

## Wybrane problemy tektoniki i mineralizacji skał dewonu w zachodniej części antykliny chęcińskiej: Góra Miedzianka, Góry Świętokrzyskie

Urszula Dębowska\*

**Some aspects of tectonics and mineralization in the Devonian rocks in the western part of the Chęciny Anticline: Miedzianka Mt., NW part of the Holy Cross Mts., central Poland.** *Prz. Geol.*, 52: 920–926.

*Summary.* The problems of relationships between the tectonics and the copper and calcite mineralization in the western part of the Chęciny Anticline (Miedzianka Mt.) are discussed. Variscan fold deformation and Alpine fault tectonic cycles characterize Miedzianka Mt. side. The Chęciny Anticline became an inclined fold due to Variscan deformations. Very complicated joints relationship is a result of many stages of their tectonic evolution. Slickesides and joints analysis revealed three groups of faults (Variscan, early Alpine and late Alpine). Calcite, azurite and malachite mineralizations formed due to the early stage of post-Variscan mineralization (so-called "Różanka" type). Faults formed during the Alpine cycles mainly along calcite zones.

**Key words:** tectonics, mineralization, structural evolution, Chęciny Anticline, Holy Cross Mts.

Obszar badań położony jest w południowo-zachodniej części Gór Świętokrzyskich, ok. 20 km na SW od Kielc, w rejonie Góry Miedzianki. Pod względem geologicznym obejmuje on najbardziej na zachód wysunięte wychodnie skał trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich, należące do zachodniej części antykliny chęcińskiej (ryc. 1).

Przedmiotem badań są utwory górnego dewonu odsłaniające się w skrzydłach zachodniej części antykliny chęcińskiej. Kozi Grzbiet i Góra Ołowianka stanowią północne skrzydło, a skrzydło południowe — Góra Miedzianka i Sowie Górki. Oba skrzydła różnią się między sobą stopniem komplikacji tektonicznej.

Celem pracy jest zestawienie wyników dotychczasowych opracowań oraz aktualnie zebranych danych dotyczących tektoniki i mineralizacji w rejonie Góry Miedzianki, a także zaproponowanie schematu ewolucji antykliny chęcińskiej. Zebrane dane są przedstawione w postaci diagramów wykonanych w programach StereoNet i TectonicsFP.

### Budowa geologiczna

Jądro antykliny chęcińskiej zbudowane jest ze skał dolnego kambriu. Są to łowce i mułowce z wkładkami piaskowców, silnie zaburzone w wyniku procesów tektonicznych (m.in. Czarnocki, 1929, 1947; Kowalczewski, 1975; Stupnicka, 1986; Lamarche i in., 2003). Miąższość ich szacowana jest na 800 m (Filonowicz & Lindner, 1987).

Skrzydła antykliny zbudowane są z dolomitów i wapieni środkowego i górnego dewonu. Przeważają wapienie gruboławicowe, skaliste i rafowe przechodzące obocznie w wapienie płytowe. Dolomity stanowią około 100 m profilu dewonu. Najmłodsze utwory dewonu to margle i łupki margliste. Łączna miąższość utworów dewonu wynosi około 600 m (Filonowicz & Lindner, 1987). Od zachodu antyklina chęcińska otoczona jest leżącymi niezgodnie na utworach dewonu skałami permu i triasu należącymi do permu-mezozoicznego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich.

### Historia badań

Pierwsze opracowania na temat tektoniki antykliny chęcińskiej w rejonie Miedzianki ukazały się dzięki badaniom Czarnockiego. Stwierdził on undulację osi antykliny

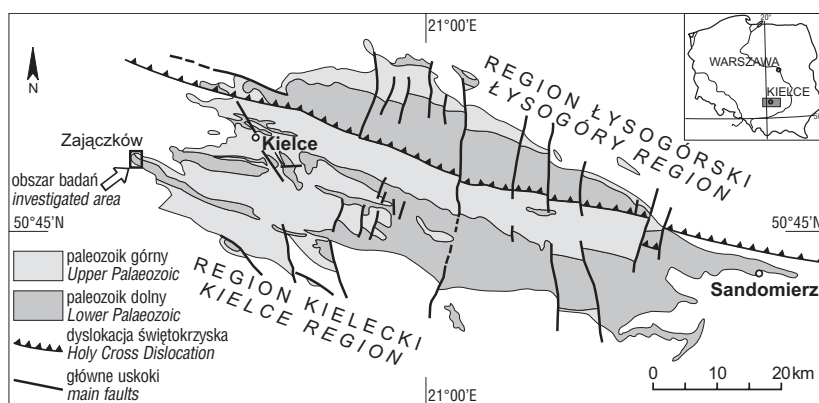
chęcińskiej, a także niezgodność tektoniczną pomiędzy utworami kambriu i dewonu (Czarnocki, 1919). Na odcinku od Radkowic do wsi Miedzianka wyróżnił w omawianej antyklinie elewację chęcińską, depresję polichniańską i elewację miedziankowską (Czarnocki, 1928). Zauważył również, że zachodnia część antykliny chęcińskiej charakteryzuje się silniejszymi zaburzeniami tektonicznymi, które są efektem odmłodzenia w czasie fazy laramijskiej struktur powstałych w wyniku fałdowań hercyńskich: antyklina została silnie rozczłonkowana uskokami poprzecznymi i wyniesiona na skutek nacisku mas mezozoicznych od południa. Nacisk ten był konsekwencją podsunięcia masy paleozoicznej fałdu radomickiego (Czarnocki, 1929, 1947). Obecność depresji i elewacji w obrębie antykliny chęcińskiej tłumaczona jest również istnieniem transwersalnych założeń w budowie cokołu paleozoicznego antyklinorium świętokrzyskiego (Kowalczewski, 1963).

Ruchy hercyńskie i alpejskie prawdopodobnie były poprzedzone ruchami młodokaledońskimi (Znosko, 1999), które zostały udokumentowane m.in. „odkłuciami i wytłoczeniami lub wtłoczeniami utworów syluru i ordowiku w zaciśnięte antykliny kambryjskie” w jednostce dymińsko-klimontowskiej (Znosko, 1999). Jednakże intensywna erozja doprowadziła do usunięcia większości utworów ordowiku i syluru w obrębie antyklin (Znosko, 2000). Różni autorzy różnie oceniają wielkość deformacji związanych z ruchami kaledońskimi. Niektórzy uważali, że były one znaczne (m.in. Znosko, 1999, 2000), inni, że nie odegrały istotnej roli (m.in. Głazek i in., 1981; Orłowski & Mizerski, 1998).

Z uwagi na cechy litologiczne wapieni dewonu dużo problemów nastęczało ustalenie położenia warstw w południowym skrzydle antykliny chęcińskiej. Czarnocki (1928, 1929, 1947) opisywał znaczne komplikacje tektoniczne w skrzydle południowym, na Górze Miedziance, które doprowadziły do odwrócenia warstw. Pomierzone w tym rejonie przez Rubinowskiego (1962) wartości upadów odwróconych wahały się w zakresie 24–40°N. Zdaniem tego autora zostało to spowodowane „wstecznym” obaleniem południowego skrzydła i nasunięciem go na utwory kambriu dolnego, tworzącego jądro antykliny. Późniejsze badania prowadzone przez Kowalskiego (1975) wykazały bardziej strome, dochodzące do pionowych, upady, zarówno w normalnych, jak i w odwróconych warstwach.

Kolejny problem stanowiła geneza strefy dyslokacyjnej południowego skrzydła antykliny chęcińskiej. Zakładano, że powstała ona na skutek nasunięcia skał mezozoicznych z południa (Czarnocki & Kuźniar, 1922;

\*Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; U.Debowska@uw.edu.pl



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań na mapie geologicznej Gór Świętokrzyskich (wg Głazek & Kutek, 1972)

Fig. 1. Location of the investigated area on the background of the Holy Cross Mts (by Głazek & Kutek, 1972)

Czarnocki, 1927, 1947). Sugerowano również istnienie nasunięcia z północnego wschodu (Jaroszewski, 1965) lub uskoku odwróconego zapadającego pod kątem 60–70° na północ (Stupnicka, 1971, 1972).

W literaturze ugruntowały się cztery koncepcje budowy i genezy antykliny chęcińskiej:

1) Według Czarnockiego (1947) antyklina chęcińska powstała w czasie ruchów hercyńskich. Była ona wówczas fałdem stojącym, a brak okruchów skał kambryjskich w utworach czerwonego spągowca (perm dolny) świadczy o tym, że jej jądro było zamknięte. Zdaniem Czarnockiego w czasie ruchów, jakie nastąpiły na przełomie kredy i trzeciorzędu (paleogen), nastąpiło odmłodzenie struktur, odkłucie na granicy dewonu i kambru oraz obalenie południowo-zachodniej części fałdu. Wtedy też powstały uskoki poprzeczne.

2) Według Kowalskiego (1975) w antyklinie chęcińskiej dominuje tektonika blokowa. Za zmienność upadów warstw w poszczególnych blokach, uczynił odpowiedzialną „tektonikę klawiszową”. Porównał budowę geologiczną antykliny chęcińskiej z wynikami eksperymentów Sanforda (1959) i wysnuł wniosek, że z uskoków pionowych o odpowiednio dużym przemieszczeniu mogą powstać zarówno uskoki odwrócone, jak i nasunięcia.

3) Koncepcja Głazka i Kutka (1976) zakłada, że antyklina chęcińska to fałd o genezie diapirowej, w którym łupki kambryjskie przebijając pokrywę skał paleozoicznych i mezozoiczną doprowadziły do powstania w skrzydłach licznych uskoków odwróconych oraz drobnych bloków i klinów tektonicznych.

4) Głazek i inni (1981) stwierdzili, że odkłucie na granicy dewonu i kambru jest wieku laramijskiego. W czasie ruchów laramijskich powstał dysharminijny fałd. Protruzja iłowców i mułowców kambryjskich była spowodowana aktywnością głębokich rozłamów poniżej grubej pokrywy skał mezozoicznych.

### Mineralizacja kalcytowa

Na badanym obszarze występuje głównie mineralizacja kalcytowa. Towarzyszą jej złoża kruszców, którym uwagę poświęcił Rubinowski (1971). Przy okazji badań mineralizacji kruszczowej w Górach Świętokrzyskich Rubinowski wyróżnił na Górze Miedziance trzy główne stadia mineralizacji, z siedmioma epizodami mineralizacji kalcytowej. Późniejsze badania litologiczno-petrograficzne i izotopowe w Górach Świętokrzyskich wykazały istnienie

sześciu głównych faz mineralizacji kalcytowej (Migaszewski i in., 1996).

### Mineralizacja miedziowa

Rejon Miedzianki jest znany przede wszystkim dzięki złożom kruszców, głównie miedzi i ołowiu. Mineraliami występującymi w masywie Góry Miedzianki zajmowali się Morozewicz (1923), Wojciechowski (1958), Gajda (1968), Wójcik (1979), Wieser & Żabiński (1986). Problemom mineralizacji najwięcej uwagi poświęcił Rubinowski (1954, 1955, 1958, 1962, 1971). Jego badania doprowadziły do wysnucia wniosku o trzyetapowej genezie mineralizacji. Wyróżnił on następujące etapy: a) hydrotermalny, odpowiedzialny za powstanie złoża

pierwotnych siarczków miedzi, b) wietrzeniowy, w którym ze złóż pierwotnych powstały wtórne siarczki miedzi i c) adsorpcyjny, w którym nastąpiło przechwycenie jonów miedzi przez powapienne ropy residualne, prowadzące do powstania węglanów miedzi. Obserwacje przeprowadzone w czynnej wówczas kopalni, na poziomie 45 m (Rubinowski, 1962) wykazały, że mineralizacja pierwotna nie występuje poza masywem skał dewońskich i jest ściśle związana z podłużnym względem osi antykliny chęcińskiej kierunkiem spękań. Kolejne dwa etapy mineralizacji związane są z późniejszymi procesami krasowymi i migracją jonów miedzi.

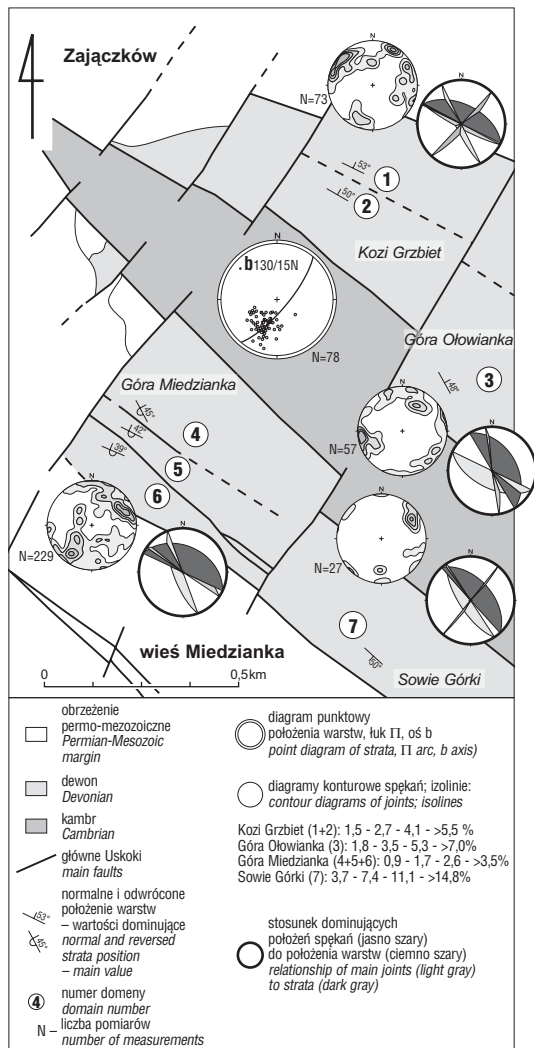
Badania prowadzone przez Rubinowskiego (1954, 1955, 1971) wskazały na obecność powiązań między waryscyjskim etapem mineralizacji hydrotermalnej i regionalną intruzywną formacją dajek diabazowo-lamprofirowych. Związki te mogą świadczyć, że zarówno dajki, jak i roztwory mineralizujące pochodzą ze wspólnego — zasadowego — ogniska magmowego.

### Tektonika

Na podstawie obserwacji terenowych oraz danych archiwalnych (Czarnocki, 1938; Kowalski, 1975; Filonowicz & Lindner, 1986, 1987; Dzierżek i in., 1999) zlokalizowano główne strefy uskoku — równoległe i poprzeczne względem osi antykliny chęcińskiej (ryc. 2). Omawiany fragment antykliny chęcińskiej jest podzielony uskokiem poprzecznym na dwa bloki: wschodni (Góra Ołowianka i Sowie Górki) i zachodni (Kozi Grzbiet i Góra Miedzianka; por. Kowalski, 1975). Ponieważ uskoki podłużne również mogły mieć wpływ na położenie warstw, wyróżniono siedem domen (ryc. 2): dwie na Kozim Grzbiecie (1, 2), jedną na Górze Ołowiance (3), trzy na Górze Miedziance (4–6) i jedną na Sowich Górkach (7). Pomiary były analizowane dla każdej domeny oddzielnie. Dalsze opracowanie zebranych danych nie wykazało wstępnie zakładanego zróżnicowania położenia warstw i dlatego pomiary przedstawiono na zbiorczym diagramie punktowym (ryc. 2).

### Położenie warstw

**Skrzydło północne.** Warstwy znajdują się tu w położeniu normalnym. Pomiary zebrane na Kozim Grzbiecie (domena 1, 2) wskazują na położenie warstw ok. 90–140/40–75N.



**Ryc. 2.** Położenie warstw i spękania na tle budowy geologicznej (wg Dzierżek i in., 1999) zachodniego zakończenia antykliny chęcinińskiej (diagramy — projekcja normalnych na dolną półkulę siatki Schmidta); N — liczba pomiarów

**Fig. 2.** Attitude of the strata and joints on the geological sketch (Dzierżek et al., 1999) of the western part of the Chęciny Anticline (diagrams — projection on the lower hemisphere of the Schmidt grid); N — number of measurements

Na Górze Ołowiance (domena 3) pomierzono położenie warstw w zachodniej części nieczynnego kamieniołomu. Ten rejon pomiarowy odpowiada południowej domenie na Kozim Grzbiecie. Pomiary biegu mieszczą się w granicach  $120\text{--}160^\circ$ , a upady  $35\text{--}50^\circ$  N.

Różnice położenia warstw na Kozim Grzbiecie i Górze Ołowiance mogą być skutkiem ciągnięcia przyskokowego, gdyż między tymi obszarami pomiarowymi występuje uskoki poprzeczny zrzutowo-prawoprzesuwczy lub nożycowy. Część Góry Ołowianki, w której zebrano pomiary, znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie tej strefy uskoku.

**Skrzydło południowe:** Duża komplikacja tektoniczna i obecnie nie najlepszy stan odsłonięć w skrzydle południowym utrudniają określenie położenia warstw w słabo uławiconych skałach budujących masyw Góry Miedzianki i Sowych Górek.

Położenia warstw zostały przedstawione za pomocą znaków biegu i upadu oddzielnie dla każdej domeny. Biegi warstw w omawianym fragmencie południowego skrzydła antykliny chęcinińskiej wahają się od  $80^\circ$  do  $160^\circ$ , a upady

od  $20^\circ$  do  $60^\circ$  N. Warstwy we wschodniej części Sowych Górek (domena 7) mają położenie normalne, ich biegi wynoszą ok.  $135^\circ$ , a upady wahają się w granicach  $50\text{--}75^\circ$  S (Kowalski, 1975).

Dominujące położenia warstw w obrębie każdej domeny przedstawiono graficznie na ryc. 2. Położenie osi b wyznaczone dla zachodniej części antykliny chęcinińskiej wyznaczone w programie StereoNet wynosi  $130/15$  N (ryc. 2).

### Spękania

Jednym z przejawów tektoniki nieciągłej są liczne spękania obserwowane w obu skrzydłach zachodniej części antykliny chęcinińskiej. Na diagramach konturowych uwidocznione jest duże zróżnicowanie kierunków. Około 40% pomierzonych powierzchni spękań ma strome (tj.  $>45^\circ$ ) upady.

**Skrzydło północne:** W skrzydle północnym w obrębie Koziego Grzbiecia wyraźnie zaznaczają się dwa dominujące kierunki spękań: podłużny, o biegach ok.  $120^\circ$  i  $160^\circ$  oraz poprzeczny o biegu ok.  $45^\circ$ . Obserwuje się też kierunki subpołudnikowe. Na Górze Ołowiance główny kierunek spękań zbliżony jest do południkowego, a tym samym skośny w stosunku do osi antykliny chęcinińskiej (ryc. 2). Występują również spękania podłużne o biegu ok.  $120^\circ$ . Zarówno na Kozim Grzbiecie, jak i na Górze Ołowiance mają one strome upady.

**Skrzydło południowe:** W skrzydle południowym zarówno w obrębie Góry Miedzianki, jak i Sowych Górek kierunki spękań mieszczą się w przedziale od  $120^\circ$  do  $150^\circ$  i są zgodne z kierunkiem uskoku podłużnych. Duża część powierzchni spękań ma strome upady (ryc. 2). Wzdłuż wspomnianych powierzchni spękań i szczelin w kilku przypadkach stwierdzono mineralizację azurytowo-malachitową i kalcytową.

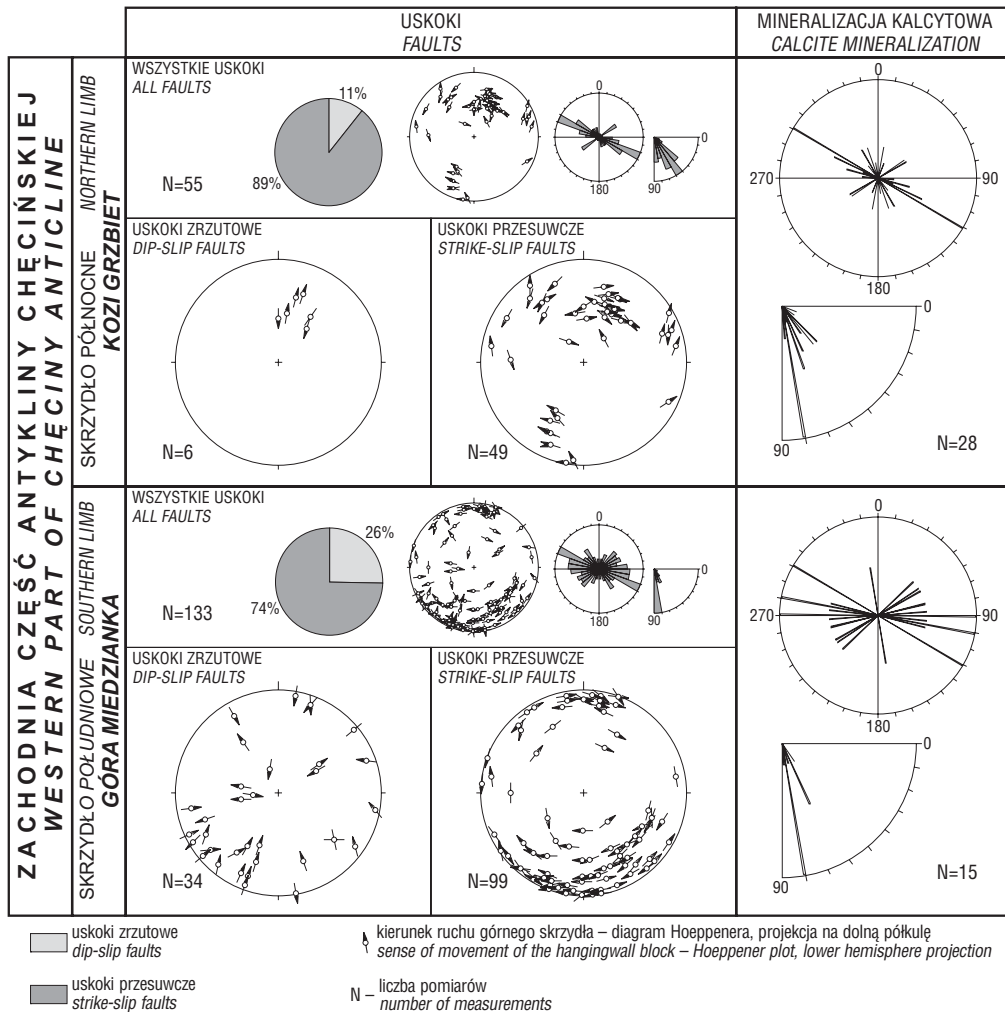
### Uskoki

Zachodnia część antykliny chęcinińskiej charakteryzuje się silną tektoniką dysjunktywną. Główne uskoki w rejonie Miedzianki mają kierunki w przybliżeniu zgodne z biegiem osi antykliny chęcinińskiej lub są poprzeczne do niej. Uskoki podłużne nie wchodzą w obrzeżenie mezozoiczne, więc można uznać, że są wieku warwicyjskiego. Przecinają je młodsze uskoki poprzeczne przesuwcze lub zrzutowo-przesuwcze. Tną one zarówno utwory trzonu paleozoicznego, jak i obrzeżenia mezozoicznego Gór Świętokrzyskich.

Kierunki ruchu wzdłuż powierzchni uskoku określono obserwując rysy i zadziory tektoniczne oraz slikiolity i spękania opierające. Na podstawie tych obserwacji wyróżniono uskoki zrzutowe i — znacznie częściej — przesuwcze (diagramy Hoepfenera — ryc. 3). Procentowy udział uskoku przesuwczego na Kozim Grzbiecie wynosi 89%, a na Górze Miedziance — 74% (ryc. 3).

**Skrzydło północne:** Uskoki zrzutowe na Kozim Grzbiecie mają biegi lekko skośne w stosunku do osi antykliny chęcinińskiej. Upady nie wykazują zróżnicowania i mieszczą się w przedziale  $40\text{--}60^\circ$  (ryc. 3).

Bardziej zróżnicowane są pod tym względem uskoki przesuwcze (ryc. 3). Przeważają uskoki o biegach ok.  $120^\circ$  i  $60^\circ$ . Dominujący upad ok.  $50^\circ$  przemawia za wtórną genezą znacznej części uskoku, które pierwotnie były uskoki normalnymi. Wśród uskoku przesuwczego dominują uskoki prawoprzesuwcze. Biegi ich powierzchni wynoszą średnio ok.  $120^\circ$  czyli są zgodne z biegiem osi antykliny.



Ryc. 3. Uskoki, rysy ślizgowe i mineralizacja kalcytowa na Kozim Grzbiecie i Górze Miedziance  
 Fig. 3. Faults, slickensides and calcite mineralization on Kozim Grzbiecie and Miedzianka Mt.

**Skrzydło południowe:** Bieg uskoków zrzutowych na Górze Miedziance wynosi 100–120°, czyli jest on w przybliżeniu zgodny z orientacją osi antykliny chęcińskiej. Upady powierzchni są zwykle strome, niekiedy niemal pionowe. Przeważają tu uskoki normalne. Odwrócony charakter niektórych uskoków stromych jest prawdopodobnie wynikiem wielokrotnej aktywacji tektonicznej południowego skrzydła antykliny chęcińskiej.

Bieg uskoków przesuwowych, wśród których przeważają uskoki prawoprusowce, mieści się w szerokim zakresie 60–130° (ryc. 3). Uskoki o biegu ok. 60° tworzą grupę dyslokacji skośnych w stosunku do rozciągłości antykliny chęcińskiej. Upady powierzchni uskoków przesuwowych zbliżone są do pionowych (ryc. 3).

### Mineralizacja

#### Mineralizacja kalcytowa

W wapiennych masywach Góry Miedzianki i Koziego Grzbiecie występują liczne żyły kalcytu. Kalcyt najczęściej występuje jako wypełnienie szczelin i stref dyslokacyjnych. Obserwując w obrębie stref dyslokacyjnych wzajemne relacje między żyłami kalcytu stwierdzono istnienie co najmniej pięciu etapów mineralizacji (oznaczone 1–5 na ryc. 6, patrz str. 927). Najczęściej spotykana odmiana o barwie różowej i kremoworóżowej (5) występuje w postaci drobnych żyłek, których miąższość waha się od ułamków

milimetra do kilku i kilkunastu centymetrów. Często kalcyt ten jest spoiwem brekcji tektonicznych i w nim rozwinięte są liczne lustra tektoniczne. Gęste, drobne spękania wypełnione kalcytem (2–5) sprawiają wrażenie brekcji, a nie masywnych wapieni dewonu. W obrębie dużych stref dyslokacyjnych stwierdzono ponadto średnio- i drobno-kryształiczny kalcyt różowoszary (4), różowobiały, miejscami żółty (3), szarobrazowy, brązoworóżowy (2) i bezstrukturalny czerwony (1), występujący w postaci okruchów.

Rubinowski (1971), prowadząc badania mineralizacji kruszcowej w obrębie Góry Miedzianki wyróżnił kilka odmian kalcytu. Najstarszy kalcyt typu „różanki”, silnie zabarwiony hematytom, czerwony i różowy, o grubokryształicznej strukturze, zachował się fragmentarycznie w obrębie niektórych żył kruszcowych. Młodsza odmiana ma barwę mlecznobiałą lub kremoworóżową. Najmłodsza generacja kalcytu, związana ze stadiem bezkruszcowym, występuje w postaci cienkich, miodowych lub kremowo-białych żyłek tnących agregaty kruszców. Prawdopodobnie mineralizacja kalcytowa na Górze Miedziance i Kozim Grzbiecie odpowiada młodszej fazie powaryscyjskiej (typ „różanki” według nowej klasyfikacji) wyróżnionej przez Migaszewskiego i in. (1996). Występujące na Górze Miedziance i Kozim Grzbiecie odmiany kalcytu można przyporządkować starszym generacjom kalcytu zaliczanym do grupy tzw. młodszej „różanki” (Migaszewski i in., 1996).

Dostępne do pomiarów powierzchni zmineralizowane kalcytem to w większości lustra tektoniczne. Pomiary zostały przedstawione na diagramach (ryc. 3). Kalcyt ten ma barwę głównie różowo-kremową. Zmineralizowane powierzchnie są strome, prawie pionowe, o biegach 90–130°. Kierunki te są dominujące zarówno w skrzydle południowym, jak i północnym. Na Górze Miedziance mineralizacja kalcytowa występuje też zgodnie z kierunkiem 70–80°. Może to być związane z występowaniem spękań kulisowych względem przesuwczych dyslokacji podłużnych. Otwarcie wspomnianych spękań dało możliwość migracji roztworów.

Dyslokacje zgodne z powierzchniami skalcytowanymi o biegu WNW–ESE były wielokrotnie aktywowane, o czym świadczą obserwowane, gdzieniegdzie nakładające się, różne kierunki rys ślizgowych. Oznacza to, że po etapie mineralizacji kalcytowej, skrzydła antykliny chęcińskiej ulegały jeszcze kilkakrotnie deformacjom tektonicznym.

### Mineralizacja miedziowa

Głównym przejawem mineralizacji miedziowej na badanym terenie jest mineralizacja azurytowo – malachitowa. Obserwowana jest ona w niewielu miejscach, przede wszystkim w skrzydle południowym antykliny chęcińskiej, na Górze Miedziance. Minerale te są zwykle bardzo zwietrzałe, choć spotyka się je także w postaci koloidalnych nacieków i drobnokrystalicznych szczotek.

Węgłany miedzi powstały w wyniku przenoszenia jonów miedzi, pochodzących ze złóż pierwotnych, przez wody meteoryczne i ich adsorpcji przez powapienne iły residualne. Rudy te zostały nazwane przez Rubinowskiego (1971) rudami typu „kontaktowego”. Prawdopodobnie mineralizacja ta powstała po triasie, a nie wykluczone, że dopiero po jurze (Rubinowski, 1971).

Mineralizację azurytowo-malachitową stwierdzono głównie wzdłuż kierunku 170°, podrzędnie zaś wzdłuż 90° i 120° (ryc. 4). Główny kierunek tej mineralizacji układa się więc tu subpołudnikowo. Kierunek ten jest różny o

około 30–50° (ryc. 4) w stosunku do stwierdzonego przez Rubinowskiego (1971) kierunku pierwotnych złóż miedzi.

Mineralizacja pierwotna występuje wzdłuż stref uskoków podłużnych o kierunkach hercyńskich lub do nich zbliżone (bieg 110–120° — por. Rubinowski, 1958; 120–140° — por. Rubinowski, 1962, 1971), a brak jej w strefach uskokowych młodszych, poprzecznych. Występuje ona w formie nieregularnych skupień i wprysnięć w żyłach kalcytowych. Kalcyt powstały w tym etapie mineralizacji jest mlecznobiały lub kremoworóżowy. Ustalono prawdopodobny wiek mineralizacji pierwotnej na podewoński, ale przedpermski, związany z hercyńską fazą mineralizacyjną (Rubinowski, 1958, 1971).

### Dyskusja

Przeprowadzone przez autorkę obserwacje terenowe potwierdzają teorię o odwróconym położeniu warstw na Górze Miedziance (Czarnocki, 1928; Rubinowski, 1971). Czarnocki (1928) stwierdził, że w skrzydle południowym antykliny chęcińskiej w rejonie Miedzianki warstwy zapaadają na północ, a fakt ten tłumaczył ruchami pohercyńskimi, które doprowadziły do obalenia fałdu na tym odcinku. Ich obecny upad wynosi 40°N (Rubinowski, 1962). Zdaniem Kowalskiego (1975) warstwy na Górze Miedziance są bardziej strome, zarówno normalne, jak i odwrócone. Ruchy tektoniczne spowodowały silne deformacje południowego skrzydła antykliny chęcińskiej i powstanie uskoków, głównie o charakterze uskoków odwróconych (ryc. 5; por. Czarnocki, 1928, 1947; Stupnicka 1972; Lamarche i in., 2003).

Dotychczasowe opracowania (m. in. Czarnocki, 1947; Kowalczewski, 1963; Kowalski, 1975; Stupnicka, 1986) wskazują, że w Górach Świętokrzyskich można wydzielić trzy główne kierunki kompresji :

- staropaleozoiczny: N–S,
- waryscyjski: NNE–SSW,
- laramijski: NE–SW.

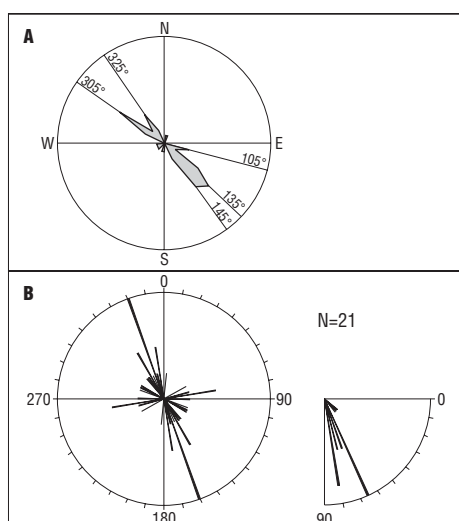
W skrzydle południowym obserwuje się dominujący bieg spękań 120°, co potwierdza spostrzeżenia Rubinowskiego (1971). Podrzędnie występują spękania o biegu 25–55°, jednakże ujawniają się tylko w północnej domenie (4) na Górze Miedziance, a także na Kozim Grzbiecie.

Na Kozim Grzbiecie ujawniają się dwa główne kierunki spękań, podłużne i poprzeczne w stosunku do osi antykliny. Na Górze Ołowiance dominują spękania o biegu ok. 170°, czyli skośne względem osi antykliny.

Badania terenowe wykazały, że lustra tektoniczne podłużne względem osi antykliny, są rozwinięte na powierzchniach wcześniej zmineralizowanych kalcytem. Może to świadczyć między innymi o tym, że dyslokacje te tworzyły się wzdłuż uprzednio założonych, a następnie otwartych i zmineralizowanych spękań. Wiek tej mineralizacji kalcytowej określono na potriasowy, a nawet pojurajski (Rubinowski, 1971), zatem uskoki te musiały powstać później niż wspomniana mineralizacja czyli nie wcześniej niż w jurze.

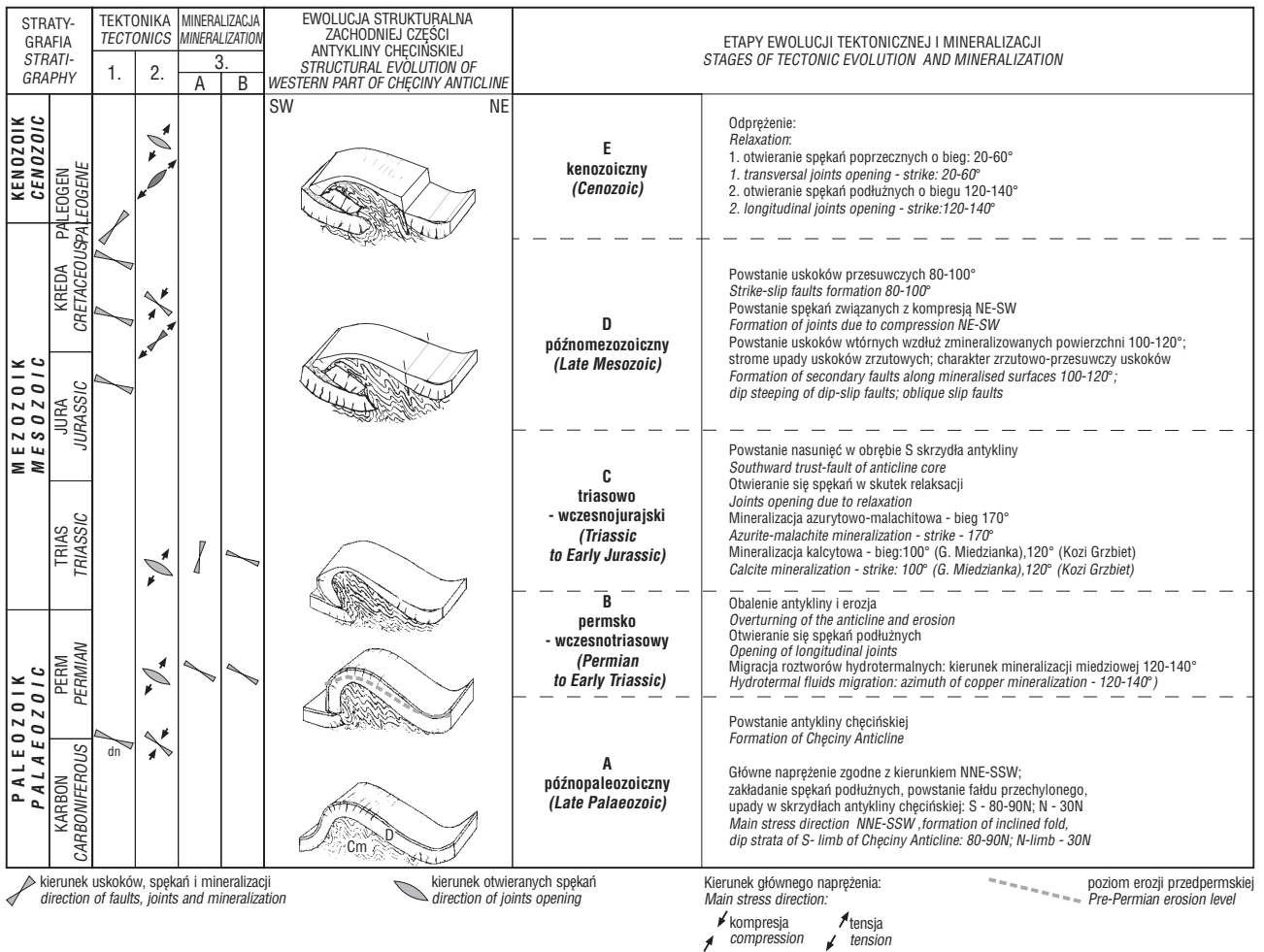
Badania Rubinowskiego (1971) wykazały, że pierwotna mineralizacja miedziowa jest zgodna z kierunkiem dyslokacji podłużnych (NW–SE) (ryc. 5) i ogranicza się tylko do skał dewonu. Zmineralizowane powierzchnie są prawie pionowe (Rubinowski, 1971).

Uskoki podłużne występujące na badanym terenie w obrębie skał paleozoicznych są wieku waryscyjskiego. Z nimi jest związana hydrotermalna mineralizacja miedziowa



Ryc. 4. Diagramy rozetowe kierunków mineralizacji miedziowej; N — liczba pomiarów; A — mineralizacja pierwotna miedzi wg Rubinowskiego (1962), B — mineralizacja azurytowo-malachitowa wg Dębowskiej

Fig. 4. Rose diagrams of copper mineralization azimuths; N — number of measurements; A — primary copper mineralization by Rubinowski (1962), B — azurite and malachite mineralization by Dębowska



Ryc. 5. Główne etapy ewolucji tektonicznej i mineralizacji zachodniego zakończenia antykliny chećińskiej  
 Fig. 5. Main stages of tectonic evolution and mineralization stages at the western end of the Chećiny Anticline

wa. Przebieg równoległy do osi antykliny chećińskiej mają też główne uskoki występujące w obrębie utworów południowego obrzeżenia mezozoicznego Gór Świętokrzyskich. Południowe skrzydła tych dyslokacji są skrzydłami zrzuconymi (Stupnicka, 1972).

Wzdłuż południowego skrzydła antykliny chećińskiej w obrębie utworów obrzeżenia mezozoicznego (od Gnieździsk po Brzeziny) ciągnie się prawopruszcza strefa uskoko- wa o zgeneralizowanym kierunku 115° (Mastella & Konon, 2002). Towarzyszą jej powstałe w reżimie transpresyjnym uskoki skośne: o dominującym biegu 160–175° (por. Mastella & Konon, 2002) i rzadziej występującym — 30°. Porównując je z zestawionymi kierunkami uskoków, wyróżnionych w obrębie południowego skrzydła antykliny chećińskiej na podstawie obserwacji luster tektonicznych (ryc. 5), zauważamy, że kierunek uskoków stwierdzonych w obrębie obrzeżenia mezozoicznego nie ma wyraźnego odzwierciedlenia w skałach paleozoicznych.

Spękania podłużne na Górze Miedziance i Sowich Górkach, w których nie stwierdzono mineralizacji miedzianej ani kalcytowej, powstały w ostatnich etapach deformacji, podczas ruchów alpejskich. Dominujące zespoły spękań są prostopadłe do NE–SW kierunku kompresji alpejskiej, zatem ich powstanie należałoby wiązać z fazą odprężenia.

Ustalenie kierunków naprężeń, które doprowadziły do powstania (założenia) spękań jest trudne z uwagi na znaczną

anizotropię skał spowodowaną wcześniejszymi deformacjami, związanymi z wychyleniem, a nawet odwróceniem warstw w skrzydłach antykliny chećińskiej. Obecność wapieni masywnych spowodowała powstanie spękań niesystematycznych, o mało uporządkowanych kierunkach.

Silna tektonika dysjunktywna oraz obecność prawopruszczej strefy dyslokacyjnej obserwowana w obrębie utworów obrzeżenia mezozoicznego (Mastella & Konon, 2002), powstała w reżimie transpresyjnym w czasie ruchów alpejskich, może skłaniać do uznania zachodniego zakończenia antykliny chećińskiej jako struktury o cechach *pozytywnej struktury kwiatowej* (Hardig, 1985). Przemawiałoby za tym kierunek uskoków przesuwowych i zrutowoprzesuwowych (ryc. 3).

W oparciu o obserwacje terenowe i dane archiwalne podjęto próbę rekonstrukcji etapów ewolucji strukturalnej antykliny chećińskiej (ryc. 5). Ruchy waryscyjskie doprowadziły do powstania antykliny, a następnie jej obalenia i powstania odkłucia w południowym skrzydle (m.in. Lamarche i in., 2003). Pod nakładem ponad 1000 metrowej miąższości utworów mezozoicznych (Głazek & Kutek, 1972) w czasie ruchów laramijskich mogły tworzyć się uskoki normalne nachylone pod kątem mniejszym niż 60° (Konon, 2004). Wynoszenie utworów antyklinorium i ich jednoczesna erozja sprzyjały powstawaniu uskoków normalnych o bardziej stromych upadach, nie wykluczając nawet pionowych (Konon, 2004).

## Podsumowanie

1. Antyklina chęcińska powstała w rezultacie ruchów waryscyjskich jako fałd obalony o wergencji południowej.

2. Spękania w zachodnim zakończeniu antykliny chęcińskiej układają się nieregularnie, co jest wynikiem wielu etapów deformacji oraz bardzo zmiennej podatności deformowanych skał. Różnice w kierunkach spękań mają związek z obecnością uskoku poprzecznie tnących antyklinę chęcińską. Na Kozim Grzbiecie i Górze Miedziance dominują spękania o biegu 120° równoległe do osi antykliny chęcińskiej z subdominantą mieszczącą się w przedziale 25–55°, zaś na Górze Ołowiance dominują spękania skośne do osi — 160–180°.

3. Na podstawie analizy luster tektonicznych stwierdzono istnienie trzech grup uskoku:

a) uskoki waryscyjskie — podłużne, powstałe w czasie ruchów waryscyjskich. Zgodnie z nimi nastąpiła przedtriasowa mineralizacja siarczkami miedzi.

b) uskoki alpejskie starsze — wykorzystujące starsze spękania i uskoki. Powstały w czasie ruchów permsko-mezozoicznych. Uskoki te charakteryzują się występowaniem mineralizacji kalcytowej, rzadziej malachitowej na powierzchni luster.

c) uskoki alpejskie młodsze. W tym etapie nie wystąpiła mineralizacja powierzchni uskukowych.

4. Mineralizacja kalcytowa występuje głównie zgodnie z kierunkiem podłużnym względem osi antykliny chęcińskiej. Powstała ona w młodszej fazie mineralizacji waryscyjskiej (tzw. typ „rózanki”). Wzdłuż kierunków głównych żył kalcytowych w późniejszych etapach deformacji tektonicznych odbywało się przemieszczanie mas skalnych.

Serdecznie dziękuję dr Edycie Jurewicz i dr hab. Pawłowi H. Karnkowskiemu za dyskusje i cenne wskazówki przy przygotowywaniu tego artykułu oraz mgr. Marcinowi Stepniowi i dr. Wojciechowi Ozimkowskiemu za pomoc przy korekcie tekstu.

## Literatura

- CZARNOCKI J. 1919 — Stratygrafia i tektonika Gór Świętokrzyskich. Pr. Tow. Nauk. Warsz., 28. Warszawa.
- CZARNOCKI J. 1927 — Ogólny rys tektoniki Gór Świętokrzyskich. Posiedz. Nauk. Państw. Inst. Geol., 17: 14–18.
- CZARNOCKI J. 1928 — O budowie zachodniej części fałdu chęcińskiego. Posiedz. Nauk. Państw. Inst. Geol., 21: 52–55.
- CZARNOCKI J. 1929 — O tektonice okolic Miedzianki w związku ze złożami miedzi tegoż obszaru. Posiedz. Nauk. Państw. Inst. Geol., 24.
- CZARNOCKI J. 1938 — Ogólna mapa geologiczna Polski, ark. Kielce, 1 : 100 000. Państw. Inst. Geol.
- CZARNOCKI J. 1947 — Przewodnik XX Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Górach Świętokrzyskich w r. 1947. Roczn. Pol. Tow. Geol., 17: 237–299.
- CZARNOCKI J. & KUŹNIAR W. 1922 — Budowa płaszczowinowa Gór Świętokrzyskich. Spraw. Państw. Inst. Geol., 1, 4–6: 321–327.
- DZIERŻEK J., KONON A., MASTELLA L., OZIMKOWSKI W., RUBINKIEWICZ J., SZCZĘSNY R. & SZUMAŃSKI A. 1999 — Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Regionu Świętokrzyskiego w skali 1 : 25 000, ark. Piekoszów C.
- FILONOWICZ P. & LINDNER L. 1986 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Piekoszów. Wyd. Geol.
- FILONOWICZ P. & LINDNER L. 1987 — Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, ark. Piekoszów. Wyd. Geol.
- GAJDA E. 1968 — Miedziankit z Miedzianki koło Chęciny. Kwart. Geol., 12: 271–279.

GLĄZEK J. & KUTEK J. 1976 — Powaryscyjski rozwój geotektoniczny obszaru świętokrzyskiego. Przew. 48 Zj. Pol. Tow. Geol., Starachowice, 24–26 września 1976: 14–51.

GLĄZEK J., KARWOWSKI Ł., RACKI G. & WRZOLEK T. 1981 — The early Devonian continental/marine succession at Chęciny in the Holy Cross Mts, and its paleogeographic and tectonic significance. Acta Geol. Pol., 31: 233–250.

HARDING T. P. 1985 — Seismic Characteristics and Identification of Negative Flower Structures, Positive Flower Structures, and Positive Structural Inversion. Bull. AAPG, 69: 582–600.

JAROSZEWSKI W. 1965 — The contact of Paleozoik and Mesozoik masses in the region of Chęciny. Bull. Ac. Sc., 13: 175–180.

KONON A. 2004 — Successive episodes of normal faulting and fracturing resulting from progressive extension during the uplift of the Holy Cross Mountains, Poland. Jour. Struct. Geol., 26: 419–433.

KOWALCZEWSKI Z. 1963 — Transwersalne założenia w budowie cokołu paleozoicznego antyklinorium świętokrzyskiego. Kwart. Geol., 4: 571–585.

KOWALSKI W. R. 1975 — Tektonika zachodniego zakończenia antykliny chęcińskiej i otaczających ją struktur obrzeżenia mezozoicznego. Roczn. Pol. Tow. Geol., 45: 45–61.

KUTEK J. & GLĄZEK J. 1972 — The Holy Cross area, Central Poland, in the Alpine cycle. Acta Geol. Pol., 22: 603–653.

LAMARCHE J., LEWANDOWSKI M., MANSY J.-L. & SZULCZEWSKI M. 2003 — Partitioning pre-, syn- and post-Variscan deformation in the Holy Cross Mountains, eastern Variscan foreland. Geological Society, London, Spec. Publ., 208: 159–184.

MASTELLA L. & KONON A. 2002 — Non-planar strike-slip Gnieździska-Brzeziny fault (SW Mesozoic margin of the Holy Cross Mountains, central Poland). Acta Geol. Pol., 52: 471–480.

MIGASZEWSKI M. Z., HAŁAS S. & DURAKIEWICZ T. 1996 — Wiek i geneza mineralizacji kalcytowej w Górach Świętokrzyskich w świetle badań litologiczno-petrograficznych i izotopowych. Prz. Geol., 44: 275–281.

MOROZEWICZ J. 1923 — O miedzianicie. Spraw. Państw. Inst. Geol., 2: 1–3.

ORŁOWSKI S. & MIZERSKI W. 1998 — Nowe dane o kambrze antykliny chęcińskiej (Góry Świętokrzyskie). Prz. Geol., 46: 278–282.

RUBINOWSKI Z. 1954 — Przejawy mineralizacji miedzianej w rejonie Miedzianki. Arch. Wydz. Geol. Akad. Gór.-Hutn. Kraków.

RUBINOWSKI Z. 1955 — Nowe obserwacje okruszczenia na Miedziance Świętokrzyskiej. Prz. Geol., 6: 299–301.

RUBINOWSKI Z. 1958 — Wyniki Badań geologicznych w okolicy Miedzianki Świętokrzyskiej. Biul. Inst. Geol., 126: 143–149.

RUBINOWSKI Z. 1962 — Zarys metalogenezy paleozoiku świętokrzyskiego. Przew. 35 Zj. Pol. Tow. Geol. Kielce, 16–19 września, 1962.

RUBINOWSKI Z. 1971 — Rudy metali nieżelaznych w Górach Świętokrzyskich i ich pozycja metalogeniczna. Biul. Inst. Geol., 247: Z badań kruszców w Polsce, 8. 166 s.

SANFORD A. R. 1959 — Analytical and experimental study of simple geologic structures. Bull. Geol. Soc. Amer., 70/1: 19–52.

STUPNICKA E. 1971 — Tektonika utworów mezozoicznych południowego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. Roczn. Pol. Tow. Geol., 40: 393–410.

STUPNICKA E. 1972 — Tektonika południowo-zachodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. Biul. Geol. Wydz. Geol. UW, 14: 21–108.

STUPNICKA E. 1986 — Charakterystyka strukturalna kambru zachodniej części antykliny chęcińskiej (Góry Świętokrzyskie). Biul. Geol. Wydz. Geol. UW, 30: 61–80.

WIESER T. & ŻABIŃSKI W. 1986 — [W:] Copper arsenate and sulphate minerals from Miedzianka near Kielce (Poland) — Arseniany i siarczany miedzi z Miedzianki koło Kielc (Polska). Miner. Pol., 1986 (druk 1987), 17, 1: 17–42.

WOJCIECHOWSKI J. 1958 — Minerale Miedzianki pod Chęcunami. Pr. Muz. Ziemi, 1: 133–152.

WÓJCIK Z. 1979 — Trzy minerały odkryte przez Józefa Morozewicza w złożu Miedzianki. Stud. Kiel., 1979; 1 (21): 111–113.

ZNOSKO J. 1999 — Etapy ewolucji tektonicznej Gór Świętokrzyskich. Posiedz. Nauk. PIG, 55: 5–8.

ZNOSKO J. 2000 — Nowe, nieznane dane o kaledońskich – alpinotypnych fałdowaniach w Górach Świętokrzyskich. Prz. Geol., 48: 401–408



**Ryc. 6.** Mineralizacja kalcytowa w strefie dyslokacyjnej (120/90) na Górze Miedziance; A — część brzeżna strefy dyslokacyjnej, B — część centralna strefy dyslokacyjnej (objaśnienia w tekście)

**Fig. 6.** Calcite mineralization in the dislocation zone (120/90) in Miedzianka Mt.; A — marginal part of dislocation zone, B — central part of the dislocation zone (for explanation see text)

