

CHARAKTER WSPÓŁCZESNYCH RUCHÓW SKORUPY ZIEMSKIEJ

UKD 551.242,,312":550.8.01/02:691.3

Istnienie związku między współczesnymi ruchami skorupy ziemskiej a jej ruchami w minionych epokach geologicznych nie wymaga udowadniania. Nie znamy bowiem w historii geologicznej ani jednego jej odcinka, w którego ciągu nie zachodziłyby jakieś ruchy części skorupy ziemskiej. Kwestia, że w przeszłości geologicznej o ruchach tych wnioskujemy pośrednio, a o ruchach współczesnych możemy wnioskować również dzięki bezpośrednim pomiarom geodezyjnym, czy satelitarnym, nie odgrywa tu istotnego znaczenia, wpływa tylko na dokładność wyznaczania wielkości tych ruchów.

Istnieje zatem w globalnym ujęciu ciągłość ruchów (traktowana jako całość) skorupy ziemskiej zarówno w całej przeszłości geologicznej, jak i współczesności — w holocenie aż do dni dzisiejszych. Tak w przeszłości geologicznej od momentu powstania pierwotnej skorupy ziemskiej, jak i obecnie stan naprężeń w tej skorupie ulegał ustawicznemu zmianom w czasie i przestrzeni pod wpływem czynników endogenicznych — podskorupowych, wewnątrzskorupowych, jak i zewnętrznych — kosmicznych. Ze zmianami stanu naprężeń w skorupie ziemskiej związane są relaksacje naprężeń, ujawniające się w postaci ruchu poszczególnych elementów (bloków) skorupy ziemskiej względem siebie z przerwaniem lub bez przerwania ciągłości budujących skorupę ziemską warstw.

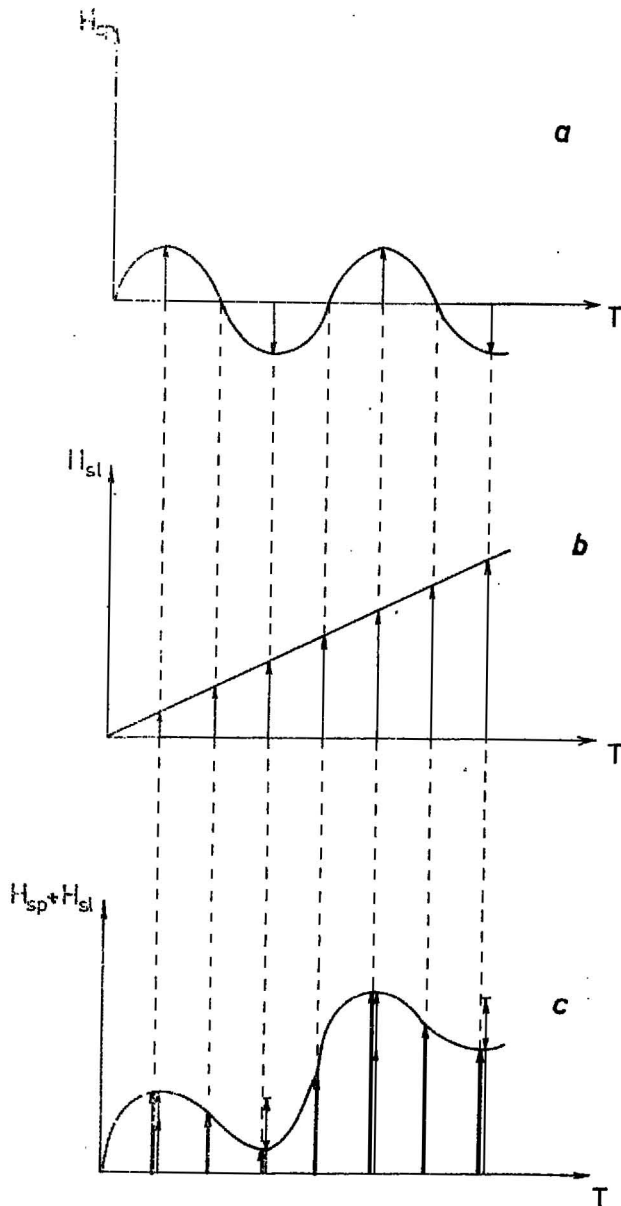
Dzisiejszy stan naprężeń w skorupie ziemskiej i zachodzące w nim zmiany oraz związane z nimi ruchy powinno się traktować jako stan odziedziczony w wyniku historii jego zmian w przeszłości geologicznej i zachodzących zmian współczesnych, uwarunkowanych w odpowiednim zakresie zaszłościami w przeszłości.

Z rozważań tych wynika, że między budową geologiczną (odziedziczoną z przeszłości geologicznej), a ruchami współczesnymi powinien istnieć ścisły związek (4—8). Tak więc obszary wypiętrzane w przeszłości geologicznej powinny cechować się wznoszą-

cymi (dodatnimi) współczesnymi ruchami skorupy ziemskiej, obszary w przeszłości obniżane — ruchami obniżającymi (ujemnymi). Na wielu obszarach taka koincydencja daje się stwierdzić w wyniku analizy kartometrycznych ujęć współcześnie pomierzonych ruchów skorupy ziemskiej i jej budowy geologicznej, odtworzonej na mapach geologicznych. Koincydencja ta jest zgodna z zasadą utrzymywania się długotrwałego trendu charakterystycznego dla danego obszaru w historii geologicznej, jak to było prezentowane na XXIII Międzynarodowym Kongresie Geologicznym: „On the basis of results obtained in Poland during the recent 15 years of geological studies of river valleys, one can confirm that in spite of the periodical changes of intensity and trend of neotectonic movements a distinct stability of long-term tendencies is observable during a suitable length of time” (8) o czym pisze również później W. J. Chain (2).

Istnieje jednak wiele obszarów, na których koincydencji tej nie da się stwierdzić, tzn. że obszary w przeszłości geologicznej wypiętrzane wykazują współcześnie ruchy obniżające (ujemne), a obszary w przeszłości obniżane ruchy podnoszące (dodatnie). Powstaje wtedy pytanie czy obszary te przeszły, czy też przechodzą w inną fazę rozwoju, ujawniającą się w zmianie dotychczas panującej długotrwałej tendencji ruchu całego obszaru, czy jest to tylko chwilowe wahnięcie tego obszaru przy utrzymaniu się jednak tej samej długotrwałej tendencji w szerszym przedziale czasu (ryc. 1). Należy również rozważyć czy niezgodność ruchu z odczytaną z budowy geologicznej długotrwałą tendencją dotyczy całego obszaru, czy też jest zjawiskiem lokalnym. Niezgodność lokalna nie wyklucza bowiem możliwości istnienia zgodności długotrwałych tendencji i ruchów współczesnych skorupy ziemskiej na całym obszarze.

Określenie długotrwałych tendencji ruchu obszarów wymaga dobrego poznania budowy geologicznej obszaru i odtworzenia jego historii paleofacjalno-



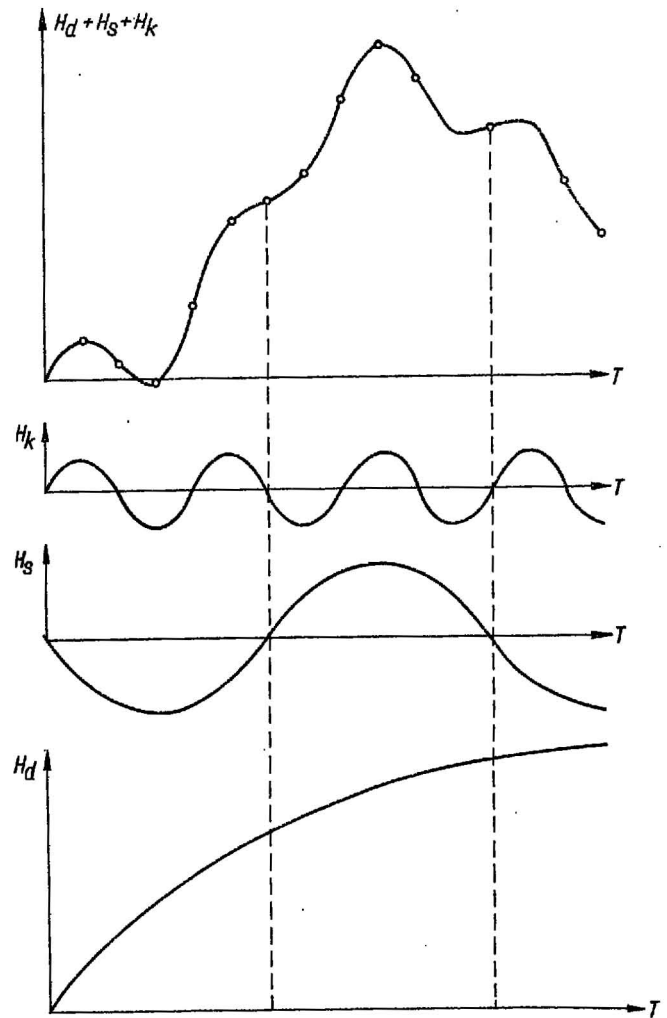
Ryc. 1. Schemat zmian położenia punktu na powierzchni Ziemi w czasie w efekcie zmian tylko periodycznych (a), tylko zmian o stałym kierunku i prędkości (b) oraz w wyniku sumowania zmian periodycznych i zmian o stałym kierunku i prędkości (c).

T — czas; położenie punktu na powierzchni Ziemi w przypadku: ruchu tylko periodycznego — H_{sp} , tylko liniowego (o stałym kierunku i prędkości) — H_{sl} , zsumowania składowych: $H_{sp} + H_{sl}$.

Fig. 1. Scheme of translocations of point on the Earth surface in result of: (a) periodic changes only, (b) changes constant in direction and velocity only, (c) summation of periodic changes and changes constant in direction and velocity.

T — time; position of point on the Earth surface in the case of: periodic movement only — H_{sp} , linear movement only (movement with direction and velocity constant) — H_{sl} , summation of components: $H_{sp} + H_{sl}$.

-paleotektonicznej (3, 9). Wymaga również poznania (wpływającego na stan naprężeń w skorupie ziemskiej i na zmiany tego stanu) podłoża skorupy ziemskiej łącznie z całym płaszczem Ziemi oraz wpływu czynników kosmicznych. Według R. W. Bemmelena (1) magnetyczno-hydrodynamiczne ruchy turbulenty w części zewnętrznej jądra ziemskiego mogą osiągać prędkość około 20 km/rok, a obieg (cyrkulacja) mas (być może stopionych, o lepkości cieczy newtonowskiej) w dolnym płaszczu Ziemi może do-

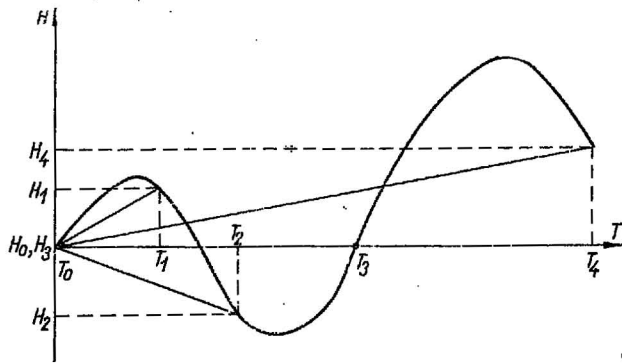


Ryc. 2. Schemat nałożenia się na ruch periodyczny lub quasiperiodyczny długookresowy — H_d ruchu średniookresowego — H_s i ruchu krótkookresowego — H_k : $H_d + H_s + H_k$. T — czas; położenie punktu na powierzchni Ziemi w przypadku ruchu periodycznego lub quasiperiodycznego: tylko długookresowego — H_d , tylko średniookresowego — H_s , tylko krótkookresowego — H_k , rzeczywistego — wypadkowego wszystkich ruchów składowych: $H_d + H_s + H_k$.

Fig. 2. Scheme of overprinting of medium-term, H_s , and short-term, H_k , movements on periodic or quasiperiodic long-term movement, H_d . T — time; position of point on the Earth surface in the case when periodic or quasiperiodic movement is: long-term only — H_d , medium-term only — H_s , short-term only — H_k , real, that is representing net result of all the component movements: $H_d + H_s + H_k$.

chodzić do prędkości kilku cm/rok. Ruch mas wewnątrz Ziemi i jego zmiany mogą mieć (i niewątpliwie mają wpływ) na stan naprężeń w litosferze, powodując w dolnych jej częściach przemieszczenia typu lepkiego pelzania, a ten ruch wpływa z kolei na stan naprężeń w górnych częściach litosfery — w skorupie ziemskiej i na zmiany tego stanu ujawniające się jako ruchy poszczególnych jej elementów względem siebie.

Od dawna wiadomo jest, że pod wpływem zmieniającego się przyciągania grawitacyjnego Słońca i Księżyca obserwuje się periodyczne deformacje, a więc periodyczne ruchy skorupy ziemskiej. Przy przechodzeniu sprężystych fal przyływowych przesunięcia pionowe powierzchni Ziemi mogą osiągać 50 cm (przy położeniu Księżyca i Słońca w zenicie lub nadirze), a przesunięcia poziome 5 cm przy zmia-



Ryc. 3. Schemat wnioskowania o znaku i prędkości ruchu punktu na powierzchni Ziemi w zależności różnicy czasu między poszczególnymi pomiarami tego samego punktu.

Dla interwału $\Delta T_1 = T_1 - T_0$ ruch okazuje się dodatni (wznoszący), $\Delta T_2 = T_2 - T_1$ wnioskuje się, że ruch jest ujemny, dla $\Delta T_3 = T_3 - T_2$ nie stwierdza się ruchu, dla $\Delta T_4 = T_4 - T_3$ ruch odczytuje się jako wznoszący, ale o mniejszej prędkości, niż dla T_1 .

Fig. 3. Scheme of conclusion about sign and velocity of movement of point on the Earth surface depending on time difference between particular measurements made for the same point.

The movement appears positive (uplifting) for the time interval $\Delta T_1 = T_1 - T_0$, negative for the interval $\Delta T_2 = T_2 - T_1$, and none for the interval $\Delta T_3 = T_3 - T_2$, and uplifting but slower than in the case of T_1 for the interval $\Delta T_4 = T_4 - T_3$.

nach siły ciężkości 0,2 mGal, odchylenia pionu 0,01' oraz zmiany nachyleń powierzchni Ziemi względem pionu 0,02'. Inne zjawiska astronomiczne mają także charakter zjawisk cyklicznych, np. takie jak okresowe zmiany nachylenia ekliptyki, obieg układu słonecznego wokół orbity galaktycznej. Opierając się na wynikach badań I. A. Wylicana (11—13) i porównując długość okresu tych zjawisk z długością czasu trwania powtarzających się cykli tektonicznych i ich drobniejszych elementów (podcykliów, faz, podfaz) W. J. Chain (2) wskazuje na ich koincydencję.

Znana z historii geologicznej cykliczność sedymentacji i cykliczność zjawisk magmatycznych oraz metamorficznych pozwala na wnioskowanie, że powtarzalność, a nawet periodyczność lub quasiperiodyczność zjawisk geologicznych w czasie — w tym przemian i przemieszczeń materii łącznie z ruchami tektonicznymi jest cechą charakterystyczną tych zjawisk. Zaobserwowana powtarzalność zjawisk geologicznych dała asumpt do powstania i rozwinięcia metody aktualistycznej w naukach geologicznych, która może być użyta z pewnymi ograniczeniami również i do ruchów tektonicznych w stosunku do ruchów współczesnych w III wazie ewolucji Ziemi R. W. Bemmelen (1) lub w neogeikum H. Stillego, bądź w neochronie N. S. Szackiego albo w szóstym późnoproterozoiczno-paleozoicznym i siódmym mezenozoicznym etapie rozwoju litosfery W. J. Chaina (2), czyli w ciągu ostatniego ponad pół miliarda lat. Oczywiście, że im struktury tektoniczne budujące skorupę ziemską są młodsze, tym łatwiej jest wiązać ruchy współczesne skorupy ziemskiej z ruchami, które doprowadziły do powstania tych struktur i tym bardziej prawidłowe jest stosowanie metody aktualizmu.

Z przeprowadzonych szczegółowych analiz związków między współczesnymi ruchami skorupy ziemskiej a jej prekambryjskimi, kaledońskimi, waryscyjskimi i alpejskimi strukturami wynika, że:

1) ruchy współczesne skorupy ziemskiej są historycznie uwarunkowaną kontynuacją ruchów skorupy w przeszłości geologicznej;

2) współczesne ruchy skorupy ziemskiej jako kontynuacja ruchów skorupy ziemskiej w przeszłości geologicznej cechować się muszą określoną tendencją ich rozwoju oraz powtarzalnością ich zmian o charakterze periodycznym lub quasiperiodycznym;

3) powtarzalność periodyczna lub quasiperiodyczna ruchów tektonicznych w przeszłości geologicznej i współczesnych może być i jest różnego rzędu;

4) ustalenie na ile mierzone obecnie współczesne ruchy skorupy ziemskiej prezentują rzeczywiście długotrwałą tendencję, a na ile ich periodyczne lub quasiperiodyczne zmiany, są jednym z istotniejszych problemów współczesnej geodynamiki.

Mierzone geodezyjnie lub satelitarnie współczesne ruchy skorupy ziemskiej określa się przez wyznaczenie ich prędkości. Prędkość ruchu danego punktu wyznacza się przez powtórzenie pomiaru jego położenia w co najmniej 2 różnych terminach. Wyznaczalne dla różnych różnic terminów pomiaru prędkości należy traktować jako prędkości średnie, mogące nie odpowiadać — i zapewne nie odpowiadające — prędkości przemieszczenia punktu w każdym momencie.

Ze znanej już periodyczności lub quasiperiodyczności ruchów skorupy ziemskiej w przeszłości geologicznej wynika, że można oczekiwać również periodyczności lub quasiperiodyczności współczesnych ruchów skorupy. Ta periodyczność lub quasiperiodyczność może być różnego rzędu i stąd w rzeczywistości obserwuje się wypadkową, będącą nałożeniem na siebie ruchów o różnym okresie i amplitudzie (ryc. 2). Wydzielenie z tej wypadkowej periodyczności lub quasiperiodyczności składowych, a tym bardziej wyjaśnienie przyczyn każdej z nich jest obecnie praktycznie niemożliwe ze względu na ograniczoną liczbę danych zarówno co do rozprzestrzenienia mierzonych reperów na całej powierzchni Ziemi, jak i częstotliwości pomiarów. Niewątpliwie istnieje w ruchach skorupy ziemskiej periodyczność lub quasiperiodyczność długookresowa, która (w badaniach pojmowanej w sensie geodezyjnym współczesności, obejmującej w okresie ponad 100 lat powtarzane porównywalne pomiary) może się w ogóle nie ujawnić bądź ujawnić jako określona stała tendencja. Byłaby to oczywiście tendencja krótkookresowa. Nie można jednak wykluczyć istnienia również tak krótkotrwałych periodyczności, że mogłyby być one uchwytne i mierzalne w ciągu stulecia lub znacznie krótszego okresu.

Przechodzące przez całą skorupę ziemską fale sejsmiczne o bardzo krótkim (rzędu sekundowego) okresie wskazują, że i te pośrednie periodyczności nie są wykluczone. Mówiąc obecnie o współczesnych prędkościach ruchów skorupy ziemskiej i traktując je jako wykładnik jej odkształceń, należałoby zawsze podawać dokładnie okres czasu, dla którego one były oznaczone, zakładając, że są one zmienne w czasie (ryc. 3). Tak więc nie należy jednakowo traktować prędkości średnich ruchów skorupy ziemskiej, określanych na podstawie pomiarów w latach 1967—1972 na jednym obszarze i pomiarów w latach 1949—1973 na innym obszarze oraz pomiarów w latach 1871—1976 na jeszcze innym obszarze, co z konieczności z braku większej liczby danych musiało być ze sobą zestawiane dla pierwszych wstępnych przybliżeń zobrazowania współczesnych ruchów skorupy ziemskiej, np. na obszarze Eurody Wschodniej (4, 6, 7, 10). Tym większą uwagę należy zatem zwrócić na analizę danych uzyskiwanych z geodynamicznych poligonów doświadczalnych, gdzie częstotliwość pomiarów powinna zmierzać do osiągnięcia ich ciągłości, co przy zastosowaniu analizy harmonicznej przy istniejącej technice obliczeniowej owinno doprowadzić do uzyskania poszukiwanych ustaleń.

Na zakończenie należy zwrócić uwagę, że średnia prędkość ruchów skorupy ziemskiej z krótszego okresu czasu pozwala uchwycić dokładniej zmiany stanu skorupy ziemskiej w tym czasie. Jeżeli ten okres jest zbyt krótki, to efekt ruchu skorupy ziemskiej może być przy obecnej technice pomiarowej niemierny lub wyznaczony z tak dużym błędem, że wartość tego pomiaru jest znikoma. Jeśli okres ten jest odpowiednio długi, to nawet bardzo niewielkie przemieszczenia w krótkim okresie czasu przez ich sumowanie w dłuższym okresie stają się mierzalne, a wyliczony błąd nie przekreśla ich wartości.

Wydzielając z continuum ruchów skorupy ziemskiej ruchy współczesne należy przyjąć do jakiegoś momentu wstecz można mówić o takich ruchach.

Są zwolennicy określenia jako współczesnych ruchów skorupy ziemskiej na danym terenie tylko takich ruchów, które zaszły i zachodzą:

1) od czasu wykonania pierwszych odpowiednio dokładnych bezpośrednich obserwacji (pomiarów geodezyjnych);

2) w czasach historycznych;

3) w ciągu „ostatnich 6000 lat, kiedy poziom oceanu uległ względnej stabilizacji po silnym podniesieniu się w wyniku działania lodowców ostatniego zlodowacenia, a wyrównanie izostatyczne na obszarach zlodowacenia zakończyło się” (2);

4) w ciągu holocenu (tj. około 10 000 lat), aby nawiązać do ogólnego podziału stratygraficznego.

Dopóki sprawa ta nie zostanie ujednoczona nie będzie również jednoznaczności i utrudniona będzie porównywalność otrzymywanych wyników prędkości ruchów skorupy ziemskiej, a co za tym idzie i zmian jej stanu oraz ich zsyntetyzowanie w nawiązaniu do struktur geologicznych.

LITERATURA

1. Bemmelen R. W. — Geodynamic models. Devel. Geotect. 2, Elsevier Publ. Co. Amsterdam-London-New York, 1972.
2. Chain W. J. — Geotektonika ogólna. Wyd. Geol. Warszawa 1974.
3. Duff P., Hallam A., Walton E. K. — Cyclic sedimentation Develop. Sediment., 1967, no. 10.
4. Kowalski W. C. — Geological and geophysical aspects of the map of recent vertical crustal movements in Poland. W: Problems of recent crustal movements. Tallin, 1975.

SUMMARY

Geological data and measurements recently made indicate that recent crustal movements from a given area may reveal prolonged trends on one hand and they may be characterized by different, summing up periodic or quasiperiodic movements on the other hand. For appropriate estimation of sign and velocity of the recent crustal movements it is necessary to take into account a precise dating of measurement at every measurement point as well as to increase the number of both measurements points and measurements taken at every point. This should make possible the use of modern computation techniques for obtaining more complete characteristics of these movements and more precise evaluation of interrelationships between them and changes in the stress field of the Earth crust.

6. Kowalski W. C., Liszkowski J. — Recent vertical movements of the earth crust in Poland on the basis of its geological structure. Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Sci. Terre, vol. 19, nr 1, 1971.
7. Kowalski W. C., Liszkowski J. — General interdependences between the geological structure and recent vertical crustal movements in Poland. W: Problems of recent crustal movements. Tallin, 1975.
8. Kowalski W. C., Radzikowska H. — The influence of neotectonic movements on the formation of alluvial deposits and its engineering-geological estimation. XXIII Int. Geol. Congress, vol. 12. Prague, 1968.
9. Merriam D. F. (ed.) — Symposium on cyclic sedimentation. Kansas, 1967.
10. Mescherikov I. A. (red.) — Map of recent vertical crustal movements of Eastern Europe scale 1:10 000 000. Int. Union Geodesy and Geophysics Comm. on Recent Crustal Movements, Moskwa, 1973.
11. Wyłcan I. A. — K woprosu o sootnoszenijach ritmow razlicznych poriadkow i ich stratygraficznych ekwiwalentach w osadocznym formacjach. Geol. i geofiz., 1967, nr 2.
12. Wyłcan I. A. — Opyt diagnostiki i ocenki prodolżitelnosti skrytych piererwow w osadocznym formacijach. Tr. Tomsk. Gos., Univ., 1969, t. 203.
13. Wyłcan I. A. — K problemie słoobrazownija w osadocznym formacijach. Ibidem.

РЕЗЮМЕ

Геологические данные и проведенные измерения указывают на то, что современные движения земной коры на данной территории могут с одной стороны выявлять длительные тенденции, а с другой стороны могут характеризоваться разными суммирующимися движениями — периодическими или квазипериодическими. Правильное определение знака и скорости современных движений земной коры требует точного учитывания времени измерения в каждой точке и увеличения числа этих точек, а также увеличения частоты измерений в каждой точке. Применение современной вычислительной техники делает возможным получение полной характеристики этих движений и более точное определение связей этих движений с изменениями напряженного состояния в земной коре.