

TADEUSZ WYRZYKOWSKI

551.241 : 528.481(438.95)

Geodezyjne opracowanie mapy prędkości pionowych ruchów powierzchni skorupy ziemskiej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*)

1. Wstęp

Przedstawione tu opracowanie zasadniczo różni się od innych, poprzednio wykonanych w Instytucie Geodezji i Kartografii wyznaczeń pionowych przesunięć reperów na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego [1], [4]. Poprzednie wyznaczenia miały na celu określenie zmian wysokości poszczególnych reperów, leżących na głównych liniach niwelacji precyzyjnej, dla szczegółowego scharakteryzowania tych linii pod względem stabilności terenu przez który przebiegają. Charakterystyka taka była potrzebna ze względu na to, iż linie te przewidziane były jako podstawowa, okresowo mierzona osnowa, na której opierać się powinny lokalne badania ruchów na obszarach w szczególnym stopniu im podlegających.

Omawiane wyznaczenia posiadały następujące wspólne cechy:

- a) wykorzystywano wszystkie repery wspólne na badanych liniach podwójnej niwelacji,
- b) wyznaczano zmiany wysokości punktów, a nie prędkości ich ruchów,
- c) za stały poziom odniesienia przyjmowano pewną ilość wybranych reperów położonych na skraju sieci, poza bezpośrednim zasięgiem wpływu odbudowy górniczej.

Wyznaczone na poszczególnych punktach pionowe przemieszczenia nie wykorzystywano dla stworzenia ogólnego obrazu prędkości pionowych ruchów powierzchni skorupy ziemskiej na obszarze Zagłębia. Wynikało to

*) Krótki komunikat na ten temat pt. „Wyznaczenie prędkości współczesnych pionowych ruchów powierzchni skorupy ziemskiej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego” ukazał się w publikacji Zakładu Geofizyki PAN, Materiały i prace, Nr 4. Łódź—Warszawa 1964.

z określonego celu opracowania, jak i faktu operowania częściowo bardzo krótkimi interwałami czasu między powtarzanymi pomiarami niwelacji (np. porównanie sieci z lat 1955 i 1957/58) [1].

W odróżnieniu od wspomnianych powyżej opracowań, obecne ma na celu stworzenie ogólnego powierzchniowego obrazu prędkości pionowych ruchów na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, który pozwoliłby na scharakteryzowanie wielkości prędkości ruchów i ich powierzchniowego zasięgu. Opracowanie takie może mieć znaczenie dla różnego rodzaju analiz dotyczących ruchu górotworu i zmian związanych z eksploatacją węgla na tym obszarze.

Ze względu na cel opracowania należało:

a) oprzeć wyznaczenie na możliwie długich interwałach czasu i pewnych pomiarach niwelacyjnych, obejmujących duży obszar,

b) z uzyskanego materiału niwelacyjnego wyeliminować te punkty, które wykazywały ruchy odbiegające swą wielkością od ruchów charakterystycznych dla danego obszaru, a więc wykazujące ruchy o charakterze wyraźnie lokalnym.

Mimo stwierdzenia zawartego w punkcie b) należy podkreślić, iż przyjęty sposób opracowania wyników niwelacji nie eliminował z uzyskanego obrazu ruchów powierzchni, wpływu eksploatacji kopalń o szerokim zasięgu, jak również wpływu związanych z tą eksploatacją zmian stosunków wodnych (odwodnienie i nawodnienie). Próba eliminacji tych wpływów wymagałaby posiadania możliwości dysponowania szczegółowymi danymi co do zmieniającego się zasięgu (poziomego i pionowego) eksploatacji kopalń w poszczególnych okresach czasu, co do sposobu prowadzenia odbudowy (zawał, podsypka), co do budowy tektonicznej i geologicznej oraz warunków hydrologicznych analizowanego obszaru.*) Tak wielostronna i pracochłonna analiza, wybiegająca daleko poza zakres opracowań geodezyjnych, posiłkująca się z reguły szeregiem dodatkowych, trudno sprawdzalnych założeń, nie została przez nas przeprowadzona.

Opierając się na powyższych faktach, omawiane opracowanie należy określić jako geodezyjne wyznaczenie pionowych ruchów powierzchni skorupy ziemskiej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, spowodowanych łącznie przez ruchy tektoniczne a być może i izostatyczne, a także przez ruchy o szerokim zasięgu, spowodowane przez prowadzoną w ciągu wielu lat odbudowę górnictwa. Eliminacja ruchów o charakterze wyraźnie lokalnym pozwoliła na traktowanie wyznaczanych wielkości, ja-

*) Badania uwzględniające te czynniki zostały przeprowadzone dla południowej części Górnego Śląska przez prof. Z. Kowalczyka („An attempt of correlating vertical movements of earth's surface in the southern part of Upper Silesia with some geological and geomorphological phenomena”, Komunikat na XIII Zgromadzenie Ogólne MUGG w Berkeley, 1963).

ko ruchów o większym zasięgu i dłuższym okresie, a w konsekwencji — na nazwanie ich ruchami współczesnymi.

Niestety, istniejący materiał niwelacyjny wykorzystany w tym opracowaniu nie pozwolił na zastosowanie najbardziej prawidłowego postępowania, prowadzącego do możliwie dokładnego wyznaczenia ruchów powierzchni omawianego obszaru. Główny mankament stanowiła mała ilość i niekorzystne rozmieszczenie punktów nawiazania, przyjętych za stałe w sieciach dawniejszych, a także niepewność nawiazania lokalnego wyznaczenia do ogólnie przyjętego dla obszaru Polski względnego poziomu odniesienia (reper Toruń—Ratusz) [2].

Z tego też powodu prędkości pionowych ruchów powierzchni skorupy ziemskiej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, przedstawione na załączonej mapie, należy traktować jako wielkości przybliżone.

Opracowanie to było wykonane wiosną 1964 r., w związku z czym nie wykorzystano jeszcze wyników najnowszych pomiarów sieci niwelacji precyzyjnej obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, wykonanych w 1962 r.

W pracach obliczeniowych związanych z niniejszym opracowaniem wzięła udział mgr inż. Z. Trautsolt.

2. Wykorzystane materiały niwelacyjne

Dla opracowania mapy pionowych ruchów powierzchni skorupy ziemskiej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wykorzystane zostały materiały czterech sieci niwelacji precyzyjnej. Są to sieci pomierzone w latach 1937, 1947, 1949/52 i 1957/58. Cechuje je stosunkowo wysoka dokładność pomiaru, a interwały czasu pomiędzy ich pomiarami pozwalają w znacznym stopniu zmniejszyć wpływ błędu pomiaru niwelacji na uzyskiwane wyniki wyznaczenia prędkości ruchów. Sieci te obejmują stosunkowo duże obszary, wzajemnie się częściowo pokrywając, jak również wzajemnie się uzupełniając, co stwarzało możliwość dla rozszerzenia zasięgu wyznaczenia ruchów.

Omówimy po kolei każdą z wykorzystanych sieci.

2.1. Sieć pomierzona w r. 1937

Dane odnośnie tej sieci znajdują się w opublikowanym katalogu linii [7]. Sieć obejmowała linie o łącznej długości około 500 km (wszystkie linie niwelacji z 1931 r. [6] oraz 8 linii nowych). Średni błąd pomiaru określony z porównania wyników pomiarów poszczególnych odcinków wynosił ± 0.46 mm/km, a z wyrównania sieci — ± 0.57 mm/km.

Nominalnym poziomem odniesienia sieci był poziom N.N. (Amsterdam), a punktami wyjściowymi były rzędne punktów Pogrzebień, Paniowy

i Chorzów, wyznaczone z sieci z 1931 r. Brak jakiegokolwiek wzmianki świadczy, iż do wyników pomiarów nie wprowadzano żadnych poprawek ze względu na określony system wysokości.

2.2. Sieć pomierzona w r. 1947

Dane liczbowe tej sieci podane są w katalogu wysokości [8]. Pomiar sieci wykonany został przez Krakowską Spółdzielnię Inżynierską. Ogólna długość linii sieci — 885 km. Średni błąd pomiaru obliczony z wyrównania $m_0 = \pm 0,695$ mm/km.

Nominalny poziom odniesienia — poziom N.N. (Amsterdam), punkt wyjściowy — reper I rzędu w Ząbkowicach (rzędna z pomiaru sieci w 1931 r.). Analogicznie jak w poprzedniej sieci, brak jakichkolwiek danych wskazuje na to, iż nie wprowadzano poprawek ze względu na określony system wysokości.

2.3. Sieć pomierzona w r. 1949/52

Sieć pomierzona została przez Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjne, jako sieć niwelacji precyzyjnej II klasy. Ogólna długość linii około 1 500 km. Z wyrównania otrzymano średni błąd pomiaru — ± 1.34 mm/km.

Wysokości punktów sieci nominalnie odniesione były do poziomu N.N., poprzez nawiązanie do punktów sieci niwelacji precyzyjnej z lat 1926—37 [5] i do powojennej tzw. „zachodniej sieci”. Do pomierzonych wielkości przewyższeń wprowadzano poprawki odpowiadające systemowi wysokości ortometrycznych normalnych.

2.4. Sieć pomierzona w r. 1957/58

Sieć pomierzona została przez Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjne, jako sieć niwelacji precyzyjnej II klasy, w nawiązaniu do obwodnicy składającej się częściowo z linii I klasy z wyrównania 1955 roku. Całość sieci objęła około 2 000 km linii, w tym około 800 km to linie tzw. klasy II A, przewidziane do okresowych pomiarów, jako oparcie dla badań lokalnych. Średni błąd z wyrównania $m_0 = \pm 1.60$ mm/km.

Poziom odniesienia — Kronsztadt (poziom sieci państwowej). System wysokości — wysokości normalne (poprawki uwzględniające rzeczywiste wartości przyspieszenia siły ciężkości).

3. Sposób wyznaczenia prędkości pionowych ruchów powierzchni

3.1. Pierwszy etap opracowania

Wymienione powyżej materiały czterech sieci niwelacji precyzyjnej użyto początkowo dla stworzenia dwu oddzielnych porównań, a miano-

wicie porównania w oparciu o sieci z 1937 i 1947 roku oraz porównania sieci z lat 1949/52 i 1957/58 r. Zadecydowały o tym następujące fakty:

a) sieci pomierzone w latach 1937 i 1947 miały obszarowo podobny zasięg, obliczone były w tym samym systemie wysokości i posiadały prawie ten sam poziom odniesienia (sieć z 1937 r. opierała się na 3 punktach sieci z 1931 r., a sieć z 1947 r. na jednym punkcie tej sieci).

b) sieci pomierzone w latach 1949/52 i 1957/58 miały z kolei podobny obszarowo zasięg, większy od poprzednich sieci; wyznaczenie ruchu punktów na głównych liniach tych sieci zostało już wcześniej wykonane [4] i mogło być dla obecnych celów wykorzystane.

Omówimy oba porównania.

3.1.1. Porównanie sieci z 1937 i 1947 r.

W oparciu o wspólne cechy obu sieci — wymienione powyżej w punkcie a) — można było w pierwszym etapie przystąpić do wyznaczenia przybliżonych wielkości prędkości ruchu powierzchni wzdłuż poszczególnych odcinków wspólnych linii obu sieci, porównując rzędne wspólnych reperów.

Przy porównaniu tym wyznaczano początkowo średnie wartości różnic rzędnych (ΔH_{sr}), na podstawie grup punktów wspólnych, z których eliminowano punkty wykazujące ruchy wyraźnie lokalne. Dzielnik następnie ΔH_{sr} przez interwał czasu między pomiarami, otrzymywano przybliżone prędkości ruchu powierzchni na poszczególnych odcinkach linii niwelacyjnych:

$$V' = \frac{\Delta H_{sr}}{\Delta T} \quad (1)$$

Odcinki te nanoszono na szkic w skali 1 : 200 000. Ogólna długość odcinków wspólnych wynosiła około 400 km.

3.1.2. Porównanie sieci z 1949/52 i 1957/58 r.

Wyznaczenie prędkości na podstawie materiałów pomiarowych tych sieci opierało się na wyrównaniu różnic przewyższeń na 30 głównych liniach sieci, w odniesieniu do 8 reperów położonych na skraju sieci i przyjętych za stałe [4].

Analogicznie, jak podano w punkcie 3.1.1., na podstawie grup punktów określono przybliżone prędkości (V') ruchu powierzchni wzdłuż odcinków linii, posilując się zależnością (1). Ogólna długość odcinków wspólnych wyniosła około 400 km.

3.2. Drugi etap opracowania

Uzyskane w wyniku dwu porównań (p. 3.1.1. i 3.1.2.) przybliżone wartości prędkości były ze sobą nieporównywalne, gdyż odnosiły się do

różnych poziomów odniesienia, zmaterializowanych różnymi punktami nawiązania. Celowe było odnieść je do wspólnego poziomu odniesienia.

Dla uzyskania tego celu zestawione zostały — dla punktów wspólnych — prędkości wyznaczone z porównania sieci z 1937 i 1947 r. z prędkościami wyznaczonymi z ogólnego wyznaczenia, obejmującego obszar całej Polski, a odniesionego do dawnego głównego punktu niwelacji polskiej (Toruń—Ratusz) [2]. To samo wykonano dla porównania sieci z lat 1949/52 i 1957/58.

Ogólne wyznaczenie ruchów na obszarze Polski opierało się na porównaniu sieci niwelacji precyzyjnej z lat 1926—37 oraz 1953—1958.

Dla 2 punktów wspólnych z porównania sieci z lat 1937 i 1947 r. (tabl. 1) i 3 punktów wspólnych z porównania sieci z lat 1949/52 i 1957/58 (tabl. 2), otrzymano różnice prędkości (ϵ), stanowiące jednocześnie poprawki do przybliżonych wartości prędkości V' , celem przejścia na wartości V odniesione do poziomu punktu Toruń—Ratusz, przyjętego za stały.

Tablica 1

Punkty wspólne	V_{58-26}	V'_{47-37}	$\epsilon'_V = V - V'$
Szczakowa	+ 0,9	— 0,9	+ 1,8
Oświęcim	+ 0,6	— 1,2	+ 1,8

(w mm/rok)

Tablica 2

Punkty wspólne	V_{58-26}	V'_{58-52}	$\epsilon''_V = V - V'$
Szczakowa	+ 0,9	— 0,3	+ 1,2
Chrzanów	+ 0,7	+ 0,1	+ 0,6
Oświęcim	+ 0,6	+ 0,4	+ 0,2

(w mm/rok)

Jako wartości średnie otrzymano: $\epsilon' = +1,8$ mm/rok oraz $\epsilon'' = +0,7$ mm/rok. Po wprowadzeniu tych wielkości jako systematycznych poprawek do dwu pierwotnych wyznaczeń (p. 3.1.1. i 3.1.2.), otrzymano ruchy odniesione teoretycznie do tego samego poziomu odniesienia.

3.3. Trzeci etap opracowania

Nawiązanie obu wyznaczeń do wspólnego poziomu odniesienia było dokonane w sposób na jaki pozwalał materiał niwelacyjny, a więc — w tym przypadku — w sposób mało dokładny (mała ilość punktów na-

wiązania i niekorzystne ich rozmieszczenie). Pierwotne wyznaczenie prędkości z porównania sieci z lat 1937 i 1947 też było obarczone pewnym błędem systematycznym, na skutek ruchu punktów odniesienia. Na istnienie błędów systematycznych wskazywało porównanie wyznaczonych prędkości ruchu powierzchni wzdłuż poszczególnych odcinków linii, wspólnych dla obu wyznaczeń (p. 3.1.1. i 3.1.2.).

Na podstawie tych właśnie wspólnych odcinków wyznaczono najprawdopodobniejszą wartość systematycznej różnicy między dwoma wyznaczeniami. (tabl. 3). Na ogólną ilość 19 porównywanych odcinków, 5 nie zostało ostatecznie wykorzystanych, a to z uwagi na małą ilość punktów wspólnych, bądź na różnice wyraźnie odbiegające swą wielkością od pozostałych. W kolumnie 3. tablicy podano ilości punktów wykorzystanych przy obu wyznaczeniach (cyfry w nawiasach odnoszą się do wyznaczenia z lat 1947 i 1937). Do dalszego rachunku przyjmowano zawsze liczbę mniejszą, lepiej charakteryzującą wagę porównania (p).

Tablica 3

Lp.	Odcinek na linii	Ilości punktów <i>p</i>	Prędkość (w mm/rok)		<i>r</i>	<i>p.r</i>	$v = r_{\text{śr}} - r$
			57/58— —49/52	47—37			
1	Szarlej—Będzin	8 (6)	-1,7	-0,1	-1,6	9,6	-0,2
2	Świętochłowice—Katowice	7 (5)	-1,8	0,0	-1,8	9,0	0,0
3	Paniowy—Mikołów	4 (4)	-2,1	+1,2	-3,3		
4	Przyszowice—Paniowy	9 (2)	-2,9	-1,0	-1,9	3,8	+0,1
5	Mikołów—Tychy	6 (5)	-0,7	+1,7	-2,4	12,0	+0,6
6	Tychy—St. Bieruń	9 (8)	0,0	+2,2	-2,2	17,6	+0,4
7	St. Bieruń—Ścierne	3	-4,7	+0,6	-5,3		
8	Ścierne—N. Bieruń	4 (4)	+1,5	+0,6	+0,9		
9	N. Bieruń—Oświęcim	4	+1,4	+0,6	+0,8		
10	Mikołów—Piotrowice	5 (6)	-0,9	+1,3	-2,2	11,0	+0,4
11	Ligota—Katowice	3 (4)	-0,9	0,0	-0,9	2,7	-0,9
12	Mysłowice—Bieruń	4 (6)	+1,5	-0,3	+1,8		
13	Świerklany—Żory	8 (7)	0,0	+1,2	-1,2	8,4	-0,6
14	Wodzisław—Świerklany	5 (8)	-1,9	-0,7	-1,2	6,0	-0,6
15	Żory—Orzesze	11 (9)	-0,8	+1,2	-2,0	18,0	+0,2
16	Rybnik—Żory	13 (11)	-1,3	0,0	-1,3	14,3	-0,5
17	Żory—Pszczyna	19 (15)	+0,4	+2,7	-2,3	34,5	+0,5
18	" "	5 (4)	+0,4	+1,5	-1,1	4,4	-0,7
19	Orzesze—Paniowy	4 (5)	-0,8	+0,7	-1,5	6,0	-0,3
	Σ	89				-157,3	

Ostatecznie na różnicę, określoną jako średnią wagowaną, otrzymano wartość:

$$r_{sr} = \frac{\Sigma p \cdot r}{\Sigma p} = \frac{-157,3}{89} = -1,8 \text{ mm/rok.} \quad (2)$$

Dla scharakteryzowania dokładności wyznaczenia wartości r , obliczono błąd jednostkowy m_0 :

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{18,39}{13}} = \pm 1,2 \text{ mm/rok.}$$

Ponieważ jednak przeciętnie porównywany odcinek posiadał wagę $p = \frac{[p]}{n} = \frac{89}{14} \approx 6$, wobec tego średni błąd dla typowej linii wynosi:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{p}} = \pm \frac{1,2}{\sqrt{6}} = \pm 0,5 \text{ mm/rok.} \quad (3)$$

Usunięcie stwierdzonej systematycznej różnicy (r) należało dokonać przez wprowadzenie poprawek do obu wyznaczeń. Przy określaniu wielkości tych poprawek kierowano się ilością punktów nawiązania, jako wielkościami wagującymi dokładność wyznaczenia (tabl. 4).

Tablica 4

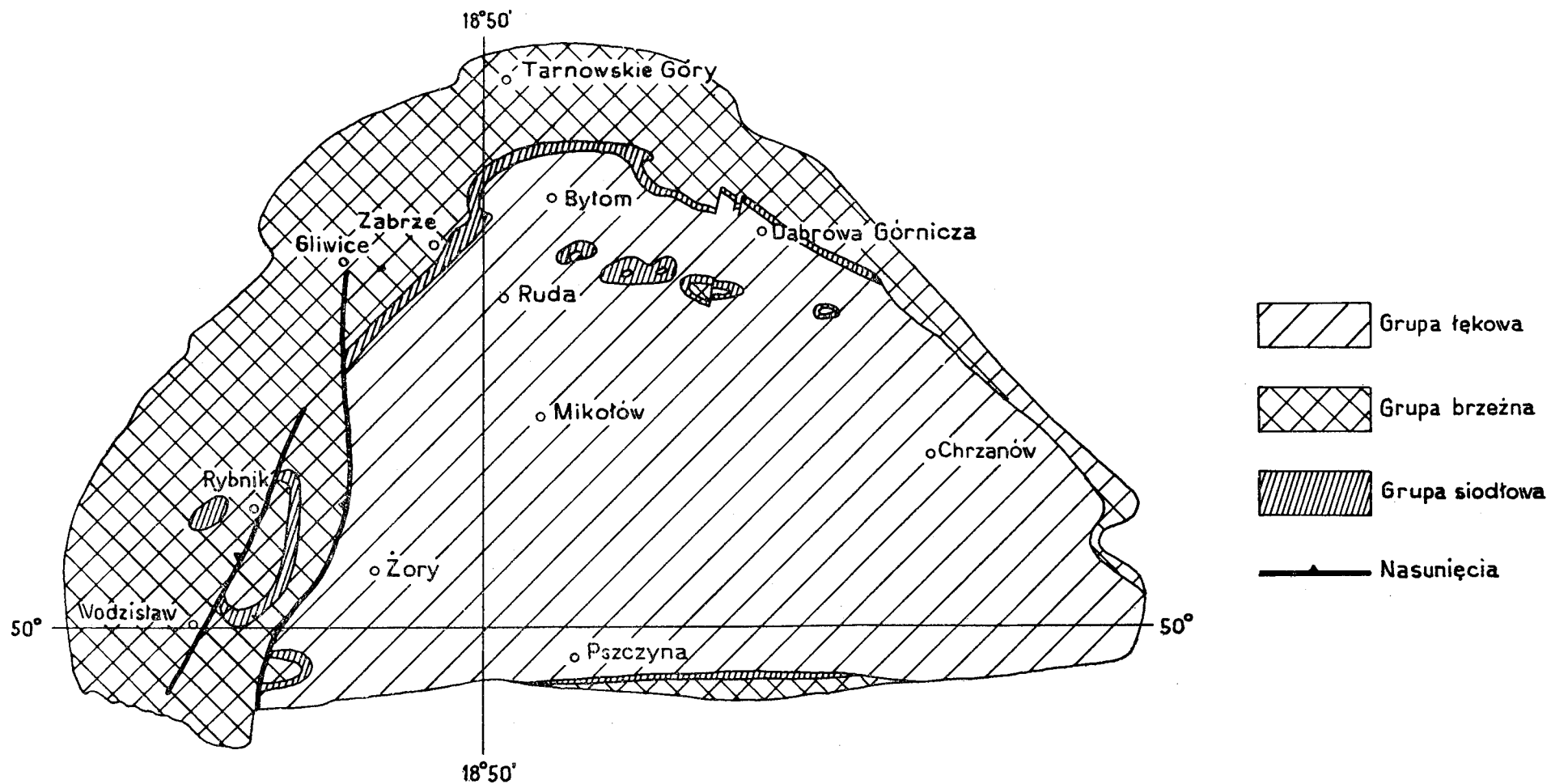
Porównanie sieci z lat	Ilość punktów nawiązania	Waga \sqrt{n}	Obliczenie poprawki
1947—1937	2	1,4	$\frac{1,8}{3,1} \cdot 1,7 = 1,0$
1957/58—1949/52	3	1,7	$\frac{1,8}{3,1} \cdot 1,4 = 0,8$

3,1

Ostatecznie więc do poszczególnych wielkości ($V'_{47-37} + \varepsilon'$) dodano poprawkę $-1,0$ mm/rok, a do wielkości ($V'_{58-52} + \varepsilon''$) poprawkę $+0,8$ mm/rok, uzyskując zgodność obu wyznaczeń scharakteryzowaną określonym uprzednio błędem średnim $m = \pm 0,5$ mm/rok (3).

3.4. Opracowanie mapy prędkości pionowych ruchów obszaru Zagłębia

Dla opracowania powierzchniowej mapy prędkości pionowych ruchów obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, w postaci izolinii tych wielkości, wykorzystano odcinki linii — naniesione na szkic w skali 1 : 200 000 — z określonymi liczbowo przeciętnymi wartościami tych wielkości z porównania sieci z 1947 i 1937 r. oraz z 1957/58 i 1949/52 r., jak również odcinki



Rys. 1. Szkic geologiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (odkrytego po karbon), wg M. Radolińskiej [3].

wspólne dla obu wyznaczeń (łącznej długości około 180 km), dla których przyjmowano wartości średnie, tj.

$$\frac{1}{2} \{ (V'_{47-37} + \varepsilon' - 1,0) + (V'_{58-52} + \varepsilon'' + 0,8) \}.$$

Biorąc pod uwagę gradient prędkości ruchów na badanym obszarze, a także dokładność wyznaczenia, przyjęto izolynie prędkości o interwałach co 1 mm/rok.

Otrzymany ostatecznie obraz prędkości pionowych ruchów na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego — patrz załączona mapa w pomniejszonej dla publikacji skali 1 : 400 000 (załącznik) — jest wynikiem pewnej generalizacji, celowej w danym przypadku.

4. Omówienie wyników opracowania

Mapa prędkości pionowych ruchów na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, opracowana wyłącznie w oparciu o geodezyjną metodę porównywania wyników powtarzanych niwelacji, posiada wyraźnie pewne charakterystyczne cechy, które warto omówić.

Cały obszar Zagłębia Węglowego w stosunku do poziomu odniesienia wykazuje osiadanie powierzchni w granicach — 2 mm/rok, a w odniesieniu do porzeża — około — 3 mm/rok.

Rozmieszczenie obszarów podlegających szczególnie intensywnym ruchom powierzchni, określonych izoliniami ich wielkości, w wysokim stopniu pokrywa się z obszarami objętymi intensywną eksploatacją górniczą. Zbieżność ta może być wytłumaczona łącznym wpływem paru czynników, tj. osiadania powierzchni pod bezpośrednim wpływem eksploatacji pokładów węgla, pod wpływem związanych z tą eksploatacją zmian poziomu wody gruntowej, a także — czynnikiem związanym ze specyficzną budową geologiczną obszaru Zagłębia. Ostatni czynnik pokrywa się generalnie pod względem obszaru z poprzednimi, gdyż lokalizacja kopalń odpowiada obszarom o określonej budowie geologicznej górnych warstw skorupy ziemskiej.

Obszar Górnośląskiego Zagłębia Węglowego pod względem geologicznym stanowi nieckę, będącą częścią dawnej geosynkliny karbońskiej, wypełnioną osadami zawierającymi pokłady węgla. Zagłębie ma dziś zarys zbliżony do trójkąta, ograniczonego warstwami brzeżnymi. Schematycznie przedstawia to rys. 1, oparty na szkicu geologicznym Górnośląskiego Zagłębia Węglowego odkrytym po karbon (skala 1 : 500 000), opracowanym przez M. Radolińską [3].

Duża zbieżność między mapą ruchów i szkicem geologicznym Zagłębia może nasuwać przypuszczenie, że obszar ten podlega dalszemu obniżaniu się na skutek czynnika tektonicznego.

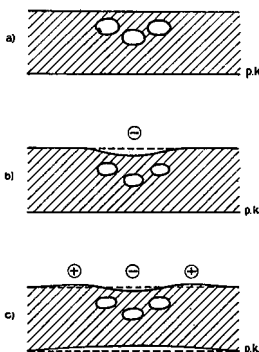
Zbieżność między mapą prędkości pionowych ruchów na obszarze Za-

głębia, a szkicem geologicznym jest tym cenniejsza, iż — jak już powiedzieliśmy — mapa ruchów opracowana została jedynie w oparciu o dane uzyskane z materiałów geodezyjnych, bez uwzględnienia jakichkolwiek sugestii wynikających ze znajomości struktury geologicznej obszaru. Są to więc dwa niezależnie od siebie opracowane obrazy. Należy przypuszczać, iż w przypadku wykorzystania sugestii co do rozkładu prędkości ruchów, jakie nasuwa budowa geologiczna Zagłębia, otrzymany obraz ruchów mógłby być w niektórych swych szczegółach nieco odmienny. Dotyczyłoby to tych fragmentów, gdzie istniała pewna dowolność w określeniu przebiegu izolinii prędkości ruchów.

Sredni błąd wyznaczenia różnicy prędkości między poszczególnymi obszarami Zagłębia, który może być traktowany jako błąd względny wyznaczenia prędkości, wynosi około $\pm 0,7$ mm/rok.

Pobrzeże Zagłębia Węglowego wykazuje na mapie ruchy wznoszące o prędkości rzędu $+1$ mm/rok. Jest to wielkość odpowiadająca w przybliżeniu poprawce, jaka wprowadzona została do wyznaczenia lokalnego, celem odniesienia go do ogólnie przyjętego dla obszaru Polski poziomu odniesienia pionowych ruchów skorupy ziemskiej (reper Toruń—Ratusz). Sredni błąd tej poprawki jest rzędu jej wielkości i jest błędem systematycznym dla całego wyznaczenia prędkości ruchów na obszarze Zagłębia. W przypadku nie wprowadzenia tej poprawki, pobrzeże Zagłębia wykazywałoby ruchy zerowe. Z tego też powodu ruchy wznoszące pobrzeża mogą być traktowane jako rezultat błędu jaki zawiera w sobie nawiązanie do przyjętego poziomu odniesienia.

Wznoszące ruchy pobrzeża Górnośląskiego Zagłębia Węglowego mogą nasuwać jednak również przypuszczenie występowania na całym tym ob-



Rys. 2. Schemat obrazujący wynik wzajemnego nakładania się ruchów pionowych — osiadania górnych warstw, spowodowanego eksploatacją górniczą oraz wznoszenia spowodowanego dążeniem mas skorupy ziemskiej do zachowania równowagi izostatycznej ponad poziomem kompensacji (p.k.).

- Pionowy przekrój przez obszar objęty eksploatacją górniczą, przy założeniu idealnej sztywności skorupy ziemskiej.
- Ten sam przekrój z zaznaczeniem osiadania powierzchni i górnych warstw na skutek prowadzonej eksploatacji oraz cech sprężystości i elastyczności skorupy ziemskiej.
- Łączny wpływ osiadania górnych warstw i ruchów wznoszących, spowodowanych przemieszczaniem się mas ponad poziomem kompensacji izostatycznej.

szarze dodatnich ruchów o charakterze izostatycznym. Należy bowiem zwrócić uwagę, iż intensywna eksploatacja złóż węgla powoduje systematyczny, ogromny ubytek mas w górnej warstwie skorupy ziemskiej. Roczne wydobycie samego węgla wynosi około 100 milionów ton. Roczny

ubytek masy węgla odpowiada więc warstwie o gęstości sialu ($\sim 2,7 \text{ g/cm}^3$) i grubości około 7 mm rozpostartej na powierzchni 5 000 km², tj. na powierzchni około dwukrotnie większej niż powierzchnia zawarta między izoliniami odpowiadającymi prędkości ruchów + 1 mm/rok.

Ten pobieżny rachunek wydaje się potwierdzać możliwość istnienia dodatnich ruchów izostatycznych, nie powodujących oczywiście pełnej kompensacji mas ponad poziomem równowagi izostatycznej.

Rys. 2 przedstawia schematycznie hipotetyczne zmiany w pionowym ukształtowaniu powierzchni skorupy ziemskiej pod wpływem osiadania spowodowanego eksploatacją górnictwem (rys. 2b), a także na skutek łącznego wpływu eksploatacji i ruchów wznoszących, wynikających z przemieszczenia mas dążących do zachowania naruszonej eksploatacją równowagi izostatycznej (rys. 2c).

Częściowe sprawdzenie — być może potwierdzające wysuniętą tu hipotezę — dałoby rozszerzenie badań pionowych ruchów powierzchni skorupy ziemskiej dalej poza obszar Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

LITERATURA I INNE ŹRÓDŁA

- [1] *Niewiarowski J.*: Ruchy pionowe reperów na głównych liniach niwelacji precyzyjnej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w okresie 1955—1958. Prace Inst. Geod. i Kart. t. IX, nr 2 (20), Warszawa 1962.
- [2] *Niewiarowski J., Wyrzykowski T.*: Wyznaczenie współczesnych ruchów pionowych skorupy ziemskiej na obszarze Polski przez porównanie wyników powtarzanych niwelacji precyzyjnych. Prace Inst. Geod. i Kart., t. VIII, nr 1 (17), Warszawa 1961.
- [3] *Radolińska M.*: Górnośląskie Zagłębie Węglowe. Przekroje geologiczne przez Polskę. Wyd. Geolog., Warszawa 1959.
- [4] *Trautsołt Z.*: Badanie pionowych przesunięć reperów niwelacji precyzyjnej na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w okresie 1949—1958. Prace Inst. Geod. i Kart., t. XI, nr 1 (23), Warszawa 1964.
- [5] Katalog wysokości reperów polskiej podstawowej sieci niwelacyjnej (niwelacji precyzyjnej I-go rzędu) nad poziomem morza w Amsterdamie., Ministerstwo Komunikacji, Biuro Pomiarowe, Nr PM-3a, Warszawa 1939.
- [6] Wyniki górnośląskiej niwelacji uzupełniającej wykonanej w roku 1931. Katowice 1931.
- [7] Wyniki niwelacji polskiego Zagłębia Węglowego wykonanej w roku 1937. Katowice 1937.
- [8] Wyniki niwelacji polskiego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wykonanej w r. 1947 (odbitka powielaczowa), Katowice 1947.
- [9] Operaty sieci niwelacji precyzyjnej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego pomierzonej w latach 1949/52., Materiały Państw. Przeds. Geod. (nie opublikowane).
- [10] Operaty sieci niwelacji precyzyjnej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego pomierzonej w latach 1957/58., Materiały Państw. Przeds. Geod. (nie opublikowane).

Recenzował: dr inż. Jerzy Bokun

Rękopis złożono w Redakcji w styczniu 1965 r.

ТАДЭУШ ВЫЖИКОВСКИ

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОСТАВЛЕНИЕ КАРТЫ СКОРОСТИ
ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ
НА ТЕРРИТОРИИ ВЕРХНЕСИЛЕЗСКОГО
УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Резюме

Определение движений произведено геодезическим методом опираясь на материалы четырех сетей точной нивелировки измеренной в 1937, 1947, 1949/52 и 1957/58 годах. Картина вертикальных движений поверхности, представлена изолиниями их значений на карте в масштабе 1:400 000, была получена в итоге обработки выше упомянутых материалов нивелировок.

Обработка состояла из трех этапов:

1) Предварительной обработки двух независимых определений скорости движений, опираясь на сети 1937 и 1947 годов и на сети 1949/52 и 1957/58 годов (п. 3.1).

2) Приближенной привязки этих местных определений к общепринятому для территории Польши уровню относимости — пункту Торунь-Ратуш (п. 3.2) [2].

3) Определения окончательных скоростей движений путем сравнения значений полученных на общих для обоих определений линиях и определения наиболее вероятных поправок к ним, учитывая веса (п. 3.3.).

Представленная на карте картина движений была получена путем генерализации, после элиминирования движений с небольшим поверхностным объемом т.е. движений явно местного характера. Несмотря на это, полученная картина представляет не только движения тектонического характера, но тоже и движения более обширного радиуса действия, возникшие за счет интенсивной горнопромышленной эксплуатации и явлений с ней связанных (изменения уровня

почвенной воды). Выделение в пределах этой территории самых лишь тектонических движений встречалось бы со слишком серьезными трудностями.

Полученная геодезическим путем картина вертикальных движений земной коры на территории Верхнесилезского угольного бассейна в значительной степени соответствует расположению главных мест подлежащих горной разработке (площадь которых обозначена на карте точками), а также свидетельствует об четкой корреляции с схематической геологической картой подпермской поверхности этой территории (рис. 1) [3].

Берега Верхнесилезского угольного бассейна проявляют возвышающиеся движения порядка поправки введенной для привязки определения движений к общепринятому для Польши относительному уровню (репер Торунь — Ратуша).

Средняя квадратическая ошибка привязки — являющаяся систематической ошибкой целого определения на территории Верхнесилезского угольного бассейна — имеет тоже порядок ± 1 мм/год. Относительная ошибка определения, рассматриваемая как ошибка разности определения значения скорости движений между отдельными частями территории бассейна, достигает меньшего значения и может быть принята как ошибка порядка $\pm 0,7$ мм/год.

Возвышающиеся движения берегов территории бассейна могут приводить к предположению об существованию на всей территории движений изостатического характера (рис. 2 с), возникших вследствие все время увеличивающегося недостатка угольной массы. Расширение исследований вертикальных движений поверхности земной коры дальше вне территории бассейна могло бы предположительно дать подтверждение этой гипотезы.

TADEUSZ WYRZYKOWSKI

THE GEODETIC RESTITUTION OF THE MAP OF VELOCITIES OF
THE VERTICAL NOVENENTS OF THE SURFACE OF EARTH'S
CRUST ON THE AREA OF UPPER-SILESIAIAN COAL-BASSIN

S u m m a r y

The determination of movements was made by geodetic method on the materials of four nets of precision levelling, measured in the years 1937, 1947, 1949/52 and 1957/58. The vertical movements of the surface, represented by isolines of their values on the map in the scale 1 : 400 000, were obtained as a result of elaboration of the materials of levelling, mentioned above; this elaboration was made in 3 stages:

1. Provisional elaboration of the two separate determinations of the velocities of movements from the nets made in the years 1937 and 1947 and those made in the years 1949/52 and 1957/58 (point 3.1.). [2].

2. Approximate connection of these local determination to the benchmark Tonw-hall in Toruń, which is generally adopted as the relative reference level for Poland (point 3.2).

3. Determination of the definitive velocities of movements by comparison of the values obtained on the common lines for both determinations and determination of the most probable corrections for these determinations by using weights (point 3.3).

The picture of the movements, shown on the map, was obtained by the generalization and elimination of movements, covering small areas, that is by elimination of movements of distinctly local character. In spite of that, the picture thus obtained represents not only the movements of tectonic character, but also the movements of greater extent, involved by intensive exploitation of mines and by the facts, connected with it (the changes of level of the ground water). The determination of tectonic movements only will be very difficult in this area.

The picture of the vertical movements of the Earth's crust on the Upper-Silesian Coal Bassin obtained from geodetic measurements, cor-

responds in greater extent to the location of areas of intensive mining exploitation (marked by dots on the map), it is also a distinct correlation between this picture and the geologic map of this area, showing the strata up to the carbon (Fig. 1). [3].

The grounds, situated on the boundary of the Upper Silesian Coal Basin shows the movements of elevation of an order $+1$ mm yearly. This value corresponds to the correction introduced for the connection of determination of movements to the benchmark Town-hall in Toruń, generally adopted as the relative reference level for Poland. The mean square error of connection — being the systematic error of the whole determination on the area of Upper Silesian Coal Basin — is also of an order of 1 mm per annum. The relative error of determination, treated as error of difference of determination of the values of velocities of movements between the different parts of this area, is smaller and may be adopted as having the value of 0,7 mm per annum.

The movements of elevation on the boundary of this area may lead to the hypothesis of existence of movements of isostatic character on the whole area (Fig. 2c) it may be due to the steady diminution of the mass of carbon. The control of this hypothesis may be done by extension of research concerning the vertical movements of the surface of Earth's crust outside the area of the Coal Basin.