

Witold Lenart

WYNIKI BADAŃ KSZTAŁTU SKLEPIENIA FIZJOLOGICZNEGO METODAMI FOTOGRAFICZNYMI

Niniejszy przyczynek jest kolejnym etapem pracy zmierzającej do poznania rzeczywistych błędów wizualnej oceny stopnia zachmurzenia. Dotychczas udało się stwierdzić dobowy bieg tych błędów, najprawdopodobniej związany z istnieniem i zmiennością wymienionego w tytule sklepienia fizjologicznego [5]. Kontynuacja przyjętej w cytowanej pracy metody porównywania rzeczywistego stopnia zachmurzenia na sklepieniu fizycznym do ocenianego wizualnie mogłaby na drodze czysto statystycznej doprowadzić do wyznaczenia przeciętnych poprawek stopnia zachmurzenia, różnych dla poszczególnych terminów obserwacyjnych i prawdopodobnie zmiennych w przebiegu rocznym.

Wydaje się, że bardzo prawdopodobna zależność błędów oceny zachmurzenia od kształtu sklepienia fizjologicznego pozwala na obranie trudniejszej, ale fizycznie umotywowanej drogi, polegającej na szczegółowym rozpoznaniu zjawiska, a następnie, poprzez zastosowanie fizycznych modeli rozkładu chmur na niebie, dojściu do wymienionych wyżej poprawek. Droga ta pomija inne przyczyny błędów stopnia zachmurzenia, ale jest to raczej jej zaletą niż wadą. Wszystkie inne błędy mają bowiem charakter przypadkowy i mogą być usuwane lub ograniczane poprzez podwyższanie kwalifikacji obserwatorów.

Wyjaśnienia wymaga ostateczny cel podjętej pracy. Gdzie indziej postulowano [3, 5] ograniczenie obecnie stosowanej miary zachmurzenia i przyjęcie miar analogicznych do stosowanych w innych gałęziach klimatologii poprzez przejście do prostopadłego rzutowania chmur na powierzchnię ziemi. Stopień zachmurzenia oceniany z punktu znajdującego się na ziemi jest jednak nadal niezbędny do pomiarów i opracowań aktynometrycznych, oświetlenia i usłonecznienia. Dopóki sieć tych pomiarów nie będzie wystarczająco gęsta i wyposażona w jednocześnie funkcjonujący system fotografowania całego nieba, konieczne będzie korzystanie z wyników wizualnych obserwacji zachmurzenia. Precyzja

wspomnianych pomiarów wymaga usunięcia błędów tych obserwacji. Z drugiej strony wyznaczenie poprawek pozwoli, być może, sporządzać mapy rzeczywistego zachmurzenia, co będzie miało niewątpliwą wartość poznawczą, zwłaszcza w sytuacji, gdy podobne przedsięwzięcie podjęto już na szerszą skalę w przypadku opadu atmosferycznego.

Sklepienie fizjologiczne jest uwarunkowane psychologicznie. Ludzkie oko w drodze procesów przystosowawczych dość dobrze odbiera bodźce wizualne występujące poniżej i przed naturalnie umieszczoną sylwetką człowieka. Pozostałe kierunki, zwłaszcza zaś skierowane ponad głowę, odznaczającą się swoistymi deformacjami odległości i kątów. Najistotniejsze z naszego punktu widzenia jest zjawisko poważnego przewyższania kątów wysokości w strefie przyhoryzontalnej, i co za tym idzie, zaniżania ich koło zenitu. Człowiek widzi wobec tego sklepienie niebieskie mniej lub bardziej spłaszczone. Wystarczy w przybliżeniu odpowiedzieć na pytanie, ile wynosi pozorny stosunek dwóch odległości: od oka do horyzontu i od oka do zenitu. Większość znanych z literatury [np. 1] oraz obserwacji własnych odpowiedzi zawiera się między 2:1 i 5:1. Świadczy to o znacznym natężeniu zjawiska.

Przeciętny kształt spłaszczonego sklepienia niebieskiego, czyli sklepienia fizjologicznego, podał Koldovsky [1] (fig. 1). Pod zarysem realnie istniejącego sklepienia fizycznego, czyli czaszy kulistej, znajduje

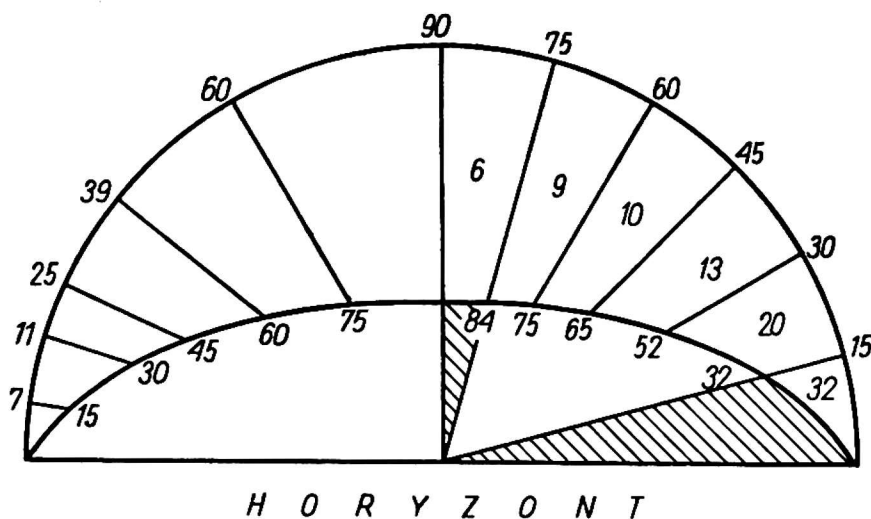


Fig. 1

się krzywizna sklepienia fizjologicznego. Po prawej stronie rysunku rzeczywistym kątom na niebie, opisanym na łuku koła, odpowiadają, błędnie oceniane przez obserwatora, kąty wynikające z wytwarzania przez zmysł wzroku sklepienia fizjologicznego. W uzupełnieniu podano pozorne rozpiętości kątowe kolejnych stref 15-stopniowych. Na lewej stronie fig. 1 przedstawiono zależność odwrotną. Równe odcinki krzy-

wizny fizjologicznej, mające pozorną szerokość kątową 15° , odpowiadają opisanym wyżej rzeczywistym kątom na sklepieniu fizycznym. Z powyższego wynika, że spłaszczenie fizjologiczne powoduje w strefie przyhoryzontalnej ponad dwukrotne zawyżenie kątów wysokości i takie samo ich zniżenie przy zenicie. Względnie prawidłową ocenę kątów obserwator prowadzi w pobliżu 45° .

Dane Koldovsky'ego nie mogą być brane pod uwagę przy dalszej analizie. Oparte są one na nielicznych ankietach i odbiegają od innych tego rodzaju ocen. Przede wszystkim sklepienie fizjologiczne nie dochodzi tak stromo do horyzontu jak pokazuje fig. 1. Pozorne zwiększenie średnic kątowych zachodzącego i wschodzącego słońca i księżyca dowodzi bardzo dużego spłaszczenia sklepienia w tym miejscu. Ponadto dane przeciętne nie pozwalają tłumaczyć dobowego i sezonowego biegu różnic zachmurzenia.

Ekstremalne wartości spłaszczenia fizjologicznego można określić miarą tzw. kąta połówkowego. Jest to kąt na sklepieniu fizycznym odpowiadający połowie łuku horyzont-zenit sklepienia fizjologicznego. U Koldovsky'ego wynosi on 25° (lewa strona fig. 1). Przy największym spłaszczeniu kąt połówkowy może obniżyć się nawet do 11° , przy najmniejszym zbliżyć się do 45° .

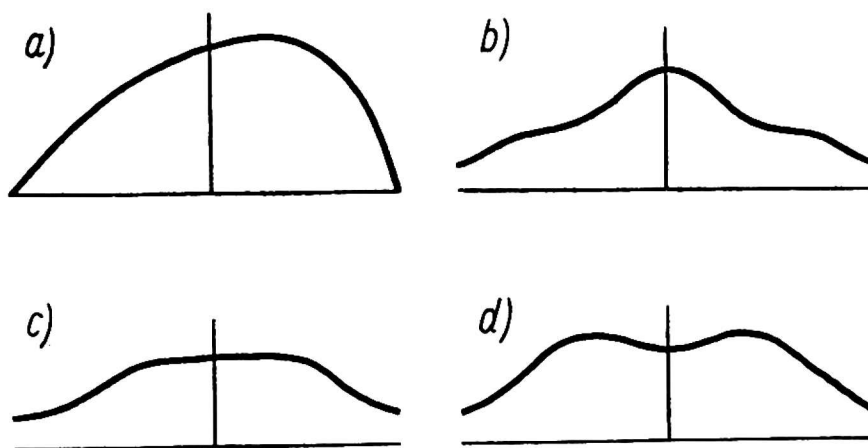


Fig. 2

Dane powyższe dotyczą obserwatora stojącego lub siedzącego oraz otwartej przestrzeni. Sklepienie nad obserwatorem leżącym ma kształt podany na fig 2a (głowa skierowana na lewo). „Stromość” sklepienia po prawej stronie jest zrozumiała w obliczu przytoczonych na początku przyczyn psychologicznych. Bardziej złożony kształt ma sklepienie fizjologiczne w pobliżu wysokich przedmiotów terenowych (maszty, kominy, domy, drzewa, góry). Generalnie biorąc, nad takimi przedmiotami sklepienie się „unoszą”. Na fig. 2b przedstawiono sklepienie nad pojedynczym wysokim przedmiotem terenowym, zaś fig. 2c i d dotyczą warunków miejskich przy odpowiednio dużym i małym zachmurzeniu.

Nieliczne przeprowadzane ankiety oraz eksperymenty optyczne wskazały także na zależność kształtu sklepienia fizjologicznego od takich warunków obserwacji jak: oświetlenie, położenie silnych źródeł światła, stopień i rodzaj zachmurzenia, widzialność i zasłonięcie horyzontu. Podejrzewa się, że na kształt tego sklepienia wpływają predyspozycje osobnicze obserwatora, na pewno zaś zmieniają go używane przy obserwacjach proste przyrządy optyczne (okulary itp.).

Stosowane dotychczas metody oceny kształtu sklepienia fizjologicznego były oparte na równoczesnym z obserwacją ankietowaniu obserwatora. Najczęściej zresztą ankietujący był jednocześnie ankietowanym. Prowadziło to do pewnych zaburzeń w psychologicznym mechanizmie tworzenia się obrazu sklepienia. Rozpoznanie zjawiska wymaga pewnej obiektywizacji z natury subiektywnych ocen obserwatorów. Uzyskano to drogą graficzną, przedstawiając do wypełnienia przy każdej obserwacji planik sklepienia niebieskiego z wykreślonymi kierunkami głównymi oraz kołami następujących wysokości nad horyzontem: $22,5^\circ$, 45° , $67,5^\circ$. Obserwator miał obowiązek nanieść na planik wszystkie chmury, a także elementy ich wewnętrznej struktury, zwłaszcza te, których wysokość nad horyzontem łatwo było określić. Jednocześnie były wykonywane zdjęcia całego nieba system „All Sky” [2, 3, 4, 5], pozwalające na precyzyjną ocenę wysokości wszystkich obiektów na sklepieniu. Tym sposobem uzyskano bogaty i jednorodny materiał porównawczy, dający możliwość opracowywania go analogicznie do innych charakterystyk klimatologicznych. Przyjęcie tej metody wymagało założenia, że chmury są obiektami leżącymi na sklepieniu fizjologicznym. Jest to zgodne z prawdą, gdyż człowiek nie rozróżnia tak dużych odległości. Zresztą chodzi tutaj właśnie o kształt sklepienia z pokrywą chmurową.

Materiał obserwacyjny pochodzi z miesięcy letnich, całodziennych terminów oraz obszaru nizinnego (dolina dolnej Biebrzy oraz okolice ujścia Skrwy do Wisły). Ogółem wykorzystano ponad 700 zestawień rysunek — zdjęcie.

Odczytanie z pojedynczego rysunku porównywanego ze zdjęciem wystarczająco dużej liczby kątów do wykreślenia kształtu sklepienia fizjologicznego zazwyczaj nie było możliwe. Ponadto pomiędzy zaznaczonymi na planikach wysokościami występują strefy mało dokładnego nanoszenia przez obserwatorów wyglądownieba. Dlatego w większej części opracowania posłużono się wspomnianą już miarą, jaką jest kąt połówkowy. Przejście do wykresu kształtu sklepienia fizjologicznego jest zresztą, nawet przy dysponowaniu dużą liczbą par kątów, dość skomplikowane i żmudne.

Zebrany materiał opracowano parokrotnie najpierw w całości, potem tworząc osobne grupy wydzielone na podstawie: wysokości słońca, stopnia i rodzaju zachmurzenia, charakteru rozkładu chmur na niebie oraz miejsca obserwacji. Porównano wyniki z pobliskich stacji obserwacyjnych w tych samych terminach, po sprawdzeniu podobieństwa warunków nefologicznych. Szereg pojedynczych przypadków analizowano indywidualnie, chcąc uzyskać pogląd na maksymalne odstępstwa od wyliczonych warunków przeciętnych.

Pamiętając o celu opracowania, zaprezentowano tylko wyniki mające istotne znaczenie dla poznania przyczyn błędów oceny stopnia zachmurzenia, pominięto zaś spostrzeżenia związane ze szczegółami wyglądu i zmienności sklepienia fizjologicznego.

Pierwszym istotnym spostrzeżeniem dokonany w trakcie analizy materiału był fakt, że wyniki pochodzące ze stacji Pogorzały wyraźnie odbiegają od pozostałych. Średni kąt połówkowy dla tej stacji wynosi 23° , gdy dla reszty stacji 28° . Powodem może być jedynie swoiste położenie uroczyska Pogorzały w centrum rozległych bagien biebrzańskich. Horyzont był tu w całości widoczny. W pobliżu stacji brakowało jakichkolwiek przedmiotów terenowych powodujących podwyższenie sklepienia fizjologicznego. Podobne, sprzyjające spłaszczeniu sklepienia fizjologicznego, warunki występują na otwartym morzu. Notowano tam niekiedy kąty połówkowe poniżej 12° . Najniższa wartość z Pogorzała to 14° .

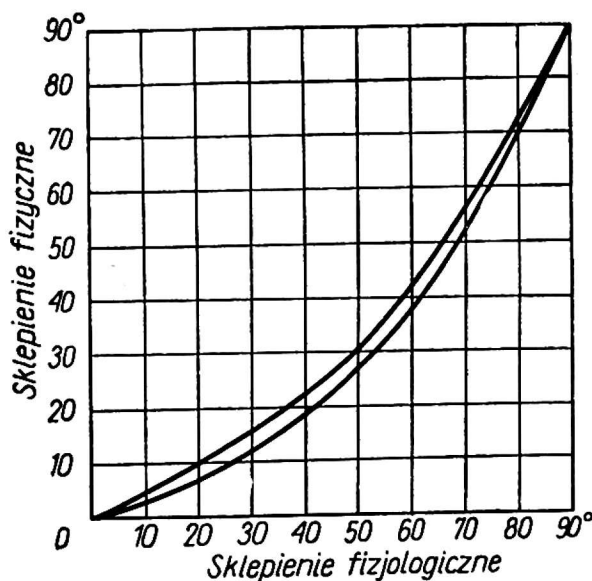


Fig. 3

Pozostałe stacje były położone w krajobrazie urozmaiconym krawędziami dolin oraz drzewami i zabudowaniami wiejskimi. Na fig. 3 umieszczono przebiegi zależności uśrednionych kątów wysokości ze sklepienia fizycznego z uśrednionymi pozornymi kątami ze sklepienia fizjolo-

gicznego. Dolna krzywa reprezentuje stację Pogorzały (150 rysunków i zdjęć), górna — pozostałe stacje. Na podstawie tych krzywych wykonano konstrukcje kształtu przeciętnego sklepienia fizjologicznego dla obu przypadków i przedstawiono je graficznie w podobny sposób jak

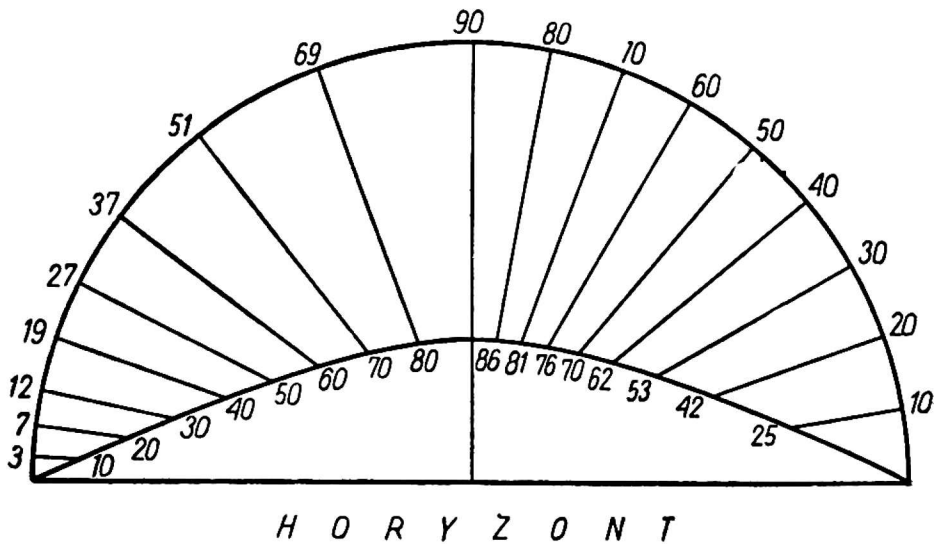


Fig. 4

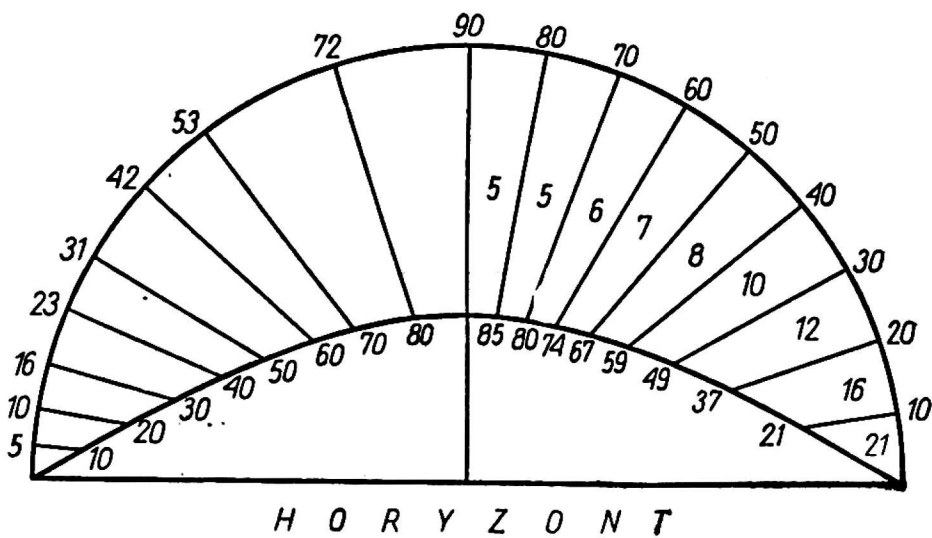


Fig. 5

na fig. 1. Średnie sklepienie fizjologiczne ze stacji Pogorzały jest wykreślone na fig. 4, zaś ze stacji pozostałych na fig. 5. Warto zauważyć, że kształt krzywej poważnie odbiega od rysunku Koldovsky'ego. Kształty obu sklepień wykazują podobieństwo do krzywizn hiperbolicznych, zaś Koldovsky sugeruje pokrewieństwo z parabolą.

Przy opracowywaniu związków kąta połówkowego z zachmurzeniem i wysokością słońca zrezygnowano z wydzielania danych z Pogorzał. Chodziło o możliwie dużą masę statystyczną. Tymczasem zarówno w przypadku zachmurzenia, jak i wysokości istnieją przedziały tych wartości o naturalnie małej frekwencji przypadków.

Związek kąta połówkowego (P) z wysokością słońca nad horyzontem przedstawia fig. 6. Podano tu wzór prostej regresji. Linia przerywana ogranicza wszystkie przypadki zbioru.

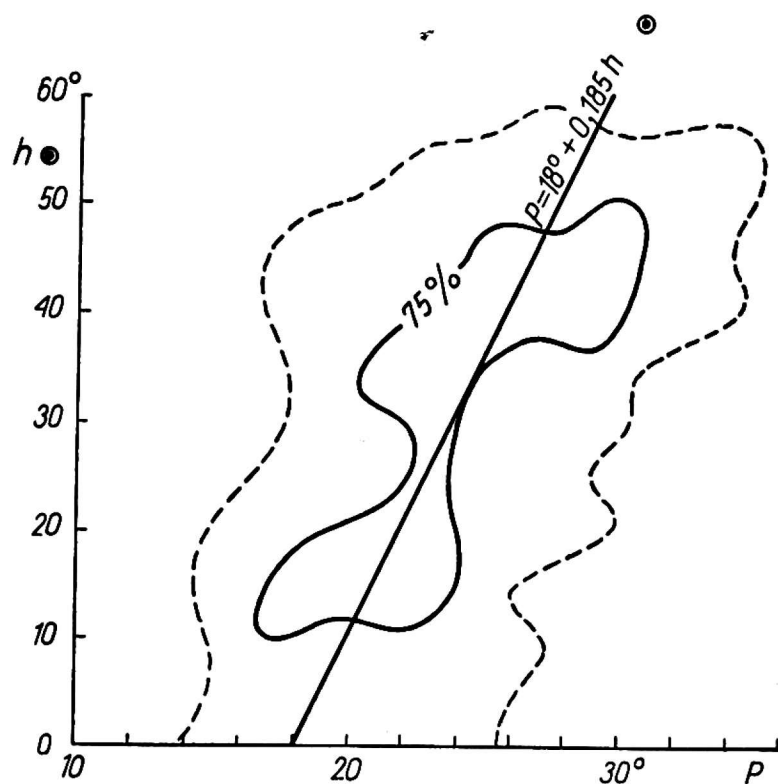


Fig. 6

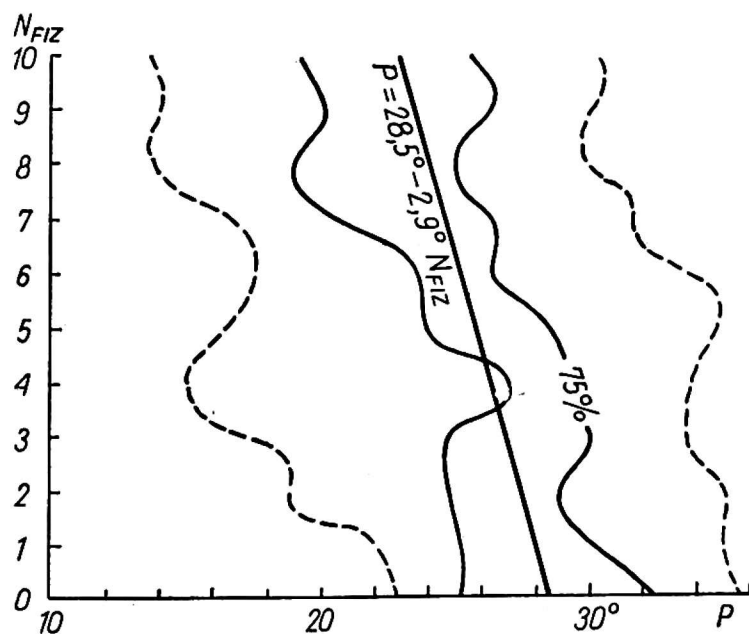


Fig. 7

Drugi, podobnej konstrukcji rysunek (fig. 7), dotyczy związku kąta połówkowego ze stopniem zachmurzenia na sklepieniu fizycznym. Tutaj

rozrzut danych jest większy, a wzrost kąta połówkowego wraz ze spadkiem zachmurzenia niewielki.

Uzyskane wyniki mogą być podstawą do sformułowania bezpośredniej zależności między warunkami wykonywania obserwacji a błędami oceny stopnia zachmurzenia. W systemie tego przejścia brakuje jeszcze jednego ważnego ogniwa, jakim jest analiza, a następnie synteza rozkładu chmur na niebie. Konieczne jest ustalenie miary charakteryzującej ten rozkład i podjęcie próby powiązania jej z kątem połówkowym. Ponieważ na obecnym materiale nie udało się wyraźnie stwierdzić za-

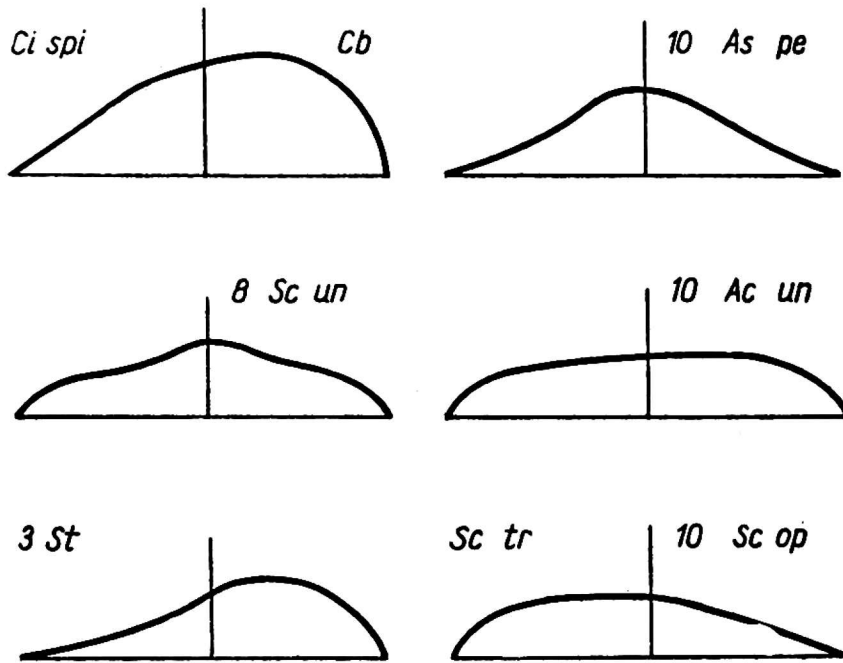


Fig. 8

leżności kształtu sklepienia fizjologicznego od rozkładu chmur na niebie, nie było możliwe ustalenie pełnego wzoru wiążącego kąt połówkowy z warunkami obserwacji. Ponadto wydaje się celowe wprowadzenie do ostatecznego wzoru współczynników odrębnych dla kilku wydzielonych grup chmur. Kształt sklepienia fizjologicznego może niekiedy poważnie odbiegać od wartości przeciętnych, jeśli na niebie zalegają takie chmury jak *Ac str*, *Sc str*, zwłaszcza z odmian *translucidus*, *perlucidus* i jednocześnie *undulatus*. Asymetrię sklepienia fizjologicznego powodują chmury *Ci* przy horyzoncie, zwłaszcza podczas zachodu słońca, pojedyncze *Cb* oraz ławice *St*. Przykłady zilustrowane są na fig. 8.

LITERATURA

- [1] Koldovsky M., *Fotografie in der Meteorologie*, Halle 1960.
- [2] Lenart W., *Badanie rozmieszczenia chmur nad niewielkimi obszarami za pomocą łączonych fotografii całego nieba*, w: „Prace i Studia IG UW, Klimatologia”, z. 7, 1973.

-
- [3] Lenart W., *Mesoclimatological cartography of cloudiness*, „Geographia Polonica”, tom kongresowy, 1976.
- [4] Okołowicz W., Lenart W., *Metoda zdjęć całego nieba w badaniach zachmurzenia*, „Prace PIHM”, z. 100, 1970.
- [5] Okołowicz W., Lenart W., *O ocenie koliczestwa oblacznosci po raznym metodam*, „Idöjâràs”, z. 1, 1973.

Witold Lenart

RESULTS OF INVESTIGATIONS THE CURVE OF PHYSIOLOGICAL FIRMAMENT BY PHOTOGRAPHICAL METHODS

Summary

The oblateness of the firmament produced by physiological agencies is the principal cause of visual errors in estimating the cloudiness amount. The average shape of the physiological dome described by Koldovsky (Fig. 1) cannot be used for determining the interrelation between these errors and the conditions under which observations were made and on which the physiological effect is contingent. Moreover, the shape of the dome is not alike to observers standing and in recumbent posture, and differs also for unlike landscapes (Fig. 2).

This is the reason why the author, profiting by photographs taken simultaneously of the whole firmament and by sketches showing cloud distribution, attempted to ascertain the interdependence between the shape of the physiological dome and certain factors. In Fig. 3 it's indicated the course of the interrelation between averaged angles of height of the true firmament (the spherical bowl) and the averaged ostensible angles of the physiological dome. The lower curve refers to a station situated in a fully level and treeless area (the Biebrza swamps), while the upper curve refers to the remaining stations situated in more diversified landscapes. The shapes of averaged physiological domes drawn from these data as basis are respectively shown in Figs. 4 and 5.

The main purpose of the present study is to determine the relation between the half-angle characterizing the physiological oblateness and the altitude of the sun above the horizon (h in Fig. 6) and the amount of cloudiness on the true firmament (N in Fig. 7). The half-angle (P) is here the angle drawn on the true firmament, corresponding to the ostensible separation into two even parts of the curvature of the physiological dome between horizon and zenith. In the drawings are given the corresponding formulae of straight regressions.

In individual cases among the 700 taken into consideration, the shape of the firmament was apt to differ distinctly from the averaged shape. This depended for the most part on the type of cloudiness observed (Fig. 8).

The results of the author's observations make it possible in turn to determine corrections of the amount of cloudiness, visually evaluated depending on the conditions prevailing during observations. This is going to be possible after establishing the interrelation between the amount of cloudiness and the generic composition of the clouds on the one hand and, on the other, the character of the cloud distribution on the firmament; because this is what causes the error produced by the physiological oblateness.