątki *Rhabdopleura* i roślinne. W residuum znaleziono jedną „podszewkę“ chitynową otwornicy.

Obraz mikroskopowy jest wybitnie różny od opisanego dla piaskowca glaukonitowego warstwy fosforytowej. Na tle silnie wapnistym zarysowują się gdzieniegdzie ostrokrawędziste drobne ziarna kwarcu, oraz rzadko, nie w każdym polu widzenia, daje się zaobserwować drobne zaokrąglone ziarno glaukonitu. Wielkość przeciętna ziarn kwarcu wynosi 0,04 mm średnicy, maksymalna nie przekracza 0,09 mm średnicy. Wielkość przeciętna ziarn glaukonitu wynosi 0,06 mm średnicy, maksymalna wynosi 0,1 mm średnicy. Szczątki organiczne w postaci skorupki otwornic oraz igieł i fragmentów gąbek zbudowane są z węglanu wapnia. Część igieł gąbek zbudowana jest z opalu. Poza tym substancji izotropowej brak.

O p o k a p o r o w a t a

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 45 m

Skała trawiona w kwasie solnym nie rozpada się.

Szlif oglądany pod mikroskopem wskazuje, że cała masa skały składa się z agregatu ilasto-wapnistego, reagującego na światło spolaryzowane; istnieją też partie, które agregatowo reagują na światło spolaryzowane. Te ostatnie stanowią ewentualne przejścia opalu w chalcedon, gdyż zarówno opal jak i chalcedon występują w spoiwie, chociaż w ilościach nieznacznych. Po igłach gąbek pozostały jedynie próżnie. Wnętrza otwornic wypełnione są glaukonitem bądź opalem (całkowicie izotropową substancją). Kwarcu

i glaukonitu występuje w skale stosunkowo mało. Przeciętna wielkość ziarn kwarcu wynosi 0,02 mm, maksymalna 0,09 mm średnicy. Przeciętna wielkość ziarn glaukonitu wynosi 0,05 mm, maksymalna 0,19 mm średnicy.

Opoka zwięzła (przerosty wapienne w serii opoki)

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 45,8—48,0—75,4 m

Skala silnie wapnista trawiona w kwasie solnym rozpada się całkowicie. Nierozpuszczalna w kwasie solnym reszta nie jest obfita. Dominującym składnikiem lepiszcza obok węglanu wapnia jest substancja ilasta występująca w postaci drobnych blaszek. Z ziarn mineralnych występują stosunkowo drobne ziarna glaukonitu, znikome ilości pirytu i dość liczne blaszki muskowitu. Z resztek organicznych są tu drobne ilości szczątków roślinnych i chitynowe — zwierzęce.

Uderza brak w residuum ziarn kwarcu i igieł gąbek. Te ostatnie występują w niewielkich ilościach w residuum przerostu wapiennego z głębokości 45,8 m.

Badanie mikroskopowe szlifów wykazuje, że jest to skała nadzwyczaj drobnoziarnista i bardzo bogata w kalcyt. Główną masę skały stanowi lepiszcze wapnisto-ilaste. W nim tkwią drobne ziarna kwarcu wielkości przeciętnej 0,02 mm oraz — w ilościach znikomych — 1 ziarno w polu widzenia — glaukonitu. Bardzo liczne igły gąbek stanowią około 50% zawartości skały. Krzemionka została w nich całkowicie zastąpiona kalcytem. Substancji zupełnie izotropowej brak. Skorupki otwornic są bardzo drobne.

Margiel w serii opoki

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 48,7 m

Skala trawiona w kwasie solnym rozpada się.

Residuum wyrażone jest w postaci:

1. dużej ilości substancji ilastej, blaszkowatej,
2. stosunkowo dużej ilości drobno rozsianego pirytu,
3. stosunkowo dużej ilości szczątków organicznych, roślinnych i zwierzęcych (*Rhabdopleura*),
4. nielicznych i drobnych ziarn kwarcu,
5. nielicznych i drobnych ziarn glaukonitu,
6. większej niż w opoce ilości muskowitu występującego miejscami w postaci dużych blaszek.

Uderza w tym residuum całkowity brak igieł gąbek, w przeciwieństwie do składu nierozpuszczalnej reszty margli siwaka. W skale natomiast nie trawionej w kwasie solnym obecność igieł gąbek zaznacza się licznymi próżniami oddającymi ich kształt, analogicznie jak to ma miejsce w opoce porowatej.

Badanie mikroskopowe szlifu wykazuje, że tło skały stanowi spoiwo zbite, wapnisto-ilaste. Substancja izotropowa nie wyodrębnia się w nim. Na tle spoiwa występują liczne drobne kryształki kalcytu, drobne otwornice o wapiennym szkielecie, oraz bardzo nieliczne i drobne ziarna kwarcu. Glaukonitu jest tu również bardzo niewiele. Stosunkowo liczne są tu tlenki żelaza, w postaci brunatno-czerwonych skupień. Całkowicie izotropowa substancja (opal) tworzy wypełnienia niektórych organizmów, w szczególności otwornic. Po igłach gąbek pozostały próżnie. Przeciętna wielkość ziarn kwarcu wynosi 0,01 mm, maksymalna — 0,08 mm średnicy. Wielkość ziarn glaukonitu przeciętnie wynosi 0,07 mm, maksymalnie 0,1 mm średnicy.

Margiel w serii opoki

Dolna warstwa, Kazimierz Dolny, kamieniołom miejski

Skała nadzwyczaj drobnopylasta, zawiera kokkolity i mikroplankton złożony z *Hystrichosphaeridae*. Trawiona w kwasie solnym rozpada się całkowicie. Nerozpuszczalna reszta nie jest zbyt obfita, gdyż skała zawiera ponad 80% węgla wapnia. Residuum składa się głównie z substancji ilastej, drobnoblaszkowatej. Ziarn kwarcu nie obserwuje się prawie zupełnie. Ziarna glaukonitu są nieliczne, wielkości drobnej, dość zmiennej. Wśród substancji ilastej daje się zauważyć pewna ilość blaszek muskowitu oraz szczątki *Rhabdopleura*. Igieł gąbek opalowych w residuum brak.

Badanie mikroskopowe szlifu wykazuje, że spoiwo skały jest wapniste, złożone z bardzo drobnokrystalicznego węgla wapnia. Na tle spoiwa widoczne są ziarna kwarcu i glaukonitu. Kwarc występuje w postaci ziarn ostrokrawędzistych, nadzwyczaj drobnych. Średnia wielkość ziarn kwarcu wynosi tu 0,03 mm, maksymalna 0,08 mm średnicy; te ostatnie wielkości trafiają się jednak bardzo rzadko. Niektóre ziarna kwarcu są tak czyste, że robią wrażenie autogenicznych. Krzemionki opalowej jest bardzo niewiele. W niektórych szkielecach występuje krzemionka zindywidualizowana, w postaci substancji całkowicie izotropowej. Dość liczne są skupienia chalcedonu będące częściowo w stadium przekształcania się w ziarna kwarcu. Wielkość ziarn glaukonitu przeciętnie wynosi 0,06 mm, maksymalnie 0,09 mm średnicy.

CECHY CHEMICZNE SKAŁ

W celu ustalenia składu chemicznego badanych skał wykonano w pracowni Geochemicznej Państwowego Instytutu Geologicznego szereg analiz. Większość z nich wykonano jedynie na zawartość węgla wapnia; dla skrajnych typów skał wykonano analizy pełne. Analizy na zawartość węglanów wykonano metodą miareczkową. Krzemionkę bezpostaciową (opal), która — gdy występuje w ilościach nieznacznych — jest nie do

stwierdzenia optycznie w szlifach mikroskopowych, gdyż nie jest zindywidualizowana obliczono metodą chemiczną (rozpuszczając w $NaOH$). Analiz pełnych wykonano 9. Wyniki ich należy więc traktować jako orientacyjne. Linia wahań zawartości $CaCO_3$ w rdzeniu wiercenia narysowana jest na tablicy I.

Linia ilustrująca zawartość węglanu wapnia w skałach serii siwaka przebiega analogicznie z linią zawartości węglanu wapnia w serii opoki górnego masystrychtu. Linia ta charakteryzuje się nieprostoliniowym przebiegiem. Wskazuje ona na to, że mamy do czynienia z dwoma typami skał, o różnej, dość stałej zawartości węglanu wapnia. Gezy siwaka i opoka porowata posiadają niższą zawartość węglanu wapnia, którego wzrost zaznacza się wyraźnie w przerostach wapiennych siwaka i w opoce związanej.

Skład chemiczny badanych skał jest następujący:

TABELA 2

Analizy chemiczne skał górnego masystrychtu i danu z Góry Puławskiej nad Wisłą

Typ skały	Lokalizacja próbek, Liczby oznaczają głębokości	SiO ₂ ilość	SiO ₂	CaCO ₃ *	MgCO ₃
		całko- wita	bezposta- ciowa		
%					
	szybik				
Geza bezwapienna	1,1 m pod 0 szybiku	71,07			
" "	2,8 " " " "	70,66	21,88		
Geza wapienista	3,85 " " " "	54,30	4,08	28,12	2,05
" "	13,0 m nad 0 wiercenia	45,42	0,95	26,7	2,5
	kamieniołom				
" "	6,4 m nad 0 wiercenia			44,5	2,0
Przerost wapienny	5,8 " " " "			78,9	1,4
Geza wapienista	5,5 " " " "	48,36	12,53	36,9	3,28
Przerost wapienny	5,0 " " " "			79,0	1,5
Geza wapienista	5,0 " " " "			42,0	1,5
" "	0,3 " " " "	40,76	1,87	45,97	2,02
" "	2,2 m pod 0 wiercenia			35,0	4,6
Przerost wapienny	2,5 " " " "			79,9	2,5
Geza wapienista	4,6 " " " "			37,3	3,8
" "	5,5 " " " "			36,6	4,1
Przerost wapienny	6,0 " " " "			79,1	2,1
Geza wapienista	7,0 " " " "			34,8	4,2
Przerost wapienny	7,5 " " " "			80,4	1,6
Geza wapienista	8,2 " " " "	44,06	5,81	40,44	2,22
Przerost wapienny	9,2 " " " "			80,3	1,5
Geza wapienista	10,2 " " " "			44,9	2,9
Przerost wapienny	11,5 " " " "			75,2	1,8

* Analizy na zawartość węglanu wapnia wykonano metodą miareczkową. Analizowane próbki skał były wysuszone w temperaturze pokojowej.

TABELA 2 (ciąg dalszy)

Typ skały	Lokalizacja próbek. Liczby oznaczają głębokości	SiO ₂ ilość całko- wita	SiO ₂ bezposta- ciowa	CaCO ₃	MgCO ₃
Geza wapnista	12,5 m pod 0 wiercenia			34,5	2,0
Przerost wapienny	13,3 " " " "			67,8	2,5
Geza wapnista	14,5 " " " "			23,7	2,6
Przerost wapienny	15,8 " " " "	24,52		66,08	2,48
Margle miękkie	16,5 " " " "			30,0	2,6
" "	18,5 " " " "			37,8	2,4
" "	19,5 " " " "			33,55	
" "	20,3 " " " "			32,4	2,7
" "	22,0 " " " "	37,90		32,05	2,59
" "	23,4 " " " "			27,4	3,1
Geza wapnista	23,8 " " " "			40,55	3,1
" "	25,0 " " " "			43,2	2,7
Przerost wapienny	26,0 " " " "			78,3	1,8
Geza wapnista	27,5 " " " "			41,8	2,2
" "	28,6 " " " "			32,7	1,7
" "	31,0 " " " "	51,98		32,3	2,26
Przerost wapienny	32,3 " " " "			78,7	3,96
Geza wapnista	33,5 " " " "			31,1	4,3
Hard ground	34,6 " " " "	5,8		88,82	1,97
" "	35,0 " " " "			87,6	1,3
Opoka porowata	35,25 " " " "			60,2	2,0
" "	35,5 " " " "			61,3	1,7
" "	37,0 " " " "			59,2	4,4
" "	38,0 " " " "			57,5	3,8
Przerost wapienny	40,0 " " " "			75,4	0,8
Opoka porowata	42,2 " " " "			56,9	2,1
Przerost wapienny	43,6 " " " "			62,9	1,9
Opoka porowata	45,0 " " " "	32,6	5,4	54,9	2,1
" "	46,3 " " " "			65,1	1,9
Przerost wapienny	48,2 " " " "			79,6	1,7
Margle miękkie	49,0 " " " "	27,04		57,95	2,85
Przerost wapienny	49,5 " " " "			67,0	4,6
Opoka porowata	50,2 " " " "			61,8	4,5
Margle miękkie	54,0 " " " "			61,9	4,9
Opoka porowata	57,0 " " " "			67,1	4,5
Przerost wapienny	60,2 " " " "			70,1	4,4
" "	63,2 " " " "			78,5	1,6
Opoka porowata	67,0 " " " "			69,6	1,9
Przerost wapienny	70,0 " " " "			69,9	1,9
Margle miękkie	72,3 " " " "			70,4	2,0
Opoka porowata	74,7 " " " "			72,3	2,2
" "	78,2 " " " "	17,06	4,6	74,8	1,5
" "	81,2 " " " "			70,7	1,3

TABELA 3
Pełne analizy ważniejszych typów skał górnego maszyochtu i danu z Góry Putawskiej nad Wisłą

Wiek	Nr	Typ skały	Głębokość w m	%													
				SiO_2 całko- wita	SiO_2 rozp. w NaOH	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	K_2O	CO_2	S	SO_3	$H_2O-H_2O +$	Suma	
D a n	1	Geza bezwapienna	1,1	71,07 (22,0)	0,63	1,35	9,23	6,46	0,027	1,41	0,08	—	0,01	4,91	3,77	98,947	
	2	Geza wapienia	8,2	44,06 (5,81)	23,70	1,06	5,04	2,51	0,12	—	18,94	0,03	—	2,24	1,42	99,67	
	3	Przerost wapienny	15,82	24,52	38,02	1,19	1,50	2,28	0,14	—	30,34	0,28	—	0,78	0,62	99,67	
	4	Margiel	22,0	37,90	20,61	1,24	9,71	3,93	0,22	—	15,44	1,63	0,54	3,63	3,31	98,16	
	5	Geza wapienia	31,0	51,88	19,73	1,08	4,09	1,96	0,12	—	15,38	0,72	0,12	2,62	2,04	99,74	
	6	Hard ground	34,6	5,80	50,44	0,94	0,52	0,31	0,11	—	40,08	0,09	—	0,44	0,65	99,39	
	7	Opoka porowata	45,0	31,92 (5,4)	34,0	0,66	1,34	0,80	0,06	—	26,06	0,21	0,07	2,96	1,13	99,21	
	8	Margiel	49,0	27,04	34,49	1,36	3,76	1,33	0,14	—	26,97	0,22	—	2,06	1,64	99,01	
	9	Opoka porowata	78,2	17,06 (4,6)	42,71	0,93	2,02	0,78	0,10	—	33,56	0,14	0,04	1,09	0,91	99,34	

Powyższe liczby zostały ujęte w dwa wykresy (fig. 4), na których oddzielnie potraktowałam skały porowate o niższej zawartości węgla wapnia — gezy i opoki, oraz zbite o wysokiej jego zawartości — przerosty wapienne w gezie i opoce. Jest to więc rozbitcie wykresu wapnistości z tablicy I na dwie składowe.

WAPNISTOŚĆ SERII OPOKI I SIWAKA

Gezy wapniste i margle w gezach

Średnia wapnistość gezy wynosi 40%, z tym jednak że w poszczególnych przypadkach spada znacznie niżej. Mianowicie ma to miejsce w górnych 5-u *m* serii siwaka, gdzie wapnistość wynosi około 27%, następnie tuż nad marglami (24%) i w dolnych 4 *m* serii siwaka, gdzie wapnistość wynosi 32%. W przypadku pierwszym jest to przypuszczalnie związane z odwapnieniem powierzchniowym. Margle występujące w obrębie serii gez siwaka posiadają od 27,5% do 38% węgla wapnia; średnio około 32%. A zatem wapnistością zbliżają się do uboższych w węglan wapnia odmian gezy. Z analizy wynika, że równoległe ze zmniejszaniem się wapnistości wzrasta w skale zawartość krzemionki. Dotyczy to gez, w marglach zaś mimo nieznacznej wapnistości ilość krzemionki jest znacznie mniejsza aniżeli w najbardziej wapnistych odmianach gezy. Suma węgla wapnia i krzemionki wynosi dla gezy od 82,5% do 86,7%. Średnia z 5-u analiz wynosi 85%. Margiel zaś ma sumę krzemionki i węgla wapnia wynoszącą 70%. Te 15% różnicy decyduje o charakterze skały. Mianowicie pod względem zawartości węgla wapnia skały są bardzo podobne, a o różnicy decyduje zastąpienie 15% składu skały, które w gezie należy do krzemionki, podczas gdy w marglu głównie do składników ilastych. W marglu jest o 5% więcej Al_2O_3 niż w gezie; znacznie też jest więcej w marglach pirytu i nieco więcej siarczanów. Wnioski powyższe wyciągnęłam porównując pełne analizy gezy z głębokości 8,4 *m* i marglu z głębokości 22 *m*.

Opoka porowata i margiel w opoce

W opoce porowatej daje się zauważyć stały wzrost wapnistości ku dołowi wiercenia, prócz górnych 10 *m*. Wskutek tego, począwszy od głębokości 70 *m* warstwy porowate i przerosty wapienne wapnistością różnią się bardzo nieznacznie. W przerostach bowiem niewiele wyższa jest zawartość węgla wapnia w porównaniu do otaczających skał. W marglach zaś pojawiających się wśród serii opoki wapnistość jest niewiele niższa od średniej wapnistości opoki.

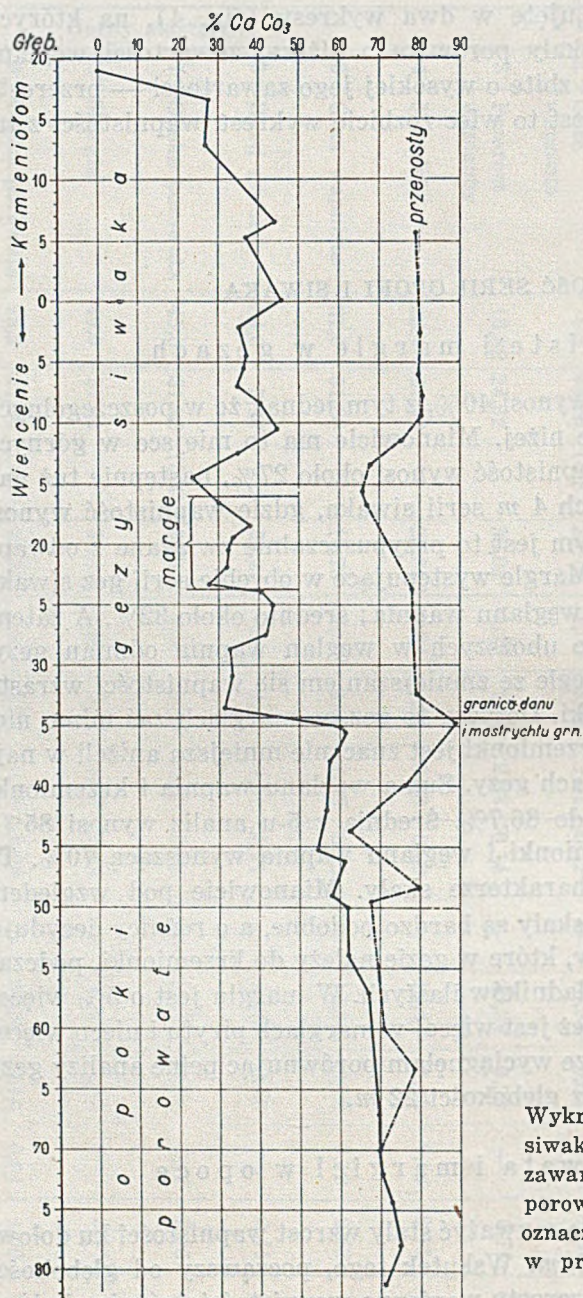


Fig. 4

Wykres wapienności w skałach serii siwaka i opoki. Linia ciągłą oznaczono zawartość węglanu wapnia w opokach porowatych i gezach; linią przerywaną oznaczono zawartość węglanu wapnia w przerostach wapiennych serii opoki i siwaka

Przerosty wapienne w gezie i opoce

W górnych 25 m serii siwaka gezy zawierają bardzo jednolite co do składu chemicznego warstwy wapienne, o zawartości 80% $CaCO_3$. Nie są te przerosty znane z najwyższych 7 m warstw gezy. Odpowiada to na ogół dość stałej zawartości węglanu wapnia w gezie na tym odcinku. Niżej, na odcinku od 10 do 16 m głębokości wiercenia, zaznacza się ostry spadek wapnistości, zarówno w gezie jak i w przerostach wapiennych, w których zawartość węglanu wapnia zmniejsza się o 14%. Poniżej margli, na odcinku od 26 do 34,5 m rdzenia wiercenia, ponownie obserwujemy stały skład chemiczny przerostów wapiennych (78—79% $CaCO_3$). A zatem wartości te są nieco tylko niższe od tych, które charakteryzują przerosty górnych partii siwaka, analogicznie jak to miało miejsce z gezą.

Warstwa wapienia stanowiąca „hard ground“ posiada zawartość $CaCO_3$ dochodzącą 90%, a zatem najwyższą ze wszystkich obserwowanych przerostów.

W przerostach wapiennych (opoka zwięzła), znajdujących się w obrębie niżej leżącej serii opoki, zawartość węglanu wapnia jest podobna jak w przerostach wapiennych występujących w serii siwaka. Oba typy skał — opoka porowata i zwięzła w obrębie serii opoki — mało się różnią; makroskopowo są prawie nie do odróżnienia. Przerosty są w stosunku do opoki nieco twardsze, mniej porowate, bardziej zwięzłe. Natomiast w siwaku przerosty wapienne stanowią skałę zupełnie odrębną od otaczających je skał typu gezy wapnistej. Przyczyną jest wspomniany fakt, że opoka porowata jest znacznie bardziej wapnista od gezy.

Margle występujące w serii siwaka i opoki nie odbiegają zbytnio wapnistością od otaczających je skał.

Reasumując stwierdzamy, że:

Zawartość węglanu wapnia w gezie jest znacznie niższa niż w opoce. Gdy wapnistość opoki (w górnych partiach) wynosi około 60%, to w gezach wapnistych średnio wynosi niecałe 40% $CaCO_3$. Tymczasem przerosty wapienne w gezach nie tylko nie są mniej wapniste niż w opoce, ale średnio o parę procent bardziej wapniste. A zatem stwierdzamy, iż różnica w zawartości $CaCO_3$ między gezą a przerostami w gezach jest znacznie większa niż między opoką i przerostami w opoce. Na skutek tego różnice fizyczne gezy i przerostów są znacznie wyraźniejsze, niż także różnice opoki i przerostów wapiennych w niej zawartych, które są na oko prawie nieuchwytnie, a dają się zaobserwować dopiero pod binokulem, przy użyciu powiększenia większego niż 50-krotne.

ZAWARTOŚĆ KRZEMIONKI, PIRYTU I FOSFORU

Zawartość krzemionki. Krzemionka występuje w skałach siwaka i opoki:

1. w postaci kwarcu,
2. związana w postaci krzemianów i glinokrzemianów,
3. w postaci opalu.

Ziarna kwarcu dają się łatwo wyróżnić i zidentyfikować pod lupą i w szlifach mikroskopowych oraz metodą chemiczną jako nierozpuszczalne w alkaliach.

Gezy siwaka i opoka porowata trawione w kwasie solnym burzą się nawet dość intensywnie, lecz nie rozpadają się. Natomiast przerosty wapienne w gezach i opoce (opoka zwięzła) trawione w *HCl* rozpadają się całkowicie. Fakt ten dowodzi istnienia w lepiszczu gez i opok (porowatych) składnika dodatkowego prócz węglanu wapnia. Jest nim poza substancją ilastą opal. Metodą optyczną w szlifach mikroskopowych jest on uchwytny jedynie w gezach, gdzie jest go więcej niż w opoce. Gdy występuje w małych ilościach, jak w opokach, nie jest on zindywidualizowany i nie jest w szlifie widoczny.

Dominująca przewaga węglanu wapnia w lepiszczu opok uniemożliwia stwierdzenie domieszki opalowej w tymże lepiszczu. Nie daje się też stwierdzić obecności opalu zwykłymi metodami chemicznymi, które dają globalną ilość krzemionki. Ilość krzemionki bezpostaciowej (opal) została obliczona metodą chemiczną, jako rozpuszczalna w rozcieńczonym ługu sodowym (*NaOH*).

Całkowita zawartość krzemionki wynosi w gezie bezwapiennej ponad 70%, w gezie wapnistej waha się od 40 do 54%, w marglach wynosi nieco poniżej 40%.

W opoce porowatej, w górnych partiach, które są mniej wapniste, występuje ponad 30% krzemionki i ilość jej spada do kilkunastu procent w partiach dolnych badanej serii.

Co się tyczy przerostów wapiennych w gezie i opoce, to zawierają one połowę ilości krzemionki w stosunku do skał, w których tkwią. Najniższa zawartość jej jest w wapieniu „hard ground“, gdzie wynosi 5,8%.

Krzemionka występuje wszędzie głównie w postaci kwarcu, a następnie związana w postaci krzemianów i glinokrzemianów. Najwyższy procent krzemionki rozpuszczalnej w alkaliach występuje w gezie bezwapiennej, gdzie stanowi $\frac{1}{3}$ całkowitej ilości krzemionki (23,5%). W pozostałych skałach ilość krzemionki bezpostaciowej się waha, stanowiąc przeciętnie około 6% w gezach wapnistych i około 5% w opokach porowatych. Cał-

kowita jej ilość wchodzi w skład lepiszcza, nadając szorstkość powierzchni tych skał i przyczyniając się do nierozpadania się ich po wytrawieniu w kwasie solnym.

Zawartość glinokrzemianów jest najmniejsza w wapieniach warstwy „hard ground“, gdyż Al_2O_3 stanowi tam zaledwie pół procent. W kolejności bardzo małą ilość glinokrzemianów od 1,5 do 2,0% zawierają przerosty wapienne w gezie oraz opoka porowata. Warstewki margliste w opoce zawierają zdecydowanie więcej glinki, bo prawie 4%. Wyraźnie zwiększona domieszka glinokrzemianów występuje w całym kompleksie gez. W gezie wapnistej Al_2O_3 waha się od 4 do 5%. W gezie bezwapiennej zaś, w stropie serii siwaka zawartość Al_2O_3 jest wyższa, przekracza bowiem 9%.

Najwięcej glinokrzemianów zawierają margle występujące w obrębie gez, gdyż 9,71% Al_2O_3 . Ponieważ glaukonitu w marglach jest mniej niż w gezach, należy zatem przyjąć, iż większy procent Al_2O_3 w marglach wiąże się w glinokrzemiany występujące w postaci substancji ilastej. Skały te w istocie po wytrawieniu w kwasie solnym pozostawiają obfite residuum o cechach łu.

Margle siwaka i margle występujące w opoce wykazują w obrębie badanej serii siwaka i opoki największą ilość wapnia nie związanego w formie węglanu, wiążącego się więc przypuszczalnie z glinokrzemianami. Tego rodzaju cecha jest powszechnie obserwowaną cechą skał marglistych.

Zawartość pirytu również stosunkowo najwyższa jest w marglach siwaka, co się zgadza z obserwacjami makroskopowymi. W marglach siwaka zawartość $S = 1,63\%$, podczas gdy w innych skałach zawartość S waha się od 0,03% do 0,72%.

Zawartość fosforu jest niska, lecz stała, wynosi kilkanaście setnych procenta, z tym, że w marglach siwaka jest go prawie dwa razy tyle co w pozostałych skałach. W większych ilościach występuje on w konkrekcjach w piaskowcu glaukonitowym.

CECHY FIZYCZNE SKAŁ

Na str. 37 i 38 zestawilem wyniki badań przeprowadzonych na porowatość i ciężar objętościowy skał siwaka i opoki.

Ciężar objętościowy

Ciężar objętościowy obu typów skał porowatych — gezy i opoki porowatej — jest ten sam. Wynosi przeciętnie około 1,5 wahając się w granicach od 1,4 do 1,6. Tę górną granicę osiągają margle występujące w serii gez

siwaka. Gezy w wierceniu, do głębokości 7 m, mają nieco mniejszy ciężar objętościowy wynoszący 1,3.

Znacznie cięższe są przerosty wapienne wśród gez siwaka, gdyż ich ciężar objętościowy wynosi przeciętnie 2,4 wahając się od 2,3 do 2,5. W opoce przerosty wapienne są nieco lżejsze, ciężar ich waha się w szerszych granicach, od 1,6 do 2,2, z tym że górną granicę osiągają w górnych partiach serii opoki, dolną zaś w dolnych partiach badanej serii opoki, to znaczy na głębokości 39 m poniżej stropu opoki. W tych głębokościach ciężar przerostów (opoki zwięzłej) zbliża się do ciężaru opoki porowatej. Obserwacje te zgodne są z wnioskami wypływającymi ze składu chemicznego tych skał, gdyż występujące w najniższych partiach badanej serii przerosty wapienne różnią się składem chemicznym bardzo nieznacznie od opoki.

Ciężar objętościowy obliczono w Pracowni Fizycznej Wydziału Geofizyki Stosowanej w Państw. Inst. Geol. dla prób wysuszonych w temperaturze pokojowej.

Porowatość

Badania przeprowadzone nad porowatością skał wykazują zmniejszanie się porowatości skał ku dołowi serii. Dotyczy to gez i opok. Średnia porowatość gez wapnistych siwaka wynosi 45%, gezy bezwapiennej — około 60%, opoki — 44%.

Porowatość przerostów wapiennych jest kilkakrotnie mniejsza, gdyż przeciętnie wynosi kilkanaście procent. Porowatość wzrasta w tych przerostach, które mają mniejszy ciężar objętościowy, a więc dotyczy to przerostów wapiennych w dolnej części opoki.

Porowatość obliczono w Pracowni Geologii Technicznej Państw. Inst.

Geol. na podstawie wzoru:
$$n = \frac{C_w - C_o}{C_w}$$

w którym n oznacza porowatość

C_w „ ciężar właściwy (obliczony przy pomocy piknometru dla skały sproszkowanej)

C_o „ ciężar objętościowy (obliczony przez zanurzenie próbki w rtęci).

TABELA 4

Zestawienie danych dotyczących ciężaru objętościowego i porowatości skal siwaka i opoki

Miejsce pobrania próbek	Gezy i opoki porowate				Przerosty wapienne					
	Głębokość w m	Ciężar objęt.	Ciężar własc.	Porowatość w %	Zawartość wody w %	Ciężar objęt.	Ciężar własc.	Porowatość w %	Zawartość wody w %	
seria siwaka	kamieniołom	19,0	0,98	2,43	59,67					
		16,25	1,2		52,9					
		5,5	1,3		48,8					
		0,3	1,36	2,56	46,8					
		2,75	1,3			22,9				
	6,0					2,3	2,6	14,6	1,1	
	7,0	1,3			18,7					
	8,5	1,4	2,6	45,4						
	9,2					2,4			0,5	
	13,8	1,8	2,6	30,3	12,0					
	15,2	1,5			18,1					
	15,5					2,5			0,7	
	17,0	1,6			19,5					
	20,5	1,6	2,58	43,7	19,9					
	22,6	1,6	2,65	42,0	21,4					
	23,7					2,3			1,3	
	25,6	1,5	2,54	43,97	26,2					
	27,2	1,5			16,3					
	28,9					2,4			1,2	
	29,8	1,36	2,55	46,8	20,3					
31,7	1,4			21,5						
33,0	1,44	2,71	46,5							
seria opoki	wiercenie	34,7				2,4	2,8	13,7	3,3	
		35,4	1,5							
		35,9	1,5			17,8				
		36,2					2,3	2,6	13,5	3,6
		36,5	1,7	2,5	47,0					
		38,7	1,5	2,6						
		38,8	1,5	2,56	43,35	24,4				
		40,0	1,5			18,8				
		43,1	1,5	2,6	42,97	15,8				
		43,4	1,5			20,7				
		45,0	1,46	2,49	41,0					
		45,8					2,2			1,0
		48,1					1,8			3,7
		48,4	1,4			22,5				
		48,8	1,5	2,60	44,94	6,3				
50,75					2,0			2,0		

TABELA 4 (ciąg dalszy)

Miejsce pobrania próbki	Gezy i opoki porowate					Przerosty wapienne			
	Głębokość w m	Ciężar objęt.	Ciężar własc.	Porowatość w %	Zawartość wody w %	Ciężar objęt.	Ciężar własc.	Porowatość w %	Zawartość wody w %
seria opoki wiercenie	51,5	1,5	2,57	44,66	5,9				
	54,6	1,5			6,1				
	55,8					1,6	2,52	38,38	1,8
	57,3	1,5			17,4				
	59,0	1,5	2,6	44,15	19,0				
	60,3					1,7			4,3
	62,1	1,5	2,5	47,75	5,0				
	63,3	1,6			4,8				
	63,6					1,8	2,6	31,8	
	64,2	1,5			19,5	1,6	2,6	38,89	
	67,6					1,8	2,6	33,00	4,6
	69,5	1,4			25,3				
	70,3	1,5	2,59	42,57	12,9				
	71,3	1,4			13,3				
	73,5					1,6	2,67	39,70	6,7
	75,4					1,6			5,5
	76,8	1,5		42,4					3,8
	78,7	1,5			6,7				
80,5	1,5	2,7	43,0						

Zawartość wody

Zawartość wody w badanej serii opoki i siwaka jest zmienna. W przerostach siwaka i opoki jest jej minimalnie (parę %), w gezach i opokach porowatych znacznie więcej, bo średnio około 20%. W przerostach siwaka zawartość wody wynosi od 0,5 do 1,2%; w przerostach opoki zaś jest wyższa, mianowicie od 1 do 6,6%, z tym, że tę górną granicę osiąga w przerostach bardziej porowatych o mniejszym ciężarze objętościowym, występujących w spągu badanej serii. Wzrastanie porowatości ma miejsce w przerostach charakteryzujących się mniejszą zawartością węglanu wapnia.

Wszystkie te trzy cechy: ciężar objętościowy, porowatość oraz zawartość wody w skale są od siebie ściśle współzależne.

W przerostach wysoka stosunkowo zawartość węglanu wapnia powoduje nieznaczną ich porowatość i niską stosunkowo zawartość wody. W gezach i opokach porowatych niższa zawartość węglanu wapnia uzasadnia ich dużą porowatość i znacznie większą zawartość wody.

Ku dołowi badanej serii opoki przerosty wapienne tracą swą indywidualność. Już w ścianach kamieniołomów makroskopowo nie wyodrębniają się zupełnie. Uwarunkowane jest to niższą zawartością węglanu wapnia

w przerostach (w stosunku do przerostów siwaka), a wyższą w opoce (w stosunku do gez siwaka): W konsekwencji prowadzi to do dużo mniejszych różnic pomiędzy ciężarem objętościowym obu typów skał, ich twardością, porowatością, oraz procentową zawartością wody.

Zbliżony skład chemiczny obu typów skał w obrębie serii opoki warunkuje brak większych różnic fizycznych tych skał.

BADANIA RENTGENOLOGICZNE SKAŁ

W celu skontrolowania, czy istotnie w skałach siwaka i opoki występuje krzemionka bezpostaciowa (opal), wykonano w Głównym Instytucie Chemii Przemysłowej w Warszawie 6 rentgenogramów dla przewodnich typów skał siwaka i opoki.

Próbki skał zostały dostarczone po uprzednim wytrawieniu w kwasie solnym w celu usunięcia węglanów i po wyprażeniu w celu usunięcia ewentualnych domieszek amorficznych substancji organicznych.

Dla badań rentgenologicznych przygotowano próbki w formie tabletek, bez żadnego lepiszcza, przez lekkie sprasowanie substancji. W miarę możliwości zachowywano zawsze tę samą grubość tabletek — około 0,5 mm. Warunki ekspozycji i wywoływania filmu były te same dla wszystkich próbek.

Poniżej przytaczam zestawienia próbek i interpretacje rentgenogramów wraz z wnioskami inż. J. Zdanowskiego z Głównego Instytutu Chemii Przemysłowej w Warszawie.

Z badań rentgenologicznych wynikają następujące wnioski:

1. Substancje bezpostaciowe znajdują się we wszystkich próbkach. Są one pochodzenia nieorganicznego, gdyż istniejące w skałach substancje bezpostaciowe organicznego pochodzenia zostały usunięte przez uprzednie wyprażenie.
2. Asteryzm występujący w substancjach krystalicznych mógł powstać na skutek prażenia.
3. Przeprowadzenie dyfrakcyjnej identyfikacji i analizy ilościowej substancji bezpostaciowych jest w ogóle niewykonalne. Substancję bezpostaciową można zauważyć w ilościach powyżej kilku procent.
4. W próbkach nr 5 i 6 stwierdzono występowanie substancji krystalicznych bardzo drobnoziarnistych obok gruboziarnistych.

Badania rentgenologiczne skał przeprowadza się dla wykrycia substancji krystalicznej. W tym przypadku chodziło jedynie o stwierdzenie tą metodą, czy w ogóle istnieje jakaś substancja bezpostaciowa w badanych skałach (z tym zastrzeżeniem, iż przy ziarnach mierzących mniej niż 5μ nie da się odróżnić substancji krystalicznej od bezpostaciowej). Nie jest jednak możliwe określić stwierdzoną substancję bezpostaciową, ani przekonać się,

czy uzyskane na kliszy obok prążków interferencyjnych zaciemnienie spowodowane jest obecnością jednej czy paru substancji bezpostaciowych.

W celu porównania zaciemnień spowodowanych na kliszach przez substancję bezpostaciową z zaciemnieniem wywołanym przez krzemionkę bezpostaciową wykonano rentgenogram czystej krzemionki bezpostaciowej (nr 7).

Wyniki badań rentgenologicznych

Nr	Głębokość w m	Opis położenia	Typ skały	Interpretacja rentgenogramu
1	1,1 19,0	szybik; nad 0 wiercenia	Geza bezwapienna	Substancje gruboziarniste krystaliczne wykazujące asteryzm ¹ . Substancje bezpostaciowe słabiej zaznaczone.
2	12,5	kamieniołom nad 0 wiercenia	Geza wapnista	Substancje gruboziarniste krystaliczne wykazujące asteryzm i substancje bezpostaciowe.
3	8,2	w wierceniu	Geza wapnista	Substancje gruboziarniste krystaliczne wykazujące asteryzm. Substancje bezpostaciowe.
4	34,5	w wierceniu	Wapień „hard ground”	Jak wyżej. Asteryzm mniej wyraźny. Substancje bezpostaciowe wyraźniej zaznaczone.
5	45,0	w wierceniu	Opoka porowata	Substancje gruboziarniste krystaliczne obok bardzo drobnoziarnistych, słaby asteryzm. Substancje bezpostaciowe bardzo wyraźnie zaznaczone.
6	78,2	w wierceniu		Substancje gruboziarniste krystaliczne obok bardzo drobnoziarnistych. Słaby asteryzm. Substancje bezpostaciowe bardzo wyraźnie zaznaczone.
7	BDH	Czysta krzemionka bezpostaciowa		Wyraźny pierścień bezpostaciowej krzemionki.

Stwierdzoną przy pomocy metody rentgenologicznej w ilościach powyżej kilku procent substancją bezpostaciową w badanych skałach jest najprawdopodobniej krzemionka bezpostaciowa (opal). Występowanie w skałach tych krzemionki rozpuszczalnej w alkaliach stwierdzono w ilościach kilku procent w gezach i w opokach.

¹ Asteryzm oznacza zniekształcenie struktur.

SKŁAD MINERALNY SKAŁ SIWAKA I OPOKI

Skład mineralny skał serii siwaka i opoki oparto na obliczeniu poszczególnych minerałów występujących w danej skale z analizy chemicznej tej skały i z teoretycznych stosunków składników poszczególnych minerałów. Uzyskane po przeliczeniu wyniki dla przewodnich typów skał obu serii zestawiono w tabelę.

Dla skał osadowych tego rodzaju ujęcie jest trudniejsze i mniej pewne, gdyż nie wszystkie minerały występują w nich w postaci rozpoznawalnej metodą mikroskopową, którą stosowano jako metodę pomocniczą dla ustalenia jakościowego składu mineralnego skały. Największe trudności przedstawiało ustalenie składu chemicznego lepiszcza, które w badanych seriach nie jest jednorodne, lecz stanowi mieszaninę paru składników, w szlifach mikroskopowych zupełnie nie zindywidualizowanych.

W celu obliczenia ilościowego kwarcu i glaukonitu, jako dobrze wyodrębnionych w szlifie, zastosowałam metodę planimetryczną. Wyniki jej zostały częściowo zużytkowane do obliczenia składu mineralnego na drodze chemicznej; w całości omawiam je na końcu niniejszego rozdziału.

Główną podstawą do obliczeń składu mineralnego była analiza chemiczna, podana w poprzednim rozdziale. Pełna analiza chemiczna wymagała dodatkowych badań chemicznych nad zawartością opalu w skałach badanych serii.

Zamieszczona poniżej metoda obliczenia składu mineralnego dla tego typu skał została napisana przez prof. K. Smulikowskiego. Oznaczenia chemiczne krzemionki bezpostaciowej w skałach zostały wykonane przez mgr H. Pendię, przeliczenia zaś analiz chemicznych na skład mineralny — przez mgr M. Borkowską. Prace te wykonano w Zakładzie Mineralogii i Petrografii Uniwersytetu Poznańskiego, pod kierunkiem prof. K. Smulikowskiego.

Obliczenie składu mineralnego

(Rozdział napisany przez prof. K. Smulikowskiego)

Zestawione w tabeli 3 analizy chemiczne nie są zupełne, brak w nich bowiem oznaczeń sodu i potasu, tytanu i żelaza dwuwartościowego. Mimo to mogą one posłużyć do przybliżonego i orientacyjnego wyliczenia składu mineralnego analizowanych próbek.

Przyjąć należy, że na pozycje krzemionki, wykazane w ryczałtowych analizach chemicznych, składają się 3 odrębne mineralogicznie części:

- a) krzemionka związana chemicznie w glinokrzemianowych substancjach ilastych,
- b) wolna krzemionka w postaci okruszynek kwarcu klastycznego,

- c) wolna krzemionka bezpostaciowa, tj. opal, której oczekiwać należy przede wszystkim w gezach i opokach, w drobnej ilości być może również w innych skałach badanego profilu.

W celu oznaczenia wolnej krzemionki bezpostaciowej (opalu) potrzebne były osobne operacje chemiczne. Około dwugramowe próbki skalne trawiono w 100 cm^3 5% roztworu wodnego ługu sodowego ($NaOH$) w nakrytej czarce platynowej przez 2 godziny na łaźni wodnej. Bezpostaciowa krzemionka ulegała w tych warunkach rozpuszczeniu i przy filtrowaniu przechodziła do przesączu. Natomiast kwarc i substancje ilaste jako nierozpuszczalne pozostawały na sączku wraz z innymi składnikami skały. Przesącz następnie zakwaszono kwasem solnym, odparowywano do suchości i zwykłą wagową metodą oznaczano w nim SiO_2 reprezentujące w całości opal. Doświadczenia J. L. Thiébauta¹ dowiodły, że ani substancje ilaste margli, ani pelit kwarcowy, ani glaukonit nie rozpuszczają się w wymienionych warunkach w $NaOH$ w ilościach godnych uwagi.

Większe ilości opalu w skale ujawniały się od razu podczas trawienia w ługu. Np. geza bezwapienna (1) w postaci zgranulowanej (o okruchach 3—4 mm średnicy) już po 20 minutach trawienia na łaźni rozplwiała się samorzutnie w delikatny mułek na skutek rozpuszczenia opalu; nie potrzeba było jej więc rozcierać na proszek do powyższej operacji. Natomiast geza wapienista (2) w analogicznych warunkach rozplwiała się niecałkowicie i nawet po 2 godzinnym trawieniu w ługu pozostawały w niej pojedyncze twarde granulki o białej barwie — bez wątplenia cząstki skały o litym spoiwie węglanowym, niewrażliwym na działanie ługu. Już z góry można było przewidywać, że opal odgrywa tu w spoiwie o wiele mniejszą rolę, co w istocie potwierdziły oznaczenia ilościowe. Zarówno tę skałę jak i wszystkie inne trzeba więc było przed trawieniem dokładnie proszkować, aby zapewnić dostęp ługu do wszystkich cząstek skały.

Wyliczenie z ryczałkowej analizy chemicznej części krzemionki chemicznie związanej w substancje glinokrzemianowe spoiwa (a) oparło się na założeniu, że w marglistych skałach morskiego pochodzenia nie ma ani kaolinu ani alofanoidowych ciał ilastych, lecz tylko łuseczkowate, zawierające potas, minerały z grupy muskowitu i z grupy glaukonitu. Wynika to niedwuznacznie z bardzo drobiazgowej i dokładnej pracy J. L. Thiébauta opartej na specjalnie opracowanej przez tego autora metodzie chemicznego rozdzielania na 4 frakcje mineralne.

W krzemianowej części składu margli morskich rozkładalnej w gorącym HCl znajduje się glaukonit oraz pokrewne mu krystalochemicznie kryptokrystaliczne łuseczkowate minerały, które Thiébaut nazwał

¹ J. L. Thiébaud — Contribution à l'étude de sédiment argilo-calcaire du bassin de Paris. Nancy 1925.

„fyllitami”, a K. Smulikowski¹ określił mianem folidoidów. Glaukonit tworzy w skałach marglistych przeważnie dobrze wyodrębniające się okrągławe ziarenka, a jego skład chemiczny, zmienny w szerokich granicach, wykazuje normalnie znaczną przewagę tlenków żelaza nad gliną. Folidoidy natomiast są rozproszone w skale w postaci kryptokrystalicznych łuseczek i nie indywidualizują się wyraźnie w mikroskopowych obrazach skały. W składzie chemicznym odróżniają się od glaukonitu głównie znaczną przewagą glinki nad tlenkami żelaza.

Glinokrzemianowa frakcja w składzie morskich margli, nierozkładalna w *HCl*, lecz rozkładalna na gorąco w kwasie siarkowym, wedle Thiébauda odpowiada swym składem chemicznym muskowitowi. Mineral ten wykształcony w postaci najsubtelniejszych łuseczek (serycyt) również nie daje się wyosobnić w mikroskopie, lecz miesza się z folidoidami w niezróżnicowaną kryptokrystaliczną masę o wyglądzie substancji ilastej. Na tym właśnie polega główne znaczenie frakcjonowanej analizy metodą Thiébauda, że środkami chemicznymi da się ilościowo wydzielić i określić różne kryptokrystaliczne składniki mineralne.

Można założyć z dużym stopniem prawdopodobieństwa, że podobne stosunki mineralne właściwe są w przybliżeniu także i skałom górno-kredowym okolicy Puław i Kazimierza. W braku analiz frakcjonowanych można posłużyć się analizami ryczałtowymi do obliczenia przypuszczalnego składu mineralnego tych skał. Trzeba tylko założyć pewien znany skład mineralny dla muskowitu, folidoidu i glaukonitu i oprzeć na nim główny trzon obliczenia.

Dla muskowitu można przyjąć czysty skład teoretyczny. Dla folidoidu weźmiemy przeciętną z 9 analiz Thiébauda odpowiednich frakcji margli nie utlenionych, cytowanych przez K. Smulikowskiego na str. 173 wspomnianej pracy. Więcej kłopotu sprawia glaukonit odznaczający się bardzo wielką zmiennością składu chemicznego. Wedle zdania K. Smulikowskiego skład glaukonitu zmienia się zależnie od facji osadu: inny jest zakres zmienności chemicznej glaukonitu z piasków zielonych, inny z piaskowców, inny z wapieni i margli. Wobec tego niewłaściwe byłoby brać do naszych celów skład przeciętny, obliczony ze wszystkich dotychczas publikowanych analiz tego minerału. Dlatego też obliczono przeciętną tylko z 8 analiz glaukonitu z margli kredowych całego świata i jej wyniki wprowadzono do obliczeń (7 z tych analiz wybrano ze zbioru K. Smulikowskiego w cytowanej pracy, 8-ej analizy dostarczyła późniejsza praca M. Kampioni-Zakrzewskiej²).

¹ K. Smulikowski — Skolite, un nouveau minéral du groupe de glauconie. Arch. Miner. t. XII, Warszawa 1936.

² M. Kampioni-Zakrzewska — O glaukonicie margli kredowych okolicy Żurawna. Arch. Miner. t. XIII, Warszawa 1937.

Uproszczony skład chemiczny 3 minerałów glinokrzemianowych użyty do obliczeń składu mineralnego badanych skał okolic Puław i Kazimierza zestawia się poniżej:

	Glaukonit	Folidoid	Muskowit
SiO_2	51,0% wag.	50,9% wag.	45,3% wag.
Al_2O_3	7,8	18,3	38,4
$Fe_2O_3 (+ FeO)$	20,6	11,1	—
MgO	3,6	5,7	—
$K_2O (+ Na_2O)$	7,8	6,6	11,8
H_2O	9,2	7,4	4,5
	100,0	100,0	100,0

W składzie powyższym żelazo wyrażono w postaci sumy Fe_2O_3 i FeO , ponieważ dostarczone analizy ryczałtowe skał nie podają obu tlenków oddzielnie. Alkalia ($K_2O + Na_2O$) muszą być uwzględnione w obliczeniu, mimo iż dostarczone analizy — z wyjątkiem jednej — składników tych nie podają.

Tryb przeliczeń analiz chemicznych na skład mineralny i kolejność wiązania składników chemicznych w minerały obrano, jak następuje, operując wprost stosunkami wagowymi:

1. Najpierw wiąże się w akcesoryczne składniki:

- a) fosforyt w stosunku wagowym 42,4 P_2O_5 : 55,8 CaO
- b) piryt „ „ „ 53,4 S : 46,6 Fe
- c) gips „ „ „ 46,5 SO_3 : 32,6 CaO : 20,9 H_2O

2. Następnie wiąże się węglany wedle ilości CO_2 :

- a) wpierw z CaO w stosunku 44 CO_2 : 56 CaO na kalcyt — $CaCO_3$
- b) o ile pozostaje nadmiar CO_2 , wiąże się go z MgO na $MgCO_3$ wedle stosunku 52,2 CO_2 : 47,8 MgO
- c) ponieważ $MgCO_3$ nie jest tam obecny w wolnej postaci magnezytu, lecz w stanie związanym z $CaCO_3$ w węglan podwójny dolomit ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$), przeto trzeba zabrać z obliczonej już porcji kalcytu ilość $CaCO_3$ molekularnie równoważną z obliczoną ilością $MgCO_3$, tzn. w stosunku wagowym na 1 $MgCO_3$ — 1,19 $CaCO_3$ i z sumy ich uzyskać dolomit.

W węglanach margli należało by się również spodziewać drobnej domieszki izomorficznej $FeCO_3$; nie da się ona jednak oznaczyć bez osobnej analizy frakcyjnej.

3. Po węglanach wylicza się minerały glinokrzemianowe w następującej kolejności:

- a) Glaukonit, wyosobniony w skale w czyste zielone ziarenka, oznacza się w mikroskopie przy pomocy analizy planimetrycznej

w szlifach skalnych. Wypada stąd procent objętościowy glaukonitu, który, dla wprowadzenia w schemat wagowego rozliczenia ryczałtowej analizy skały, wymaga przeliczenia na procent wagowy przez uwzględnienie gęstości minerału i gęstości całej skały. Ponieważ gęstość glaukonitu w różnych ziarenkach jednej i tej samej skały jest bardzo zmienna (zależnie od składu i struktury kryptokrystalicznego agregatu) i waha się w granicach 2,2—2,85, a gęstość różnych skał badanego profilu mieści się w obrębie powyższego interwału (2,43—2,71), przeto nie ma potrzeby dokonywać takiego przeliczenia. Błąd, który popełniamy przez nieprzeliczenie procentów objętościowych na procenty wagowe, musi być nieznaczny w porównaniu do dokładności analizy chemicznej i całej operacji rachunkowej opartej na dość swobodnych założeniach. Wobec tego wartości uzyskane dla glaukonitu z analizy planimetrycznej rozlicza się na poszczególne składniki chemiczne wedle przeciętnej podanej powyżej. Gdy glaukonitu brak lub jest go bardzo mało, albo gdy jest on obecny w skale w stanie rozproszonym, roztartym, źle zindywidualizowanym i skutkiem tego nie da się ilościowo w mikroskopie oznaczyć, przystępujemy bezpośrednio do punktu następnego.

- b) **Folidoid** oblicza się na podstawie reszty MgO i $Fe_2O_3 + FeO$ pozostałej po związaniu w minerały obliczone uprzednio. Podstawialność magnezu i żelaza w składzie folidoidu daje nam tu pewną swobodę. W stosunku do sumy obu tych zasad przeliczamy pozostałe składniki folidoidu, tj. SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O i H_2O , posługując się podaną wyżej przeciętną.
- c) **Muskowit** obliczamy wedle reszty Al_2O_3 dołączając SiO_2 , K_2O i H_2O wedle podanej proporcji teoretycznej.

W niektórych przypadkach zdarza się, że nie tylko nie pozostaje glinki po obliczeniu folidoidu, lecz nawet nie wystarcza jej na związanie tego minerału w podanym wyżej przeciętnym stosunku (analizy nr 3 i 6). Świadczy to o tym, że folidoid jest wówczas uboższy w Al_2O_3 , tzn. jeszcze bardziej zbliża się swym składem do glaukonitu. Nie jest to dziwne wobec stwierdzenia przez K. Smulikowskiego faktu, iż pomiędzy glaukonitami a folidoidami istnieje nieprzerwany ciąg przejść chemicznych.

W takich przypadkach należy założyć, że Mg , Fe i Al zastępują się nawzajem w strukturze chemicznej. Wobec tego należy Al_2O_3 , Fe_2O_3 i MgO traktować sumarycznie i w stosunku do tej sumy wyliczyć ilość zapotrzebowanych SiO_2 , K_2O i H_2O wedle proporcji przeciętnego składu folidoidów. Oczywiście, że wówczas stwierdzenie obecności muskowitu nie może już wynikać z obliczenia.

4. Pozostaje nam już tylko wolna krzemionka, nie związana w glinokrzemiany, dająca w sumie kwarc + krzemionkę bezpostaciową. Odliczywszy od tej pozostałości SiO_2 ilość oznaczoną osobno krzemionki bezpostaciowej, otrzymujemy procent wagowy kwarcu.

Po zamknięciu powyższego rozliczenia zostaje nam zawsze pewna ilość nie związanej wody. Jest to zupełnie zrozumiałe, gdyż część jej wchodzi do opalu (w ilości nie dającej się oznaczyć), część zaś stanowi wodę okludowaną mechanicznie i zadsorbowaną powierzchniowo. Ta pozostałość chemicznie nie związanej wody jest zawsze mniej lub więcej zbliżona do procentu wody higroskopijnej podanej w ryczałkowej analizie.

W skałach nr 1, 4 i 9 (tabela 3) pozostaje również nie związana drobna ilość wapna (CaO). Może to być wynikiem pewnych błędów analitycznych (np. nieco za niskie oznaczenie CO_2), lecz nie jest wykluczone, że pewne nieuchwytnie a drobne ilości CaO mogą wchodzić w skład folidoidu.

Wyniki przeliczeń analiz chemicznych na skład mineralny zestawione są w załączonych tabelach 5—13. Podkreślić należy, że wyniki te są tylko przybliżone i z grubsza orientacyjne, ponieważ opierają się na niepełnych analizach i na pewnych założeniach apriorystycznych, których ścisłość wymagałaby jeszcze sprawdzenia specjalnymi metodami chemicznymi.

TABELA 5

Geza bezwapienna

Góra Puławska, szybk, głębokość 1,1 m, strop serii siwaka

Składniki chemiczne w % wag.		Składniki mineralne w %									
		fosforyt	kalcyt	glaukonit	folioid	muskowit	nadm. CaO	kwarc	opal	H_2O	Razem
SiO_2	71,07			10,71	8,27	5,45		23,22	23,42		
CaO	0,63	0,04	0,1				0,49				
MgO	1,35			0,76	0,59						
Al_2O_3	9,23			1,64	2,97	4,62					
Fe_2O_3	6,46			4,32	2,14						
P_2O_5	0,027	0,03									
K_2O	1,41			1,64	1,07	1,42					
CO_2	0,08		0,08								
SO_3	0,01										
H_2O —	4,91										
H_2O +	3,77			1,93	1,20	0,54				5,01	
Razem	98,95	0,1	0,2	16,2	21,0	12,0	0,5	23,2	23,4	5,0	101,6
				glinokrzemiany 49,2							

TABELA 6

Geza wapnista

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 8,2 m

Składniki chemiczne w % wag.		Składniki mineralne w %										
		piryt	fosforyt	kalcyt	dolo- mit	glau- konit	foli- doid	mu- skowit	kwarc	opal	H ₂ O	Razem
SiO ₂	44,06					2,75	5,58	3,09	28,75	3,89		
CaO	23,70		0,16	23,01	0,53							
MgO	1,06				0,38	0,20	0,48					
Al ₂ O ₃	5,04					0,42	2,00	2,62				
Fe ₂ O ₃	2,51		0,04 (0,03% Fe)			1,11	1,36					
P ₂ O ₅	0,12		0,12									
K ₂ O	—					0,42	0,72	0,81				
CO ₂	18,94			18,08	0,86							
S	0,03	0,03										
H ₂ O —	2,24							0,31			2,04	
H ₂ O +	1,42					0,5	0,81					
Razem	99,12	0,1	0,3	41,1	1,8	5,4	10,9	6,8	28,8	3,9	2,0	101,1
				węglany 42,9		glinokrzemiany 23,1						

TABELA 7

Przerost wapienny w serii słwaka
Góra Puławska, wiercenie, głębokość 15,8 m

Składniki chemiczne w % wag.		Składniki mineralne w %								
		fosfo- ryt	piryt	kaleył	dolo- mit	foli- doid i glau- konit	kware	opal	H ₂ O	Razem
SiO ₂	24,52					5,87	17,93	0,72		
CaO	38,02	0,18		37,06	0,78					
MgO	1,19				0,56	0,63				
Al ₂ O ₃	1,50					1,5				
Fe ₂ O ₃	2,28		0,35 (0,24% Fe)			1,93				
P ₂ O ₅	0,14	0,14								
K ₂ O						0,76				
CO ₂	30,34			29,12	1,22					
S	0,28		0,28							
H ₂ O —	0,78					0,86			0,54	
H ₂ O +	0,62									
Razem	99,67	0,3	0,6	66,2	2,6	11,6	17,9	0,7	0,5	100,4
				węglany 68,8						

TABELA 8

Margle w serii siwaka

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 22 m

Składniki chemiczne w % wag.		Składniki mineralne w %											
		fosforyt	piryt	gips	kalcyt	glaukonit	folioid	muskwit	nadm. CaO	kwarc	opal	H ₂ O	Razem
SiO ₂	37,90					0,64	8,57	7,70		19,18	1,81		
CaO	20,61	0,29		0,38	19,65				0,29				
MgO	1,24					0,05	1,19						
Al ₂ O ₃	9,71					0,1	3,08	6,53					
Fe ₂ O ₃	3,93		2,03 (1,42% Fe)			0,26	1,64						
P ₂ O ₅	0,22	0,22											
K ₂ O	—					0,09	1,11	2,01					
CO ₂	15,44				15,44								
S	1,63		1,63										
SO ₃	0,54			0,54									
H ₂ O —	3,63										4,57		
H ₂ O +	3,31			0,24		0,11	1,25	0,77					
Razem	98,16	0,5	3,7	1,2	35,1	1,25	16,8	17,—	0,3	19,2	1,8	4,6	101,5
						glinokrzemiany 35,1							

TABELA 9

Geza wapnista

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 31 m

Składniki chemiczne w % wag.		Składniki mineralne w %									
		fosforyt	piryt	gips	kalcyt	dolomit	folioid i glaukonit	muszkowit	SiO ₂	H ₂ O	Razem
SiO ₂	51,88						6,30	2,15	43,43		
CaO	19,73	0,16		0,08	19,41	0,08					
MgO	1,08					0,06	1,02				
Al ₂ O ₃	4,09						2,27	1,82			
Fe ₂ O ₃	1,96		0,90 (0,63% Fe)				1,06				
P ₂ O ₅	0,12	0,12									
K ₂ O	—						0,82	1,56			
CO ₂	15,38				15,25	0,13					
S	0,72		0,72								
SO ₃	0,12			0,12							
H ₂ O —	2,62								3,48		
H ₂ O +	2,04			0,05			0,92	0,21			
Razem	99,74	0,3	1,6	0,3	34,7	0,3	12,4	4,7	43,4	3,5	101,2
					węglany 35,0		glinokrzemiany 17,1				

TABELA 10

Wapień hard ground

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 34,6 m

Składniki chemiczne w % wag.		Składniki mineralne w %								
		fosforyt	piryt	kalcyt	dolomit	folioid i glaukonit	kwarc	opal	H ₂ O	Razem
SiO ₂	5,8					1,68	3,38	0,74		
CaO	50,44	0,14		49,59	0,71					
MgO	0,94				0,51	0,43				
Al ₂ O ₃	0,53					0,53				
Fe ₂ O ₃	0,31		0,11 (0,08% Fe)			0,20				
P ₂ O ₅	0,11	0,11								
K ₂ O	—					0,22				
CO ₂	40,08			38,96	1,12					
S	0,09		0,09							
H ₂ O —	0,44								0,85	
H ₂ O +	0,65					0,24				
Razem	99,39	0,3	0,2	88,6	2,3	3,3	3,4	0,7	0,9	99,7
				węglany 90,9		glinokrzemiany 3,3				

TABELA 11

Opoka porowata

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 45 m

Składniki chemiczne w % wag.		Składniki mineralne w %											
		fosforyt	piryt	gips	kalcyt	glaukonit	folioid	mu-szkowit	nadmiar CaO	kwarc	opal	H ₂ O	Razem
SiO ₂	31,92					1,12	2,00	0,53		20,27	8,0		
CaO	34,—	0,08		0,05	33,17				0,70				
MgO	0,66					0,08	0,58						
Al ₂ O ₃	1,34					0,17	0,72	0,45					
Fe ₂ O ₃	0,8		0,26 (0,18% Fe)			0,46	0,08						
P ₂ O ₅	0,06	0,05											
K ₂ O	—					0,17	0,26	0,14					
CO ₂	26,06				26,06								
S	0,21		0,21										
SO ₃	0,07			0,07									
H ₂ O —	2,96										3,52		
H ₂ O +	1,13			0,03		0,2	0,29	0,05					
Razem	99,21	0,1	0,5	0,2	59,2	2,2	3,9	1,2	0,7	20,3	8,0	3,5	99,8
						glinokrzemiany 7,3							

TABELA 12

Margle w serii opoki
Góra Puławska, wiercenie, głębokość 49 m

Składniki chemiczne w % wag.		Składniki mineralne w %								
		fosfo- ryt	piryt	kalcyt	foli- doid i glau- konit	mu- skowit	kwarc	opal	H ₂ O	Razem
SiO ₂	27,04				7,33	1,32	16,13	2,26		
CaO	34,49	0,18		34,31						
MgO	1,36				1,36					
Al ₂ O ₃	3,76				2,64	1,12				
Fe ₂ O ₃	1,33		0,27 (0,19% Fe)		1,06					
P ₂ O ₅	0,14	0,14								
K ₂ O					0,95	0,34				
CO ₂	26,97			26,97						
S	0,22		0,22							
H ₂ O —	2,06								2,5	
H ₂ O +	1,64				1,07	0,13				
Razem	99,01	0,3	0,5	61,3	14,4	2,9	16,1	2,3	2,5	100,3
					glinokrzemiany 17,3					

TABELA 13

Opoka

Góra Puławska, wiercenie, głębokość 78,2 m

Składniki chemiczne w % wag.		Składniki mineralne w %										
		fosfo- ryt	piryt	gips	kalcyt	dolo- mit	foli- doid i glau- konit	mus- kowitz	kwarc	opal	H ₂ O	Razem
SiO ₂	17,06						4,30	0,55	10,46	1,75		
CaO	42,71	0,13		0,03	42,38	0,17						
MgO	0,93					0,12	0,81					
Al ₂ O ₃	2,02						1,55	0,47				
Fe ₂ O ₃	0,78		0,17 (0,12% Fe)				0,61					
P ₂ O ₅	0,10	0,1										
K ₂ O	—						0,56	0,14				
CO ₂	33,56				33,30	0,26						
S	0,14		0,14									
SO ₃	0,04			0,04								
H ₂ O —	1,09										1,29	
H ₂ O +	0,91			0,02			0,63	0,06				
Razem	99,34	0,2	0,3	0,1	75,7	0,6	8,5	1,2	10,5	1,7	1,8	100,1
					węglany 76,3		glinokrzemiany 9,7					

TABELA 14

Zestawienie składu mineralnego dla przewodnich skal serii siwaka i opoki

Nr	typ skały	fosforyt	piryt	gips	kalcyt	dolomit	glaukonit	folioid	mu-skowitz	kwarc	opal	woda	w kwasie solnym	spoiwo
1	Geza bezwapienna	0,1	—	—	0,2	—	21,0	16,2	12,0	23,2	23,4	5,0	nie rozpada się	ilasto-opalowe
2	Geza wapienista	0,3	0,1	—	41,1	1,8	5,4	10,9	6,8	28,8	3,9	2,0	nie rozpada się	wapienno-ilasto-opalowe
3	Przerost wapienny	0,3	0,6	—	66,2	2,6	11,6	—	17,9	0,7	0,5	0,5	rozpada się	wapienne
4	Margiel w serii siwaka	0,5	3,7	1,2	35,1	—	1,25	16,8	17,0	19,2	1,8	4,6	rozpada się	wapienno-ilaste
5	Geza wapienista	0,3	1,6	0,3	34,7	0,3	12,4	4,7	43,4	3,5	3,5	3,5	nie rozpada się	wapienno-ilasto-opalowe
6	Warstwa hard ground	0,3	0,2	—	88,6	2,3	3,3	—	3,4	0,7	0,9	0,9	rozpada się	wapienne
7	Opoka porowata	0,1	0,5	0,2	59,2	—	6,1	1,2	20,3	8,0	3,5	3,5	nie rozpada się	wapienno-ilasto-opalowe
8	Margle w serii opoki	0,3	0,5	—	61,3	—	14,4	2,9	16,1	2,3	2,5	2,5	rozpada się	wapienno-ilaste
9	Opoka porowata	0,2	0,3	0,1	75,7	0,6	8,5	1,2	10,5	1,7	1,3	1,3	nie rozpada się	wapienno-ilasto-opalowe

Wnioski dotyczące składu mineralnego

Wyniki badań składu mineralnego dla przewodnich skał zostały zestawione dla:

1. wszystkich składników w tabeli 14,
2. trzech składników głównych (kwarc, glinokrzemiany, węglany) w trójkącie koncentracyjnym (fig. 5),
3. kwarcu i glaukonitu na tabeli krzywych zmienności ich wielkości i ilości (fig. 6).

Przedstawione wyniki wymagają pewnych wyjaśnień. Ilość kwarcu wyliczona drogą eliminacji z analizy chemicznej jest dużo wyższa, niż otrzymana drogą planimetrowania. Tłumaczy się to tym, iż planimetrycznie pomierzono tylko wyraźne, detrytyczne ziarna kwarcu, a całego pelitu kwarcowego nie uwzględniono. Wysokie procenty kwarcu podane w ta-

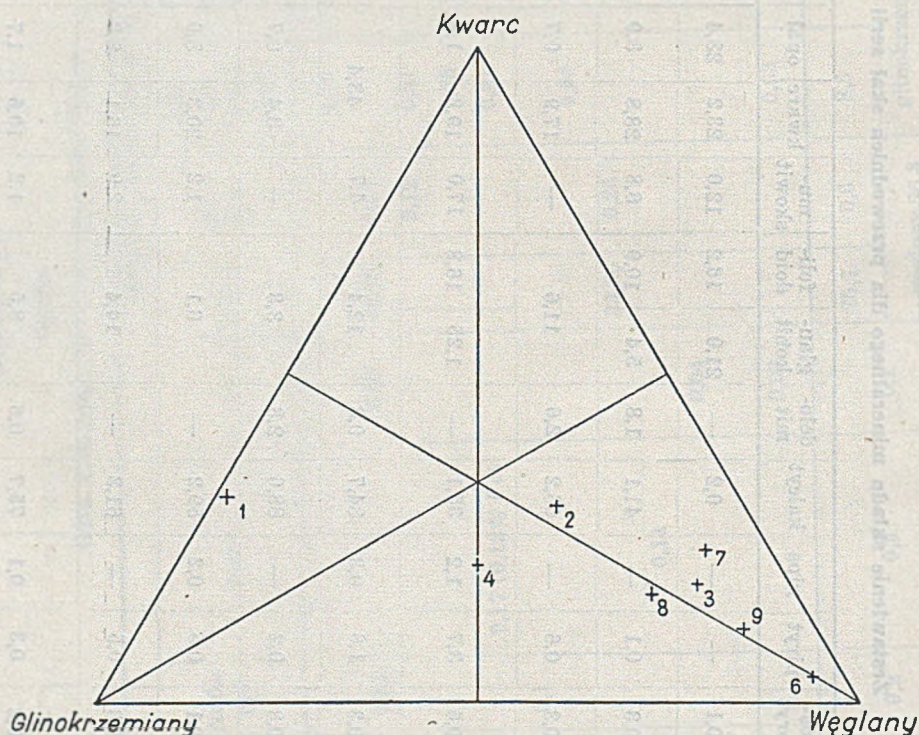


Fig. 5

Trójkąt koncentracyjny. Wykres zmienności składu skał górnego mastrichtu i danu okolic Puław pod względem zawartości trzech głównych grup mineralnych: kwarc (tylko kwarc klastyczny bez opalu), glinokrzemiany (tj. glaukonit, folidoid i muskowitz), węglany (kalcyt i dolomit). Numery oznaczają próbki według tablicy 3. 1. geza bezwapienna, 2. geza wapienista, 3. przerost wapienny w gezie, 4. margiel w serii siwaka, 6. wapień hard ground, 7. opoka porowata z górnej części serii opoki, 8. margiel w serii opoki, 9. opoka porowata z dolnej części serii opoki.

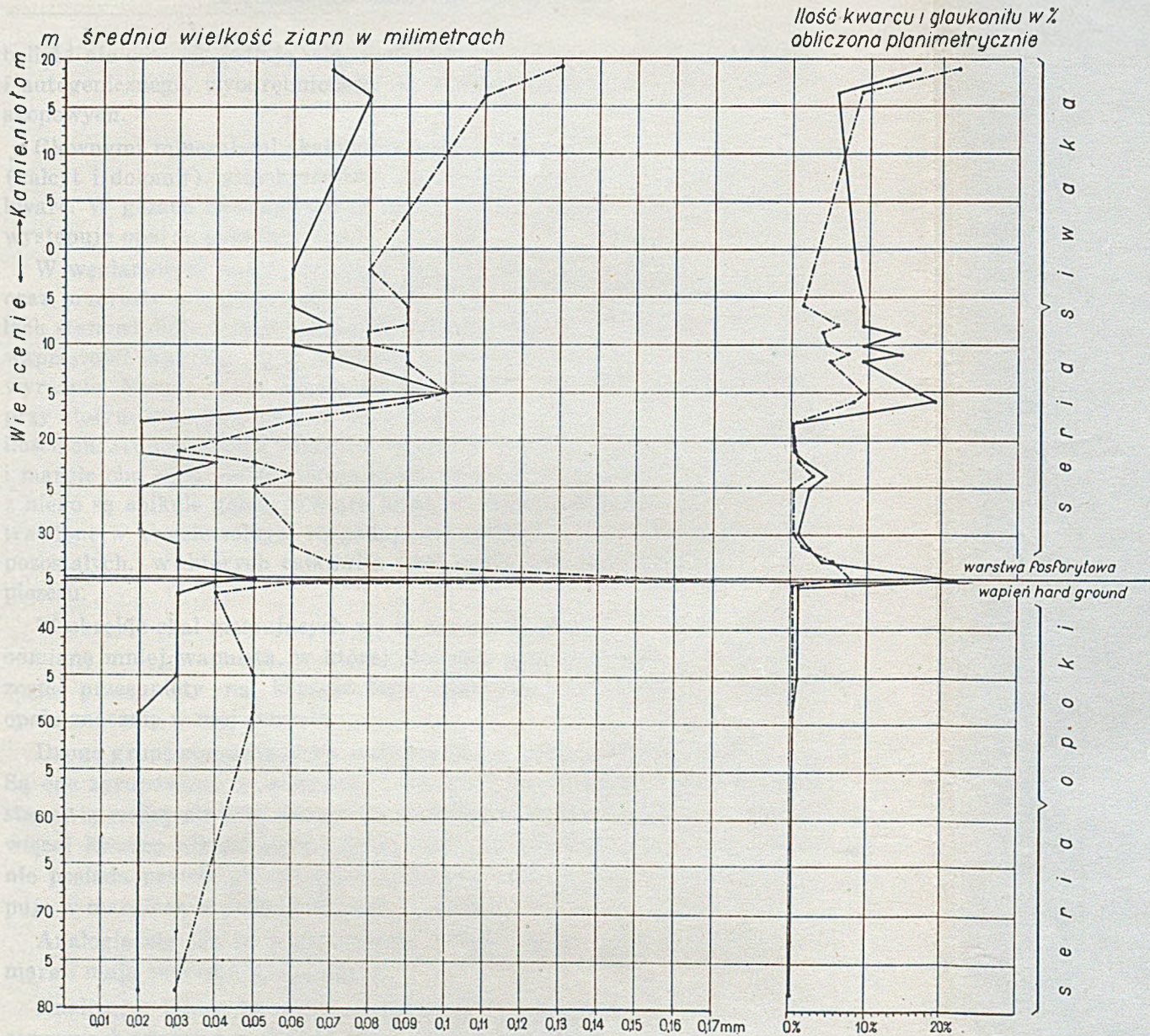


Fig. 6

Wykres wielkości i ilości ziarn kwarcu detrytycznego i glaukonitu ziarnistego. Linią ciągłą zaznaczono kwarc; linią przerywaną — glaukonit.

beli 14 nie odzwierciedlają więc zawartości w skale kwarcu detrytycznego i autogenicznego, wyodrębnionego w ziarna czytelne w szlifach mikroskopowych.

Głównymi minerałami skałotwórczymi w badanych seriach są węglany (kalcyt i dolomit), glinokrzemiany (glaukonit, folidoid i muskowitz) oraz kwarc. W gezach bezwapiennych jako trzeci składnik zamiast węglanów występuje opal w pokaźnej ilości.

W węglanowym narożu trójkąta (fig. 5) skupiają się skały serii opoki oraz przerosty wapienne serii siwaka. Zawartość węglanów w tych skałach stanowi dwie trzecie całości składników skałotwórczych. Na wykresie wapnistości skał (fig. 4) w rozdziale poprzednim uwydatnia się to bardzo wyraźnie. Margle opoki różnią się od wapieni tylko niższą wapnistością, przy stałym stosunku kwarcu do glinokrzemianów, będących w równych ilościach. Jednocześnie z ubytkiem węglanów wzrasta ilość opalu. Wapienie i margle obu serii nie zawierają opalu w lepiszczu; zbudowane natomiast z niego są spikule gąbek tkwiące luźno w osadzie. Wskutek tego skały te trawione w kwasie solnym rozpadają się całkowicie w przeciwieństwie do pozostałych, w których całkowita ilość opalu jest skoncentrowana w lepiszczu.

W obrębie skał grupujących się w narożu węglanowym, opoka stanowi odmianę mniej wapnistą, w której stosunek glinokrzemianów do kwarcu został przesunięty na korzyść tego ostatniego. Jednocześnie zawartość opalu znacznie w niej wzrosła.

Drugą grupę stanowią skały serii siwaka, prócz przerostów wapiennych. Są one zgrupowane w środkowej i lewej stronie trójkąta, gdzie węglany stanowią mniej niż 50% głównych składników mineralnych. Geza posiada więcej kwarcu niż glinokrzemianów, margiel zaś odwrotnie. Ten ostatni nie posiada prawie glaukonitu i całkowita ilość glinokrzemianów występuje w marglach w postaci substancji ilastej.

Analogicznie jak to miało miejsce w serii opoki, gezy w stosunku do margli mają znacznie więcej opalu.

Analizując tabelę 14 widać, iż największą rolę wśród minerałów akcesorycznych odgrywa w skałach piryt. Jest on szczególnie liczny w marglach serii siwaka i w mniejszej, zmiennej ilości występuje w gezach. Dość stała, niewielka jego ilość do 0,5% występuje w serii opoki.

Przechodząc do omówienia krzywych zmienności wielkości i ilości ziarn kwarcu detrytycznego i glaukonitu ziarnistego, trzeba przede wszystkim zaznaczyć, iż krzywe te charakteryzują się równoległym przebiegiem. W przebiegu swym wykazują one dwa załamania, będące odzwierciedleniem dwóch krytycznych momentów w cyklu sedymentacyjnym. Dolne za-

łamanie przypada na granicę wapienia hard ground i warstwy fosforytowej, wyższe — na głębokości 16 m w profilu wiercenia w Górze Puławskiej, w obrębie serii siwaka, w stropie margli.

W obrębie serii opoki krzywe mają przebieg prawie prostolinijny. Średnia wielkość ziarn kwarcu i glaukonitu waha się w obrębie setnych milimetra od 0,02 do 0,05 mm; przy czym zarówno w tej serii jak i w całym profilu serii siwaka, średnia wielkość ziarn glaukonitu jest większa od kwarcu. Ilość każdego z tych składników jest zawsze mniejsza od 1% skały, a przeważnie mniejsza od 0,5% (dotyczy serii opoki).

Z uzyskanego obrazu graficznego można wyciągnąć wniosek, iż po powstaniu wapienia hard ground nastąpiła zmiana w tworzeniu się osadu, wyrażająca się nieco grubszym ziarnem (średnio 0,05 mm) i wielokrotnie większą ilością kwarcu (około 25%).

Ilość glaukonitu wzrosła nieznacznie (do 8%), natomiast wielkość ziarn glaukonitu jest bardzo duża w tej warstwie, osiągając blisko 0,2 mm.

W wyższym odcinku profilu, od 34 do 16 m wiercenia, zmniejsza się szybko wielkość ziarn kwarcu i glaukonitu, osiągając średnio wielkości występujące w opoce. W górnej połowie tego odcinka profilu występują margle.

W Nasiłowie, w odpowiadającym stratygraficznie temu odcinkowi profilu, brak jest margli, a występuje tylko geza z przerostami wapiennymi. Ilość i wielkość ziarn kwarcu jest w niej większa niż w Górze Puławskiej. Wielkość wynosi średnio 0,07 mm, ilość kwarcu w górnej części tego odcinka stanowi 6%, w dolnej — 10%. Należy więc wnioskować, iż w Nasiłowie, w dolnym danie, morze było płytsze i bliżej brzegu położone aniżeli w Górze Puławskiej.

Górny odcinek krzywej, powyżej 16 m w profilu wiercenia, zaczyna się ponownym, nagłym i wybitnym wzrostem wielkości ziarn kwarcu i glaukonitu, oraz analogicznym jak i poprzednio wzrostem ich ilości. Wielkość średnia ziarn osiąga 0,1 mm, ilość kwarcu 19% a glaukonitu — 9%. Ku górze tego ostatniego odcinka profilu wielkość średnia ziarn kwarcu nie spada nigdzie poniżej 0,06 mm, a glaukonitu 0,08 mm, ilości zaś nie są niższe dla kwarcu od 6%, a dla glaukonitu od 1,5%. Można więc wysnuć stąd wniosek, że główna zmiana sedymentacyjna w profilu Góry Puławskiej nastąpiła w stropie margli siwaka (16 m w wierceniu).

Pierwsza zmiana warunków sedymentacyjnych w stropie wapienia hard ground, która spowodowała głównie wzrost ilości, a nie wielkości ziarn materiału detrytycznego w osadzie, spowodowana być mogła nie tyle zwiększeniem wpływu lądu, co raczej zjawieniem się prądów przydennych, które spowodowały wzbogacenie osadu w materiał klastyczny, w związku z zahamowaniem sedymentacji ilasto-wapiennej. Zwiększenie dowozu tlenu wpłynęło na obfitsze powstawanie glaukonitu, którego ilość w miarę za-

niku prądów, w momencie tworzenia się margli w środowisku redukcyjnym, zmalała do minimum (profil na głębokości od 16 m do trzydziestu paru metrów w wierceniu).

Inny charakter niż zmiana warunków sedymentacyjnych w stropie wapienia hard ground miała zmiana w stropie margli, na głębokości 16 m wiercenia. Było to wyraźne zwiększenie wpływu łądu, zarejestrowane obfitym i bardziej gruboziarnistym materiałem terygenicznym.

CHARAKTER I DEFINICJA PRZEWODNICH TYPÓW SKAŁ

Dominującym typem skał w badanych seriach są opoki i gezy. To też wymagają one dokładnego zdefiniowania, gdyż łączą się przejściami.

Opoka jest skałą węglanową, zawierającą od 50% do około 70% kalcytu, 20% krzemionki niezwiązanej, wyrażonej w postaci kwarcu, z których tylko niewielki procent jest wyrażony w postaci rozpoznawalnych na drodze mikroskopowej ziarn kwarcowych, oraz około 10% opalu, wchodzącego całkowicie w skład lepiszcza. Obecność opalu w lepiszczu powoduje przy usuwaniu węglanów nierozpadanie się skały. Zawartość glinokrzemianów wynosi około 6% przy minimalnej ilości glaukonitu, którego w skale jest poniżej 0,5%. Wielkość ziarn glaukonitu nie przenosi na ogół 0,05 mm. Kwarcu detrytycznego jest również w skale bardzo mało, poniżej 1%, o wielkości połowy ziarn glaukonitu, gdyż wielkość ziarn kwarcu wynosi zaledwie parę setnych milimetra.

Geza, zgodnie z definicją Cayeux, jest skałą krzemionkową, o znacznym procencie kwarcu detrytycznego i krzemionki organicznego pochodzenia, przy stałej obecności glaukonitu i substancji ilastej. Odmiana gezy występującej w serii siwaka stanowi gezę wapnistą, nietypową, o zawartości kalcytu od 20 do 45%. Ilość kwarcu detrytycznego waha się w niej powyżej 5%, nie przekraczając 20%, glaukonitu zaś od 5 do 25%. Wielkość ziarn tych składników zaczyna się w obrębie wielkości występującej w opoce, dochodząc do 0,15 mm. W gezach serii siwaka procent opalu jest nie większy niż w opokach. Substancji ilastej jest w gezach stosunkowo dużo, gdyż około kilkunastu %.

Jak wynika z powyższych definicji, różnica zasadnicza między gezą i opoką kazimierską polega na znacznie większej ilości ziarn kwarcu jak i glaukonitu w gezach. W opoce składniki te stanowią ułamki procenta, w gezie zaś kilka do kilkunastu procent. Poza tym w gezach badanej serii jest zawsze mniejsza zawartość kalcytu — poniżej 50%, w opokach jest zawsze powyżej 50%, jak wynika z zestawienia graficznego wapnistości skał obu badanych serii.

Zewnętrznie skały te (opoki i gezy) odróżniają się barwą. Geza jest żółtawo-szara, opoka zaś biała. Poza tym gezy są skałami silniej porowa-

tymi niż opoki, gdyż próżnie stanowią w nich około 50% objętości skały, w opokach zaś około 40%. Większa ilastość gezy powoduje łatwe lasowanie się skały i rozkruszanie pod wpływem działania czynników atmosferycznych.

W badanych seriach siwaka i opoki wyróżniłam parę typów skał, które charakteryzują całość serii. Skały te wzajemnie się przewarstwiają i genetycznie są ściśle ze sobą związane, nie są więc od siebie wyraźnie odgraniczone, stopniowo przechodząc jedne w drugie.

W serii siwaka wyróżniłam następujące typy skalne: 1 — gezy, 2 — margle, 3 — wapienie.

Analogiczne typy skalne wyróżniłam w serii opoki, a mianowicie: 1 — opoki porowate, 2 — margle, 3 — opoki zwięzłe, lub wapienie.

Wymienione trzy typy skał występują w obu seriach (siwak i opoka) w tym samym stosunku do siebie. Główną masę serii stanowią w siwaku gezy, w serii opoki zaś — opoka porowata. Gezy i opoka są to skały bardzo zbliżone do siebie składem chemicznym i genezą.

Opoki polskie

Termin opoka rozpowszechniony jest wśród ludności miejscowej w Polsce od dawna, dla tych skał wieku kredowego i jurajskiego, które nadają się na budulec.

Termin opoka w znaczeniu litologicznym wprowadzony był do literatury geologicznej polskiej już przez J. B. P u s c h a (1836, 1903). Utwory górno-kredowe Polski P u s c h opisał pod nazwą opoki, a następnii badacze kredy polskiej termin ten podtrzymują w swych pracach.

Szczegółowszym sprecyzowaniem pojęcia opoki jako skały zajął się Z. S t a r z y ń s k i (1923, str. 253), następnie Z. S u j k o w s k i (1930, str. 492) oraz Wł. P o ż a r y s k i (1948, str. 33).

Pierwszy ze wspomnianych autorów dzieli skały kredowe Wyżyny Lubelskiej na trzy odmiany w zależności od zawartości węglanu wapnia. Są to mianowicie: 1 — opoka wapieniowa, 2 — opoka wapieniowo-krzemowa, 3 — opoka krzemowa, czyli „spongiolitowa”. Ten trzeci typ opoki zalicza Z. S t a r z y ń s k i zupełnie słusznie do typu „gaize” autorów francuskich (L. C a y e u x).

Drugi autor, Z. S u j k o w s k i, proponuje nazwę opoki nadać skałe wapiastej, porowatej i na tyle zwięzłej, że nadaje się na budulec. Opoka składa się w znacznej mierze ze spikul gąbek, lub próżni po nich, z kwasem solnym reaguje, lecz nie rozpada się. Bardziej piaszczyste odmiany opoki górno-senońskiej zbliżają się według tego autora do typu „gaize”.

Wł. P o ź a r y s k i (1948) stwierdza, iż skały górnokredowe Polski są utworzone z trzech głównych składników: z krzemionki w postaci opalu, pochodzącej prawie wyłącznie ze szkieletów gąbek, z węgla wapnia pochodzącego ze szkieletów otwornic i innych zwierząt morskich, oraz z ziarn piasku kwarcowego i glaukonitowego. Stosunek ilościowy tych trzech składników decyduje według tego autora o własnościach skały i o typie, do którego ona należy. I tak skała piaszczysto-wapienna będzie piaskowcem wapnistym, skała piaszczysto-krzemionkowa będzie gezą, skałę zaś krzemionkowo-wapnistą, zawierającą krzemionkę zarówno organicznego jak i detrytycznego pochodzenia, należy nazywać, według definicji Z. S u j k o w s k i e g o, opoką.

Do powyższej charakterystyki opoki należy wprowadzić pewne uzupełnienie. Ułamki opoki według obydwu wyżej cytowanych autorów (Z. S u j k o w s k i, Wł. P o ź a r y s k i) „dzięki przesiąknięciu krzemionką przenikającą skałę w postaci siatki utworzonej z opalu“ trawione w kwasie solnym nie rozpadają się i nie tracą swego kształtu. Opal występujący w górnomastrychckich opokach nie stanowi jednak głównego składnika lepiszcza. Jedyne w pewnym stopniu może wpływać na sztywność szkieletu skały, pomimo bowiem nieznacznej jego ilości w opoce (około 5%), skoncentrowany jest całkowicie w lepiszczu. Drugim, niedocenianym składnikiem lepiszcza opok górnomastrychckich jest substancja ilasta. Opoki zaś starsze od górnomastrychckich są skałami silniej krzemionkowymi, a mniej wapnistymi, gdyż zawartość węgla wapnia wynosi w nich około 40%, podczas gdy średnia zawartość węgla wapnia w opokach górnomastrychckich wynosi 60%.

Większość skał górnokredowych Polski, a w każdym razie górnomastrychckich badanej serii, istotnie zasługuje na określenie ich jako opok. Jednakże opoki te, jak wskazałam, nie stanowią ciągłego kompleksu skalnego.

Przewarstwiająca je skała, określona przeze mnie mianem opoki związanej, w przeciwieństwie do opoki typowej zwanej opoką porowatą, zbliża się do wapieni w sensie petrograficznym, z uwagi na wysoką zawartość węgla wapnia. Genezą skała ta wiąże się z opoką porowatą. Różnica między nimi polega jedynie na tym, że próżnie powstałe po rozpuszczeniu spikul gąbek opalowych zostały wypełnione drobnokrystalicznym węglanem wapnia, który impregnuje całą masę skalną. Ponieważ zawartość węgla wapnia w tej odmianie wynosi średnio około 70%, nigdy nie osiągając 80%, dlatego skał tych nie nazywam wapieniami w sensie ścisłym.

Opoki górno-kredowe Polski są silnie zbliżone do gez wapnistych. Jednakże brak materiału detrytycznego w poważniejszych ilościach oraz wysoki procent węglanu wapnia nie pozwala na zaliczenie ich do gez.

Natomiast w obrębie serii siwaka dominującym typem skalnym są gezy.

Gezy francuskie

Termin „gaize“ został wprowadzony do literatury naukowej we Francji przez Sauvage i Buvignier w 1842 r. fide L. Cayeux 1897. Terminem tym określono skałę krzemionkową, ilastą, porowatą i kruchą, zawierającą pewną zmienną ilość krzemionki rozpuszczalnej w alkaliach. Ciężar właściwy gezy określono jako wahający się w granicach od 1,5 do 1,4.

Charakterystyka gezy została później uzupełniona przez następujących autorów: d'Archiac, Meugy, M. M. Nivoit, Ch. Barrois fide L. Cayeux 1897 i L. Cayeux. Geza jest koloru szaro-żółtego w stanie suchym, zielonawego w stanie wilgotnym. Jest to skała piaszczysta, lecz o bardzo drobnym ziarnie i o bardzo dużej ilości spikul gąbek. W dotknięciu jest nieco szorstka, przylegająca do języka. Głównymi składnikami gezy są: krzemionka pochodzenia detrytycznego, krzemionka pochodzenia organicznego, glaukonit oraz substancja ilasta. Węglan wapnia jest w gezach składnikiem całkowicie akcesorycznym.

Gezy są według Cayeux grupą skał stanowiących przejście od skał zbudowanych z krzemionki detrytycznej do zbudowanych z krzemionki organicznej. Ściślej mówiąc z jednej strony gezy wiążą się z piaskowcem glaukonitowym o lepszemu opałowo-chalcedonowym, z drugiej zaś ze spongiolitami, radiolarytami i diatomitami. Najbliżej jednak stoją według tego autora spongiolitów.

W gezie przeważają składniki organogenicznego i chemicznego pochodzenia nad składnikami detrytycznymi. W gezie typowej globalna ilość krzemionki wynosi od 76 do 92%, natomiast CaO — od 3 do 4%; czyli węglan wapnia występuje w ilościach zaledwie od 5,5 do 7%. O ile występuje on w ilościach przekraczających 10%, mamy do czynienia z odmianą gezy wapnistej. W miarę dalszego wzbogacenia w węglan wapnia skała, według Cayeux, ostatecznie przechodzi w wapień.

Gezy polskie okolic Puław

Jak z powyższej charakterystyki gez wynika, skały siwaka polskiego podpadają w zupełności pod termin gezy, choć nie są gezami typowymi. Większa część serii siwaka okolic Puław wykształcona jest w postaci gez wapnistych, zawierających od 20 do 40% węglanu wapnia. Jedynie stro-

powe 3,5 *m* serii siwaka wyrażone jest przez gezy bezwapienne, zbliżające się całkowicie do typowych, bezwapiennych wysoko krzemionkowych gez francuskich i belgijskich.

Poza zróżnicowaniem gez na typowe, czyli krzemionkowe i wapniste, C a y e u x wyróżnia trzy typy gez w zależności od pochodzenia krzemionki organicznej. Są to: gezy scyfiowe, gezy radiolariowe i gezy diatomitowe. W zależności zaś od składu mineralogicznego wyróżnia C a y e u x następujące typy: gezy kwarcowe, ilaste oraz wapniste. Większość gez siwaka okolic Puław należy do odmiany scyfiowej, wapnistej.

Opoki i gezy rosyjskie

Autorzy radzieccy J. W. S a m o j ł o w (1925), Ł. W. P u s t o w a ł o w (1940), M. S. S z w i e c o w (1934—1940), W. I. Ł u c z i c k i j (1949) wprowadzają termin opoki i gezy do podręczników skał osadowych. Opoki rosyjskie są wieku kredowego i trzeciorzędowego. A. D. A r c h a n g i e l s k i j (1912) opisując w swym dziele skały górno-kredowe wschodniej części Rosji europejskiej, charakteryzuje jedne z nich jako opoki, inne jako krzemieniste margle. W podręczniku Ł. W. P u s t o w a ł o w a spotykamy się z następującą charakterystyką opoki (str. 212): „Opoki przedstawiają twarde, krzemieniste skały, o przełamie muszlowym z tnącymi, ostrymi kantami i matowym blaskiem. W suchym stanie przy uderzeniu dźwięczą, silnie przywierają do języka, lekkie, o ciężarze właściwym około 1,4“.

J. W. S a m o j ł o w (1925) rozróżnia trzy typy opok (z dolnego Powoła), które stopniowo przechodzą jedne w drugie. Są to odmiany jasne, szare i czarne. Wszystkie trzy są to skały wysoko-krzemionkowe:

1. odmiana jasna, porowata, miękka zawiera 84,97% SiO_2 .
2. odmiana szara, twarda, mniej porowata, zawiera 88,25% SiO_2 ,
3. odmiana czarna, bardzo twarda, o przełamie muszlowym zawiera 97,16% SiO_2 .

Wszystkie te odmiany „opok“ są skałami całkowicie bezwapiennymi. Jak z ich składu chemicznego wynika, mamy tu do czynienia z typowymi gezami francuskich autorów. Ilość krzemionki rozpuszczalnej w alkaliach waha się w nich od 39% w odmianie jasnej do 63% w odmianie ciemnej.

Dla S a m o j ł o w a pojęcia opoki i gezy są synonimami. Reszta radzieckich autorów także pojęć tych na ogół nie różnicuje. W literaturze rosyjskiej tego typu skały opisywano dawniej jako margle krzemionkowe, lub krzemieniste gliny; później jednak zastąpiono to pojęcie terminem opoka i geza. Podobnie i w Polsce nazwa margle krzemionkowe była często dla tego typu skał stosowana.

Wyraz opoka jest rosyjskim wyrazem ludowym, którym ludność określa różne skały. W pojęciu ludowym pod ten termin podpadają dolomity i wa-

pienie, rzadziej piaskowce. W literaturze naukowej rosyjskiej termin ten znalazł szerokie zastosowanie, lecz w wielu przypadkach dla skał o różnym składzie chemicznym i różnej genezie. Dlatego też Szwiecow (1934, str. 253) proponuje wprowadzić dla omawianej grupy skał termin *geza*, który jest już terminem powszechnie przyjętym i stosunkowo ściśle sprecyzowanym. Pewną trudność sprawia fakt, że określenie *gezy* w pojęciu *C a y e u x* nie zupełnie pokrywa się z tym, co pod nazwą *opoki* było opisywane przez autorów radzieckich.

Trzecia odmiana „*opoki*“ *S a m o j ł o w a*, tzn. czarna, o najwyższej zawartości krzemionki (97,16%), nie podpada już pod pojęcie *gezy*, gdyż według *C a y e u x* *gezy* dają się kruszyć w palcach. Ze względu na powyższe, *S a m o j ł o w* tego typu skały już do *opok*, czyli *gez* nie zalicza, a umieszcza je w innej grupie.

Jak z powyższego widzimy, naszemu pojęciu *opok* nie odpowiadają zupełnie *opoki* rosyjskie, które — jak sami autorzy radzieccy udowodnili — są *gezami* w ujęciu *C a y e u x*. Te *opoki* rosyjskie nie odpowiadają nawet naszym *gezom* z okolic Puław, które są wapieniste, podczas gdy opisane przez *S a m o j ł o w a* skały są całkowicie bezwapienne. Szkielety wapiennych organizmów, jakie znajdowały się pierwotnie w osadzie, zostały całkowicie rozpuszczone i zachowały się w postaci pustych przestrzeni. *Opoki* rosyjskie (czyli *gezy*) z dolnego Powoźża zbliżają się najbardziej do francuskich typowych *gez*, lecz nie są identyczne. Francuskie *gezy* różnią się wyraźnie od *opok* (*gez* nadwożańskich), gdyż mają znacznie więcej szczątków gąbek, bo do 50% osadu, skała jest znacznie słabiej scementowana, gdyż daje się kruszyć w palcach i większa część lepiszcza opalowego w *gezach* francuskich jest zamieniona w *chalcedon*. *C a y e u x* charakteryzuje *gezy* francuskie jako skały bliskie *spongiolitom*, podczas gdy *S a m o j ł o w* *opoki* rosyjskie traktuje jako zbliżone do *diatomitów*. Opis więc *gez* francuskich (*C a y e u x*) i rosyjskich (*S a m o j ł o w*) nie zupełnie się pokrywa, co zależy oczywiście od miejscowego charakteru skały i niedostatecznego zbadania jej odmian.

Opoki czeskie

Skały tego typu, co *opoki* i *gezy*, zostały również opisane z terenu masywu czeskiego, gdzie są znane pod nazwą „*opuka*“. W okolicach Pragi *opoka* wieku turońskiego została szczegółowo opisana przez B. Zahálkę w 1926 r. Praska, czyli *belohorska opoka* występuje w paśmie *belohorskim* w okolicach Pragi. Jest powszechnie używanym kamieniem budowlanym. B. Zahálka stwierdza, że *opoka* praska jest piaszczystym marglem gąbkowym, gdyż jej głównymi składnikami jest węglan wapnia i il. Pierwszy występuje w postaci drobnokrystalicznego *kalcytu*, częściowo w skorup-

kach otwornic i igłach gąbek, które podstawia. W dotyku skała ta jest szorstka i trawiona w kwasie solnym nie rozpada się. Po wytrawieniu widać w niej mnóstwo drobniutkich por, które są próżniami po igłach gąbek. Przełam skały jest muszłowy, dzwoniący, o barwie białej, lub jasnoszarej. W skałe występują ziarna kwarcu, muskowitu i glaukonitu. W spoiwie wapiennym występuje limonit i piryt, który może tworzyć wypełnienia wnętrza otwornic. Spoiwo jest według tego autora impregnowane bezpostaciową krzemionką. Najważniejszymi składnikami organicznymi w opoce praskiej są igły gąbek i skorupki otwornic. Pierwsze występują niejednokrotnie w takich ilościach, że odgrywają rolę skałotwórczą.

Sądząc z powyższego opisu, opoka praska jest typem skały nadzwyczaj zbliżonym do opok górno-kredowych Polski. Od badanych przeze mnie opok górno-mastrychckich okolic Kazimierza różni się bodajże tylko wyraźnie większą zawartością opalu, choć ilości tej autor nie precyzuje dla opok praskich.

Opokami bywają nazywane w Czechach również spongiolity. Spongiolit (= spongilit), czyli piaszczysty margiel spongiowy (Br. Z a h á l k a, 1926), różni się niewiele od wyżej opisanej opoki. Jest lżejszy, bardziej porowaty i nieco miększy. Jest to skała bezwapienna, lub prawie bezwapienna. Sądząc z tych cech, najbardziej zbliża się do naszych odwapnionych opok, opisanych przez M. K a m i e ń s k i e g o (1950) oraz przez Wł. P o ż a r y s k i e g o (1951). Spoiwo w tych ostatnich skałach stanowi substancja ilasta impregnowana opalem. Spongiolity okolic Pragi są według B. Z a h á l k i skałami powstałymi wtórnie z opoki. Analogiczne wnioski wysnuwają M. K a m i e ń s k i i Wł. P o ż a r y s k i odnośnie do genezy odwapnionych opok polskich, opisanych z nad Wisły, z okolic Piotrowic koło Zawichosta.

M a r g l e

Termin margle jest pojęciem najslabiej sprecyzowanym petrograficznie; powszechnie, choć często niesłusznie określa się nim większość różnych skał wieku kredowego.

Termin margiel jest bardzo rozpowszechniony w naszej literaturze naukowej. Na ogół większość skał zawierających węglan wapnia, a nie będących czystymi wapieniami, jest nazywanych marglami. W szczególności dotyczy to rozpowszechnionego, a nie sprecyzowanego pojęcia: margle kredowe.

Margle w serii siwaka, podobnie jak margle w serii opoki, charakteryzują się dużą ilością substancji ilastej i pirytu. Są to skały wapniste, barwy szarej, trawione w kwasie solnym rozpadają się całkowicie. W residuum tych skał, poza składnikami analogicznymi dla otaczających je skał (opoki, gezy), licznie są reprezentowane opalowe igły gąbek.

Marglami występującymi w obrębie serii opoki i siwaka nazywam skały wapniste, bardziej miękkie od obu odmian opoki i gez, o stosunkowo najmniejszej w obrębie badanych skał zawartości krzemionki, a największej glinki.

W. W a w r v k (1930, str. 903) stwierdza, że marglami zwykle się nazywać skały o zawartości ilu od 20 do 50%. S. G. W i s z n i a k o w (1933) proponuje dla skał wapienno-ilastych stosować następujący schemat, na który również powołuje się Ł. W. P u s t o w a ł o w (1940):

zawartość $CaCO_3$ w %	nazwa skały
95—100	wapień
75— 95	ilasty wapień
50— 75	margiel
25— 50	ilasty margiel
5— 25	ił wapnisty
0,5— 5	ił

PORÓWNANIE Z SASIEDNIMI OBSZARAMI

Kreda lubelska

Stosunkowo szczegółową charakterystykę petrograficzną skał górno-kredowych Polski dał w swym cennym dziele J. B. P u s c h (1936, 1903),

W obrębie opoki kredowej autor ten wyróżnia 3 główne odmiany, a mianowicie: wapnistą, marglistą i piaszczystą.

Najpospolitsza jest odmiana wapnista. Charakteryzuje się ona białą, lub szaro-żółtawą barwą. Przechodzi z jednej strony w kredę piszącą („prawdziwą kredę“ P u s c h a), z drugiej zaś w zbity wapień, podobny według P u s c h a do jurajskiego.

Te trzy odmiany skał kredowych wyróżnione przez P u s c h a dobrze odpowiadają wyróżnionym przeze mnie typom skał w okolicy Kazimierza i Puław. A mianowicie: odmiana wapnista — opoce porowatej; zbity wapień podobny do jurajskiego — opoce zwężłej; odmiana marglista — marglom występującym w obrębie serii siwaka i opoki.

Niestety J. B. P u s c h nie podaje wzajemnego stosunku tych trzech odmian do siebie, a jedynie ich rozprzestrzenienie geograficzne.

Odmiany piaszczyste skał kredowych występują według J. B. P u s c h a, m. in. nad Wisłą koło Kazimierza i Janowca, w postaci skał piaszczystych, barwy brudnożółtawo-szarej, które przechodzą w ciemnoszare, bardziej zbite masy wapniste. Nie ulega wątpliwości, że opisane przez J. B. P u s c h a skały spod Kazimierza należą do siwaka.

Nazwa marglu kredowego stosowana przez J. B. P u s c h a dla przeważającego typu skały górno-kredowej, nie jest właściwa, jak to już Z. S t a r z y ń s k i (1923) słusznie uzasadnił brakiem większej zawartości minerałów glinowych w opoce kredowej.

W 1930 r. Z. S u j k o w s k i wydał dużą pracę o petrografii kredy Polski, w oparciu o opracowany przez siebie profil kredy z głębokiego wiercenia w Lublinie.

W pracy tej autor opisuje budowę skał górno-kredowych z wielu miejsc występowania jej w Polsce. Między innymi S u j k o w s k i charakteryzuje kredę sandomierską i zamieszcza wyniki badań mikroskopowych odnośnie do kredy okolic Kazimierza i Nałęczowa.

Z profilu głębokiego wiercenia w Lublinie stwierdził Z. S u j k o w s k i (1930, str. 589) dla większości serii, że zmniejszanie się wapnistości „odpowiada zanikowi materiału terygenicznego i zmniejszeniu się ilości organizmów dennych, a jednocześnie pojawieniu się masowemu radiolaryj o szkielecie krzemionkowym”.

Opoka lwowska

Opoka lwowska została zbadana i opisana przez H. P i e l e c h a (1914), a następnie przez W. W a w r y k a (1930).

Obserwacje H. P i e l e c h a dotyczą „fizyografii marglu kredowego“ z okolicy Lwowa. Składniki opoki lwowskiej są te same co opoki okolic Kazimierza, nie wiadomo tylko, w jakich występują stosunkach ilościowych wzajemnych, co oczywiście może spowodować, że skały te nie będą identyczne.

Igły gąbek nadzwyczaj rzadko zachowane w obu porównywanych okolicach są zbudowane z opalu.

Globalna ilość krzemionki jest również analogiczna. W kredzie lwowskiej waha się w granicach od 16 do 48%, podczas gdy w opoce okolic Kazimierza od 17 do 33%.

Sądząc po dużych wahaniamiach krzemionki w analizach próbek, można przypuścić, że oba typy opoki również i tam występują. Nigdzie nie podkreśla wspomniany autor tak charakterystycznej dla opok kredowych porowatości skał. Wyróżnia jednak trzy typy skał, charakterystyczne dla trzech różnych miejscowości, podobnie jak to J. B. P u s c h uczynił dla różnych obszarów Polski, a mianowicie:

- 1) opoka lwowska — o nadzwyczaj drobnym ziarnie, małej ilości glaukonitu i prawie zupełnym braku kwarcu, o zawartości 78% $CaCO_3$.
- 2) opoka z Kierniczek — gruboziarnista, zawierająca znaczne ilości kwarcu i glaukonitu.

3) opoka z Karaczynowa — jest typem pośrednim, o ziarnie drobniejszym, ale większym niż w opoce lwowskiej.

Wobec nie sprecyzowanych ilości poszczególnych składników, szczególnie kwarcu i glaukonitu, trudno te odmiany opoki lwowskiej porównywać z opoką kazimierską. Najprawdopodobniej odmiana pierwsza może odpowiadać silnie wapnistym przerostom spod Kazimierza, tzw. opoce zwięzłej.

Termin opoka stosują obaj badacze kredy lwowskiej, H. Pielech i W. Wawryk, w ujęciu najzupełniej ogólnym a nie petrograficznym.

W. Wawryk (1930) wyróżnia w obrębie miasta Lwowa ze względu na zabarwienie skały 4 odmiany opoki. Niestety autor nie podaje, w jakim stosunku do siebie te 4 odmiany występują.

Nie pojedyncze próbki, a cały szereg ich, pobrany systematycznie w profilach pionowych z szeregu miejscowości, może dać pojęcie o typie skał i ich zmienności. Skały górno-kredowe Polski najlepiej to zagadnienie ilustrują. Pozornie monotonna, jednolita seria białej opoki składa się w istocie z kilku typów skał o nieco odmiennym składzie chemicznym, różnej twardości, różnym ciężarze właściwym i porowatości.

Piryt w opoce lwowskiej najliczniejszy stosunkowo jest w odmianie siwej, a brak go w jasnej, i stąd też najbardziej ta odmiana zbliża się do margli w serii opoki z okolic Kazimierza. W szlifach opoki lwowskiej uderza brak skaleni, analogicznie jak i w szlifach opoki kazimierskiej.

Skały górno-kredowe występujące w okolicach Lwowa zostały przez Wawryka zaklasyfikowane do margli. Zawierają one istotnie dość znaczne ilości kaolinu¹ przewyższające 10% zawartości skały. Margle górnego mastrychtu okolic Kazimierza zawierają 17% glinokrzemianów, natomiast margle siwaka zawierają około 35% glinokrzemianów. Te ostatnie dlatego dobrze wyodrębniają się spośród innych, otaczających je typów skał.

Cechą wspólną margli okolic Lwowa i Kazimierza jest stosunkowo duża zawartość krzemionki, wyrażona w postaci kwarcu.

Ostatecznie jednak Wawryk dochodzi do wniosku, że nazwa margiel dla skał okolic Lwowa również nie jest zupełnie słuszna, gdyż nie jest ściśła. Skały te według tego autora należało by nazwać wapieniami ilastopiaszczystymi.

Kreda basenu paryskiego

We Francji i w Belgii zostały opisane szczegółowo przez L. Cayeux (1897, 1929) klasyczne występowania kredy w basenie paryskim. Wiele skał górno-kredowych tam występujących zostało przez Cayeux scharakteryzowanych jako gezy. Szereg analiz przytoczonych przez wymienio-

¹ Kaolin, jak udowodnił Thiébaud, w osadach morskich nie występuje.

nego autora wykazuje ich silnie krzemionkowy charakter, skały te bowiem zawierają 80% krzemionki. *C a y e u x* rozbił gezy z basenu paryskiego Francji i Belgii na cały szereg rozmaitych odmian. Z zestawienia ich składu chemicznego wynika, że najbardziej do polskich gez okolic Puław zbliżają się typy: 6, 7, 9 — wszystkie z poziomu *Schlönbachia inflata* (alb górny). Zawierają one jednak zaledwie od 4 do 11% *CaO*, zatem znacznie mniej niż polskie gezy, które mają od 13 do 26% *CaO*. Występujące w basenie paryskim Francji gezy są skałami kredowymi dużo starszymi aniżeli opisane gezy z okolic Puław; osady górnego mastrychtu i danu we właściwym basenie paryskim nie występują.

Z gez opisanych z Belgii, najbardziej pod względem chemicznym zbliżają się do naszego typu skały Rabots de Saint-Denis, oraz Smectique de Herve.

Warstwa znana pod nazwą „rabots“ występuje ponad poziomem z *Inoceramus labiatus* (turon dolny), osiągając miąższość 10—12 m. Skały te zawierają 63,6% krzemionki, w tym 10,6% krzemionki rozpuszczalnej w ługu potasowym. Pokład „rabots“ nie stanowi skały jednolitej. Występują w nim gniazda silnie wapniste, będące już raczej wapieniami marglistymi, między którymi istnieją stopniowe przejścia do części skrzemionkowanych. Skrzemionkowanie skały jest również nierównomierne. Partie najsilniej skrzemionkowane zdają się pozostawać, według *C a y e u x*, w związku z zagęszczeniem spikul gąbek.

Warstwy Smectique de Herve występują w okolicy Liège i należą do poziomu z *Actinocamax quadratus*. Są zatem młodsze od „rabots“, gdyż odpowiadają kampanowi dolnemu.

Warstwy „smectique“ występują w obrębie serii w postaci wkładek od 20 do 50 cm grubych. Charakter petrograficzny tych utworów zbliża je do skał typu gez. Są one bowiem lekkie, porowate, przy dotknięciu szorstkie, barwy jasnoszarej po wyschnięciu. Na powierzchni skały widać rozsiane, drobne ziarna glaukonitu i blaszki miki. Wszystkie gezy z serii „smectique“ są wapniste. Skład chemiczny ich, według *C a y e u x*, jest następujący:

SiO_2 (rozpuszczalne w <i>KOH</i>)	15,0%
SiO_2 (nierozpuszczalne w <i>KOH</i>)	32,3 „
Al_2O_3	6,2 „
Fe_2O_3	4,0 „
<i>CaO</i>	25,6 „
Strata przy prażeniu	16,6 „
	99,7%

Analiza gezy wapnistej z okolic Puław (Góra Puławska, wiercenie, głębokość 8,2 m) wykazuje 44,06% globalnej ilości krzemionki, a więc prawie

tylko samo co w gezach „smectique“ Belgii. Ilość CaO jest w gezach polskich okolic Puław także prawie identyczna, gdyż wynosi średnio 23,7%, podczas gdy w gezach „smectique“ — 25,6%. Analogicznie przedstawiają się i pozostałe składniki.

Bardzo daleko idące analogie występują również w charakterze i stanie zachowania szczątków organicznych. I tu i tam są one wyrażone głównie w postaci skorupki otwornicy i spikul gąbek. Pierwsze są zbudowane z krystalicznego węglanu wapnia, po drugich zostały w znacznej mierze próżnie. Część spikul w gezach „smectique“ jest zbudowana z opalu, część zaś z chalcedonu, po większości zachowały się próżnie.

Typy spikul gąbek występujące w obu odmianach są identyczne. Dominują monaksony, triaksony i tetraksony. W gezach z okolic Puław, jak i w innych skałach serii siwaka, występują również „fasolki“ i dyski gwiazdziste, ciekawe odmiany spikul gąbek, opisane przez Cayeux między innymi z gezu „smectique“, jako silnie zmodyfikowane odmiany tetraksonów.

Lepiszczko w gezach „smectique“ jest w głównej mierze wapienne. Węglan wapnia jednakże nie jest w tych skałach rozłożony równomiernie. Poza węglanem wapnia istnieje w lepiszczu tych skał składnik krzemionkowy. Według Cayeux tworzy on w tych gezach szkielec krzemionkowy, złożony głównie z opalu, w mniejszym stopniu z chalcedonu. Poza tymi dwoma składnikami podaje Cayeux w lepiszczu gezu „smectique“ substancję ilastą, która stanowi według tego autora pokaźny składnik (Al_2O_3 stanowi w nich bowiem 6,2%) i występuje w postaci licznych, drobnych, krystalicznych płytek. Dla porównania przypomnę, że zawartość Al_2O_3 w gezach okolic Puław wynosi 5,4%, różnica zatem nie przenosi 1%.

Nazwą „smectique“ określa Cayeux kilka odmian petrograficznych, występujących w obrębie serii. Jedne z nich, zawierające tylko węglanu wapnia co nasze najbardziej wapniste gezy, określa autor nazwą wapienne w stadium sylikacji. Tego samego typu skały, lecz mniej zawierające węglanu wapnia, Cayeux nazywa geza mi wapienistymi, przy czym granic zawartości węglanu wapnia autor ten nie ustala.

W rozważaniach nad miejscem serii skał „smectique“ w nomenklaturze skał osadowych, Cayeux nawiązuje do opisanych przez siebie skał z Bray, wśród których wyróżnił 3 odmiany, a mianowicie: 1) gezy normalne, 2) gezy wapieniste, 3) wapienie w stadium sylikacji.

W pewnym stopniu podział serii tej można zastosować do serii siwaka okolic Puław, gdzie występują w stropie gezy normalne (całkowicie bezwapienne), niżej zaś gezy wapieniste, stanowiące dominujący typ skalny w serii siwaka, oraz przewarstwiające się z nimi bez wyraźnej granicy wapienie.

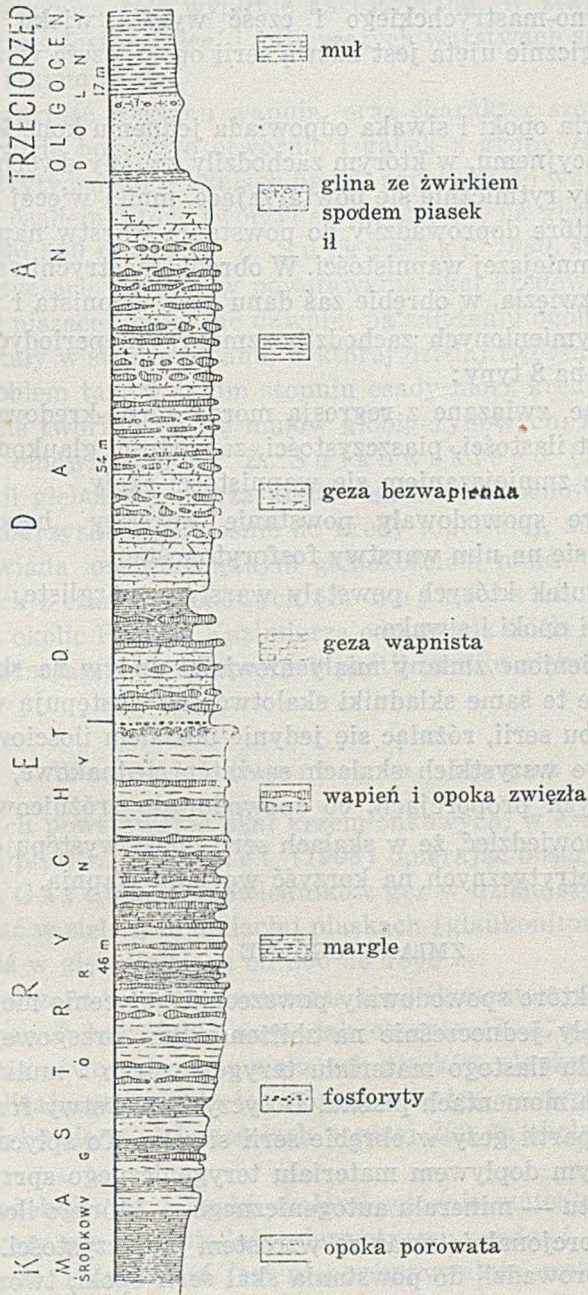


Fig. 7

Profil syntetyczny skał przedczwartorzędowych okolic Puław

WNIOSKI SEDYMENTOLOGICZNE

Cały omawiany profil osadów górno-kredowych rozbity jest na część niższą wieku górno-mastrychckiego i część wyższą wieku dańskiego. Część niższa litologicznie ujęta jest nazwą serii opoki, część wyższa zwana jest serią siwaka.

Cała badana seria opoki i siwaka odpowiada jednemu konsekwentnemu cyklowi sedymentacyjnemu, w którym zachodziły zmiany dwóch kategorii. Pierwsze, to zmiany rytmicznie się powtarzające, mniej więcej jednakowo w całym profilu, które doprowadziły do powstania warstw naprzemianległych o większej i mniejszej wapnistości. W obrębie mastrychtu są to opoka porowata i opoka zwięzła, w obrębie zaś danu geza wapnista i wapień.

Prócz zmian wymienionych zachodziły zmiany nieperiodyczne, które dadzą się podzielić na 3 typy:

1. zmiany ogólne, związane z regresją morza górno-kredowego, powodujące wzrost ilastości, piaszczystości, zawartości glaukonitu w osadzie, wraz ze zmniejszaniem się wapnistości skały.
2. zmiany, które spowodowały powstanie warstwy „hard ground“ i utworzenie się na nim warstwy fosforytonośnej.
3. Zmiany, wskutek których powstały warstwy margliste, obecne zarówno w serii opoki i siwaka.

Wszystkie wymienione zmiany miały niewielki wpływ na skład jakościowy osadu, tak że te same składniki skałotwórcze występują we wszystkich typach skał obu serii, różniąc się jedynie udziałem ilościowym. Składniki mineralne we wszystkich skałach są zatem jednakowe, występują jednak w rozmaitych proporcjach, co spowodowało zróżnicowanie skał.

Ogólnie da się powiedzieć, że w skałach serii opoki występuje mniejsza ilość składników detrytycznych na korzyść węglań wapnia.

ZMIANY OGÓLNE

Zmiany ogólne, które spowodowały powszechne spłylenie morza górno-kredowego, wpłynęły jednocześnie na zbliżenie linii brzegowej i zwiększony dopływ z lądu ilastego materiału terygenicznego i mułku kwarcowego, a w pewnych momentach piasku. Dotyczy to warstwy fosforytowej oraz najwyższych partii gezy w obrębie serii siwaka. To spłylenie morza wraz ze zwiększonym dopływem materiału terygenicznego sprzyjało tworzeniu się glaukonitu — minerału autogenicznego — którego ilość wzrasta mniej więcej proporcjonalnie wraz ze wzrostem piaszczystości.

Osad, który doprowadził do powstania skał serii opoki, tworzył się na granicy strefy osadów pelagicznych i osadów terygenicznych, serii siwaka zaś — w morzu dużo płytszym.

W a r u n k i t w o r z e n i a s i ę o p o k

Opoki są dość typowym osadem otwartego morza, w którym materiał terygeniczny odgrywa rolę wybitnie akcesoryczną. W siwaku zaś, szczególnie w warstwie fosforytowej i najwyższych warstwach serii, jest on już ważnym składnikiem skały.

Wysoka zawartość węglanu wapnia oraz charakter szczątków organizmów (mianowicie bogactwo otwornic i gąbek z grupy *Hexactinellidae*) i materiału detrytycznego w skałach opoki, prowadzi do wniosku, że mamy do czynienia z osadem, który tworzył się w oceanie, na głębokości kilkuset metrów (poniżej 500 *m* — fide Z. S u j k o w s k i, 1930, str. 569).

Wnioski dotyczące warunków powstawania skał kredowych, a w szczególności kredy pisańskiej, opierano dawniej na założeniu ogólnym, że utwory kredowe powstały w strefie oceanu, w której dzisiaj tworzą się muły globigerynowe. Problem ten, w jakim stopniu osady mórz kredowych są odpowiednikami dziś tworzących się mułów globigerynowych, został dokładnie zreferowany i omówiony przez Z. S u j k o w s k i e g o (1930). To samo dotyczy kwestii głębokości morza kredowego na północno-wschodnim zboczu Gór Świętokrzyskich. Odnośnie do kredy lubelskiej, autor ten stwierdza, iż „odpowiada on przeciętnym głębokościom mułów otwornicowych planktonicznych z czasów kredowych (Z. S u j k o w s k i, 1930, str. 589).

Seria opoki okolic Puław i Kazimierza odpowiada ściśle stratygraficznie i jest zbliżona facjalnie do stropowych partii profilu głębokiego wiercenia w Lublinie.

W a r u n k i t w o r z e n i a s i ę g e z

O warunkach powstawania skał krzemionkowych, w szczególności tworzenia się gezy, pisał L. V. C o l l e t (1908) opierając obserwacje i wnioski na pracach L. C a y e u x. Odpowiedników gezy w dzisiejszych osadach należało by szukać w zielonych mułach i piaskach (glaukonitowych). Osady te tworzą się dziś w głębokościach od 200 do 1800 *m*.

O ile założymy, że warunki tworzenia się sedymentów w ubiegłych epokach geologicznych były takie same jak obecnie (L. C a y e u x), należy przyjąć, że gezy utworzyły się z zielonych piasków glaukonitowych w głębokościach zbliżających się do ich górnej granicy występowania. A więc gezy utworzyłyby się w głębokościach poniżej 200 *m*, około dolnej granicy szelfu.

Gezy są podobnie jak i opoki skałami wtórnie zmienionymi. Składem chemicznym gezy nie odpowiadają pierwotnemu osadowi. Dotyczy to głównie krzemionki, której ilość jest nieporównywalnie mniejsza w gezach, niż w ich materiale wyjściowym — zielonych mułach. Zawartość organizmów krzemionkowych w gezie nie przenosi, jak podaje L. V. C o l l e t

(1908), 50% zawartości ich w dzisiejszych glaukonitowych mulach. Obecność w gezach licznych próżni, oddających wiernie kształt spikul gąbek, dowodzi, że proces rozpuszczania opalu spikul i jego wędrówka w osadzie miały miejsce już po skonsolidowaniu osadu. W obrębie większości odmian gez opal uległ częściowo tylko przemieszczeniu ze spikul do lepszyszcza tych skał. W gezach zaś okolic Puław i Kazimierza reszta opalu wywędrowała poza skały serii siwaka.

Warunki, w jakich tworzyły się osady tego morza, były zmienne.

Warunki tworzenia się margli

Zmiany, które doprowadziły do powstania margli, dadzą się wytłumaczyć najlepiej przez zachowanie się w osadzie dwóch składników, a mianowicie glaukonitu i pirytu. Pierwszy jest charakterystyczny jako minerał wiążący się z warunkami dobrze utlenionego środowiska, drugi — jako minerał powstający w źle przewietrzanym środowisku.

Margle występujące w obrębie serii opoki, a w szczególności margle występujące w siwaku, zawierają znaczną domieszkę pirytu. Jednocześnie odznaczają się w stosunku do innych typów skał tych serii prawie zupełnym brakiem glaukonitu. Powstały więc te margle w morzu, w którym tworzący się na dnie osad był niedostatecznie zasilany w tlen, co najprościej daje się tłumaczyć brakiem prądów dennych i spokojem sedymentacji. Warunki te wiązały się ze zmianami konfiguracji dna morskiego i linii brzegowej, w związku ze stopniową regresją morza kredowego.

Również i kwarc w tych osadach zachowuje się analogicznie jak glaukonit, osiągając swoje minimum co do ilości i wielkości ziarna w warstwach marglistych; potwierdza to powyższą tezę o zaniku ruchu wody w tym terenie.

Sprawę tę porusza już Z. S u j k o w s k i (1930) omawiając warunki osadzania się serii kredowej w Lublinie, gdzie jednak redukcyjność środowiska nie była tak daleko posunięta.

Reasumując, cała seria siwaka (danu), łącznie z badaną serią opoki (mastrycht górny), odpowiada jednemu cyklowi sedymentacyjnemu, przedstawiając serię regresywną, osadzoną w cofającym się morzu górno-kredowym.

Maksimum transgresji mastrychckiej miało tu miejsce w mastrychcie środkowym (poziom lokalny „w“ — Wł. P o ż a r y s k i, 1938), wyrażonym przez głębokowodne osady margliste, pozbawione zupełnie materiału klastycznego. Występują te osady na południe od Kazimierza.

Początek regresji morza górno-kredowego nastąpił w mastrychcie górnym (poziom lokalny „x“). Osady tego morza stanowią prawie wyłącznie opoki z bogatą fauną gąbek, z tym, że w skład opok wchodzi pewna

ilość terygenicznego materiału okruchowego, wyrażonego w postaci stałej, stosunkowo nieznacznej ilości drobnych ziarn kwarcu.

Warstwa „hard ground“ (poziom lokalny „y“ i piaskowiec glaukonitowo-fosforytowy) poziom lokalny „z“ wiąże się z nagłą zmianą warunków sedymentacyjnych, od którego to momentu począwszy powstają osady bardziej płytkowodne.

W serii siwaka obecność materiału terygenicznego jest większa niż w serii opoki. Ilość ziarn kwarcu i wielkość ich wzrasta w serii tej ku górze, w miarę jak wycofywało się morze z tego obszaru, aż do jego całkowitego ustąpienia.

Innych poglądów jest R. K o n g i e l, który w pracy z 1935 r. serię siwaka (danu) z okolic Kazimierza traktuje jako serię transgresywną nowego zalewu morskiego, a warstwę „hard ground“ jako powstałą w rezultacie spłylenia morza lub ewentualnego, krótkotrwałego wynurzenia dna morskiego z końcem mastrychtu (1949). Osady siwaka (danu) powstawały według tego autora w morzu stosunkowo płytkim, w głębokościach nie przekraczających 100 m.

ZMIANY RYTMICZNE

W celu ujęcia charakteru i genezy zmian rytmicznie powtarzających się, należy zdać sobie sprawę z obserwacji, na jakich je opieramy. Podstawowym faktem jest rytmiczna zmiana zawartości węglańu wapnia. Wiąże się z tym zmienna ilość materiału detrytycznego w skale, co dotyczy zarówno ilości jak i wielkości ziarn.

Wędrówka węglańu wapnia

Trudno ustalić, czy mamy do czynienia z pierwotną, czy też z wtórną koncentracją węglańu wapnia w warstwach opoki związanej i wapieni siwaka. Nie jest niemożliwe, że miały tu miejsce oba procesy. Podstawieniem przez kalcyt opalu w spikulach gąbek dowodzi przemieszczenia tych składników. Przemawia za tym również konkretny charakter wapieni w serii siwaka. Formy występowania tych wapieni nie tylko mają izolowane kształty, lecz również bywają wydłużone w kierunku pionowym. Z drugiej zaś strony konkrety w serii siwaka są ułożone warstwami, łącząc się niejednokrotnie w warstwy ciągłe, który to typ realizuje wyłącznie opoka związana i wapień „hard ground“ w stropie serii opoki. Przemawiałoby to znów za zmianami o charakterze pierwotnym, to znaczy powstałymi na dnie morza w czasie tworzenia się osadu.

Z profilu głębokiego wiercenia w Lublinie opisał Z. S u j k o w s k i (1930, str. 577) przewarstwianie się jasnych i ciemnych warstewek, z tym, że jasne są bogatsze w węglan wapnia niż ciemne. Dotyczy to zjawisk wy-

stępujących na długości 550 m rdzenia. Warstewki są bardzo cienkie, od 0,2 do 2 mm. Są to więc zjawiska zupełnie innego typu, aniżeli opisane w serii opoki i siwaka okolic Kazimierza i Puław.

W gezach „smectique“, tak bardzo podobnych do gez polskich okolic Góry Puławskiej, lepsze jest przeważnie wapienne. Istnieją w nim partie według L. C a y e u x wtórnie skrzemionkowane. Zajęły one miejsce węglanu wapnia. Wnioskuje o tym L. C a y e u x na podstawie stanu zachowania wielu skorupki otwornic i następnie na podstawie form wypierania kalcytu, „biorącego udział dominujący, jeśli nie wyłączny w składzie lepszca“. W stropie serii opoki okolic Kazimierza partie skrzemionkowane występują w postaci bardzo drobnych, rzadko trafiających się czertów. Nie odgrywają one jednak większej roli w całości skały. W siwaku partie skrzemionkowane nie występują. Wł. P o ż a r y s k i początkowo interpretował te wapienne ławice w siwaku (1938, str. 25) jako skrzemionkowane partie skały, co sprostował w pracy o utworach odwapnionych kredy (1951).

L. C a y e u x dochodzi do wniosku, że w gezach belgijskich „smectique“ de Herve węglan wapnia znajduje się w stadium ustępowania ze skały, wycofywania się. Pierwotną skałą był według L. C a y e u x wapień zawierający liczne spikule gąbek i otwornice. Węglan wapnia był z tej skały stopniowo usuwany i zastępowany przez krzemionkę. Pogląd ten potwierdza Z. S u j k o w s k i (1930, str. 506) przy opisie kredy z Mielnika nad Bugiem, twierdząc, że niszczenie struktur (skorupki otwornic) posuwało się już w utworzonej skale oraz, że pierwotna ilość otwornic była większa w osadzie niż dzisiaj w skale.

Jeśli idzie o gezy i opoki polskie, to sprawa czy węglan wapnia jest pierwotny w skale czy wtórny, nie da się tak łatwo rozstrzygnąć. Jako przypuszczenie dość prawdopodobne można przyjąć, że warstwy o zwiększonej wapnistości powstawały periodycznie na dnie morza. Następnie zachodziły w osadzie procesy diagenetyczne, silniejsze w warstwach opoki porowatej i gezy, słabsze w ławicach bardziej wapnistych, które dały początek wapiennym przerostom.

Najbardziej do osadu pierwotnego zbliżoną skałą są margle. Zawierają one duże ilości rozmaitego typu spikul gąbek, zachowanych w pierwotnym materiale — opalu. Świadczy o tym również występowanie w marglach tak nietrwałego stosunkowo minerału, jakim jest piryt.

W opokach i gezach spikule uległy wyraźnej diagenezie, gdyż po igłach gąbek pozostały próżnie. W wapieniach siwaka i opokach związanych spikule gąbek zostały prawie całkowicie odkrzemionkowane i zastąpione przez węglan wapnia.

W szeregu zmian, jakim uległa skała, należy wymienić całkowite odwapnienie warstw powierzchniowych serii siwaka. Zagadnienie powyższe

omówione zostało obszernie w pracy Wł. Pożaryskiego (1951). Zjawisko całkowitego odwapnienia kilkometrowej, stropowej serii siwaka, nastąpiło według tego autora w eocenie, w klimacie ciepłym i wilgotnym, przy współdziałaniu wód powierzchniowych, prawdopodobnie obfitujących w kwasy humusowe.

GENEZA WARSTWY „HARD GROUND”

Zmiany, które spowodowały powstanie warstwy „hard ground“ i utworzenie się na niej warstwy fosforytonośnej, miały miejsce dla badanego obszaru jednorazowo, w najwyższym mastrychcie.

Warstwy stwardniałe w osadzie, które obecnie uważane są za kopalne twarde dna (angl. hard ground), dawniej interpretowano odmiennie. Munier — Chalmers fide Ellenberger (1947) kilkadziesiąt lat temu uważał, że są to stwardniałe ślady gleby leśnej. Koniecznym warunkiem utworzenia się takiej warstwy było więc długotrwałe wynurzenie dna morskiego. Dopiero od czasu słynnej wyprawy „Challenger“, kiedy po raz pierwszy stwierdzono istnienie pokładów twardego dna na dnach obecnych oceanów, inaczej zaczęto je interpretować.

J. Murray i A. F. Renard fide L. Cayeux zanalizowali to szczególnie zjawisko obszernie, w związku z czym odpowiednio zaczęto interpretować szereg kopalnych warstw stwardniałych. Ostatnio, kwestię genezy twardego dna zreferował L. Cayeux (1941). Poszczególne połacie dna oceanicznego dające się zakwalifikować jako twarde dno, na których dzięki specyficznym warunkom przydennym nie odkłada się współczesny osad, występują według Cayeux na głębokości od 155 do około 2000 m. Występują więc te zjawiska zarówno w obrębie strefy osadów terygenicznych jak i pelagicznych. Rozpiętość głębokości decyduje w głównej mierze o różnych warunkach i co za tym idzie o odmianach tworzących się pokładów twardego dna.

L. Cayeux wyróżnia następujące typy twardego dna:

1. „hard ground“ utworzony z materiału jednorodnego, np. czysto wapiennego. Tego typu twarde dna zostały odkryte przez wyprawę statku „Blake” w morzach ciepłych. Dziś tego typu „hard ground” tworzy się w okolicach Florydy na głębokości od 160 do 500 m. Jest to wapień zoogeniczny, o bardzo wysokiej zawartości węgla wapnia (97%).
2. „hard ground“ nie utworzony z materiału jednorodnego, natury heterogenicznej, o teksturze „nodulose“, odpowiadający najbardziej kredom typu „nodulose“.

Pierwszego typu twarde dna tworzą się w strefach głębszych, w których powstają osady wapienne. Drugiego typu twarde dna tworzą rodzaj zlepieńca i powstają w strefach znacznie płytszych.

Opisana przeze mnie warstwa twardego dna z pogranicza serii opoki, zakończająca mastrychcki cykl sedymentacyjny, jest typem 1, czysto wapiennym, utworzonym z materiału jednorodnego (90% $CaCO_3$).

Powierzchnia wapienia musiała przez czas dłuższy, już po skonsolidowaniu osadu, podlegać działalności korodującej, która doprowadziła do tak silnego zniszczenia powierzchni osadu. Trudno jest ustalić, jakiego typu korozja miała tu miejsce. W każdym razie nie było to niszczenie natury mechanicznej, na co wskazuje całkowity brak otoczków niszczonego wapienia. Brak również zwykłych form niszczenia mechanicznego na skutek działalności erozji podmorskiej. Szczegółowa analiza niszczonej powierzchni wapienia wykazała istnienie szeregu powierzchni wklęsłych, pooddzielanych ostrymi grzbiecikami. Wszystkie linie ograniczające zniszczoną powierzchnię są ostrokrawędziste, a nie zaokrąglone.

Charakter tej powierzchni, wraz z wielkością i przebiegiem kanałów, każe wnosić, że mamy tu do czynienia z chemicznym wietrzeniem podmorskim, które doprowadziło do rozpuszczenia warstwy wapienia od góry. Proces ten musiał trwać czas dłuższy, skoro doprowadził do powstania tak silnie rozgałęzionego systemu zagłębień i kanałów. Nasuwa się myśl, czy niektóre z tych kanałów nie są wynikiem działalności skałotoczy. Jednakże bliższa analiza nie wykazuje regularności kształtów wydrążeń po skałotoczach, tak charakterystycznych przez rozszerzanie się w głąb zakłębienia.

Po rozżarciu chemicznym powierzchni wapienia „hard ground“ i utworzeniu sieci kanałów, nastąpiły ponownie warunki sprzyjające sedymentacji. Początkowo zaczął się osadzać materiał terygeniczny, piaszczysto-glaukonitowy. Z czasem, na skutek procesów diagenetycznych utworzyła się zeń warstwa stosunkowo słabo scementowanego piaskowca glaukonitowego, o lepszemu wapnisto-żelazistym.

Ostatnim procesem, jaki miał miejsce w warstwie „hard ground“, już po osadzeniu wciskającej się weń kanałami warstwy piaskowca glaukonitowego, była wędrówka krzemionki.

Jest rzeczą bardzo ciekawą, że czerty, występujące w tak małych stosunkowo ilościach w opoce górnego mastrychtu, liczniej są reprezentowane w wapieniu „hard ground“, gdzie skupiły się na ogół w kanałach wypełnionych piaskowcem glaukonitowym.

Piaskowiec glaukonitowy, jako skała bardziej porowata niż wapień, przedstawiał dla wędrującej krzemionki dużo większe możliwości umiejscowienia się. Być może, że proces skoncentrowania krzemionki w kanałach miał miejsce przed stwardnieniem piaskowca glaukonitowego, gdyż wtedy różnica porowatości wapienia i piasku glaukonitowego była znacznie większa.

Wszystkie te procesy, które doprowadziły do dzisiejszego obrazu, ustawić można w następującej kolejności:

1. Przerwa w osadzaniu się sedymentu, z którego z czasem powstała opoka.
2. Twardnienie stropowych partii tego sedymentu.
3. Rozmywanie powierzchni stwardniałej przez rozpuszczanie wapienia.
4. Osadzanie się piasków glaukonitowych na skorodowanej powierzchni wapienia oraz wnikanie ich w kanały.
5. Wędrówka krzemionki z tendencją koncentrowania się w kanałach.
6. Wtórna, nierównomierna cementacja węglanem wapnia górnej części opoki wraz z piaskiem glaukonitowym.

Jak z tego widać, miały miejsce dwa procesy zwapnienia (2,6). Proces pierwszy (2) już spowodował zahamowanie desylikacji, gdyż część iglic gąbek jest w wapieniu zachowana w stanie pierwotnym, opalowym, co nie ma miejsca w niżej leżącej opoce. Wnosimy z tego, że przed procesem pierwszym zwapnienia miał miejsce proces desylikacji. Należy również przypuścić, że procesy 5 i 6 miały miejsce prawie jednocześnie, gdyż następowało tu przemieszczanie krzemionki i węglanu wapnia mające charakter separacji tych dwóch składników. Krzemionka skupiła się w czerty i z tych partii węglan wapnia był wypierany. Przepoił on wskutek tego pozostałą masę skały, która, jak wykazuje analiza chemiczna, jest wyjątkowo uboga w krzemionkę.

Najtrudniejszą sprawą jest wyświecenie genezy warstwy stwardniałej. Dlaczego w miejscach, gdzie tworzył się osad, w pewnym momencie przestał się on odkładać? Przyczyn tego zjawiska dopatrują się wszyscy w istnieniu prądów przydennych. Łącz, żeby one powstały i uniemożliwiły gromadzenie się osadu, musiało nastąpić „zachwianie równowagi” dna morskiego („rupture d'équilibre” — L. C a y e u x, 1941). Temu pojęciu „zakłócenia równowagi”, wprowadzonemu przez C a y e u x dla wytłumaczenia różnych zjawisk, odpowiadają zmienione warunki sedymentacyjne. To zakłócenie równowagi w związku z silnymi zmianami sedymentacyjnymi, które jest według C a y e u x regułą, miało również miejsce na granicy mastrychtu i danu w okolicach Kazimierza i Góry Puławskiej. Wskazuje na to fakt, że ponad warstwą twardego dna, w zmienionych warunkach sedymentacyjnych osadzają się utwory zupełnie innego typu, początkowo piaszczyste z licznymi, drobnymi konkrecjami fosforytowymi.

Te „zaburzenia równowagi” prowadzą również według L. C a y e u x do powstania warunków sprzyjających powstawaniu fosforytów.

Tego rodzaju warunki, spowodowane „zakłóceniem równowagi”, były według C a y e u x w ubiegłych epokach geologicznych zjawiskiem pospolitym, często się powtarzającym, chociaż w morzach obecnych tworzenia się współcześnie złóż fosforytów nie zaobserwowano (L. C a y e u x, 1941).

LITERATURA

- 1836 — Pusch J. B. — Geognostische Beschreibung von Polen. II Teil. Stuttgart u. Tübingen.
- 1872 — Jurkiewicz K. — Mielowaja formacja w Lublinskiej gubernii. Warszawa.
- 1886 — Siemiradzki J. — Przyczynek do fauny kopalnej warstw kredowych w gubernii lubelskiej. *Pam. Fizjogr.* t. 6. Warszawa.
- 1889 — Trejdosiewicz J. — Mapa geologiczna gubernii lubelskiej. *Pam. Fizjogr.* t. 6. Warszawa.
- 1891 — Siemiradzki J. i Dunikowski E. — Szkic geologiczny Królestwa Polskiego, Galicji i krajów przyległych. *Pam. Fizjogr.* t. 6. Warszawa.
- 1897 — Cayeux L. — Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires. Lille.
- 1899 — Krisztafowicz N. — Litologiczeskij charakter, fauna, stratigrafia i wzrast mielowych otłożeń na terenie Lublinskiej i Radomskiej gubernii. *Mat. dla geol. Rossii*, t. 19. Moskwa.
- 1903 — Pusch J. B. — Geologiczny opis Polski. Dąbrowa.
- 1905 — Siemiradzki J. — O utworach górno-kredowych w Polsce. *Kosmos*, t. 30. Lwów.
- 1908 — Collet L. V. — Les dépôts marins. *Encycl. Scient.* V. 1. S. III. Paris.
- 1909 — Siemiradzki J. — Geologia Polski. Lwów.
- 1912 — Archangielskij A. D. — Wierchniemielowye otłozenia wostoka jeropejskiej Rossii. *Mat. dla geol. Rossii*, t. 25. Moskwa.
- 1914 — Pielech H. — Przyczynek do znajomości marglu kredowego okolic Lwowa. *Kosmos*, t. 38, pp. 85—98. Lwów.
- 1923 — Starzyński Z. — Studia nad występowaniem utworów rędziny. *Państw. Inst. Nauk. Gosp. Wiejsk. w Puławach*, Pam. t. 4, cz. A. Kraków.
- 1924 — Smulikowski K. — O glaukonicie. *Kosmos*, t. 49, z. 3. Lwów.
- 1925 — Morawiecki A. — Fosforyty okolic Kazimierza nad Wisłą. *Tow. Nauk. Warsz. Arch. Prac. Miner.* t. 1. Warszawa.
- 1925 — Samojłow J. W. i Rożkowa E. W. — Otłozenia kremneziema organogennowo proischozdenja. *Inst. Prak. Miner. Trudy*, wyp. 18.
- 1925 — Thiébaud L. — Contribution à l'étude des sédiments argilo-calcaires du bassin de Paris. *Dissert.* Nancy.
- 1926 — Twenhoffel W. H. — Treatise on sedimentation. Baltimore.
- 1926 — Zahálka Br. — Prazská opuka. Zprávy verejné služby technické, nr 18 roc. 8. Praha.
- 1928 — Tokarski J. — Petrografia. Lwów.
- 1929 — Cayeux L. — Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses. *Mém. l'expl. Carte Géol. Dét.* Paris.
- 1929 — Mazurek A. — Złóża fosforytowe koło Kazimierza nad Wisłą. *Państw. Inst. Geol. Posiedz. Nauk.* 24. Warszawa.
- 1929 — Voigt E. — Die Lithogenese der Flach- und Tiefwassersedimente des jüngeren Oberkreidemeeres. *Jahrb. d. Haleschen Verb.* 8 B. N. F. 1929.
- 1930 — Mazurek A. — Danien w okolicach Kazimierza Dolnego. *Państw. Inst. Geol. Posiedz. Nauk.* 27. Warszawa.
- 1930 — Sujkowski Z. — Petrografia kredy Polski. *Państw. Inst. Geol. Sprawozd.* 6. Warszawa.
- 1930 — Wawryk W. — Analiza petrograficzna opoki lwowskiej oraz margli Łopuszki i Węgiełki. *Kosmos*, A. 54. Lwów.

- 1931 — Siemiradzki J. — Wiadomości tymczasowe o eocenie Wyżyny Lubelskiej. *Państw. Inst. Geol. Posiedz. Nauk.* 30. Warszawa.
- 1931 — Tschermak i Becke. — Podręcznik mineralogii. Warszawa.
- 1932 — Cayeux L. — Interprétation des dépôts de phosphate de chaux, dragués sur l'Aguihas-Bank, au Sud du Cap de Bonne-Espérance. *C. R. Acad. Sci. Lett. C.* — R. v. 194. Paris.
- 1932 — Mazurek A. — Paleocen lubelski (Sprawozdanie z badań geologicznych wykonanych w r. 1931 na Wołyniu, w lubelskiem i na ark. Pińczow). *Państw. Inst. Geol. Posiedz. Nauk.* 33. Warszawa.
- 1933 — Wiszniakow S. G. — Karbonatnyje porody i polewoje issledowanie ich prigodnosti dla izwiestkowanija poczw.
- 1934, 1948 — Szwiecow M. S. — Petrografia osadoczných porod. Moskwa.
- 1935 — Kongiel R. — W sprawie wieku „siwaka“ w okolicach Puław. *Tow. Przyj. Nauk. w Wilnie. Prace*, t. 9, nr 19. Wilno.
- 1935 — Matwiejewówna L. — Analiza fauny małżów i ślimaków siwaka z okolic Puław. *Tow. Przyj. Nauk w Wilnie. Prace*, t. 9. Wilno.
- 1937 — Kongiel R. i Matwiejewówna L. — Materiały do znajomości fauny górno-kredowej z okolic Puław. *Tow. Przyj. Nauk w Wilnie. Prace*, t. 11, nr 1. Wilno.
- 1937 — Rosenbusch i Osann. — Zasady nauki o skałach. Warszawa.
- 1938 — Pożaryski Wł. — Stratygrafia senonu w przełomie Wisły między Rachowem i Puławami. *Państw. Inst. Geol. Biul.* 6. Warszawa.
- 1940 — Pustowałow Ł. W. — Petrografia osadoczných porod. Moskwa.
- 1941 — Cayeux L. — Causes actuelles et causes anciennes en géologie. Paris.
- 1942 — Putzer H. — Die oberste Kreide bei Bochotnica a. d. mittleren Weichsel. *Zntribl. f. Miner. Geol. Paläont.* Abt. B. N. 12. Stuttgart.
- 1947 — Ellenberger F. — Le problème lithologique de la craie durcie de Meudon. *Soc. Géol. France. Bull.* 5-e sér. t. 17. N 4, 5. Paris.
- 1948 — Pożaryski Wł. — Jura i kreda między Radomiem, Zawichostem i Kraśnikiem. *Państw. Inst. Geol. Biul.* 46. Warszawa.
- 1949 — Kongiel R. — O przedstawicielach rodzaju *Echinocorys* z danu Danii, Szwecji i Polski. *Państw. Inst. Geol. Prace*, t. 5. Warszawa.
- 1949 — Kozłowski R. — Découverte du Ptérorbranche *Rhabdopleura*. *Acad. Sci. Lett. C.* — R. v. 228. Paris.
- 1949 — Łuczickij W. I. — Petrografia. Moskwa.
- 1950 — Hessland Iv. — Investigations of the Senonian Kristianstad District S. Sweden. (Sedimentology and lithogenesis of the Ahus Series). *Geol. Inst. of Uppsala Repr. fr. Bull.*, v. 34. Uppsala.
- 1950 — Kamiński M. i Sokalski Zdz. — O niektórych skałach krzemionkowych w Polsce. *Pol. Tow. Geol. Rocznik*, t. 19. Kraków.
- 1950 — Rinne E. — La science des roches. Paris.
- 1950 — Wetzel O. — Deutungsversuche an ausgewählten gruppen von Mikrofossilien und Mikrostrukturen in baltischen Geschiebefeuersstein und einigen anderen Gesteinen den Kreidezeit. *N. Jahrb. f. Miner. Geol. u. Paläont.* Bd. 91 H. 2. Stuttgart.
- 1951 — Pożaryski Wł. — Odwapnione utwory kredowe na północno-wschodnim przedpolu Gór Świętokrzyskich. *Państw. Inst. Geol. Biul.* 75. Warszawa.

КРИСТИНА ПОЖАРЫСКАЯ

СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ВЕРХНЕГО МААСТРИХТА И ДАТСКОГО ЯРУСА ОКРЕСТНОСТЕЙ ПУЛАВ (средняя Висла)

(с 1 табл., 7 фот. и 6 фиг. в тексте)

РЕЗЮМЕ

Содержание

Настоящая работа является попыткой характеристики пород верхнего маастрихта и датского яруса окрестностей Пулав с седиментологической точки зрения. Представлено макроскопическое описание этих пород, определены их физические свойства, химический и минералогический состав. Констатировано, что верхний маастрихт создан главным образом опокой, а датский ярус преимущественно состоит из гезы. В обоих этих свитах выступают переслойки пород более твердых, известковых, ритмически повторяющиеся каждые несколько метров. В свите маастрихта эти переслойки более твердые носят наименование илотной опоки, непористой, а в пределах датской свиты это серые твердые известняки. В обоих исследованных свитах находится несколько прослоек мергелей. Свиту маастрихта заканчивает пласт твердого известняка (hard ground) с корродированной поверхностью, покрытый глауконитовым песком, содержащим фосфоритные конкреции.

Установлено, что исследуемые породы маастрихта и датского яруса соответствуют одному непрерывному циклу седиментации, представляя регрессивную свиту, осажденную в отступающем верхне-меловом море.

Все породы исследованных свит образовались из морских осадков, которые были созданы как на границе зоны пелагических и терригенных отложений, так и на границе континентального шельфа.

Ввиду того, что датские слои в Европе выступают в немногих местах, обнажения этого яруса в Польше представляют большой научный интерес.

Данная работа является попыткой характеристики датских пород с седиментологической точки зрения с целью установления их генезиса и отношения к нижезалегающим породам верхнего маастрихта.

Вследствие отсутствия непрерывности седиментации от маастрихта до палеоцена можно здесь было только проанализировать отношения датских слоев к слоям маастрихта, ибо отложения морского палеоцена до настоящего времени неизвестны.

К работе над датскими отложениями я приступила в 1948 г. по инициативе проф. Р. Козловского, руководителя Отделом Палеонтологии при Варшавском Университете.

Обнажения датских пород выступают в центральной Польше, по обоим берегам Вислы, на отрезке от Казимержа до Пулав. На этом отрезке долина Вислы создает живописный пролом, который и является северным участком пролома долины Вислы через Южные Возвышенности.

Верхне-меловые породы окрестностей Пулав образуют две обособленные литологические свиты, наименованные свитой опоки и сивака. Низшая свита — опоки — принадлежит к верхнему маастрихту, высшая — сивака — датского возраста.

Породы верхнего маастрихта выступающие под Казимержом имеют вид мягких мергелей и опоки с более известковыми, тонкими прослойками. Эту свиту заканчивает пласт твердого известняка со скорродированной поверхностью, создающего типичный hard ground. На нем залегает глауконитовый песчаник, заполняющий каналы разрушенной поверхности известняка. Глауконитовый песчаник содержит обогащенную фауну верхнего маастрихта и мелкие фосфоритные конкреции, которые являются псевдоморфозами по губках.

Вышележащие отложения — это известковые гезы прослоенные плоскими известковыми конкрециями, которые расположены горизонтально в пластах. Гезы с известняками образуют датскую свиту, кровельный слой которой, мощностью от 3 до 5 м, подвергся декальцификации. Полная мощность датских пород составляет 55 м, что установлено бурением в Гурже Пулавской. Падение пород маастрихта и датского яруса здесь незначительное, ибо составляет 1—2° к ССВ.

На датской свите в Гурже Пулавской и в Пархатке залегают песчаники, безизвестковые и не содержащие фауны, принадлежащие к нижнему олигоцену.

С целью определения генезиса каналов, которые углубляются в поверхность известняка, произведен детальный анализ слоя hard ground.

Из руководящих типов пород верхнего маастрихта и датского яруса исполнены полные химические анализы. Для большинства по-

род обоих свит исполнены анализы на содержимое карбонатов. Линия иллюстрирующая содержание кальция в датских породах пробегает аналогично с линией содержимого углекислого кальция в свите верхнего маастрихта. Эта линия характеризуется не прямолинейным ходом. Она показывает, что здесь мы имеем дело в каждой свите с двумя типами пород, с различным, довольно постоянным содержанием углекислого кальция, увеличение которого отчетливо обозначается в известковых прослойках датской породы и верхнего маастрихта. Содержимое углекислого кальция в гезе гораздо меньше чем в опоке. Тогда как содержание карбоната кальция в опоке, в верхних частях исследованного профиля, составляет около 60%, в известковых гезах в среднем составляет неполных 40% углекислого кальция. Однако прослойки известняка в гезах нетолько не меньше известковые чем в опоке, но в среднем на несколько % более известковые. Следовательно устанавливаем, что разница в содержимости углекислого кальция между гезой и прослойками в гезе значительно больше, чем между опокой и прослойками в опоке. Вследствие этого физические различия между гезой и ее прослойками более отчетливы, чем физические различия между опокой и ее известковыми прослойками; эти последние различия на глаз неувловимы.

Слой *hard ground*'а содержащий 90% углекислого кальция, образован из однородного материала, чисто известкового, следовательно является первым из типов твердого дна, описанных Л. К а й е (1941).

Содержание кремнезема в безизвестковой гезе составляет свыше 70%, в известковой гезе колеблется от 40 до 54%. В опоке, в верхних, менее известковых частях находится свыше 30% кремнезема и количество его уменьшается до около 15% в нижних частях исследованной свиты. Что касается известковых прослоек в гезе и опоке, то они содержат половину количества кремнезема по отношению к окружающим породам. Наинизшее содержание кремнезема находится в известняке *hard ground*, где составляет 5,8%. Кремнезем выступает везде главным образом в виде кварца а потом связан с силикатами и аллюминосиликатами и аморфный. Наивысший процент кремнезема растворяемого в щелочах выступает в безизвестковой гезе, где составляет 1,3% полного количества кремнезема. Количество аморфного кремнезема в остальных породах значительно колеблется, составляя в среднем около 6% в известковых гезах и 5% в опоках. Полная масса аморфного кремнезема входит в состав цемента этих пород, вызывая шероховатость их поверхности и в некоторой степени причиняясь к нераспаданию их после вытравливания в соляной кислоте.

Объемный вес обоих типов пористых пород (гезы и опоки) тот же самый. В среднем составляет около 1,5, колеблясь в границах от 1,4 до 1,6. Более тяжелые известняковые прослойки среди гез датского яруса, так как их объемный вес в среднем составляет 2,4. В опоке известковые прослойки несколько легче, вес их колеблется в широких границах от 1,6 до 2,2, с тем, что верхнюю границу достигают в верхних частях свиты опоки, а нижнюю в нижних частях исследованной свиты. На такой глубине вес прослоек приближается к весу опоки. Эти наблюдения совпадают с выводами, вытекающими из химического состава этих пород, так как выступающие в самых нижних частях исследованной свиты известняковые прослойки отличаются очень незначительно от опоки своим химическим составом.

Исследования произведенные над пористостью пород показывают уменьшение пористости пород по направлению вниз исследованной свиты. Это относится к гезам и опокам. Средняя пористость безизвестковой гезы составляет около 60%, известковой гезы — 48%, опоки — 44%. Пористость известняковых прослоек несколько раз меньше, так как в среднем составляет несколько процентов.

В нижних частях исследованной свиты известняковые прослойки теряют свою индивидуальность. Уже в стенках карьеров макроскопически совершенно не выделяются. Это обусловлено низким содержанием углекислого кальция в прослойках опоки по сравнению с прослойками в пределах гез датского яруса, а высшей в опоке по сравнению к гезам датского яруса. В результате это приводит к гораздо меньшей разнице между объемным весом обоих типов пород (в пределах одной свиты), их твердостью и процентным содержанием воды.

Из руководящих типов пород были исполнены рентгенограммы.

С целью установления, какие минералы входят в состав пород верхнего маастрихта и датского яруса и в каком количественном соотношении они выступают, я взяла за основу химический анализ и теоретические соотношения компонентов отдельных минералов. Для осадочных пород такого рода рассмотрение является трудным и менее точным, чем для магматических пород, так как не все минералы выступают в них в форме такой, какую можно исследовать микроскопическим методом, который я применяла как вспомогательный для определения качественного минерального состава породы. Наиболее трудным было определение химического состава цемента, так как в исследованных породах он неоднороден. Он состоит из нескольких компонентов, которые в шлифах не индивидуализируются. Результаты показаны в табелях.

Исследования химических и физических свойств пород свиты датского яруса показали, что польские гезы из окрестностей Пулав совпадают с французским термином „gaize“, хотя и не являются типичными гезами, кроме безизвестковых гез. Большая часть свиты польского датского яруса из окрестностей Пулав образована в форме известковых гез. Только кровельные 3,5 м свиты датского яруса состоят из безизвестковых гез, совершенно похожих на типичные, безизвестковые, высоко кремнеземные французские и бельгийские гезы.

Кроме дифференцирования гез на типичные, т. е. кремнеземные и известковые, Л. К а й е (1897, 1929) отличает три типа гез в зависимости от происхождения органического кремнезема. Это сцифиовые, радиолариовые и диатомеовые гезы. А в зависимости от минералогического состава Л. К а й е отличает следующие типы: кварцевые гезы, глинистые гезы и известковые гезы. Большинство гез датского яруса окрестностей Пулав относится к сцифиовой, известковой разновидности.

Пражская опока, т. е. белогорская, описанная в 1926 г. Б. За г а л ь к о й, является типом породы очень приближенным к верхне-меловой опоке Польши. Опока окрестностей Праги является туронского возраста. От верхне-маастрихтских опок окрестностей Казимержа, исследованных мною, она отличается пожалуй только большим количеством опала, хотя количества автор не уточняет для пражских опок.

Среди различных типов гез описанных Л. К а й е (1897, 1929) из парижского бассейна Франции и Бельгии в химическом отношении больше всего сближены к гезам из окрестностей Пулав породы Рабо де Сен Дени и Сметтик де Эрв. Слой известный под названием «рабо» выступает над горизонтом с *Inoceramus labiatus* (нижний турон), а слой «Сметтик де Эрв» принадлежит к горизонту с *Actinocamax quadratus* (нижний кампан). Количество известки в польских гезах из окрестностей Пулав составляет в среднем 23,7%, тогда как в гезах сметтик — 25,6%. Аналогично и остальные компоненты выступают в почти одинаковом количестве. Большое сходство выступает также в характере и в состоянии сохранения органических остатков. И здесь и там они имеют главным образом вид раковин фораминифер и спикул губок. Первые образованы из кристаллического углекислого кальция, вторые в значительной мере создают пустоты.

Вся исследованная свита опоки и сивака соответствует одному непрерывному седиментационному циклу, в котором происходили изменения двух категорий. Первые это ритмически более или менее одинаково повторяющиеся изменения во всем профиле, которые привели к образованию чередующихся слоев с большим или меньшим

количеством извести. В свите маастрихта это: пористая опока и плотная опока, а в свите сивака — известковая геза и известняк.

Кроме перечисленных изменений происходили и неперIODические изменения, которые можно разделить еще на три типа:

1. Общие изменения, связанные с регрессией верхне-мелового моря, приводящие к увеличению глинистости, песчаности, содержания глауконита в осадке, вместе с уменьшением известковости породы.

2. Изменения, которые способствовали образованию слоя *hard ground*'а и образованию на нем фосфоритоносного пласта.

3. Изменения, благодаря которым образовались мергелистые слои, присутствующие также и в свите опоки и сивака.

Все перечисленные изменения имели небольшое влияние на качественный состав осадка, так что породообразующие компоненты выступают во всех типах пород обеих свит, отличаясь только лишь по количеству. Следовательно минеральные компоненты во всех породах одинаковые, однако выступают в различных пропорциях, что привело к дифференциации пород.

Вообще можно сказать, что в породах свиты опоки выступает меньшее количество детритовых компонентов в пользу углекислого кальция.

Общие изменения, которые привели к общему обмелению верхне-мелового моря, одновременно повлияли на приближение береговой линии и увеличенный наплыв из материка глинистого терригенного материала и кварцевого ила, а в некоторых моментах песка. Это касается фосфоритного слоя и наивысшей части гезы в пределах свиты сивака. Обмеление моря вместе с увеличенным намывом терригенного материала способствовало образованию глауконита, автогенного минерала, количество которого увеличивается более или менее пропорционально вместе с увеличением песчаности.

Осадок, который привел к образованию пород описанной свиты, создавался на границе зоны пелагических и терригенных осадков.

Опока является довольно типичным осадком открытого моря в котором терригенный материал играет роль исключительно второстепенную. В сиваке же, особенно в фосфоритном слое и в наивысших слоях свиты, он уже является важным компонентом породы.

Как гезы так и опоки являются вторично измененными породами. Своим химическим составом гезы не соответствуют первичным осадкам. Это главным образом касается кремнезема, количество которого несравнимое в гезах и их выходном материале — зеленых илах. Со-

держание кремнеземных организмов в гезе не превосходит, как по-дает Л. В. Колле (1908), 50% состава их в современных глауконитовых илах. Наличие в гезах многочисленных пустот правильно отображающих форму спикулей губок говорит о том, что процесс растворения опала спикулей и его миграция в осадке имели место уже после консолидации осадка. Причем в пределах большинства разновидностей гез опал переместился со спикул в цемент этих пород. В гезах же окрестностей Пулав и Казимержа опал переместился частично за пределы пород свиты сивака.

Условия, в которых образовались осадки этого моря, были переменны.

Изменения, которые привели к образованию мергелей, можно объяснить лучше всего сохранением в осадке двух компонентов, а именно: глауконита и пирита. Первый — как минерал, связанный с условиями хорошо окисленной среды, второй — как минерал образующийся в плохо проветренной среде.

Мергели выступающие в пределах свиты опоки, а в особенности мергели, выступающие в сиваке, содержат значительную примесь пирита. Одновременно отличаются они от прочих типов этих свит совершенным отсутствием глауконита, следовательно эти мергели создались в море, в котором образующийся на дне осадок был недостаточно подкреплен кислородом, что проще всего можно объяснить отсутствием донных течений и спокойствием седиментации. Эти условия были связаны с изменениями конфигурации морского дна и береговой линии, в связи с постепенной регрессией мелового моря.

Кварц также ведет себя в этих осадках как и глауконит, достигая своего минимума в отношении количества и величины зерна в мергелистых пластах; это утверждает вышеуказанный тезис о исчезновении движения воды в этом районе.

Этим вопросом уже занялся З. Суйковский (1930) рассматривая условия осаждения меловой свиты в Люблине, где однако редукционность среды не зашла далеко.

Подводя итог мы видим, что вся свита сивака (датского яруса) вместе с исследованной свитой опоки (верхний маастрихт) соответствует одному циклу седиментации, представляя регрессивную свиту, осажденную в отступающем верхне-меловом море.

Максимум маастрихтской трансгрессии имел здесь место в среднем маастрихте (местный горизонт «w» — Вл. Пожарский, 1938 — состоящий из глубоководных мергелистых осадков, совершенно лишенных кластического материала; эти осадки выступают южнее Казимержа).

Начало регрессии верхне-мелового моря наступило в верхнем маастрихте (местный горизонт «х»). Осадками этого моря являются опоки с богатой фауной губок с тем, что в состав опок входит некоторое количество терригенного обломочного материала, в виде постоянного, сравнительно незначительного количества мелких зерен кварца.

Слой *hard ground*'а (местный горизонт «у») и глауконитово-фосфоритный песчаник (местный горизонт «z») связан с неожиданным изменением условий седиментации. Начиная от этого момента возникают осадки более мелководные.

В свите сивака наличие терригенного материала больше чем в свите опоки. Количество зерен кварца и величина их растет в этой свите направляясь вверх по мере отступления моря с этого района, вплоть до его полного ухода.

Р. Конгелъ-же другого мнения. В своей работе от 1935 г. свиту сивака (датский ярус) из окрестностей Казимержа он объясняет как трансгрессивную свиту нового морского разлива, а слой *hard ground*'а образованный в результате обмеления моря или даже возможного кратковременного выхода на поверхность морского дна к концу маастрихта (1949). Осадки сивака (датского яруса) образовались, по мнению автора, в сравнительно мелком море, на глубине не превышая 100 м.

С целью рассмотрения характера и генезиса ритмически повторяющихся изменений, следует дать себе отчет, на каких мы основываемся наблюдениях. Основным фактом является ритмическое изменение содержания углекислого кальция. С этим связано увеличенное количество детритового материала в породе, что относится как к количеству так и к величине зерна.

Трудно установить, имеем-ли мы здесь дело с первичной или-же вторичной концентрацией углекислого кальция в слоях плотной опоки и известняков сивака. Не исключена возможность, что здесь имеют место оба процесса. Подставление кальцитом опала в спикулах губок свидетельствует о миграции этих компонентов. Об этом свидетельствует также конкреционный характер известняков сивака. Формы выступления этих известняков не только имеют изолированный вид, но также иногда удлинены в вертикальном направлении. С другой-же стороны конкреции в свите сивака расположены слоями неоднократно связываясь в непрерывные слои; это тип, который и реализует плотная опока и известняк *hard ground*'а в кровле свиты опоки. Это свидетельствовало бы о изменениях первичного характера, т. е. о изменениях созданных на дне моря во время образования осадка.

Из профиля глубокого бурения в Люблине З. Суйковский (1930, стр. 577) описал напластование светлых и темных прослоек с тем, что ясные богаче углекислым кальцием чем темные. Это касается явлений выступающих на длине 550 м керна. Прослойки очень тонкие, от 0,2 до 2 мм. Следовательно это явления совершенно иного типа, чем описанные с опоки и сивака окрестностей Казимержа и Пулав.

В гезах смектик, очень похожих на польские гезы окрестностей Гуры Пулавской, цемент преимущественно известковый. В нем имеются части по Л. К а й е вторично превращенные в кремнезем. Они заняли место углекислого кальция. Л. К а й е приходит к выводу в этом отношении на основании состояния сохранения многих раковин фораминифер и на основании вытеснения кальцита, «который принимает доминирующее, если не исключительное участие в составе цемента».

В кровле свиты опоки окрестностей Казимержа кремнеземные части выступают в форме очень мелких, редко встречающихся чертов. Они однако не играют большей роли в целости породы. В сиваке партии превращенные в кремнезем не выступают.

Вопрос, первичный-ли углекислый кальций в породе или вторичный, трудно разрешить, в отношении к польским гезам и опоке. В виде предложения довольно правдоподобно можно принять, что слои с увеличенным содержанием извести периодически создавались на дне моря. Потом происходили в осадке диагенные процессы, более сильные в слоях пористой опоки и гезы и слабее в более известковых слоях, которые дали начало известняковым прослойкам.

Среди изменений, каким подверглась порода, следует отметить полную декальцификацию поверхностных слоев свиты сивака. Этот вопрос был широко рассмотрен в работах Вл. П о ж а р ы с к о г о (1951). Явление полной декальцификации кровли свиты сивака имеющей несколько метров, произошло по мнению этого автора в эоцене, в теплом и влажном климате при соучастии поверхностных вод, по всей вероятности изобилующих гумусовой кислотой.

Изменения, которые привели к созданию слоя *hard ground*'а и образованию на нем фосфоритоносного слоя, имели место для исследованного района один раз, в самом высшем маастрихте.

Описанный в данной работе слой *hard ground*'а является типом 1 (К а й е, 1941), чисто известковым, образованным из однородного материала (90% углекислого кальция). Поверхность известняка наверное долгое время, уже после затвердения осадка подвергалась коррозии, которая привела к разъеданию поверхности и образованию сети кана-

лов. Трудно установить, какого типа коррозия имела здесь место. Во всяком случае это не было разрушение механического характера, на что указывает совершенное отсутствие гальки разрушаемого известняка. Отсутствуют также и обыкновенные формы механического разрушения вследствие действия подморской эрозии. Детальный анализ разрушенной поверхности известняка показал целый ряд вогнутых поверхностей, разделенных острыми верхушками. Все линии ограничивающие разрушенную поверхность остроугольные, а не закругленные.

Характер поверхности слоя *hard ground'a* в месте с величиной и протяжением каналов свидетельствует о химическом подморском выветривании, которое привело к растворению слоя известняка сверху. Процесс этот, обусловленный прохождением на дне течения окисленных вод, вероятно продолжался долгое время, так как привел к образованию так сильно разветвленной системы углублений и каналов. Отсюда возникает вопрос — не являются ли некоторые из этих каналов результатом действия просверливающих скалы моллюсков? Однако подробный анализ не показывает регулярности форм, характерной для деятельности этих животных, которая выражается расширением углубления по направлению вглубь.

После химического разъедания поверхности известняка *hard ground'a* и образования сети каналов, вновь наступили благоприятные условия для седиментации. Вначале стал осаждаться терригенный песчанисто-глауконитовый материал. Со временем, вследствие диагенных процессов образовался слой сравнительно слабо сцементированного глауконитового песчаника с известково-железистым цементом.

Последним процессом, какой имел место в слое *hard ground'a*, уже после осадения глауконитового песчаника, который втискивался в него через каналы, была миграция кремнезема.

Интересен тот факт, что черты, выступающие в таких, небольших сравнительно, количествах в опоке верхнего маастрихта, в известняке *hard ground'a* появляются многочисленно, где в большинстве они сконцентрировались в каналах, заполненных глауконитовым песком.

Глауконитовый песчаник, как более пористая порода чем известняк, представлял для мигрирующего кремнезема гораздо большие возможности для локализации. Возможно, что процесс концентрации кремнезема в каналах имел место перед затвердением глауконитового песчаника, так как тогда разница пористости известняка и глауконитового песка была значительно больше.

Все эти процессы, которые привели к современной картине, можно расположить в следующей очередности:

1. Перерыв в осадении седимента, из которого со временем образовалась опока.
2. Затвердение кровельных частей этого седимента.
3. Размывание затвердевшей поверхности путем растворения известняка.
4. Осаждение глауконитовых песков на поверхности корродированного известняка и проникновение их в каналы.
5. Миграция кремнезема с тенденцией концентрирования его в каналах.
6. Вторичная, неравномерная цементация углекислым кальцием кровли опоки вместе с глауконитовым песком.

Как видно с вышеуказанного, здесь произошли два процесса кальцификации (2,6). Первый процесс (2) уже вызвал заторможение десилификации, так как часть иголок губок в известняке сохранена в первичном опаловом состоянии, чего нет в нижезалегающей опоке. Следовательно перед первым процессом кальцификации имел место процесс десилификации. Следует также предполагать, что процессы 5 и 6 произошли почти одновременно, так как здесь происходило перемещение кремнезема и углекислого кальция, которое имело характер сепарации этих двух компонентов. Кремнезем сконцентрировался в черты и из этих частей углекислый кальций был вытеснен. Вследствие этого он насытил остальную массу породы, которая как показывает химический анализ, особенно бедна кремнеземом.

Самым трудным вопросом является освещение генезиса затвердевшего слоя. Почему на местах, где создавался осадок, в некотором моменте перестал он отлагаться? Причину этого явления все видят в наличии придонных течений. Но чтобы они создались и не дали возможности нагромождению осадка, должна была наступить «потеря равновесия» морского дна (*rapture d'équilibre* — Л. К а й ё, 1941). Этому понятию введенному Л. К а й ё'м для объяснения некоторых явлений соответствуют измененные условия седиментации, которые по мнению автора являются правилом. Такого рода «нарушение равновесия» имело также место на границе маастрихта и датского времени в Польше в окрестностях Пулав, где над слоем твердого дна, в измененных условиях седиментации осаждаются отложения совершенно иного типа, вначале песчанистые с многочисленными мелкими фосфоритными конкрециями. Это нарушение равновесия приводит также, согласно Л. К а й ё, к созданию благоприятных условий для образования фосфоритов.

KRYSTYNA POŻARYSKA

**THE SEDIMENTOLOGICAL PROBLEMS OF UPPER MAESTRICHTIAN
AND DANIAN OF THE PUŁAWY ENVIRONMENT
(MIDDLE VISTULA)**

(with 1 pl., 7 phot. and 7 fig. in the text)

S U M M A R Y

A b s t r a c t

This paper is an attempt to conceive the Upper Maestrichtian and Danian rocks of the environs of Puławy from the sedimentological viewpoint. The macroscopic description of these rocks has been given, and their physical characteristics, as well as chemical and mineralogical composition determined. It has been ascertained that the Upper Maestrichtian is chiefly formed of „opokas”¹, whereas the Danian consists mostly of gaizes. In both rocks series occur intercalations with more calcareous and better solidified rocks, recurring rhythmically at intervals of a few metres. In the Maestrichtian series they have been designated as compact, non-porous opoka; within the Danian series they are represented by grey and hard limestones. In both investigated series occur several intercalations of marls. The Maestrichtian series is terminated by a layer of hard limestone (hard ground), whose surface is corroded and covered with glauconitic sandstone containing phosphoritic concretions.

It has been stated that the Maestrichtian and Danian rocks under investigation correspond to one consequent cycle of sedimentation and represent a regressive series deposited in the retreating Upper Cretaceous sea.

All the rocks of the investigated series derive from marine sediments, that were formed either in the marginal zone of pelagic and terrigenous sediments or on the border of the continental shelf.

Occurrences of the Danian layers in Europe being rare, the spectacular outcrops of this stage in Poland are of great scientific meaning.

This study is an attempt to conceive the Danian rocks from the sedimentological point of view in order to determine their genesis and relation with the subjacent Upper Maestrichtian rocks.

¹ „Opoka“ — Polish local term denoting siliceous rock with calcium carbonate.

With regard to the discontinuity of sedimentation from the Maestrichtian to the Palaeocene, it was only the relation between the Danian and the Maestrichtian beds that could have been examined, since the sediments of the marine Palaeocene are not yet known on the area of the Polish Lowland.

I undertook this study of Danian formations in 1948, induced by Prof. R. Kozłowski, manager of the Institute of Palaeontology at the University of Warsaw.

Outcrops of Danian rocks occur in central Poland on both banks of the Vistula valley, on the sector from Kazimierz Dolny to Puławy. On this sector the Vistula valley makes a picturesque gorge; it is the northern gorge-sector of the Vistula valley across the Southern Uplands.

The Upper Cretaceous rocks in the environs of Puławy form two separate lithological series, which have been named the series of the opoka and that of the siwak¹. The lower — opoka-series belongs to the upper Maestrichtian; the upper — siwak-series is of Danian age.

The Upper Maestrichtian rocks occurring near Kazimierz have found their expression in the form of soft marls and opoka intergrown by more calcareous, thin intercalations. This series ends with a 0,6 m thick bed of hard limestone, the surface of which is corroded and which forms a typical „hard ground“. It is overlain with glauconitic sandstone penetrating into the channels of the destroyed surface of the limestone. The glauconitic sandstone contains an enriched fauna of the Upper Maestrichtian, as well as small phosphoritic concretions forming, on the most part, pseudomorphoses derived from sponges.

The overlying sediment consists of calcareous gaizes intergrown by flat, calcareous concretions arranged into horizontal beds. The gaizes, together with the limestones, form a series of the Danian, whose 3—5 m thick top layer has undergone decalcification. The thickness of the Danian rocks totals 55 m, which has been asserted by means of a drilling at Góra Puławska. Here the gradient of the Maestrichtian and Danian rocks is small, as it reaches 1—2° NNE.

At Góra Puławska and Parchatka the series of the Danian is overlain by arenaceous, limeless, and containing no fauna, sediments of the Lower Oligocene.

The stratum of hard ground has undergone a detailed analysis for the purpose of determining the genesis of the channels carved into the surface of the limestone.

Maestrichtian and Danian rocks have been carried out. For the majority of rocks of both series analyses as to the ratio of carbonate have

¹ „Siwak“ — Polish local term denoting calcareous variety of gaize.

been conducted. The line illustrating the ratio of lime in the rocks of the Danian runs analogically with the line of the ratio of calcium carbonate in the series of the Upper Maestrichtian. This line is characterized by a sinuous course. It points at the fact in either series we have to deal with two types of rock containing a various — though rather constant — proportion of calcium carbonate, the increase of which is visibly accentuated in the calcareous intercalations of the Danian and Upper Maestrichtian. The ratio of calcium carbonate is far lesser in the gaize than in the opoka. The percentage of lime in the opoka in the upper parts of the profile under investigation amounts to approximately 60%, whereas in the calcareous gaizes it averages nearly 40% of $CaCO_3$. On the other hand, the calcareous intercalations in the gaizes not only contain less lime than in the opoka, but they are, on the average, by a few per cent more calcareous. Hence the conclusion that the difference in the proportion of $CaCO_3$ between the gaize and the intercalations in it is considerably greater than between the opoka and the intercalations in it. As a result, the physical differences between the gaize and its intercalations are much more distinct than the physical differences between the „opoka“ and the calcareous intercalations in it, since the latter differences are visually hardly perceivable.

The stratum of hard ground contains 90% of $CaCO_3$ and is built of homogeneous, purely calcareous material; thus is it the first of the types of hard bottom described by C a y e u x (1941).

The proportion of silica in the limeless gaize reaches over 70%, and in the calcareous gaize oscillates between 40 and 50%. In the upper, less calcareous, part of the opoka occur over 30% of silica, while in the lower parts of the series concerned its proportion falls down to ten odd per cent. As regards the calcareous intercalations in both the gaize and the opoka, the proportion of silica in them is twice lower than in the surrounding rocks. The hard ground limestone contains the lowest ratio of silica, viz: 5,8%. The silica occurs everywhere chiefly in the form of quartz, but also as flint and alumino-silex compounds; sometimes it is amorphous. The highest percentage of silica soluble in alkalis occurs in the limeless gaize, where it is equal to 1,5 of the total quantity of silica. The ratio of amorphous silica in the remaining oscillates considerably, averaging about 6% in the calcareous gaize and about 5% in the opokas. The total mass of amorphous silica is a constituent of the cement of these rocks, causing the coarseness of their surfaces and contributing, to a certain extent, to their non-disintegration after etching with hydrochloric acid.

The volume weight of both types of porous rocks (gaizes and opokas) is the same. It averages 1,5, oscillating from 1,4 to 1,6. Far heavier are the calcareous intercalations among Danian gaizes, their average volume

weight amounting to 2,4. In the opoka the calcareous intercalations are somewhat lighter, their volume weight oscillating within wide limits from 1,6 to 2,2; the upper limit is attained in the upper parts of the opoka series, whereas the lower limit in the lower parts of the series concerned. At these depths the weight of the intercalations nears the weight of the opoka. The above observations are in conformity with the conclusions deduced from the chemical composition of these rocks, as the calcareous intercalations occurring in the lowermost parts of the investigated series differ very little, as regards chemical composition, from the opoka.

The researches conducted over the porosity of the rocks show a decrease of rock porosity towards the bottom of the series under investigation. This concerns the gaizes, as well as the opokas. The average porosity of the limeless gaize reaches approximately 60%, that of the calcareous gaize 48%, and that of the opoka 44%. The porosity of the calcareous intercalations is several times lower, as it averages ten odd per cent.

Towards the bottom of the investigated series the calcareous intercalations lose their peculiarities. In the walls of quarries they do not stand out macroscopically any more. This is conditioned by lower proportion of calcium carbonate in the intercalations within the opoka compared with the intercalations within the Danian gaizes, and higher proportion in the opoka compared with the Danian gaize. As a consequence, it leads to much lesser differences between the volume weight of both types of rock (within one series), their hardness, porosity, as well as percentage of water contained.

Roentgenograms of the leading types of rock have been made.

In order to determine what minerals make up the composition of the Upper Maestrichtian and Danian rocks and in what quantitative relations they occur I based my research upon chemical analyses and theoretical relations among the constituents of particular minerals. As regards sedimentary rocks, a conception of this kind is difficult and less accurate than in the case of igneous rocks, since not all minerals occur in them in a form recognizable by the microscopic method, which I applied as auxiliary in determining the qualitative mineral composition of the rock. The determining of the chemical composition of the cement met with the greatest difficulties, as in the investigated rocks it is not homogeneous. It consists of a few components, which have not been distinguished one from another in the slices. The results have been correlated in tables (Polish text).

It appears from the investigation of the chemical and physical nature of the rocks of the Danian series that the Polish gaizes from the vicinity of Puławy correspond to the French term „gaize“, though they are not typical gaizes, except for the limeless ones. The major part of the Polish Danian series from the environs of Puławy is developed in the form of

calcareous gaizes. It is only the top 3,5 m of the Danian series that is represented by limeless gaizes very much the same as the typical limeless, highly siliceous, French and Belgian gaizes.

Besides the classification of gaizes into typical — or siliceous, and calcareous, C a y e u x (1897, 1929) discerns three types of gaizes according to the origin of organic silica. They are scyphytic, radiolaritic and diatomeic gaizes. According to mineralogical composition, C a y e u x distinguishes the following types: quartzitic gaizes, argillaceous gaizes and calcareous gaizes. The most part of the Danian gaizes from the Puławy region belongs to the scyphytic and calcareous type.

The Prague (or Belohora) opoka, described by Br. Z a h a l k a in 1926, is a type of rock extremely reminiscent of Poland's Upper Cretaceous opokas. The opokas from the environs of Prague are of Turonian age. I should say that they differ from the Upper Maestrichtian opokas from the environs of Kazimierz, which I have investigated, only by an obviously greater proportion of opal, though as regards the Prague opokas this proportion has not been defined by the author.

Among various types of gaizes of the Paris basin in France and Belgium described by L. C a y e u x (1897, 1929) the rocks Rabots de Saint Denis and Smectique de Herve are the most reminiscent, in the chemical respect, of the gaizes from the Puławy region. The layer by the name of „rabots” occurs above the level containing *Inoceramus labiatus* (Lower Turonian), whereas the layers „Smectique de Herve” belong to the level containing *Actinocamax quadratus* (Lower Campanian). The ratio of CaO in the Polish gaizes from the vicinity of Puławy averages 23,7%, while in the Smectique gaizes it reaches 25,6%. Analogically, the remaining components occur in practically the same quantities. Extensive analogies exist also in the character and condition of organic remains. In both instances they are chiefly represented by shells of foraminifers and sponge needles. The former are built of crystalline calcium carbonate, the latter consist, to a considerable extent, of voids.

All the investigated series of opoka and siwak correspond to one consequent sedimentation cycle, in which two categories of alterations occurred. The first consisted in alterations recurring rhythmically, more or less evenly in all the profile; they were involved in the formation of alternating beds, more or less calcareous. In the Maestrichtian series they are the porous opoka and the compact opoka, and in the siwak series the calcareous gaize and the limestone.

Besides the said alterations, there also occurred nonperiodical ones; these may be divided into the further three types:

1. General alterations involved in the regression of the Upper Cretaceous sea and giving rise to the increase of arenaceousness, argilla-

ceousness, and ratio of glauconite in the sediment with the decrease of calcareousness of the rock;

2. Alterations that brought about the formation of a „hard ground“ layer and of a phosphoritiferous layer atop of the former;
3. Alterations responsible for the forming of marly layers present in both the opoka and the siwak series.

All the aforementioned alterations exerted little influence on the qualitative composition of the sediment; thus the same rock-forming constituents occur in all the types of rock in both series differing solely in the quantitative respect. The mineral constituents are therefore the same in all the rocks, they occur, however, in various proportions, thus causing the differentiation of rocks.

In general one may say that in the rocks of the opoka series occur less detritic components to the advantage of calcium carbonate.

The general alterations, which caused the Upper Cretaceous sea to grow shallower, accounted at the same time for the nearing of the coast-line and the increased afflux of argillaceous terrigenous material, quartz silt and, at times, of sand from the continent. The above concerns the phosphoritic layer and the uppermost part of the gaize within the siwak series. The said increasing shallowness of the sea, together with the intensified afflux of terrigenous material, was favourable to the formation of glauconite, an autogenic mineral, the quantity of which augments proportionally with the ratio of sand.

The sediment, which brought about the formations of the rocks of the series described, was itself formed on the borderline between the zone of pelagic sediments and that of the terrigenous ones.

Opokas are a rather typical open-sea sediment, where terrigenous material plays a notably accessory part. On the other hand, in the siwak, especially in its phosphorous bed and in the uppermost beds of the series, it is an important component of the rock.

Like opokas, gaizes are secondarily transformed rocks. As regards chemical composition, they do not correspond with the primary sediment. It concerns mainly silica, whose respective quantity in gaizes and in their primary material — the green silts — does not stand comparison. As maintained by L. V. Collet (1908), the proportion of siliceous organisms in gaizes does not exceed 50% of their proportion in present-day glauconitic silts. The existence in gaizes of numerous voids exactly reflecting the shape of sponge needles proves that the process of dissolution of the opal of the needles and its migration within the sediment took place after the consolidation of the sediment. Moreover, in most kinds of gaizes opal was subjected to translocation from the needles to the cement of these rocks.

In the gaizes of the environs of Puławy and Kazimierz, however, opal migrated partly out of the rocks of the siwak series.

The conditions, under which the sediments of the said sea came into existence, were unsteady.

The alterations responsible for the formation of marls can be best explained by the preservation in the sediment of two constituents, viz: glauconite and pyrite, the former as a mineral linked with conditions of a well oxidized environment, the latter as a mineral created in a poorly aired environment.

The marls occurring within the opoka series, and especially those occurring in the siwak, contain a considerable admixture of pyrite. At the same time they distinguish themselves among other types of these series by the complete lack of glauconite; hence these marls must have been formed in a sea, on whose floor the sediment in the making was insufficiently provided with oxygen; the want of floor currents and quiet sedimentation is the best explanation of this phenomenon. These conditions were bound up with the alterations in the configuration of the sea floor and coast-line involved in the gradual regression of the Cretaceous sea.

The behaviour of quartz in these sediments is analogical with that of glauconite; the quartz attains its minimum, as regards quantity and grain size, in the marly layers. This confirms the above thesis regarding the decline of the movements of water in the terrain concerned.

The above question was already dealt with by Z. S u j k o w s k i (1930), who considered the conditions under which the Cretaceous series had been deposited in Lublin, where, however, the reductivity of the environment was not so advanced.

The summing up of the above considerations makes us conclude that the entire siwak series (Danian), including the investigated opoka series (Upper Maestrichtian), corresponds to one cycle of sedimentation representing a regressive series deposited in the receding Upper Cretaceous sea.

Here the maximum of the Maestrichtian transgression took place in the Middle Maestrichtian (local level „w” — Wł. P o ż a r y s k i, 1938); the deep-water marly sediments are completely exempt of clastic material. These sediments occur to the south of Kazimierz.

The beginning of the regression of the Upper Cretaceous sea occurred in the Upper Maestrichtian (local level „x”). The sediments of this sea make opokas with a rich sponge fauna, moreover, among the components of the opokas there is a certain quantity of terrigenous breccia material represented by a constant, relatively small, quantity of fine grains of quartz.

The „hard ground” layer (local level „y”) and glauconitic-phosphoric sandstone (local level „z”) is connected with a sudden change of the conditions of sedimentation; from that moment the sediments of a more shallow-water type have been formed.

In the siwak series the quantity of terrigenous material is greater than in the opoka series. As once the sea gradually receded from this area till its complete retreat, the quantity of quartz grains in this series, as well as their size, increase upwards accordingly.

Of different opinion is R. Kongiel, who in a study from the year 1935 refers the siwak series (Danian) from the vicinity of Kazimierz to a transgressive series of a new inundation by the sea, and treats the hard ground stratum as having been formed in consequence either of the sea growing shallower or even of a possible transient emergence of the sea bottom at the end of the Maestrichtian (1949). According to this author's opinion, the sediments of the siwak (Danian) were formed in a comparatively shallow sea, i. e. at depths not exceeding 100 m.

The alterations that involved the forming of the hard ground stratum and the formation, atop of it, of the phosphoritiferous layer took place only as regards the area under investigation, viz. in the Uppermost Maestrichtian.

The layer of hard ground described in this paper belongs to the type 1 (Cayeux, 1941), purely calcareous, built of homogeneous material (90% of $CaCO_3$). The surface of the limestone must have for a long period of time, already after the consolidation of the sediment, been subject to some corroding activity, which brought about the etching of the surface and the formation of a network of channels. It is difficult to determine what kind of corrosion occurred here. Anyway, it was not destruction of mechanical nature, evidence of which is given by the entire lack of pebbles deriving from destroyed limestone. Ordinary forms of mechanical destruction due to the activity of submarine erosion are lacking as well. Detailed analysis of the surface under destruction of the limestone revealed a number of concave surfaces separated one from another with sharp small ridges. All the lines confining the destroyed surface are angular and not rounded.

The character of the surface of the hard ground stratum together with the size and course of the channels, induces us to conclude that we have to deal with the chemical submarine disintegration, that brought about the dissolution of the bed of limestone from the top. This process conditioned by the bringing in by bottom currents of acidified waters must have lasted for a fairly long time, since it resulted in the formation of so strongly

ramified a system of cavities and channels. The question arises if some of these channels are not the outcome of the activity of lithophages. Closer analysis, however, does not show any irregularities in the shapes of excavations by lithophages, so characteristic for their widening towards the bottom of the hollow.

After the chemical etching of the surface of hard ground limestone and the formation of the network of channels the conditions favouring sedimentation were re-established. Initially it was terrigenous, arenaceous-glaucopelagic material that was deposited. Later on, as a result of diagenetic processes, it was a layer of relatively little cemented glauconitic sandstone, whose cement was calcareous, that was formed.

The last process that occurred in the „hard ground“ layer, already after the deposition of the glauconitic sandstone penetrating into it through the channels, was the migration of silica.

It is very curious that cherts occurring in relatively so small quantities in the Upper Maestrichtian opoka are more abundantly represented in the hard ground limestone, where they are generally concentrated in channels filled with glauconitic sandstone.

Glauconitic sandstone being a more porous rock than limestone, gave to the migrating silica far greater possibilities of settling down. It is possible that the process of concentration of the silica in the channels was prior to the consolidation of the glauconitic sandstone, as at that time the difference between the porosity of the limestone and that of the glauconitic sand was considerably greater.

All the aforementioned processes, which were responsible for the present time aspect, can be arranged into the following succession:

1. Interruption in deposition of the sediment, whence, in course of time, derived opoka;
2. Hardening up of the top parts of this sediment;
3. Washing out of the consolidated surface by dissolution of limestone;
4. Deposition of glauconitic sands on the corroded surface of the limestone and their penetration into channels;
5. Migration of the silica with a tendency to concentration in the channels;
6. Secondary, irregular, cementation with calcium carbonate of the top layer of the opoka, together with glauconitic sand.

It thus appears that two processes of calcification (2, 6) took place. Already the first process (2) must have stopped desilification, because a part of the sponge needles in the limestone is preserved in their original

form of opal, which does not take place in the subjacent opoka. Thus we may conclude that the process of desilification preceded the first process of calcification. It should also be admitted that processes 5 and 6 occurred almost simultaneously, as here took place the translocation of silica and calcium carbonate having the character of a separation of these two constituents. The silica, concentrated into cherts, and calcium carbonate was thrust out from these parts. As a result, it saturated the remaining rock mass, which, as shown by chemical analysis, contains an especially small quantity of silica.

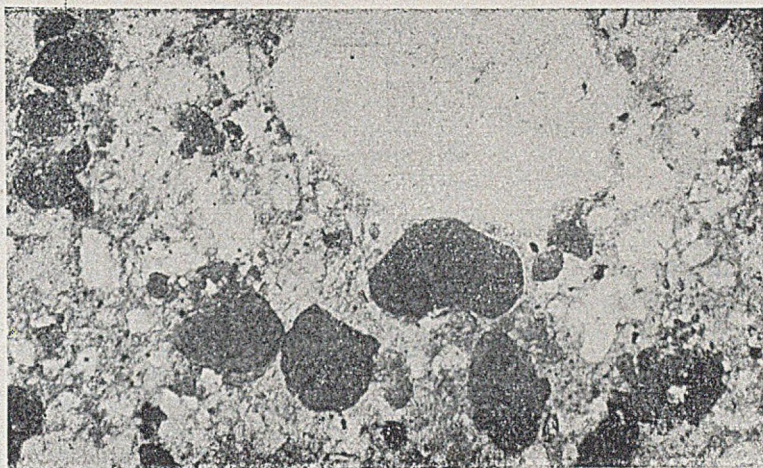
FOTOGRAFIE SZLIFÓW MIKROSKOPOWYCH
przewodnich typów skał serii opoki i siwaka
okolic Puław

Fot. 1

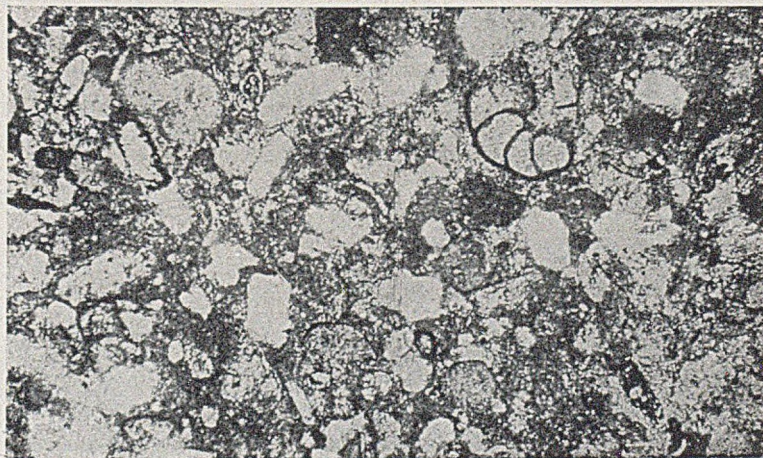
Geza bezwapienna. Góra Puławska, szybik.
Pow. 65×. Światło zwykłe.
Duże, ciemne ziarna — glaukonit.
Jasne, ostrokrawędziste ziarna — kwarc.
W środku okruch kwarcytu.
Lepiszczce ilasto-krzemionkowe.

Fot. 2

Geza wapnista. Góra Puławska, wierc. P. I. G. Głęb. 8,2 m.
Pow. 65×. Światło zwykłe.
Liczne ziarna kwarcu i glaukonitu.
Otwornica wypełniona opalem.
Lepiszczce wapienno-ilasto-krzemionkowe.



Fot. 1



Fot. 2

Fot. 3

Margiel w serii słwaka. Góra Puławska, wierc. P. I. G.

Głęb. 22 m. Pow. 190×. Światło zwykłe.

Jasne ziarna — kwarc.

Ciemne ziarna — piryty wypełniający wnętrza otwornicy.

U dołu — krzemionkowa igła gąbki.

Lepiszczce wapienno-ilaste.

Fot. 4

Płaskowiec glaukonitowy (warstwa fosforytowa).

Góra Puławska, wierc. P. I. G. Głęb. 34,5 m.

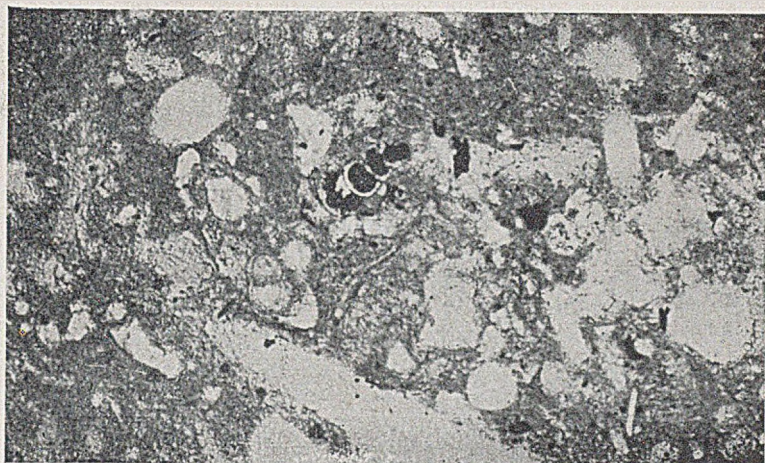
Pow. 97×. Światło zwykłe.

Duże, ciemne, zaokrąglone ziarna — glaukonit.

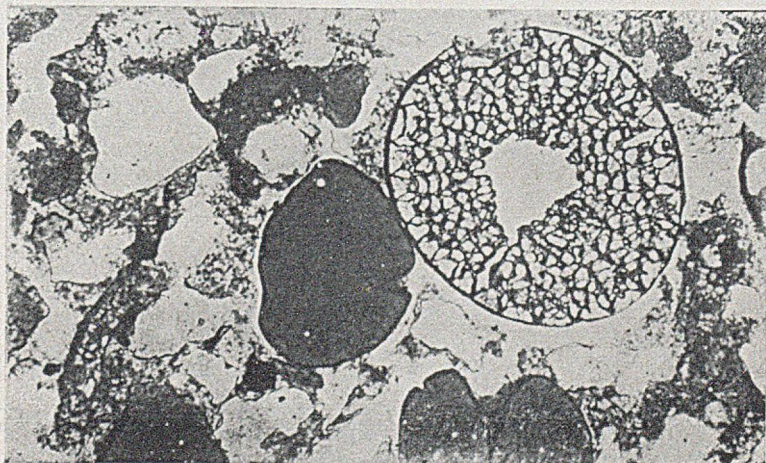
Duże, białe, ostrokrawędziste ziarna — kwarc.

Kolec jeżowca podstawiony fosforanem wapnia.

Lepiszczce żelazisto-ilaste.



Fot. 3



Fot. 4

Fot. 5

Kontakt wapienia „hard ground“ z piaskowcem glaukonitow.

Góra Puławska, wierc. P. I. G. Głęb. 34,5 m.

Pow. 97×. Światło zwykłe.

Z lewej strony — jasne ziarna kwarcu i duże, ciemne ziarna glaukonitu (piaskowca glaukonitowego). Kolec jeżowca.

Z prawej strony — białe, drobne ziarna kwarcu i ciemne ziarna glaukonitu, na tle lepszycza wapiennego (wapień zakończonej serię opoki).

Fot. 6

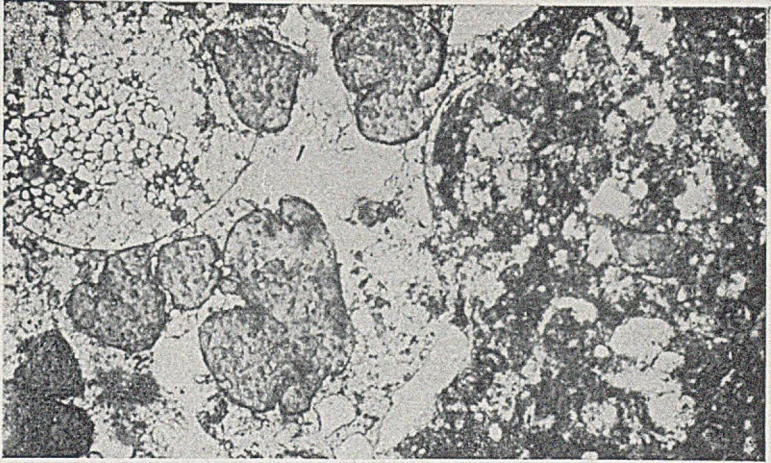
Opoka porowata. Góra Puławska, wierc. P. I. G. Głęb. 45 m.

Pow. 65×. Światło zwykłe.

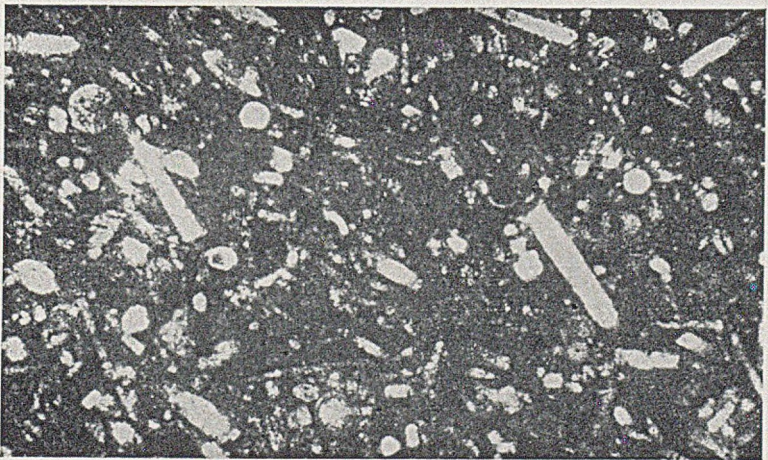
Liczne próżnie po igłach gąbek.

Nieliczne, drobne ziarna kwarcu.

Lepszyce wapienno-ilasto-krzemionkowe.



Fot. 5



Fot. 6

Fot. 7

Margiel w serii opoki. Kazimierz, kam. miejski.

Pow. 65×. Światło zwykłe.

Bardzo drobne i nieliczne ziarna kwarcu.

Ciemne ziarna — piryt, który wypełnia między innymi
wnętrze otwornicy.

Lepiszcze wapienno-ilaste.



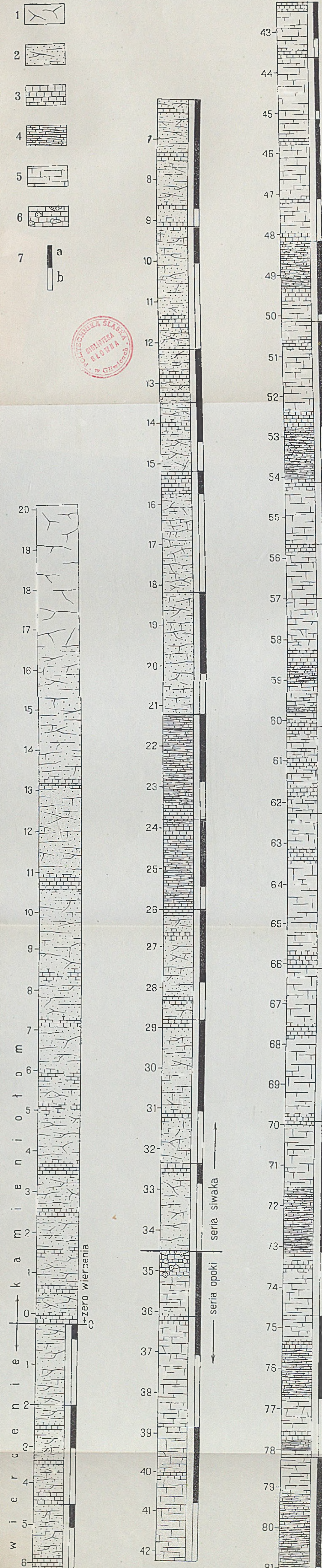
Fot. 7

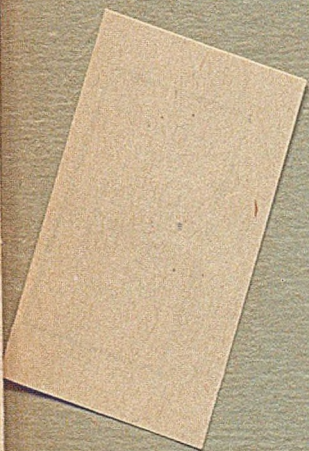
PROFIL LITOLOGICZNY SKAŁ GÓRNEGO MASTRYCHTU (SERII OPOKI) I DANU (SERII SIWAKA) OKOLIC PUŁAW

1. gezy bezwapienne, 2. gezy wapniste, 3. wapień w „serii siwaka” i opoki związane w „serii opoki”, 4. margle, 5. opoki porowate, 6. wapień „hard ground” z kanałami wypełnionymi piaskowcem glaukonitowym, 7. a. uzyskany rdzeń, b. ubytek rdzenia.

Cyfry oznaczają głębokość wiercenia i wysokość profilu w kamieniołomie, liczone w metrach.

Krystyna POŻARYSKA, Sedymetologia mastychtu i danu Puław.





BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Politechniki Śląskiej

P

1214/52