

Drobne struktury tektoniczne w utworach kambryjskich środkowej części antyklinorium klimontowskiego (blok kielecki, Góry Świętokrzyskie)

Włodzimierz Mizerski*, Katarzyna Skurek-Skurczyńska*

Analiza strukturalna drobnych struktur tektonicznych utworów kambryjskich w rejonie Klimontowa pozwala wyjaśnić wiele zagadnień, dotyczących tectogenezy skał tego wieku, a także utworów paleozoicznych w Górach Świętokrzyskich. W obrębie skał kambryjskich znajdują się mezofaldy, uskoki, spękania ciosowe, kliważ i inne drobne struktury, powstałe w trzech fazach tektonicznych: na granicy kambriu i ordowiku (aktywizacja młodokadomska lub starokaledońska), syluru i dewonu (aktywizacja młodokaledońska) i w górnym karbonie (aktywizacja waryscyjska). Intensywne ruchy tektoniczne związane z tą ostatnią aktywizacją, miały decydujący wpływ na tectogenezę całego obszaru świętokrzyskiego.

Słowa kluczowe: analiza strukturalna, drobne struktury tektoniczne, dolny kambri, Gór Świętokrzyskie

Włodzimierz Mizerski & Katarzyna Skurek-Skurczyńska — **Small tectonic structures on the Cambrian rocks in the middle part of the Klimontów Anticlinorium (Kielce block, Holy Cross Mts, Central Poland).** Prz. Geol. 47: 266–272.

Summary. Structural analysis of the small tectonic structures in the Cambrian rocks of the Klimontów area makes it possible to explain many problems of the tectogenesis of the Cambrian rocks and whole Palaeozoic rocks in the Holy Cross Mountains. In the Cambrian rocks occur small folds, small faults, overthrusts, joints, slickensides, cleavage, which originated during three tectonic phases: at the Cambrian/Ordovician boundary (Late Cadomian? or Early Caledonian movements), at the Silurian/Devonian boundary (Late Caledonian movements) and in Late Carboniferous (Variscan movements). During the Variscan movements, main tectonic activity in the Holy Cross Mts took place and the main tectonic units in the Paleozoic rocks of the Holy Cross Mts were established.

Key words: structural analysis, small tectonic structures, Lower Cambrian, Holy Cross Mts

Środkowa część antyklinorium klimontowskiego (ryc. 1) jest najlepszym obszarem do studiowania tektoniki utworów kambryjskich, z uwagi na stosunkowo dużą liczbę odsłoneń. Na temat tektoniki skał dolnokambryjskich tego obszaru wypowiedziano się już kilkakrotnie (Mizerski, 1992; Mizerski & Orłowski, 1993; Mizerski i in., 1991; Romanek, 1977; Romanek & Słowiok, 1975), jednak poglądy były prezentowane tylko na podstawie wrywkowych, niepełnych danych. Występujący tu bogaty i różnorodny inwentarz drobnych struktur tektonicznych pozwala na rekonstrukcje pól naprężeń w trakcie powstawania deformacji tektonicznych. Interpretacja wieku różnych deformacji tektonicznych jest natomiast utrudniona, gdyż na utworach dolnokambryjskich leżą tu wprost utwory trzeciorzędowe (ryc. 1) lub czwartorzędowe. Na zachód od obszaru badań, w Jurkowicach i Budach znajdują się co prawda kamieniołomy utworów dewońskich, ale kambryjskie podłoże tych utworów jest słabo poznane. Stąd też konieczne jest odwoływanie się do zarejestrowanych w innych fragmentach obszaru świętokrzyskiego podobnych deformacji tektonicznych, występujących w podobnej pozycji strukturalnej.

Obszar badań cechuje się zróżnicowaną strukturą utworów dolnokambryjskich i inwentarzem drobnych struktur tektonicznych. Dlatego też, ze względu na różnice w położeniu warstw i różnice w zaangażowaniu tektonicznym utworów dolnokambryjskich badany obszar podzielono na trzy domeny (północno-zachodnią, zachodnią i wschodnią i dla każdej z nich przeprowadzono oddzielnie analizę struktur tektonicznych.

Położenie warstw

W obrębie wyróżnionych trzech domen położenie warstw jest zróżnicowane (ryc. 1). Zróżnicowanie to doty-

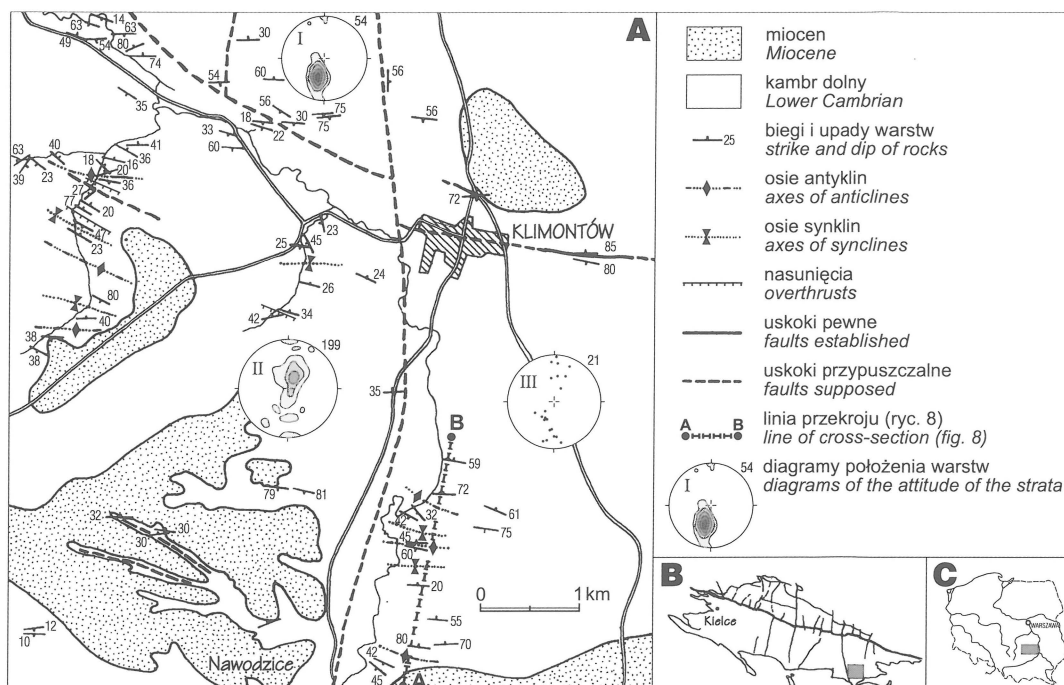
czy przede wszystkim upadów warstw, gdyż biegi wykazują względną stałość (ryc. 1). W części północno-zachodniej obszaru biegi warstw cechują się znaczną stałością i zawierają się w przedziale 75–120° z dominantą około 100° (ryc. 1, diagram I). Nieliczne odstępstwa od tego kierunku były obserwowane tylko w sąsiedztwie uskoków, zarówno podłużnych, jak i poprzecznych. Upady warstw są w zdecydowanej większości południowe i zawierają się w szerokim przedziale 10–80° z dominantą 45°.

W zachodniej części obszaru położenie warstw jest zmienne. Biegi warstw są zawarte w większości w granicach 105–120° (ryc. 1, diagram II). Upady warstw są natomiast bardzo zróżnicowane i skierowane zarówno ku północy, jak i na południe, z jedną dominantą 20–30°N. Taki charakter diagramu wynika z obecności nasunięć i silnych deformacji fałdowych towarzyszących tym nasunięciom.

Porównując położenie warstw pod i w strefie nasunięć (ryc. 2) można stwierdzić, iż warstwy leżące pod nasunięciami mają przeważnie stałe biegi (z dominantą 100°) i upady najczęściej skierowane ku północy (ryc. 2, diagram A). W przypadku warstw w strefie nasunięć rozrzut wartości biegu i upadu jest znacznie większy i przeważają upady warstw ku południowi (ryc. 2, diagram B). Większość podrzędnych maksimów na tym diagramie ma wartości biegów w przedziale 80–100°, jednak występują i takie, których biegi mają kierunki NW–SE lub NE–SW.

Konstrukcja łuków metodą graficzną (Hobbs i in., 1976; Ramsay, 1967; Ramsay & Huber, 1987) na obu powyższych diagramach (ryc. 2) pozwala na stwierdzenie, iż osie fałdów w strefie nasunięcia i ogólna rozciągłość warstw pod strefą nasunięcia najczęściej nie pokrywają się ze sobą. Jeśli interpretacja przy konstrukcji łuku jest prawidłowa (liczba pomiarów tylko nieznacznie przekroczyła 50), to rozbieżność tę można tłumaczyć albo dwuetapowością podczas powstawania stref nasunięć, albo późniejszą rotacją pakietów warstw położonych ponad powierzchnia-

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

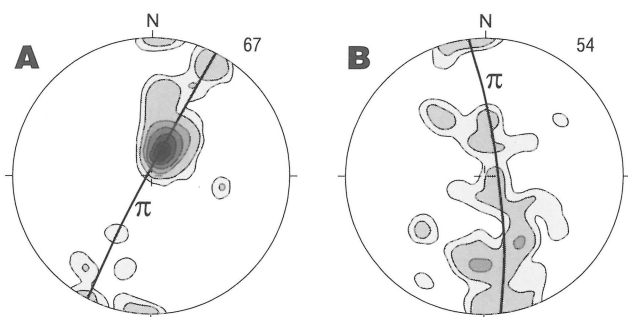


Ryc. 1. Szkic tektoniczny rejonu Klimontowa (A) wraz z lokalizacją obszaru badań w Górach Świętokrzyskich (B) i w Polsce (C)
Fig. 1. Tectonic scheme of the Klimontów area (B) and its location in Holy Cross Mts (B) and Poland (C)

mi nasunięć, które na podstawie przesłanek regionalnych interpretowane były do tej pory (Mizerski, 1998) jako sandomierskie (młodokadomskie?).

We wschodniej części obszaru odsonięć jest niewiele, co obniża rangę opracowań statystycznych. Daje się jednak zauważyć pewne prawidłowości. Biegi warstw mają przeważnie kierunek WNW–ESE lub W–E, ich upady zaś są zmienne, zarówno na północ, jak i na południe (ryc. 1, diagram III).

Rozciągłość warstw w środkowym odcinku antyklinorium klimontowskiego jest więc przeważnie zgodna z rozciągłością warstw utworów paleozoicznych (w tym i kambryjskich) w całym obszarze świętokrzyskim i jest też zgodna z osiami głównych jednostek tektonicznych paleozoiku świętokrzyskiego.



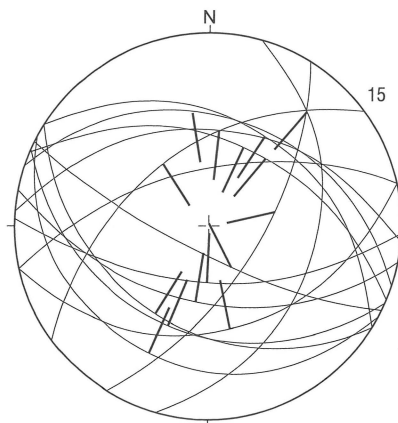
Ryc. 2. Diagramy położenia warstw dolnego kambru z wyznaczonymi łukami w strefach występowania nasunięć w zachodniej części obszaru; po prawej stronie każdego diagramu — liczba pomiarów; projekcja normalnych na górną półkulę, izarytmy procentowe: 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18%. A — pod nasunięciami, B — w obrębie stref nasunięć

Fig. 2. Diagrams of attitude of the strata in the Lower Cambrian rocks with circle in the overthrusts zones in western part of the area; on the upper right-hand side of each diagram — numbers of measurements; projection of normals onto the upper hemisphere, percentage isarithms: 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18%. A — under overthrusts, B — within of the overthrusts zones

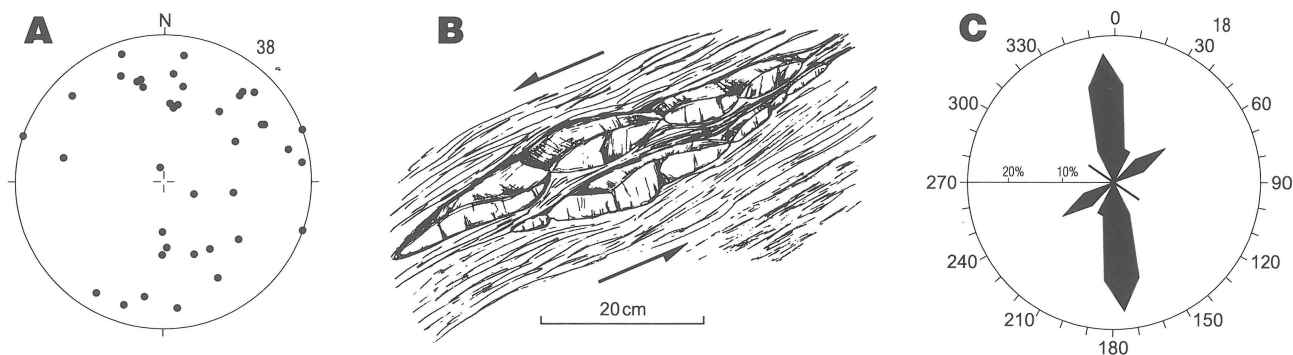
Uskoki i nasunięcia

W północno-zachodniej części obszaru badań uskoki są nieliczne. Występują uskoki podłużne i poprzeczne do biegu warstw. Z uskoków podłużnych charakterystyczne są uskoki szuflowe z licznymi rysami na powierzchniach uskokowych, równoległych na ogół do linii upadu; powierzchnie uskoków przechodzą stopniowo w powierzchnie uławiczenia z rysami ślizgowymi.

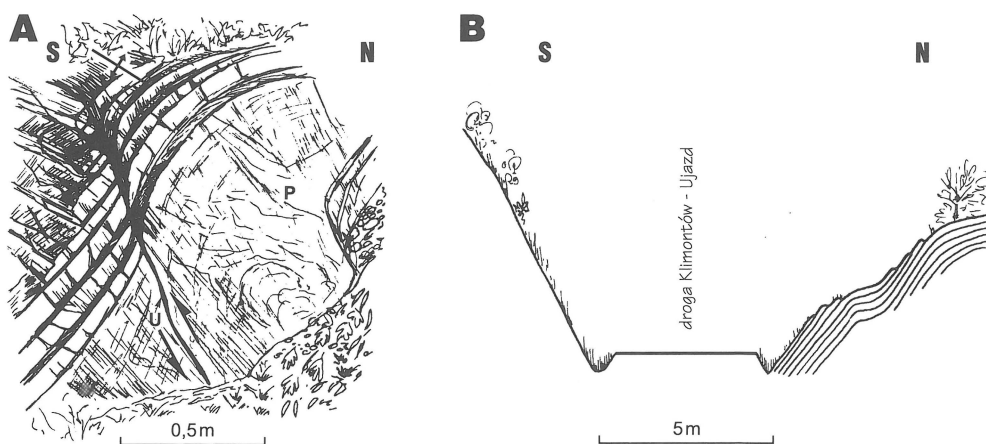
Biorąc pod uwagę fakt, iż w północno-zachodniej części obszaru wiele ławic ma powierzchnie wyslizgane, z rysami po upadzie, można wnioskować, iż naprężenia w trakcie powstawania deformacji tektonicznych były również rozładowywane na skutek poślizgów międzywarstwowych. Uwzględniając jednocześnie, iż rysy ślizgowe występujące na powierzchniach ławic, są przeważnie prostopadłe do rozciągłości warstw (ryc. 3) można przyjąć, iż



Ryc. 3. Diagram położenia powierzchni warstw z rysami ślizgowymi w zachodniej części obszaru. Projekcja na górną półkulę, po prawej stronie u góry diagramu — liczba pomiarów
Fig. 3. Diagram of the surfaces of the strata with striae in western part of the area. Projection onto the upper hemisphere, on the upper right-hand side of diagram — numbers of measurements



Ryc. 4. Nasunięcia; A — diagram położenia powierzchni nasunięć. Projektacja linii upadu na dolną półkulę, po prawej stronie u góry — ilość pomiarów; B — porozrywana i rozciągnięta ławica mułowca w obrębie łupków w strefie nasunięcia — strzałki ilustrują kierunki przemieszczeń; C — diagram rys ślizgowych na powierzchniach nasunięć, po prawej stronie u góry diagramu — liczba pomiarów
Fig. 4. Overthrusts; A — diagram of the overthrust surfaces. Projection of the dip-line onto the lower hemisphere, on the upper right-hand side — number of measurements; B — broken siltstone layer in shales in the overthrust zone — arrow-movement directions; C — diagram of striae on the surfaces of overthrusts, on the upper right-hand side — numbers of measurements



Ryc. 5. Przykłady deformacji fałdowych w północno-zachodniej części obszaru. A — antyklina przecięta uskokiem, B — szeroko-promienne formy fałdowe
Fig. 5. Examples of the fold in the NW part of the area. A — anticline accompanying fault planes, B — broad-spacing folds

kierunek głównego nacisku w trakcie ich powstawania był przeważnie prostopadły do obecnej rozciągłości warstw.

W zachodniej części obszaru występują niewielkie uskoki podłużne, normalne i odwrócone. Dominują tu strefy nasunięć.

Powierzchnie nasunięć mają na ogół zmienne położenie, choć przeważa rozciągłość zbliżona do równoleżnikowej (ryc. 4 A). Z przeprowadzonych obserwacji tam, gdzie rozpoznano kierunek transportu tektonicznego na podstawie rys ślizgowych i podgięć warstw w strefie nasunięcia można wnioskować, iż transport odbywał się ku północy. Ponieważ taki kierunek transportu tektonicznego notuje się tylko w skałach kambryjskich, powinien on być związany (Mizerski 1995, 1998) z ruchami sandomierskimi (młodo-kadomskimi?). Powierzchnie ławic w strefach nasunięć są wyslizgane, a szczeliny są często wypełnione brekcją tektoniczną. Amplitudy nasunięć w większości nie udało się określić. Tylko w kilku przypadkach można było stwierdzić, że przekracza ona 5 m.

W obrębie nasunięć występują struktury budinażowe (ryc. 4 B). Dłuższe osie budin są równoległe do linii biegu powierzchni nasunięcia. W niektórych miejscach strefa nasunięcia składa się z dwóch lub trzech powierzchni nasu-

nięć, rozdzielających pakiety łupkowo-mułowcowe o miąższości kilkudziesięciu centymetrów.

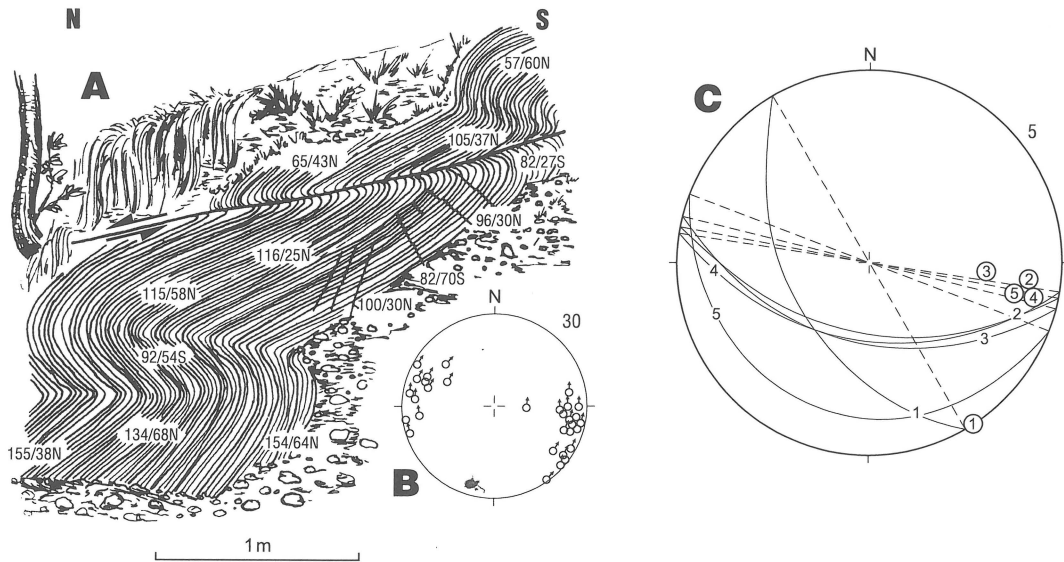
Niekiedy w strefie nasunięcia występują też struktury dupleksowe, przy czym są to dupleksy zarówno konsekwentne, jak i obsekwentne. Kształt niektórych dupleksów, ich geometria i stosunek do form otaczających wydaje się sugerować, że mogły one powstawać w wyniku ścinania przegubowych partii fałdów (por. Mastella, 1988).

Na powierzchniach nasunięć i powierzchniach uławienia znajdują się niekiedy rysy ślizgowe. Ich azymuty (ryc. 4C) sugerują dwuetapowość ruchu wzdłuż powierzchni nasunięć. Mogą być one zatem potwierdzeniem przypuszczeń poczynionych na podstawie położenia warstw.

Notowane w tej części obszaru badania drobne uskoki, o zrzucie kilkunastu–kilkudziesięciu centymetrów są wyłącznie uskoki podłużnymi zrzutowymi, zarówno normalnymi, jak i odwróconymi.

We wschodniej części obszaru badań występują jedynie uskoki, brak natomiast nasunięć. Są to podłużne uskoki zrzutowe, o biegu powierzchni uskokowych 100–120°.

Największe znaczenie ma tu walna, niemal pionowa dyslokacja podłużna, która była widoczna na nieistniejącej już ścianie w cegielni w Adamczowicach, położonej na



Ryc. 6. Nasunięcia i fałdy ciągnięte w utworach kambryjskich w zachodniej części obszaru badań. A — powierzchnia nasunięcia i towarzyszące jej fałdy ciągnięte (strzałki ilustrują zwrot przemieszczeń); B — diagram osi fałdek ciągniętych w strefach nasunięcia; projekcja na górną półkulę (strzałki — wergencja fałdek), po prawej stronie u góry — liczba pomiarów; C — diagram wybranych powierzchni nasunięcia — cyfry (projekcja na górną półkulę) i osi towarzyszących im fałdek ciągniętych — cyfry w kółkach (po prawej stronie u góry - liczba pomiarów)

Fig. 6. Overthrusts and drag folds in the Cambrian rocks in the western part investigated area. A — overthrust accompanying drag folds (arrows — movement directions); B — diagram axes of the drag folds; projection on the upper hemisphere (arrows — vergency of the drag folds), on the upper right-hand side — number of measurements; C — diagram selected overthrust surfaces (projection on the upper hemisphere) and axes accompanying drag folds (on the upper right-hand side — number of measurements)

wschód od Klimontowa, w północno-wschodniej części obszaru. Dyslokacja ta, obecnie zrzutowa, pierwotnie miała inny charakter — odwrócony, o czym świadczyły fałdy ciągnięte znajdujące się między dwiema powierzchniami uskokowymi oraz w skrzydle północnym uskoku (Mizerski i in., 1991). Dyslokacja ta działała zatem najpierw w reżimie kompresyjnym, a później — tensyjnym. Na podstawie analogii z innymi obszarami można przypuszczać, że etap kompresyjny wiąże się z ruchami sandomierskimi, zaś etap tensyjny — z ruchami późniejszymi.

Uskoki poprzeczne na całym obszarze badań zostały wyznaczone wyłącznie fotointerpretacyjnie i w odsonięciach nie są notowane.

Struktury fałdowe

Rozmieszczenie struktur fałdowych w obrębie badanego obszaru jest niejednorodne.

W części północno-zachodniej utwory kambryjskie cechują się przeważnie brakiem podrzędnych, drobnych form fałdowych. Jedyne stwierdzone fałdy występują w sąsiedztwie uskoków (ryc. 5 A) i są prawdopodobnie z nimi związane genetycznie. Ponadto notowano sporadycznie szerokopromienne fałdy o osiach równoległych do rozciągłości warstw, których skrzydła miały upady skierowane w tę samą stronę (ryc. 5 B).

Liczne drobne struktury fałdowe występują w zachodniej części obszaru, lecz są one związane przede wszystkim ze strefami nasunięć. W większości przypadków fałdy te występują w cienkoławicowych mułowcach i łupkach iltastych. Są to fałdy o bardzo różnej geometrii i można je traktować jako fałdy dysharmonijne. W zdecydowanej

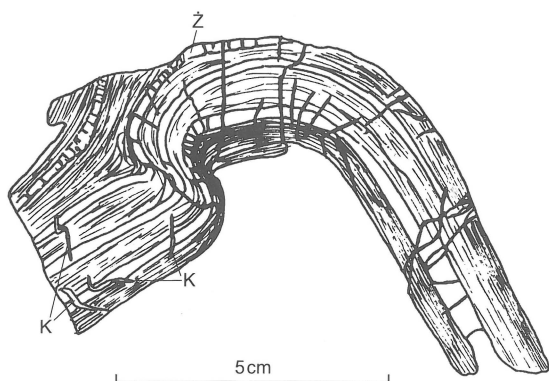
większości jednak ich osie są do siebie równoległe, co świadczy zapewne o ich jednoczesnym powstaniu. Wśród nich wyróżniają się fałdy o genezie ciągniętej (ryc. 6 A). Ich wergencja wskazuje niemal zawsze na transport tektoniczny ku północy (ryc. 6 B). Struktury te mają promienie nie przekraczające na ogół 1 metra, ich osie mają najczęściej kierunek W-E lub WNW-ESE i są lekko nachylone zarówno ku wschodowi, jak i ku zachodowi (ryc. 6 B).

Jest charakterystyczne, że większa część fałdów ciągniętych ma oś równoległą do biegów powierzchni nasunięć, którym towarzyszą (ryc. 6 C). Tylko niektóre osie fałdek ciągniętych mają oś skośną do biegu powierzchni nasunięć. Można to wiązać z późniejszymi, rotacyjnymi przemieszczeniami pakietów skalnych nad i pod nasunięciem.

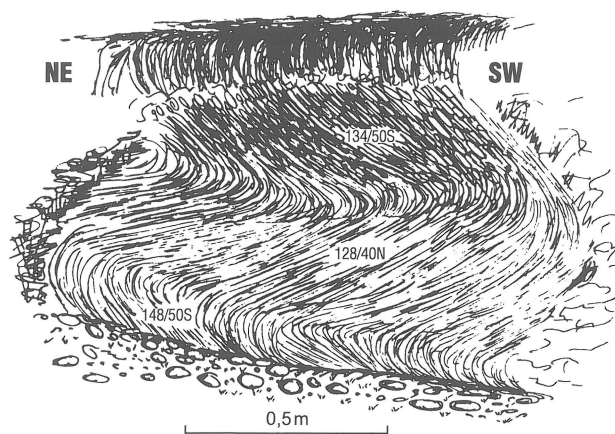
Fałdowe struktury podnasunięciowe mają głównie charakter fałdów ze zginania. Świadczą o tym (por. Mastella, 1992): stała miąższość ławic w przegubach i skrzydłach, koncentryczność fałdów, obecność spękań radialnych, występowanie odspojen przegubowych i rys ślizgowych na powierzchni ławic, a także obecność podrzędnych fałdek ciągniętych (ryc. 7).

Większe formy fałdowe w zachodniej części obszaru występują rzadko. Może to być związane z wyładowywaniem się naprężeń tektonicznych wzdłuż powierzchni nasunięć. Niekiedy o obecności większych fałdów można wnosić na podstawie zmiennego położenia warstw w sąsiadujących ze sobą odsonięciach.

W południowo-zachodniej części obszaru w łupkach i cienkoławicowych mułowcach występują najczęściej wąskopromienne struktury fałdowe o różnych rozmiarach. Najmniejsze z nich, o promieniach dochodzących do 0,5 m



Ryc. 7. Przykład fałdu ze zginania ze spękaniem radialnymi w mułowcu kambryjskim rejonu Klimontowa; K — mineralizacja spękań kalcytem, Z — warstewka żelazista
Fig. 7. Example of the true fold with radial fractures in the Cambrian siltstones (near Klimontów); K — fractures with calcite, Z — ironese lamina



Ryc. 9. Przykład fałdu leżącego w utworach kambryjskich rejonu Nawodzie
Fig. 9. Example of the recumbent fold in the Cambrian rocks (near Nawodzice)

stwierdzono w południowej części. Sa to na ogół fałdy leżące, o przegubach położonych od strony północnej lub fałdy obalone ku północy, co jednoznacznie świadczy o tym, iż musiały one powstawać w wyniku nacisków skierowanych ku północy.

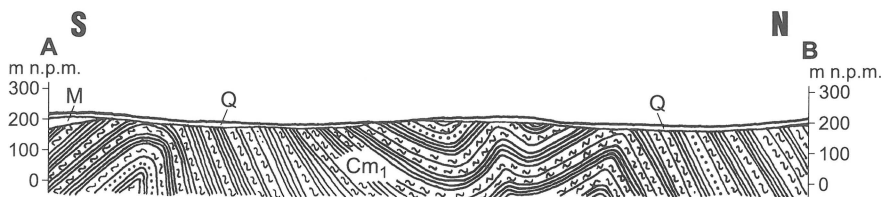
Zupełnie odmienne mezofałdy występują w części północno-wschodniej obszaru badań. W nieistniejącej już ścianie cegielni, w drobnolawicowych mułowcach i łupkach ilastych stwierdzono występowanie strefy wąskopromiennych, niemal izoklinalnych fałdów stojących (Mizerski i in., 1991). Fałdy te występują jedynie w sąsiedztwie dużego uskoku podłużnego, brak ich natomiast w oddaleniu od tej dyslokacji, co może sugerować, iż tego typu fałdy pojawiają się tylko lokalnie w sąsiedztwie dużych dyslokacji.

W środkowowschodniej części obszaru występują większe struktury fałdowe, o obecności których można wnosić na podstawie analizy położenia warstw w sąsiadujących ze sobą odślonięciach. Fałdy te są fałdami asymetrycznymi, o wergencji zarówno północnej, jak i południowej (ryc. 8), przy czym ich osie są równoległe do ogólnej rozciągłości warstw.

Na południu, w łupkach ilastych z kongrecjami węglanowymi, stwierdzono obecność niewielkich fałdów leżących (ryc. 9) o osiach równoleżnikowych, na podstawie których nie dało się jednak określić kierunku transportu tektonicznego.

Spękania ciosowe

Spękania ciosowe w utworach kambryjskich są liczne, choć trudne do jednoznacznej interpretacji.



Ryc. 8. Przekrój geologiczny przez południowo-wschodnią część obszaru (lokalizacja przekroju na ryc. 1).
Fig. 8. Geological cross-section through SE part of investigated area (location cross-section see Fig. 1)

W części północno-zachodniej spękania grupują się w trzech zespołach, których czytelność na diagramie wzrasta po zrotowaniu powierzchni ławic do płaszczyzny poziomej (ryc. 10, diagramy A1 i A2). Szczegółowa analiza tych zespołów pozwala stwierdzić, iż zespoły T1 (35° – 55°) i T2 (160° – 10°) tworzą jeden system. Spękania tych zespołów, przecinających się pod kątem około 60° są najczęściej gładkie, z rysami ślizgowymi, przechodzącymi niekiedy w drobne spękania kulisowe, często też bywają przemieszczone wzdłuż jednej z powierzchni. Pozwala to stwierdzić, iż mają one genezę ścięciową (por. Mierzewski, 1992). Dwusieczna kąta ostrego między tymi zespołami jest prostopadła do regionalnej rozciągłości warstw i osi struktur tektonicznych, co pozwala łączyć ten system z etapem tworzenia się głównych struktur tektonicznych regionu — z etapem waryscyjskim (por. Mizerski, 1995, 1998).

Spękania zespołu L, które można uważać za zespół „podłużny”, tj. równoległy do rozciągłości warstw, mogą być zespołem podłużnym systemu ortogonalnego. Jednak w porównaniu z typowym zespołem podłużnym systemu ortogonalnego, można zauważyć, że na omawianym obszarze spękania zespołu „podłużnego” nie są katetalne i tworzą z powierzchnią ławicy kąt około 80° . Może to wynikać z faktu, iż utwory kambryjskie były na tym obszarze deformowane już wcześniej.

W zachodniej części obszaru można wyróżnić dwa systemy spękań ciosowych, które dobrze są widoczne szczególnie na diagramie po zrotowaniu powierzchni ławic do płaszczyzny poziomej (ryc. 10, diagramy B1 i B2). Pierwszy z nich składa się z dwóch zespołów: T1 (120° – 130°) i T2 (20° – 30°). Dwusieczna kąta między nimi wynosi 80° – 70° i jest niemal prostopadła do regionalnej rozciągłości warstw. Spękania tego systemu mają jednocześnie te same cechy co w północno-zachodniej części obszaru badań, a zatem i, zapewne, tę samą genezę.

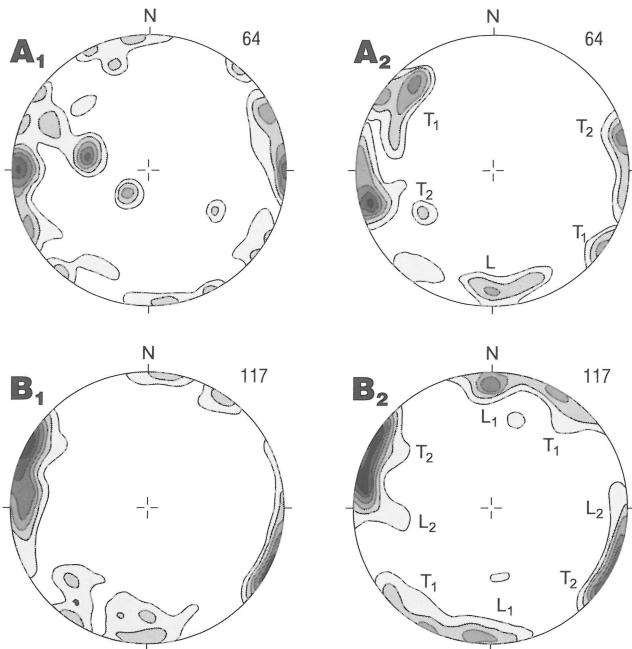
Drugi system spękań składa się z zespołów: L1 (170° – 0°) i L2 (95° – 100°). Z uwagi na charakter spękań, ich geometrię i wyraźną tendencję do katetalności można je uważać za „podłużny” i „poprzeczny” zespół systemu ortogonalnego.

W części wschodniej zanotowano również obecność systemu prostokątnego i ostrokątnego, jednak z uwagi na znacznie mniejszą ilość odsłoneń i mniejszą liczbę pomiarów obserwacji nie można było przedstawić w formie statystycznej.

Powierzchnie ścięć

W skałach kambryjskich całego obszaru stosunkowo liczne są powierzchnie ścięć z rysami ślizgowymi. W części zachodniej jest ich tak dużo, że można je zestawić statystycznie (ryc. 11, diagramy A1 i A2). Pomiary powierzchni ścięć tworzą wyraziste maksima zarówno na diagramie uwzględniającym obecne położenie warstw, jak i na diagramie wykonanym po zrotowaniu powierzchni warstw do poziomu. Biegi powierzchni ścięć mają przeważnie przebieg W-E oraz WNW-ESE i ENE-WSW.

Na podstawie rozkładu na diagramach powierzchni ścięć z rysami ślizgowymi można było wyznaczyć osie głównych naprężeń (ryc. 11, diagramy B1 i B2). Większość osi δ_1 i δ_3 układa się wzdłuż kierunku N-S. Zarówno na diagramie sprzed rotacji, jak i po niej, osie wykazują różne nachylenie. Osie naprężeń δ_2 mają natomiast rozciągłość w przybliżeniu W-E i są często poziome lub niemal poziome. Są też takie osie δ_1 , które mają położenie niemal równoleżnikowe, co sugeruje główne naciski o kierunkach W-E. Z diagramu odczytać można zatem co najmniej dwa układy naprężeń, a zmienne położenia osi mogą sugerować istnienie także trzeciego, słabiej widocznego. Skośne ustawienie osi δ_1 i δ_3 może być wypadkową nacisków poziomych i ciężaru nadkładu lub/i działania sił ścinających.



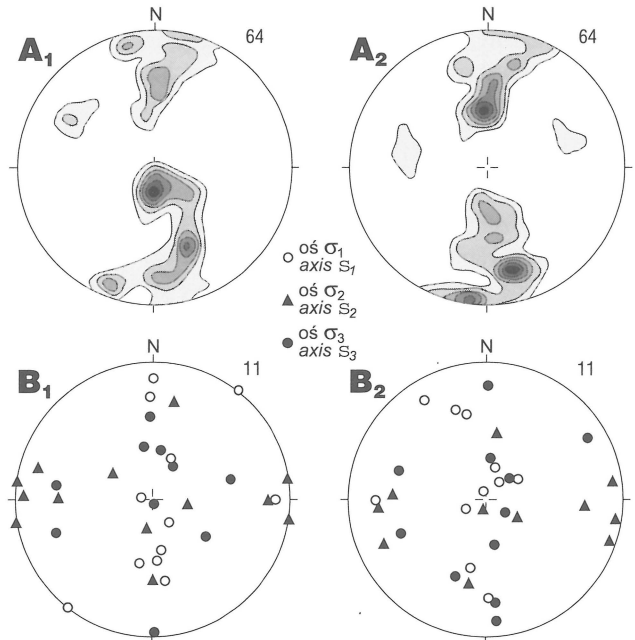
Ryc. 10. Diagramy spękań ciosowych w utworach kambryjskich. A₁ i B₁ — przed rotacją warstw do płaszczyzny poziomej, A₂ i B₂ — po rotacji. Projektacja normalnych na górną półkulę; izarytmy procentowe 2, 3, 4, 5, 6, 7%, po prawej stronie u góry każdego diagramu — liczba pomiarów. Symbole w środku diagramu omówione w tekście.

Fig. 10. Diagrams of the joints in the Cambrian rocks. A₁ and B₁ before rotation of the strata to the level plane, A₂ and B₂ — after rotation. Projection of normals onto upper hemisphere, percentage isarithms 2, 3, 4, 5, 6, 7%, on to upper right-hand side of each diagram — number of measurements. Symbols inside diagrams — see text

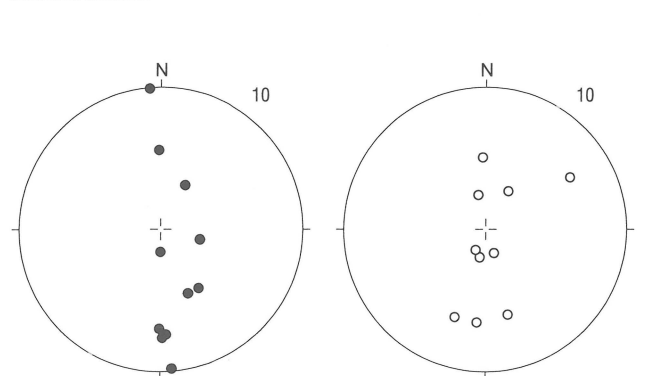
mych i ciężaru nadkładu lub/i działania sił ścinających. W przypadku większej głębokości naprężenia osie δ_2 i δ_3 mogą mieć zbliżone wartości (Jaroszewski, 1980). Tym można tłumaczyć zamianę pozycji tych osi między sobą.

Kliważ

Spękania kliważowe w skałach kambryjskich na diagramie wykonanym dla obecnych położenia warstw mają zmienne biegi, lecz na diagramie uwzględniającym rotację warstw do poziomu mają najczęściej biegi równoleżnikowe lub są nieznacznie odchyłone od tego kierunku (ryc.



Ryc. 11. Diagramy luster tektonicznych (A) i wyznaczonych na ich podstawie osi naprężeń (B). A₁ i B₁ — przed rotacją warstw do płaszczyzny poziomej, A₂ i B₂ — po rotacji. Projektacja normalnych na górną półkulę; izarytmy procentowe 2, 3, 4, 5, 6, 7%, po prawej stronie u góry każdego diagramu — liczba pomiarów



Ryc. 12. Diagram powierzchni kliważu. Projektacja normalnych na górną półkulę; po prawej stronie u góry — liczba pomiarów

Fig. 12. Diagram of the cleavage. Projection of normals onto upper hemisphere, on to upper right-hand side of each diagram — number of measurements

12). Są one w większości obsekwentne, a ich upad zależy od upadu i kierunku nachylenia warstw. Są to gęste spękania w odstępach 1–2 cm, równoległe do linii biegu warstw. Ograniczają się one najczęściej do pojedynczych ławic podatniejszych od otoczenia. Często powierzchnie ławic w strefach występowania kliważu są wyszlizgane i znajdują się na nich rysy ślizgowe równoległe do linii upadu. Tylko niekiedy przecinają kilka warstw o różnej litologii. Powstanie kliważu obsekwentnego wiąże się najprawdopodobniej z jednoczesnym działaniem pary sił i trójosiowego ściskania z pionową osią największego nacisku (por. Mastella, 1988), co sugeruje znaczącą rolę obciążenia nadkładem lub ruchów wypiętrzających. Jest zatem prawdopodobne, iż kliważ ten jest związany z naprężeniami waryscyjskimi, kiedy miąższość skał spoczywających na utworach kambryjskich była już znaczna.

Wnioski

Analiza drobnych struktur tektonicznych, występujących w utworach kambryjskich rejonu Klimontowa, pozwala na wyciągnięcie konkretnych wniosków dotyczących tektogenezy tych utworów, jak i całego paleozoiku świętokrzyskiego.

Wydzielone domeny w obrębie środkowej części antyklinorium klimontowskiego różnią się od siebie zarówno położeniem warstw, obecnością nasunięć, uskoków, form fałdowych i ich wykształceniem, jak również geometrią i wykształceniem zespołów ciosowych. Biorąc pod uwagę, że są one rozdzielone uskokami można traktować je, jak oddzielne bloki, zachowujące się nieco inaczej w trakcie deformacji tektonicznych. Podobne różnice w zaangażowaniu tektonicznym różnych fragmentów zarówno wychodni kambryjskich, jak i całego starszego paleozoiku bloku kieleckiego były sygnalizowane już we wcześniejszych pracach (Mizerski, 1995, 1998; Mizerski & Orłowski, 1993). Wynika stąd, że szersze wnioski dotyczące tektogenezy utworów kambryjskich Gór Świętokrzyskich mogą być wyciągane tylko na podstawie badań regionalnych na większym obszarze.

W skałach kambryjskich, środkowej części bloku kieleckiego, zarejestrowane są co najmniej 3 etapy aktywizacji tektonicznej, uwidaczniające się w obrębie drobnych struktur fałdowych, nasunięć, uskoków, spękań ciosowych, ścięć i kliważu. Te trzy etapy są zapisane w drobnych strukturach tektonicznych, powstałych w trzech różnych polach naprężeń. Na podstawie analogii z obszarami sąsiednimi, gdzie na powierzchni występują nie tylko skały kambryjskie, ale i ordowicko-karbońskie można wiązać te trzy etapy z aktywizacją starokaledońską (młodokaledońską?) na granicy kambru i ordowiku, młodokaledońską na granicy syluru i dewonu oraz waryscyjską w

karbonie górnym. Uwzględniając geometryczne zależności między strukturami tektonicznymi występującymi w obrębie utworów kambryjskich antyklinorium klimontowskiego i w skałach innego wieku całego bloku kieleckiego należy przyjąć, że szczególna rola przypada ruchom waryscyjskim, które muszą być uznane za ruchy tektoniczne o głównym znaczeniu dla tektogenezy utworów kambryjskich, a w konsekwencji — dla tektogenezy całego paleozoiku świętokrzyskiego. Znajduje to potwierdzenie w analizie geotektonicznej i geodynamicznej strefy Teisseyre'a-Tonquista (Liszkowski i in., 1998).

Zręby planu strukturalnego utworów kambryjskich obszaru ukształtowane zostały jednak w starokaledońskim (młodokaledońskim ?) etapie aktywizacji tektonicznej obszaru. W wyniku transportu tektonicznego ku północy powstały wówczas struktury fałdowe i nasunięcia; znaczna część nacisków rozładowywana była na skutek posuwu międzywarstwowego.

Literatura

- HOBBS B.E., MEANS W.D. & WILLIAMS P.F. 1976 — An outline of structural geology. John Wiley & Sons Inc., London.
- JAROSZEWSKI W. 1980 — Tektonika uskoków i fałdów. Wyd. Geol.
- LISZKOWSKI J., BARLIK M. & ŚLEDZIŃSKI J. 1998 — Geotectonics and geodynamics of the Teisseyre-Tornquist Tectonic Zone. *Rep. on Geodesy*, 4: 1–113.
- MASTELLA L. 1988 — Budowa i ewolucja okna tektonicznego Mszały Dolnej, Karpaty Zewnętrzne, Polska. *Rocz. Pol. Pow. Geol.*, 58: 53–173.
- MASTELLA L. 1992 — Fałdy w skałach osadowych. *Inst. i Met. Bad. Geol.*, 51: 79–95.
- MIERZEJEWSKI M.P. (red.) 1992 — Badania elementów tektoniki na potrzeby kartografii wiertniczej i powierzchniowej. *Inst. i Met. Nad. Geol.*, 51: 1–176.
- MIZERSKI W. 1992 — Tektonika utworów kambryjskich obszaru świętokrzyskiego. *Prz. Geol.*, 40: 142–146.
- MIZERSKI W. 1995 — Geotectonic evolution of the Holy Cross Mts in Central Europe. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 372: 1–47.
- MIZERSKI W. 1998 — Podstawowe problemy tektoniki i tektogenezy utworów paleozoicznych obszaru świętokrzyskiego. *Prz. Geol.*, 46: 337.
- MIZERSKI W. & ORŁOWSKI S. 1993 — Główne uskoki poprzeczne i ich znaczenie dla tektoniki antyklinorium klimontowskiego — Góry Świętokrzyskie. *Kwart. Geol.*, 37: 19–40.
- MIZERSKI W., ORŁOWSKI S. & WAKSMUNDZKI B. 1991 — New data on geology of the Kamieniec Shale Formation — Lower Cambrian, Holy Cross Mts. *Kwart. Geol.*, 35: 149–161
- RAMSAY J.G. 1967 — Folding and fracturing of rocks. McGraw-Hill Book Company Inc.
- RAMSAY J.G. & HUBER M.I. 1987 — The techniques of modern structural geology, vol. 2: Folds and Fractures. Acad. Press Inc. (London) Ltd.: 309–700.
- ROMANEK A. 1977 — Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, ark. Klimontów. *Wyd. Geol.*
- ROMANEK A. & SŁOWIOK G. 1975 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski, ark. Klimontów. *Inst. Geol.*