

UKD 551.242.11/.12.052:551.71:552.3/4:551.242.5:550.834.52(438)

Wacław RYKA

Tektonika uskokowa cokołu krystalicznego platformy prekambryjskiej w Polsce

W skałach podłoża krystalicznego zaznaczyły się trzy style tektoniki uskokowej: prekarelski – najslabiej zaznaczony, uwarunkowany biegiem stref fałdowych (uskoki równoległe i prostopadłe do biegu) oraz kolistymi masywami granitoidowymi (uskoki koncentryczne); karelski – dobrze zachowany, o kierunkach południkowych i równoleżnikowych; przewendyjski – najsilniejszy, równoległy i prostopadły do linii Teisseyre'a-Tornquista (NW–SE i NE–SW). Styl tektoniki uskokowej wpływał na rozwój granityzacji, magmatyzm gotyjski i platformowy.

WSTĘP

Zróznicowanie litologiczne skał stropu podłoża krystalicznego polskiej części platformy prekambryjskiej jest wynikiem skomplikowanego rozwoju metamorficzno-magmowego oraz głębokiej penepłenizacji przewendyjskiej, która w wielu miejscach odsłoniła nawet korzenie fałdów prekarelskich. Podstawę rozważań nad tektoniką uskokową podłoża krystalicznego stworzyła mapa geologiczna tej jednostki w skali 1:500 000 (S. Kubicki, W. Ryka, 1982). Pokazane na niej petrograficzne rodzaje skał wyznaczono na podstawie półszczegółowych i szczegółowych map magnetycznych i grawimetrycznych w skali 1:200 000 oraz ich pochodnych, a także wyników badań rdzeni wiertniczych. Opierając się także na materiałach geofizycznych można było z dość dużą wiarygodnością wyznaczyć osie struktur niższego rzędu.

Mapa geologiczna stropu podłoża krystalicznego zawiera nie tylko informacje dotyczące zróznicowania litologicznego, lecz również tektoniki, a materiały zgromadzone podczas jej zestawiania, jak i poczynione przy tej sposobności spostrzeżenia okazały się pomocne w rozważaniach o budowie tektonicznej i składzie skorupy na badanym obszarze platformy prekambryjskiej. Przy sporządzaniu mapy litologicznej podłoża krystalicznego wykorzystano zależność charakteru anomalii geofizycznych od składu petrograficznego skał i stopnia uporządkowania ich struktury. Zasada ta w ujęciu bardzo uproszczonym polega na tym, że pewien charakterystyczny typ anomalii grawimetrycznej i magnetycznej powoduje

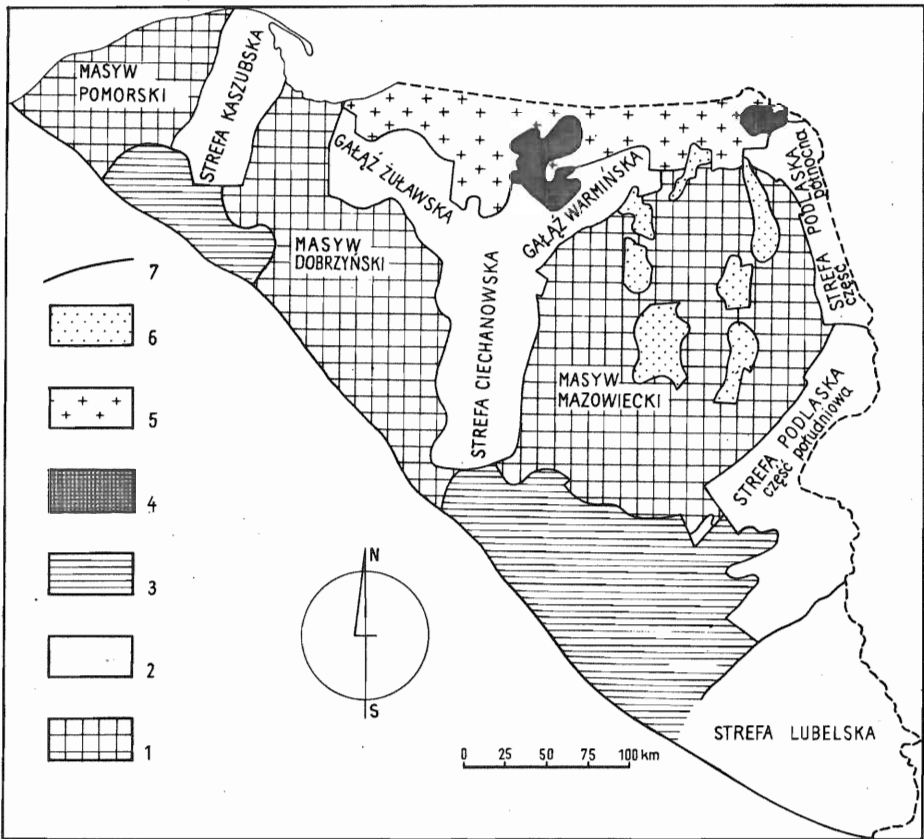


Fig. 1. Schemat tektoniczny podłoża krystalicznego polskiej części platformy wschodnioeuropejskiej sporządzony na podstawie mapy geologicznej stropu podłoża krystalicznego opracowanej przez K. Karaczuna, S. Kubickiego i W. Rykę (S. Kubicki, W. Ryka, 1982)

Tectonic scheme of crystalline basement in Polish part of the East-European Platform, based on geological map of top surface of the basement as compiled by K. Karaczun, S. Kubicki and W. Ryka (S. Kubicki and W. Ryka, 1982)

1 – prekarelskie masywy granitoidowe; 2 – prekarelskie strefy fałdowe; 3 – kompleks karelski; kompleks gotyjski; 4 – masywy anortozytowe; 5 – granitoidy rapakiwipodobne; 6 – kompleks quasiplatformowy subjotnicko-jotnicki; 7 – granica platformy prekambryjskiej

1 – pre-Karelian granitoid massifs; 2 – pre-Karelian fold zones; 3 – Karelian complex; Gothian complex; 4 – anorthosite massifs; 5 – rapakiwi-like granitoids; 6 – quasiplatform Subjotnian-Jotnian complex; 7 – boundary of the Platform

odpowiedni rodzaj lub rodzaje skał składających się na jednostki niższego rzędu. Podobnie jest z regionalnymi anomaliami geofizycznymi, które są odbiciem jednostek geologicznych wyższego rzędu. Należą do nich: prekarelskie masywy granitoidowe – mazowiecki, dobrzyński i pomorski (przy czym dwa ostatnie mogą tworzyć jeden masyw dobrzyńsko-pomorski); prekarelskie strefy fałdowe – podlaska, ciechanowska (wraz z gałęziami warmińską i żuławską), kaszubska i lubelska; kompleks karelski (kompleks kampinoski położony jest na południe od Warszawy); gotyjski kompleks mazurski (fig. 1). Dwie ostatnie jednostki są szczególnie przydatne w śledzeniu rozwoju tektoniki uskokowej podłoża krystalicznego. Dla wspomnianego celu przydatne są tylko obszary podłoża krystalicznego objęte

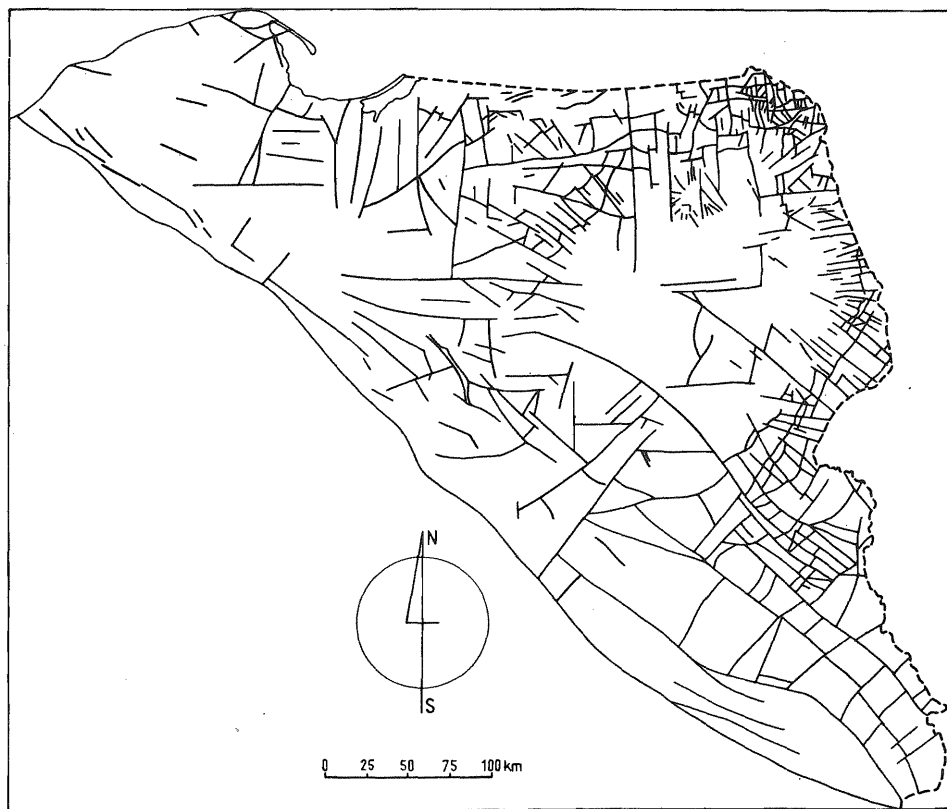


Fig. 2. Mapa ważniejszych uskoków cokołu krystalicznego platformy prekambryjskiej
Map of major faults in crystalline suture of the Precambrian Platform

dostatecznie dokładnym zdjęciem geologicznym, a więc przykryte stosunkowo cienkim płaszczem skał osadowych i uzewnętrzniające się wyraźnymi lokalnymi anomaliami geofizycznymi. Z tego też względu znajomość tektoniki uskokowej strefy kaszubskiej i lubelskiej oraz masywu dobrzyńsko-pomorskiego jest niewielka (fig. 2).

PLANY TEKTONIKI USKOKOWEJ

Plan tektoniki prekarelskich stref metamorficznych jest inny niż masywów granitoidowych. Dla wykazania tego podano krótką charakterystykę głównych rysów tektoniki uskokowej granitoidowego masywu mazowieckiego oraz otaczających go stref fałdowych.

W południowej części fałdowej strefy podlaskiej, położonej na południe od Białegostoku, dominują osie struktur o kierunkach NW–SE, poprzecinane licznymi uskokami prostopadłymi do ich biegu (fig. 3a), przy czym nie brak tu także uskoków równoległych do biegu struktur metamorficznych. Natomiast w północnej części tej strefy przeważają struktury o osiach NW–SE, pocięte uskokami równoleżnikowymi (fig. 3b). W fałdowej strefie ciechanowskiej, w której osie struktur mają głównie kierunek NNE–SSW, podstawowe znaczenie od-

grywają uskoki NW–SE (fig. 3c). Zupełnie inaczej ułożone są osie struktur w gałęziach fałdowej strefy ciechanowskiej; w gałęzi żuławskiej ułożone są one w kierunku WNW–ESE i tutaj przecinają je głównie uskoki o kierunkach południkowych, zaś w gałęzi warmińskiej, w której osie struktur mają kierunek NE–SW, dominują uskoki do nich prostopadłe (fig. 3e). W kompleksie mazurskim osie struktur są niewyraźne i przeważają uskoki o kierunkach południkowych, natomiast znacznie słabiej rozwinięte są uskoki do nich prostopadłe (fig. 3f).

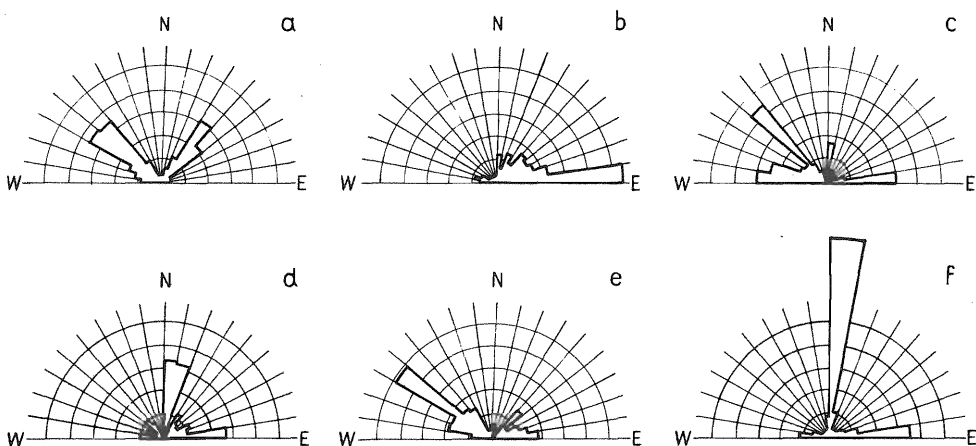


Fig. 3. Diagramy orientacji uskoków w różnych strefach i kompleksach podłoża krystalicznego
 Diagrammes of fault orientation in individual zones and complexes of the crystalline basement
 a – południowa część strefy podlaskiej; b – północna część strefy podlaskiej; c – strefa ciechanowska; d – gałąź żuławska; e – gałąź warmińska; f – kompleks mazurski
 a – southern part of Podlasie zone; b – northern part of Podlasie zone; c – Ciechanów zone; d – Żuławy branch; e – Warmia branch; f – Mazury complex

Ze stosunku kierunków struktur do linii uskoków wynikają różnice w stylu budowy poszczególnych stref metamorficznych otaczających masyw mazowiecki. Kierunki uskoków przeważnie zależą od głównych osi struktur metamorficznych i wtedy są ułożone do nich równoległe i prostopadłe, co jest dobrze widoczne w południowej części fałdowej strefy podlaskiej, gałęzi warmińskiej i gałęzi żuławskiej. Niektóre kierunki uskoków mają słaby związek z osiami metamorficznych struktur fałdowych, np. w strefie ciechanowskiej, natomiast w północnej części strefy podlaskiej nie został on uwidoczniiony (fig. 3b).

Zależność tektoniki uskokowej od budowy fałdowych stref metamorficznych, czyli zależność uskoków równoległych i prostopadłych od osi struktur jest oczywista w regionalnym planie budowy podłoża krystalicznego (fig. 1, 2). Niepewny jest natomiast wiek uskoków, które mogą być związane z ruchami fałdowymi danego cyklu, jak również z późniejszą przebudową górotworu. Przebudowane tektonicznie mogą być strefy fałdowe, w których obok starych uskoków pojawiły się nowe, niezależnie od przebiegu osi struktur metamorficznych. Całkowite zatarcie linii starych uskoków i brak związku kierunków osi struktur metamorficznych z istniejącymi uskokami wskazywać może na znaczną przebudowę metamorficzną treści skalnej stref fałdowych i powstanie zupełnie nowego stylu tektoniki

uskokowej. Przykładem takiej przebudowy jest przypuszczalnie silnie zgranityzowana skrajnie północna część strefy podlaskiej, zwłaszcza wydźwignięty blok tektoniczny położony na wschód od Kanału Augustowskiego (fig. 1).

Uskoki poprzeczne do stref fałdowych nie wpływają wyraźnie na zmianę obrazu tektonicznego podłoża krystalicznego. Informują one głównie o amplitudach zrzutów i wielkościach rozsunięć, niewiele większych od kilkuset metrów, rzadziej sięgających kilku kilometrów. Uskoki normalne o niewielkich amplitudach zrzutów w skałach o podobnych własnościach fizycznych są mało kontrastowe i słabo zaznaczają się na mapach geofizycznych. Kontrast ten zwiększa się, jeśli amplituda uskoków wzrasta, kontaktujące skały różnią się składem mineralnym, uskoki są nożycowe lub przesuwcze. W tym ostatnim przypadku na granicy uskoku potęguje się kontrast spowodowany różnymi kierunkami osi struktur fałdowych. Przykładem silnego kontrastu tektonicznego są: uskok dzielący strefę podlaską na część północną i południową (uskok o kierunku równoleżnikowym, biegnący na wschód od Białegostoku) oraz uskok o kierunku równoleżnikowym, oddzielający strefę ciechanowską od gałęzi warmińskiej i żuławskiej.

Strefy uskokowe na granicy jednostek strukturalnych są przeważnie słabo zaznaczone, zwłaszcza gdy nie mają one charakteru przesuwczego i wtedy maskowane są dużymi gradientami magnetycznymi, spowodowanymi kontrastem przyległych ośrodków fizycznych; przykładem takim jest wschodnia granica strefy ciechanowskiej z masywem mazowieckim.

Innym stylem budowy tektonicznej odznacza się masyw mazowiecki. W jego partii brzeżnej widoczne są liczne, drobne uskoki dobrze zaznaczające się w sąsiadujących skałach metamorficznych, ale wewnątrz masywu słabo widoczne lub nawet zatarte. W masywie tym bowiem nie ma skał wyraźnie różniących się kontrastem fizycznym (fig. 4). Dla wyjaśnienia ich związku z tektoniką granitoidowego masywu mazowieckiego sporządzono histogram stopnia ześrodkowania uskoków (fig. 5). W tym celu wokół środka ciężkości masywu mazowieckiego wykreślono współśrodkowe okręgi o polach równych dziesięciu procentom powierzchni tego masywu, przy czym dla koła wewnętrznego umownie przyjęto wartość 90–100%, dla kolejnych okręgów wartości 80–90%, 70–80% itd., aż do okręgu zewnętrznego o wartości 0–10%. Stopień zbieżności oznaczano przez graficzne przedłużenie linii uskoków do przesunięcia się z okręgiem położonym najbliżej środka ciężkości masywu. Jeśli np. linia, na której leży uskok przechodziła przez koło środkowe – zbieżność oznaczano na 90–100%, jeżeli natomiast przecinała tylko okrąg zewnętrzny – wówczas zbieżność oznaczano na 0–10%. Z fig. 5 wynika duża zbieżność roju uskoków skupionych na obwodzie masywu mazowieckiego. W 54% zbiegają się one w środkowym kole, natomiast w trzech polach wewnętrznych, czyli na 30% powierzchni masywu mazowieckiego, ześrodkowuje się 85% tych uskoków.

Rój uskoków otaczających masyw mazowiecki ma zatem ścisły związek genetyczny z otaczającymi strefami fałdowymi. Masyw mazowiecki i otaczające go struktury metamorficzne utworzyły się w czasie tych samych fałdowań i uzyskały jednolity styl tektoniki uskokowej. Tektonika ta nie jest znana w młodszych skałach podłoża krystalicznego. Ogólną cechą prekarelskiej tektoniki jest słaba czytelność linii uskokowych, nieco lepsza w strukturach metamorficznych połamań na bloki i wyraźna w miejscach ich przesunięć.

Skały karelskie leżą na prekarelskich masywach granitoidowych i strefach fałdowych. W przeszłości przykrywały one cały lub prawie cały obszar prekarelidów, przy czym w centralnych częściach masywu mazowieckiego osiągały miąższości małe, natomiast w podłożu metamorficznym oraz w strefach kontaktu

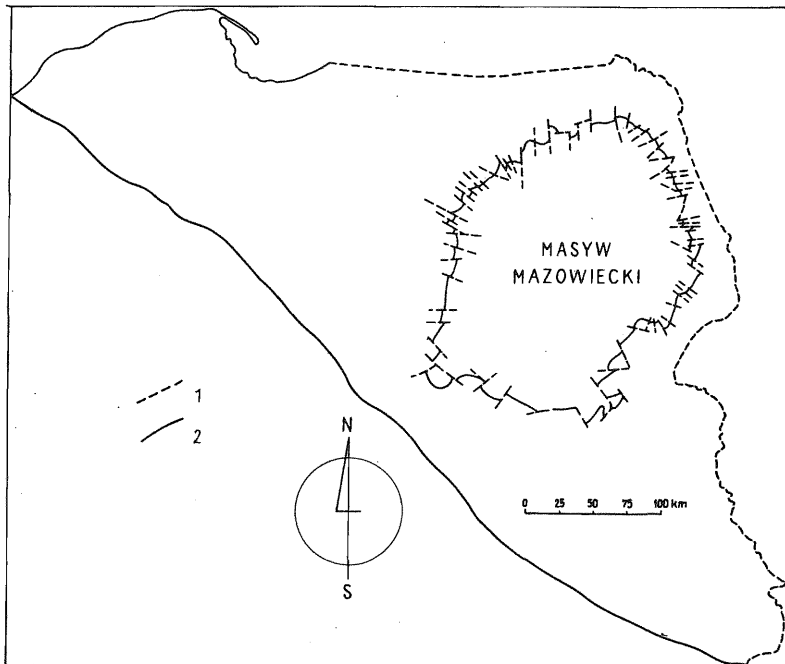


Fig. 4. Schematyczna mapa uskoków prekarelskich na obrzeżeniu masywu mazowieckiego
 Sketch map of pre-Karelian faults at the margin of the Masovian massif

1 – granica masywu; 2 – uskoki
 1 – boundary of massif; 2 – faults

tego masywu ze strefami fałdowymi znaczne. Grubość skał kompleksu karelskiego była przypuszczalnie uwarunkowana zróżnicowaną subsydencją, małą na obszarach granitoidowych i dużą w strefach fałdowych. Na masywach granitoidowych nie są one silnie odkształcone i uległy prawie całkowitemu zdegradowaniu, na pozostałym obszarze utworzyły system fałdów dysharmonijnych i osiągnęły grubość kilku kilometrów. Na południe od masywu mazowieckiego grubość skał karelskich jest największa, zwłaszcza na obszarze Grójca – Garwolina – Kozienc. Na podstawie interpretacji regionalnej anomalii grawimetrycznej A. Kozera przypuszcza, że występują tam skały wulkaniczne miąższości nie mniejszej od 4 km. W strefie tej skały karelskie sięgają przypuszczalnie do głębokości 8–10 km.

Z ruchami karelskimi związany jest system uskoków równoleżnikowych i południkowych. Stwierdzenie takie nie jest łatwe do uzasadnienia ze względu na słabą czytelność stylu tektoniki uskokowej w skałach karelskich, leżą one bowiem zwykle na znacznych głębokościach, natomiast w miejscach płytkiego występowania podłoża krystalicznego zostały na ogół zdarte. W związku z brakiem dowodów bezpośrednich sięgnięto po dowody pośrednie, które dostarcza strefa kontaktu kompleksu mazurskiego z fałdową strefą podlaską i ciechanowską oraz masywem mazowieckim. Kontakt ten wyznacza system potężnych uskoków o kierunkach równoleżnikowych, dzielących obszary o różnym stylu tektoniki. Karelski wiek uskoków równoleżnikowych i południkowych potwierdzają także kierunki granitacji, inne w kompleksie mazurskim, jak również w jego południowym obrzeżeniu, oraz geneza masywów anortozytowych (W. Ryka, 1979).

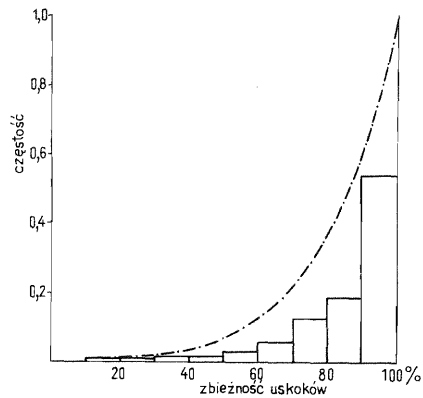


Fig. 5. Histogram stopnia ześrodkowania uskoków w masywie mazowieckim

Histogramme of degree of concentration of faults in the Masovian massif

W gotyjskim kompleksie mazurskim dominują uskoki o kierunkach południkowych i równoleżnikowych (fig. 2). Są one znacznie dłuższe w porównaniu z uskoki systemu prekarelskiego, osiągające nieraz 150 km. Te duże uskoki nierzadko przecinają masyw mazowiecki, gdzie spowodowały utworzenie się szeregu rowów wypełnionych później skałami kompleksu quasiplatformowego.

Uskoki karelskie są dobrze widoczne w prekarelskich strefach fałdowych, a o ich dużym znaczeniu dla budowy głębokiej części podłoża krystalicznego świadczy nieraz raptowna zmiana kierunków osi fałdów lub też rozbitcie stref fałdowych na bloki. Uskoki takie oddzielają np. strefę ciechanowską od jej północnych gałęzi oraz strefę kaszubską od masywu dobrzyńskiego.

Najmłodsze są uskoki prewendyjskie, niejednokrotnie później odnawiane, równoległe oraz prostopadłe do strefy Teisseyre'a-Tornquista. Są one najwyraźniej zaznaczone i tną uskoki starszych generacji, prekarelskie strefy fałdowe, masywy granitoidowe oraz kompleks karelski i gotyjski. Uskoki te osiągają długość do 250 km i zdecydowanie dzielą podłoże krystaliczne na bloki o dużych amplitudach zrzutu i przesuwu. Kierunki te są niezależne od kierunków osi struktur prekarelskich i karelskich, natomiast ich zbieżność z kierunkami prekarelskich struktur metamorficznych południowej strefy podlaskiej jest przypadkowa.

Diagram uskoków dla całego podłoża krystalicznego (fig. 6) wyraźnie wskazuje na dominację kierunków południkowych i równoleżnikowych będących oddźwiękiem tektoniki karelskiej oraz prewendyjskich kierunków NW-SE i NE-SW, z których pierwszy jest zgodny ze strefą Teisseyre'a-Tornquista, drugi zaś do niej prostopadły. Na diagramie kierunki prekarelskie są niewidoczne.

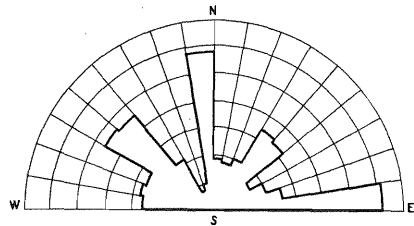


Fig. 6. Diagram uskoków dla całego obszaru powierzchni podłoża krystalicznego

Diagramme of faults for the whole area of the crystalline basement

WPLYW GRANITYZACJI GOTYJSKIEJ NA ZMIANĘ PLANU TEKTONIKI USKOKOWEJ

Ze względu na dominację skał prekarelskich na powierzchni podłoża krystalicznego można by oczekiwać, że system uskoków prekarelskich będzie silniej zaznaczony, tymczasem jest on zatarty. Na zanik czytelności tych uskoków wpłynęła wielokrotna przebudowa podłoża krystalicznego, zwłaszcza gotyjska granityzacja, która zachodziła nie tylko na całym obszarze polskiej części platformy prekambryjskiej, ale także zachodniej części Białorusi. Granityzowane były zwłaszcza skały w otoczeniu nieciągłości strukturalnych – uskoków oraz granic kompleksów i serii skalnych, a szczególnie intensywnie kontakty masywów granitoidowych ze strefami fałdowymi, np. masywu mazowieckiego ze strefą podlaską. Przeobrażenia ułatwiały grube strefy mylonitów utworzonych w wyniku wielokrotnego ożywiania ruchów zachodzących na styku ośrodków silnie skontrastowanych fizycznie (W. Ryka, 1975). Miejsca osłabień tektonicznych sprzyjały granityzacji oraz gromadzeniu się granitoidów anatektycznych, co spowodowało zatarcie linii uskokowych zgodnych z biegiem struktur metamorficznych.

Intensywnie rozwinęła się granityzacja na kontaktach struktur prekarelskich z karelskimi. Jeżeli w skałach prekarelskich substancje granityzujące wznosiły się miejscami osłabień tektonicznych i trafiały na wyżej leżący kompleks karelski, wówczas migrowały wzdłuż granicy nieciągłości i powodowały jej całkowitą przebudowę. Jest to granica różnych ośrodków fizycznych; sfałdowane dysharmonicznie skały karelskie były przypuszczalnie odklute od sztywnego i bardzo krucho podłoża. Wynikiem granityzacji strefy odklucia jest brak bezpośrednich kontaktów skał prekarelskich z karelskimi, które z reguły rozdzielone są granitoidami gotyjskimi.

Inaczej zachodziła granityzacja w obrębie prekarelskiego masywu mazowieckiego. Masyw ten był prawdopodobnie prawie jednorodny, zbudowany z granodiorytów, w których tkwiły liczne struktury imbrykacyjne. Masyw mazowiecki, stosunkowo i tak słabo zróżnicowany pod względem składu mineralnego, był spękany współśrodkowo i drogami tymi migrowały substancje granityzujące. Dlatego uległ on prawie całkowitej homogenizacji, a linie uskoków zostały zabliznione. Powiększająca się objętość spowodowała, że masyw mazowiecki wypiętrzał się i napierał na obrzeżające strefy fałdowe powodując ożywienie uskoków prekarelskich wypełnionych granitoidami, co jest dobrze widoczne w południowej części strefy podlaskiej.

Tworzywo granitowe przywędrowało uskokami z głębokich stref podłoża krystalicznego. Tam gdzie było ono generowane, granitoidy są obfite, lecz w miarę oddalania się źródeł generacji udział tych skał w budowie podłoża krystalicznego będzie coraz to mniejszy. W silnie erodowanych strukturach prekarelskich granitoidów powinno odślaniać się więcej niż w strukturach słabo zerodowanych. Dlatego też uskoki głębokie, a zwłaszcza ich dolne części, wypełnione są granitoidami znacznie częściej niż uskoki płytkie lub górne części uskoków głębokich. Potwierdzeniem opisanej zmienności są mapy ścięcia poziomego podłoża krystalicznego, na podstawie których obliczono udziały gatunków skał i średni skład chemiczny na różnych głębokościach.

Z ogólnego kierunku zmiany średniego składu chemicznego skał wynika stały, aczkolwiek niewielki, wzrost udziału krzemionki i potasu, wyrównywany ubytkiem glinki, żelaza i magnezu. Ruchliwość jonów w strefie do głębokości 10 km jest niewielka i wyraża się ilością 2,2% wag. składników tlenkowych (w przeliczeniu na wartości jonowe bilans zamyka się w sumie 1,4%). Z powyższego wynika, że

tak małe wartości nie mogą wpływać znacząco na zmianę charakteru chemicznego skał w obrębie badanej części podłoża krystalicznego, a przypuszczalnie także całej warstwy granitowej. Oznacza to również, że podłoże krystaliczne pod względem chemicznym jest prawie jednorodne, co jest wynikiem granityzacji gotyjskiej i głębokiego ściecia erozyjnego sięgającego miejscami aż do korzeni struktur karelskich, a nawet prekarelskich stref fałdowych.

W warstwie granitowej istnieją lokalne ośrodki o nieco innych własnościach fizycznych, wyjaśniane przez geofizyków i tektoników istnieniem uskoków. Mam na tę sprawę inny pogląd, bowiem różnice gęstości granitoidów mogą być spowodowane niejednakową zawartością wody, jak również fluktuacją składu mineralnego zależnie od genezy tych skał, a zmienność cech magnetycznych może wynikać ze zróżnicowania stopnia ukierunkowania minerałów. Z przedstawionych rozważań wynika zatem wniosek o podstawowym znaczeniu dla tektoniki uskokowej, a mianowicie: uskoki przedgotyjskie w znakomitej większości zostały zablźnione metasomatycznymi lub anatektycznymi granitoidami i dlatego warunki sprzyjające ich ożywieniu mogły utworzyć się sporadycznie.

Granityzacja gotyjska zachodziła przypuszczalnie w czasie działania nacisku skierowanego z południowego zachodu. Wskazuje na to uprzywilejowane ułożenie granitoidów anatektycznych w południowej części strefy podlaskiej, których dłuższe osie struktur o kierunkach NE-SW są zgodne z kierunkami biegu skał metamorficznych. Pod wpływem ciśnienia spowodowanego granityzacją masywu mazowieckiego na jego północnej granicy oazywały równoleżnikowe uskoki karelskie, poza którymi tworzyły się granitoidy rapakiwipodobne.

Nacisk z południowego zachodu skierowany był także na metamorficzne prekarelskie strefy fałdowe. W wyniku powyższego strefa podlaska i ciechanowska odkłuły się od masywu mazowieckiego i migrując na północ natrafiały na karelskie dyslokacje równoleżnikowe i grzęzły w tworzącym się kompleksie mazurskim. Tam stosunkowo łatwo ulegały dezintegracji najstarsze metamorficzne skały prekarelskie – enderbity i granulity dwupiroksenowe, z których uruchomiony został mobilizat, wyciśnięty dalej na północ. Z uruchomionego materiału powstały masywy anortozytowe (W. Ryka, 1979); anortozytowy masyw suwalski utworzył się na granicy strefy podlaskiej, natomiast masyw kętrzyński na styku strefy ciechanowskiej z mazurską.

Na skrajnie północne, obniżone bloki strefy podlaskiej i ciechanowskiej nasuwały się bloki podniesione – augustowski i nidzicki. Wymienione bloki leżą na osi morfologicznego wyniesienia mazursko-suwalskiego, które okazało się strefą gotyjskiego wypiętrzenia tektonicznego. W okresie prewendijskim było ono areną intensywnej działalności magmowej uwieńczoną powstaniem syenitowo-piroksenitowej intruzji tajnowskiej, syenitowo-gabrowej intruzji śniardwiańskiej oraz syenitowych intruzji ełckiej i olsztyneckiej.

RUCHY PRZESUWCZE

Uskoki prekarelskie są mało czytelne, zwłaszcza przez to, że są one zablźnione metasomatycznymi granitoidami gotyjskimi oraz zdeformowane młodszą tektoniką uskokową. Jeżeli zatem uskokom prekarelskim towarzyszyły ruchy przesuwcze, to obecnie obserwowane ślady najstarszych linii tektonicznych są zbyt skąpe i nie mogą stanowić podstawy dokumentacyjnej. Niewiele wiadomo także o karelskich ruchach przesuwczych, natomiast cechą powstałych wówczas uskoków była duża amplituda zrzutów.

Ze względu na ruchy przesuwcze na szczególną uwagę zasługuje tektonika prewendyjska. W dotychczasowych rozważaniach zwrócono uwagę na duży gradient geofizyczny na granicy stref fałdowych z masywami granitoidowymi, zwłaszcza gdy strefy te biegną w kierunku północno-wschodnim. Zauważono także, że struktury prekarelskie kontaktują ze sobą za pośrednictwem stref intensywnie i wielokrotnie zmylonityzowanych. Okazało się także, że pod wpływem silnego nacisku z południowego zachodu strefy fałdowe odkłuwają się od masywów granitoidowych i w porównaniu z nimi przesuwały się na północ z inną szybkością. Po wpływie tego ruchu masywy granitoidowe łamały się na bloki i ulegały kompresji. U podstawy bloków głęboko pograżonych rozwijała się anateksis, a w jej następstwie uruchomione granitoidy były wyciskane do stref zluźnień tektonicznych i gromadziły się na stykach stref fałdowych i masywów granitoidowych, przyjmując za reguły kierunki NE–SW.

Kierunki NE–SW są charakterystyczne dla prewendyjskiej tektoniki uskokuwej. Ich częściowa zbieżność z kierunkami uskokuw prekarelskich jest przypadkowa, natomiast niezupełnie wyraźny jest związek z karelską tektoniką uskokuwą. Kierunek NE–SW dominuje na kontaktach stref fałdowych – kaszubskiej, ciechanowskiej i południowej części podlaskiej – z masywami granitoidowymi. Uskoki te od strony południowo-zachodniej przerywa strefa Teisseyre'a - -Tornquista, na północy natomiast wygasają one na stykach z równoleżnikowymi karelskimi strefami uskokuowymi: pierwszą – biegnącą po południowej stronie masywu suwalskiego, drugą – wykorzystaną przez intruzje platformowe (tajnowską, elcką, śniardwiańską i olsztynecką) i trzecią – dzielącą strefę podlaską na część północną i południową oraz wyznaczającą północną granicę strefy ciechanowskiej. Wzdłuż wymienionych kierunków NE–SW zachodziły ruchy przesuwcze. Przemieszczenia elementów strukturalnych nie były przypuszczalnie zbyt duże i maksymalnie sięgały do 50 km.

Znacznie silniejsze ruchy przesuwcze zaznaczyły się na platformie wschodnioeuropejskiej poza granicami Polski. Na szczególną uwagę zasługuje zwłaszcza białorusko-nadbałtycka strefa granulitowa, ciągnąca się przez zachodnią część Białorusi w kierunku NE aż do południowej Estonii (fig. 7). Początek daje jej lubelska strefa fałdowa, a być może południowa część strefy podlaskiej. Jest to struktura o skomplikowanej budowie, złożona z enderbitów i charnockitów przeobrażonych w warunkach facji granulitowej (w temperaturze około 750°C oraz ciśnieniu 0,5–0,7 GPa), zbliżonych do tych, w jakich tworzyły się skały grupy granulitowej podlaskiej strefy fałdowej. Pochodzenie białorusko-nadbałtyckiej strefy granulitowej tłumaczy się (N.W. Aksamentowa i in., 1980) antyklinalnym wypiętrzeniem protoofiolitów (prymitywnych bazaltów stadium protooceanicznego) i następnie jej zmetamorfizowaniem. Natomiast materiał macierzysty grupy granulitowej strefy podlaskiej składa się ze skał wylewnych, materiałów piroklastycznych i osadów, przy czym bazyalty toleitowe ustąpiły z czasem miejsca lawom kwaśnym (W. Ryka, 1982). Wynika stąd wniosek, że na Białorusi nie jest znany pełny rozwój kompleksu skalnego grupy granulitowej i wnioski wysnuto zbyt pośpiesznie.

Pomimo przedstawionej wątpliwości co do słuszności poglądu głoszonego przez geologów białoruskich, ich niewątpliwym sukcesem jest odkrycie i udokumentowanie walnej strefy tektonicznej, której szerokość na obszarze Białorusi waha się od 40 do 110 km, złożonej z licznych wydłużonych bloków ułożonych w kierunku NE–SW lub NNE–SSW i wskazujących na intensywne ruchy tektoniczne. Z materiałów opublikowanych przez geologów białoruskich można wysnuć także wniosek o przesuwczym charakterze ruchów, przy czym seria oko-

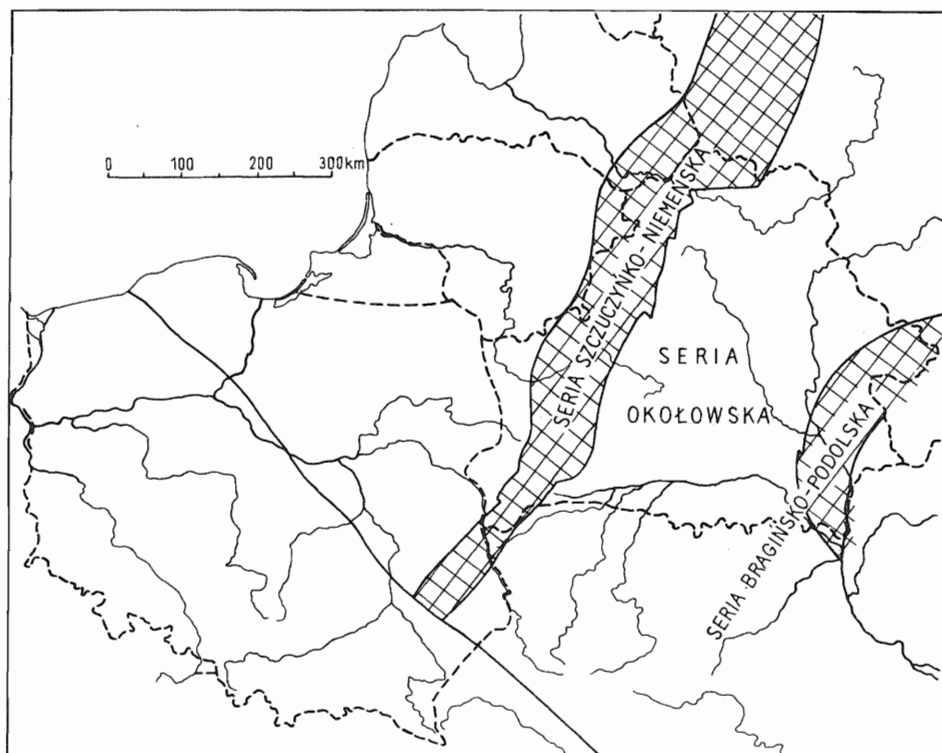


Fig. 7. Białorusko-nadbałtycka strefa granulitowa (seria szczuczynsko-nieмеńska) oraz wschodnio-białoruska strefa granulitowa (seria bragińsko-podolska)

Byelorussian-Peribaltic granulite zone (Szczuczyn-Niemen series) and East-Byelorussian (Bragino-Podolian Series) granulite zones

łowska (środkowa część podłoża krystalicznego Białorusi zbudowana jest głównie z granitoidów) jest przesunięta na północ w stosunku do położonej na zachód od niej serii szczuczynsko-nieмеńskiej (strefa granulitowa białorusko-nadbałtycka). Wielkość tego przesunięcia sięga 200 km, natomiast podkreślany przez geologów białoruskich brak informacji o stosunku opisywanych serii można wyjaśnić odłączeniem różnych jednostek strukturalnych i rozdzieleniem ich grubymi pasmami mylonitów.

W południowo-wschodniej części Białorusi wydzielono drugą strefę granulitową – bragińsko-podolską. Ogranicza ona od wschodu serię okołowską i ciągnie się na południe do Pobuża, gdzie łączy się z dolnoarchaiczną serią bużańską. Z podobnego ułożenia, zbliżonego do południkowego, oraz drastycznych kontaktów ze skałami otaczającymi należy sądzić, że w jej formowaniu się duże znaczenie miały również ruchy przesuwcze. Obecność stref granulitowych o podobnych założeniach tektonicznych wskazuje, że prewendyjskie ruchy przesuwcze odgrywały znaczną rolę w kształtowaniu się obrazu tektonicznego podłoża krystalicznego opisywanej części platformy wschodnioeuropejskiej.

ZAKOŃCZENIE

Z głębokich sondowań sejsmicznych na VII profilu międzynarodowym oraz z regionalnych profili LT-2 (A. Guterch i in., 1975, 1976) i LT-3 (A. Guterch, 1977) wynika, że granica Moho na platformie prekambryjskiej występuje na głębokości 42–45 km. Powyżej niej modelowo-fizyczna reprezentacja przedstawiona przez A. Gutercha i in. (1975) wskazuje na istnienie trzech warstw graniczących ze sobą na głębokościach 26 i 38 km. W obrębie „warstwy bazaltowej” (26–38 km) i przejściowej (38–42 km) śledzenie przejawów tektoniki uskokowej jest jak dotychczas zagadnieniem bardzo złożonym ze względu na skąpą ilość materiałów i dominację w tej sferze dociekań teoretycznych.

Głębokie ścięcie erozyjne umożliwia natomiast częściowe poznanie „warstwy granitowej”. Z przeprowadzonych rozważań wynika, że jest ona prawie jednorodna pod względem chemicznym, natomiast strefy fizycznie niejednorodne mogą zaznaczać się tylko w jej partii stropowej. Uskoki prekarelskie uległy w tej warstwie zupełnemu zablźnieniu w wyniku powszechnej granityzacji gotyjskiej i dlatego nie mogą powodować kontrastów fizycznych wynikających z mechanicznego przedłużania w głąb starych systemów dyslokacji. Znaczenie mogą mieć strefy rozłamowe związane z tektoniką prewandyjską, utrwaloną kierunkami zgodnymi z linią Teisseyre’a-Tornquista (NW–SE) oraz do niej prostopadłymi (NE–SW). Jest całkiem prawdopodobne, że różnice w położeniu powierzchni Moho i „warstwy bazaltowej” są spowodowane ożywieniem prewandyjskiego systemu dyslokacji.

Instytut Geologiczny
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 15 marca 1982 r.

PIŚMIENNICTWO

- GUTERCH A. (1977) – Structure and physical properties of the Earth's crust in Poland in light of new data of DSS. Publ. Inst. Geoph. Pol. Acad. Sci., **115**, p. 347–358.
- GUTERCH A., KOWALSKI T., MATERZOK R., TOPORKIEWICZ S. (1976) – Seismic refraction study of the Earth's crust in the Teisseyre-Tornquist line zone in Poland along the regional profile LT-2. Publ. Inst. Geoph. Pol. Acad. Sci., A-2 (101), p. 15–23.
- GUTERCH A., MATERZOK R., PAJCHEL J., PERCHUĆ E. (1975) – Sejsmiczna struktura skorupy ziemskiej wzdłuż VII profilu międzynarodowego w świetle badań metodą głębokich sondowań sejsmicznych. Prz. Geol., **23**, p. 153–163, nr 4.
- KUBICKI S., RYKA W. (1982) – Atlas geologiczny podłoża krystalicznego polskiej części platformy wschodnioeuropejskiej, 1:500 000. Inst. Geol. Warszawa.
- RYKA W. (1975) – Facje metamorficzne skał podłoża krystalicznego platformy prekambryjskiej w Polsce. Uroczysta Sesja Naukowa, 25 lat naukowo-technicznej współpracy polsko-radzieckiej w zakresie geologii, p. 91–108. Warszawa.
- RYKA W. (1979) – On the origin of anorthosites and associated iron ores of the Suwałki Massif. Biul. Inst. Geol., **318**, p. 11–23.
- RYKA W. (1982) – Prekambryjska ewolucja platformy wschodnioeuropejskiej w Polsce. Kwart. Geol., **26**, p. 257–272, nr 2.
- АКСАМЕНТОВА Н.В., НАЙДЕНКОВ И.В., АРХИПОВА А.А., МАТРУНЧИК (1980) – Возрăщ-

ные соотношения региональных тектонических структур в кристаллическом фундаменте БССР. Тезисы Докладов на XIII Сессии Научного Совета по Тектонике Сибири и Дальнего Востока, стр. 188—190. Якутск.

Вацлав РыКА

СБРОСОВАЯ ТЕКТОНИКА КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ЦОКОЛЯ ДОКЕМБРИЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В ПОЛЬШЕ

Резюме

Кристаллический фундамент польской части Восточно-Европейской платформы сформировался в результате многих тектонических циклов. Он состоит из докарельских центральных гранитоидных массивов, разделяемых складчатыми зонами. Смятые в ассиметрические складки карельские породы, лежащие на глубоко пенепленизированном докарельском основании, были эродированы и сохранились только в некоторых местах. Во время готийского преобразования породы подверглись сильной гранитизации и мигматизации. Младшими являются породы квазиплатформенного комплекса, а самыми младшими платформенные интрузии.

Метаморфические породы отдельных складчатых зон отличаются присущим только им стилем сбросового строения. В этих зонах преобладают сбросы, параллельные и перпендикулярные простиранию структур.

С карельскими движениями связана система глубоких широтных и меридиональных сбросов. Признаки этих систем лучше всего сохранились в Мазурской зоне, на сочленении с Подлясской и Цехановской зонами и с Мазовецким массивом. Карельские сбросы значительно облегчили образование анортозитовых массивов и ускорили гранитизацию исходного материала в Мазурской зоне, где в массовом порядке шло образование рапакививоподобных гранитоидов.

Особое значение имеет СВ-ЮЗ направление, преобладающее на контактах складчатых зон: Кашубской, Цехановской и Подлясской (южная часть) с гранитоидными массивами, отличающимися большим геофизическим градиентом, наличием милонитизированных зон и готийских гранитоидов. Вероятно, это направления довендских сдвигов, но сдвиги структур не были большими и достигали максимально 50 км. Значительно сильнее сдвиги происходили в кристаллическом фундаменте Белоруссии, на границе околоской и гранулитовой серий в Белорусско-Прибалтийской зоне, которая к юго-западу, уже на польской территории переходит в Люблинскую зону. Сдвиги перечисленных структур привели к смещению структурных элементов на расстояние до 200 км.

Вследствие гранитизации старшие сбросовые зоны зарубцевались, а также произошла гомогенизация глубокого кристаллического фундамента, гранитный состав которого, изменился только в небольшой степени до глубины 10 км. Тектонические разломы являлись зонами, особенно способствовавшими миграции гранитизирующего вещества, но легко зарубцевывались. Поэтому можно считать вероятным, что картина тектоники кристаллического фундамента сформировалась под влиянием меридиональных и широтных карельских сбросов, а прежде всего вендских — параллельных и перпендикулярных линии Тейссера-Торнквиста (СЗ-ЮВ и СВ-ЮЗ).

Wacław RYKA

FAULT TECTONICS OF CRYSTALLINE SOCKLE OF THE PRECAMBRIAN PLATFORM IN POLAND

S u m m a r y

Crystalline basement of Polish part of the East-European Platform has been formed in a number of tectonic cycles. It consists of pre-Karelian central granitoid massifs separated with fold zones. Disharmonically folded Karelian rocks resting on deeply peneplened pre-Karelian basement, were subjected to erosion and they are preserved in some areas only. Gothian transformations were here connected with strong granitization and migmatization of rocks. Rocks of the quasiplatform complex are younger than the above, and those of platform intrusions – the youngest here.

Metamorphic rocks of individual fold zones are characterized by specific style of fault tectonics. Faults parallel and normal to the strike of structures predominate in these zones. The fault tectonics of the central (Masovian) granitoid massif appears completely different, being characterized by predominance of concentric faults.

A system of deep longitudinal and latitudinal faults is related to Karelian movements. Traces of that system are best preserved in the Mazury zone and at its contact with the Podlasie and Ciechanów zones and Masovian massif. Karelian faults markedly facilitated origin of anorthosite massifs and they accelerated granitization of substratum in the Mazury zone, where rapakiwi-like granitoids have been forming on great scale.

The direction NE–SW, predominating at the contacts of the Kaszuby, Ciechanów and Podlasie (southern part) fold zones and granitoid massifs, is of special importance here. It is evidenced by a high geophysical gradient and the presence of mylonitized zones and Gothian granitoids. It may represent direction of the inferred pre-Vendian strike-slip movements which could result in translocations of structural elements at distances not greater than 50 km. Much stronger strike-slip movements have taken place in the crystalline basement in Byelorussia. The movements have proceeded at the contact of the Okolov Series and Byelorussian-Peribaltic granulite zone which passes to SW into the Lublin zone in the area of Poland. The movements of these units resulted in translocation of structural elements at distance up to 200 km.

Granitizing emanations healed old fault zones and they resulted in homogenization of deep crystalline basement which nowadays almost do not vary in granitic composition down to the depth of 10 km. Tectonic fractures acted as zones most favourable for migration of granitizing matter but they were also very easily to heal. Therefore, it appears fairly probable that the tectonic pattern of the crystalline basement has been shaped by longitudinal and latitudinal Karelian faults, especially the pre-Vendian ones which are set parallel and normal to the Teisseyre-Tornquist zone (NW–SE and NE–SW).