

## ANALIZA TEKTONICZNA USKOKÓW W OKOLICY LIPNA I SIERPCA WYZNACZONYCH METODĄ SEJSMICZNĄ

UKD 551.243.1/.3.05:550.834.5:551.736/.762.3(084.3-36)(438-191.2)

Analiza tektoniczna okolic Lipna i Sierpca (ryc. 1) miała na celu rozpoznanie uskoków oraz struktur fałdowych w utworach permio-mezozoicznych, określenie ich geometrii oraz ewentualnej zależności wzajemnej. Materiał wyjściowy stanowiła dokumentacja geofizyczna tego obszaru (24) oraz profile otworów wiertniczych: Lipno 1, 2, 3, Skępe 1, Żuromin 3, Biezuń 1, 2, Sierpc 1, 2, Kamionka 1, 2 (19).

Czasowe i głębokościowe przekroje sejsmiczne w skali 1:10 000 posłużyły do sporządzenia map strukturalnych\* w skali 1:50 000 struktur fałdowych Lipna oraz Sierpca wraz z występującymi tam uskokami dla poziomów refleksyjnych P, T i J. Poziomy te na przekrojach czasowych i głębokościowych odpowiadają określonym litologicznie poziomom w obrębie danego przedziału stratygraficznego. Poziom cechsztyński (P) odpowiada stropowi cechsztynu, triasowy (T) jest korelowany ze stropem dolomitów i wapieni triasu środkowego, natomiast jurajski (J) jest uważany za strop wapieni detrytycznych astartu (24). Na przekrojach sejsmicznych w przedziale czasowym od 0,8 do 1,2 sek. obserwuje się również refleksy związane ze stropem wapieni turonu. Jednak ze względu na niemożność ich skorelowania na wszystkich przekrojach, zostały one pominięte przy szczegółowej analizie.

Materiały sejsmiczne z omawianego obszaru są stosunkowo stare. Cechuje je nieciągłość refleksów na dużych odcinkach, niezbyt wyraźna rozdzielczość, a także (w przypadku występowania uskoku) stosunkowo duże przerwy w ciągłości refleksów. Ten ostatni fakt powodował, że nie można było ściśle wyznaczyć powierzchni uskoku i określić kierunku jej nachylenia; autorka wyznaczała uskoku pośrodku takiej „strefy uskokuwej” przyjmując pionowe ustawienie powierzchni uskokuwej.

Prędkości zaczerpnięte z przekrojów czasowych porównywane były z prędkościami hodografów pionowych. Głębokości granic refleksyjnych na przekrojach głębokościowych zostały skorelowane z głębokościami odpowiadających im warstw w otworach wiertniczych.

Dla poziomów sejsmicznych P, T, J sporządzono metodą przenoszenia głębokości poszczególnych granic na kolejne punkty przekrojów mapy izolinii tych poziomów wraz z występującymi uskokami. Dokładna interpolacja punktów głębokościowych pozwoliła wyznaczyć w strukturach fałdowych Lipna i Sierpca formy II rzędu rozczłonkowane strukturę główną, określone częściowo występowaniem uskoku. Błąd odczytu z przekrojów sejsmicznych wynosił  $\pm 20$  m przy cięciu hipsometrycznym na mapach wynoszącym 100 m.

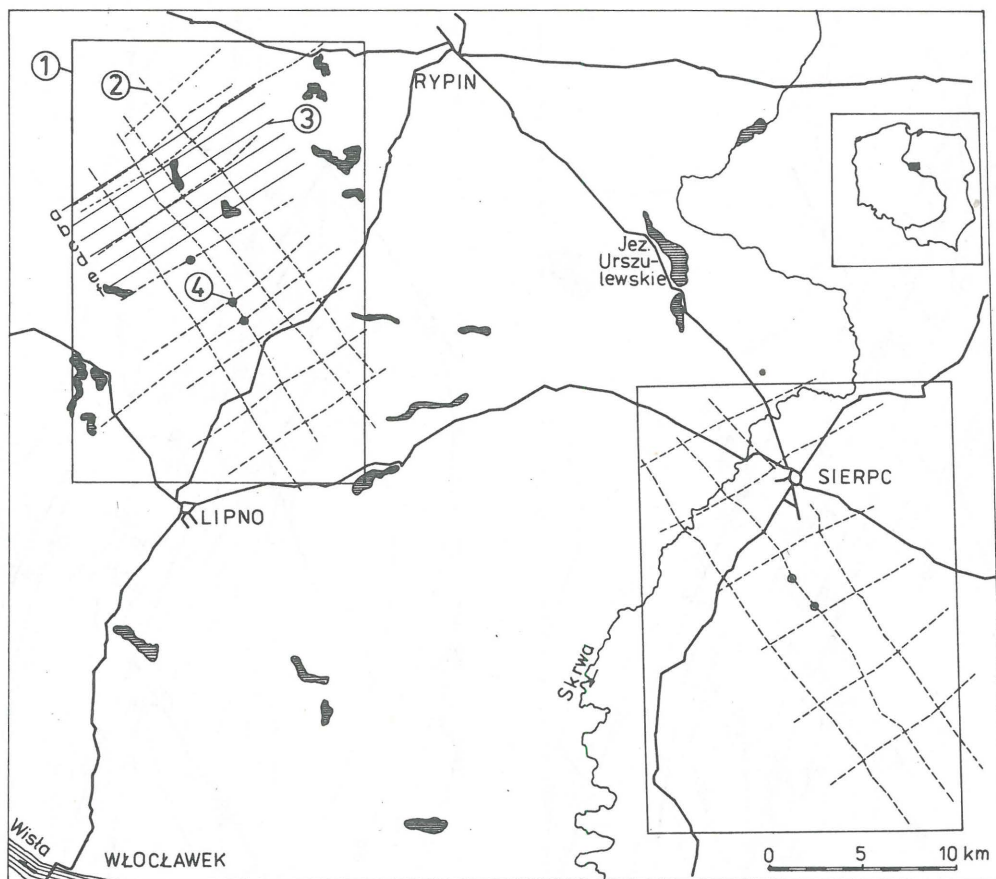
Większa gęstość przekrojów sejsmicznych w okolicy Lipna pozwoliła rozpoznać dokładniej powierzchnię tamtejszej struktury niż struktury w okolicy Sierpca (patrz ryc. 1).

### ANALIZA TEKTONICZNA OKOLIC LIPNA

Z map strukturalnych okolic Lipna (ryc. 2) wynika, że nie występuje tu jedna forma brachyantyklinalna (24, 15, 2), lecz jest to forma złożona: brachyantyklina o kierunku osi głównej NNW-SSE długości 16-20 km, rozczłonkowana na mniejsze brachyantykliny i brachysynkliny o osiach zorientowanych prawie południkowo lub z kilkustopniowym odchyleniem ku wschodowi. We wszystkich poziomach refleksyjnych ogólny plan strukturalny jest ten sam, niewielkim zmianom ulegają tylko kierunki poszczególnych partii struktury głównej oraz formy II rzędu.

Brachyantykliny i brachysynkliny okolic Lipna są zorientowane skośnie względem siebie oraz kulisowo względem głębokiego uskoku lub uskokuw przebiegającej w bliskim sąsiedztwie strefy Teisseyre'a-Tornquista (por. m.in. 5). Taka regularna orientacja wskazuje, że między

\* Tu oznacza odwzorowanie struktur w danym poziomie refleksyjnym.



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań.

Fig. 1. Localization of investigated area.

1 – ramka map strukturalnych dla okolic Lipna i Sierpca; 2 – linie przekrojów sejsmicznych; 3 – linie sporządzonych przekrojów strukturalnych; 4 – lokalizacja otworów wiertniczych.

1 – frame of structural maps of the Lipno and Sierpc area, 2 – lines of seismic sections, 3 – lines of completed structural sections, 4 – location of drillings.

tymi dwiema strukturami tektonicznymi istnieje związek genetyczny. Polega on na tym, iż ruch przesuwczy wzdłuż uskoku lub uskoczków podłoża podpermo-mezozoicznego spowodował wywiązanie się w nadkładzie naprężeń pochodnych powodujących utworzenie kulisowo zorientowanych form fałdowych wg mechanizmu opisanego m.in. przez W.S. Burtmana et al. (6), T.P. Hardinga (12), R.E. Wilcoxa et al. (22).

Orientacja form fałdowych wskazuje na lewoskrętny zwrot przemieszczenia w płaszczyźnie poziomej (ryc. 4A). Wg D.G. Bishopa (3) tworzenie się antyklin przyrzolomowych (naduskokowych) odbywa się współcześnie z powstającym uskokiem przesuwczym. W omawianym przypadku ruch przesuwczy odpowiedzialny za powstanie antyklin dokonał się wzdłuż istniejących już uskoczków podłoża paleozoicznego, które są najprawdopodobniej transmisją głębokich rozłamów w wyższe piętra strukturalne (por. 4).

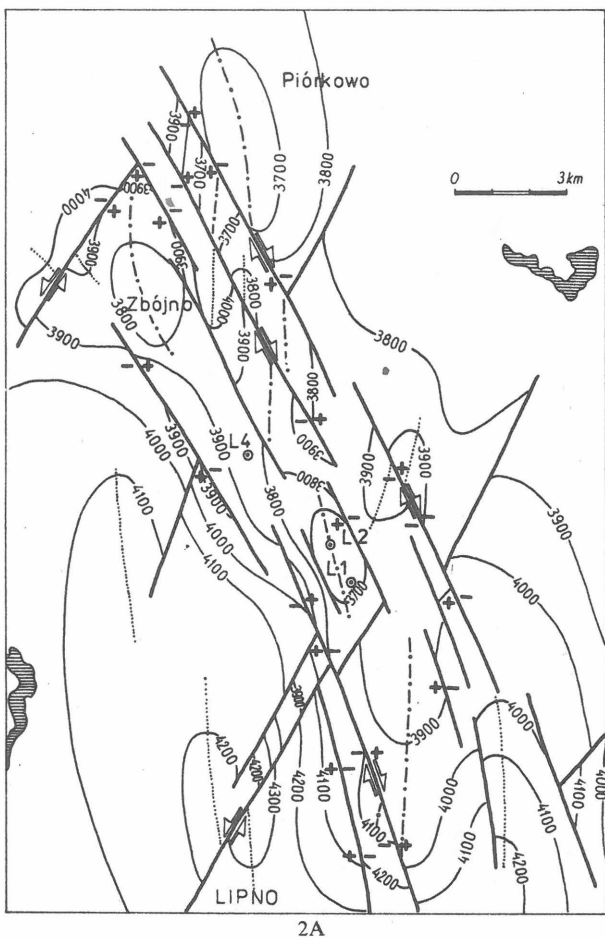
Uskoki przecinające brachyantykliny i brachysynkliny okolic Lipna wykazują azymuty  $325^{\circ}$ – $350^{\circ}$  oraz  $20^{\circ}$ – $25^{\circ}$  i są zorientowane nieco skośnie względem osi fałdów, powodując w kilku miejscach ich przesunięcia w kierunku południowo-zachodnim (por. ryc. 2). Przesunięcie osi formy fałdowej przy nie zmienionej geometrii powierzchni stropowej warstwy po obu stronach uskoku świadczy o jej przemieszczeniu w płaszczyźnie poziomej. Wzdłuż biegu uskoczków o kierunku NNW–SSE zaznaczają się zmiany znaku zrzutu warstw. W przypadku uskoczków przecinających brachyantykliny lub brachysynkliny przemienność

taka jest świadectwem przemieszczeń horyzontalnych wzdłuż tych uskoczków i stanowi kompensację ruchu przesuwczego.

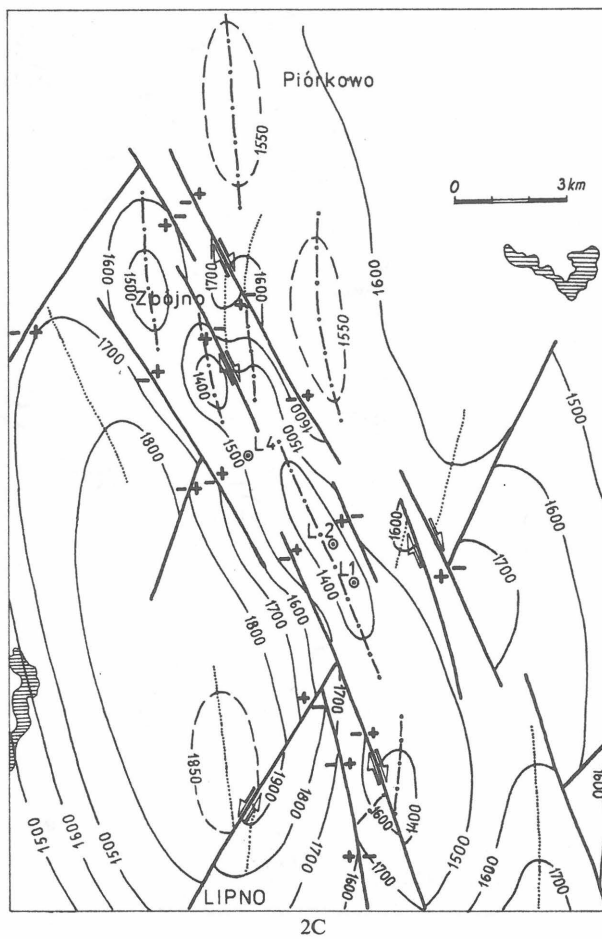
Omawiane uskoki (o kierunku NNW–SSE) tworzą w rejonie Zbójna–Piórkowa rów tektoniczny (ryc. 2), zakłócony w kilku miejscach przeciwnym niż wynikałoby to z definicji rowu, znakiem zrzutu warstw przy uskoku. Uskoki o charakterze zrzutowo-przesuwczym tworzące rów tektoniczny Zbójna–Piórkowa wykorzystały częściowo uskoki synsedymencyjne o tym samym kierunku czynne podczas P, T i J. Skośne położenie tych uskoczków względem kierunku linii T–T wskazuje, że podczas ich tworzenia się, przy dominującym udziale składowej pionowej, pewną rolę musiały odegrać ruchy poziome o zwrocie prawoskrętnym.

Sporządzone przekroje geologiczne (ryc. 5) wykazują przyuskokowe zmiany znaku zrzutu warstw (w przekroju pionowym) oraz zmiany miąższości warstw w skrzydle wiszącym i zrzuconym uskoku. Takie silne zróżnicowanie miąższości po obu stronach uskoku wskazuje na ruchliwość synsedymencyjną uskoku. Z przedstawionych przekrojów wynika, że największe jej nasilenie miało miejsce w okresie triasowym, chociaż przejawy tej ruchliwości są widoczne w permie i w jurze.

Za ruchliwością tektoniczną w okresie permo-mezozoicznym przemawia także zróżnicowany zasięg pionowy tych uskoczków – wiele z nich nie przechodzi do jurajskiego poziomu refleksyjnego. Fakt ten może co prawda wskazywać na niewielkie wartości zrzutu warstw w utworach ju-



2A



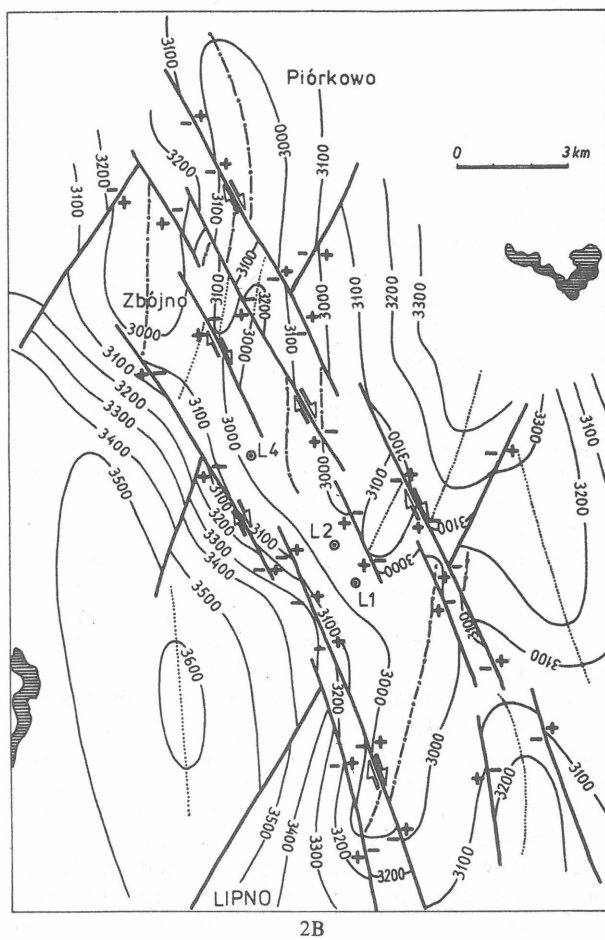
2C

Ryc. 2. Mapy strukturalne poziomów refleksyjnych.

A – permiego, B – triasowego, C – jurajskiego dla okolic Lipna. Objasnienia jak na ryc. 3.

Fig. 2. Structural maps of seismic reflectors.

A – Permian, B – Triassic, C – Jurassic reflection horizons in the Lipno area. Explanation as given in fig. 3.



2B

rajskich, niewykrywalne stosowaną metodą. Jednak nad wieloma uskokami tego typu obserwuje się fleksuralne ugięcia naduskokowe w jurajskim poziomie refleksyjnym.

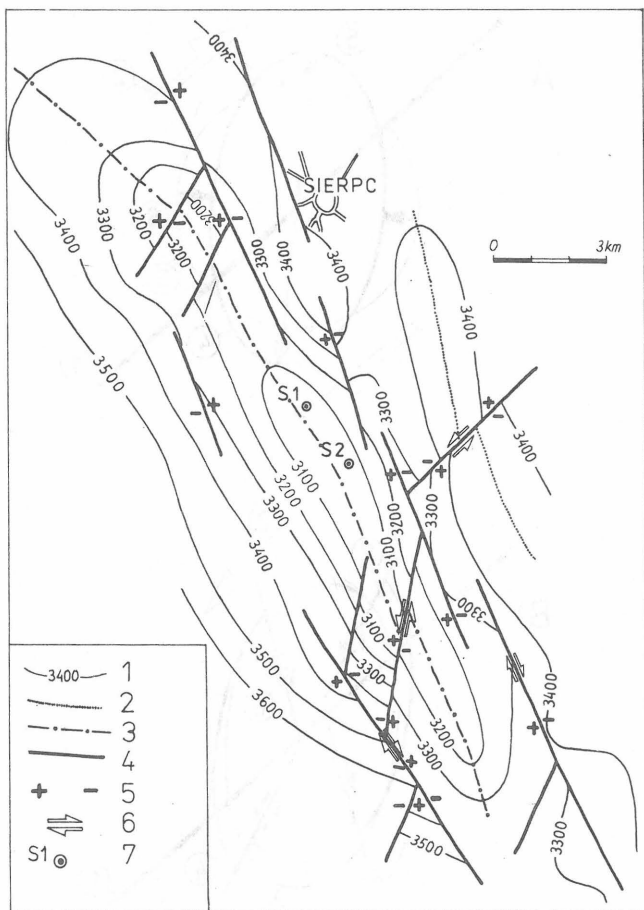
Na ruchliwość synsedymacyjną wskazuje także porównanie profilów otworów wiertniczych Lipna 1, 2, Sierpca 1, 2 oraz ich sąsiedztwa: Skępe 1, Żuromin 3, Biezuń 1, 2, Kamionka 1, 2.

Rów tektoniczny okolic Zbójna–Piórkowa autorka interpretuje jako wynik ruchów przesuwczych o zwrocie prawoskrętnym wzdłuż uskoku podłoża o kierunku NW–SE (ryc. 4B).

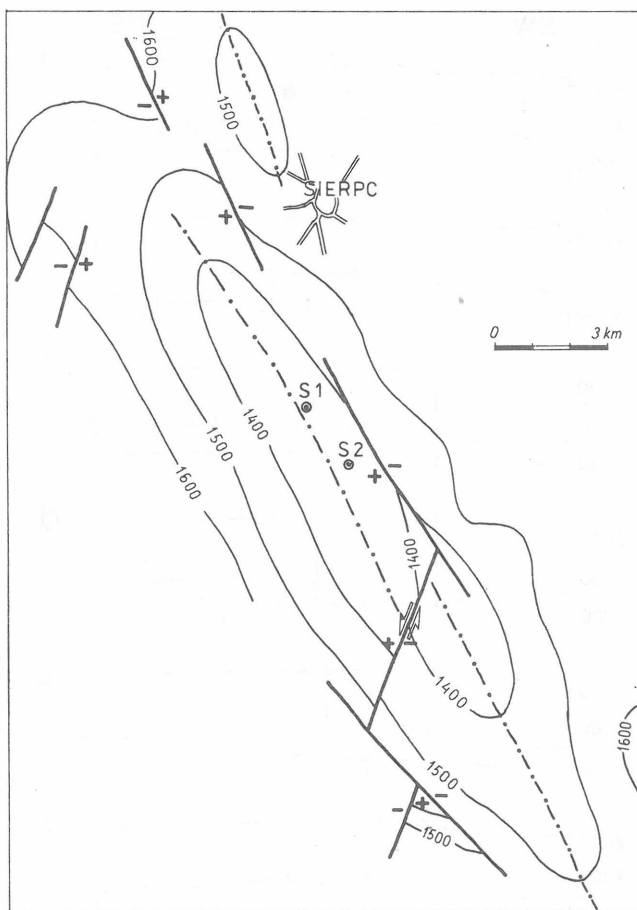
#### ANALIZA TEKTONICZNA OKOLIC SIERPCA

Mapy strukturalne okolic Sierpca wykazują, podobnie jak w okolicach Lipna, obecność dużej (ok. 20 km długości) brachyantykliny rozczłonkowanej na formy podrzędne o kierunkach osi zbliżonych do południkowych (ryc. 3). Brachyantykliny i brachysynkliny są zorientowane skośnie względem siebie.

Uskoki przecinające brachyfałdy okolic Sierpca mają kierunki NNW–SSE, NNE–SSW i NE–SW. Większość z nich nie zaznacza się w jurajskim poziomie refleksyjnym, co przy braku występowania ugięć fleksural-



3A



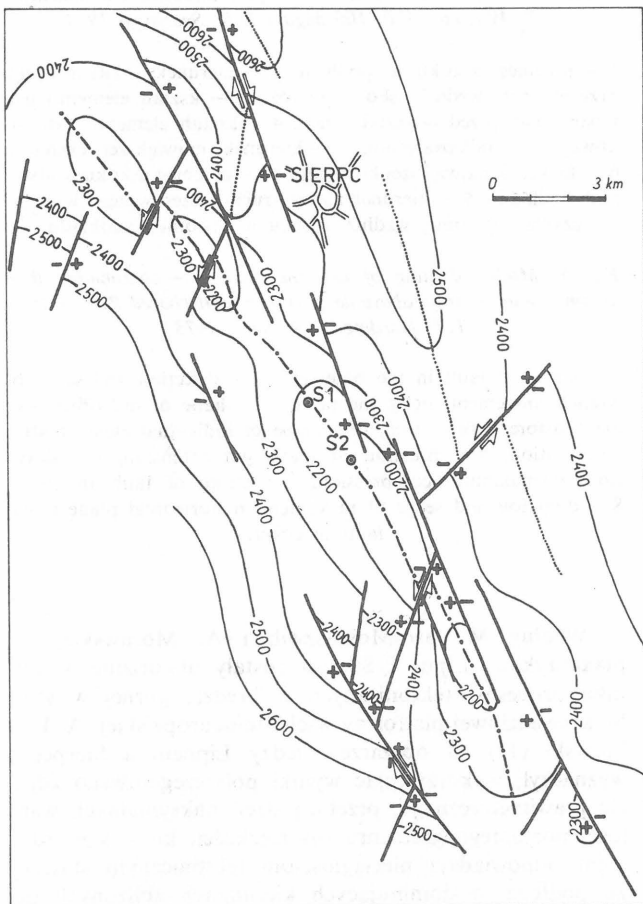
3C

Ryc. 3. Mapy strukturalne poziomów refleksyjnych.

A – permskiego, B – triasowego, C – jurajskiego dla okolic Sierpca. 1 – izolinia poziomu refleksyjnego. 3400 – głębokość w m poniżej poziomu odniesienia (100 m npm), 2 – osie brachysynklin, 3 – osie brachiantyklinali, 4 – uskoki, 5 – skrzydło wzniesione i zrzucone uskoku, 6 – kierunek i zwrot ruchu względnego wzdłuż uskoku w płaszczyźnie poziomej, 7 – lokalizacja otworu wiertniczego.

Fig. 3. Structural maps of: A – Permian, B – Triassic, C – Jurassic reflection horizons in the Sierpca area.

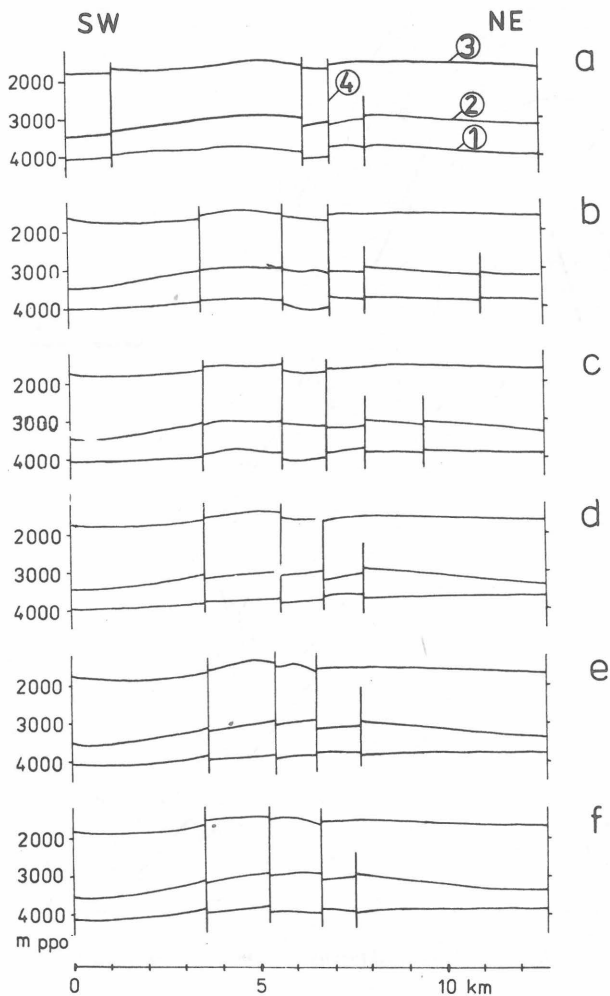
1 – isolines of reflection 3400 – depth in m below reference level (100 m above sea level), 2 – axes of brachysynclines, 3 – axes of brachiantyclines, 4 – faults, 5 – upthrown and downthrown side of fault, 6 – direction and sense of relative movement along fault in horizontal plane, 7 – location of drilling.



3B

nych w tym poziomie może świadczyć bądź o ich wygasaniu lub o niewielkich zrzutach warstw (<30 m) niewykrywalnych stosowaną metodą. Zarówno w przekroju pionowym, jak i poziomym tych uskoków nie obserwuje się tak powszechnych zmian znaku zrzutu warstw. Zmiany znaku zrzutu warstw zaobserwowano tylko wzdłuż biegu pięciu uskoków o kierunku NNW–SSE.

Identyczna niemal orientacja struktur fałdowych i nieciągłych w okolicach Sierpca i Lipna oraz podobne cechy geometryczne pozwalają przypuszczać, że struktury te powstały pod działaniem tych samych nacisków tektonicznych w tym samym polu naprężeń. W związku z powyższym nasuwa się interpretacja głębokiego uskoku Sierpca jako nieciągłości, wzdłuż której przenoszone i rozładowywane były naprężenia zarówno w kierunku pio-



Ryc. 4. Przekroje strukturalne przez część północną brachyfałdów okolic Lipna.

1 – poziom refleksyjny permjski, 2 – poziom refleksyjny triasowy, 3 – poziom refleksyjny jurajski, 4 – uskoki.

Fig. 4. Structural sections through northern part of the Lipno brachy-folds.

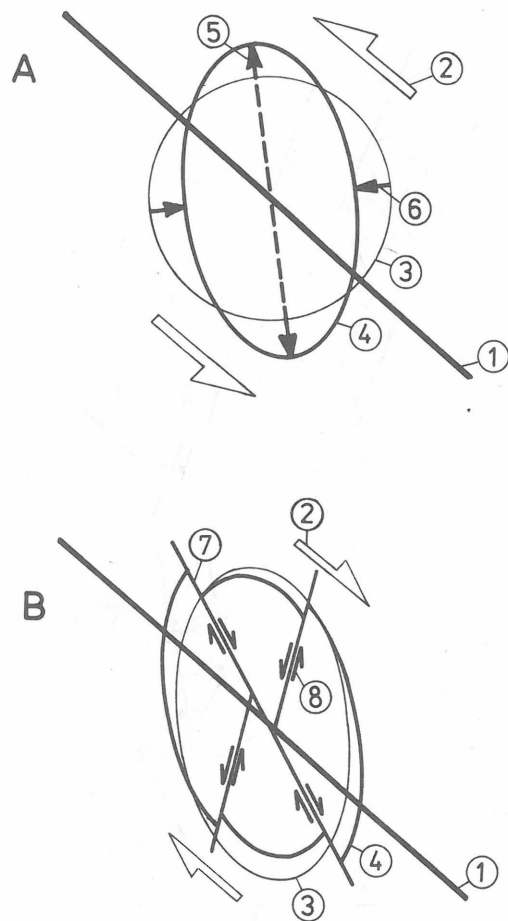
1 – Permian reflection horizon, 2 – Triassic reflection horizon, 3 – Jurassic reflection horizon, 4 – fault.

nowym (w kierunku nadkładu), jak i w kierunku poziomym, w tym przypadku od uskoków strefy T–T.

#### PODSUMOWANIE

Zespół przedstawionych cech geometrycznych i genetycznych wskazuje na ogólną przewagę składowej poziomej ruchów tektonicznych nad składową pionową, która przejawia się głównie w ruchliwości synsedymen-tacyjnej, szczególnie silnie zaznaczonej w triasie oraz w kilku-sietmetrowych zrzutach warstw uskokiów ograniczających m. in. rów tektoniczny Zbójna–Piórkowa.

Na obecność uskokiów synsedymen-tacyjnych w okolicy Lipna zwrócili już uwagę W. Pożaryski (17) oraz R. Dadlez i S. Marek (9). Ci ostatni autorzy uważają struktury fałdowe Lipna i Sierpca za antykliny typu nałożonego nad uskokiami (Sierpc) bądź rowami tektonicznymi o zróżnicowanej subsydencji i sedimentacji (Lipno). Antykliny te zostały utworzone w fazie późnokre-dowo-wczesnotrzeciorzędowej inwersji.



Ryc. 5. Model stanu odkształceń. A – ciągłych, B – nieciągłych w utworach nadkładu nad uskokiem przesuwczym. Na podstawie R.E. Wilcoxa, T.P. Hardinga i D.R. Seelye'go 1973.

1 – przebieg uskoku w podłożu, 2 – kierunek i zwrot ruchu przesuwczego wzdłuż uskoku podłoża, 3 – kształt elementu jednostkowego przed odkształceniem, 4 – kształt elementu jednostkowego po odkształceniu, 5 – kierunek największej ekstensji, 6 – kierunek największej kompresji, 7 – przebieg uskoku w utworach nadkładu, 8 – kierunek i zwrot ruchu przesuwczego w płaszczyźnie poziomej wzdłuż uskoku w utworach nadkładu.

Fig. 5. Model of state of deformations: A – continuous, B – discontinuous in strata above deep wrench fault (based R.E. Wilcox, T.P. Harding, D.R. Seelye 1973).

1 – strike of fault in the basement, 2 – direction and sense of wrench movement along the fault, 3 – shape of individual element before deformation, 4 – shape of individual element after deformation, 5 – direction of maximum extension, 6 – direction of maximum compression, 7 – strike of fault in cover, 8 – direction and sense of movement in horizontal plane along fault in cover.

Według M. Bac-Moszaszwili i A. Morawskiej (2) plakantyliny Lipna i Sierpca zostały utworzone w wyniku procesów tektonicznych w kredzie górnej w strefie krawędziowej platformy wschodnioeuropejskiej. A. Dąbrowski (11) na obszarze między Lipnem a Sierpcem wyznaczył, wykorzystując wyniki półszczegółowego zdjęcia grawimetrycznego, przebieg stref maksymalnych wartości poziomego gradientu siły ciężkości, które jego zdaniem odpowiadają nieciągłościom tektonicznym starszego podłoża, o dominujących kierunkach zbliżonych do równoleżnikowego i południkowego.

Ryc. 6. Modele poszczególnych etapów ruchliwości tektonicznej na obszarze Lipna i Sierpca.

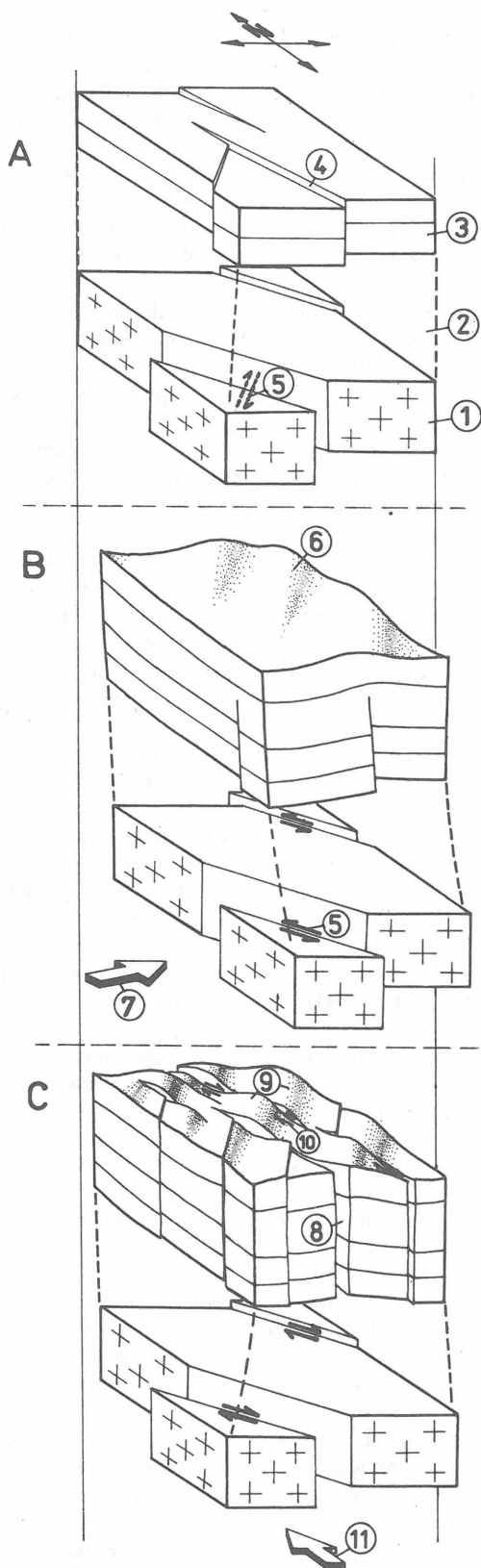


Fig. 6. Models of individual stages of tectonic movements on the Lipno and Sierpc area.

A – stage of synsedimentary movement, B – stage connected with Laramine compression, C – stage connected with Alpine compression. 1 – Paleozoic (and older ?) basement complex, 2 – separation of cover from the basement made for purpose of transparency scheme, 3 – complex of overlying strata (Permian – Mesozoic), 4 – surface of synsedimentary fault, 5 – direction and sense of wrenching movements along faults in the basement, 6 – direction of longer axes of brachyanticlines, 7 – direction and sense of regional Laramine compression, 8 – fault surface in overlying beds, 9 – axes of brachyanticlines displaced along the faults in horizontal plane, 10 – direction and sense of horizontal displacements along wrench faults in overlying strata, 11 – direction and sense of regional Alpine compression.

faz – epizodów tektonicznych. Przedstawione wnioski z analizy tektonicznej badanego obszaru można, z pewnym przybliżeniem, podporządkować udokumentowanym etapom ruchów tektonicznych z obszaru niecki warszawskiej i jej bliskiego sąsiedztwa. Kolejność poszczególnych etapów wynikająca z przeprowadzonej analizy była najprawdopodobniej następująca:

1. Etap ruchliwości synsedymantacyjnej w okresie permo-mezozoicznym udokumentowany na badanym obszarze w utworach permo-jurajskich (ryc. 5). Zmiany miąższości osadów w poszczególnych skrzydłach uskoków świadczą o tym, że ruchy pionowe były w tych okresach dominujące. Jednak orientacja uskoków synsedymantacyjnych w stosunku do linii T–T wskazuje na istnienie składowej poziomej o zwrocie prawoskrętnym wzdłuż strefy T–T (ryc. 6A). Zdaniem autorki, ruchliwość ta była częściowo przesuwczą, odziedziczona najprawdopodobniej po późnowaryscyjskich ruchach przesuwczych wzdłuż strefy T–T (por. 1).

Na możliwość istnienia odnowionych uskoków normalnych odziedziczonych po późnowaryscyjskim systemie przesuwczym w tej części Polski zwrócił także uwagę R. Dadlez (8).

W całym okresie permo-mezozoicznym, a szczególnie w okresie triasowym obserwuje się na obszarze Polski środkowej duże miąższości osadów (17, 18, 8). Zróżnicowanie miąższości w tym okresie obserwuje się również przy uskokach ograniczających rowy tektoniczne Horn i Central Viking Graben na Morzu Północnym (23).

2. Etap ruchów tektonicznych związanych z kompresją laramijską o kierunku zbliżonym do równoleżnikowego, działającą pod kątem większym od prostego w sto-

Zdaniem autorki, za powstanie form fałdowych i większości uskoków w utworach permo-mezozoicznych są odpowiedzialne głównie ruchy przesuwcze działające wzdłuż uskoków strefy T–T. Ruchy przesuwcze o zwrocie lewoskrętnym poprzedziły ruchy przesuwcze o zwrocie prawoskrętnym. Reorientacja pola naprężeń związana była ze zmianą regionalnego pola naprężeń.

Materiały, jakimi dysponowała autorka, a szczególnie brak obserwacji zjawisk tektonicznych z utworów kredy, nie pozwoliły wydzielić i datować dokładnie kolejnych

sunku do linii strefy T–T. Przejawem tej kompresji były ruchy przesuwcze (wzdłuż kierunku NW–SE) o zwrocie lewoskrętnym (ryc. 6B). Zachodziły one w polu naprężeń, które nie mogło wykorzystać istniejących w utworach permo-mezozoicznych nieciągłości. Dlatego też efektem były odkształcenia fałdowe – kulisowo zorientowane brachyantykliny i brachysynkliny Lipna i Sierpca (por. ryc. 4A). W skład utworów budujących wymienione brachyantykliny i brachysynkliny wchodziły utwory kredowe, co pozwala datować ten etap ruchów tektonicznych jako pokredowy.

Na związek fałdów, fleksur i uskoków występujących w utworach permo-mezozoicznych obszarów sąsiednich z kompresją Iaramijską zwrócili już uwagę: E. Stupnicka (20), W. Jaroszewski (13), J. Świdrowska (21), W. Pożaryski i W. Brochwicz (18) i A. M. Żelichowski (25).

3. Reorientacja układu pola naprężeń dokonująca się wraz ze zmianą regionalnego Iaramijskiego pola naprężeń na alpejskie przyniosła zmianę kierunku kompresji z W–E na N–S. Przejawem kompresji alpejskiej działającej pod kątem ostrym w stosunku do strefy T–T były ruchy przesuwcze o zwrocie prawoskrętnym. Powstały wtedy na obszarze Lipna i Sierpca uskoki zrzutowo-przesuwcze o kierunkach NNW–SSE, NNE–SSW i NE–SW wykorzystujące częściowo uskoki synsedymencyjne (por. ryc. 4B i 6C). Utworzony w tym etapie rów tektoniczny Zbójna–Piórkowa stanowił jednocześnie formę kompensacji przesuwczej.

Obecność kompresji alpejskiej na obszarze Polski środkowej i związana z nią ruchliwość horyzontalną przyjmują W. Brochwicz, W. Pożaryski, H. Tomczyk (5). Z. Krysiak (14) zaobserwowała w badaniach nad tektoniką niecki nidziańskiej przejawy prawoskrętnych ruchów przesuwczych wzdłuż uskoków o kierunkach NW–SE i lewoskrętnych wzdłuż NE–SW związane z alpejskim układem pola naprężeń. Fakt ten wskazujący na szerokie występowanie i zbieżny charakter przejawów kompresji alpejskiej stawia wyniki analizy tektonicznej okolic Lipna i Sierpca w znaczeniu szerszym niż lokalne. Nie bezpodstawne wydaje się nowe spojrzenie na struktury uskokowe, a szczególnie fałdowe na obszarze Polski środkowej. Kulisowo zorientowane antykliny (brachyantykliny, plakyantykliny) wzdłuż uskoków o kierunku NW–SE (w utworach permo-mezozoicznych lub paleozoicznych) mogą być efektem ruchów przesuwczych wzdłuż tych uskoków.

## LITERATURA

- Arthand F., Matte Ph. – Late Paleozoic strike-slip faulting in Southern Europe and Northern Africa: result of the rightlateral shear zone between the Appalachians and the Urals. *Geol. Soc. Am. Bull.* 1977 v. 88 no 10.
- Bac–Moszaszwili M., Morawska A. – Struktury tektoniczne w warstwach kredowych niecki warszawskiej i ich związek z dyslokacjami podłoża. *Acta Geol. Pol.* 1975 nr 4.
- Bishop D. G. – The geometric relationship of structural features associated with major strike-slip faults in New Zeland. *N. Zeland Journ. of Geol. and Geoph.* 1968 no 2.
- Blanchet P.H. – Development of fracture analysis as exploration method. *AAPG Bull.* 1951 no 8.
- Brochwicz W., Pożaryski W., Tomczyk H. – Wielkoskalowe ruchy przesuwcze wzdłuż SW brzegu platformy wschodnioeuropejskiej na obszarze lubelsko-podlaskim we wczesnym paleozoiku. *Prz. Geol.* 1981 nr 8.
- Burtman W. S., Łukjanow A. W., Piejwe A. W., Rużencew S. W. – Goryzontalnye pieriemieszczeniya po rozłamom i niekatoryje mietody ich izuczeniya. *Trudy geol.* 1963 wyp. 80. *Lzd. AN SSSR.*
- Dadlez R. – Fault pattern in the Polish Lowlands and its bearing on the Permian-Mesozoic evolution of the area. *Prz. Geol.* 1980 nr 5.
- Dadlez R. – Tektonika wału pomorskiego. *Kwart. Geol.* 1980 nr 4.
- Dadlez R., Marek S. – General Outline of the tectonic of the Zechstein-Mesozoic Complex in Central and Northwestern Poland. *Biul. Inst. Geol.* 1974 nr 274.
- Dadlez R., Marek S. – Tektonika kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego. [W:] *Budowa geologiczna niecki warszawskiej (płockiej) i jej podłoża*. Pr. zbior. pod red. S. Marka. Warszawa 1980.
- Dąbrowski A. – Uskoki okolic Lipna–Sierpca (wyniki badań grawimetrycznych). *Streszcz. ref. wygł.* 6 V 1983 w IG. *Kwart. Geol.* (w druku).
- Harding T. P. – Newport–Inglewood Trend, California – an example of wrenching style of deformation. *AAPG Bull.* 1973 no 1.
- Jaroszewski W. – Drobnostukturalne kryteria tektoniki obszarów neorogenicznych na przykładzie północno-wschodniego obrzeżenia mezozoicznego Gór Świętokrzyskich. *Stud. Geol. Pol.* 1972 v. 38.
- Krysiak Z. – Wpływ tektoniki na sedymentację i przemiany epigenetyczne osadów miocenkich niecki nidziańskiej. *Ref. wygł. na Wydz. Geol.* 16 VI 1982 w Warszawie.
- Mapa tektoniczna cechsztyńsko-mezozoicznego kompleksu strukturalnego na Niziu Polskim. Skala 1:500 000 pod red. R. Dadleza *Wyd. Geol.* 1980.
- Marek S. – Uwagi o budowie geologicznej niecki płockiej (warszawskiej). *Prz. Geol.* 1982 nr 9.
- Pożaryski W. – Rowy tektoniczne kimeryjskie na tle ewolucji strukturalnej Niziu Polskiego. *Kwart. Geol.* 1970 nr 2.
- Pożaryski W., Brochwicz W. – On the Polish trough. *Geol. en. Mijn.* 1978 no 4.
- Smolicz J. – Zestawienie profilów wierceń z obszaru niecki warszawskiej. [W:] *Budowa geologiczna niecki płockiej (warszawskiej)*. Pr. zbior. pod red. S. Marka. Warszawa 1980.
- Stupnicka E. – Tektonika utworów mezozoicznych południowego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 1971 z. 3–4.
- Świdrowska J. – Stylolity tektoniczne jako wskaźnik tektogenetyczny na obszarze południowo-zachodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.* 1980 nr 3.
- Wilcox R. E., Harding T. P., Seely D. R. – Basic wrench tectonics. *AAPG Bull.* 1973 no 1.
- Ziegler W. H. – Outline of the geological history of the North Sea. [W:] *Petroleum and the continental shelf of the North-West Europe*. *Geology* 1975 no 1.
- Żaruk J., Jabłoński E. – Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Lipno–Sierpc przez Grupę Sejsm. nr 3. *Przedsięb. Geof. Górn. Naft.* Toruń 1970.

25. Żelichowski A. M. — Przekrój geologiczny przez brzeżną część platformy prekambryjskiej na obszarze lubelsko-podlaskim (bez kenozoiku). Kwart. Geol. 1979 nr 2.

## S U M M A R Y

The paper presents results of tectonic analysis of faults and fold structures in the area of Lipno and Sierpc (NE part of the Warsaw Syncline). For that area, there were compiled structural maps of seismic reflectors correlated with the Permian (P), Triassic (T) and Jurassic (J), in the scale 1:100,000, using time and depth seismic reflection data of J. Żaruk (1970). The Cretaceous (K) reflector was omitted because of less satisfactory correlation with a lithostratigraphic horizon. The obtained structural maps show two major brachyanticlines: Lipno (Fig. 2) and Sierpc (Fig. 3). The forms, 16–20 km in length, are disarticulated into the second-order ones with NNW–SSE oriented main axes. Moreover, the brachy-folds are curved by NNW–SSE, NNE–SSW and NE–SW oriented faults. Faults which curve brachy-folds are obliquely oriented in relation to fold axes, often leading to their displacement to SW (see Figs. 2, 3). In my opinion, the origin of the Lipno and Sierpc fold forms and major faults in the Permo-Mesozoic cover in this area is mainly related to wrench movements taking place along major faults of the Teisseyre-Tornquist Line. I interpret an echelon arrangement of the brachy-folds as a result of sinistral wrench movements along NW–SE oriented faults of the Teisseyre-Tornquist Line, connected with Laramie compression (Figs. 4A, 6B). Reorientation of regional stress field reflects a change in compression. Signs of Alpine compression acting towards the Teisseyre-Tornquist Line were dextral wrench movements. The latter resulted in origin of oblique-slip faults in the Lipno and Sierpc area, partly using synsedimentary faults (Figs. 4B, 6C).

## Р Е З Ю М Е

Автор провёл тектонический анализ сбросов и складчатых структур в районе Липна и Серпца (СВ часть Варшавской мульды). На основании временных и глубинных сейсмических рефлексивных разрезов (Е. Жарук, 1970) автор составил структурные карты (1:100 000) для сейсмических горизонтов соответствующих литологическим комплексам в пределах отложений: перми (Р), триаса (Т) и юры (J). Сейсмический горизонт соответствующий меловым осадкам (К) упущен из-за затруднений связанных с его идентификацией на отдельных рефлексивных разрезах. Полученные структурные карты указывают на существование двух брахиантиклиналей Липна и Серпца (фиг. 2 и 3) длиной в 12–16 км, расчлененных на второстепенные формы с направлениями главных осей ССЗ–ЮЮВ. Брахискладки пересеченные сбросами имеющими направления ССЗ–ЮЮВ, ССВ–ЮЮЗ и СВ–ЮЗ. Сбросы пересекающие брахискладки ориентированные диагонально по отношению к осям брахискладок, вызывая в многих местах их перемещение к ЮЗ (фиг. 2 и 3). По мнению автора складчатые формы Липна и Серпца, а также главные сбросы в пермо-мезозойских отложениях этого района образовались в результате перемещающих движений вдоль сбросов зоны Тейссера-Торнквиста. Автор интерпретирует брахискладки ориентированные кулисово как результат левовращающих перемещающих движений вдоль зоны Тейссера-Торнквиста с ориентацией СЗ–ЮВ, связанных с ларамийской компрессией (фиг. 4А, 6В). Альпийская реориентация регионального поля напряжений привела к изменению направления перемещающих движений. Признаком альпийской компрессии действующей в зоне Тейссера-Торнквиста были правовращающие перемещающие движения вызывающие образование сдвигово-перемещающих сбросов; они частично использовали синседиментационные сбросы (фиг. 4В, 6С).