

## EPIGENETYCZNA SYLIFIKACJA WAPIENI GÓRNEGO OKSFORDU OKOLIC KRAKOWA

Jacek Matyszkiewicz

*Instytut Geologii i Surowców Mineralnych, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30,  
30-059 Kraków*

Matyszkiewicz, J., 1987. Epigenetyczna sylifikacja wapieni górnego oksfordu okolic Krakowa. Epigenetic silification of the Upper Oxfordian limestones in the vicinity of Kraków. (In Polish, English summary). *Ann. Soc. Geol. Polon.*, 57: 59-87.

**Abstract:** Within the Upper Oxfordian limestones of the Kraków area there occur siliceous deposits related with two types of silicification. Besides early-diagenetic cherts occurring within the whole section of the Upper Oxfordian limestones, there are also epigenetic siliceous bodies confined to the uppermost parts of the Upper Jurassic limestones. Silica which builds these latter forms, crystallized from thermal solutions in form of quartz during the Tertiary faulting of the Kraków Upland.

**Key words:** Epigenetic silicification, limestones, Upper Jurassic, Kraków region.

*Manuscript received March 1986, accepted May 1986*

**Abstract:** W wapieniach górnego oksfordu okolic Krakowa występują utwory krzemionkowe związane z dwoma rodzajami sylifikacji. Prócz wczesnodiagenetycznych krzemieni obecnych w całym profilu wapieni górnego oksfordu, występują również epigenetyczne utwory krzemionkowe ograniczone do stropowej części wapieni górnej jury. Budująca je krzemionka wykształcona jest w postaci kwarcu, który krystalizował z roztworów termalnych w czasie powstawania uskoków na Wyżynie Krakowskiej w trzeciorzędzie.

### WSTĘP

W wapieniach górnej jury okolic Krakowa występują utwory krzemionkowe związane z dwoma rodzajami sylifikacji, różniące się cechami petrograficznymi (Rajchel, 1970). Pierwsze z nich wiążą się z procesami wczesnej diagenety osadu i reprezentowane są przez konkretne krzemionkowe — krzemienie, obecne w całym profilu utworów górnej jury, a szczególnie liczne w wapieniach uławiconych. Drugie, będące przedmiotem badań autora, ograniczone są do przystropowej części utworów jurajskich i stanowią efekt wtórnej, znacznie późniejszej, epigenetycznej sylifikacji. Występują one w postaci ciał skrzemionkowanych wapieni o nieregularnych kształtach oraz naskorupień krzemionki na wapieniach.

Celem niniejszej pracy jest podanie charakterystyki petrograficznej epigenetycznych utworów krzemionkowych, ze szczególnym uwzględnieniem cech odróżniających je od wczesnodiagenetycznych krzemieni oraz ustalenie przypuszczalnego przebiegu epigenetycznej sylifikacji w wapieniach, w zależności od ich wykształcenia. Na podstawie uzyskanych rezultatów badań przeprowadzono dyskusję hipotez dotyczących genezy badanych utworów.

Proces epigenetycznej sylifikacji wapieni nie ma modelu aktualistycznego (Fairbridge, 1975, p. 49) i dotychczas w literaturze opisywany jest najczęściej jako efekt działalności hydrotermalnej, wietrzenia w różnych strefach klimatycznych lub też procesów pedogenicznych.

Wapień górnojurajskie, w których występują przejawy epigenetycznej sylifikacji, należą w okolicach Krakowa do poziomu *Idoceras planula* lub *Epipelto-ceras bimammatum* (Tarkowski, 1982) i wykształcone są w tym rejonie jako wapień skaliste, charakteryzujące się brakiem uławicenia i krzemieni, lub jako wapień uławiczone z krzemieniami (Dżułyński, 1952). Obserwuje się przy tym lateralne przejścia jednej odmiany w drugą. Facje te, jak się wydaje, odpowiadają dwóm podstawowym facjom tworzącym się w czasie górnej jury w epikontynentalnym morzu środkowej Europy, tj. facji rafowej (*reef facies*) i uławiczonej (*normal facies*, por. Flügel & Steiger, 1981; Gwinner, 1976).

Niniejsza praca powstała w znacznej części w ramach obserwacji terenowych poczynionych w czasie kartowania geologicznego okolic Krakowa przy sporządzaniu arkusza „Kraków” Mapy Geologicznej Polski w skali 1 : 50 000.

## HISTORIA BADAŃ

Zjawisku epigenetycznej sylifikacji wapieni w południowej części Jury Krakowsko-Częstochowskiej poświęcono dotychczas niewiele uwagi. Większość wzmianek ma charakter marginesowy i dotyczy rejonu położonego na południe od rowu krzeszowickiego.

Morozewicz (1909) opisując haczetyn z Bonarki wspomina o kwarcach pochodzenia termalnego narosłych na ścianach próżni skalnych. Genezę ich wiąże on (*op. cit.* p. 623) „z jakimś źródłem ciepłem... bijącym prawdopodobnie gdzieś bardzo głęboko, z pod jury”.

Kuźniar i Żelechowski (1927, p. 444) sugerują „czy czasem powstanie żył krzemionkowych nie stoi w jakimś związku z procesami tektonicznymi”. Z odsłonięcia w Bonarce opisują oni (*op. cit.* p. 441) podłużne „dyki” żelazistej krzemionki występujące na powierzchni abrazyjnej, szczególnie w pobliżu przecinających tę powierzchnię uskoków. Krzemionka ta (*op. cit.* p. 441) „powstała po senonie, albowiem wypchała ku górze osady emszery”. Podobne zjawiska napotkali również w Pychowicach (*op. cit.* p. 467) w postaci „strefy wapieni jurajskich... potrzaskanych uskokami, których szczeliny zablżyła krzemionka”, wyróżniając przy tym 4 generacje krzemionki.

Nieco bardziej na północ, z rejonu między Pilicą a Szczekocinami, zsylikowane wapień astartu opisuje Sujkowski (1934), w postaci kwarcolitów chalcedonowych (*sensu* Cayeux, 1929) o ostrej i zawilej granicy między skałą wapienną a krzemionkową, uznając ich wiek za młodszy od krzemieni.

Gaweł (1948, p. 298) opisując dolomity z łomu Bergera wspomina o epigenetycznych „czar-

nych krzemieniach z Bonarki, które w odróżnieniu od brunatnych krzemieni syngenetycznych z wapieniem wypełniają szczeliny w nim, wystając z powodu twardości ponad powierzchnię abrazyjną cenomanu”.

Uwagi odnośnie do epigenetycznej sylifikacji i jej wieku wysuwa Dżułyński (1953). Stwierdza on, że „krzemionka może występować we wszystkich możliwych szczelinach ciosowych” (*op. cit.* p. 388), „rozlewa się często po powierzchni abrazyjnej” — o czym decydują warunki lokalne (*op. cit.* p. 390) — oraz, że „skrzemionkowanie jest niewątpliwie pokredowe” (*op. cit.* p. 390) i podobnie jak wszystkie inne formy mineralizacji jury związane z tektoniką pokredową.

Dżułyński i Żabiński (1954) wskazują na współzależność procesów dolomityzacji, pirytyzacji i sylifikacji wiążąc je zdecydowanie ze spękaniem tektonicznymi.

Autigeniczne kwarcy z margli santonkich z Samborka koło Tyńca Alexandrowicz (1958) łączy z epigenetycznymi procesami zachodzącymi w czasie dolomityzacji i pirytyzacji wapienia skalistego. Omawiając geologię okolic Tyńca, wspomina on również o epigenetycznych koncentracjach krzemionkowych w wapieniach jurajskich (Alexandrowicz, 1960, p. 48) zakładając, że „krzemionka pochodząca z rozpuszczania igieł gąbek zawartych w wapieniach powodowała zapewne lokalną sylifikację wapieni”, której początek określa jako przedcenoński.

O zsylikowanych w stropowej części wapieniach astartu w Korzkwi, przykrytych utworami cenomanu, wzmiankuje Bukowy (1960).

Znacznie szerzej o epigenetycznej sylifikacji wapieni górnego oksfordu pisze Rajchel (1970). Wśród epigenetycznych utworów krzemionkowych wydziela on krzemienie *sensu lato* i kwarcolity, podając także ich opis mikroskopowy oraz łącząc ich wystąpienia z bliskością kredowej platformy abrazyjnej. Sylifikację epigenetyczną w wapieniach jurajskich wiąże on z procesami wietrzenia w okresie dolnej kredy.

Łaptaś (1974) zwraca uwagę na epigenetyczną sylifikację dolomitów występujących w wapieniach skalistych, uważając ten proces za wtórny w stosunku do — przyjmowanej przez niego — wczesnodiagenetycznej dolomityzacji i zachodzący po kredowej erozji i osadzeniu santonu.

Górecka i Zapaśnik (1981) oraz Bednarek *et. al.* (1983) wiążą z tektoniką występowanie dolomityzacji i innych form mineralizacji (w tym sylifikacji) w utworach jury z rejonu Ogródzieńca i Wolbromia. Opierając się głównie na pomiarach temperatur dekrepitacji kwarcu, które wynoszą 80–90°C, Górecka i Zapaśnik (1981, p. 531) twierdzą, że „zasadowe, hydrotermalne roztwory dolomityzujące skały wapienne, uruchomiły i lokalnie przemieściły pierwotną krzemionkę tych skał, która następnie została wytrącona w postaci kwarcu z kalcytem, po utworzeniu się dolomitu i pirytu”. Wiek tego procesu określają oni na najwyższą jurę — dolną kredę.

## OPIS ODSŁONIEŃ

W okolicach Krakowa przejawy epigenetycznej sylifikacji występują głównie w przystropowych częściach niektórych odsłoneń wapieni górnego oksfordu (Fig. 1). Wapienie te wykształcone są głównie jako skaliste lub uławicone, a wyjątkowo jako płytowe (*sensu* Dżułyński, 1952). W opisywanym rejonie prócz typowych wapieni skalistych i uławiconych występują również wapienie zawierające liczne krzemienie, a jednocześnie pozbawione uławicenia; wapienie uławicone bez krzemieni oraz wapienie kredowate.

Na wapieniach jurajskich ściętych kredową powierzchnią abrazyjną leżą lokalnie zachowane płyty utworów kredowych. Opisywany obszar ulegał intensywnym procesom wietrzenia i erozji w dolnej kredzie i trzeciorzędzie, a silne ruchy tektoniczne zachodzące w miocenie spowodowały pocięcie Wyżyny Krakowskiej gęstą siecią uskoków (Gradziński, 1972).

## OKOLICE TYŃCA

W okolicach Tyńca przejawy epigenetycznej sylifikacji obserwowano głównie w szczytowych partiach wzniesień (Fig. 2).

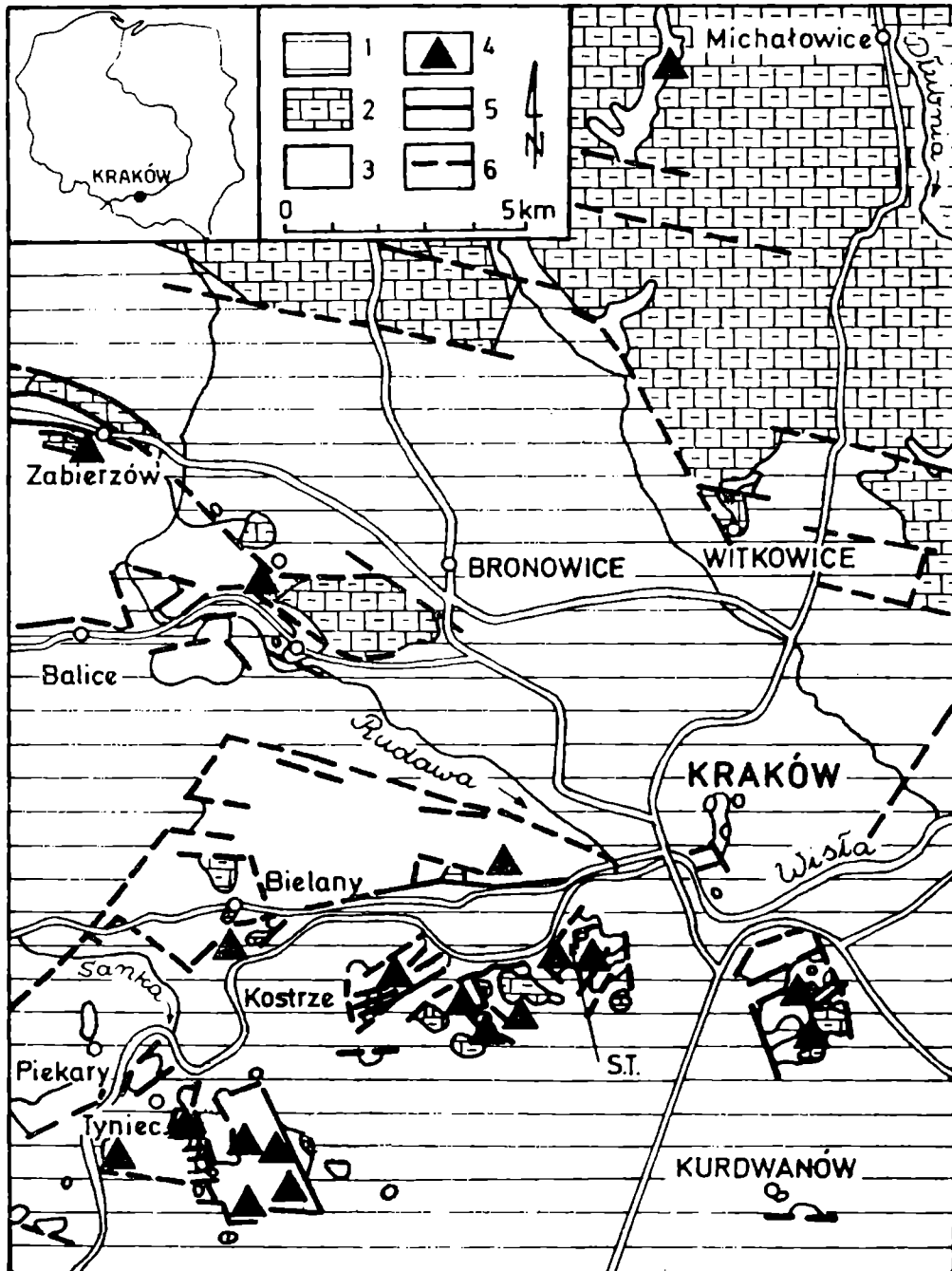


Fig. 1. Występowanie epigenetycznych utworów krzemionkowych w rejonie Krakowa (na tle mapy Gradzińskiego, 1972). 1 – miocen; 2 – kreda; 3 – jura; 4 – epigenetyczne utwory krzemionkowe; 5 – uskoki stwierdzone; 6 – uskoki prawdopodobne; S.T. – Skały Twardowskiego

Fig. 1. Occurrences of epigenetic siliceous deposits in the Kraków area (localized on the map by Gradziński, 1972). 1 – Miocene; 2 – Cretaceous; 3 – Jurassic; 4 – epigenetic siliceous deposits; 5 – evidenced faults; 6 – inferred faults; S.T. – Skały Twardowskiego

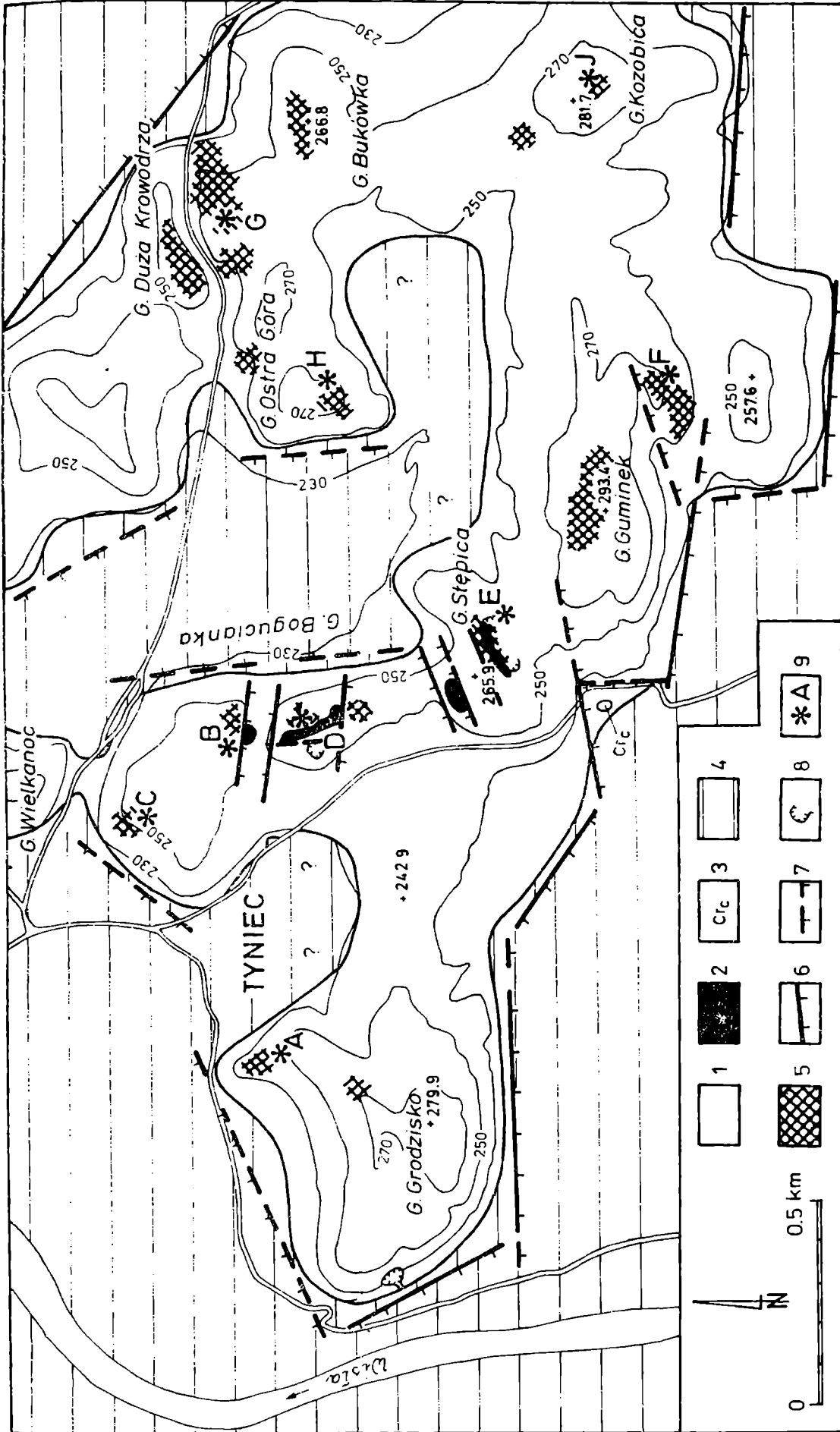


Fig. 2. Występowanie epigenetycznych utworów krzemionkowych w rejonie Tyniec (na tle map Alexandrowicza, 1960 i Gradzińskiego, 1972, częściowo zmienione). 1 – jura; 2 – kreda, turon; 3 – kreda, cenoman; 4 – miocen; 5 – epigenetyczne utwory krzemionkowe; 6 – uskoki pewne; 7 – uskoki prawdopodobne; 8 – większe kamieniołomy; 9 – opisane punkty obserwacyjne

Fig. 2. Occurrences of epigenetic siliceous deposits in the Tyniec area (localized on the map by Alexandrowicz, 1960, and Gradziński, 1972, slightly modified). 1 – Jurassic; 2 – Cretaceous, Turonian; 3 – Cretaceous, Cenomanian; 4 – Miocene; 5 – epigenetic siliceous deposits; 6 – evidenced faults; 7 – inferred faults; 8 – major quarries; 9 – described exposures

### Grodzisko

Wzgórze to zbudowane jest głównie z wapieni uławiconych zawierających krzemienie, które w szczytowej partii wzniesienia przechodzą w nieuławicony i pozbawiony krzemieni wapień skalisty. Od N, W i S obcięte jest ono uskokami o dość znacznych zrzutach (Fig. 2,A). Bezpośrednio powyżej niewielkiego łomiku w N części Grodziska, przy ścieżce prowadzącej na szczyt, odsłaniają się bloki wapienia skalistego z niewielkimi (maksymalna długość 30 cm) naskorupieniami epigenetycznej krzemionki. Epigenetyczne utwory krzemionkowe są barwy ciemnoszarej, na zewnętrznych powierzchniach prawie czarnej i tworzą z wapieniem ostrą granicę; zaznacza się też ich wyraźnie większa odporność na wietrzenie. Sam wapień jest skałą masywną, bardzo zwięzłą, o charakterystycznej, zlewnej teksturze. Epigenetyczne utwory krzemionkowe występują wzdłuż ścieżki na odcinku około 100 m, a następnie pojawiają się miejscami w szczytowej partii wzgórza.

### Bogucianka

Na S zboczu Bogucianki (Fig. 2,B) odsłaniają się wapień skaliste z dużymi skupieniami epigenetycznej krzemionki barwy szarobrunatnej, występującymi w formie gniazd w skale (Pl. I: 1, 2). Wapień jest drobnodetrytyczny, zlewny, sprawiający makroskopowo wrażenie przekryształizowanego; przecinają go liczne szczeliny. Epigenetyczne utwory krzemionkowe są najczęściej ciałami izomerycznymi, niejednokrotnie o znacznych wymiarach (0,5–1 m) i nierównych, strzępiastych, lecz ostrych granicach. W ich wnętrzu obserwuje się enklawy niezsylikowanych wapieni. Na skutek dużej odporności na wietrzenie epigenetyczne utwory krzemionkowe wystają 2–3 cm ponad powierzchnię wapienia, z którym tworzą w zasadzie ostrą granicę, ale dość często obserwuje się stopniowe przejścia od gniazd epigenetycznej krzemionki, poprzez gąbczaste naskorupienia występujące powierzchniowo do nie zmienionego wapienia. Zachodzi to na odcinku od kilku do kilkunastu cm. Niekiedy epigenetyczne utwory krzemionkowe stanowią wypełnienie rozszerzonych szczelin ciosowych w wapieniu.

Na N zboczu Bogucianki (Fig. 2, C) epigenetyczne utwory krzemionkowe występują na nierównej, stropowej powierzchni wapieni, gdzie wykształcone są w postaci ciemnych „czapek” na skale.

W kamieniołomach u stóp środkowego i południowego wierzchołka Bogucianki (Fig. 2, D, E) epigenetyczne utwory krzemionkowe w formie gniazd i naskorupień obserwowano w pociętym licznymi uskokami, gruzłowatym wapieniu skalistym, na którym rozwinęła się powierzchnia abrazyjna, przykryta utworami turonu. Przejawy epigenetycznej sylikacji stwierdzono tutaj na odcinku kilku metrów poniżej spągu utworów kredowych.

### Guminek

Wzniesienie to buduje głównie wapień skalisty, który miejscami przechodzi w wapień uławicony. Epigenetyczne utwory krzemionkowe w postaci gniazd i na-

skorupień na wapieniach stwierdzono w górnej części wzniesienia oraz na S od dużego wąwozu (Fig. 2, F). Wielkość ich jest zróżnicowana, przeważają formy małe, do około 10 cm średnicy.

### Inne stanowiska

W rejonie zrębu tynieckiego skupienia epigenetycznej krzemionki występują także w górnych partiach Ostrej Góry i okolicznych wzniesień (Fig. 2, G, H), przy czym w kierunku wschodnim ich liczebność wyraźnie wzrasta. Podobnie, jak w opisywanych wcześniej stanowiskach, tkwią one w wapieniu o charakterystycznej, zlewnej teksturze. Rzadko obserwuje się epigenetyczne skrzemionkowanie rozwinięte na krzemieniach, co niewątpliwie związane jest z wyraźną dominacją w tym rejonie facji wapienia skalistego pozbawionego zasadniczo krzemieni. Na stanowiska epigenetycznych utworów krzemionkowych natrafiono również w szczytowych partiach Bukówki i Kozobicy (Fig. 2, J).

### KOSTRZE—PYCHOWICE

Przejawy epigenetycznej sylifikacji obserwuje się w Kostrzu około 300 m na N od szkoły (Fig. 3, A) oraz w szczytowej części wzgórza Solnik (Fig. 3, B). Epigenetyczne skrzemionkowanie występuje tam w przystropowych partiach utworów jurajskich przykrytych miejscami wapieniami piaszczystymi turonu, zarówno na powierzchniach szczelin ciosowych w postaci polew, jak i w postaci gniazd i żył w wapieniach. Obserwowane utwory turonu na kontakcie z utworami jurajskimi nie wykazują makroskopowo wyraźnych śladów sylifikacji. Na południowym zboczu wzgórza Solnik (Fig. 3, C) epigenetyczne skrzemionkowanie występuje w niewyraźnie uławiconym wapieniu ze zmienną ilością krzemieni, zawierającym liczne fragmenty żółtych, laminowanych, wapnistych ciał o niejasnej genezie (sedymen wewnętrzny?), tkwiących w skale na podobieństwo buł krzemiennych.

Epigenetyczne utwory krzemionkowe znaleziono także w Pychowicach, w NE i SE części Góry Pychowickiej (Fig. 3, D, E), około 300 m na S od kościoła (Fig. 3, F) oraz w niezdolomityzowanych partiach wapienia, w łomach Góry Księżej (Fig. 3, G). Szczególnie licznie występują one w zwietrzelinie, w pobliżu odsłoneń powierzchni abrazyjnej (Fig. 3, A, E, F) przyjmując formy zarówno naskorupień (Fig. 8), jak i nieregularnych żył w wapieniach.

### SKAŁY TWARDOWSKIEGO

Wapień górnego oksfordu wykształcone są tutaj jako uławicone i tylko lokalnie przechodzą w wapień skaliste. W strefach zdolomityzowanych, w wapieniach uławiconych nie obserwuje się krzemieni.

Epigenetyczne utwory krzemionkowe występują na NE od okapu jaskini Jasnej, z reguły w przystropowej części odsłoneń, gdzie tkwią w masywnym wapieniu

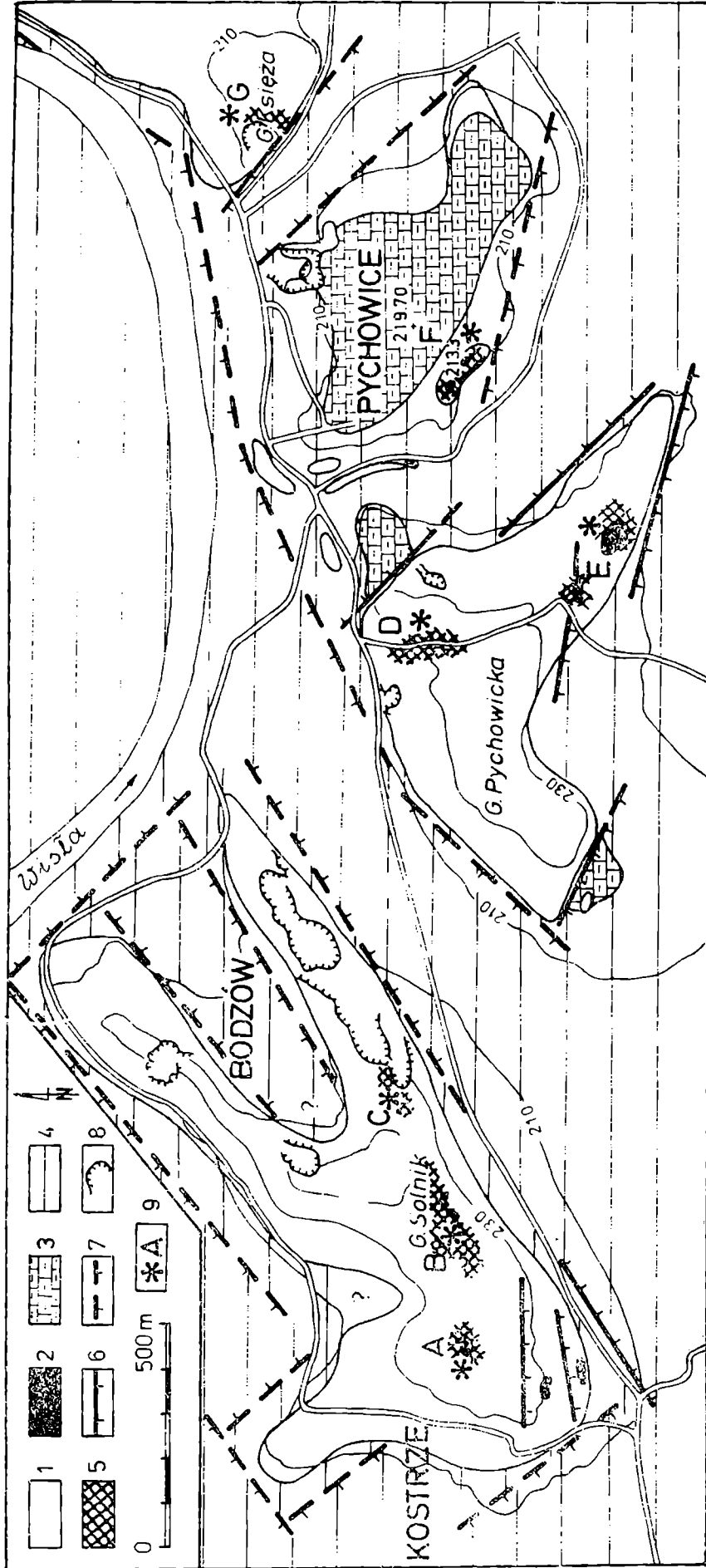


Fig. 3. Występowanie epigenetycznych utworów krzemionkowych w rejonie Kostrza -- Pychowice (na tle mapy Gradzińskiego, 1972, częściowo zmienił). 1 -- jura; 2 -- kreda, turon; 3 -- kreda, senon; 4 -- miocen; 5 -- epigenetyczne utwory krzemionkowe; 6 -- uskoki pewne; 7 -- uskoki prawdopodobne; 8 -- większe kamieniołomy; 9 -- opisane punkty obserwacyjne

Fig. 3. Occurrences of epigenetic siliceous deposits in the Kostrze -- Pychowice area (localized on the map by Gradziński, 1972; slightly modified). 1 -- Jurassic; 2 -- Cretaceous, Turonian; 3 -- Cretaceous, Senonian; 4 -- Miocene; 5 -- epigenetic siliceous deposits; 6 -- evidenced faults; 7 -- inferred faults; 8 -- major quarries; 9 -- described exposures



o zlewnej teksturze. Są one rozwinięte w postaci koncentrycznych, ciemnoszarych obwódek na diagenetycznych krzemieniach lub nieregularnych gniazd i żył przecinających wapienie (Pl. I: 3; Pl. II: 1). Często obserwuje się epigenetyczne skrzemionkowanie na powierzchniach spękań ciosowych (Fig. 7; Pl. I: 4).

Przejawów epigenetycznej sylifikacji, podobnie jak diagenetycznych krzemieni, nie spotyka się w pobliżu stref zdolomityzowanych. Natomiast w stropie kompleksu objętego dolomityzacją występują niekiedy duże, do 1 m średnicy, nie spotykane gdzie indziej krzemionkowe ciała o barwach szarych, miejscami wiśniowo-żółto-brunatnych, z wyraźnymi koncentrycznymi liniami. W obrębie ciał dolomitu zjawiska epigenetycznej sylifikacji napotkał Łaptaś (1974).

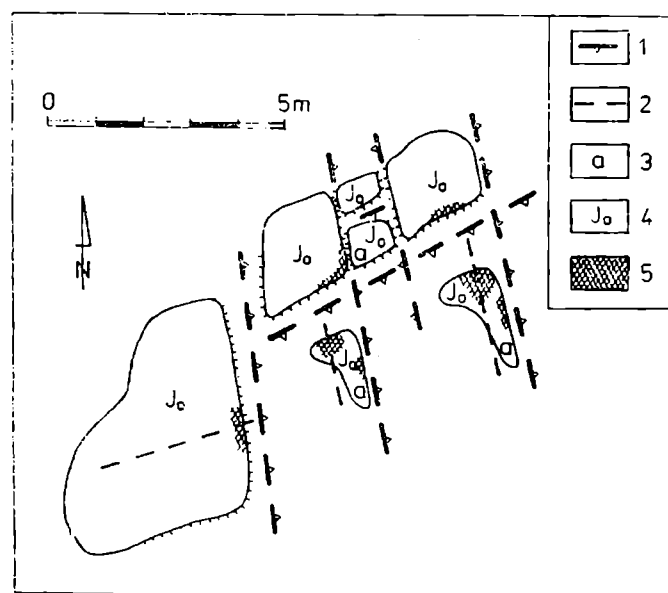


Fig. 4. Szkic sytuacyjny występowania epigenetycznych utworów krzemionkowych w szczytowej partii Skał Twardowskiego. 1 – uskoki; 2 – większe spękania ciosowe; 3 – powierzchnia abrazyjna rozwinięta na wapieniach jurajskich; 4 – wapienie jury; 5 – epigenetyczne utwory krzemionkowe

Fig. 4. Sketch of occurrence of epigenetic silicification in the top part of the Skaly Twardowskiego hill. 1 – faults; 2 – major joints; 3 – abrasion surface developed on the Jurassic limestones; 4 – Jurassic limestones; 5 – epigenetic siliceous deposits

W szczytowej partii Skał Twardowskiego obserwowano epigenetyczne utwory krzemionkowe w postaci nieregularnych skupień krzemionki na pociętej licznymi uskokami powierzchni abrazyjnej (Fig 4); szczególnie w pobliżu stref dyslokacji. Górna powierzchnia epigenetycznych utworów krzemionkowych występujących na powierzchni abrazyjnej jest wykształcona miejscami w postaci drobnych, ostrokrawędzistych ząbków i nie wykazuje śladów abrazyji (Pl II: 2).

### ZAKRZÓWEK

Odsloneńcia utworów jurajskich budują tutaj wapienie uławiczone, w obrębie których występują nisze z wapieniami kredowatymi, charakteryzującymi się mniejszą zwięzłością, bezładnym ułożeniem krzemieni oraz obfitą fauną. W przystropowej SW części czynnego łomu, w płytkich rowach tektonicznych zachowane są zielone margle senońskie.

Epigenetyczne utwory krzemionkowe napotkano w zwietrzelinie oraz w pobliżu szczytu południowej ściany obecnego poligonu wspinaczkowego. Występują tam one jako gniazda i naskorupienia na wapieniach, a także w formie koncentrycznych otoczek na krzemieniach.

Okolo 250 m na SW od szpitala na Zakrzówku znajduje się niewielki, obecnie nieczynny łomik wapieni uławiczonych. Na ich powierzchniach zachowały się miejscami płyty brekcji tektonicznej złożonej z okruchów wapieni i krzemieni. Jest to jedyne odsloneńcie, gdzie napotkano epigenetyczne utwory krzemionkowe w wapieniu słabo zwięzłym, kredowatym, w którym na fugach międzyławicowych rozwinęły się kanały anastomotyczne. Epigenetyczne skrzemionkowanie rozwinięte jest tutaj głównie na krzemieniach, w postaci koncentrycznych otoczek.

### BONARKA

Z terenu obecnego rezerwatu geologicznego Morozewicz (1909), Kuźniar i Żelechowski (1927) oraz Dżułyński (1953) opisywali powiązane ze strefami dyslokacji tektonicznych epigenetyczne utwory krzemionkowe, które to formy są obecnie słabo widoczne. Obserwuje się je w przystropowych partiach wapieni jury. Pokrywają one głównie powierzchnie uskoków tnących powierzchnię abrazyjną i występują na niej w postaci rozległych pokryw. Częste są również gniazda o ostrej granicy zewnętrznej i dodatnim reliefie (Fig. 6), a także epigenetyczne skrzemionkowanie rozwinięte na diagenetycznych krzemieniach.

### DOLINA GARLICZKI

W stromym zboczu, naprzeciw wylotu drogi prowadzącej w kierunku zachodnim do Owczar, odsłaniają się wychodnie utworów jurajskich pokrytych miejscami utworami kredowymi. Wapienie górnego oksfordu wykształcone jako uławiczone, nieco kredowate, przechodzą ku górze w odmianę nie wykazującą kredowatości. Wapień uławiczony w kierunku południowym przechodzi lateralnie w masywny wapień skalisty o teksturze zlewnej. Okolo 100 m na S od wylotu wspomnianej drogi wapienie jury ścięte są powierzchnią abrazyjną, którą pokrywa cienka (30 cm) warstwa zlepieńca cenomańskiego i mające nieco ponad 1 m miąższości margle senonu.

Najbardziej na N wysunięte stanowiska epigenetycznych utworów krzemionkowych w Dolinie Garliczki stwierdzono w pobliżu wystąpień utworów kredowych (Fig. 5, A). Wapienie nieuławiczone (skaliste?) z dużymi nieregularnymi krzemie-

niami przecięte są tam dwoma niewielkimi uskokami o przebiegu mniej więcej prostopadłym i równoległym do dna doliny. Epigenetyczne utwory krzemionkowe występują w najbliższym sąsiedztwie uskoków i rozwinięte są często na krzemieniach. W przystropowej części odstonień liczebność ich zdecydowanie wzrasta. Tworzą one wydłużone ciała barwy ciemnoszarej, o ostrych granicach i wyraźnym dodatnim reliefie, a niekiedy występują w postaci nieregularnych żył przecinających wapienie w różnych kierunkach, przy słabo przeważającym ułożeniu horyzontalnym. Epigenetyczne utwory krzemionkowe obserwowano także na powierzchni abrazyjnej silnie wyżartej procesami krasowymi. Spoiwo zlepieńca cenomańskiego nie jest w miejscach dostępnych do obserwacji skrzemionkowane.

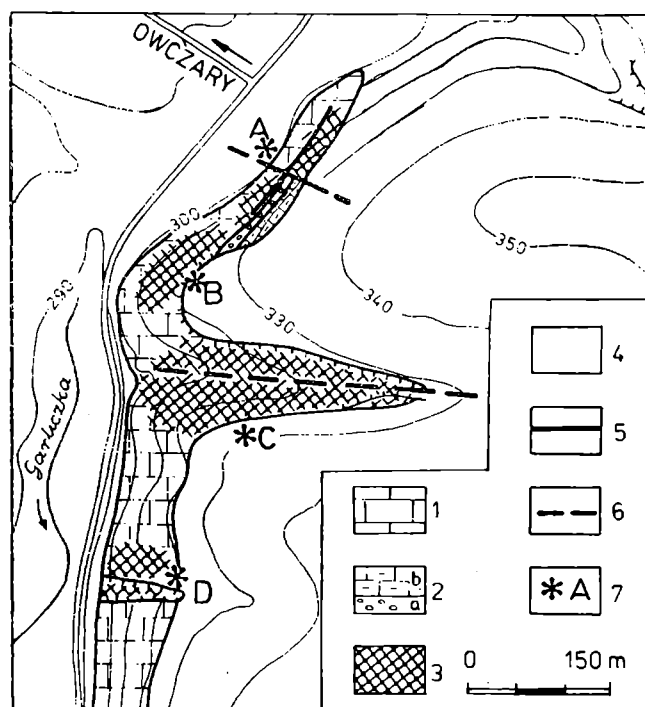


Fig. 5. Występowanie epigenetycznych utworów krzemionkowych w Dolinie Garliczki na W od Michałowic. 1 – wapienie górnego oksfordu; 2 – kreda, *a* – cenoman, *b* – senon; 3 – epigenetyczne utwory krzemionkowe; 4 – czwartorzęd; 5 – uskoki stwierdzone; 6 – uskoki prawdopodobne; 7 – opisane punkty obserwacyjne

Fig. 5. Occurrences of epigenetic siliceous deposits in the Garliczka Valley to the west of Michałowice. 1 – Upper Oxfordian limestones; 2 – Cretaceous, *a* – Cenomanian, *b* – Senonian; 3 – epigenetic siliceous deposits; 4 – Quaternary; 5 – evidenced faults; 6 – inferred faults; 7 – described exposures

Dalej w kierunku południowym (Fig. 5, B) epigenetyczne skrzemionkowanie wapiennego kompleksu górnej jury jest dobrze rozwinięte na odcinku około 100 m. Duża ilość epigenetycznych utworów krzemionkowych powoduje występowanie plamistej struktury wapienia, o wypukłym reliefie plam, który przechodzi w skałę krzemionkową, z nielicznymi enklawami niezsylikowanych wapieni. Skała ta najlepiej odsłania się w dnie i ścianach pobliskiego wąwozu o założeniach przypuszczalnie tektonicznych (Fig. 5, C). Na S od wspomnianego wąwozu epigenetycz-

ne utwory krzemionkowe pojawiają się tylko jako gniazda i żyły w luźnych blokach wapieni, na dnie niewielkiego parowu (Fig. 5, D), po czym skrzemionkowanie zanika.

#### INNE ODSŁONIĘCIA

Epigenetyczne utwory krzemionkowe obserwowano ponadto w opisanym przez Alexandrowicza (1960) kamieniołomie na Bielanych, w Mydlnikach-Wapienniku, skąd notował je Rajchel (1970) oraz w łomie w Zabierzowie. Należy zwrócić uwagę na fakt występowania w tych odsłonięciach utworów kredowych. Niewielkie przejawy epigenetycznej sylikfikacji stwierdzono także w kamieniołomach Libana w Krakowie, w przekopie drogi między Matecznym a Bonarką i na wzgórzu Sikornik w pobliżu Kopca Kościuszki.

Ponadto skrzemionkowane okruchy wapieni znaleziono w materiale żwirowym stożka Prądnika w Toniach.

#### WYSTĘPOWANIE I CHARAKTERYSTYKA MAKROSKOPOWA EPIGENETYCZNYCH UTWORÓW KRZEMIONKOWYCH

Epigenetyczne utwory krzemionkowe wykształcone są w postaci nieregularnych gniazd, żył i naskorupień w wapieniach górnego oksfordu (Fig. 6, 7, 8; Pl. I: 1, 2, 3; Pl. II: 1), jako polewy pokrywające miejscami ciągłą skorupą powierzchnie

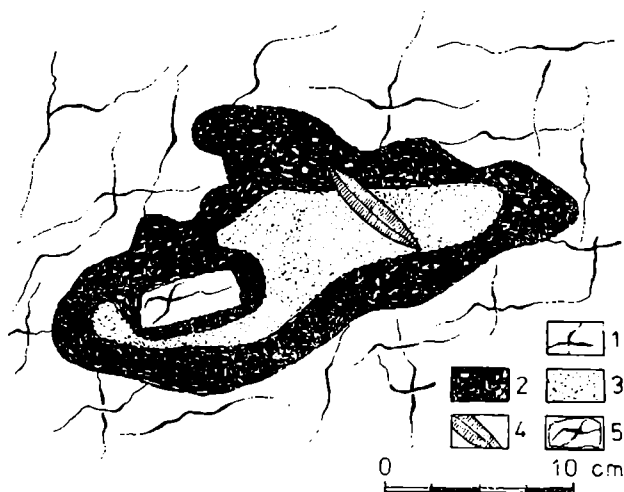


Fig. 6. Epigenetyczny utwór krzemionkowy w formie gniazda w wapieniach górnego oksfordu, ponarka. 1 -- wapień górnego oksfordu; 2 – epigenetyczny utwór krzemionkowy o makroskopowo dużej zawartości  $\text{SiO}_2$ ; 3 – epigenetyczny utwór krzemionkowy o makroskopowo niskiej zawartości  $\text{SiO}_2$ , wyraźnie porowaty; 4 – zsylikowana gąbka; 5 – enklawa nieskrzemionkowanego wapienia jurajskiego

Fig. 6. Nodular epigenetic siliceous body within the Upper Oxfordian limestone, Bonarka. 1 – Upper Oxfordian limestone; 2 – epigenetic siliceous deposit of macroscopically high content of  $\text{SiO}_2$ ; 3 – epigenetic porous siliceous deposit of macroscopically low  $\text{SiO}_2$  content; 4 – silicified sponge; 5 – enclave of non-silicified Upper Jurassic limestone

ciosu (Pl. I: 4) oraz jako nieregularne skupienia krzemionki zachowane lokalnie na powierzchni abrazyjnej, szczególnie w pobliżu przecinających ją dyslokacji (Fig. 4; Pl. II: 2).

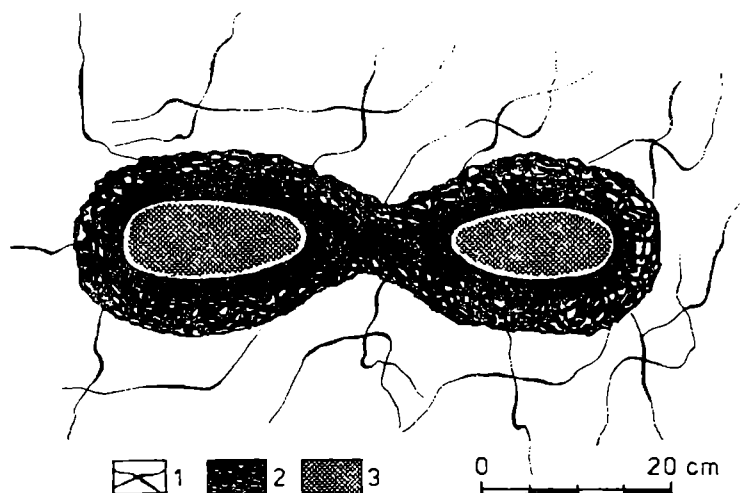


Fig. 7. Epigenetyczne utwory krzemionkowe w formie naskorupień, rozwinięte na diagenetycznych krzemieniach w płaszczyźnie ciosowej wapienia, Skąły Twardowski. 1 – wapień jurajski; 2 – epigenetyczne skrzemionkowanie; 3 – diagenetyczny krzemień

Fig. 7. Epigenetic siliceous deposits in form of crusts developed on the diagenetic cherts on the joint surface in the limestone, Skąły Twardowski hill. 1 – Jurassic limestone; 2 – epigenetic silicification; 3 – diagenetic chert

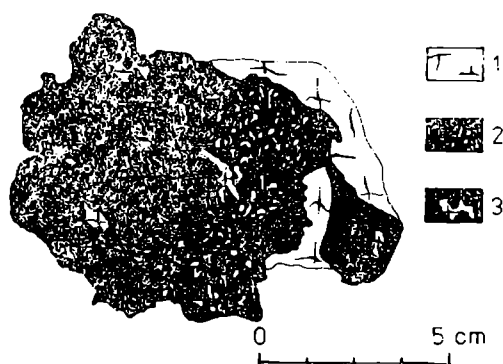


Fig. 8. Epigenetyczne skrzemionkowanie w formie naskorupienia na wapieniu jurajskim, Pychowice. 1 – wapień jurajski; 2 – epigenetyczne skrzemionkowanie; 3 – enklawy nieskrzemionkowanego wapienia jurajskiego

Fig. 8. Epigenetic silicification in form of crust on the Jurassic limestone, Pychowice. 1 – Jurassic limestone; 2 – epigenetic silicification; 3 – enclaves of non-silicified limestone

Występowanie epigenetycznych utworów krzemionkowych ogranicza się w zasadzie do kilkunastu metrów profilu poniżej spągu utworów kredowych, a w przypadku odsłoneń, gdzie kreda została erozyjnie usunięta, do przystropowej części wapieni jurajskich, co obserwowano głównie w szczytowych partiach wzniesień.

Na podstawie licznych obserwacji stwierdzono, że przejawy epigenetycznej sylifikacji występują głównie w wapieniu białym, masywnym, o charakterystycznej,

zlewnej teksturze; nie zaobserwowano ich powiązań z żadną z facji wapieni górnego oksfordu występujących w rejonie Krakowa.

Od diagenetycznych krzemieni epigenetyczne utwory krzemionkowe różnią się makroskopowo wyraźną porowatością (Fig. 6, 9), szorstką powierzchnią przełamu, nieregularnymi kształtami (Fig. 6; Pl. I: 1, 3; Pl. II: 2) oraz zawartością licznych enklaw niezsylifikowanych wapieni (Fig. 6, 8). Część z obserwowanych epigenetycznych utworów krzemionkowych była wykształcona w postaci kwarcolitów (*sensu* Cayeux, 1929), tj. zsylikowanych wapieni o strukturze kwarcytu.

Wielkość epigenetycznych utworów krzemionkowych waha się od kilku mm do powyżej 1 m średnicy, przy jednocześnie częstej anizotropii kształtów. Ciała izometryczne obserwuje się głównie w postaci skrzemionkowania rozwiniętego koncentrycznie na diagenetycznych krzemieniach, w strefie o szerokości kilku do kilkunastu cm (Fig. 7, 9; Pl. I: 3; Pl. II: 1). Charakterystyczne, że są to przeważnie

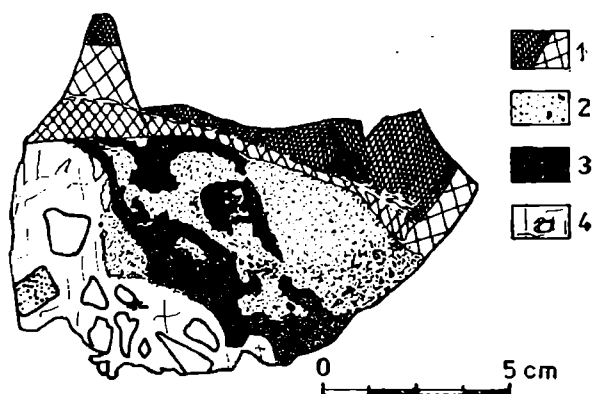


Fig. 9. Epigenetyczne skrzemionkowanie rozwinięte między brekcją tektoniczną a diagenetycznym krzemieniem, Mydlniki. 1 – krzemień wstęgowany; 2 – epigenetyczny utwór krzemionkowy o makroskopowo niskiej zawartości  $\text{SiO}_2$ , wyraźnie porowaty; 3 – epigenetyczny utwór krzemionkowy o makroskopowo dużej zawartości  $\text{SiO}_2$ ; 4 – brekcja tektoniczna

Fig. 9. Epigenetic silicification developed between the tectonic breccia and diagenetic chert, Mydlniki. 1 – ribbon chert; 2 – epigenetic porous siliceous deposit of macroscopically low  $\text{SiO}_2$  content; 3 – epigenetic siliceous deposit of macroscopically high  $\text{SiO}_2$  content; 4 – tectonic breccia

formy o grubości kilku mm, które otaczają krzemień jedynie w płaszczyźnie powierzchni ciosowej wapienia (Pl. II: 1). W przypadku występowania w skale licznych, blisko siebie ułożonych krzemieni, rozwinięte na nich epigenetyczne utwory krzemionkowe mogą łączyć się ze sobą (Fig. 7).

Na świeżym przełomie barwa epigenetycznych utworów krzemionkowych jest mlecznokawowa lub szara, na powierzchniach zwiędniętych zaś bywa ciemnobrunatna, częściej ciemnoszara, prawie czarna, co spowodowane jest silnie porowatą, chłonącą zanieczyszczenia strukturą. Tylko w jednym odsłonięciu (Skały Twardowskiego), w stropie kompleksu zdolomityzowanego ciała krzemionkowe o niejasnej genezie są odmiennej, brązowo-wiśniowo-żółtej barwy, z zaznaczającymi się rozmazanymi, koncentrycznymi smugami. Według Łaptasia (1974) zawierają one poniżej 5% reliktywów dolomitu.

W większości przypadków można wydzielić w epigenetycznych utworach krzemionkowych strefy o różnej porowatości (Fig. 6, 9). W formach gniazdowych większą porowatość wykazują strefy wewnętrzne, a w przypadku naskorupień i żył — zewnętrzne. W silnie porowatych strefach kształt pustek odpowiada czasami zarysom fragmentów organicznych.

Charakterystyczną cechą epigenetycznych utworów krzemionkowych są makroskopowo ostre granice zewnętrzne oddzielające je od skały macierzystej (Fig. 6, 7, 8; Pl. I: 1—4; Pl. II: 1, 2). Brak tu stref przejściowych, wyrażających się w stopniowym wzroście zawartości krzemionki, a ostry charakter granicy podkreśla ponadto dodatni relief ciała krzemionkowego. Charakter granicy epigenetycznych utworów krzemionkowych z diagenetycznym krzemieniem jest podobny, przy czym nie jest ona podkreślona zróżnicowanym reliefem (Pl. II: 1). W kierunku do wnętrza epigenetycznych utworów krzemionkowych, występujących w formie gniazda, stopień skrzemionkowania niekiedy maleje, co znajduje odzwierciedlenie w jaśniejszej barwie skały (Fig. 6).

W obrębie ciał epigenetycznej krzemionki spotyka się, w przeciwieństwie do diagenetycznych krzemieni, makroskopowo widoczne relikty niezsylikowanych wapieni (Fig. 6, 8). W kamieniołomie w Mydlnikach obserwowano epigenetyczne skrzemionkowanie rozwinięte między krzemieniem a brekcją tektoniczną złożoną z okruchów wapieni i ziarn kwarcu (Fig. 9).

Epigenetyczne utwory krzemionkowe trawione w HCl wykazują niekiedy wyraźną dwudzielność budowy (Pl. III: 1). Od fragmentów praktycznie w całości skrzemionkowanego wapienia odchodzą liczne odgałęzienia krzemionki przenikające niezsylikowaną skałę. Uwidacznia się to po rozpuszczeniu wapienia w postaci niezwykle porowatego szkieletu  $\text{SiO}_2$ , „wyrastającego” ze strefy monolitu.

Epigenetyczna krzemionka występuje również w postaci pól pokrywających miejscami ciągłą skorupą powierzchnie ciosu (Pl. I: 4) lub jest zachowana lokalnie na powierzchni abrazyjnej (Pl. II: 2). Nie zawiera ona wówczas reliktyw skał węglanowych świadczących o jej powstaniu przez sylikację wapienia. Kształty takich epigenetycznych utworów krzemionkowych są nieregularne, ostrokrawędziste, a ich barwa ciemnobrunatna.

### SKŁAD MINERALNY I CHEMICZNY EPIGENETYCZNYCH UTWORÓW KRZEMIONKOWYCH

Jak wykazały analizy chemiczne,  $\text{SiO}_2$  stanowi ponad 90% epigenetycznych utworów krzemionkowych (Tab. 1). Mniejsza ilość  $\text{SiO}_2$  w próbce nr 3 wynika z omówionego wyżej faktu występowania w ciałach krzemionkowych enklaw niezsylikowanych wapieni. Zwraca uwagę podwyższona zawartość  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  w stosunku do wapieni.

Badania rentgenowskie i spektrofotometryczne w podczerwieni wskazują na obecność układu dwufazowego kalcyt-kwarc we wszystkich próbkach, przy zdecydowanej przewadze ilościowej kwarcu.

Tabela — Table 1

Skład chemiczny epigenetycznych utworów krzemionkowych i wapienia górnego oksfordu  
(% wag.)

Chemical composition of the Upper Oxfordian epigenetic siliceous deposits and limestone  
(wt. %)

Nr próbek Sample number	Epigenetyczne utwory krzemionkowe Epigenetic siliceous deposits				Wapień Limestone	
	Dolina Garliczki		Tyniec			
	2**	4**	Bogucianka 1*	Grodzisko 3***	Guminek 5*	Bogucianka —
SiO <sub>2</sub>	91,46	92,14	92,86	67,96	94,98	0,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,02	0,38	0,45	0,64	0,32	0,13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,05	4,39	0,40	1,40	0,90	0,10
CaO	1,85	1,14	2,24	16,40	1,40	54,56
MgO	0,40	0,30	0,50	0,10	0,40	0,25
Na <sub>2</sub> O	0,40	0,41	0,43	0,58	0,48	0,70
K <sub>2</sub> O	0,10	0,11	0,10	0,11	0,12	0,14
Straty prażenia Loss on heating	2,01	1,25	2,77	13,05	1,60	43,13
	100,29	100,12	99,75	100,24	100,20	99,53

\* epigenetyczne skrzemionkowanie w formie gniazda w wapieniu jurajskim.

\*\* naskorupienie epigenetycznej krzemionki na wapieniu.

\*\*\* epigenetyczny utwór krzemionkowy z nielicznymi enklawami niezsylikowanego wapienia.

\* nodular epigenetic silicification of limestone.

\*\* epigenetic siliceous crust on limestone.

\*\*\* epigenetic siliceous deposit with rare limestone enclaves.

Dodatkowe badania rentgenowskie wszystkich próbek wykonano w celu określenia wskaźnika krystaliczności kwarcu  $CI$  (Murata & Norman, 1976), którego wielkość związana jest ze stopniem wyrazistości refleksu  $d(212) = 1,3020 \text{ \AA}$  (Fig. 10). Zgodnie z założeniami metody, czysty, idiomorficzny kwarc wykazuje wyrazistość  $CI = 10$ , słabo zaś skrzemionkowana krzemionka  $CI < 1,0$ . Wskaźnik krystaliczności  $CI$  wydaje się w dużym stopniu funkcją rozmiarów kryształitów większych od  $1 \mu\text{m}$  średnicy, ale może być też zależny od deformacji sieciowych wywołanych przez naciski mechaniczne. W celach porównawczych zanalizowano dwukrotnie próbkę nr 4 oraz wykonano badanie diagenetycznego krzemienia z wapieni górnego oksfordu. Otrzymane wyniki przedstawia Fig. 10. Wskazują one na bardzo wysoki stopień krystaliczności kwarcu w epigenetycznych utworach krzemionkowych, także na wyraźną różnicę w wykształceniu krzemionki budującej epigenetyczne utwory krzemionkowe i diagenetyczne krzemienie.

Dla dwóch próbek z Doliny Garliczki oraz po jednej z Tyńca (Bogucianka) i Bonarki wykonano pomiary temperatury dekrepitacji. Uzyskane zakresy tempe-



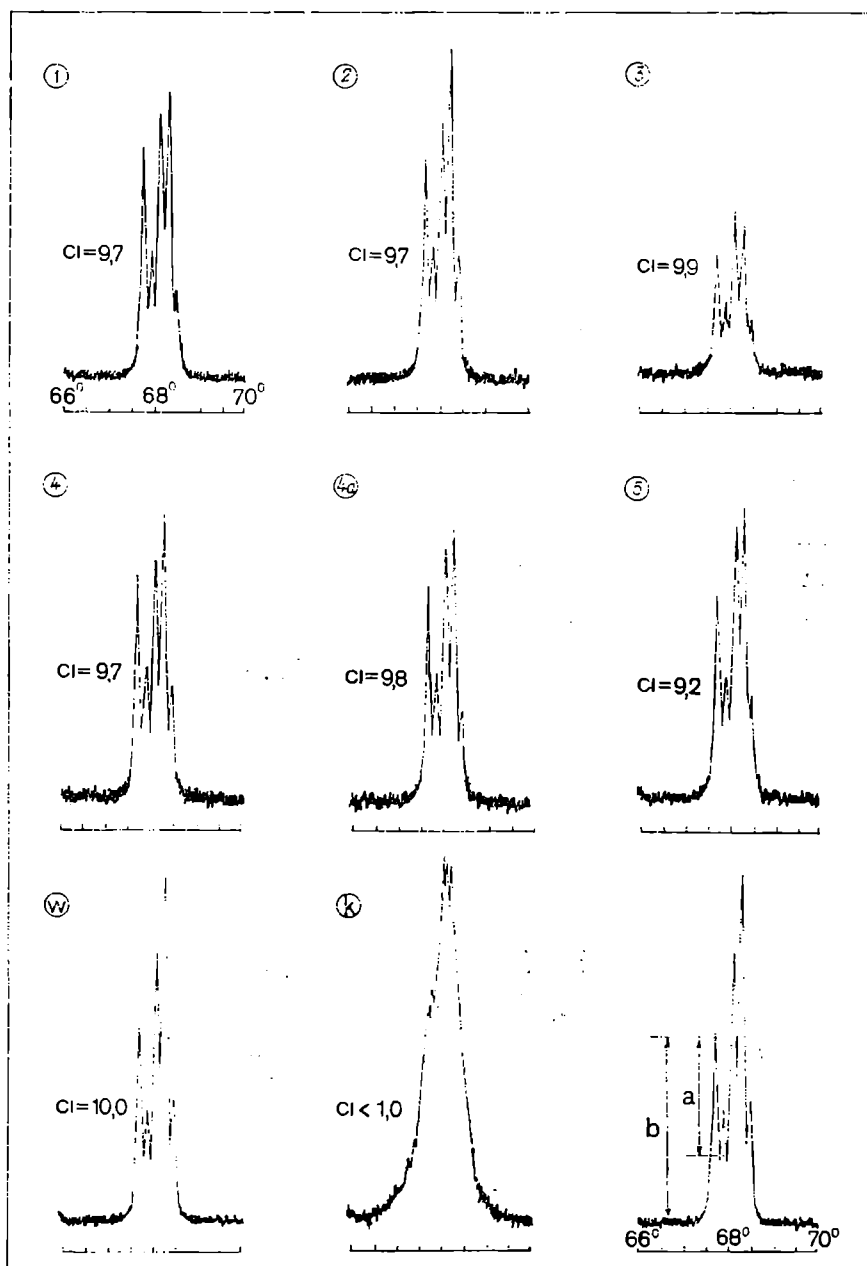


Fig. 10. Stopień krystaliczności kwarcu  $CI$  (wg Muraty & Norman, 1976) w epigenetycznych utworach krzemionkowych. Numeracja próbek zgodna z tabelą nr 1.  $W$  – próbka wzorcowa, kwarc z Jęglowej;  $K$  – diagenetyczny krzemień z wapieni górnego oksfordu. W prawym dolnym rogu figury sposób wyznaczania parametrów  $a$  i  $b$  dla obliczenia wartości  $CI$

Fig. 10. Quartz crystallinity index  $CI$  (according to Murata & Norman, 1976) for the epigenetic silica. Sample numbers as in Table 1.  $W$  – standard – quartz from Jęglowa;  $K$  – diagenetic chert from the Upper Oxfordian limestone. In the lower right corner of the figure a method of measuring parameters  $a$  and  $b$  for calculating  $CI$  is shown

ratur wynoszą odpowiednio 160–250°C, 85–120°C, 90–110°C i 100–120°C. Odpowiada to (z wyjątkiem pierwszego wyniku) w przybliżeniu temperaturom stwierdzonym przez Górecką i Zapaśnika (1981) w hydrotermalnie zmineralizowanych utworach górnej jury.

## CHARAKTERYSTYKA MIKROSKOPOWA WAPIENI ULEGAJĄCYCH PROCESOM EPIGENETYCZNEJ SYLIFIKACJI

Wapienie górnego oksfordu, w obrębie których występują zjawiska epigenetycznej sylifikacji, są wykształcone w facji nieuławicznej (skalistej) głównie jako biolityty, onkobiopelmikryty, a miejscami intraoobiosparyty; w facji zaś uławicznej jako intrabiopelmikryty, biopelmikryty, onkomikryty i biomikryty (por. Folk, 1962). Lokalnie w obu facjach obserwowano intrabiopelsparyty i biopelsparyty.

W wapieniach nieuławicznych podstawową rolę spełniają struktury glonowe wykształcone w postaci oskorupień typu *Aphanostromata* (por. Nitzopoulos, 1973) lub *laminoid, peloidal crusts* (por. Flügel & Steiger, 1981) oraz będące produktem działalności glonów peloidy, onkoidy i tromatolity (por. Behr & Behr, 1976). Liczne są również tuberoidy, czyli zmumifikowane fragmenty gąbek (por. Fritz, 1958).

Oskorupienia glonowe występują na (1) górnych, skierowanych ku światłu powierzchniach gąbek i innych bioklastów lub (2) na niewidocznych makroskopowo powierzchniach nieciągłości sedymentacyjnej typu *cryptohardground* (por. Flügel & Steiger, 1981). Bardzo licznie w strukturach glonowych występują inkrustacje otwornicami (*foraminiferal crusts; op. cit., p. 382*).

Drugim podstawowym składnikiem wapieni nieuławicznych są skalcyfikowane gąbki krzemionkowe, na których często rozwinięte są charakterystyczne dla górnej i dolnej powierzchni gąbki biocenozy (por. Gaillard, 1983). Górna, skierowana ku światłu powierzchnia zajmowana jest przez oskorupienia glonowe z otwornicami inkrustującymi, dolna zaś część głównie przez mszywioly i serpule.

Wśród bioklastów występujących w tej facji wapieni zwraca uwagę obecność ramienionogów i licznych pokruszonych fragmentów szkarłupni.

Wykształcenie facjalne wapieni nieuławicznych jest zbliżone do scharakteryzowanej przez Flügela i Steigera (1981) biohermalnej facji gąbkowo-glonowej (*sponge-crusts boundstone facies*).

Wykształcenie mikrofacjalne wapieni uławicznych jest zróżnicowane w zależności od odległości od biohermy. W najbliższym sąsiedztwie nieuławicznych wapieni biohermalnych dominują tuberoidy, onkoidy i formy typu *Tubiphytes* Maslov, które w miarę wzrostu odległości zanikają, przy zwiększającym się jednocześnie udziale mikrytu. W wapieniach uławicznych stwierdzono ponadto obecność licznych gąbek, ramienionogów, pojedynczych aptychów i dość licznych szkarłupni.

Skład petrograficzny wapieni uławicznych jest podobny do „facji z tuberoidami” (*tuberolitic wackstone facies*, por. Flügel & Steiger, 1981).

Zarówno wapienie uławicone, jak i nieuławicone są bardzo silnie zdiagenezowane, co jest powodem znacznego zatarcia ich struktury wewnętrznej. W mikrycie obserwowano niekiedy rozproszone romboedry po dolomicie wypełnione wtórnym kalcytem. Dolomityzacja ta jest, jak się wydaje, efektem wczesnej diagenety osadu (Łaptaś 1974) i występuje zarówno w nieuławicznych wapieniach biohermalnych, jak i w wapieniach uławicznych, które pozbawione są wtedy krzemieni. Proces dedolomityzacji mógł zachodzić natomiast zarówno przed, jak i po epigenetycznej sylifikacji wapieni (por. Leuchs, 1958).

Obecność sparytu występującego lokalnie w obu facjach wapieni może być spowodowana (1) warunkami sedymentacji, szczególnie dogodnymi w strefie jądrowej biohermy (por. Schorr & Koch, 1985; Wirsing & Koch, 1986), (2) rekrytalizacją mikrytu, spowodowaną intensywnym ługowaniem wapieni przez wody meteoryczne (o czym dodatkowo świadczy występowanie lokalnie w wapieniach żółtych, laminowanych, wapnistych ciał, będących przypuszczalnie sedymentem wewnętrznym; por. Epting, 1975), lub też (3) działaniem roztworów hydrotermalnych o umiarkowanych wartościach temperatur (por. Bellanca *et al.*, 1984). Nie zaobserwowano natomiast, by w pobliżu epigenetycznych utworów krzemionkowych występowały w wapieniach wyraźne anomalie mikrofaunistyczne (por. Gaillard *et al.*, 1985), co z jednej strony wyklucza istnienie synsedymentacyjnej, niskotemperaturowej hydrotermy, a z drugiej podkreśla postlityfikacyjną genezę tego skrzemionkowania.

### PRZEBIEG SYLIFIKACJI WAPIENI

Epigenetyczna sylifikacja wapieni jurajskich jest wyłącznie kwarcowa. W żadnym z preparatów nie napotkano nawet drobnych ilości chalcedonu i opalu. Wśród krzemionki wyróżniono dwa główne typy oraz odmianę będącą formą przejściową.

Mikrokrystaliczny kwarc ziarnisty, wykształcony w postaci allotriomorficznych, zazębiających się ziarn o maksymalnej wielkości 0,01 mm (por. Wilson, 1966), jest najpospolitszą (ponad 80%) odmianą kwarcu w epigenetycznych utworach krzemionkowych. Zastępuje on równomiernie wypierany mikryt wapienny, omijając enklawy utworzone z bioklastów, tuberoidów, onkoidów i peloidów, które dopiero po całkowitym wyparciu przez krzemionkę otaczającego ich spoiwa atakowane są niekiedy od brzegów ku środkowi. Duże kryształy kalcytu, jako najbardziej odporne na proces sylifikacji, nie są podstawiane przez mikrokrystaliczny kwarc ziarnisty. Dotyczy to również szczątków organicznych utworzonych z grubokrystalicznego kalcytu.

Powstanie mikrokrystalicznego kwarcu ziarnistego wiąże się z dużą rozpuszczalnością drobnych kryształków kalcytu (por. Leuchs, 1985), z których składa się mikryt, i istnieniem licznych centrów krystalizacji wykorzystywanych przez krzemionkę podczas obniżenia pH środowiska (por. Crouzel & Meyer, 1983). Efektem pierwszego etapu sylifikacji jest jednolita masa mikrokrystalicznego kwarcu ziarnistego o strukturze podobnej do mikrytu, złożona z zazębiających się ziarenek i zawierająca miejscami enklawy wapienne odpornejsze na proces skrzemionkowania. Jest ona materiałem wyjściowym dla tworzących się w kolejnych stadiach sylifikacji: odmiany przejściowej i kwarcu mozaikowego będących efektem jej rekrytalizacji.

Odporność na sylifikację jest spowodowana różnymi czynnikami. W przypadku bioklastów jest ona efektem znacznych rozmiarów budujących je kryształów kalcytu, które w przeciwieństwie do kryptokrystalicznego mikrytu nie ulegają sylifikacji zachowując się w kwarcu w postaci inkluzji (por. Leuchs, 1985). Dla tube-

roidów, peloidów i onkoidów podstawowe znaczenie ma, jak się wydaje, fakt występowania w ich strukturze minerałów ilastych wiązanych przez glony w czasie procesów życiowych. Obecność jonu  $Al^{+3}$  wpływa bowiem hamująco na rozpuszczalność krzemionki (por. Okamoto *et al.*, 1957). Powyższe rozumowanie przypuszczalnie potwierdza fakt występowania niekiedy w mikrycie peloidów zdecydowanie ciemniejszych od peloidów-enklaw w zsylikowanym mikrycie, które z kolei barwą odpowiadają nieskrzemionkowanemu mikrytowi. Wydaje się, że zjawisko to jest wynikiem rekrytalizacji peloidów połączonej z odprowadzeniem minerałów ilastych. Tak przekształcony peloid będzie mógł zostać zsylikowany w kolejnym stadium procesu, o ile pozwoli na to wielkość budujących go kryształów kalcytu znacznie powiększonych przez rekrytalizację. Rozmiary kryształów  $CaCO_3$  w obrębie zrekrystalizowanego peloidu są zazwyczaj bardzo zróżnicowane. Selektynie zastępowane przez krzemionkę będą tylko najmniejsze kryształki, w efekcie czego zachowują się liczne inkluzje ksenogeniczne zbudowane z większych kryształów kalcytu odpowiadające ułożeniem zarysom zsylikowanego peloidu. Należy jednak zaznaczyć, że proces sylifikacji nieskrzemionkowanych w początkowym stadium enklaw wapiennych może nie posuwać się dalej, a zachodzące w dalszych stadiach zmiany dotyczą jedynie modyfikacji postaci krzemionki.

Kwarc mozaikowy nie tworzy ostrej granicy z mikrokrystalicznym kwarcem ziarnistym budując druzy złożone z dużej ilości ziarn idio- i hipidiomorficznych o średnicach od 0,05 do 2 mm (por. Wilson, 1966). Stanowi on od 10 do 15% całości krzemionki i występuje w różnych mikrofacjach wapieni. Wielkość ziarn kwarcu mozaikowego zwiększa się w kierunku do wnętrza zajmowanego przez niego pola. Ksenogeniczne inkluzje kalcytowe liczne przy brzegu druz, w ich środku zanikają. W centrum druz zachowują się jedynie wyjątkowo duże (około 0,3 mm) kryształy kalcytu, wokół których rozwinięte są ziarna kwarcu mozaikowego (Pl. III: 2). W kwarcu mozaikowym obserwowano występowanie inkluzji kalcytowych o ułożeniu odpowiadającym zarysom zsylikowanego peloidu, tuberoidu lub onkoidu. Na miejscu takiego peloidu, tuberoidu lub onkoidu tworzy się zazwyczaj kilka ziarn kwarcu mozaikowego o szwach przechodzących przez jego wnętrze. Liczebność inkluzji kalcytowych przy szwach kryształów kwarcu jest w takim przypadku zdecydowanie mniejsza. Stanowi to pośredni dowód na jego rekrytalizacyjną genezę. W obrębie kwarcu mozaikowego mogą występować również całkowicie zachowane peloidy, tuberoidy i onkoidy, które (1) nie uległy wcześniejszej rekrytalizacji połączonej z odprowadzeniem minerałów ilastych lub (2) w wyniku rekrytalizacji utworzyły struktury zbudowane z grubokrystalicznego kalcytu.

Prócz ksenogenicznych inkluzji kalcytowych o maksymalnych rozmiarach kilku dziesiątych mm, obecne są również inkluzje przypuszczalnie autigeniczne, występujące w postaci drobnych pęcherzyków o wielkości poniżej 0,005 mm.

W jednym z preparatów w obrębie kwarcu mozaikowego obserwowano wyraźne fragmenty struktur komórkowych o budowie zonalnej, podobnych do obserwowanych przez Scurfielda *et al.* (1984) w skrzemionkowanym drewnie (Pl. III: 2).

Odmiana krzemionki, wyróżniona jako forma przejściowa, charakteryzuje się

dużą zawartością ksenogenicznych inkluzji kalcytowych i strzępiastymi granicami. Występuje ona w ilości od 5 do 10% w (1) marginalnych strefach druz kwarcu mozaikowego na kontakcie z mikrokrystalicznym kwarcem ziarnistym, (2) jako enklawy w masie mikrokrystalicznego kwarcu ziarnistego lub (3) wśród niezsylikowanego mikrytu. Jej szczególną cechą jest nierówny, strzępiasty charakter brzegów ziarn oraz zawartość licznych inkluzji kseno- i autigenicznych, układających się linijnie, mniej więcej równoległe do granicy z mikrytem wapiennym. Takie ułożenie inkluzji sugeruje, że powstanie formy przejściowej nastąpiło na skutek rekrytalizacji mikrokrystalicznego kwarcu ziarnistego, przy być może niewielkiej dostawie  $\text{SiO}_2$  z zewnątrz.

## DYSKUSJA

Brak powiązania epigenetycznych utworów krzemionkowych z określoną facją wapieni górnego oksfordu, w przeciwieństwie do diagenetycznych krzemieni obecnych głównie w wapieniach uławiconych, wyraźnie podkreśla ich postlityfikacyjny charakter.

Przejawy epigenetycznej sylifikacji obserwowano jedynie w wapieniach jurajskich, przy czym według Kuźniara i Żelechowskiego (1927) oraz Alexandrowicza (1958) podobne zjawiska zachodziły również w leżących bezpośrednio na utworach jurajskich marglach senonu. Margle te ze względu na swą plastyczność i tendencję do tworzenia fleksur nad dyslokacjami uskokowymi w wapieniach jurajskich (Gradziński, 1972, p. 225) mogły stanowić nieprzepuszczalny ekran dla migrujących ku górze roztworów sylifikujących wapienie. Powiązanie epigenetycznego skrzemionkowania ze spękaniami ciosowymi i strefami dyslokacji tektonicznych wskazuje na możliwość wykorzystania tych dróg przez roztwory sylifikujące wapienie (por. Kuźniar & Żelechowski, 1927; Gawęł, 1948; Dżułyński, 1953; Dżułyński & Żabiński, 1954; Górecka & Zapaśnik, 1981; Bednarek *et al.*, 1983).

Z drugiej strony występowanie epigenetycznych ciał krzemionkowych w skrajnie przystropowej części wapieni sugeruje podobieństwo opisanych utworów do form typu *silcrete*, omawianych obszernie w literaturze nie cytowanej w tym miejscu (por. Smalc, 1973). Jednak najbardziej nawet zbliżone formy, wykształcone w postaci zażelazionych silkretów na ostańcach jurajskich, których strop stanowi pozostałość subaeralnej powierzchni erozyjnej (por. Azmon & Kedar, 1985), prócz pewnego podobieństwa litologicznego i podobnego położenia stratygraficznego i morfologicznego, nie wykazują większości cech utworów opisanych w niniejszej pracy.

Porowatość epigenetycznych utworów krzemionkowych jest, jak się wydaje, głównie efektem wietrzenia słabiej odpornych, drobnych enklaw wapiennych; nie można też wykluczyć, że stanowi następstwo dehydratacji opalu (por. Pisciotto, 1981), co jest zjawiskiem występującym powszechnie w utworach typu *silcrete* (por. Azmon & Kedar, 1985), jak i typowo wulkanicznych (por. Kriżewicz, 1984).

Lokalna rekrytalizacja mikrytu i powstanie sparytu oraz makroskopowo zlewny charakter skały są zapewne, przynajmniej w części, efektem stosunkowo krótko

działających roztworów hydrotermalnych o umiarkowanych wartościach temperatur (por. Bellanca *et al.*, 1984), co potwierdzają uzyskane wartości temperatury dekrepitacji dla kwarcu występującego w epigenetycznych utworach krzemionkowych.

Opisane ciała krzemionkowe są, jak się wydaje, efektem mineralizacji hydrotermalnej wykorzystującej lokalnie wszelkie spękania skały, czasem o bardzo skomplikowanym przebiegu (mineralizacja sztokwerkowa) i temperaturach około 100°C. Zjawiska rekrytalizacji w krzemionce wskazują przy tym na istnienie kilku (co najmniej dwóch) stadiów epigenetycznej sylifikacji. Proces tworzenia się epigenetycznych utworów krzemionkowych można interpretować podobnie jak procesy opisane przez Bellanca *et al.* (1984) i Leuchsa (1985).

Za hydrotermalną genezę przemawiają również: skrzemionkowanie głównie stref dyslokacji tektonicznych (por. Kuźniar & Żelechowski, 1927; Dżułyński, 1953; Dżułyński & Żabiński, 1954; Górecka & Zapaśnik, 1981; Bednarek *et al.*, 1983) i ich pirytyzacja (por. Dżułyński & Żabiński, 1954) oraz obecność w epigenetycznych utworach krzemionkowych pirytu (por. Gaweł, 1948). Istnienie wspomnianej hydrotermy zakładał już Morozewicz (1909), który w spągowych partiach utworów senonu w Bonarce stwierdził obecność haczetynu, węglowodoru powstałego w temperaturze co najmniej 80°C, a także wspominał o kryształach kwarcu powstałych w temperaturach prawdopodobnie powyżej 150°C.

Nie jest jasna kwestia pochodzenia krzemionki. Nie wydaje się, aby zasadowe, ciepłe roztwory hydrotermalne przemieściły pierwotną krzemionkę wapieni oksfordu (por. Górecka & Zapaśnik, 1981; Bednarek *et al.*, 1983). Stosunkowo niskie wartości temperatur, niewielki zasięg procesów rekrytalizacyjnych w wapieniach, które ponadto zawierają nieznaczne ilości wolnej SiO<sub>2</sub>, a także brak śladów ługowania diagenetycznych krzemieni przeczą tej hipotezie. Bardziej prawdopodobne wydaje się przenoszenie przez termalne, zasadowe roztwory o wysokim pH pewnych ilości krzemionki i strącanie jej w stropie kompleksu jurajskiego, ekranowanego od góry nieprzepuszczalnymi marglami senonu lub iltami miocenu. Niewielkie rozprzestrzenienie opisanych form oraz nieregularność ich wystąpień tłumaczy przyjęcie modelu mineralizacji sztokwerkowej (por. Leuchs, 1985). Niewykluczone również, że zasadowe roztwory termalne rozpuściły i ponownie strąciły krzemionkę pochodzącą z procesów wietrzenia utworów kredowych.

Otwarta jest również kwestia wieku epigenetycznych utworów krzemionkowych. Powiązanie epigenetycznego skrzemionkowania ze strefami dyslokacji tektonicznych sugeruje, że zachodziło ono nie wcześniej, niż w czasie uskoku Wyżyny Krakowskiej w trzeciorzędzie (por. Dżułyński, 1953).

## WNIOSKI

1. Epigenetyczne utwory krzemionkowe nie wykazują wyraźnych powiązań z żadną z facji wapieni górnego oksfordu występujących w okolicach Krakowa.
2. Występowanie przejawów epigenetycznej sylifikacji w rejonie Krakowa jest ograniczone do skrajnie przystropowej części wapieni górnego oksfordu.

3. Obecność epigenetycznych utworów krzemionkowych jest powiązana ze spękaniami ciosowymi wapieni, a przypuszczalnie również ze strefami dyslokacji tektonicznych.

4. Epigenetyczne utwory krzemionkowe różnią się od diagenetycznych krzemieni wyraźną porowatością, szorstką powierzchnią przełamu, nieregularnymi kształtami, ograniczonym zasięgiem występowania, zawartością licznych enklaw niezsylikowanych wapieni oraz brakiem chalcedonu i opalu.

5. Krzemionka budująca epigenetyczne utwory wykształcona jest w postaci mikrokrystalicznego kwarcu ziarnistego, a podrzędnie kwarcu mozaikowego z licznymi inkluzjami auti- i ksenogenicznymi.

6. Epigenetyczne skrzemionkowanie jest równowiekowe z procesami tworzenia uskoków na Wyżynie Krakowskiej.

### PODZIĘKOWANIA

Na zakończenie autor pragnie podziękować doc. J. Rutkowskiemu, prof. S. Kwiatkowskiemu, prof. J. Małeckiemu oraz dr. J. Rajchlowi i kolegom za uwagi i dyskusję w czasie pisania niniejszej pracy.

### LITERATURA CYTOWANA — REFERENCES

- Alexandrowicz, S., 1958. Autigeniczne kwarcy w marglach santonńskich w Samborku. Autigenic quartz in the Santonian marls in Samborek (Cracow region). *Prz. Geol.*, 6: 275—276.
- Alexandrowicz, S., 1960. Budowa geologiczna okolic Tyńca. Geological structure of the vicinity of Tyniec. *Biul. Inst. Geol.*, 152: 5—93.
- Azman, E. & Kedar, Y., 1985. Lower cretaceous silcrete-ferricrete at the Northern end of the African Tethys Shoreline, Maktesh Gadol, Israel. *Sedim. Geol.*, 43: 261—276.
- Bednarek, J., Górecka, E. & Zapaśnik, T., 1983. Uwarunkowania tektoniczne rozwoju mineralizacji kruszcowej w utworach jurajskich monokliny śląsko-krakowskiej. Tectonically controlled development of one mineralization in Jurassic sequence of the Silesian-Cracow Monocline. *Ann. Soc. Geol. Polon.*, 53: 43—62.
- Behr, K. & Behr, H. J., 1976. Cyanophyten aus oberjurassischen Algen-Schwammriffen. *Lethaia*, 9: 283—292.
- Bellanca, A., Censi, P., Di Salvo, P. & Neri, P., 1984. Textural, chemical and isotopic variations induced by hydrothermal fluids on mesozoic limestones in Northwestern Sicily. *Miner. Deposita*, 19: 78—85.
- Bukowy, S., 1960. Uwagi o sedymentacji i diagenecie albu okolic Krakowa. Notes on sedimentation and diagenesis of the Albion in Cracow region. *Biul. Inst. Geol.*, 152: 243—276.
- Cayeux, L. 1929. *Les roches sedimentaires de France. Roches siliceuses*. Ministre des Travaux Publics, Paris, 774 pp.
- Crouzel, F. & Meyer, R., 1983. Facies silicifies d'origine meteorique dans le Miocene continental de l'Armagnac. *Bull. Soc. Géol. France*, 25: 19—23.
- Dzulyński, S., 1952. Powstanie wapieni skalistych jury krakowskiej. The origin of the Upper Jurassic limestones in the Cracow area. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 21: 125—180.
- Dzulyński, S., 1953. Tektonika południowej części Wyżyny Krakowskiej. Tectonics of the southern part of the Cracow Upland. *Acta Geol. Pol.*, 3: 325—440.
- Dzulyński, S. & Żabiński, W., 1954. Ciemne wapienie w jurze krakowskiej. Dark limestones in the Cracovian Jurassic sediments. *Acta Geol. Pol.*, 4: 181—190.

- Epting, M., 1975. Leaching and dolomitization of Middle Triassic carbonate buildups by meteoric waters. In: *9<sup>th</sup> Int. Congr. Sedim., Nice*. Theme 7: 48–58.
- Fairbridge, R. W., 1975. Epidiagenetic silicification. In: *9<sup>th</sup> Int. Congr. Sedim. Nice*. Theme 7: 49–54.
- Flügel, E. & Steiger, T., 1981. An Upper Jurassic sponge-algal buildup from the Northern Franconian Alb, West Germany. *Soc. Econ. Paleontol. Miner. Spec. Publ.*, 30: 371–397.
- Folk, R. L., 1962. Spectral subdivision of limestone types. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 1: 62–84.
- Fritz, G. K., 1958. Schwammstotzen, Tuberculithe und Schuttbreccien im Weissen Jura der Schwabischen Alb. *Arb. Geol. Paläont. Inst. TH Stuttgart*, 13: 1–119.
- Gaillard, Ch., 1983. Les biohermes à Spongiaires et leur environnement dans l'Oxfordien du Jura méridional. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, 90: 1–515.
- Gaillard, C., Bourseau, J. P., Boudeulle, M., Pailleret, P., Ric, M. & Roux, M., 1985. Les pseudo-biohermes de Beauvoisin (Drôme): un site hydrothermal sur la marge tethysienne à l'Oxfordien? *Bull. Soc. Géol. France* 1: 69–78.
- Gaweł, A., 1948. Dolomityzacja w wapieniach jurajskich okolic Krakowa. Dolomitisation des calcaires jurassiques des environs de Cracovie. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 19: 292–317.
- Górecka, E. & Zapaśnik, T., 1981. Dolomity epigenetyczne w utworach górnourajskich Monokliny Śląsko-Krakowskiej. Epigenetic dolomites in Upper Jurassic rocks in the Silesian-Cracow Monocline. *Prz. Geol.*, 10: 529–532.
- Gradziński, R., 1972. *Przewodnik geologiczny po okolicach Krakowa*. Wyd. Geol., Warszawa, 355 pp.
- Gwinner, M. P., 1976. Origin of the Upper Jurassic Limestones of the Swabian Alb (Southwest Germany). In: H. Füchtbauer *et al.* (eds.), *Contribution to Sedimentology*, 5: 1–75.
- Heckel, P. H., 1974. Carbonate buildup in the geologic record: a review. In: L. F. Laporte (ed.), *Reefs in space and time. Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ.*, 18: 90–154.
- Krzyżewicz, S. S., 1984. Niektóre osobliwości wieszczestwiennego składu i genezy jurajskich wulkanogienno-osadoczych silicytów Górnej Balkarii (Siewiernyj Kawkaz). *Minier. Sbornik*, 38 (1): 87–90.
- Kuźniar, W. & Żelechowski, W., 1927. Materiały do poznania stosunku Karpat do ich przedgórz na przestrzeni do Morawskiej Ostrawy po Kraków. *Prz. Górn.-Hutn.*, 19: 327–334, 355–360, 393–402, 434–444, 465–471.
- Leuchs, W., 1985. Beziehungen zwischen Verquartzung und Dolomitierung der devonischen Riffkalke von Dernap bei Wuppertal. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 3: 129–152.
- Łaptaś, A., 1974. O dolomitach w wapieniach skalistych okolic Krakowa. The dolomites in the Upper Jurassic limestones in the area of Cracow. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 34: 247–273.
- Morozewicz, J., 1909. O haczytynie i jego Bonarskim złożu. Ueber den Hatchettin und sein Vorkommen in Bonarka bei Krakau. *Kosmos*, 34: 610–624.
- Murata, K. J. & Norman, M. B., 1976. An index of crystallinity for quartz. *Am. J. Sci.*, 276: 1120–1130.
- Nitzopoulos, G., 1973. *Faunistisch-ökologische, stratigraphische und sedimentologische Untersuchungen am Schwammstotzen vom Spielberg am Hahnenkamm (ob. Oxfordien, Südliche Frankalb)*. Dissertation, D 83: 1–156. Berlin.
- Okamoto, G., Okura T. & Goto, K., 1957. Properties of silica in water. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 12: 123–132.
- Pisciotta, K. A., 1981. Diagenetic trends in the siliceous facies of the Monterey shale in the Santa Maria region, California. *Sedimentology*, 28: 547–571.
- Rajchel, J., 1970. Badania sedymentologiczne krzemieni jurajskich pod Krakowem. *Spraw. z Pos. Kom. Oddz. Krak. PAN*, VII–XII: 625–632.
- Schorr, M. & Koch, R., 1985. Fazieszonierung eines oberjurassischen Algen-Schwamm-Bioherms (Herrlingen, Schwäbische Alb). *Facies*, 13: 227–270.
- Scurfield, G. & Segnit, E. R., 1984. Petrification of wood by silica minerals. *Sedim. Geol.*, 39: 149–167.
- Smale, D., 1973. Silcretes and associated silica diagenesis in Southern Africa and Australia. *J. Sedim. Petrol.* 43: 1077–1089.



- Sujkowski, Z., 1934. Skąły kredowe między miastami Pilicą a Szczekocinami. Roches cretacees entre les villes Pilica et Szczekociny. *Spraw. Państw. Inst. Geol.*, 8: 39–74.
- Tarkowski, R., 1982. *Sprawozdanie z badań oksfordu Krakowa i jego najbliższych okolic*. Archiwum Instytutu Geologii i Surowców Mineralnych AGH (nieopublikowane — unpublished), Kraków.
- Wilson, R. C. L., 1966. Silica diagenesis in Upper Jurassic limestones of southern England. *J. Sedim. Petrol.* 36: 1036–1049.
- Wirsing, G. & Koch, R., 1986. Algen-Schwamm-Bioherme des Flaschwasser-Bereiches (Schwäbische Alb, Weissjura Delta 3). *Facies*, 14: 285–308.

### Summary

## EPIGENETIC SILICIFICATION OF THE UPPER OXFORDIAN LIMESTONES IN THE VICINITY OF KRAKÓW

Jacek Matyszkiewicz

The present paper deals with epigenetic siliceous forms occurring in the Carpathian Foredeep in the vicinity of Kraków, within the uppermost parts of the Upper Oxfordian limestones. In the study area, these limestones build numerous horsts (Fig. 1). Most of the limestones here represent two facies: the rocky limestone facies (German: *Felsenkalk*, local term “*skalisty*”) and the bedded limestone facies (Dzuleński, 1952). These may be related to the “reef facies” and “normal facies” of Flügel & Steiger (1981), which formed during the Upper Jurassic in the Middle-European epicontinental sea. Both the distinguished facies are tentatively included in the *Idoceras planula* or *Epipeltoceras bimammatum* horizons (Tarkowski, 1982).

The evidence for the epigenetic silicification was found among others in the areas of: Tyniec (Fig. 2), Kostrze—Pychowice (Fig. 3), Skąły Twardowskiego (Fig. 4), Zakrzówek, Bonarka and Garliczka Valley (Fig. 5). The epigenetic siliceous deposits form irregular nodules, veins and crusts within limestones (Figs 6–8; Pl. I: 1, 2; Pl. II: 1). They occur also in form of varnish which covers joint surfaces in a continuous mode (Pl. I: 4) or in form of irregular concentrations of silica, locally preserved at the Cretaceous abrasion surface which truncates the Jurassic strata. The latter forms are predominantly found to be associated with dislocations (Fig. 4; Pl. II: 2).

The occurrence of the epigenetic silicification is limited, as a rule, to a dozen or so meters of section beneath the bottom of the Cretaceous strata. At places where the Cretaceous is eroded, this occurrence is confined to the uppermost parts of the Jurassic. The upper boundary of the discussed epigenetic silicification has not yet been precisely defined. It seems, however, that it reaches Senonian (Kuzniar & Żelechowski, 1927; Alexandrowicz, 1958).

The epigenetic siliceous deposits differ from the diagenetic cherts in that they

are porous (Fig. 6, 9), reveal rough fracture and irregular shapes (Fig. 6; Pl. I: 1, 3; Pl. II: 2); they include also numerous inclusions of nonsilicified limestones (Figs. 6, 8) and are apparently not bound to any definite limestone facies. The latter suggests their post-lithification origin.

The size of the epigenetic silica forms ranges from several millimeters to more than 1 m in diameter, by frequently anisometric shapes. Isometric bodies are observed mainly as a concentric silicification developed on the diagenetic cherts in form of an aureole several to dozen or so centimeters thick (Figs 7, 9; Pl. I: 3; Pl. II: 1). It is noteworthy that these forms are generally only few millimeters thick, surrounding the chert merely along the joint plane in the limestone (Pl. II: 1).

The fresh-fracture colour of the epigenetic silica is coffee-and-milk or gray, whereas on the weathered surfaces it is dark brown or, more often, dark gray to almost black. The latter feature is due to porosity attracting dirt.

In most cases, several zones of different porosity may be distinguished in the epigenetic silica (Figs 6, 9). In the nodular forms, the core parts are more porous than the outer zones, while in the case of crusts and veins, the reverse regularity holds. In the strongly porous parts, the shape of voids may occasionally resemble the shape of organic fragments.

The characteristic feature of the epigenetic siliceous forms is their macroscopically sharp contact with parent rock, which is additionally manifested by positive relief of the siliceous body (Figs 6–8; Pl. I: 1–4; Pl. II: 1, 2). The boundaries between the epigenetic and diagenetic siliceous forms are also sharp but they are not underlined by differentiated relief (Pl. II: 1).

Epigenetic siliceous bodies etched with HCl reveal sometimes distinct bipartite structure (Pl. III: 1). Numerous silica veinlets project from the completely silicified zones into the surrounding nonsilicified limestones.

The concentrations of epigenetic silica, occurring as continuous varnish on the joint surfaces (Pl. I: 4) or those preserved on the abrasion surfaces (Pl. II: 2), do not contain relics of limestone which could evidence their formation by substitution of carbonates.

From chemical analyses, silica constitutes more than 90% of the discussed epigenetic forms (Table 1), and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  content is increased relatively to surrounding limestone.

Quartz crystallinity index *CI* (Murata & Norman, 1976) exceeds 9.0 in the epigenetic siliceous deposits, which suggests their origin different from that of diagenetic cherts, where *CI* is less than 1.0 (Fig. 10).

The Upper Oxfordian limestone, exhibiting epigenetic silicification, are developed within the non-bedded (rocky) limestone facies mainly as biolithites, oncobiopelmicrites, and occasionally as intraobiosparites. In the bedded limestone facies there are intrabiopelmicrites, biopelmicrites, oncomicrites, and biomicrites (*cf.* Folk, 1962). Locally, within both facies, intrabiopelsparites and biopelsparites were observed.

The epigenetic siliceous bodies are due entirely to quartz-type silicification. The silica is predominantly (in excess of 80%) in form of microcrystalline grainy

quartz, of a maximum size 0.01 mm. It may also (10–15%) be in form of mosaic-like quartz, ranging in size between 0.05 and 2 mm (Wilson, 1966). Occasionally transitional crystalline forms of quartz are encountered.

Microcrystalline grainy quartz uniformly substitutes carbonate micrite. However, it does not attack enclaves built of bioclasts, tuberoids, oncoids and peloids, which are subject to surficial replacement by silica only after micrite has been totally corroded. Large calcite crystals, being most resistant towards silicification, are not substituted by the microcrystalline grainy quartz. This concerns also organic remains build of coarse-grained calcite.

The formation of microcrystalline grainy quartz is connected with high solubility of small calcite crystals (Leuchs, 1985) which constitute micrite, as well as with the presence of numerous crystallization nuclei used by silica to crystallize during the lowering of pH (Crouzel & Meyer, 1983). This first stage of silicification results in uniform mass of microcrystalline grainy quartz, texturally resembling micrite, composed of interfingering irregular grains, including at places limestone enclaves resistant towards substitution by silica. This quartz mass is a substrate for the transitional and mosaic-type forms of quartz which crystallized during the successive stage of silicification.

High resistance towards silicification may be caused by different agents. In bioclasts, it results from the large dimensions of crystals which are preserved after partial silicification in form of inclusions within the silica mass (Leuchs, 1985). In case of tuberoids, peloids and oncoids, the presence of clay minerals which were captured by the living algae seems to be essential for retardation of silica substitution. The presence of the  $Al^{3+}$  ion decreases solubility of silica (Okamoto *et al.*, 1957). Silicification of tuberoids, peloids and oncoids might take place only when it was preceded by recrystallization accompanied with the removal of clay minerals. So transformed tuberoids, peloids and oncoids might be subject to silicification in the following stage, provided the calcite crystal size, increased by recrystallization, allowed the process to occur. Only the smaller crystals could be selectively substituted by silica, which led to preservation of numerous xenogenic inclusions built of the larger calcite crystals, structurally corresponding with the outlines of silicified sedimentary particles.

The mosaic-type quartz does not produce sharp boundaries with the microcrystalline grainy quartz domains. The sizes of the mosaic-like quartz grains increase towards the central parts of its domains. Xenogenic calcite inclusions, which are numerous at the outer boundaries of druses, vanish in their centers. In these central parts of druses, only exceptionally large (ca. 0.3 mm) calcite crystals are preserved (Pl. III: 2).

In the mosaic-like quartz, the calcite inclusions were observed, which reflect the outlines of silicified peloid, tuberoid or oncoid. Such sedimentary particles are usually replaced by several grains of the mosaic-type quartz, the sutures of which intersect the faces of a given sedimentary particle. Abundance of calcite inclusions in the vicinity of crystals sutures is in such case considerably lowered, which indirectly evidences quartz origin being due to recrystallization.

Within the mosaic-type quartz, there occasionally occur well preserved peloids, tuberoids and oncoids, which (1) did not undergo recrystallization with removal of clay minerals or (2) recrystallized into coarse-crystalline calcite.

Besides the xenogenic calcite inclusions of the maximum dimensions up to some tenths of mm, there are present inferred authigenic inclusions. The latter occur in form of small vesicles not exceeding 0.005 mm in diameter.

The discussed epigenetic siliceous bodies seem to result from hydrothermal mineralization which passed along joints and fractures within the rock, sometimes of a very complex shapes (*Stockwerk* mineralization). The temperature of the process is estimated at about 100°C. It is inferred that duration of the hydrothermal influence was relatively short and temperatures intermediate, basing on the local recrystallization of micrite and formation of sparite, as well as macroscopically homogeneous appearance of the rock (Bellanca *et al.*, 1984). This is further supported by the temperatures of quartz decipitation (respectively: 160–250, 85–120, 90–110 and 100–120°C).

The phenomena of recrystallization of silica indicate several (at least two) stages of epigenetic silicification. The process of formation of these epigenetic siliceous deposits is similar to the processes of hydrothermal silicification described by Bellanca *et al.* (1984) and Leuchs (1985).

The concept of hydrothermal origin of the discussed deposits is supported also by the most intense silicification along the tectonic dislocation zones (Kuźniar & Żelechowski, 1927; Dżułyński, 1953; Dżułyński & Żabiński, 1954; Górecka & Zapasnik, 1981; Bednarek *et al.*, 1983) and pyritization of both, fault zones and epigenetic siliceous deposits (Dżułyński & Żabiński, 1954; Gawel, 1948). Existence of such hydrothermal conditions in the studied strata was first suggested by Morozewicz (1909).

The source of silica is not identified. The most probable is transportation of silica within the thermal alkaline solutions and its subsequent precipitation in the top parts of the Jurassic sequence which was screened by impermeable Senonian marls. These marls, due to their plasticity, were commonly not subject to discontinuous deformations above the faults within the Jurassic limestones (Grdziński, 1972). It is possible also that alkaline thermal solutions have dissolved some silica formed during weathering of Cretaceous strata.

The relation of silicification to the dislocation zones in the study area suggests that it took place during the formation of faults in Tertiary.

## OBJAŚNIENIA PLANSZ – EXPLANATIONS OF PLATES

### Plansza – Plate I

- 1 – Epigenetyczne utwory krzemionkowe w formie gniazd w wapieniach górnego oksfordu; Tyniec-Bogucianka  
Nodular epigenetic siliceous deposits in the Upper Oxfordian limestones; Tyniec-Bogucianka

- 2 – Epigenetyczne skrzemionkowanie w formie gniazda w wapieniu górnego oksfordu; widoczny wyraźny, dodatni relief w stosunku do wapienia; Tyniec-Bogucianka  
Nodular epigenetic silicification in the Upper Oxfordian limestones, Tyniec-Bogucianka; the positive relief of siliceous body is visible
- 3 – Epigenetyczne utwory krzemionkowe w formie żyły (A) i rozwinięte w postaci koncentrycznej otoczki na diagenetycznym krzemieniu (B); Skały Twardowskiego  
Epigenetic siliceous deposits in form of vein (A) and developed as concentric aureola on the diagenetic chert (B); Skały Twardowskiego hill
- 4 – Skupienie epigenetycznej krzemionki na powierzchni ciosowej wapienia górnego oksfordu; Skały Twardowskiego  
Concentration of epigenetic silica on the joint surface in the Upper Oxfordian limestone, Skały Twardowskiego hill

## Plansza – Pate II

- 1 – Epigenetyczne skrzemionkowanie rozwinięte na diagenetycznym krzemieniu w płaszczyźnie ciosowej wapienia; Skały Twardowskiego  
Epigenetic silicification developed on the diagenetic chert along the joint surface of limestone, Skały Twardowskiego hill
- 2 – Skupienie epigenetycznej krzemionki na powierzchni abrazyjnej; średnica czarnego koła 5 cm; Skały Twardowskiego  
Concentration of epigenetic silica on the abrasion surface; diameter of the black circle is 5 cm. Skały Twardowskiego hill,

## Plansza – Plate III

- 1 – Epigenetyczny utwór krzemionkowy po wytrawieniu w HCl; widoczna wyraźna dwudzielność budowy  
Epigenetic siliceous deposit after etching with HCl; bipartite structure is exposed
- 2 – Krystaliczny kalcyt wśród ziarn kwarcu mozaikowego z inkluzjami auto- i ksenogenicznymi; z prawej strony widoczne struktury komórkowe (zsylikowane drewno?) o budowie zonalnej, 1 nikol  
Crystalline calcite among the mosaic-type quartz grains, with autho- and xenogenic inclusions; vesicular zonal structures (silicified wood?) are visible in the right-hand side of the figure, 1 nicol

