

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. III, 3

SECTIO B

7.XII.1948

Z Zakładu Mineralogii i Petrografii Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego U. M. C. S.
Kierownik: prof. dr M. Turnau-Morawska

Maria TURNAU-MORAWSKA

Piaskowiec albski okolic Rachowa nad Wisłą
An Albian sandstone in the environment of Rachów
on the Vistula-river

W s t ę p

Zainteresowanie utworami piaszczystymi okolic Rachowa nad Wisłą, terenu złóż fosforytowych, związane było — poza praktycznym zastosowaniem tych skał na materiał drogowy — z zagadnieniem zasięgu morza dolnokredowego na wschodzie. Aż do roku 1923 za najstarszy utwór, odsłonięty w tej okolicy, uważano górną kredę (1). W maju i czerwcu tegoż roku J. S a m s o n o w i c z wykonał dokładne zdjęcie terenu i stwierdził tu obecność kimerydu, tworzącego jądro antykliny oraz utwory środkowego albu na jej skrzydłach, wykształconego w postaci piasków i piaskowców, miejscami kwarcytowych z fauną *Hoplites auritus* Sow., *Nautilus clementinus* d'Orb., *Inoceramus concentricus* Park. Ku stropowi piaskowce te przechodzą w piaski glaukonitowe z fauną albu i cenomanu, S a m s o n o w i c z zalicza je do piętra vracońskiego (2). Dalsze badania na tym terenie przeprowadza J. S a m s o n o w i c z w r. 1924, a wyniki ich ogłasza w roku następnym (3). W tej ostatniej pracy J. S a m s o n o w i c z podaje dokładną stratygrafię utworów górnajurajskich, osadów niewątpliwie płytkowodnych, powstałych w czasie regresji morza kimerydzkiego, — oraz szczegółową charakterystykę petrograficzną piasków i piaskowców albu środkowego. Piaskowce te są przeważnie średnioziarniste i mają spoiwo krzemionkowe. W zależności od silniejszego lub słabszego rozwoju tego spoiwa, piaskowce są albo zlewne, kwarcytowe albo porowate, kruszące się. Barwa ich jest biała lub żółtawa, niekiedy od związków bitumicznych prawie czarna. Przy

wietrzeniu powstaje barwa rdzawo-żółta lub czerwona. Stosunek miąższości piaskowców do występujących w ich spągu piasków żółtawych lub rdzawych jest zmienny i grubość warstw piaskowca maleje, idąc z południa ku północy. Na skrzydle północnym antykliny Rachowskiej ławice piaskowca mają 1—2 m grubości, na skrzydle południowym do 4 m. Procesy powodujące cementację piasków przeważały przeto na południu, co stoi w związku z położeniem linii brzegowej morza albskiego. Górna powierzchnia warstwy piaskowca jest z lekka falista, miejscami ze śladami „ripple marks”, miejscami jakby słabo rozżarta, pokryta rowkami i wydrążeniami. S a m s o n o w i c z podkreśla jednakże, że zjawisk tych nie należy interpretować jako przerwy sedymentacji, gdyż niewątpliwie istnieje ciągłość sedymentacji między piaskowcami, a leżącymi w ich stropie piaskami glaukonitowymi. Zwraca natomiast uwagę na zjawiska korrozji eolicznej, obserwowane na skałkach piaskowców koło kościoła w Rachowie, oraz na ceglasto-czerwoną barwę niektórych zwierzających piaskowców i piasków. W pracy swej z roku 1934 (4) podaje J. S a m s o n o w i c z bardziej szczegółowe obserwacje odnośnie do piasku glaukonitowego, leżącego w stropie piaskowców. Są one przecięte smugami i plamami piasku rdzawo-żółtego w miejscach, gdzie glaukonit uległ zwietrzeniu. Miąższość ich wynosi 2,3—2,5 m. Zawierają one konkretne piaszczyste, słabo fosforonośne. Na podstawie nielicznej fauny (*Pecten orbicularis* S o w.) zalicza J. S a m s o n o w i c z te piaski również do środkowego albu. W stropie ich leżą piaski glaukonitowe górnego albu. J. S a m s o n o w i c z podkreśla charakter wybitnie przybrzeżny wyżej wspomnianych osadów. Materiał ich pochodzi z ładu, którego zaledwie szczątki stanowią dzisiejsze Łysogóry — przeważna część tego ładu jest ukryta w zapadliskach.

Najnowsze dane o litologii albu środkowego na północno-wschodnim obrzeżeniu Gór Świątokrzyskich podaje W. P o ż a r y s k i (5). W związku z opracowaniem złóż fosforytowych tego terenu, opisuje on odkrywki interesujących nas piasków i piaskowców albskich, odsłoniętych również w wielu punktach na południe, południowy zachód oraz północny zachód od Rachowa. Stwierdza on, że nigdzie miąższość albskiego piaskowca kwarcytowego nie osiąga grubości ławic w Rachowie, gdzie na wschód od cementarza ławice te dochodzą do 4 m. Według obserwacji W. P o ż a r y s k i e g o mniej więcej w połowie grubości osadów albu występuje ławica piaskowca średnio pół metrowej miąższości. Nie wszędzie te ławice są zwarte i ciągłe, często widać tylko pojedyncze bochenkowate bryły konkracji piaskowcowych, bardzo różnej wielkości od metrowej do parocentymetrowej średnicy. Lepiszczem piaskowca jest zawsze krze-

mionka. Zależnie od stopnia przekrystalizowania tego lepiszcza i od jego ilościowego udziału w skale, jest ona mniej lub więcej twarda i waha się co do charakteru od kruchego piaskowca do litego krzemienia. Najczęściej występuje twardy szary kwarcyt, przechodzący na peryferii warstwy w piaskowiec mniej lub bardziej kruchy. Czasem piaskowiec w jądrze przechodzi w twardy krzemień. W północno-zachodniej części terenu występują w piaskach albskich twarde „spieki” limonitowe. Pojawiają się buły markazytu. Piaski stropowe albu środkowego podścielają warstwy fosforytowe i zawierają czasem obfity glaukonit, który w dolnych partiach jest na ogół nieliczny. Fauna warstw albu jest bardzo skąpa. Najważniejszymi skamieniałościami są *Inoceramus concentricus* Park., *Hoplites dentatus* Sow.,

We wrześniu r. 1947 odbyłam wycieczkę do Annopola k. Rachowa wspólnie z doc. dr. Jahnem oraz dr. W. Pożaryskim, który podjął się uprzejmie oprowadzenia mnie po terenie antykliny Rachowskiej oraz zaznajomienia z profilem geologicznym tej okolicy, a w szczególności z wychodniami piaskowców i piasków albu środkowego. Skały te zainteresowały mnie ze względu na zagadnienie pochodzenia krzemionki, cementującej piaskowiec, wieku jego diagenety, składu mineralnego i mikrostruktury skały, a także źródła materiału klastycznego. Zebrałam przeto obfity materiał z różnych typów piaskowca oraz piasku i poddałam go analizie petrograficznej w Zakładzie Mineralogii i Petrografii U. M. C. S. w Lublinie. Wykonano około 30 szlifów i preparatów mikroskopowych. Wydzielono minerały ciężkie. Tą drogą udało się dość dokładnie oznaczyć ilościowo skład mineralny piaskowców i piasków. Pewne niedociągnięcia i luki pozostały w związku z dokładnością oznaczenia stosunku ilościowego składników spoiwa. W pospolitym typie piaskowców jest ono skąpe, krzemionkowe i łatwe do oznaczenia. Natomiast trudności nasunęły się przy analizie piaskowców ciemnych z wtrąceniami ilu, wodorotlenków żelaza i substancji bitumicznych, ewentualnie siarczków. Warunki naszego laboratorium wciąż jeszcze nie pozwalają na pełną analizę ilościową. Wykonano jedynie szereg oznaczeń jakościowych.

Oznaczeń tych dokonała Z. Zychiewicz. Szlify i preparaty sporządzone były przez R. Trembaczowskiego i St. Żaka. Minerały ciężkie wydzielił J. Trembaczowski przy użyciu azotanu srebra. Rysunki wykonał J. E. Mojski.

W czerwcu 1948 r. odbyłam ponownie wycieczkę do Annopola, celem uzupełnienia obserwacji terenowych i zebrałam nową serię okazów, zwracając uwagę na zjawiska korrozji eolicznej. Zdjęcia fotograficzne tych okazów w naszym laboratorium wykonał inż. Makowiecki.

Dr. W. Pożaryskiemu najuprzejmiej dziękuję za umożliwienie mi zapoznania się z tak interesującym terenem i nie szczędzenia czasu i trudu na tej wycieczce.

Mgr. W. Bieńkowskiemu oraz pp. Sobaszko, obywatelom m. Annopola za ułatwienie mi pracy terenowej uprzejmie dziękuję.

Również dziękuję prof. W. Hubickiemu za oddanie nam do dyspozycji swego laboratorium, aparatów i odczynników.

I. Obserwacje terenowe.

Bardzo szczegółowe, wyżej przedstawione opisy wykształcenia petrograficznego piaskowców okolic Rachowa, wymagają niewielu uzupełnień. Odmianą przeważającą na tym terenie jest niewątpliwie odmiana jasna o barwie szaro-białej, zielonawo-szarej, miejscami ciemniejszej, miejscami żółtawo-szarej, przy czym barwa żółtawa pochodzi od wietrzenia. Na przełomie okaz świeży jest cukrowaty, lśniący bez wyodręb-



Ryc. 1. Piaskowiec albski jasny z wtrąceniami ciemnego.
Light Albian sandstone with dark aggregates.

niających się ziarenek. Ma pozór piaskowca kwarcytowego, nie jest jednak zbyt zwięzły, przy rozbijaniu łatwo się kruszy. Wtrącenia ciemnego zlewnego piaskowca kwarcytowego występują nie tylko w postaci konkretyj, ale także w postaci nieregularnych smug. (ryc. 1). Zaobserwo-

wano też wtrącenia piaskowca jakby drobnowarstwowanego. w którym przebiegają wąskie, kilkumilimetrowe, równoległe smugi na przemian jaśniejsze i ciemniejsze. Poza tym jest rzeczą znaną, że piaskowiec ciemny występuje także w zwartych grubszych ławicach. W najlepiej dziś zachowanej odkrywce piaskowca albskiego tego terenu, obok kościoła w Annopolu, występują ławice ciemnego, prawie czarnego, zlewnego, nadzwyczajnie twardego i zwięzłego piaskowca kwarcytowego, ze smugami i wtrąceniami piaskowca jasnego. Miejscami zaznacza się wspomniane warstwowanie, na przemianległość smug jaśniejszych i ciemniejszych. (ryc. 2). Smugi te mają grubość po kilka milimetrów. przebiegają



Ryc. 2. Piaskowiec albski warstwowany.
Laminated Albian sandstone.

mniej więcej równoległe i poziomo. W partii stropowej piaskowiec miejscami czerwienieje, przybiera barwę ciemno-wiśniową, zachowując w tej odkrywce dość znaczną zwięzłość. W sztucznym odsłonięciu za kościołem, od strony południowo-wschodniej, ukazuje się poniżej czterometrowej ławicy wspomnianego piaskowca. piasek średnioziarnisty barwy ceglastej. Grubość ziarna piasków nie zmienia się w sposób widoczny w warstwie odsłoniętej do miąższości około 1 m.

Podobnych zwartych ławic ciemnego piaskowca nie zaobserwowano w Kamieniołomach Nowej Wsi ani w innych, dziś już częściowo zasypanych odkrywkach. Co prawda piaskowce rachowskie są obecnie już prawie

zupełnie wybrane z kamieniołomów i obserwacje w wielu miejscach czynić można tylko na luźnych, rozrzuconych blokach.

Co do ukształtowania powierzchni ławic piaskowców, to obserwacje moje odpowiadają opisom J. S a m s o n o w i c z a. Po lewej stronie drogi, prowadzącej z folwarku Rachów do Nowej Wsi, w odległości kilkuset metrów od tegoż folwarku widoczne są ławice piaskowca jasnego ze smugami ciemnego z wyraźnymi śladami fal, które opisuje J. S a m s o n o w i c z. Formy wietrzeniowe są niezmiennie charakterystyczne, szczególnie na skałkach obok kościoła. Obserwuje się je na luźnych blokach na całym terenie, ale występują one głównie na twardych ciemnych piaskowcach. Spotyka się w nich często zagłębienia i otwory rozmiarów



Ryc. 3. Piaskowiec albski ciemny z wydrążeniami na powierzchni.
Dark Albian sandstone with excavations.

palca lub pięści. (ryc. 3). Wśród okazów na terenie kamieniołomów Nowej Wsi spotyka się formy naciekowe, soplowate, z licznymi wydrążeniami i to zarówno na powierzchni stropowej, jak i spągowej, przy czym formy stropowe zawierają więcej ostrych kantów i poskręcanych iglic. Na takiej dziwacznej powierzchni zdarzają się zaczerwienienia, lecz powierzchnia bywa czarna, nie różniąc się barwą od reszty skały. Ludzie miejscowi, zwłaszcza starsi, zapewniają, że dawniej, gdy kamienia było więcej, oglądać było można różne fantastyczne kształty, podobne do ludzi i zwierząt. Dzisiaj ostatnie ślady tych form zachowały się jeszcze koło kościoła w Annopolu.

Tu i ówdzie piaskowce wietrzejąc, przybierają barwę ceglasto-czerwoną i tracą swą zwięzłość. Tego rodzaju piaskowce opisuje J. Samsonowicz na skrzydle S antykliny między kościołem a wiatrakiem przy szosie. Piaskowce te są mało zwięzłe i nie znaleziono tu już śladów piaskowca świeżego. Biorąc jednak pod uwagę fakt, że zaczerwienienia spotyka się na piaskowcach ciemnych, należy przypuścić, że ceglaste piaskowce powstały z wietrzenia tych ostatnich.

Wśród okazów ciemnego piaskowca albskiego spotyka się czasem formy tak dziurkowate, że mają pozór gąbczasty.



Ryc. 4. Piaskowiec albski ze śladami korrozji eolicznej.
Albian sandstone with traces of corrosion.

II. Analiza mikroskopowa piaskowców.

Skład mineralny, wyznaczony mikroskopowo i obliczony jako średnia dla każdego typu piaskowca, wyraża się następującymi liczbami: (w % obj.).

	Piaskowiec jasno-szary	Piaskowiec ciemno szary	Piaskowiec czarny
Kwarc	96	92	79
Okruchy skał krzemionkowych .	2	2	3
Skalenie	1	1	1
Spoiwo krzemionkowe	1	4	7
Spoiwo ciemne nieprzezroczyste .	—	1	8
Glaukonit	—	—	2

Ilość spoiwa ciemnego, które w drobnych pyłkach i smugach jest rozproszony w całej skale, jest przypuszczalnie mniejsza aniżeli wypada z pomiaru. Jak widać z zestawienia, piaskowiec jasny i ciemny różnią się pod względem składu mineralnego głównie ilością spoiwa. Przy rozpatrywaniu poszczególnych szlifów z różnych okazów okazuje się, że spośród ciemnych piaskowców najintensywniej zabarwione są te, które zawierają najwięcej spoiwa opalowego. Również widać z tabeli, że piaskowiec ciemnoszary różni się od jasnoszarego tylko większą ilością spoiwa krzemionkowego przy tym samym procencie nieprzeźroczystego spoiwa. Zatem obok spoiwa nieprzeźroczystego, także i mikroskopowo przeźroczyste wpływa na makroskopową barwę skały. Jak podkreśla L. Cayeux (6) zabarwienie skały jest między innymi zależne od jej struktury. Piaskowce



Ryc. 5.

Obwódki regeneracyjne
kwarcowe dokoła ziarn
kwarcu (ok. x 80)

Secondary outgrowths
of quartz grains

zlewne, silnie spojone mają taki przełom, że wszystkie ziarna są przecięte na jednej powierzchni (cassure tranchante). U piaskowców mniej zwięzłych ziarna rozdzielają się przy rozbiciu okazu (cassure grenue), powierzchnia jest szorstka, światło silniej rozproszone, stąd barwa jaśniejsza.

W związku z ilością i jakością spoiwa piaskowce jasne i ciemne różnią się między sobą wybitnie mikrostrukturą. Piaskowce jaśniejsze wykazują w wielu partiach strukturę typowego kwarcytu o ziarnach pozazębianych, zlewających się w świetle przepuszczonym w jedną całość. Obwódki regeneracyjne dokoła ziarn kwarcu miejscami zatarły się, gdzieindziej są wyraźnie widoczne i bardzo szerokie. (ryc. 5). Nie ma wątpliwości, że ziarna przed regeneracją nie stykały się ze sobą. Wynika

stąd, że albo spoiwo krzemionkowe osadzało się wraz z materiałem klastycznym, albo było tu pierwotnie inne spoiwo, dzisiaj nieobecne. Spoiwo nieprzeźroczyste jest w piaskowcach jasnych bardzo skąpe; tworzy ono zwykle nieznaczne, postrzępione skupienia między ziarnami kwarcu. W świetle odbitym ma zabarwienie ciemno-brunatne lub czarne, rzadziej brunatno-żółte. Spoiwo opałowe, bezbarwne lub zabarwione żółtawo-szaro, jest czasem izotropowe, częściej jednak wykazuje agregatową polaryzację. Widać je w szlifie, w nieregularnie rozrzuconych plamach otaczające ziarna kwarcu. Na granicy tych ziarn i spoiwa opałowego kwarcie są zwykle postrzępione, jakby ponagryzane (ryc. 6). Znamienne jest, że tam gdzie występują obwódki regeneracyjne u kwarcu, są one przy

Ryc. 6.
Kwarc z obwódkami re-
generacyjnymi wśród
spoiwa opałowego
(ok. x 40)
Quartz with secondary
outgrowths in opal matrix



zetknięciu ze spoiwem opalowym ponagryzane. Wynika stąd, że po sylifikacji skały, która spowodowała regenerację ziarn i przejście do struktury kwarcytowej, nastąpiło ponowne uruchomienie krzemionki, przy częściowym rozpuszczaniu ziarn i niszczeniu struktury pierwotnej. W piaskowcach jasnych brak jest chalcedonu w krzemionkowym spoiwie. Jest tylko opal, względnie substancja krzemionkowa, agregatowo polaryzująca oraz drobnokrystaliczny kwarc, obecny w nieznacznej ilości między ziarnami i związany przypuszczalnie genetycznie z obwódkami regeneracyjnymi, gdyż w obrazie mikroskopowym te dwa rodzaje kwarcu autogenicznego w sposób ciągły łączą się ze sobą. Z innych cech piaskowca jasnego, odróżniających go od odmian ciemnych, wymienić trzeba zu-

pełny brak glaukonitu, którego obecność w tej skale uwarunkowana jest pojawieniem się spoiwa zarówno opalowego jak i żelazisto-ilastego.

Nieprzeźroczyste oraz opalowe spoiwo ciemnych piaskowców różnicuje się w oddzielnych plamach o zatartych granicach. Spoiwo opalowe jest tu zawsze żółtawo-szaro zabarwione i mętne. Jest ono miejscami tak obfite, iż ziarna kwarcu jakoby w nim pływają; gdzieindziej spoiwo tworzy jedynie obwódki i wypełnienia luk. Spoiwo nieprzeźroczyste jest przeważnie ciemne, prawie czarne, miejscami brunatno-żółte, w świetle odbitym brunatno-czarne; jedynie w piaskowcach zwietrzałych jest ono w świetle odbitym barwy ceglastej, a w świetle przepuszczonym miejscami jaśniejszej, żółtej barwy. Substancja krzemionkowa spoiwa należy do opalu, chalcedonu i kwarcu. Ten ostatni cementuje skałę



Ryc. 7.

Kwarc z obwódkami regeneracyjnymi z kwarcu i chalcedonu

Secondary outgrowths of quartz, formed by quartz or chalcedony

głównie dzięki tworzeniu obwódek regeneracyjnych, które tu i ówdzie rozdrabniają się w kwarcowy agregat. Rola opalu jest również jasna: skupia on się tam, gdzie jest mniej spoiwa nieprzeźroczystego i kwarcu w nim zanurzone są często skorodowane, a obwódki regeneracyjne postrzępione i częściowo zniszczone. Natomiast sposób występowania chalcedonu w spoiwie jest więcej skomplikowany. Na ogół jego większe skupienia związane są z partiami bogatszymi w spoiwo nieprzeźroczyste. Tworzy on tu obwódki dookoła czarnych gruzełków oraz skupień opalu, a także smugi równoległe do smug ilasto żelazistych. Poza tym jednak w licznych szlifach piaskowca ciemnego spotyka się kwarcu z obwódkami chalcedonu obok kwarców z obwódką kwarcową (ryc. 7). Zdarzają się wypadki,

że ziarno kwarcu z jednej strony ma obwódkę kwarcu, z drugiej chalcedonu, lub też ziarno kwarcu z obwódką kwarcową jest otoczone obwódką ciemną a na zewnątrz otacza ją chalcedon. Nie jest więc jasnym czy chalcedon należy zaliczyć do pierwszej czy drugiej fazy sylifikacji.

Oдноśnie do wielkości ziarn kwarcu, piaskowce omawiane zaliczyć należy do średnioziarnistych (średnia wielkość ziarna ok. 0,2 mm), roz-siew ziarn ilustruje krzywa. Porównanie tych krzywych z wykresami J. Syniewskiej (7) wykazuje dobrą zgodność ze względu na stopień wysortowania ziarna z krzywymi piasków morskich. Pewna deformacja krzywych piaskowców Rachowa w kierunku większych ziarn, jest spowodowana regeneracją. Co do rodzaju obróbki ziarn, którą omówimy bardziej szczegółowo przy opisie piasków Rachowa, dla piaskowców zcementowanych może być ona oceniona tylko w przybliżeniu, a w sposób pewny jedynie tam, gdzie obwódka odcina się wyraźnie od pierwotnego ziarna. Dla orientacji podamy średnie wyniki licznych pomiarów na różnych gatunkach piaskowców:

Procent ziarn:

	Ostrokrawędzistych	Otoczonych	Częściowo otoczonych	Zregenerowanych
Piaskowiec jasny . . .	33	3	23	41
„ ciemny . .	31	6	28	35

Piaskowiec jasny zawiera zatem nieco więcej ziarn zregenerowanych, co się tłumaczy łatwiejszym krążeniem krzemionki dokoła ziarn kwarcu, nierozdzielonych obcym spoiwem.

Obserwacja mikroskopowa stwierdza wielką różnorodność kształtów ziarn kwarcu. Obok ziarn izometrycznych, mniej lub więcej obrobionych, stwierdza się obecność form wydłużonych, soczewkowatych, listewkowatych, maczugowatych oraz dziwacznie wyżłobionych (ryc. 8).

Również i natura głównego składnika tych skał, mogąca nasunąć wnioski co do pochodzenia kwarcu, jest niezmiernie różnorodna. Wybitnie faliste znikanie światła u licznych ziarn nasuwa myśl o ich związku genetycznym z granitami lub gnejsami, chociaż dotąd nie wiemy jeszcze nic konkretnego o warunkach w jakich zachodzi deformacja sieci przestrzennej ziarn kwarcu, względnie w jakich warunkach krystalizująca krzemionka daje kwarce o falistym znikaniu światła. Bardziej miarodajne dla pochodzenia ziarn kwarcu piaskowców albskich Rachowa są zawarte w nich wrostki minerałów rzadkich jak: turmalin, cyrkon, apatyt, rutyl, sylimanit, dysten, staurolit; najczęściej spotykany jest turmalin, barwy

oliwkowo-zielonej lub niebiesko-zielonej, na drugim miejscu stoi cyrkon. Niektóre z wymienionych minerałów oraz wydłużone formy kwarcu świadczą o częściowym pochodzeniu ze skał metamorficznych. Poza tym jednak wiele ziarn jest mętnych, poprzerastanych wszelkiego typu substancją nieprzeźroczystą, która albo wychodzi ze spoiwa i infiltrowuje ziarna, albo też jądro ziarna jest zabrudzone ciemną substancją, a czysta obwódka regeneracyjna oddziela je od reszty skały. Spotyka się ziarna kwarcu z okrągławymi otworami, wypełnionymi chalcedonem. Zdarzają się ziarna przerośnięte glaukonitem. Niewątpliwie mamy do czynienia z licznymi zmianami charakteru ziarn, dokonanymi w czasie diagenety i to utrudnia nam wnioski co do ich pochodzenia.



Ryc. 8.
 Piaskowiec albski.
 Różnorodność form
 u kwarcu (ok. x 80)
 Albian sandstone
 Various forms of quartz
 grains

Przy podaniu składu piaskowców wymienione zostały okruchy skał krzemionkowych. Ich natura jest bardzo różnorodna. Niektóre należą do kwarcytów, przypuszczalnie metamorficznych, o ziarnach zdeformowanych, zarówno pod względem formy zewnętrznej, która okazuje spłaszczenie, jak i struktury wewnętrznej, ujawniającej się w anomaliach optycznych. Inne okruchy są zespołem drobnoziarnistego kwarcu i mają charakter rogowców. Pod tę kategorię składników piaskowca wciągnięto też zagadkowe substancje skrzemieniałe, których pierwotna natura była być może organiczna. Są to okruchy o formach zaokrąglonych, większe od średnich ziarn piaskowca, dochodzące do 1,5 mm. Niektóre z nich wy-

Ryc. 9.

Skrzemieniały okruch
w piaskowcu albskim
(nikole skrzyżowane)
Silicified fragment
in Albian sandstone

**Ryc. 10.**

Skrzemieniały okruch
w piaskowcu albskim
(światło zwykłe, ok. x 80)
Silicified fragment
in Albian sandstone

kazują budowę włóknistą. Między włóknami rozproszona jest proszkowata substancja nieprzeźroczysta: w świetle spolaryzowanym mają charakter optyczny jednorodnego ziarna kwarcu (ryc. 9, 10). W innych dookoła mętnego jądra układają się włókna chalcedonu (ryc. 11, 12).

Skalenie należą przeważnie do mikroklinu. Ich kontury zewnętrzne są zazwyczaj zamazane, jakby rozpływające się wśród spoiwa. Co do obecności i rodzaju plagioklazu nie uzyskano żadnych konkretnych danych. Zdarzają się ziarna mętne, spękane i poprzerastałe zieloną substancją, które być może zaliczyć należy do plagioklazu i być może procent skalenia jest wyższy, aniżeli podano w wynikach analizy.

Ziarna glaukonitu są rzadkie i pojawiają się jedynie w ciemnych odmianach piaskowca, wśród partij bogatych w spoiwo. Są zwykle świeże o barwie ciemno-zielonej i wykazują agregatową polaryzację. Niektóre ziarna mają wyraźne kontury i owalne kształty. Ich wielkość odpowiada



Ryc. 11.

Okruch skrzemieniały,
wypełniony chalcedonem
(nikole skrzyżowane,
ok. x 40)

Silicified fragment.

wielkości średnich ziarn kwarcu. Wiele ziarn wykazuje kontury zamazane, zlewające się z szarym opalowym spoiwem. Obserwuje się wypadki, gdy glaukonit wrasta zatokowato w ziarna kwarcu. Pożółkłe i zbrunatniałe ziarna glaukonitu obserwuje się tylko w piaskowcach zwiertzałych, rdzawego lub ceglastego odcienia. W piaskowcach ciemnych glaukonit jest świeży. Wszystkie te fakty, w zestawieniu z obserwacjami L. Cayeux i K. Smulikowskiego (8), przemawiają za tym, że glaukonit piaskowców rachowskich powstał na miejscu w skale, krystalizując z gelu krzemionkowo-żelazistego przy współudziale wody morskiej.

Minerały rzadkie albu okolic Rachowa będą opisane bardziej szczegółowo przy omawianiu piasków spągowych, z których zostały one wydzielone. Wydzielenie ich z twardych kwarcytów natrafiało na zbyt wielkie trudności. Jak się okaże, skład jakościowy zespołu minerałów ciężkich tych skał jest taki sam w piaskowcach, jak w piaskach. Stwierdzono w piaskowcach obecność następujących minerałów: piroksen, staurolit, cjanit, granat, turmalin, biotyt, cyrkon, rutyl, muskowit. Z tych minerałów wrostki w kwarcach tworzą najczęściej turmalin, cyrkon, rutyl, rzadziej staurolit. Te same oraz pozostałe minerały widzi się często w szlifie pomiędzy ziarnami kwarcu i zmienną jest ich wielkość, dochodząca często rozmiarami do wielkości ziarn kwarcu. Zwłaszcza staurolit tworzy duże, zaokrąglone ziarna.

Ryc. 12.

Okruch skrzemieniały,
wypełniony chalcedonem
(nikole skrzyżowane,
ok. x 120)
Silicified fragment.



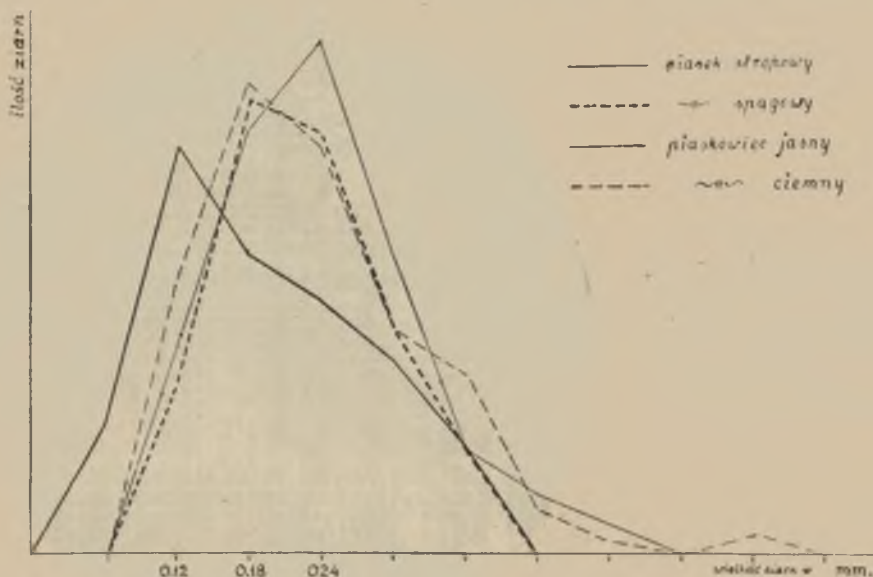
III. Wskazówki uzyskane na podstawie oznaczeń chemicznych.

Okaz piaskowca ciemnego podgrzewany w płomieniu utleniającym palnika gazowego szybko przybiera barwę wiśniowo-czerwoną. Stąd wniosek, że spoiwo ciemne zawiera związki żelaza, w połączeniach łatwo ulegających utlenieniu, co potwierdza też analiza chemiczna. Jakościowa analiza chemiczna stwierdziła też obecność substancji organicznych oraz ślady siarki. Obecności węglanów, związków manganu ani fosforu nie stwierdzono.

Fakty te rzucają pewne światło na naturę spoiwa nieprzeźroczystego. Zawiera ono wodorotlenki żelaza, nieco piryty i substancje bitumiczne. O ilości i naturze substancji ilastej bez pełnej ilościowej analizy nie można nic wnioskować. Nadzwyczajna zwięźłość ciemnej skały wskazuje na to, że nie może ona tu odgrywać poważniejszej roli.

IV. Analiza mikroskopowa piasków albskich.

Krzywe wielkości ziarn piasków albskich, wziętych ze spągu i stropu piaskowców, przedstawione są na diagramie wielkości ziarn. W stosunku do piaskowców, piaski spągowe wykazują ziarno większe i lepiej wysortowane. Różnica wynika jednak może z odmiennej metody pomiaru. Przy



Ryc. 13. Krzywe, ilustrujące rozsiew ziarn kwarcu, pod względem ich wielkości w piaskach i piaskowcach albskich okolic Rachowa nad Wisłą.

Diagram illustrating the grain-sizes dissemination in Albian sands and sandstones of Rachów.

pomiarze ziarn w szlifach, krzywa musi być przesunięta w swej kulminacji w kierunku mniejszych wielkości i wykazywać powolniejszy spadek aniżeli przy pomiarze ziarn luźnych, który to pomiar daje jedynie zupełnie ścisłe wyniki. Można więc twierdzić, że materiał piasków spagowych i piaskowców albskich wykazuje podobieństwo pod względem wielkości i wysortowania ziarn. Ta analogia występuje również w kształtach i obróbce ziarn. Analiza mikroskopowa piasku stwierdza 49% ziarn ostrokrawędzistych, 46% ziarn częściowo otoczonych, 5% ziarn otoczonych —

stosunek podobny jak w piaskowcach, jeśli się pominie ziarna zregenerowane. Obserwacja ziarn piasku pod lupą potwierdza nieznaczną ich obróbkę. Ziarna częściowo otoczone są przeważnie silnie błyszczące, co jest według licznych obserwacji A. Cailleux (9) znamiem piasków, które głównie podlegały transportowi morskiemu. Obserwacja ziarn kwarcu piasku albskiego pod mikroskopem stwierdza obecność w nim częstych wrostków minerałów ciężkich, tej samej natury co w kwarcach piaskowca. Powierzchnia ziarn jest często zabarwiona pyłkami i gruzełkami barwy żółtawej, rdzawej lub czarnej. Oddzielne gruzełki tlenków żelaza są prawie nieobecne. Glaukonit pojawia się tylko w postaci nielicznych pyłków i nigdy nie jest świeży.

Spagowy piasek albski, którego próbka została wzięta spod czarnego piaskowca koło kościoła w Annopolu, ma barwę ceglasto-żółtą, przy podgrzewaniu szybko czerwienieje. Przy rozcieraniu go między palcami jest ostry i nie daje pyłu.

Inny charakter ma piasek albski stropowy, wzięty ze spagu warstwy fosforytowej w Nowej Wsi. Jest on barwy szarej, przy rozcieraniu pozostawia nieco pyłu. Z diagramu wielkości ziarn wynika, że ziarna są mniejsze i gorzej wysortowane. Stosunek ziarn ostrokrawędzistych do częściowo otoczonych nie zmienia się wybitnie (51 : 49). Badanie pod lupą wykazuje przyrost ziarn matowych w stosunku do przeźroczystych i lśniących, obróbka mechaniczna jest zatem w piaskach stropowych dalej posunięta. Skład mineralny piasków stropowych zmienia się wybitnie. O ile w piasku poprzednio opisanym obok kwarcu inne minerały, jak tlenki żelaza i glaukonit stanowią jedynie ślad, to skład mineralny piasków stropowych jest następujący: kwarc 57, substancja węglanowa 23, glaukonit 12, tlenki żelaza 8 (w % obj.).

Ziarna kwarcu są zabrudzone substancją węglanową i glaukonitem. W niektórych jednak udało się stwierdzić obecność minerałów rzadkich, znanych z tej serii: apatyty, rutilu, cyrkonu, staurolitu. Substancja węglanowa należy przypuszczalnie głównie do węglanu wapnia. Dość liczne są regularne odłamki ziarn kalcytu, poza tym występują gruzełki, strzępki i sople tego minerału. Widać też wypełnione kalcytem skorupki foraminiferów. Te ostatnie bywają też wypełnione glaukonitem. Glaukonit występuje w ziarnach świeżych i zaokrąglonych, lub też postrzępionych i zwiertrałych. Tlenki żelaza są brunatne lub czarne, mogą być produktem wietrzenia glaukonitu.

Minerały ciężkie zostały wydzielone z piasku spagowego, z odkrywki koło kościoła w Annopolu. Jako ciecz ciężka użyty został stopiony azotan srebra o gęstości 2,9. Procent wagowy minerałów ciężkich, wydzielonych

z 20 g piasku, wyniósł 0,27, po wyeliminowaniu tlenków żelaza itp. nieprzeźroczystych minerałów — tylko 0,05. Skład ilościowy zespołu minerałów ciężkich, obliczony w procentach objętościowych jest następujący:

Cyrkon	24
Piroksen	4
Staurolit	25
Cjanit	21
Rutyl	16
Turmalin	5
Granat	2
Biotyt	2
Muskowit	1

Po obfitości minerałów ciężkich, obserwowanych w szlifach piaskowców, można się było spodziewać większego procentu tych minerałów, a także większego stosunkowo procentu turmalinu, tak charakterystycznego w obrazach mikroskopowych piaskowców. Mineral ten jednak tworzy przeważnie wrostki w kwarcu, podobnie jak i inne minerały ciężkie, na skutek czego w cieczy ciężkiej wraz z kwarcami wypływa na powierzchnię.

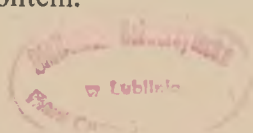
Średnia wielkość wydzielonych minerałów ciężkich wynosi 0,16 mm. Najmniejsze ziarna stanowią cyrkon (0,1 mm) i rutyl (0,13 mm), największe granat (0,2 mm). Stwierdza się, że w przybliżeniu wielkość ziarn jest odwrotnie proporcjonalna do ich ciężaru właściwego. Ziarna są więc dobrze wysortowane, zarówno we wzajemnych stosunkach ciężaru, jak i w stosunku do ciężaru ziarn kwarcu.

Cyrkon, najpospolitszy mineral w tym zespole, występuje zwykle w ziarnach dobrze otoczonych, rzadziej w regularnych słupkach, zakończonych piramidą. Jest bezbarwny. Zawiera czasem wrostki rutylu.

Piroksen jest przeważnie piroksenem rombowym, rzadziej augitem, o kącie znikania światła względem pionowej osi krystalograficznej około 49 st. Występuje w krótkich, mniej lub więcej regularnych słupkach. Jest bezbarwny, czasem lekko zabarwiony na kolor zielonkawy lub różowy, wyraźnego pleochroizmu nie wykazuje.

Staurolit występuje w ziarnach zaokrąglonych lub nieregularnych, barwy żółtej lub pomarańczowo-żółtej, zawiera drobnitkie wrostki, przypuszczalnie kwarcu.

Cjanit bezbarwny, zwykle w długich listewkach do 0,5 mm długości, charakterystycznie spękanych, o kącie znikania światła ok. 30 st., bywa często przerosły staurolitem.



Rutyl, o ciemnej czerwono-brunatnej barwie, pojawia się w ziarnach otoczonych lub nieregularnych. Niektóre ziarna są częściowo przeobrażone w ilmenit.

Turmalin, w ziarnach przeważnie zaokrąglonych, jest barwy oliwkowo-zielonej, czasem prawie czarnej, lub też niebiesko-zielonej.

Granat, barwy różowej, tworzy ziarna nieregularne.

Biotyt w drobnych blaszkach bywa barwy czerwono-brunatnej, często jest schlorytyzowany.

W zespole minerałów ciężkich uderza z jednej strony obecność minerałów charakterystycznych dla skał metamorficznych (cjanit, staurolit), z drugiej strony piroksenu, składnika zasadowych skał magmowych, względnie metamorficznych z głębokiej strefy. Obecność piroksenu i biotytu, minerałów mało odpornych na wietrzenie, wskazuje na ich niezbyt długotrwały i niezbyt daleki transport.

V. Zagadnienie sedymentacji i diagenety środkowego albu okolic Rachowa.

Zagadnienia te łączymy w jednym rozdziale, gdyż najważniejszy moment, decydujący o litologii tej serii, łączy się z cementacją skały spoiwem krzemionkowym, a przypuszczalnie proces ten rozciąga się na różne stadia tworzenia się omawianego piaskowca.

Pewne wnioski co do warunków sedymentacji i pochodzenia materiału piaszczystego mogą być wysnute z obserwacji charakteru ziarn kwarcu i innych minerałów zespołu, zarówno w piaskach jak i piaskowcach. Duży procent ziarn ostrokrawędzistych, lśniących, nie wykazujących znamion dalekiego transportu, przemawia za tym, że zostały one wypłukane z materiału przybrzeżnego. Brak większych okruchów wskazuje, że tym materiałem była skała drobnoziarnista i luźna. Ziarna o charakterze granitowym, względnie metamorficznym, znajdowały się w tej skale już nałożysku wtórnym. To samo dotyczy minerałów ciężkich, wykazujących zwykle wysoki stopień obróbki. Jedynie obecność piroksenu wskazuje na magmowe skały zasadowe, bliskie terenu wybrzeża.

Przy przejściu od luźnych piasków spagowych do ławic zwięzłego piaskowca, materiał klastyczny nie zmienia się, natomiast zmienia się w sposób raptowny stan konsolidacji skały. Przy wyjaśnieniu procesu w jakim ta zmiana nastąpiła, należy wziąć pod uwagę następujące, zaobserwowane fakty:

1) W procesie diagenety skały zaznaczają się dwie fazy sylifikacji. Pierwsza z nich spowodowała tworzenie się obwódok regeneracyjnych dokoła ziarn kwarcu i wytworzenie miejscami struktury kwarcytowej.

Przypuszczenie, że ziarna kwarcu były zregenerowane przed ich scementowaniem, musi być odrzucone, po wykonaniu analizy mikroskopowej zarówno piasku jak i piaskowca. W drugiej fazie sylikfikacji powstało spoiwo opalowe oraz przypuszczalnie chalcedon. Po pierwszej fazie sylikfikacji skała musiała ulec zupełnej konsolidacji, skoro obwódki regeneracyjne są postrzępione i wykazują ślady rozpuszczania.

2) Nigdzie na terenie antykliny Rachowskiej nie zauważono śladu spoiwa wapiennego, a według danych W. Pożaryskiego także i w innych odkrywkach środkowego albu na północno-wschodnim obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich spoiwo piaskowców jest zawsze krzemionkowe. O pierwotnej obecności węgla wapnia w skale świadczą jedynie skąpe zresztą szczątki organizmów o szkielecie wapiennym, dziś już przeważnie skrzemieniałe, — oraz możnaby podejrzewać dawniejsze ich ślady w otworach na powierzchni okazów zwietrzałych, oraz w rzadkich okazach gąbczastych. Co prawda wylugowaniu ulec mogły łatwiej rozpuszczalne formy krzemionki lub skupienia substancji ilasto-bitumicznej i żelazistej.

3) Szerokie obwódki regeneracyjne ziarn kwarcu, świadczące, że ziarna nie stykały się w czasie sedymentacji wskazują, że materiał klastyczny osadzał się równocześnie ze spoiwem.

4) Na badanym terenie, w dostępnych dziś odkrywkach, piaskowiec albski tworzy zwarte ławice wśród piasku, o zmiennym stosunku piaskowca jasnego do ciemnego, który tworzy konkretne lub oddzielne ławice, czasem nawet obserwuje się rytmiczną naprzemianległość warstw jasnych i ciemnych. Jednak w innych punktach, opisanych przez W. Pożaryskiego, piaskowiec tworzy bochenkowate bryły wśród luźnego piasku.

Po wszechstronnym rozważeniu tych wszystkich obserwacji, dochodzimy do wniosku, że materiał klastyczny piaskowców albskich osadzał się równocześnie ze spoiwem i że pierwotna obecność spoiwa wapiennego, później wypartego przez krzemionkę, nie stoi wprawdzie w zupełnej sprzeczności ze stwierdzonymi faktami, jest jednak mało prawdopodobna. Porównanie obrazów mikroskopowych piaskowca albskiego z Annapola z opisem przebiegu sylikfikacji piaskowców senońskich o spoiwie wapiennym z Żurawna (10), wskazuje na odmienny charakter diagenety tych utworów.

Hadding (11) podaje liczne przykłady piaskowców o pierwotnym spoiwie wapiennym, później zsylikowanych. Ślady tego spoiwa, w różnej formie, na przykład pierwotnych obwódek kalcytowych, otoczonych wtórnym kwarcem, dają się w nich zawsze stwierdzić w sposób jednoznaczny.

Pozostaje do rozważenia jeszcze ewentualność spoiwa ilasto-żelazistego lub bitumicznego, pierwotnie cementującego omawiane piaskowce, a wypartego następnie przez krzemionkę. Jednak wyżej wymienione gatunki spoiwa występują tu tym obficie, im więcej jest spoiwa krzemionkowego a nie na odwrót, jakby wymagało przypuszczenie o wzajemnym wypieraniu się tych substancji.

Najwięcej prawdopodobny przebieg pierwszego stadium sylikacji był zdaniem autora następujący:

Po osadzeniu ławicy luźnych piasków, morze uległo pogłębieniu i brzeg jego przesunął się w głąb lądu. Ląd ten, zbudowany z drobnoziarnistych, wapienno-piaszczystych utworów górnourajskich był być może przykryty bujną roślinnością i rzeki znosiły do morza niewiele materiału detrytycznego a dużo zawiesiny koloidalnej, krzemionkowo-ilastej oraz węgla wapnia. Ten ostatni był unoszony dalej od brzegu, a zawiesina ulegała szybkiemu wytrąceniu w atmosferze dwutlenku węgla i węgla amonowego, wydzielanego przez butwiejące rośliny. Gel krzemionkowy mieszał się z piaskiem, powoli go cementując. Do spoiwa przyłączały się związki żelaza, pochodzące być może ze skał osadowych erodowanego wybrzeża, lub też z zasadowych skał magmowych, o których była mowa w związku z genezą piroksenu. Później, wskutek beztlenowego rozkładu resztek roślinnych, mogło nastąpić silne zakwaszenie środowiska i peptyzacja krzemionki pod działaniem kwasów humusowych. Dalszym procesem była wędrówka krzemionki, jej skupianie się w konglomeraty i wytrącanie pod wpływem gelu ilasto-żelazistego. W innych partiach piaszczystych, zwłaszcza więcej oddalonych od brzegu, nastąpiło zubożenie w spoiwo i pozostawienie go tylko w cienkich warstewkach dokoła ziarn kwarcu. Poszczególne gniazda gelu wraz z detritusem mineralnym i roślinnym mogły być porywane przez prądy i rozrzucone wśród luźnego piasku. W tym stadium mógł się tu i ówdzie tworzyć glaukonit z galarety krzemionkowo-żelazistej. Gdzieśkolwiek wśród ławic, przepojonych obfitym gelem krzemionkowo-żelazistym, w zacisznych strefach wybrzeża morskiego zachodziło rytmiczne wytrącanie partii bogatszych i uboższych w gel krzemionkowy, stąd subtelne warstwowanie, obserwowane wśród niektórych ławic. — Po przykryciu osadów albu środkowego utworami górnej kredy, nastąpiła konsolidacja skały. Tworzyły się obwódki regeneracyjne dokoła ziarn kwarcu. Tam gdzie nadmiar koloidów organicznych nie opóźnił krystalizacji kwarcu, obwódki tworzyły się wcześniej, zacierały się, tworzyła się struktura kwarcytowa. Regeneracja ziarn nastąpiła również i w ciemnych piaskowcach, o ile spoiwo innej natury zbyt ściśle nie otulało ziarna.

Zcementowane skały były przykryte luźnym piaskiem. Są to obecnie piaski stropowe środkowego albu, zawierające glaukonit, węglan wapnia i konkrety fosforytowe. Tworzenie tych osadów znamionuje pogłębienie morza. Środowisko alkaliczne i prądy morskie nie pozwalają już na wytrącanie gelu krzemionkowego, piasek nie ulega cementacji.

Tak mniej więcej mogłaby przebiegać sedymentacja środkowego albu oraz pierwsze stadium jego sylikfikacji. Co do źródła krzemionki, to jako najbardziej prawdopodobny przedstawiono tu pogląd, że krzemionka jest nieorganicznego i lądowego pochodzenia. Problem pochodzenia krzemionki jest czasem niezmiernie trudny do rozwiązania. Dzisiaj uważać można L. C a y e u x i W. H. T w e n h o f e l a (12) za przedstawicieli dwóch skrajnych poglądów. Pierwszy doszukuje się zawsze chętnie źródła krzemionki organicznej, drugi nawet powstawanie krzemieni wiąże z krzemionką nieorganiczną, pochodzącą z lądu lub z wietrzenia skał podmorskich, a nawet zespół minerałów krzemionkowych ze szczątkami krzemionkowych organizmów uważa za przypadkowy a nie genetyczny. W naszym wypadku pochodzenie lądowe krzemionki, zdaje się niewątpliwe. Jak podkreśla J. S a m s o n o w i c z procesy cementacji są związane z linią wybrzeża, a wskazówka co do źródła krzemionki morskiego pochodzenia w tej serii się nie nasuwa. Można by natomiast przypuścić udział krzemionki roślinnej, której zdaniem C a y e u x (6) nie można lekceważyć.

Pozostaje do wyjaśnienia faza powtórnej sylikfikacji piaskowca. Polega ona na częściowym rozpuszczaniu ziarn kwarcu, niszczeniu obwódek względnie i jądra pierwotnego ziarna i ponowne wytrącanie krzemionki w postaci opalu lub chalcedonu, przy czym skała ulega jeszcze silniejszemu spojeniu.

Nasuwać się różne sposoby wyjaśnienia tego zjawiska, autor jest jednak skłonny wiązać tę fazę przeobrażenia skały z okresem wynurzania osadów w czasie orogonezy pokredowej. Wówczas pod działaniem wód, przesyconych dwutlenkiem węgla, krążących wśród osadów wapnistych górnej kredy, węglan wapnia ulegał rozpuszczeniu a roztwory alkaliczne przesiakając przez luźne piaski docierały do powierzchni nieprzepuszczalnych piaskowców i korrodowały litą skałę, żłobiąc w niej wydrążenia i atakując ziarna kwarcu. Przy zmianie warunków rzeźby terenu a także warunków klimatycznych, krzemionka krystalizowała ponownie, a węglan wapnia ulegał wypłukaniu. W piaskowcach pozbawionych spoiwa żelazisto-bitumicznego krzemionka wydzielala się szybko, krzepnąc w postaci opalu, podczas gdy w piaskowcach ciemnych tworzył się ponadto chalcedon dokoła gruzełków tlenków żelaza a czasami także dokoła

kulistych skupień opalu. Rola chalcedonu co prawda niezawsze jest jasna. Niektóre jego utwory zdają się należeć do pierwszej fazy sylifikacji o czym już wspomniano przy opisie mikroskopowych obrazów omawianych piaskowców.

Proces powtórnej sylifikacji piaskowców albskich zachodził nierównomiernie, w zależności od charakteru i ilości pierwotnego spoiwa a także ukształtowania terenu. Piaskowce jasne, ubogie w spoiwo koloidalne, zdołały zatrzymać tylko część rozpuszczonej krzemionki, stały się miejscami porowate i luźne.

Natomiast tam, gdzie było obfite spoiwo, zwłaszcza ilasto-żelaziste, wypłukanie krzemionki nie zachodziło tak łatwo, zawiesina krzemionkowa krzepła ponownie w postaci opalu lub chalcedonu.

Krażenie krzemionki w owej drugiej fazie sylifikacji spowodowało utworzenie wyźłobień i nacieków na powierzchni niektórych ławic a także form soplawatych na powierzchniach spągowych. Formy powierzchniowe zostały podkreślone i wyostrome przez korozję eoliczną.

Te wszystkie rozważania nasuwają wniosek, że końcowe stadium drugiej fazy sylifikacji zachodziło już w okresie wietrzenia piaskowców w suchym klimacie i że to wietrzenie spowodowało silniejszą jeszcze cementację piaskowców ciemnych. Jak wspomniano poprzednio, na terenie antykliny Rachowskiej występują także luźne, czerwone piaskowce, których mikroskopowa obserwacja wskazuje na to, że powstały one z wietrzenia piaskowców ciemnych. Utworzenie się tych piaskowców można by wyjaśnić na przykład w sposób następujący: przykrywające niegdyś warstwę tych skał, zwężłe, silnie skrzemieniałe piaskowce, uległy zniszczeniu przez skruszenie w suchym, ostrym klimacie, o silnym różnicowaniu temperatury w ciągu doby i roku — a następnie przez zerodowanie działaniem wód lądowych. Odłoniły się dolne warstwy piaskowca o spoiwie krzemionkowo-żelazistym. Te uległy zwietrzeniu w okresie późniejszym, wilgotnym i ciepłym, w którym związki żelaza utleniły się, a krzemionka została wypłukana.

VI. Zestawienie wyników.

Analiza petrograficzna piaskowców i piasków albu środkowego okolic Rachowa nad Wisłą doprowadziła do następujących wniosków:

1) Sedymentacja osadów środkowego albu antykliny Rachowskiej odbywała się w strefie przybrzeżnej, a materiału dostarczyły odłonięte w tej strefie skały osadowe o spoiwie żelazistym i małej zwężłości, zawierające kwarc granitów oraz skał metamorficznych. Z tychże skał czerpały osady albu swe minerały ciężkie, niektóre z nich charaktery-

styczne dla skał metamorficznych. Jedynie obecność piroksenu w osadach albu świadczy, że oprócz materiału skał osadowych z minerałami ciężkimi na wtórnym łóżysku, musiał się do niego przyłączyć nieznaczny procent składników skał magmowych, docierających z pierwotnego źródła.

2) Cementacja środkowego albu, w której główną i znamioną rolę odgrywało spajanie ziarn piasku krzemionką, zachodziła w dwóch fazach: pierwsza dokonała się prawdopodobnie równocześnie z sedymentacją i następstwem jej było tworzenie obwódek regeneracyjnych dokoła ziarn kwarcu i przekształcenie skały w pewnych partiach w typowy kwarcyt. W zależności od odległości od wybrzeża, od ilości domieszek substancji żelazistych i bitumicznych w spoiwie oraz nasilenia i kierunków prądów morskich, tworzyły się większe nagromadzenia krzemionki w ławicach lub kongregacjach. Warunki dla tworzenia się glaukonitu były na ogół niekorzystne. Druga faza sylikacji zachodziła przypuszczalnie w okresie wynurzania się osadów, kończąc się w okresie lądowym i suchym klimacie, a polegała na rozpuszczaniu spoiwa kwarcowego i samych ziarn kwarcu i powtórny wytrącaniu krzemionki w postaci opalu i chalcedonu.

3) Tworzenie się mało zwięzłych, czerwonych piaskowców w niektórych punktach antykliny Rachowskiej należy wiązać z późniejszą fazą wietrzenia, w klimacie wilgotnym tych ławic piaskowca bogatego w spoiwo żelaziste, które w okresie wietrzenia pustynnego nie były odsłonięte.

ODNOŚNIKI DO LITERATURY.
REFERENCES TO LITERATURE

1. Pusch — Geognostische Beschreibung von Polen. T. II. 1836.
Nowe przyczynki do geognozji Polski. Pam. Fizj. T. III. 1883.
Jurkiewicz — Mielowaja formacja w Lubelskiej gubernii. Warszawa 1872.
Trejdosiewicz — O utworach trzeciorzędowych gub. Lubelskiej. Pam. Fizj. T. III. 1883.
Krisztafowicz — Kratkij otczot ob izsledowanjach mielowych otłożenij w Lublinskoj i Radomskoj gub. Materiały do Gieologii Rossiji. T. XVIII. 1896.
2. J. Samsonowicz — Sprawozdanie z badań geologicznych okolic Rachowa nad Wisłą. (Compte rendu des recherches géologiques des environs de Rachów sur la Vistule). Pos. Nauk. P. I. G. 7. 1924.
3. J. Samsonowicz — Szkic geologiczny okolic Rachowa nad Wisłą oraz transgresja albu i cenomanu w bródzie północno-europejskiej. (Esquisse géologique des environs de Rachów sur la Vistule et les transgressions de l'Albien et du Cenomanien dans le sillon nord-européen. Sprawozd. P. I. G. T. III. 1925. (Bulletin du Service Géologique de Pologne Vol. III. 1925).
4. J. Samsonowicz — Objaśnienie arkusza Opatów. P. I. G. Ogólna mapa geologiczna Polski. 1934.
5. W. Pożaryski — Złoże fosforytów na północno-wschodnim obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. (A posphat deposit of the North-Eastern Periphery of the Święty Krzyż Mountains). Biuletyn 27. P. I. G. 1947. (Service géologique de Pol. Bul. 27).
6. L. Cayeux — Les Roches sedimentaires de France. Roches siliceuses. 1929.
7. J. Syniewska — Próba analizy piasków środowiska wodnego i eolicznego. (Essai d'une analyse des sables d'origine marine et éolique) Kosmos 1929.
8. K. Smulikowski — O glaukonicie (Sur la glauconite) Kosmos 1924.
9. A. Cailleux — Les actions éoliennes periglaciares en Europe. Paris 1912.
10. W. Wawryk — Z petrografii piaskowca żurawieńskiego. (Etude petrographique sur le gres de Żurawno) Archiwum Mineralogiczne 1938. (Archives de Mineralogie de la Societe des Sciences et des Lettres de Varsovie).
11. A. Hadding — The Pre-Quaternary Sedimentary Rocks of Sweden. Meddelanden fran Lunds Geologisk-Mineralogiska Institution. 41. 1929.
12. W. H. Twenhofel — Treatise on Sedimentation 1932. Principles of Sedimentation 1939.
13. C. Correns — Über die Verkieselung d. Sedimentgesteine. N. J. f. Min., B. B. A. 1925.
14. G. Linck u. W. Becker — Die weisse Schreibkreide und ihre Feuersteine. Chemie der Erde 1925—26.
15. A. Hadding — Glauconite and Glauconitic rocks. Part IV of the Pre Quaternary rocks of Sweden. Meddelanden fran Lunds Geologisk-Mineralogiska Institution. 51. 1932.

SUMMARY

An Albian sandstone in the environment of Rachów on the Vistula-river.

The arenaceous rocks of the environments of Rachów (district Lublin) on the Vistula-river are an object of geologic interest, because their appearance is connected with the reach of Lower-Cretaceous sea on the East. Till 1923 the Upper Cretaceous was seen as the oldest formation, appearing on this area. In the year mentioned J. Samsonowicz carried out detailed geological investigations in the environment of Rachów and stated the presence of Kimeridian, occurring in the nucleus of the anticline and of rocks of Middle Albian on its sides. The latter occur in form of sands and sandstones, sometimes of a quartzitic appearance with poor fossils of *Hoplites auritus* Sow., *Nautilus Clementinus* d'Orb., *Inoceramus concentricus* Park. In a series of papers (2, 3, 4) Samsonowicz presented the stratigraphy of the Upper Jurassic formations, shallow-water sediments, formed during regression of Kimeridian sea -and also a detailed petrographical description of the Albian arenaceous rocks. The sandstones are middle-and evengrained, their cement is siliceous. In dependence of the abundance of cement and matrix, the sandstones have a crystalline character or they are porous and loose. The colour is white or yellow, sometimes dark grey or black. On weathering it changes to yellow or red. The thickness of the sandstone-beds in comparison with the beds of loose sands, occurring on their top and bottom, diminishes from South to North. On the North side of the anticline the beds of the sandstones are about 1—2 m thick, on the South they reach 4 m. The processes bringing about the cementation of the sandstones were evidently more intensive on the South, which was in connection with the shore-line of the Albian sea. The upper surface of the sandstone beds shows here and there ripple marks, in other places excavations and traces of corrosion, which has sometimes appearance of eolic action. Samsonowicz defines the rocks in question as typical littoral sediments, the material of which was washed out from a continent, the relic of which are the Święty Krzyż mountains of nowadays.

Some new informations concerning the arenaceous Albian rocks of the area are given by W. Pożaryski (5). Comparing the outcrops of environment of Rachów with those appearing somewhat farther on the South, on the West and North-West, he states, that nowhere the thickness of sandstone-beds attains that of Rachów and that in many outcrops the sandstone forms irregular rounded or loafy aggregates in loose sand, instead of regular beds. He observes, that in every case the

cement is siliceous, but the compactness of the rock varies from a loose sandstone to a hard rock of cherty appearance. The most common is a grey compact sandstone, becoming looser near the top of the series and in the outer parts of the aggregates.

The author of this paper visited the outcrops of arenaceous Albian in Rachów and was interested with the problem of silicification of these rocks and also with the manner of sedimentation and derivation of the detrital material. Samples of all observed kinds of sandstones and sands were taken and petrographical analyses were performed. The investigation were based chiefly upon microscopical analysis of thin sections, observations of forms and sizes of grains in the loose sands and quantitative microscopic analysis of heavy minerals.

Results of microscopic investigations of sandstones.

The average mineral composition of the various types of sandstone is following:

	Licht-grey sandstone	Dark-grey sand- stone in vol. %	Dark sandstone
Quartz	96	92	79
Fragments of siliceous rocks . .	2	2	3
Felspars	1	1	1
Siliceous cement	1	4	7
Dark opaque cement	—	1	8
Glauconite	—	—	2

It is seen, that the various types of sandstones differ mainly in their abundance of cement. It results moreover from observation of many thin sections, that the dark colour of sandstone is produced not only by the abundance of opaque cement but also by the presence of amorphous silica in larger amounts in the matrix of sandstones. The colour of this kind of rocks is namely also connected with their structure, compactness and fracture. (L. Cayeux (6). „Cassure greneue“ and „cassure tranchante“). These features have influence on the manner of light-refraction.

In dependence of the kind and quantity of cement, the microstructure of the sandstones is manifold. The light sandstones show in some parts a crystalline structure of a quartzite. The secondary outgrowths of quartz grains are sometimes easily distinguished by coating of opaque substance to be found on the grains, in other parts the limit between an original grain and the crystalline continuity is difficult to show. The secondarily formed parts of the quartz occupies such a large amount of the mass that

the original grains do not come in contact with each other. It is evident that the material of the cement was deposited together with the detrital minerals or that the quartz grains were formerly embedded in another material, now absent. The opaque cement is in the light sandstones very-scanty. It occurs mostly as slight coating on the grains. In refracted light it is dark brown or black, seldom yellow-brown. The cement of amorphous silica is in the light sandstones neither abundant. It is yellow or grey, sometimes colourless. It is isotropic or shows a birefringence of very fine-grained aggregate. It is sparsely scattered in the thin section. On the boundary of the quartz grain and the opal-cement the quartz-grains are unravelled and corroded. Where the secondary outgrowths of the quartz-grains border upon the siliceous cement, they are also tattered and partly destroyed. It is then evident, that after the first stage of silicification of the rocks, during which the secondary outgrowths of grains and the crystalline structure were formed, the silica was once more mobilized, the quartz grains were partly dissolved and the former structure destroyed. In the silica matrix of light sandstone chalcedony is absent. There is only opal or a silica material of an aggregate polarising kind and some microcrystalline quartz-assemblages, the origin of which must be related with the secondary outgrowths of quartz-grains. Another characteristic of the light sandstone, distinguishing it from the dark one, is the complete absence of glauconite, the appearance of which is conditioned by presence of both opal cement and dark opaque matrix in sufficient quantity.

The opaque dark cement of the other type of sandstone, which is compact, and of a black or dark-grey colour, is seen in the thin section sparsely scattered between the quartz grains, alternately with the siliceous matrix. The opal substance of these rocks is always greyish and turbid. It is here and there so abundant, that the quartz-grains seem to swim in this matrix. In other parts it fills only the interstices. The opaque cement is mostly dark, in reflected light brownish-black. Only in the red weathered sandstones the cement has a red tint in reflected and sometimes also in transmitted light. The siliceous matrix is composed of quartz, chalcedony and opal. The secondary quartz cements the rocks chiefly by forming outgrowths of detrital grains, some fine-grained quartz assemblages are seen in the interstices and pass continually in the over-mentioned outgrowths. The opal-matrix assembles in places, where the opaque aggregates are less abundant. The quartz grains with their secondary outgrowths and without them, embedded in the opal-matrix are tattered and partly dissolved. The appearance and distribution of chalcedony in the rock has a more complicated character. Its richer assem-

blages are mostly connected with those of the opaque minerals. It forms rims around dark lumps and flocks of the opaque matrix and streaks parallel to the dark aggregates. It forms also rims around opal flocks. Finally it forms outgrowths of quartz grains instead of secondary quartz. Where the quartz grains are coated with a somewhat thicker layer of dark cement, chalcedony appears instead of quartz as a rim around it. Sometimes a quartz grain has on one side an outgrowth of secondary quartz, on the other a chalcedony rim and on this side the dark coating between the detrital grain and the rim is usually thicker. In this form chalcedony seems do belong to the first period of silicification, where it forms rims around opal it must be of later formation.

All the types of the sandstone in question are middle-grained and rather even-grained. Their middle size is 0,2 mm and the dissemination of grain sizes is illustrated on the diagram. Its comparison with curves traced for typical marine sands (J. Syniewska 7) shows a good conformity and the slight difference may be produced by the presence of grains changed by secondary outgrowth without distinct limit between the original grains. There is also difficulty in determining of the primary form of grains. The original shape may be surely defined only in these cases, when the limit between the original grain and its secondary outgrowths is seen. The following numbers inform in an approximative manner about the grain shapes in the investigated sandstones:

	Angular	Slightly rounded	Rounded	Changed by secondary outgrowth
Light sandstone . . .	33	23	3	41
Dark " . . .	31	28	6	35

The light sandstone has a somewhat larger percent of grains changed by secondary outgrowth because of the better circulating of silica in a medium with scanty matrix other than silica.

The microscopic observation of grain forms states, besides the very slight wear of grains, also the great diversity of forms. Besides isometric grains also elongated or very irregular forms are to observe. Also the optic character of quartz and its inclusions varies considerably. The strain-shadows and other phenomena, speaking of former dynamic deformation of internal structure, are often remarkable. The mineral inclusions are characteristic and speaking about the derivation of detrital material: tourmaline, zircon, apatite, rutile, silimanite, kyanite, staurolite, -- of which the olive or blue tourmaline is the most abundant. Some

of these minerals and the elongated forms of quartz speak about the derivation of some material from metamorphic rocks. Besides those grains there are many turbid, intergrown with material of the matrix, the provenance of which cannot be defined. Some grains contain round inclusions of chalcedony. Others are intergrown with glauconite. As we see, many grains changed their character during the diagenetic processes, so the conclusions as to their origin are often impossible.

In the table of the mineral composition of sandstones fragments of siliceous rocks were named. They show a great diversity. Some belong probably to metamorphic rocks, others seem to be fragments of flints and cherts. Some grains have an aspect of silicified organic matter. They are impregnated with quartz and mostly by chalcedony.

The fresh feldspar belongs in most cases to microcline. Its twinning lattice is regular and their outlines are indistinct, intergrown with the matrix. The presence of plagioclase was never strictly stated. Some weathered grains, intergrown with chlorite, may perhaps belong to this mineral. It is possible, that the feldspar percent is somewhat higher, than presented in the table.

Glauconite appears seldom and only in the dark variety of sandstone, rich in siliceous and opaque matrix. It is often quite fresh and shows a characteristic birefringence of micro-aggregate. Some grains have distinct outlines and are rounded. Mostly their outlines are somewhat obliterated and the limit disappears against the opal-cement. In some cases glauconite grows into the quartz grain, which gets a sinuous outline. Brown and yellow weathered glauconite-grains are seen only in the red-coloured sandstones. All these facts, compared with the observations of L. Cayeux and K. Smulikowski (8) seem to prove, that the few grain of glauconite were formed „in situ“ and their origin is connected with the presence of opal and clayey-ferruginous cement in the rock.

The heavy minerals of the Albian rocks in question will be described in details in a next chapter in connection with the sand, from which they were separated. As we shall see, the assemblage of these minerals is the same in the sandstones and in the loose sand. We observe in thin sections of sandstones: pyroxene, zircon, staurolite, kyanite, garnet, tourmaline, biotite, zircon, rutile, muscovite. As inclusions in quartz-grains most common are tourmaline, zircon, rutile, sometimes staurolite. These minerals and the other ones are scattered between the quartz grains and their size reach the dimensions of the smaller quartz. Especially staurolite forms large, rounded grains.

Indications concerning the chemical character of the matrix.

Our laboratory conditions do not yet allow any strict quantitative chemical analysis. Some qualitative experiments gave following results:

The dark variety of the sandstone, heated in the oxidizing flame of a gas-burner, changes its colour to a cherry-red one. This is the prove that the dark opaque matrix contains iron compounds which is also shown in a qualitative chemical analysis. This analysis demonstrated moreover the presence of organic matter and traces of sulphur. Carbonates, manganese and phosphorus are absent. These facts throw some light on the chemical nature of the matrix. It contains iron-hydroxides, some pyrite and bituminous matter. About the kind of clayey matter nothing can be said without a quantitative analysis of the rocks. The extreme compactness and hardness of the dark rocks demonstrate, that it cannot be present in a remarkable amount.

Microscopic analysis of the sands.

Dissemination-curves of grain-sizes in Albian sands are presented on the diagram. The sands from the bottom of the sandstones show in comparison with these rocks a coarser and better sorted grain, the cause of the slight difference may be however involved in the different method of measurement. Only the measurement of loose grains give strict results. We may risk the sentence, that the sandstones and the sands of their bottom are composed of grains of similar sizes and sorting. This analogy appears also in the forms and wear of quartz-grains. Almost the same ratio of angular to slightly rounded and rounded grains is observed. The grains of sand observed in reflected light on a dark background show a remarkable percent of non-polished individuals which conforming to the investigations of Cailleux (9) is characteristic for sands of marine transport. The nature of quartz grains is very similar to those of the sandstone components. The grains of the sand are often coated with iron-oxide films. Glauconite occurs only in form of scanty dust and is never fresh.

The sand occurring in the top of the sandstone series has a different aspect. The diagram of grain sizes shows, that its grain is smaller and not so well sorted. The ratio of angular to rounded grains does not change, but observation in reflected light gives a larger percent of unpolished grains in comparison with those which show an expressive lustre. The mineral composition of this sand is also different from the former, which besides quartz has only traces of other components. The mineral compo-

sition of top sand is following: Quartz 57, calcium carbonate 23, glauconite 12, iron oxides 8. (vol. %).

Calcium carbonate appears as regular calcite-fragments or fills the shells of foraminifera. The latter are also impregnated with glauconite. Grains of glauconite are fresh or weathered. Iron oxides are black or brown, they may be products of weathering of the glauconite.

Heavy minerals were separated from the bottom sands and their quantitative relation — after elimination of iron oxides is following (in vol %):

Zircone	24
Pyroxene	4
Stauorlite	25
Kyanite	21
Rutile	16
Tourmaline	5
Garnet	2
Biotite	2
Muscovite	1

Their total amount in relation to quartz grains, felspar and iron oxides is 0,05%. This percent would be indeed higher if the inclusions in quartz grains were added. The heavy minerals are mostly rounded and show traces of longer transport. Some are characteristic for metamorphic rocks, but they might be washed out from material on secondary place. The presence of pyroxene and biotite is remarkable, because of the easy decay of these minerals, their transport could not be long. Pyroxene is recognized as augite of high extinction angle and mostly rhombic pyroxene. Biotite when fresh is of a red-brown colour.

Problem of sedimentation and diagenesis of the investigated rocks.

Some conclusions concerning the sedimentation of the investigated rocks present oneself by the observation of quartz grains. Their forms do not show a long transport, nor influence of eolic agents, they may be most probably washed out from the shore material. The lack of larger fragments proves, that this material was poorly cemented and fine-grained. The character of heavy minerals shows, that they were not authigenic in the eroded material, The relative abundance of fresh augite gives a hint, that some clastic material, coming directly from magmatic rocks of basic character, was mixed up with the sediments of the shore.

The mineral composition of the investigated Albian rocks, passing from the loose sediments to the compact sandstones, does not change in

a remarkable manner, but their consolidation changes abruptly. In trying to explain this change we take in account following facts:

1) The process of silicification of the investigated sandstones took place in two phases: The first produced secondary outgrowths of quartz grains and locally a crystalline structure of the rock. The microscopic aspect of the rock does not allow any supposition, that the quartz grains received their outgrowths before their sedimentation. In the second phase of silicification, which followed after complete consolidation of the rock, the former siliceous cement and the quartz grains got partly dissolved, on their place opal and probably chalcedony were formed.

2) Nowhere in the investigated rocks any cement of calcium carbonate was stated, neither microscopically, nor by chemical analysis.

3) The large outgrowths of quartz grains prove, that the clastic material was deposited with the matrix.

4) On the investigated area the sandstone forms compact layers with sand banks on their bottom and top. The black sandstone forms mostly irregular or rounded aggregates in the light one, sometimes regular strata, but also a rhythmical change of thin layers, alternately darker and lighter are observed. In some other outcrops of Albian arenaceous sediments in the neighbouring terraines, described by W. Pożaryski (5) the sandstone series appears only as loafy aggregates in the loose sand.

After a careful consideration of all these facts, the author arrives to a conclusion, that the clastic material was deposited with the matrix and that this matrix was a silica gel mixed up with some iron compounds and organic matter. The first phase of consolidation of sandstones may have proceeded in a following manner:

After the sedimentation of sand, the sea deepened slightly, the shore-line advanced somewhat and eroded the continent, covered with fine-grained Jurassic marls and calcareous sandstones. This continent was probably covered with rich vegetation and the rivers brought to the sea not much of detrital material, instead of it an abundance of amorphous silica, clayey matter and calcium carbonate. The latter was transported further from the sea-shore as well as the clayey matter, which was however partly mixed up with the silica gel. In abundance of carbon-dioxide and ammonium carbonate, produced by decay of organic matter, the silica gel precipitated near the shore-line and the sand was cemented chiefly with silica and iron-hydroxides, the origin of which is probably connected with the eroded ferruginous sands or basic rocks of the shore. Organic matter, enclosed in the sediments, decayed in a reducing environment, which became acid and silica got peptized and moved, accumulating in

some parts together with the bituminous compounds and iron-hydroxides, which accelerated its precipitation. So formed the aggregates and banks of dark sandstones. In quiet regions, near the shore, there could even take place a rhythmical formation of strata, richer and poorer in silica. Where the sea-currents were stronger, accumulations of silica could be transported farther from the shore among the banks of loose sand.

After covering of Albian sediments with the Upper-Cretaceous formation, the consolidation of sandstones proceeded. The secondary outgrowths were formed. In those parts where the excess of bituminous matter did not retard the crystallisation of secondary quartz, the outgrowths were sooner formed and a crystalline structure of quartzite appeared. The compact sandstones were covered with loose glauconite sands, belonging to the Middle-Albian formation too. These sediments have a character of deposits of a further deepening sea. The alkaline environment and strong currents did not allow a precipitation of silica-gel in the littoral or even sub-littoral zone, the sand did not undergo any cementation.

As to the source of silica, the author sees it on the continent. It may be of inorganic origin but the share of organic substance of plant remains should not be disregarded (6).

As to the second stage of silicification, the author is rather inclined to join it with the regression of Cretaceous sea and Post-Cretaceous orogenic movements. The silica of the sandstones could then be redissolved under influence of circulating alkaline waters, passing through the calcareous sediments on the surface of sandstones. Later, by change of climate conditions, silica coagulated, changed mostly into opal, here and there in chalcedony in contact with iron-oxide nodules. During these processes some poorly cemented, light sandstones became porous and crushing, in other parts the cementation got stronger because of the accumulation of the rich opal-matrix.

The weathering of the Albian sandstones accentuated and polished the surface of sandstones, carved during the corrosion by alkaline water. Eolic action exerted surely its influence, it grooved also sharper outlines.

The red varieties of the sandstones formed probably by weathering in a hot and humid climate. Their local apparition may be connected with their occurrence on the culminations of this terrain.

*Institute of Mineralogy and Petrography,
University M. Curie-Skłodowska, Lublin.*

A 15753

WARSZAWA
J. PIETRZYKOWSKI

Nakł. 1400 61 × 86 V kl. 80 g