

ANNALES  
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA  
LUBLIN — POLONIA

VOL. III. 10.

SECTIO B

1948

---

Z Zakładu Geografii Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego U.M.C.S.  
Kierownik: prof. dr Adam Malicki

Aniela CHAŁUBIŃSKA

**Nowe roczne izanomalie świata**  
**Annual isanomalous lines of the temperature**

(mapa poza tekstem)

Wiek już prawie upłynął od czasu wprowadzenia przez Dovego do klimatologii pojęcia anomalii termicznej<sup>1)</sup>. Dove określa tym terminem odchylenie średniej temperatury danego miejsca (rocznej lub miesięcznej, sprowadzonej do poziomu morza), od średniej temperatury całego równoleżnika. Średnią temperaturę równoleżnika uzyskuje w następujący sposób: z mapy izoterm drogą interpolacji wyznacza temperaturę punktów przecięcia danego równoleżnika z południkami co 10°, po czym z tych 36 danych oblicza średnią. Linie łączące punkty o jednakowych odchyleniach otrzymały nazwę izanomal<sup>2)</sup>.

Mapa izanomal wyrażać ma optycznie i cyfrowo, o ile różne okolice globu ziemskiego są cieplejsze lub zimniejsze, niżby to z ich szerokości geograficznej wynikało. Metoda Dovego przyjęła się w klimatologii, a różnice pomiędzy kilkunastu autorami map izanomal polegają głównie na wykorzystaniu różnych map izoterm i stosowaniu różnego zagęszczenia punktów przecięcia. Poszczególne wartości odchyień oblicza się zasadniczo nie dla określonych miejscowości, posiadających własne dane meteorologiczne, ale dla wyżej wspomnianych punktów przecięcia (Spitaler). Tak więc mapa izanomal nie jest oparta bezpośrednio na materiale obserwacyjnym, ale przedstawia jakby transkrypcję innej konstrukcji graficznej — mapy izoterm.

---

<sup>1)</sup> Die Verteilung der Wärme auf der Erdoberfläche, 1852. Zarówno rozprawa Dovego, jak i prace z tej dziedziny innych autorów są stosunkowo trudno dostępne, dlatego uwzględniamy tutaj w ogólnym zarysie historię zagadnienia.

<sup>2)</sup> H. Molin w „Grundzüge der Meteorologie“, Berlin 1898, nazywa je izame-tralami.

Mapa izoterm w klasycznym, humboldtowskim ujęciu ułatwia analizę klimatologiczną, eliminując najpotężniejszy czynnik termiczny — wysokość. Mapa izanomal to krok dalej w tym samym kierunku, eliminuje bowiem wpływ szerokości geograficznej. Pozwala dzięki temu porównywać stosunki termiczne miejsc, posiadających różną wysokość i różny kąt nachylenia promieni słonecznych. Umożliwia zatem ocenę roli wszystkich pozostałych czynników termicznych. Skoro analiza wpływów lokalnych staje się coraz to ważniejszym dla klimatologii zagadnieniem, pożądana wydaje się rewizja metod, stosowanych przy konstrukcji map izanomal.

Przeciwko metodzie D o v e g o wysuwamy następujące zarzuty:

Przy stosowaniu punktów przecięcia równoleżników z południkami w stałych odstępach stopniowych uzyskuje się nierównomierne zagęszczenie tych punktów — największe w tych szerokościach, dla których materiał obserwacyjny jest najuboższy.

Dla większości równoleżników przewaga punktów przecięcia wypada na oceanach, dla których posiadamy znikomą ilość danych meteorologicznych. Eliminacja uzyskanych dla tych punktów wartości, siłą rzeczy mocno fikcyjnych, jest przy wspomnianej metodzie nie do pomyślenia. Przeto zarówno luki w materiale rzeczowym, jak i sama metoda interpolacji wnoszą tu znaczny moment przypadkowości<sup>3)</sup>.

Błędna interpolacja temperatury pewnego punktu wpływać musi nie tylko na wartość lokalną, tj. anomalie tego punktu, co byłoby niewielkim złem, ale poprzez średnią temperaturę równoleżnika deformuje wartość w s z y s t k i c h anomalii danej szerokości. A przecież prawdopodobieństwo błędnego szacowania dotyczy większości powierzchni wodnej i sporych połaci powierzchni lądów.

Obliczanie średniej temperatury równoleżników jest na tyle kłopotliwe, że przeprowadzano je zazwyczaj co  $10^{\circ}$ , a najwyżej co  $5^{\circ}$ . W związku z tym nie mogą być wykorzystane bezpośrednio dla obliczenia anomalii dane stacji, leżących pomiędzy uwzględnionymi równoleżnikami. Tak więc narastający stale materiał obserwacyjny nie może się przyczynić do podniesienia ścisłości map izanomal, dopokąd nie zostanie zużytkowany w konstrukcji nowej mapy izoterm.

---

<sup>3)</sup> F r. H o p f n e r, iakkolwiek sam omawianą metodą opracował nową mapę izanomal, zaznacza w swej rozprawie (Die thermischen Anomalien auf der Erdoberfläche, Pet. Mitt. 1906), że izanomale nie posiadają pewności matematycznej. Jako źródła błędu wymienia tylko niedokładność samych map izoterm oraz usterki metody interpolacji. Stwierdza, że błędy rosną z szerokością.

Sama wreszcie zasada obliczania anomalii w oparciu o średnią temperaturę równoleżnika nie wydaje się słuszną. Jeżeli bowiem działanie pewnego czynnika termicznego odbywa się na obszarze o dużej rozciągłości równoleżnikowej, to i średnia temperatura równoleżnika, przecinającego ten teren, obciążona będzie silnym odchyleniem. Wskutek tego rzeczywiste obszary odchyżeń tym bardziej będą na mapie izanomal zacierane, im są większe i im bardziej oś ich zbliża się do kierunku równoleżnikowego. W. P r e c h t (Neue Normaltemperaturen, Met. Zeit. 1894) wysuwa analogiczny zarzut w postaci przykładu: jeśli jakiś równoleżnik przechodzi na znacznej przestrzeni przez okolice nadmiernie gorące, to w innych jego częściach wystąpi u D o v e g o anomalia negatywna, choć w stosunku do szerokości geograficznej może tam być też pozytywna. Badacz, opierający się na mapie D o v e g o, bezskutecznie będzie szukał przyczyn tej rzekomo negatywnej anomalii.



Ryc. 1. Różnice temperatur, przypadające na 10° szer. geogr. podług średnich temperatur G o r c z y ń s k i e g o z 1943 r.

W związku z tym zagadnieniem należałoby podkreślić niewłaściwość nazywania średnich temperatur równoleżników temperaturami normalnymi. Aby wykazać, jak dalece temperatury te obciążone są anormalnością, wystarczy obliczyć różnice przypadające na 10°. Posłużmy się do tego celu temperaturami równoleżników, obliczonymi przez G o r c z y ń s k i e g o w 1943 r. Załączony wykres (ryc. 1) ilustruje brak ciągłości i prawidłowości, wynikający z wpływu czynników lokalnych<sup>4)</sup>.

<sup>4)</sup> Analizę tego spadku temperatury, obliczonego na podstawie danych S p i t a l e r a, znajdujemy w pracy E. R o m e r a: Studya nad rozkładem ciepła na kuli ziemskiej, Kosmos 1892.

Warto przytoczyć tu wnikliwą uwagę *Prechta*: „Sachgemässer wäre die Bezeichnung Durchschnittstemperatur gewesen, den man muss sich gegenwärtig halten, dass durch diese Normaltemperaturen ange-drückte Normalität sich nur auf den betreffenden Breitenkreise nach den dort die Temperatur bestimmenden Umständen bezieht, dass demnach ein Vergleich der Anomalien nur zwischen den auf demselben Parallel herrschenden, nicht aber zwischen denjenigen verschiedenen Breitenkreise statthaft ist“, Krytykuje on również wyrażenie *Spitalera*: „Temperatura przypadająca danemu równoleżnikowi“. Najwyższą temperaturę np. powinien mieć równik, a odpowiednie równoleżniki jednakową. Tymczasem w temperaturach przeciętnych jest inaczej.

Krytyki map izanomal, opartych na metodzie *Dovego*, a zwłaszcza najwnikliwsza z nich krytyka *Prechta*, nie znalazły odpowiedniego oddźwięku w literaturze klimatologicznej. Do dziś dnia metoda po-zostaje zasadniczo ta sama, a więc obciążona tymi samymi wadami. Dla-czego? Odpowiedź znajdziemy może w rozpatrzeniu dwu innych później-szych metod. Obie one usiłują oprzeć obliczenie odchyłeń na temperatu-rach równoleżników istotnie normalnych, tj. oczyszczonych z wpływu czynników lokalnych. W bardzo prymitywny sposób usiłuje to osiągnąć *E. Sella* (Über atmosphärischen Isanomalien der Temperatur. Met. Zeit. 1896): przyjmuje po prostu jako normalną temperaturę równoleż-nika średnią z przeciętnych temperatur szerokości północnej i południo-wej. Metoda prosta, ale mało precyzyjna, nie można bowiem wykazać, by każdy lokalny czynnik termiczny posiadał na drugiej półkuli swój odpowiednik działający wprost przeciwnie.

W zupełnie inny sposób podchodzi do normalnej temperatury równo-leżników *W. Precht* (l. c.). Wychodzi on z założenia, że różnorodny wpływ czynników lokalnych wynika z nierównomiernego rozłożenia na kuli ziemskiej wód i lądów. Temperaturą normalną równoleżników byłaby taka, jaką posiadałyby przy jednakowym na każdym z nich procencie lądu i morza. *Precht* bierze pod uwagę następujące wzory *Forbesa* i *Spitalera* (nowszy):

$$\text{Forbes: } t_{\varphi} = -10.8^{\circ} + 32.9 (\cos \varphi)^{1/4} + 21.2n \cos 2\varphi$$

$$\text{Spitaler; } t_{\varphi} = -2.43^{\circ} + 17.61 \cos \varphi + 7.05 \cos 2\varphi + 19.29n \cos 2\varphi$$

z których to wzorów możemy rzekomo obliczyć rzeczywistą temperaturę dowolnego równoleżnika, po wstawieniu za *n* liczby, wyrażającej udział lądu w danej szerokości (0 — sama woda, 1 — sam ląd). *Precht* obli-cza z tych wzorów temperaturę normalną (zależną od samej  $\varphi$ ), pod-stawiając za *n* wszędzie liczbę 0,2443, odpowiadającą ilości lądów na całej

kuli ziemskiej<sup>5)</sup>). Od temperatury uzyskanej tym sposobem oblicza odchylenia.

Z niewiadomych powodów mapa izanomal, na opisanej metodzie oparta, nie została opublikowana przy rozprawie Prechta. Autor podaje jedynie jej opis i porównuje z mapą Spitalera.

Przyczyn zignorowania przez klimatologów metody Prechta doszukiwać się można w następujących okolicznościach:

- a) zastosowane wzory są zbyt skomplikowane,
- b) żadne formuły matematyczne na zależność temperatury od szerokości nie okazały się w pełni zadawalające, nie dają bowiem wyników całkowicie zgodnych z empirycznymi,
- c) niesłusznym wydaje się sprowadzanie wszystkich wpływów lokalnych do różnic ilościowych w rozmieszczeniu lądu i morza, a zapoznanie roli czynników, decydujących o transporcie ciepła,
- d) mapa, która nie została opublikowana, nie mogła być na podstawie samego opisu należycie oceniona.

Tak więc wciąż aktualną sprawą jest poszukiwanie metody, która pozwoliłaby obliczać anomalie termiczne w sposób łatwy i prosty, w jak największym uniezależnieniu się od luk materiału obserwacyjnego i od map izoterm, a w bezpośrednim oparciu o dane cyfrowe.

Celem pracy niniejszej jest wywołanie dyskusji nad poruszonymi tu zagadnieniami, oraz próba zastosowania do konstrukcji mapy izanomal nowej metody.

Jako punkt wyjścia proponujemy odmienną niż u Dovego definicję anomalii: anomalia termiczna jest to odchylenie średniej temperatury danego miejsca, sprowadzonej do poziomu morza, od teoretycznej temperatury równoleżnika. Teoretyczną nazywamy temperaturę, jaka występowałaby w pewnej szerokości po wyeliminowaniu wpływów lokalnych, podczas gdy temperatura średnia jest uwarunkowana wszystkimi wpływami łącznie.

Wyobraźmy sobie układ współrzędnych, w którym na osi rzędnych oznaczymy stopnie średniej temperatury rocznej (sprowadzonej do poziomu morza), zaś na osi odciętych stopnie szerokości geograficznej. Jeśli w układzie takim wyznaczmy punktami poszczególne miejscowości, uzyskamy rozsiew, którego oś będzie linią lekko zakrzywioną. Zakrzy-

---

<sup>5)</sup> Jak dziś wiadomo, należałoby ją zastąpić liczbą 0,29. To uwzględnianie czterech miejsc dziesiętnych w liczbie, w której nawet pierwsza cyfra po przecinku podlegać mogła naówczas wątpliwościom, jest dość typowym przykładem pseudościśłości, jaką stosują często w swoich wzorach i obliczeniach klimatologowie, zwłaszcza niemieccy.

wienie wynika stąd, że w niższych szerokościach geograficznych przyrost temperatury w stosunku do szerokości staje się coraz mniejszy. Ilość ciepła, dostarczanego przez słońce, zmniejsza się bowiem proporcjonalnie do sinusa kąta, jaki promienie tworzą z płaszczyzną horyzontu. Sinus tego kąta (przy oświetleniu równonocy) odpowiada cosinusowi szerokości geograficznej. Jeśli tedy na osi odciętych oznaczymy stopnie  $\varphi$  rozmieszczone zgodnie z wartością ich cos, oś rozsiewu wyprostuje się. Gdyby poza szerokością geograficzną na temperaturę roczną miejscowości nie wpływały żadne inne czynniki, wszystkie punkty rozsiewu leżałyby na jednej linii prostej, przecinającej się z osią odciętych pod pewnym kątem  $\alpha$ , którego wielkość, zależna od odstępów, przyjętych dla stopni szerokości i stopni temperatury, jest tu sprawą zupełnie obojętną. Linia ta, to właśnie linia temperatur teoretycznych, właściwych poszczególnym równoleżnikom<sup>6)</sup>. Jeśli przetnie się ona z osiami  $x$  i  $y$  w początku układu, to tangens wspomnianego kąta  $\alpha$  będzie stosunkiem odpowiedniego odcinka osi  $y$  do odpowiedniego odcinka osi  $x$  i będzie miał dla wszystkich miejscowości wartość jednakową.

W układzie współrzędnych, sporządzonym dla rzeczywistych temperatur, oś rozsiewu będzie się pokrywała w przybliżeniu z linią temperatur teoretycznych, na której odchylenie wynosi  $0^\circ$ <sup>7)</sup>. Miejscowości leżące poniżej osi wykazują przewagę czynników termicznych negatywnych, miejscowości powyżej osi — przewagę czynników dodatnich. Wielkość odchylenia w dół, względnie w górę od osi, wyrażona w stopniach, będzie to właśnie szukana przez nas anomalia termiczna, dodatnia lub ujemna. Dla obliczenia anomalii trzeba zatem ustalić przebieg linii temperatur teoretycznych. Wystarczy w tym celu wyznaczyć dwa punkty, przez które prosta przechodzi, czyli przyjąć określone temperatury dla pewnych określonych szerokości. Ponieważ linia temperatur teoretycznych, jako przeciwprostokątna, przecinać musi oś  $x$  i  $y$  w początku układu, a na początku osi  $x$  znajduje się  $\cos 0^\circ$  ( $\varphi = 90^\circ$ ), przeto początkiem osi  $y$  musi być teoretyczna temperatura bieguna.

Odcinka osi  $y$  nie możemy oczywiście wyrażać liczbą ujemną. Musimy przeto konwencjonalną granicę  $0^\circ$  przesunąć w dół do początku układu, czyli liczbą  $0^\circ$  określić teoretyczną temperaturę bieguna, a w konsekwencji o tę samą ilość stopni podwyższyć wszystkie

<sup>6)</sup> Używamy określenia „teoretycznych“ ze względu na dwuznaczność terminu „temperatury normalne“, stosowanego do temperatur średnich wieloletnich.

<sup>7)</sup> Przybliżenie to będzie oczywiście tym większe, im większą ilością danych, zebranych równomiernie z różnych okolic ziemi, rozporządzamy.

inne temperatury. Tu rozstrzygnąć trzeba zagadnienie: jaką temperaturę uznać możemy za teoretyczną temperaturę bieguna? Przyjęto tu wartość  $-24^{\circ}\text{C}$ , jako zaokrągloną do całych stopni średnią z szacowanej temperatury bieguna północnego ( $-22,7^{\circ}$ ) i bieguna południowego ( $-25,0^{\circ}$ )<sup>8)</sup>.

Za przyjęciem tej liczby przemawiały następujące względy:

- a) Wobec skrajnie różnych warunków na biegunach (ląd—morze) temperatura teoretyczna musi posiadać wartość pośrednią.
- b) Empirycznie wyznaczona oś rozsiewu wszystkich temperatur rocznych, wstawionych w system współrzędnych, przecina się z osią  $y$  w okolicy punktu, odpowiadającego tej liczbie.
- c) Prawdopodobieństwo błędu waha się w dość ciasnych granicach, a ewentualny błąd pociąga, jak wykazemy później, minimalne zniekształcenia dalszych obliczeń.

Jeśli teraz na początku osi  $y$  umieścimy zamiast  $-24^{\circ}$  wartość  $0^{\circ}$ , odpowiadającą temperaturze bieguna w skali przesuniętej, to wszystkie inne temperatury, odcinane na tej osi, powiększyć musimy również o  $24^{\circ}$ .

Jako drugi punkt, decydujący o przebiegu linii temperatur teoretycznych, ustalamy temperaturę teoretyczną równika. Ponieważ różnice temperatury między różnymi miejscowościami na równiku są mniejsze niż w jakiegokolwiek innej szerokości i ogromna przewaga danych waha się w granicach od  $26^{\circ}$  do  $27^{\circ}$ , przeto przyjmujemy okrągło  $26^{\circ}$ . Za przypuszczeniem, że dane empiryczne z okolic równika nie wykazują żadnej większej anomalii, przemawia także fakt, iż stosunek ilościowy lądu i morza jest w tej szerokości podobny, jak średnio na całej ziemi.

Te dwie przyjęte w założeniu liczby:  $-24^{\circ}\text{C}$  dla szerokości geograficznej  $90^{\circ}$  i  $26^{\circ}$  dla szerokości geograficznej  $0^{\circ}$  decydują o wartościach temperatur teoretycznych dla wszystkich innych szerokości.

Dalszy tok postępowania objaśnimy na przykładzie: Chcemy obliczyć anomalię Warszawy. Średnia temperatura roczna wynosi  $7,6^{\circ}$ ,  $h = 125\text{ m}$ ,  $\varphi = 52^{\circ} 14'$ . Do temperatury sprowadzonej do poziomu mo-

---

<sup>8)</sup> W szacowaniach poszczególnych klimatologów istnieją rozbieżności. Dla bieguna północnego większość przyjmuje  $-22,7^{\circ}$ , natomiast G o r c z y ń s k i w 1943 r. określa jego temperaturę na  $-20,3$ . Dla bieguna południowego różnice są większe. Jakkolwiek w ostatnich latach pod sugestią M e i n a r d u s a, niektórzy badacze obniżają wartość do  $-30^{\circ}$  lub jeszcze niżej (G o r c z y ń s k i, S c h o t t), to jednak bezpieczniejszym wydaje się przyjęcie starszych danych H a n n a—S ü r i n g a. Jeśliby nawet faktyczne temperatury wnętrza Antarktydy okazać się miały tak niskie, jak to przypuszcza M e i n a r d u s, należałoby uznać je za wybitną anomalię, wywołaną środowiskiem lądowo-lodowym.

rza dodajemy  $24^\circ$  i otrzymujemy  $32,2^\circ$ . Szukamy teraz temperatury teoretycznej równoleżnika Warszawy z wzoru:

$$\frac{t\varphi}{\cos\varphi} = \text{tg } \alpha \text{ względnie } t\varphi = \text{tg } \alpha \cos\varphi$$

$\text{tg } \alpha$  będzie, jak wiadomo, taki sam jak dla szerokości  $0^\circ$ , a ponieważ  $\cos 0^\circ = 1$ , przeto  $\text{tg } \alpha$  będzie równy temperaturze teoretycznej równika, w naszym wypadku  $50^\circ$  ( $26^\circ + 24^\circ$ ). Mnożymy  $50^\circ$  przez  $\cos \varphi$  Warszawy (0,6125), otrzymujemy  $20,6^\circ$ , wobec czego anomalia Warszawy wyniesie  $32,2^\circ - 20,6^\circ = 11,6^\circ$ . To samo robimy dla wszystkich innych miejscowości.

Wartością stałą w każdym obliczeniu jest  $50^\circ$ . Cięży na tej liczbie pewien moment dowolności<sup>9)</sup>. Aby zdać sobie sprawę z jego roli, zastosujemy powyższy wzór do różnych szerokości geograficznych, przyjmując kolejno temperaturę teoretyczną równika i bieguna o  $1^\circ$  niższą i wyższą od przyjętej. Oto zestawienie wyników:

Jako temp. teor. równika przyjęto:	Jako temp. teor. bieguna przyjęto:	Różnica wartości anomalii wyniesie:				
		$\varphi = 0^\circ$	$\varphi = 20^\circ$	$\varphi = 40^\circ$	$\varphi = 60^\circ$	$\varphi = 80^\circ$
$26^\circ$	$-24^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$
$27^\circ$	$-24^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$	$0,8^\circ$	$0,5^\circ$	$0,2^\circ$
$25^\circ$	$-24^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$	$0,8^\circ$	$0,5^\circ$	$0,2^\circ$
$26^\circ$	$-23^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$	$0,2^\circ$	$0,5^\circ$	$0,8^\circ$
$27^\circ$	$-23^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$
$25^\circ$	$-23^\circ$	$1^\circ$	$0,8^\circ$	$0,5^\circ$	$0^\circ$	$0,7^\circ$
$26^\circ$	$-25^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$	$0,2^\circ$	$0,5^\circ$	$0,8^\circ$
$27^\circ$	$-25^\circ$	$1^\circ$	$0,8^\circ$	$0,5^\circ$	$0^\circ$	$0,7^\circ$
$25^\circ$	$-25^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$	$1^\circ$

Widzimy, że ewentualny błąd w ocenie temperatury teoretycznej równika i bieguna pociąga za sobą minimalne zniekształcenie anomalii. Z możliwością tego zniekształcenia liczyć się należy przy ocenie stopnia dokładności w przebiegu izomal.

<sup>9)</sup> Podobną, a bodaj i większą, dowolność stosowali przy obliczeniach temperatury dla poszczególnych szerokości inni autorowie. Liznar przyjmuje do wyliczeń średnią temperaturę dwóch równoleżników:  $20^\circ$  S i  $50^\circ$  S (Mitteltemperaturen der Breitenkreise und mittlere Temperatur einer Land- bzw. Wasserhemisphäre sowie der ganzen Erde. Met. Zeit. 1911). Precht w obliczeniach temperatur równoleżników (Soll-Temperaturen) przyjmuje jako wiadomą temperaturę szerokości  $45^\circ$ , na której szerokości zakłada brak wszelkiej anomalii (l. c.).



Pewne zastrzeżenia budzić może również przyjęcie  $\cos \varphi$  na miejsce  $\sin$  kąta nachylenia promieni słonecznych. Wszak kąt ten zmienia się ciągle dla danej miejscowości, tak w ciągu dnia, jak w ciągu roku. Zmienność dzienna nie może być w ogóle brana pod uwagę i porównywanie stosunków w różnych szerokościach oprzeć się musi na kącie południowym, najbardziej decydującym dla termiki. Kąt ten dopełnia się z  $\varphi$  do  $90^\circ$  tylko podczas zrównania dnia z nocą. Kąt zrównania jest dla strefy umiarkowanej kątem średnim, a więc tu zamiana jego  $\sin$  na  $\cos \varphi$  nie wywołuje wątpliwości. W strefie zimnej w ogóle trudno mówić o wartości średniej kąta w ciągu roku ze względu na trwanie nocy polarnej. Ponieważ jednak w materiale obserwacyjnym stacje poza kołem polarnym są bardzo nieliczne i znajdują się w jego pobliżu, przeto potraktowanie ich tak samo, jak stacji w strefie umiarkowanej, uznać można za dopuszczalne, zwłaszcza, że okres nocy polarnej zrekompensowany jest okresem dnia polarnego, podczas którego zmienność wysokości słońca jest znacznie mniejsza, niż to ma miejsce w ruchu dziennym słońca w niższych szerokościach. Jeśli chodzi o strefę międzyzwrotnikową, to tu kąt równonocy odbiega od faktycznego kąta średniego tym znacznie, im  $\varphi$  jest bliższa  $0^\circ$ , ale za to w tych okolicach zmienność temperatury w relacji z szerokością jest minimalna<sup>10)</sup>.

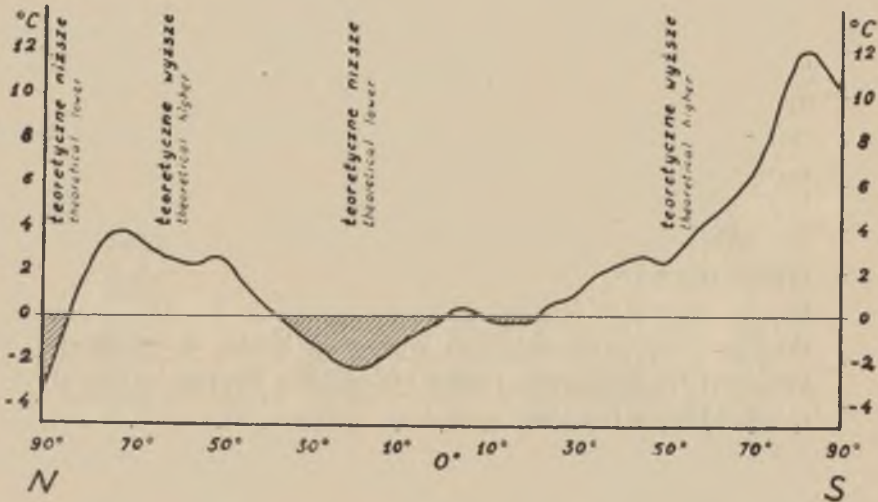
Kończąc rozważania natury teoretycznej, rozpatrzmy zestawienie temperatur dla równoleżników podług różnych źródeł. W pierwszych 10-ciu rzędach są to temperatury średnie, obliczone z pomocą interpolacji, niekiedy szacowania lub wzoru (L i z n a r), w 3-ch ostatnich rzędach umieszczono temperatury teoretyczne.

Widzimy, że w przeciągu kilkudziesięciu lat obliczenia wartości średnich dawały wyniki coraz inne. Pozostaje to w związku z ilością i jakością materiału obserwacyjnego, na którym opierały się mapy izoterm. Przypuszczać można, że wypełnienie luk obserwacyjnych w terenach morskich, pustynnych i polarnych wpłynie w przyszłości na dalsze znaczne zmiany wartości średnich. Niemniej w temperaturach średnich, zwła-

<sup>10)</sup> Nie natrafiono w literaturze na zastrzeżenia co do zastępowania  $\sin$  kąta nachylenia promieni przez  $\cos \varphi$ . Znalezione natomiast wypadki analogicznych uproszczeń. Tak np. P r e c h t we wspomnianej pracy bierze jako przeciętną temperaturę pasa przyrównikowego (od  $2,5^\circ$  N do  $2,5^\circ$  S) wartość dla  $\varphi = 0^\circ$  zamiast dla  $\varphi = 1,25^\circ$  itp. W „Lehrbuch der Meteorologie“ H a n n a—S ü r i n g a znajdujemy następujące zdanie: „Da die Intensität der Sonnenstrahlung, wenn die Sonne am Aequator steht, mit dem Kosinus  $\varphi$  abnimmt, und dieses Gesetz wegen der doch nur geringen äussersten Abweichung der Sonne vom Aequator auch im Jahresmittel bis zu mittleren Breiten hinauf noch nahezu gültig ist, so liegt es am nächsten, zu versuchen, auch die beobachtete Temperaturannahme dem Kosinus  $\varphi$  proportional zu setzen“.



szcza nowszych, zaznacza się z małymi wyjątkami zgodność większa, niż między nimi, a temperaturami teoretycznymi. W temperaturach teoretycznych nie ma różnicy między wartościami dla obu półkul. Różnice te bowiem wywołane są warunkami geograficznymi i dlatego same w sobie posiadają już charakter anomalii. Jeden czynnik termiczny, mogący po-



Ryc. 2. Różnice między teoretycznymi i średnimi temperaturami równoleżników.

Fig. 2. The differences between the theoretical and mean temperatures of the parallels.

wodować różnicę temperatur półkul, ma charakter kosmiczny: jest nim dłuższy okres lata półkuli północnej. Należy jednak przypuszczać, że wpływ tego czynnika jest w porównaniu z innymi znikomy, a niektórzy klimatologowie nie przyjmują go w ogóle <sup>11)</sup>.

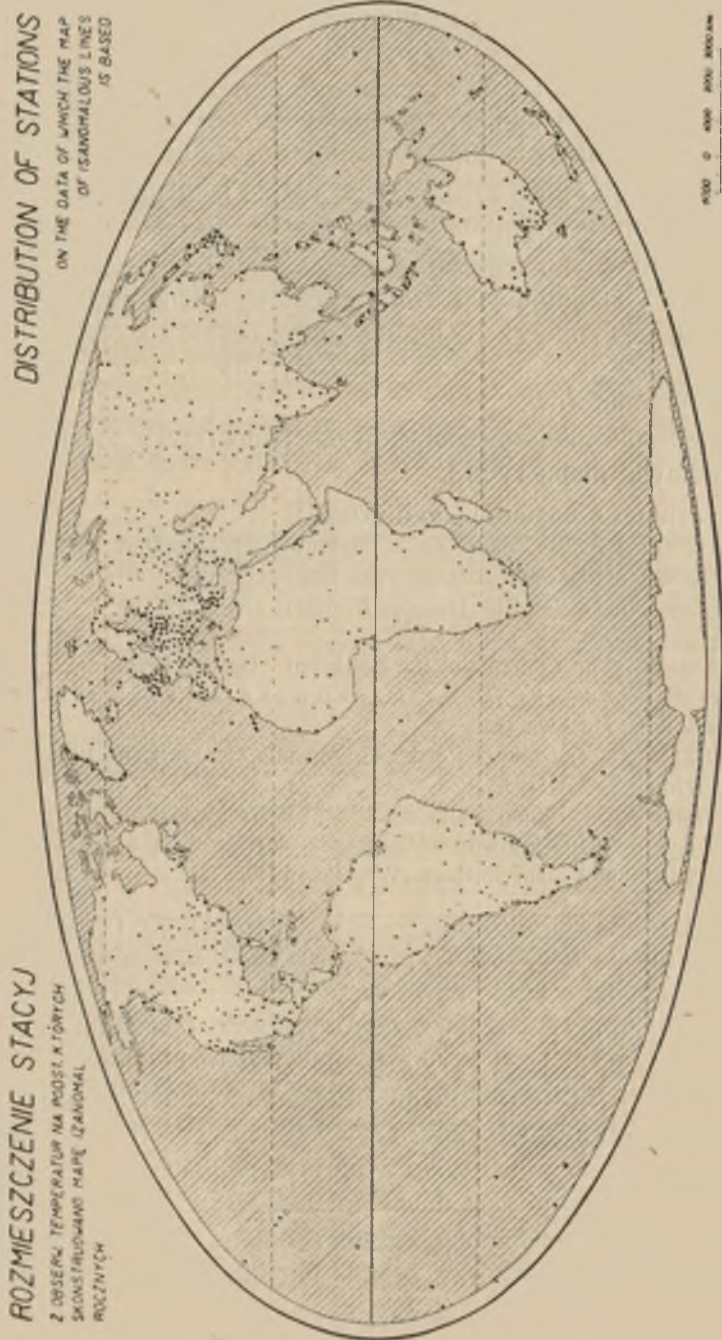
Dla zanalizowania różnic między temperaturami średnimi i teoretycznymi weźmy pod uwagę jeden z szeregów temperatur średnich, a więc np. — jako nowe — dane G o r c z y ń s k i e g o z 1943 r. Wykres ryc. 2 obrazujący różnice na poszczególnych szerokościach (dane co 5°), pozwala na sformułowanie następujących uwag:

<sup>11)</sup> W Supana „Gründzüge der physischen Erdkunde“ czytamy: „Auf die Wärmezufuhr haben jedoch diese Veränderungen keinen Einfluss, auch wenn einmal der Unterschied von Sommer — und Winterhalbjahr seinen äussersten Grenzwert von 36 Tagen erreicht haben wird. Unter allen Umständen erhält jede Halbkugel im Winterhalbjahr 37 und im Sommerhalbjahr 63% der jährlichen solaren Strahlenmenge; nur darin besteht ein Unterschied, dass sich die konstante Wärmezufuhr auf verschiedenen lange Periode verteilt, dass also, wenn die Zahl der Tage eines Halbjahres grösser ist, durchschnittlich weniger Wärme auf einen Tag entfällt als im entgegengesetzten Fall“.

1. W większości wypadków (64,8%) wyższe są temperatury teoretyczne. Nie uwzględniają one wzrastającej z szerokością absorpcji atmosferycznej. Eliminacja wahań tego czynnika, pominiętego w obliczeniach, wydaje się uprawniona, jako że nasilenie absorpcji zależne jest w ogromnym stopniu od zróżnicowanych przestrzennie właściwości atmosfery (czynnik lokalny).
2. Wielka różnica półkuli N i S wskazywałaby, że wzrost absorpcji, jako funkcja  $\varphi$  jest czynnikiem stosunkowo słabym (brak symetrii).
3. Bardziej regularna krzywa półkuli S wynika z bardziej jednolitego środowiska.
4. Małe różnice w okolicy równika wynikają z przyjęcia do wzoru dla temperatur teoretycznych przybliżonej rzeczywistej temperatury równika.
5. Niższe wartości temperatur teoretycznych do  $35^\circ$  szer. g. pn. tłumaczą się ogrzewającym wpływem lądów w niższych szerokościach (małe zachmurzenie nie osłabia zbyt insulacji, ciepło nie uchodzi z prądami wodnymi, jak na morzach, a prądy powietrzne zstępujące ogrzewają się adiabatycznie, co wynagradza częściowo odpływ ciepła do innych szerokości).
6. Wzrastające ku północy nadwyżki temperatur teoretycznych od  $40^\circ$  do  $75^\circ$  szer. g. pn. tłumaczą się nie tylko wzrostem absorpcji atmosferycznej, ale i oziębiającym w tej szerokości wpływem lądów (brak dopływu ciepłych wód).
7. Nabrzmienie krzywej na  $50^\circ$ — $55^\circ$  szer. g. pn. sygnalizuje istnienie w tej szerokości równoleżnikowej anomalii negatywnej. Wywołuje ją zapewne: a) bliskie maksimum procentu lądów, b) bliskie maksimum zachmurzenia, a więc absorpcji, a może i inne jeszcze czynniki <sup>12)</sup>.
8. Niższe wartości temperatur teoretycznych w okolicach bieguna północnego znajdują wy tłumaczenie w środowisku wodnym, podnoszącym temperaturę dzięki dopływowi ciepłych prądów.
9. Na półkuli pd. widać wpływ: a) wzrastającej absorpcji, b) małego procentu lądów w niższych szerokościach, c) chłodniejszych wód (brak izolacji wód polarnych i mniejsza ilość wód w prądach ciepłych), d) masy lodowej antarktycznej, silnie obniżającej i wy-

---

<sup>12)</sup> Krzywa temperatury wód półkuli północnej, wykreślona na podstawie danych K r ü m m e l a, wykazuje albo przegrzanie wód w szerokości ca  $60^\circ$  (Golfstrom), albo ich nadziębienie w szerokości  $40^\circ$ — $60^\circ$ . To ostatnie mniej prawdopodobne, ale jedno i drugie zgadzałyby się z omawianym wykresem różnic.



równującej temperaturę wskutek zużywania ciepła na topnienie (od 80°, przechodzącego całkowicie przez teren zlodowacony, widać spadek różnic).

10. Wgięcie krzywej na 50° szer. g. pd. zdradzałoby istnienie jakiejś równoleżnikowej anomaii dodatniej. Wobec występowania w tej szerokości wyłącznie zimnych prądów sprawa nie jest jasna.

Jak widać z powyższej analizy, ogół różnic pomiędzy temperaturami przeciętnymi i teoretycznymi da się sprowadzić, przynajmniej pod względem jakościowym, do anomalii termicznych, ciężających na poszczególnych równoleżnikach i znajdujących swój wyraz w „nienormalnych” temperaturach średnich. Tym większy interes budzić będzie z kolei analiza mapy izanomal, opartych na temperaturach teoretycznych, oraz zestawienie jej z mapami innych autorów.

Rozmieszczenie miejscowości, których temperatury roczne uwzględniono, przedstawia mapa ryc. 3.

Dane czerpano z następujących źródeł:

- World Weather Records. Smithsonian Institution. Washington 1944 i 1947.  
 Mirowoj agro-klimaticzeskij sprawocznik. Leningrad 1937.  
 Hann J. Handbuch der Klimatologie. Stuttgart 1883 i 1911.  
 Miller A. Climatology, London 1947.  
 Kendrew W. The Climates of the Continents. Oxford 1947.  
 Alisow B., Izwiewow B., Prokowskaja T., Rubinstein E., Kurs klimatologii, Moskwa 1940.  
 Romer E. Pogląd na klimat Polski. Czasopismo Geograficzne 1938.  
 Świat w cyfrach. Lwów 1938.  
 Pietkiewicz S. Klimaty kuli ziemskiej. Warszawa 1946.  
 Kosiba A. Grenlandia. Lwów—Warszawa 1937.  
 Kosiba A. Klimat ziem śląskich. Wrocław 1948.

Materiał pozostawia, niestety, wiele do życzenia, nie tylko pod względem ilościowym, ale i jakościowym. Jest przede wszystkim bardzo niejednorodny, jeśli chodzi o okres obserwacyjny, poza tym średnie obliczane są różnymi metodami. Dane z poszczególnych źródeł często nie pokrywają się, a nie zawsze posiada się kryteria do przyznania jednej z dwu lub więcej odmiennych liczb większego prawdopodobieństwa. Jako najbardziej poprawne traktowano dane Claytona (World Weather Records) i zrezygnowano z nich tylko w paru wypadkach, gdy wyraźnie nie zgadzały się z danymi sąsiednich miejscowości. Nieliczny materiał Claytona musiano uzupełniać innymi źródłami. Dane dawne lub krótkookresowe wykorzystano przy braku innych. Musimy zdawać sobie sprawę z tego, że mimo rozrostu sieci meteorologicznej w XX w., wszelkie syntezы klimatyczne opierać się muszą dziś, jak i za czasów Humboldta, na materiale obserwacyjnym, o wartości zgoła nieodpowiada-

jącej zamierzeniom autorów. Stąd i każde ujęcie graficzne jest wciąż jeszcze raczej szkicem, niż precyzyjnym obrazem. Liczyć się z tym trzeba tak przy konstrukcji, jak i przy ocenie mapy.

Materiał sprowadzono do poziomu morza w stosunku  $0,5^\circ$  na 100 m. Izarytmny wykreślono co  $2^\circ$ , zarówno ze względu na łatwość porównania z mapami innych autorów, stosujących zazwyczaj to samo zagęszczenie, jak i ze względu na to, że ani ilość, ani jakość materiału nie usprawiedliwiałaby dążenia do większej dokładności. O ile jakaś pojedyncza anomalia wyróżniała się wartością od otoczenia i wymagała wykreślenia specjalnej izarytmny, uwzględniano ją tylko w tych wypadkach, gdy występowanie takiej wysepki nadgrzanej względnie nadziębionej wydawało się prawdopodobne. Oczywiście brakło tu pewnego kryterium, przeto do umieszczonych na mapie drobnych wyseppek nie należy przywiązywać większej wagi. Niekiedy trzeba było opuszczać takie wysepki, gdyż były związane z pojedynczym wzniesieniem (szczytem), a więc przestrzennie znikome.

Zestawienie mapy izanomali z mapą rozmieszczenia miejscowości pozwoli ocenić stopień dowolności w przeprowadzaniu izarytm. Izarytma  $0^\circ$  czyli tak zwana normala ma tendencję trzymania się brzegów, gdzie równoważą się kontrastowe wpływy oceanów i kontynentów. Podkreśla już tę tendencję Precht (l. c.). W wyższych szerokościach półkuli północnej normala dzieli kontynenty Eurazji i Ameryki Północnej na połać pn.-wsch. nadziębną i pd.-zach. przegrzaną. Pas równikowy, jak to już wiemy, nie ma tendencji do większych odchyień. Łądy w niższych szerokościach są z reguły przegrzane, oceany w związku z przebiegiem prądów wykazują podział na dwie części o odmiennych anomaliach. Charakterystyczne są różnice nasilenia anomalii ujemnych, związane z prądami półkuli południowej. W jakiej mierze są one uwarunkowane fragmentarycznością materiału obserwacyjnego, a w jakiej rzeczywistymi różnicami, trudno określić. W każdym razie wyraźnie narzuca się fakt zależności tego nasilenia od rozdziału wód równikowych pomiędzy półkulę północną i południową. Najgłębsza anomalia prądu Benguelskiego występuje na Atlantyku, gdzie półkula południowa otrzymuje tylko około  $\frac{1}{4}$  wód równikowych<sup>13)</sup>. Najsłabsza anomalia prądu Zachodnio - Australijskiego

<sup>13)</sup> Natężenie anomalii ujemnej silniejsze na wybrzeżu pd.-zach. Afryki niż na zachodnim wybrzeżu Ameryki Południowej stanowić może pewną niespodziankę. Anomalię tę odtworzono na podstawie danych Swakopmund, Port Noloth i Św. Heleny. Niską wartość danych rosyjskich dla Swakopmund i Port Noloth potwierdzają liczby przytaczane w Handbuch der Geogr. Wissenschaft (wyd. Fr. Klute).

Anomalia na wybrzeżu Ameryki Pd. sięga znacznie dalej na północ, ale wyraża się niższymi wartościami.

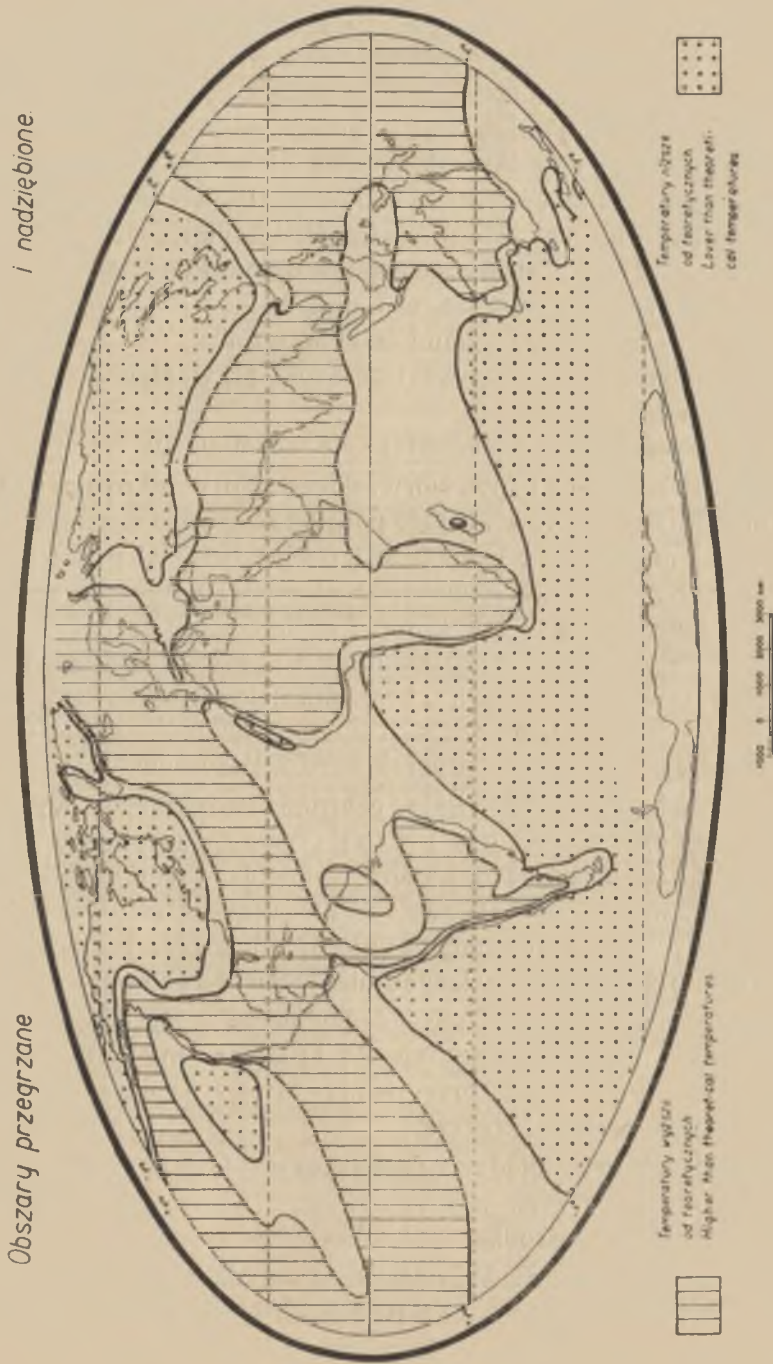
zdaje się pozostawać w związku z przeciwnym zjawiskiem, uwarunkowanym redukcją północnej połaci oceanu Indyjskiego. Lekko przegrzany jest zachodni i środkowy Pacyfik, największe kontrasty termiczne wykazuje Atlantyk, którego pozytywna anomalia wzdłuż prądu Zatokowego osiąga przy brzegach północnej Norwegii rekord uprzywilejowania termicznego (ponad  $8^{\circ}$ ). Skrajną wartość negatywną osiąga pas przebiegający południkowo przez wschodnią Azję, który na pograniczu strefy umiarkowanej i polarnej przekracza  $-10^{\circ}$ . Wśród lądów Azja jest terenem najsilniej skontrastowanych anomalii, niemniej największe gradienty występują gdzieindziej. Widzimy je na zachodnich wybrzeżach Ameryk, zwłaszcza Południowej, zachodnim wybrzeżu południowej Afryki, wschodnich wybrzeżach Grenlandii. Związane są na ogół z okolicami, gdzie zimne prądy opływają wysokie brzegi i wskutek zapory wpływ ich ograniczony jest do wąziutkiego pasa przybrzeżnego. W wypadku Grenlandii sprawa nie jest zupełnie jasna, bowiem przy znikomej ilości danych nie można rozstrzygnąć, czy negatywna anomalia Scoresbysund jest zjawiskiem czysto lokalnym, czy też, jak to zaznaczono na mapie, posiada łączność z negatywną wyspą powierzchni lądolodu<sup>14</sup>). Dla wnętrza Grenlandii rozporządzamy tylko danymi z krótkotrwałych obserwacji w Eismitte i Kraju Luizy, na podstawie których szacowano średnią roczną.

Drobne wysepki negatywnych i pozytywnych anomalii, oparte na danych z pojedynczych stacji, nie dają, jak już wspomniano, dostatecznej rękojmi odzwierciedlenia rzeczywistych stosunków. Brać je pod uwagę należałoby tylko wówczas, gdy w układzie przejawiają pewną wyraźną tendencję, jak np. w przegrzanych kotlinach Kordylierów.

Aby przezwyciężyć jednostronność obrazu, wynikającą z doboru izarytm, sporządzono drugą mapę o izarytmach liczb nieparzystych. Zamiast normalii, czyli linii o odchyleniu  $0^{\circ}$ , mamy tu pas zawarty między izarytmą  $1^{\circ}$  i  $-1^{\circ}$ , uwidoczniony na ryc. 4. Możemy go określić jako przybliżony obszar temperatur normalnych. Będzie to o tyle bardziej uzasadnione, że zarówno nieścisłości w materiale meteorologicznym, jak i przybliżone jedynie dane, na których oparto wzór, nie pozwalają na bardzo dokładną lokalizację wartości normalnych. Zestawienie obydwóch map umożliwi wszechstronniejszą ocenę rozkładu odchyleń. Charakterystyczne jest rozszerzanie się pasa „normalnych” na wszystkich oceanach, a zwięźanie się na lądach. Możemy dzięki temu scharakteryzować

<sup>14</sup>) Zdaniem Prof. A. Kosiby negatywna anomalia Scoresbysund wiąże się z negatywną anomalią lądolodu, sama zaś jest uwarunkowana ogromną produkcją gór lodowych, wpływających z okolicznych fiordów, oraz tłokiem lodów arktycznych, dochodzących aż do tej szerokości zwartą masą.





jego przebieg na lądach identycznie, jak to uczyniliśmy poprzednio z przebiegiem izarytmu  $0^\circ$ . Czy wspomniane rozszerzanie się na oceanach jest obrazem rzeczywistej sytuacji, spowodowanej przez bardziej jednostajną temperaturę mieszających się wód? Czy może raczej wynika z niedostatecznej ilości danych? Trudno dać na to odpowiedź.

Nasuwa się z kolei konieczność porównania omawianych map z dawniejszymi mapami izanomal. Wzięto pod uwagę następujące mapy <sup>15)</sup>:

1. Spitalera z r. 1887 z odstępami izarytm co  $2^\circ$ ,
2. Hopfnera z r. 1906 z odstępami izarytm co  $2^\circ$ ,
3. Köppena, umieszczoną w Lehrbuch der Meteorologie Hanna-Süringa (1915), z odstępami izarytm co  $4^\circ$ ,
4. Schotta dla Atlantyku i terenów przyległych, z odstępami co  $2,5^\circ$ .

Wyniki zestawienia przedstawiają się następująco:

**Europa.** Przegrzanie morza Norweskiego i Norwegii osiąga u wszystkich wymienionych autorów wartość ponad  $12^\circ$ , a więc znacznie wyższą, niż na naszej mapie. Cała Europa jest u nich bardziej przegrzana, np. izarytma  $4^\circ$  Spitalera odpowiada w swoim przebiegu naszej izarytmie  $2^\circ$ , a jego izarytma  $2^\circ$  w Europie wschodniej ma zbliżony przebieg do naszej  $0^\circ$ . Różnice z innymi autorami są jeszcze większe, u Köppena, Hopfnera i Schotta normalę  $0^\circ$  spotykamy dopiero na Syberii. Wartości na morzu Śródziemnym są na ogół podobne (u Köppena wyższe), ale o dość różnorodnym rozmieszczeniu.

**Azja.** Wschodnio-syberyjskie centrum nadziębienia wyraża się u Spitalera, Köppena i Hopfnera izarytmą  $8^\circ$ , podczas gdy Precht w opisie swojej mapy wymienia wartość  $-13^\circ$ . Irański obszar przegrzania na ogół słabszy, niż na naszej mapie, wskutek czego gradient azjatycki u wymienionych autorów mniejszy. Precht wspomina u siebie o gradiencie wyższym, niż u Spitalera.

**Afryka.** Jaskrawych różnic między mapami nie ma. Największą zgodność mapa nasza wykazuje ze Spitalerem. U Hopfnera słabszy północny ośrodek przegrzania, u Köppena południowy. Precht podaje wartości wyższe.

**Australia.** Różnice między autorami spore. U Spitalera i Köppena centrum przegrzania znajduje się na SE kontynentu, Hopfner w ogóle nie wyróżnia ośrodka.

**Ameryka Południowa.** Wartościami i układem izarytm mapa nasza odbiega znacznie od innych. U Spitalera, Hopfnera i Köp-

<sup>15)</sup> Innych nie udało się uzyskać.

pena izanomale wyginają się na kontynencie południowo-amerykańskim w półwysp ciepła skierowany ku północy tak, że wartości najwyższe występują na południu. Najpodobniejszy do naszej mapy obraz znajdujemy u Schotta, u którego zaznaczono pozytywny ośrodek boliwijski oraz silniejszy niż u innych autorów nadbrzeżny gradient.

**Ameryka Północna.** Wartości u Hopfnera zgadzają się z naszymi. U Spitalera NE ośrodek zimna oznaczony jest tymi samymi izarytmami, co ośrodek kalifornijski, zaś przegrzanie wód u wybrzeży Alaski występuje silniej od przegrzania kotlin zachodnich. Pas ciepła, łączący ośrodek kotlin zachodnich ze szlakiem Golsztromu, wypadł na naszej mapie najbardziej zwarty i wyrażony jest najwyższymi wartościami. Jedynie u Schotta wiąże się on z pasem przegrzania południowo-amerykańskiego, u pozostałych autorów jest od niego oddzielony równoleżnikowym pasem wartości negatywnych, przebiegających od Ameryki Środkowej do centrum kanaryjskiego. U Prechta, podobnie jak u Schotta i na naszej mapie, Ameryka Środkowa wypada przegrzana, zaś centrum zatoki Hudsonskiej wyraża się wartością  $-12^{\circ}$ .

Grenlandia u Spitalera, Köppena i Hopfnera posiada prawie cała wartości pozytywne. Precht podaje dla niej liczby: od  $+4^{\circ}$  na wschodzie do  $-14^{\circ}$  (jego biegun zimna). U Schotta centrum posiada wartości poniżej  $0^{\circ}$ , zaś układ izarytm jest uderzająco podobny, jak na naszej mapie.

Obraz izanomali na oceanach o tyle mniej można brać pod uwagę, że u wszystkich autorów oparty jest na znikomej ilości danych. U Spitalera i Hopfnera negatywny ośrodek kalifornijski jest silniejszy od kanaryjskiego. U Spitalera i Schotta występuje zgodność z naszą mapą, jeśli chodzi o zimne ośrodki półkuli południowej: najsilniejszy jest benguelski, najslabszy u Spitalera australijski. Różnica ze Spitalerem, jak i Hopfnerem zaznacza się w tym, że u obydwóch północny Pacyfik jest na ogół chłodniejszy od południowego. U Köppena obie części mają stosunki podobne. Na oceanie Indyjskim nasza mapa wykazuje największy gradient pomiędzy chłodną częścią południową i ciepłą północną.

Jak widać z zestawienia, z żadną z omawianych map nasza mapa nie wykazuje szczególniejszej zgodności czy niezgodności. Jest ze wszystkich najbardziej urozmaicona. Gdziekolwiek zachodzą między nią a którąś z dawniejszych uderzające podobieństwa w szczegółach, których wyliczać niepodobna. W szeregu wypadków różnice pokrywają się z różnicami opisywanymi przez Prechta, tu i ówdzie przedstawia ona, o ile można wnioskować, obraz pośredni pomiędzy mapą jego i mapami innych autorów.

W najbardziej zgeneralizowanym ujęciu porównanie wartości (nie układu) na poszczególnych mapach daje wynik następujący:

- a) W okolicach równika różnice minimalne.
- b) Na półkuli południowej różnice niezbyt wielkie, w okolicy Zwrotnika Koziorożca przegrzanie zaakcentowane silniej na naszej mapie.
- c) Na półkuli północnej, w niższych szerokościach (do ca  $45^\circ$ ) na naszej mapie większe przegrzanie, w wyższych szerokościach większe nadziębienie.

Wynik ten był poniekąd do przewidzenia. Wiąże się on bowiem z omawianymi poprzednio różnicami wartości przeciętnych i wartości teoretycznych temperatury równoleżników. Tu znajdujemy również wytłumaczenie dużej zgodności z opisem P r e c h t a.

Pod względem układu izarytm wszystkie wymienione mapy wykazują tu i ówdzie spore rozbieżności. Wynika to zapewne nie tylko z różnic materiału, ale i ze znacznego stopnia dowolności, związanej z kreśleniem bądź to samych izanomal, bądź też (przy metodzie D o v e g o) ich podstawy — izoterm. Podobieństwo układu mapy naszej i mapy S c h o t t a (niestety tylko fragment globu) wpływa prawdopodobnie z oparcia się na podobnym, nowszym i bogatszym materiale.

W niezadawalającym ani ilościowo ani jakościowo materiale obserwacyjnym tkwi, jak już zaznaczono, przyczyna, z racji której nie jest jeszcze możliwe opracowanie naprawdę dokładnego obrazu termicznych stosunków globu. Przy ocenianiu metody obliczania anomalii musimy właśnie brać pod uwagę problem luk i nieścisłości danych meteorologicznych.

Jako zasadniczą cechę opisanej metody podkreślić należy jej wielką prostotę, której brakło metodom dawniejszym. Czy tej prostoty nie należałoby raczej nazwać prymitywizmem? Być może, ale czyż nie jest prymitywną metoda redukcji temperatury do poziomu morza, bez której nie byłoby map izoterm?

Uzyskujemy tu pełną niezależność od map izoterm, pomijamy je bowiem całkowicie, opierając się bezpośrednio na materiale cyfrowym. Uniezależniamy się również od luk tego materiału, deformujących z konieczności każdą anomalię, wyliczoną na podstawie średniej temperatury równoleżnika. Unikamy zniekształceń, wynikających z faktu, że przewaga anomalii tego samego znaku w pewnej szerokości obciąża anomalnością temperaturę średnią całego równoleżnika. Dzięki łatwości obliczeń odnosimy każdą obserwację do szerokości jej stacji, nie ograniczając się do kilkunastu równoleżników, jak to ma miejsce zarówno w metodzie

Dovego, jak i w metodzie Prechta. W miarę uzyskiwania nowych danych wprowadzamy tylko lokalne uzupełnienia, nie jesteśmy zaś zmuszeni do rekonstrukcji całości, co czynić muszą zwolennicy obliczania średniej temperatury równoleżników.

O ile nawet liczba  $50^{\circ}$  (rozpiętość temperatur teoretycznych bieguna i równika) — „kamień węgielny“ naszego wzoru, — okazałaby się niewłaściwie dobrana, będzie można ją odpowiednio zmniejszyć lub powiększyć. Nie wpłynie to na zmianę samej metody.

Oczywistą jest rzeczą, że proponowana reforma obliczania anomalii termicznych ograniczyć się musi jedynie do wartości rocznych, podczas gdy dotychczas stosowane metody pozwalały obliczać również anomalie miesięczne. Wartości roczne jednak, jako ogólny bilans termiczny ziemi, są tak zasadnicze dla klimatologii, że zasługują chyba na poświęcenie im odrębnej metody, choćby tylko równouprawnionej z innymi.

Szczególne usługi oddać może nowa metoda dla szybkiej i łatwej konstrukcji izanomal mniejszych obszarów (państw, krain geograficznych). Przy obfitym materiale obserwacyjnym możemy zagęszczać dowolnie izanomale, a traktując dany teren niezależnie od reszty świata, uzyskać wartościowe przyczynki do klimatologii regionalnej.

#### LITERATURA I ŹRÓDŁA

1. Alisow B., Izwiewkow B., Prokowskaja T., Rubinstein E. — Kurs klimatologii. Moskwa 1940.
2. Bartholomew J. — The Oxford advanced Atlas. 1942.
3. Batchelder S. F. — A new series of isanomalous temperature charts, based on Buchan isothermal charts. Amer. Met. Journ. 1894.
4. Batchelder S. F. — Isanomalous temperature charts in the Amer. Meteor. Journal. Boston 1893/4
5. Defant und Obst. — Lufthülle und Klima. Enzyklopädie der Erdkunde, Leipzig und Wien 1923.
6. Dove — Die Verbreitung der Wärme auf der Oberfläche der Erde, 1852.
8. Georgi W. — Die Lufthülle. Supan—Obst. Grüdzüge der physischen Erdkunde, Bd. I. 1934.
8. Goodall—Darby — The University Atlas. London 1945.
9. Gorczyński W. — Comparison of climate of the U. S. and Europe. N. York 1945.
10. Gorczyński Wł. — Nowe izotermy Polski, Europy i kuli ziemskiej. Warszawa 1918.
11. Handbuch der geogr. Wissenschaft, herausgeg. von Fr. Klute. Potsdam.
12. Hann J. — Handbuch der Klimatologie. Stuttgart 1883.
13. J. w. Bd. III. 1911.
14. Hann—Süring — Lehrbuch der Meteorologie. Leipzig 1915.

15. Hopfner F. — Die thermischen Anomalien auf der Erdoberfläche. *Pet. Mitt.* 1906.
16. Kendrew W. — *The climates of the Continents.* Oxford 1947.
17. Kosiba A. — *Grenlandia.* Lwów—Warszawa 1937.
18. Kosiba A. — *Klimat ziem śląskich.* Wrocław 1948.
19. Krümmel — *Handbuch der Ozeanographie.* Stuttgart 1907.
20. Liznar J. — Mitteltemperaturen der Breitenkreise und mittlere Temperature einer Land-bzw. Wasserhemisphäre sowie der ganzen Erde. *Met. Zeitschr.* 1911.
21. Müller A. — *Climatology.* London 1947.
22. Mirowoj agro-klimaticzeskij sprawocznik. Leningrad 1937
23. Mohn H. — *Grundzüge der Meteorologie.* Berlin 1898.
24. Pietkiewicz S. — *Klimaty kuli ziemskiej.* Warszawa 1946.
25. Precht W. — *Neue Normaltemperaturen.* *Met. Zeitschr.* 1894.
26. Romer E. — *Rozmyślenia nad klimatem.* *Czasopismo Geogr.* 1946.
27. Romer E. — *Pogląd na klimat Polski.* *Czasopismo Geogr.* 1938.
28. Romer E. — *Powszechny Atlas Geograficzny.* Lwów—Warszawa 1934.
29. Romer E. — *Studia nad rozkładem ciepła na kuli ziemskiej.* *Kosmos* 1892.
30. Schott G. — *Geographie des Atlantischen Ozeans.* Hamburg 1944.
31. Sella E. — *Über atmosphärische Isanomalien der Temperatur.* *Met. Zeitschr.* 1896.
32. Spitaler R. — *Über die Temperaturanomalien auf der Erdoberfläche.* *Pet. Mitt.* 1887.
33. Staikoff St. D. — *Geogr. Breite gleicher Temperatur einer Wasser — und Landhemisphäre.* *Met. Zeitschr.* 1912.
34. *Świat w cyfrach.* Lwów 1938.
35. Teisserenc de Bort — *Étude sur la distribution relative des temperatures et des pressions moyennes.* *Annales du Bureau Centr. Met. T. I.* Paris 1879.
36. Teisserenc de Bort L. — *Gesetz der Isanomalien.* *Met. Zeitschr.* 1880.
37. Wild H. — *Beziehungen zwischen Isobaren und Isanomalien.* *Met. Zeitschr.* 1882.
38. Wild H. — *Temperaturverhältnisse des Russ. Reiches.* Petersburg 1880.
39. *World Weather Records. Vol. 79.* By H. Clayton. Smits. Inst. Washington 1944.
40. *World Weather Records. Vol. 90. 1921--1930.* By H. Clayton. Smits. Inst. Washington 1944.
41. *World Weather Records. Vol. 105. 1931--1940.* By H. Clayton. Smits. Inst. Washington 1947.

## SUMMARY

### Annual isanomalous lines of the temperature

The method of calculation of the thermal anomalies introduced by Dove, remained almost unchanged.

It has following inconveniences:

1. The average temperature for the parallels of latitude is calculated from temperatures determined for points of intersection of parallels and meridians in intervals of  $10^{\circ}$  or  $5^{\circ}$ . Hence the base of

- calculation are points irregularly distributed: this is most prominent for latitudes for which observations were less numerous.
2. Most of the mentioned points of intersection occur over the oceans. The values obtained for these points may be encumbered with large failures, as well on account of the lacks in observations as owing to the method of interpolation. These failures influence the value of the calculated average temperature for the parallel of latitude, hence they deform all the anomalies in the given latitude. The probability of erroneous estimation of temperatures concerns after all not only the ocean areas, but also considerable continental spaces.
  3. The average temperatures are calculated only for certain parallels of latitude, the anomalies cannot be therefore reckoned for points, lying between these parallels directly from meteorological data. Anomalies are obtained just by means of maps of isotherms.
  4. We do not consider as right the calculation of an anomaly from the average temperature of the parallel, because this temperature, improperly called normal, is already encumbered with an anomaly. The illustration of this anomaly may be the diagram of differences of average temperatures, occurring on  $10^\circ$  of latitude, calculated from data given by G o r c z y ń s k i in 1943 (figure 1).

We find in literature essays of deducing anomalies from the theoretical temperature, calculated for the individual parallels of latitude. These essays however were not taken in account because the method was excessively primitive (S e l l a) or because the mathematical formula was too complicated (P r e c h t).

This paper presents an essay of finding a method which would allow to calculate the anomalies in an easy and simple manner, as independent as possible from lacks of observation material and maps of isotherms and basing directly upon numerical dates. The fundamental fact is here the calculation of the theoretical temperature of the parallel of latitude, that is of such a temperature which would appear in the given latitude after the elimination of local influences.

We know that the amount of heat provided by the sun diminishes in proportion to the sinus of the falling angle of rays that is to  $\cos \varphi$  (by equinoctial light). If we place on the ordinates the degrees of temperature, on the abscisses the  $\cos \varphi$  and determining in such a diagram the annual temperatures of localities, completely purified from influences of local agents, they will arrange themselves upon one straight line. It would be exactly the line of theoretical temperatures. Would it intersect with the

x-and y-line in the beginning of the diagram, the proportion of the corresponding segment of the y-line to the corresponding segment of the x-line would be for all localities of the same value.

In order to state the course of the line of theoretical temperatures, we must determine two points through which it passes, it means we must assume definite temperatures for two definite geographical latitudes. The line of theoretical temperatures passes across the beginning of the system and at the beginning of the x-axis we have  $\cos 0^\circ (= 90^\circ)$  hence the beginning of the y-axis must correspond to the theoretical temperature of the Pole. We assumed here the value of  $24^\circ$  as a mean of the estimated temperatures of the North Pole ( $-22,7^\circ \text{C}$ ) and the South Pole ( $-25,0^\circ \text{C}$ ), rounded to whole degrees.

The right assuming of the above number is supported by following considerations:

- a) since the conditions on the Poles are extremely different, the theoretical temperature must have intermediate value.
- b) the empirically determined line of dissemination of all known annual temperatures, placed in a system of coordinates, intersects the y-axis in the environment of the point, corresponding to this number.
- c) the probability of error varies here in small limits and the eventual error bring about only minimal deformations of further calculations.

As the segment of the x-axis cannot be expressed by a negative number, hence we move the conventional limit  $0^\circ$  to the beginning of the system, determining by this limit the temperature of the Pole, and we add to all other temperatures also the number  $24^\circ$ .

As the second point, determining the line of theoretical temperatures we take the theoretical temperature of the Equator. Since the differences in temperatures between various localities on the Equator are smaller, than in any other latitude and most of the data vary from  $26^\circ$  to  $27^\circ$ , we assume roundly  $26^\circ$ . The equity of the supposition, that empirical data of environments of the Equator do not show any considerable anomaly, is also supported by the fact, that quantitative ratio of continent and sea is in this latitude similar to the average on the whole earth.

If we want to calculate the anomaly of whatever locality, we count at first the theoretical temperature of its parallel of latitude from the formula:  $\frac{t_\varphi}{\cos \varphi} = \text{tg } \alpha$  or:  $t_\varphi = \text{tg } \alpha \cdot \cos \varphi$  in which  $\alpha$  means the angle of intersection of the theoretical temperature line with the x-axis.



$Tg \alpha$  is for all latitudes the same as for the latitude  $0^\circ$ , and since  $\cos 0^\circ = 1$ ,  $tg \alpha$  is equal to the theoretical temperature of the Equator, which is  $50^\circ$  ( $26^\circ + 24^\circ$ ). We multiply  $50^\circ$  by  $\cos \varphi$  of the given locality, we subtract  $24^\circ$  from the product and obtain the theoretical temperature of the parallel of latitude, which we subtract from the annual temperature of the locality in order to calculate the anomaly.

As to the number  $50^\circ$ , appearing in every calculation, we must admit that it is somewhat freely chosen. If we take the temperature of the Equator and Pole one degree higher out lower than the accepted, differences in values of the obtained anomalies will not exceed in extreme cases  $1^\circ$ . We must consider the possibility of such a deformation in estimating the accuracy in the course of isanomalies.

On page 396 we may compare the temperatures for parallels of latitude according to different authors. In the first ten rows appear the average temperatures, in the three last — theoretical temperatures. As we see, during many years the calculations of averages gave still other results. This is connected with the quantity and quality of observations, on which the isotherm-maps were based. We may admit that supplements in observations on sea, deserts and polar regions will influence in future still more the values of the averages. Non the less the average temperatures and especially those recently determined agree generally better with each other than with the theoretical temperatures. In the theoretical temperatures there are no differences in values for the two hemispheres. These differences result from geographical conditions and have therefore an anomaly of their own accord.

In order to analyse the differences between the average and theoretical temperatures we take in account one of the rows of the average temperatures e. g. as the recent ones - the data of G o r c z y ń s k i from 1943. The diagram on fig. 2 illustrating the differences in individual latitudes, (data every  $5^\circ$ ), allows to formulate the following statements:

1. In most cases (64,8%) the theoretical temperatures are higher. They do not consider the atmospherical absorbtion, increasing with the latitude. It seems to be right that the oscillations of this agent are omitted in the calculations, because the intensity of absorbtion depends in a high degree on the proprieties of atmosphere, differentiated in space (local agent).
2. The great difference in the N and S hemispheres seems to demonstrate, that the increasing of absorbtion as function of  $\varphi$  is a rather feeble agent (lack of symmetry).

3. The regularity of the curve for the S hemisphere in comparison with that for N hemisphere is the result of a more uniform environment.
4. The small difference in the neighbourhood of the Equator results from assuming the approximative real temperature of the Equator in the formula for theoretical temperatures.
5. The lower values of theoretical temperatures up to  $35^{\circ}$  of latitude N result from the warming influence of continents in lower latitudes (the small cloudiness does not weaken enough the insolation, heat does not escape with water currents as on sea, and descending air currents are adiabatically heated which partly compensates heat-escape to other latitudes).
6. The northward increasing surplus of theoretical temperatures from  $40^{\circ}$  to  $70^{\circ}$  northern latitude are explained not only by improved atmospherical absorption but also by the cooling influence of the continent (no supply of warm water).
7. The swelling of the curve on  $50^{\circ}$ — $55^{\circ}$  northern latitude signalizes the existence of negative anomaly in this latitude. It is caused probably a) by the near maximum of continent percent, b) near maximum of cloudiness which means absorption or perhaps other agents.
8. The lower values of theoretical temperatures in the neighbourhood of the North-Pole is explained by the water environment, which increases the temperature by warm currents.
9. On the southern hemisphere one observes the influences: a) of increasing absorption, b) small percent of continents, c) cooler waters (lack of isolation of the polar waters and smaller amount of waters with warm currents), d) of the Antarctic ice mass, strongly lowering the temperature by using the melting heat (from  $80^{\circ}$  passing completely through the glaciated area one observes the decreasing of differences).
10. The inward bending of the curve on  $50^{\circ}$  southern latitude gives a hint to the existence of some positive anomaly on parallel latitude. Because of the appearance of exclusively cold currents on this latitude the matter is however not quite plain.

As we see from the above analysis, the general differences between the mean and theoretical temperatures may be deduced—at least qualitatively to the thermal anomalies, weighing over individual parallels of latitude and expressed in the „anomalous“ mean temperatures. So more interesting is the analysis of the map of isanomalous lines, based upon theoretical temperatures and its comparison with the map of other authors.

The distribution of localities, the annual temperatures of which were considered, are presented on fig. 3.

The data were taken from the sources mentioned on page 400.

There are great lacks in the material, as well in quantitative as qualitative aspect. Its not uniform, as well concerning the length of observation-time, as the method of calculation of means. Considering these lacks every climatologic graphical illustration is rather an essay than a precise picture. The material was reduced to the sea-level and  $0,5^{\circ}$  of difference for every 100 m was assumed.

The obtained map was compared with maps of isanomalous lines of Spitaler, Hopfner, Köppen, Schott (Atlantic Ocean and surrounding continents) and with the description of the unprinted map of Precht, also based upon theoretical temperatures. Our map does not show any particular conformity or unconformity with any of the mentioned maps. From all these maps our map is the most diversified. We may conclude after the description of Precht, that our map shows an intermediate picture between his map and the maps of other authors, especially Schott. The comparison of the corresponding numeral values leads in a most general point of view to following conclusions:

- a) In the neighbourhood of the Equator the differences are minimal.
- b) On the southern hemisphere the differences are rather small. Near the tropic of Capricorn the overheat is stronger accentuated on our map.
- c) On the northern hemisphere stronger overheat appears in lower latitudes, whereas in higher latitudes stronger overcoolness.

These results could be forseen as connected with the presented before differences between mean values and theoretical values of latitude temperatures. We find here also an explanation of our conformity with Precht.

Considering the course of isarhythms we may state that all the mentioned maps show here and there remarkable divergences. It results probably not only from differences in material, but also from the large degree of free choice, connected with tracing either the isanomalous lines alone or (in the method of Dove) their basis — isotherms. The analogy of our map and the map of Schott (unfortunately only a fragment of the globe) results probably from basing upon a similar more recent and richer material.

As we have mentioned before, it is not possible to give at present a detailed picture of thermal conditions of the globe, because of the unsatisfactory observation material as well in quantitative as in qualitative aspect. In appreciating the method of calculation of anomalies we must just consider the problem of lacks and unexactness of meteorological data.

Applying the described method we obtain a complete independence from the map of isotherms, we omit it totally, basing directly upon numeral material. We are also independent from lacks in the material, deforming necessarily every anomaly, calculated from the mean temperature of the parallel. We avoid deformations, resulting from the fact, that the preponderance of anomalies of the same sign in any latitude encumbers with an anomaly the mean temperature of the whole parallel of latitude. Thanks to the easy method of calculation we refer every observation to the latitude of its station, not restraining to several parallels of latitude as happens in the method of Dove and also in that of Precht. In obtaining new data we introduce only local supplies, we are not compelled to reconstruct the whole which must be done by the adherents of calculation of mean temperatures for parallels of latitude.

Even if the number  $50^{\circ}$  (divergence of theoretical temperatures of the Pole and Equator), the „corner stone“ of our formula, would appear to be improperly chosen, it can be adequately reduced or increased, it will not change our method.

It is evident that the proposed reform of calculation of thermal anomalies must be limited only to annual values, whereas those applied till now allowed also to reckon the monthly anomalies. The annual values however as the total thermal balance of the earth are so fundamental for the climatology that they are worth a separate method, at least having equal rights with the others.

This method could be especially useful for quick and easy construction of isanomalous lines of smaller areas (states, geographical provinces). When we dispose of a rich observation material, we may freely condense the isanomalous lines and treating the given areas independently from the rest of the world, we may obtain valuable contributions to regional climatology.

*Institute of Geography,  
University M. Curie - Skłodowska. Lublin.*

ANIELA CHALUBINSKA

# ROCZNE IZANOMALE TEMPERATURY

ANNUAL ISANOMALOUS LINES OF TEMPERATURE

1:80000000

