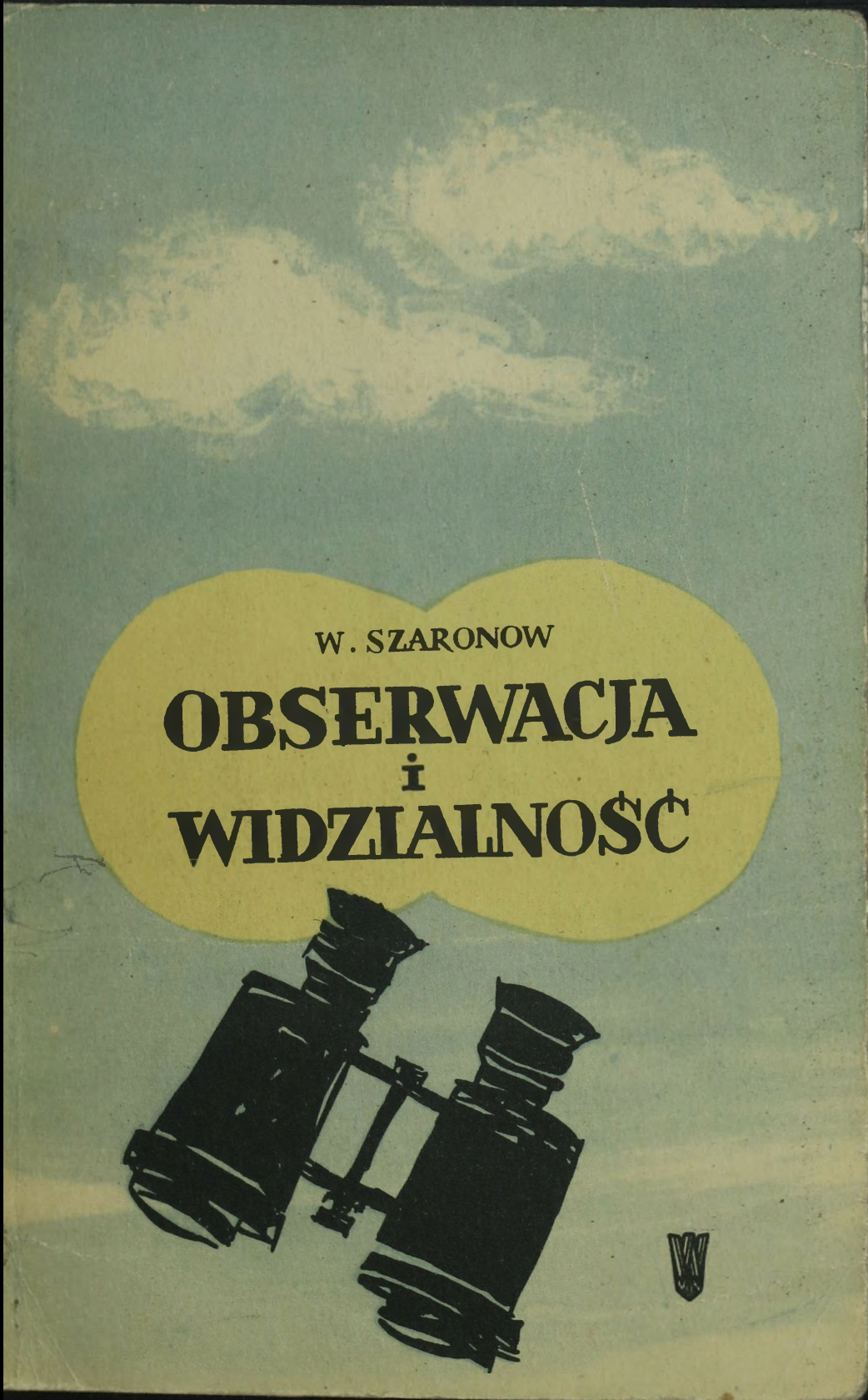




Grey Scale #13

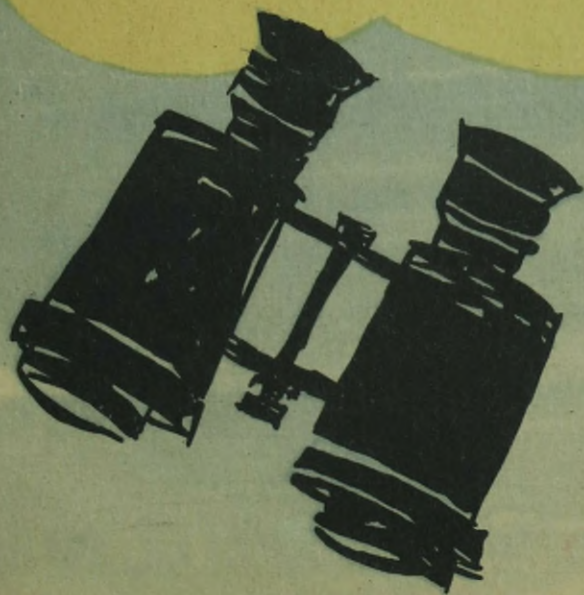


A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19



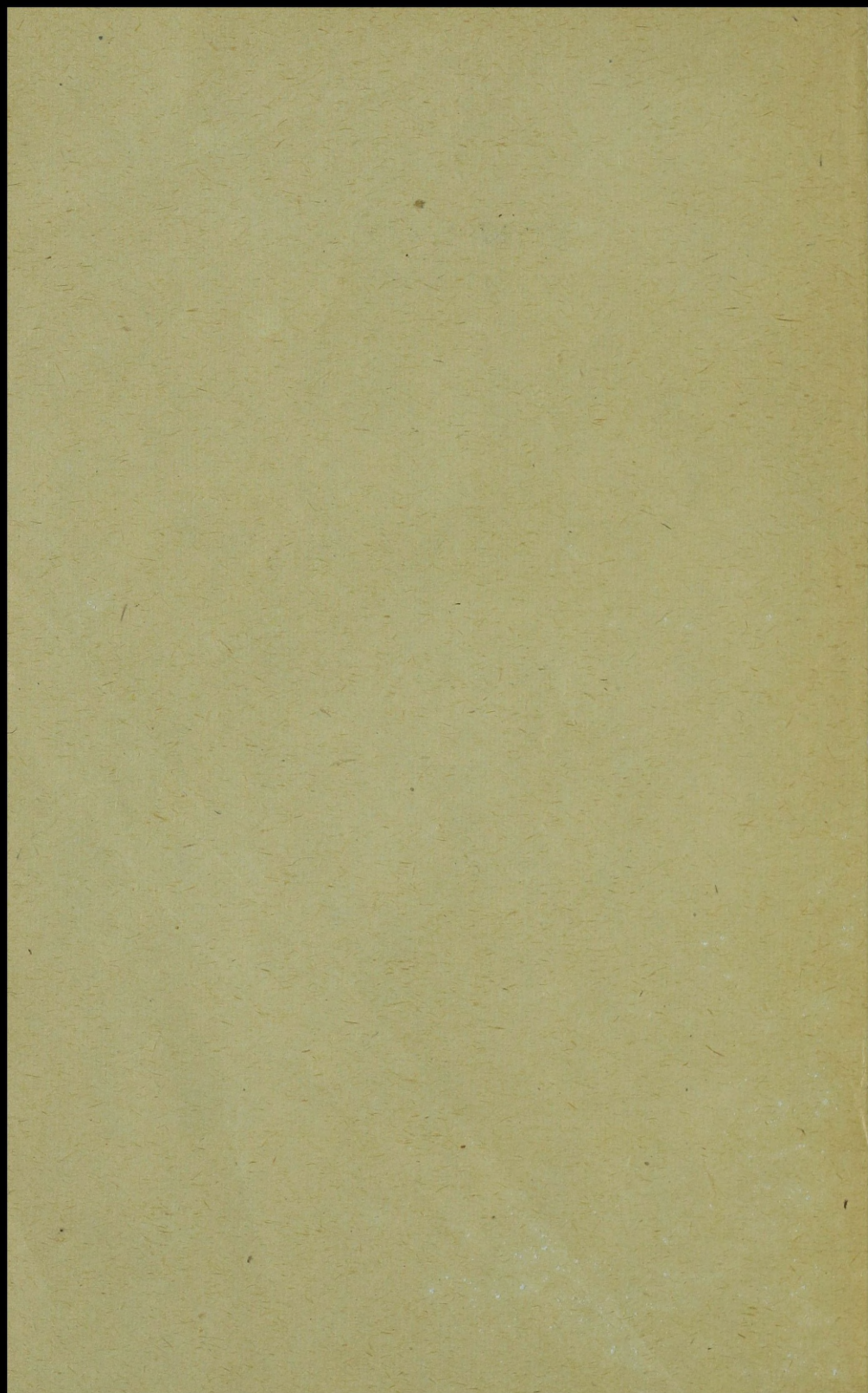
W. SZARONOW

**OBSERWACJA  
i  
WIDZIALNOŚĆ**





**OBSERWACJA  
i  
WIDZIALNOŚĆ**



W. SZARONOW

**OBSERWACJA  
i  
WIDZIALNOŚĆ**

XVII 5. 13.

IX. 8. 5. 5.



Tytuł oryginału rosyjskiego  
NABLIUDIENIE I WIDIMOST'  
Tłumaczył  
JAN KOZŁOWSKI

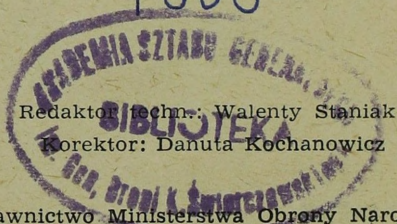
Okładkę i stronę tytułową projektowała  
JADWIGA OKOŃSKA

Redaktor  
ALFRED MIELCZAREK

*Niewielka rozmiarami praca W. Szaronowa „Obserwacja i widzialność“ stanowi ważną pozycję w nauce o widzialności. Czytelnik znajdzie w niej podstawowe wiadomości o narzędzie wzroku, widzialności w różnych porach dnia i roku, o promieniowaniu świetlnym; pozna niektóre przyrządy stosowane w obserwacji oraz inne ciekawe zagadnienia.*

Wszystko to zostało podane w formie przystępnej i zrozumiałej dla każdego. Z pewnością więc książka ta wzbudzi zainteresowanie czytelników zarówno wojskowych, jak i cywilnych.

7888



Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej  
Warszawa 1956. Wydanie I

Nakład 4 000 egz. Obj. 5,21 ark. wyd. 7,25 ark. druk.  
Papier druk. sat. VII kl. 60 g. Format 82 x 104/32  
Fabryka Papieru w Boruszowicach  
Oddano do składu 17 I 56 r. Podpis. do druku 26 IV 56 r.  
Druk ukończono 18 V 56 r.  
Wojskowe Zakłady Graficzne w Warszawie  
Zam. 6073 z dn. 17 I 56 r. B-7-51016

## I. OBSERWACJA I MASKOWANIE W NOWOCZESNEJ ARMII

### OBSERWACJA I ROZPOZNANIE

W czasie wojny obok innych specjalności wojskowych poważną rolę odgrywają zwiadowcy. Aby wroga pokonać, trzeba go dobrze poznać. Trzeba więc wiedzieć nieprzyjaciela, śledzić jego działania, zdobywać wiadomości o jego liczebności, uzbrojeniu itp. Dobre rozpoznanie jest jednym z warunków powodzenia w każdej operacji bojowej. Jest ono głównym sposobem zdobywania wiadomości o nieprzyjacielu. Rozpoznanie przeprowadza się wieloma metodami. Jedną z zasadniczych metod rozpoznania jest obserwacja. W czasie wojny organizuje się na całym froncie punkty obserwacyjne, z których obserwatorzy dniem i nocą czujnie śledzą ugrupowanie nieprzyjaciela notując nawet najmniejsze jego ruchy. W przyfrontowym pasie rozmieszcza się również posterunki służby obserwacyjno-meldunkowej, których zadaniem jest wykrywanie nieprzyjacielskich samolotów. Każdy wykryty samolot jest rejestrowany, określany jego typ i kierunek lotu. Dane te są niezwłocznie przekazywane do dowództwa obrony przeciwlotniczej.

Podobnie na wybrzeżu rozmieszcza się posterunki służby obserwacyjno-meldunkowej dla obserwacji widnokregu. Obserwatorzy na okrętach wojennych pilnie wypatrują, czy nie pojawi się dymek skrytego za horyzontem okrętu, maszt żaglowca albo peryskop okrętu podwodnego. Również z samolotu obserwuje się uważnie przez cały czas ląd i morze, zwłaszcza w czasie lotu nad terenem nieprzyjaciela. Rozpoznanie lotnicze jest jedną z najbardziej wydajnych metod rozpoznania w nowoczesnej armii i stosuje się je bardzo szeroko podczas wojny.

Dzisiejszy żołnierz dokonuje obserwacji nie tylko gołym okiem. Ma on do pomocy wiele specjalnych przyrządów, które ułatwiają obserwację, zapewniają dokładność i poszerzają jej zakres. Wojska lądowe, marynarka wojenna i lotnictwo są wyposażone w najbardziej różnorodne przyrządy optyczne, począwszy od lornetki polowej, a kończąc na skomplikowanych nowoczesnych przyrządach optycznych, jak dalmierze, lornety nożykowe i peryskopy. Niektóre z tych przyrządów umożliwiają obserwowanie z ukrycia lub dokonywanie na polu walki różnorodnych, skomplikowanych pomiarów.

Coraz szerzej stosowane są sposoby rozpoznania, w których oko obserwatora nie obserwuje bezpośrednio, lecz zamiast niego „patrzy” na nieprzyjaciela specjalny przyrząd.

Przede wszystkim trzeba tu wymienić fotografię. Aparat fotograficzny, umieszczony w samolocie lub ustawiony na jakimkolwiek podwyższeniu, może w ciągu ułamka sekundy utrwalić na zdjęciu duży odcinek terenu i to z taką ilością szczegółów, jakiej obserwator nie byłby w stanie ogarnąć i zarejestrować nawet w ciągu godziny pracy. Prócz tego zdjęcie terenu to dokument, który można sprawdzać częściami lub porównywać z innymi zdjęciami wykonanymi wcześniej i w ten

sposób wykrywać w terenie nawet najbardziej nagle zmiany. Przytoczymy następujący przykład:

W czasie wojny samolot rozpoznawczy przelatywał dwukrotnie nad terenem zajmowanym przez nieprzyjaciela i za każdym razem obserwator nie zauważał nic ważnego. Fotografował jednak teren i oto przy porównywaniu drugiego zdjęcia z pierwszym wykryto na łące wąskie ścieżki, wiodące ku niewielkiemu zagajnikowi, których nie było na pierwszym zdjęciu. Wywnioskowano stąd, że do zagajnika zaczęli w jakimś celu chodzić ludzie i to często. Następne rozpoznanie przeprowadzone innymi metodami ustaliło, że nieprzyjaciel urządził w zagajniku skład amunicji.

Obecnie istnieją specjalne sposoby fotografowania umożliwiające dokonywanie zdjęć poprzez mgłę i nawet nocą.

Szczególne znaczenie ma w rozpoznaniu radiolokacja. Specjalny aparat zwany radiolokatorem wysyła strumień fal radiowych, które „oświetlają” teren niewidocznymi dla oka promieniami. W momencie napotkania metalowego przedmiotu, na przykład okrętu lub samolotu, fale radiowe odbijają się od niego i częściowo wracają do punktu obserwacji, gdzie odbierane są przez specjalne urządzenie. Po odpowiednim przekształceniu dają one sygnał na specjalnym ekranie i w ten sposób informują o istnieniu przedmiotu.

Ten sposób obserwacji umożliwia wykrycie nieprzyjaciela w takich warunkach, gdy gołym okiem lub za pomocą fotografowania niesposób cokolwiek zauważyć np. w nocy. Fale radiowe przechodzą bez przeszkód przez zamglone powietrze, toteż za pomocą radiolokatora można „widzieć” przez deszcz, mgłę, dym, a nawet przez zwarte warstwy chmur.

Z radiolokacji korzysta obecnie lotnictwo, artyleria i marynarka wojenna. Pierwsze próby praktycznego za-

stosowania radiolokacji przeprowadzono w latach drugiej wojny światowej. Wykorzystywano ją w obronie przeciwlotniczej w tym celu, by zawczasu ostrzec o zbliżaniu się samolotów nieprzyjaciela. Następnie zastosowano radiolokację do naprowadzania nocnych myśliwców na bombowce nieprzyjaciela, do wycelowania dział przeciwlotniczych, do zwalczania okrętów podwodnych itp.

Jednakże mimo doskonałości przyrządów, jakie stosuje się do obserwacji, zdolność spostrzegawcza gołego oka ludzkiego pozostaje nadal niezastąpiona. Żołnierz powinien zawsze umieć czujnie patrzeć. Dlatego też musi on opanować umiejętność obserwowania, umiejętność wykorzystania swego wzroku w jak najbardziej celowy sposób.

#### MASKOWANIE WOJSKOWE

Prowadząc rozpoznanie nieprzyjaciela należy ciągle pamiętać, że on ze swej strony również stosuje rozpoznanie, usiłując uzyskać jak najwięcej wiadomości o nas. Dlatego też konieczne jest maskowanie, przez które rozumiemy całość przedsięwzięć mających na celu wprowadzenie nieprzyjaciela w błąd co do naszych sił, środków, działań i zamierzeń bojowych.

Dawniej maskowanie nie było powszechnie stosowane. Pola bitew przed stu laty miały bardzo efektowny wygląd. W obozie wojennym stało mnóstwo białych płóciennych namiotów, powiewały różnobarwne sztandary i flagi. Do boju szli żołnierze w zwartych kolumnach, ubrani w jaskrawe, różnokolorowe mundury. Lśniły w słońcu złociste galony i mosiężne kaski ozdobione piórami. Dźwięki trąb i warkot bębnow dopępniały miary tego niemal że teatralnego obrazu.

Zupełnie inaczej wygląda plac boju obecnie. W chwili

li przerwy w ogniu, kiedy walka cichnie, wydaje się, że teren jest pusty. Wśród zrytych pociskami pól i zagajników niesposób na pierwszy rzut oka spostrzec ani ludzi, ani sprzętu bojowego. Niedoświadczony człowiek może wręcz nabrać przekonania, że tu w ogóle nie ma nikogo, że teren jest opuszczony, chociaż w rzeczywistości może on być nasycony potężnymi środkami bojowymi. W nowoczesnych działaniach wojennych, w których stosuje się olbrzymią ilość dalekonośnych środków rażenia — skrytość i niewidoczność stanowią zasadniczy środek zachowania siły żywej i sprzętu bojowego. W nowoczesnym wojsku maskowanie to skomplikowana i rozwinięta gałąź techniki.

Najlepszym sposobem zamaskowania jakiegokolwiek przedmiotu jest całkowite ukrycie go przed okiem nieprzyjaciela. W tym celu buduje się lotniska i magazyny pod ziemią, rozmieszcza się oddziały wojskowe w gęstym lesie, przedmioty zaś znajdujące się w terenie otwartym przykrywa się sianem, trawą lub specjalnymi matami i sieciami maskującymi z wplecioną w nie trawą lub gałęziami.

W wypadku gdy nie ma możliwości schowania lub zakrycia przedmiotu, należy postarać się o to, by jak najmniej wyróżniał się on na tle otaczającego terenu. Wiadomo bowiem, że każdy przedmiot staje się mało widoczny, gdy nie różni się barwą czy jaskrawością od sąsiednich przedmiotów. Wiele tego rodzaju przykładów spotykamy w przyrodzie.

Niektóre zwierzęta mogą ująć przed ścigającymi je drapieżnikami właśnie dzięki temu, że barwa ich jest bardzo podobna do otoczenia i trudno je spostrzec. Na przykład zieloną żabkę siedzącą na gałązce trudno jest odróżnić od liścia nawet z bliskiej odległości. Niektóre gąsienice i motyle mają również taką barwę, że nie można odróżnić ich od kory, sęków czy suchych liści.

Naturalny krajobraz zmienia się jednak zależnie od pory roku. I dlatego niektóre zwierzęta również zmieniają swą barwę ochronną. Na przykład wiewiórki zmieniają z nadejściem lata swe jasnoszare futerko zimowe na rude, które nie różni się barwą od pni i sęków sosen. Podobnie zające w zimie mają sierść białą, w lecie zaś — szarą. Flądra posiada zadziwiającą właściwość przybierania takiej barwy, jaką ma dno zbiornika wody, w którym żyje. Co więcej, skóra jej może nie tylko przybierać najrozmaitsze odcienie barw, ale przy plamistym dnie pokrywa się podobnymi plamami.

Na froncie konieczność ochrania życia żywej siły i bojowego sprzętu technicznego przed ogniem nieprzyjaciela spowodowała stosowanie różnorodnych sposobów ochronnego, maskującego malowania. Na początku pierwszej wojny światowej 1914—1918 r. w niektórych armiach spotykało się jeszcze jaskrawe mundury, jednakże pod koniec tej wojny wojska wszystkich państw były ubrane jednolicie w mundury koloru brązowiezielonego. Jest to kolor ochronny i dlatego znalazł on obecnie powszechne zastosowanie. Stosuje się go nie tylko w umundurowaniu, lecz również maluje się w nim działa, karabiny maszynowe, czołgi, samochody pancerne i ciężarowe, samoloty, namioty i inne przedmioty użytku wojskowego.

Barwa ta jest pośrednia między szarozieloną a żółtawobrazową i dlatego mało wyróżnia się zarówno pośród zieleni, jak i na tle gołej ziemi, piasku, żółtych liści i innych zwyczajnych przedmiotów krajobrazu. Jedynie w zimie, kiedy wszystko pokryte jest białym całunem śniegu, kolor ten staje się nie dostosowany do tła. To też w zimie żołnierze wyruszający na rozpoznanie wkładają na swe płaszcze lub kożuszki białe okrycia maskownicze.

Mimo to nie zawsze można trafnie dobrać barwę

ochronną do każdego tła. W wypadkach gdy chcemy coś jak najlepiej zamaskować, specjalnie dobiera się kolor ochronny jak najbardziej podobny do koloru otoczenia. Ponieważ jednak oddziały wojskowe zmieniają swe pozycje i przechodzą z miejsca na miejsce, a i teren zmienia się również zależnie od pory roku, zachodzi więc od czasu do czasu konieczność przemalowywania maskowanych przedmiotów.

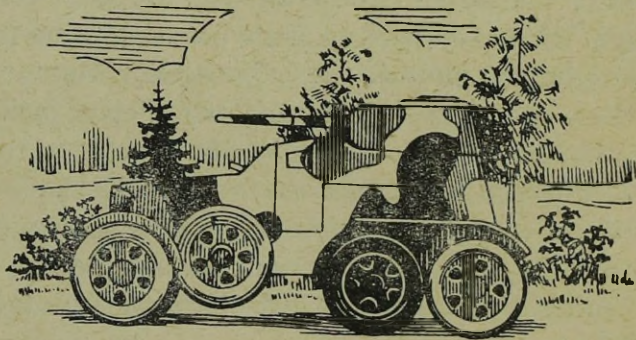
Dobór farb do maskowania jest sprawą skomplikowaną. Należy tu ciągle pamiętać, że nieprzyjaciel będzie usiłował zastosować przeciw maskowaniu takie sposoby rozpoznania, które sprowadzą efekt maskowania do zera i spowodują zdemaskowanie ukrywanego przedmiotu. Przytoczymy jeden z przykładów.

Posługując się zwykłymi zielonymi farbami nie trudno uzyskać taki kolor, który na oko nie będzie różnił się niczym od barwy łąk czy lasów. Pomalowane na ten kolor przedmioty zlewają się całkowicie z tłem roślinności, która je otacza. Jednakże jeśli nieprzyjaciel zastosuje fotografię i dokona zdjęcia terenu, to na kliszach uczulonych na niewidoczne dla oka promienie podczerwone zielona roślinność wyjdzie na zdjęciach biała jak śnieg, a przedmioty pomalowane zieloną farbą będą ciemne i wyraźnie wyodrębnią się z otaczającego tła.

Malowanie przedmiotów na kolor otoczenia jest tylko jednym ze sposobów zmniejszania widoczności i bynajmniej nie zawsze prowadzi do celu. Na przykład dom pomalowany dokładnie na kolor tła będzie wyróżniał się swym kształtem oraz rzucanym cieniem i jedynie łączne zastosowanie różnorodnych sposobów zamaskowania go da dostatecznie pewny efekt. Do takich sposobów należy budowanie na maskowanym obiekcie różnego rodzaju daszków, grzebieni i innych dodatkowych części, zniekształcających sylwetkę przedmiotu, budowanie

rozmaitych pozornych budowli wprowadzających nieprzyjaciela w błąd.

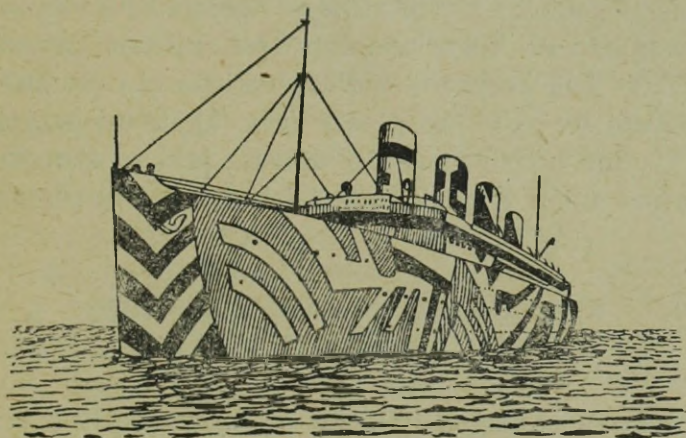
Jednokolorowe zabarwienie częstokroć nie daje dobrych wyników nawet wtedy, gdy nie wchodzi w grę kwestia cieni. Na przykład namiot pomalowany na zielono będzie wyróżniał się swą jednolitą barwą na tle plamistej ściany zielonego lasu. Prócz tego, o ile dla nieruchomych przedmiotów jest możliwość dobrania zabarwienia, które dokładnie naśladuje otaczający teren, o tyle dla ruchomych obiektów nie można oczywiście tego dokonać. Przecież samochód pancerny czy czołg mija w czasie jazdy w terenie przedmioty o najróżnorodniejszym zabarwieniu i jeśli się pomalowało go na przykład pod kolor lasu, to tym wyraziściej wyodrębni się on na tle piasku.



Rys. 1. Samochód pancerny pomalowany niekształcająco

Sięgnąwszy znów do przykładu ze świata zwierząt zauważymy, że bynajmniej nie zawsze napotyka się tam jednolite zabarwienie. Każdy zna cętkowaną skórę lamparta czy żyrafy i pasiastą tygrysa lub zebry. Jest to doskonała barwa ochronna. Duże, jednolicie ubarwione zwierzę wyraźnie wyodrębniłoby się w lesie lub na łące ze zróżnicowanego, niejednolitego tła otoczenia. Toteż jedynie plamiste, cętkowane ubarwienie czyni je nie-

dostrzegalnym. Skóra tygrysa, która wydaje się tak pstra na arenie cyrku lub w ZOO, jest — jak się okazuje — całkowicie niewidoczna pośród zarośli trzciny, w których to zwierzę poluje. Plamista skóra lamparta również doskonale zlewa się z tłem zboczy górskich usianych drobnymi kamieniami.



Rys. 2. Okręt pomalowany zniekształcająco

W nowoczesnej wojnie często korzysta się z tych przykładów z dziedziny zoologii i zamiast jednolitego zabarwienia pokrywa się powierzchnię maskowanego przedmiotu dziwnym połączeniem bezkształtnych plam i pasów (rys. 1). Farbę nakłada się przy tym tak, by granice plam nie pokrywały się z naturalnymi konturami przedmiotu i jego poszczególnych części, lecz przeciwnie — przecinały te kontury w jak najbardziej osobliwy sposób. W takim wypadku dla patrzącego z daleka obserwatora niektóre plamy zanikną w otaczającym terenie, inne zaś pozostaną wprawdzie widoczne, lecz ich bezładne połączenie uniemożliwi rozpoznanie zamaskowanego przedmiotu.

Zniekształcające malowanie w duże plamy ma również znaczenie z innego względu. Często niesposób zamaskować przedmiot tak, by stał się on całkowicie niewidoczny, można natomiast nadać mu nonsensowny wygląd. Tak przedstawia się sprawa w marynarce wojennej. Nie da się skomponować takiego koloru, w którym okręt stałby się całkowicie niewidoczny. W słoneczną pogodę na tle morskiego horyzontu każdy okręt bez względu na kolor widoczny jest całkiem wyraźnie. Jednakże jeśli kadłub i nadbudówki okrętu zostaną pomalowane w pasy lub plamy (rys. 2), to nieprzyjacielowi trudno będzie ustalić z daleka, jaki to typ okrętu, gdzie ma dziób, a gdzie rufę i jakim kursem płynie.

#### WIDZIALNOŚĆ, SPOSTRZEGAWCZOŚĆ I ROZPOZNAWALNOŚĆ

Obserwować można tylko to, co się widzi. Jeśli przedmiot jest ukryty przed obserwatorem za horyzontem lub innymi przedmiotami, jeśli zasnuła go mgła lub mrok nocy, to nie można wtedy obserwować go gołym okiem. I odwrotnie, im lepiej widoczny jest przedmiot, im wyraziściej występuje on na otaczającym tle, tym łatwiej się go zauważa. Na przykład jasny błysk w ciemną noc zauważy każdy nawet w wypadku, gdyby pojawił się on za jego plecami, natomiast nikły ogieniek, pojawiający się na moment na horyzoncie, już nie każdemu udaje się zauważyć. Obliczenia wykazują, że jeśli w ciemności pojawia się jasny punkt tak słaby, że ledwie go się widzi, to w 50% wypadków nie dostrzegają go nawet najlepsi obserwatorzy. Dlatego też **w i d z i a l n o ś ć** przedmiotów jest niezbędnym warunkiem obserwacji wzrokowej. Zdarza się jednak, że człowiek o mało skupionej uwadze przechodząc obok widocznego przedmio-

tu nie dostrzega go wcale. Wprawa i doświadczenie żołnierza odgrywają tutaj znaczną rolę. Dlatego też obok widzialności ważnym warunkiem dobrej obserwacji jest odpowiednia s p o s t r z e g a w c z o ś ć.

Samo zauważenie i zobaczenie czegoś w czasie obserwacji nie wyczerpuje jeszcze zagadnienia. Można doskonale widzieć przedmiot, a nie umieć określić, co to jest. Na przykład doskonale zamaskowany słomą punkt obserwacyjny jest widoczny jako stóg słomy. Trzeba jednak domyśleć się, że to nie stóg słomy, lecz pomysłowe urządzenie maskujące. Albo na przykład stoi na ziemi hangar dla samolotów nie osłonięty niczym przed obserwacją z powietrza, ale na nim zmajstrowano takie nadbudówki z dykty, że przybrał on wygląd zwykłego domu mieszkalnego. Lotnik-zwiadowca, który specjalnie wyleciał na poszukiwanie nieprzyjacielskiego lotniska, zauważył budynek, krąży nad nim i widzi wszystko doskonale, lecz nie podejrzewa, że to hangar. Tak więc r o z p o z n a w a l n o ś ć jest trzecim warunkiem skutecznego obserwowania przedmiotu.

W broszurze tej omówimy przede wszystkim widzialność przedmiotów dalekich, ponieważ w sztuce obserwowania mają one największe znaczenie. Prace naukowo-badawcze nad zagadnieniem widzialności dalekich przedmiotów zostały zapoczątkowane w czasie pierwszej wojny światowej 1914—1918 r. w związku z użyciem lotnictwa i broni dalekonośnej. Inżynierowie wespół z uczonymi zbudowali przyrządy do mierzenia widzialności, obmyślili sposoby określania warunków widzialności. Ponieważ warunki te są ściśle związane z pogodą, dlatego też pomiary widzialności są obecnie prowadzone przez wszystkie stacje meteorologiczne.

Zagadnienie widzialności jest bardzo złożone. Odpowiedź na pytanie, czy będzie widoczny ten lub inny przedmiot, zależy od bardzo wielu okoliczności. Odgry-

wają tu rolę zarówno właściwości wzroku obserwatora, jak i stan powietrza, charakter oświetlenia obrazu i wreszcie właściwości samego przedmiotu: jego wyrazistość, barwa, wymiary, kształt, a czasem nawet nastrój obserwatora. Stąd rozwiązanie wielu zagadnień dotyczących widzialności wymaga czasem skomplikowanych teoretycznych badań i długotrwałych pomiarów i obserwacji.

Zagadnienie widzialności wiąże się z tak różnorodnymi gałęziami nauki i techniki, że trudno włączyć je do którejkolwiek z istniejących dyscyplin wiedzy. Toteż niektórzy uczeni proponują wyodrębnić naukę o widzialności jako samodzielny dział nauki. W następnych rozdziałach przedstawimy niektóre z tych zagadnień, które stoją przed tą stosunkowo młodą gałęzią wiedzy.

## II. WARUNKI I SPOSOBY OBSERWACJI DALEKICH PRZEDMIOTÓW

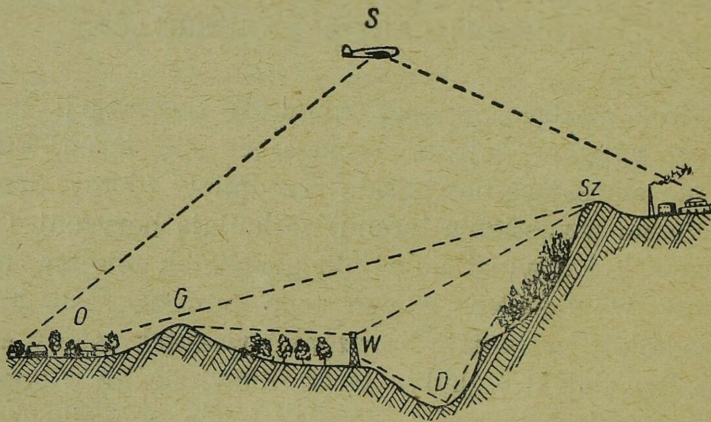
### WIDNOKRĄG MIEJSCA OBSERWACJI

Nie z każdego miejsca (punktu) obserwacji można mieć wgląd w daleko rozciągający się teren. Bardzo często otaczające nas bliskie przedmioty (domy, drzewa, wzgórza, wzniesienia terenu) zasłaniają horyzont. Część terenu, którą widzi się z jakiegokolwiek miejsca, nazywamy widnokręgiem tego punktu. Jeśli bliskie przedmioty zasłaniają horyzont i wskutek tego nie jest możliwy daleki wgląd w teren, mówi się, że widnokrąg jest ograniczony, mały. W niektórych wypadkach, jak na przykład w lesie, w gęstych krzakach, wśród gęsto rozmieszczonych budynków itp., widnokrąg może być ograniczony do kilkudziesięciu metrów.

Przy obserwowaniu nieprzyjaciela zachodzi najczęściej potrzeba uzyskania dalekiego wglądu w teren i stąd dąży się do wybierania na punkty obserwacyjne (PO) miejsc z dobrym, szerokim widnokręgiem. Aby zaś otaczające nas przedmioty nie przeszkadzały nam w obserwowaniu, należy ulokować się powyżej nich. Toteż szeroki horyzont mają najczęściej stanowiska rozmieszczone dostatecznie wysoko. Jeśli jakikolwiek punkt położony jest wyżej niż sąsiednie, mówi się, że „panuje”

on nad nimi. A zatem dobry widnokrąg we wszystkich kierunkach uzyskać można tylko wówczas, gdy PO obierze się w punkcie, który panuje nad otaczającym terenem (rys. 3).

Wierzchołki gór, wzgórz i wzniesień są punktami, z których zazwyczaj roztacza się szeroki widok na otaczającą nizinę. Na równinie, w terenie płaskim można uzyskać najlepszy widnokrąg wówczas, gdy wejdzie się na jakieś specjalne podwyższenie lub budynek. Z dachu wysokiego domu, z komina fabrycznego lub z dzwonnicy prawie zawsze można uzyskać wgląd w dalekie par-



Rys. 3. Schemat obrazujący zmienianie się widnokregu zależnie od położenia punktu obserwacyjnego

Obserwator znajdujący się w dolinie D nie widzi nic prócz zboczy tej doliny. Z wieży obserwacyjnej W widzi się cały odcinek terenu od szczytu Sz do grzbietu G. Ze szczytu Sz można ujrzeć również osiedle O niewidoczne z punktu W. Z samolotu S można ogarnąć wzrokiem cały rozległy teren

cie krajobrazu. Jeśli nie ma odpowiednich budynków, to buduje się czasem specjalne wieże obserwacyjne.

Już w zamierzchłych czasach budowano na szczytach wzgórz i spadzistych urwiskach specjalne wieże strażnicze, z których obserwowano miejscowość, by w porę zauważyć zbliżanie się wojsk nieprzyjaciela i nie dać się

im zaskoczyć. W tym samym celu wykorzystywano wieże w dawnych warowniach i zamkach. Na Rusi jako wieże obserwacyjne służyły dzwonnice cerkiewne, a w Turcji i krajach arabskich — minarety meczetów.

Obecnie rozpowszechnione są specjalne wieże obserwacyjne. Często wśród lasów i pól widzi się wysokie drewniane wieże. Są to bądź wieże triangulacyjne, z których dokonuje się obserwacji przy zdjęciach terenu, bądź też posterunki przeciwpożarowej straży leśnej, z których obserwuje się las i wykrywa powstające pożary leśne.

Wysokość wszelkich budowli naziemnych jest oczywiście ograniczona. Aby więc wznieść się jeszcze wyżej nad powierzchnię ziemi i bardziej rozszerzyć widnokrąg, wykorzystuje się środki latające. W czasie pierwszej wojny światowej stosowano powszechnie do obserwacji balony na uwięzi, tzw. „kielbasy”. W koszu balonu siedział obserwator, który mógł wznieść się na wysokość 1000 m lub nawet wyżej i przez wiele godzin obserwować rozległy teren. Lecz taki balon był bardzo wrażliwy na ogień nieprzyjaciela, stanowił wyraźny cel i łatwo było zestrzelić go zarówno z ziemi, jak i z powietrza.

Najlepiej do prowadzenia rozpoznania nadaje się samolot. Może on bowiem wznieść się na dużą wysokość, latać z wielką prędkością nad terenem nieprzyjaciela, a gdy trzeba, ujść od prześladowcy lub przystąpić do walki z nieprzyjacielskimi siłami powietrznymi. Samolot umożliwia nie tylko obserwowanie terenu własnego, lecz i dokonywanie w czasie wojny głębokiego rozpoznania tyłów nieprzyjaciela. Przy tym obserwację wzrokową uzupełnia się często fotografowaniem rozpoznawanego terenu.

## ODLEGŁOŚĆ ODKRYCIA

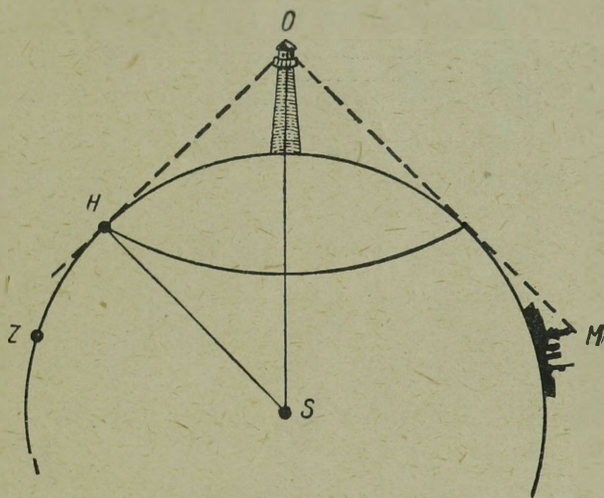
Załóżmy, że obserwator znajduje się w całkowicie otwartym i płaskim terenie, na przykład na brzegu morza lub na stepie. W pobliżu nie ma żadnych dużych przedmiotów, horyzont jest całkowicie otwarty. Jaki obszar może obserwator ogarnąć wzrokiem w tym wypadku? Gdzie i co ograniczy jego widnokrąg?

Każdemu wiadomo, że w tym wypadku granicą widnokręgu będzie linia horyzontu, tj. ta linia, gdzie jak nam się wydaje niebo styka się z ziemią. Czymże jest ten horyzont? Tu trzeba sobie przypomnieć wiadomości z geografii. Ziemia jest kulista i wskutek tego powierzchnia jej jest wszędzie wypukła. A więc ta właśnie krzywizna, wypukłość powierzchni ziemi, będzie ograniczała widnokrąg w otwartym terenie.

Załóżmy, że obserwator stoi w punkcie O. Wytyczmy linię OH, która zetknie się z kulistą powierzchnią ziemi w punkcie H (rys. 4). Oczywiście, że ta część ziemi, która leży bliżej obserwatora niż H, będzie widoczna, natomiast powierzchnia ziemi rozciągająca się poza H (na przykład punkt Z) nie będzie widoczna, gdyż zasłoni ją wypukłość Ziemi między H i Z. Wykreślmy koło przez punkt H ze środkiem u podnóża obserwatora. Na obwodzie tego koła leży właśnie widziany przezeń horyzont, tj. granica pozornego styku nieba z ziemią. Zauważmy, że obserwator widzi horyzont nie wzdłuż prostopadłej do pionu, lecz nieco niżej.

Z rysunku łatwo wywnioskować, że im wyżej znajdzie się obserwator nad powierzchnią ziemi, tym dalej odsunie się od niego punkt styku H i (co za tym idzie) tym szerszy będzie jego widnokrąg. Jeśli na przykład obserwator zejdzie ze szczytu wieży O na dolną jej platformę, to będzie on mógł widzieć Ziemię tylko do punktu, leżącego o wiele bliżej niż punkt H.

A zatem nawet wówczas, gdy nic nie zasłania horyzontu, wejście na wzniesienie poszerza go i umożliwia dalszy wgląd w teren. Stąd wniosek, że nawet w całym otwartych miejscach wygodniej jest wybierać punkt obserwacyjny na najbardziej wyniosłym miejscu.\*



Rys. 4. Odległość widzianego horyzontu

Stwierdzono, że dla uzyskania dwukrotnego poszerzenia horyzontu należy wzniesić się na wysokość  $2 \times 2 = 4$  razy większą; aby poszerzyć horyzont trzykrotnie — na  $3 \times 3 = 9$  razy większą itd. Innymi słowy w celu przesunięcia horyzontu o  $n$  razy należy wzniesić się o  $n^2$  razy wyżej.

W tabeli 1 podane są odległości widzialnego horyzontu od punktu obserwacji przy wznoszeniu się obserwa-

\* Odległość horyzontu  $OH$  (rys. 4) da się z łatwością określić za pomocą trójkąta prostokątnego  $OHS$  ( $S$  — środek Ziemi). Pamiętając, że  $HS$  równa się  $R$  (promień Ziemi), a  $OS = R + h$  ( $h$  — wysokość obserwatora), otrzymujemy:  $OH = \sqrt{2hR + h^2}$ . Ponieważ  $h$  jest zawsze znikomo małe w porównaniu z  $R$ , więc w przybliżeniu  $OH = \sqrt{2hR}$ .

tora na różne wysokości. Podane liczby stanowią granicę, do której można oglądać samą powierzchnię ziemi. Jeżeli natomiast chodzi o obserwację wysokiego przedmiotu, jak na przykład masztu okrętowego M z rysunku 4, to będzie on widoczny ze znacznie dalszej odległości, ponieważ jego wierzchołek będzie wystawał ponad linię widzialnego horyzontu.

Odległość, z której staje się widoczny zza horyzontu jakiegokolwiek przedmiot, na przykład góra lub okręt, nazywamy *odległością odkrycia*.<sup>\*</sup> Jest to właśnie ta granica, poza którą z danego punktu nie można dojrzeć przedmiotu.

Odległość odkrycia ma wielkie znaczenie praktyczne zwłaszcza na morzu. Łatwo oblicza się ją za pomocą tabeli odległości horyzontu. Mianowicie odległość odkrycia równa się odległości horyzontu dla punktu obserwacji plus odległość odkrycia dla wierzchołka obserwowanego przedmiotu.

Rozpatrzmy przykład takiego obliczenia. Obserwator stoi na urwistym brzegu na wysokości 100 m nad powierzchnią morza i oczekuje pojawienia się zza horyzontu okrętu, którego maszty mają wysokość 15 m. Na jaką odległość powinien podejść okręt, aby obserwator mógł go zauważyć? Według tabeli odległość horyzontu dla punktu obserwacji wynosi 38 km, a dla masztu okrętu 15 km. Odległość odkrycia równa jest zatem sumie tych dwóch liczb:  $38 + 15 = 53$ . Oznacza to, że maszt okrętu pojawi się na horyzoncie w chwili, gdy okręt podejdzie do punktu obserwacji na odległość 53 km.

---

<sup>\*</sup> Czasem używa się też określenia „widzialność”. Określenie to jednak może spowodować pomieszanie pojęć, ponieważ odległością widzialności przyjęto nazywać odległość, z której przedmiot staje się widzialny we mgle.

Tabela 1

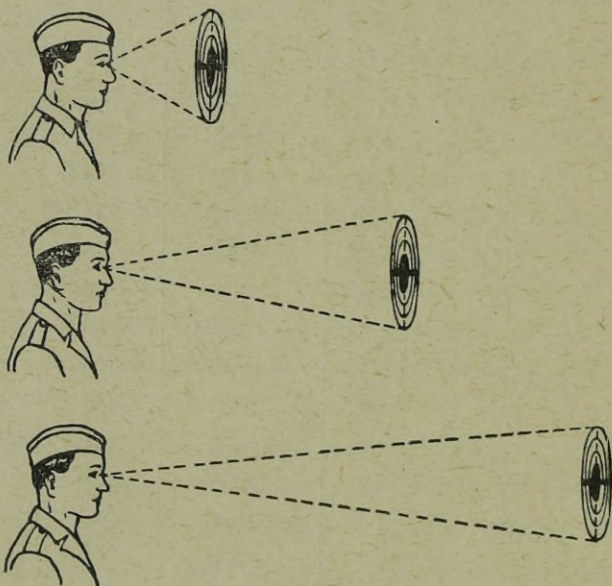
**Widzialność horyzontu na różnej wysokości  
obserwatora nad powierzchnią Ziemi**

Wysokość punktu obserwacyjnego w metrach	Odległość horyzontu		Wysokość punktu obserwacyjnego w metrach	Odległość horyzontu	
	km	mile morskie		km	mile morskie
1	3,8	2,1	60	29	16
2	5,4	2,9	70	32	17
3	6,6	3,5	80	34	18
4	7,6	4,1	90	36	20
5	8,5	4,6	100	38	21
6	9,3	5,0	200	54	29
<b>7</b>	10,1	5,4	300	66	36
8	10,8	5,8	400	76	41
9	11,4	6,2	500	85	46
10	12,1	6,5	750	104	56
15	14,7	7,9	1000	120	65
20	17,0	9,2	2000	170	92
25	19,0	10,3	3000	208	112
30	20,8	11,2	4000	240	130
35	22,5	12,1	5000	269	145
40	24,0	13,0	6000	294	159
45	25,5	13,8	7000	318	172
50	26,9	14,5	10 000	380	205

**POZORNE WYMIARY PRZEDMIOTÓW**

Jeśli będziemy oddalać się powoli od jakiegokolwiek przedmiotu, to widoczność jego będzie się stopniowo pogarszała, różne szczegóły będą zanikać jeden po drugim i coraz trudniej będzie obserwować ten przedmiot. Z dużej odległości niemożliwe jest rozpoznanie małego przedmiotu, choćby go nic nie zasłaniało i powietrze by-

ło przezroczyste. Na przykład z odległości 2 m można dojrzeć najdrobniejsze zmarszczki na twarzy człowieka, których z odległości 10 m już nie widać. Z odległości 50—100 m nie zawsze można poznać człowieka, z odległości 1 000 m trudno określić jego płeć, wiek i krój ubrania, a z odległości 5 km nie widzi się go w ogóle



Rys. 5. Zmniejszanie się wymiarów kątowych przedmiotów w miarę zwiększania się odległości

Trudno jest obserwować przedmiot z daleka dlatego, że im bardziej jest on od nas oddalony, tym mniejsze są jego widoczne, pozorne wymiary.

Przeprowadźmy od oka obserwatora dwie linie proste do skrajów przedmiotu (rys. 5). Utworzony w ten sposób kąt nazywa się kątową średnicą przedmiotu (wielkością kątową przedmiotu). Kąt ten określamy w stopniach ( $^{\circ}$ ), minutach ( $'$ ) lub sekundach ( $''$ ) i dziesiątych ich częściach.

Im przedmiot jest dalej, tym mniejsza jest jego średnica kątowna. Dla określenia średnicy kątownej przedmiotu i wyrażenia jej w stopniach należy wziąć jego rzeczywistą liniową średnicę i podzielić ją przez odległość wyrażoną w tych samych miarach długości, iloraz zaś pomnożyć przez 57,3. W ten sposób:

$$\text{Średnica kątowna w stopniach} = \frac{\text{Średnica liniowa}}{\text{Odległość}} \times 57,3$$

Aby otrzymać wymiar kątowny w minutach, należy zamiast 57,3 przyjąć mnożnik 3 438, a jeśli trzeba użyć sekundy to — 206 265.

Omówimy to na przykładzie. Żołnierz ma 162 cm wzrostu. Pod jakim kątem będzie się widziało jego postać z odległości 2 km? Pamiętając, że 2 km to 200 000 cm, obliczamy:

$$\frac{162}{200\,000} \times 3\,438 = 2',8$$

W tabeli 2 podane są wymiary kątowne przedmiotów zależnie od ich wymiarów liniowych i odległości.

Tabela 2

**Wymiary kątowne przedmiotów o różnych średnicach,  
na różnych odległościach**

Odległość w km	Średnica przedmiotu w metrach								
	1	2	5	10	20	50	100	200	500
0,05	10',1	20',3	50',7	110',5	—	—	—	—	—
0,2	17',2	34',1	10',4	20',8	50',7	—	—	—	—
0,5	6',9	13',8	34',1	10',2	20',4	50',7	—	—	—
1	3',4	6',9	17',2	34',4	10',2	20',8	50',7	—	—
2	1',7	3',4	8',6	17',2	34',4	10',4	20',8	50',7	—
5	41",4	1',4	3',4	6',9	13',8	34',4	10',2	20',4	50',7
10	20",7	41",4	1',7	3',4	6',9	17',2	34',4	10',2	20',8
20	10",3	20",7	50",6	1',7	3',4	8',6	17',2	34',4	10',4
50	4",1	8",3	20",7	41",4	1',4	3',4	6',9	13',8	34',4
100	2",1	4",1	10",3	20",7	41",4	1',7	3',4	6',9	17',2

Zwykle się uważa, że można zobaczyć przedmiot dopiero wtedy, gdy jego kątowna średnica wynosi co najmniej 1'. Zresztą kształt, a zwłaszcza jaskrawość przedmiotu mogą znacznie zmieniać tę granicę.

### OSTROŚĆ WZROKU

Zdolność widzenia dalekich przedmiotów jest u różnych ludzi różna. Jeden doskonale widzi najdrobniejsze szczegóły dalekich partii krajobrazu, inny słabo rozróżnia szczegóły przedmiotów leżących nawet stosunkowo blisko.

Zdolność rozróżniania wzrokiem szczegółów o małej wielkości kątownej nazywamy ostrością wzroku lub zdolnością rozróżniania. Dla ludzi, których praca wymaga obserwowania, wpatrywania się w odległy krajobraz (na przykład dla lotników, marynarzy, kierowców samochodowych, maszynistów kolejowych), ostrość wzroku jest wręcz niezbędna. Na wojnie jest ona bardzo ważna dla żołnierza. Człowiek o słabym wzroku nie może celnie strzelać ani prowadzić obserwacji nieprzyjaciela z daleka i jest mało przydatny na rozpoznaniu.

Jak więc zmierzyć ostrość wzroku? Do tego celu opracowane są bardzo dokładne sposoby.

Narysujmy na białym kartonie dwa kwadraty zostawiając między nimi wąski, biały odstęp i oświetlmy jasno ten karton. Z bliska będzie widać wyraźnie zarówno kwadraty, jak i odstęp między nimi. Jeśli jednak będziemy oddalać się powoli od rysunku, to kąt, pod jakim patrzymy na odległość między kwadratami, będzie się zmniejszał i rozróżnianie rysunku będzie coraz trudniejsze. Po odpowiednim oddaleniu się zaniknie ostatecznie biały pas między kwadratami i obserwator

ujrzy zamiast dwu oddzielnych kwadratów jeden czarny punkt na białym tle. Człowiek o ostrym wzroku może rozróżnić dwa kwadraty z większej odległości niż ten, kto ma mniej ostry wzrok. Dlatego też ta wielkość kątowna odstępu między kwadratami, przy której zaczyna się widzieć oba kwadraty oddzielnie, może być miarą ostrości wzroku.

Ustalono, że dla człowieka o prawidłowym wzroku najmniejsza szerokość odstępu, przy której dwa czarne obrazy widzi się oddzielnie, wynosi 1'. Ostrość takiego wzroku przyjmuje się za jedność. Jeśli więc komuś udaje się widzieć oba rysunki oddzielnie jeszcze przy odstępie między nimi wynoszącym 0,5', to ostrość wzroku będzie 2, jeśli natomiast ktoś inny widzi te przedmioty oddzielnie dopiero przy odstępie wynoszącym 2', to ostrość jego wzroku ocenia się na  $\frac{1}{2}$  itd. W ten sposób dla dokonania pomiaru ostrości wzroku należy znaleźć najmniejszą wartość kątową odstępu, przy której widzi się dwa obrazy oddzielnie, i jedność podzielić przez tę wartość.

$$\text{Ostrość} = \frac{1}{\text{Szerokość kątowa przerwy (w minutach)}}$$

Do badania ostrości wzroku stosuje się rysunki o różnych zarysach. Czytelnik zna zapewne tablice z literami różnych wielkości, które służą lekarzom chorób ocznych (okulistom) do badania wzroku. Oko miarowe, którego ostrość widzenia równa się jedności, rozróżnia na takiej tablicy litery o grubości czarnych linii równej 1'. Bardziej ostry wzrok może rozróżnić i mniejsze litery, mniej ostry — tylko te największe. Różne litery mają różne zarysy, toteż niektóre z nich rozróżnić łatwiej, inne zaś trudniej. Ta niedogodność odpada, jeśli

lekarz posługuje się specjalnymi tekstami (wzorami), na których obserwator widzi jednakowe figury ułożone w najróżnorodniejszy sposób. Niektóre takie wzory zamieszczone są na rys. 6.



Rys. 6 Wzorce figur do badania ostrości wzroku

Z lewej strony, gdzie widać dwa czarne pasy, obserwuje się zanik białej przerwy między nimi. Pośrodku narysowane jest koło z przerwą — badany powinien wskazać miejsce tej przerwy. Z prawej strony znak w kształcie litery E — badany powinien określić kierunek, w którym jest zwrócona litera

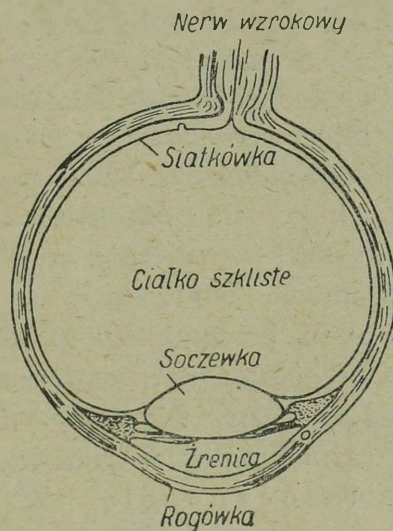
#### KRÓTKOWZROCZNOŚĆ I NADWZROCZNOŚĆ

Budowa oka jest bardzo podobna do budowy aparatu fotograficznego. Jest ono również ciemnią, na której dnie powstaje obraz obserwowanych przedmiotów (rys. 7).

Wewnątrz gałka oczna wysłana jest specjalną cienką tkanką zwaną siatkówką. Jest ona usiana olbrzymią liczbą bardzo małych komórek, z których każda połączona jest cieniutką nitką nerwu z centralnym nerwem wzrokowym i dalej z mózgiem. Jedne z tych komórek są krótkie i zwą się czopkami, inne zaś wydłużone — pręcikami. Czopki i pręciki są bardzo czułe na światło. Pod wpływem promieni świetlnych występuje w nich swoiste podrażnienie, które za pośrednictwem nerwów, jak po przewodach, zostaje przekazane do mózgu i odczuwane jest w świadomości jako wrażenie światła.

Obraz świetlny postrzegany naszym wzrokiem składa się z mnóstwa oddzielnych punkcików — podrażnień czopków i pręcików. To również upodabnia go do fotografii. Obraz na zdjęciu też składa się z mnóstwa drobniutkich czarnych punkcików — ziarenek srebra.

Rolę obiektywu w oku odgrywa częściowo galaretowata masa wypełniająca gałkę oczną, częściowo zaś przezroczyste ciało znajdujące się bezpośrednio za źrenicą, zwane soczewką oczną. Soczewka oczna podobna jest z wyglądu do dwuwypukłej soczewki szklanej, lecz różni się od niej tym, że jest z miękkiej i elastycznej materii, przypominającej nieco galaretę.



Rys. 7. Schemat budowy oka

Jeśli się chce zrobić dobre, wyraźne zdjęcie, trzeba najpierw nastawić aparat fotograficzny na ostrość. W tym celu tylną ramkę przesuwa się w tył i w przód dopóty, aż natrafi się na taką odległość od obiektywu, przy której obraz na matówce, wstawionej w ramkę, będzie najbardziej wyraźny. Oko nie może rozszerzać się i kurczyć, a zatem tylna ścianka gałki ocznej nie może zbliżać się ani oddalać od soczewki. Tymczasem dla oglądania dalekich i bliskich przedmiotów konieczne jest różne nastawienie na ostrość. W oku uzyskuje się to przez zmianę kształtu soczewki ocznej. Ujęta jest ona specjalnym, kolistym mięśniem rzęskowym. Kiedy więc

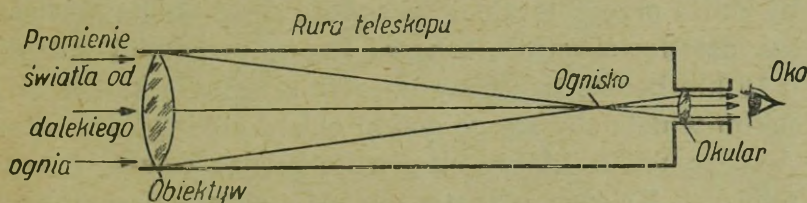
patrzemy na bliskie przedmioty, mięsień ten kurczy się i uciska soczewkę. Wskutek tego soczewka napina się, staje się bardziej wypukła, a jej ogniskowa ulega skróceniu. Gdy przenosimy wzrok na przedmioty dalekie, to mięsień wiotczeje, soczewka rozciąga się, staje się bardziej płaska i długoogniskowa. Proces ten, zachodzący bez udziału woli, nazywa się *akomodacją*.

Normalne, zdrowe oko zbudowane jest tak, że dzięki akomodacji może ono całkiem wyraźnie widzieć przedmioty począwszy od odległości 15—20 cm do najbardziej oddalonych, za jakie można uważać Księżyc, gwiazdy i inne ciała niebieskie.

Jeśli wewnętrzna powierzchnia oka jest nazbyt przesunięta ku przodowi, to mimo napinania się soczewki obraz przedmiotów bliskich wypada za nią i przez to wyjdzie on na światłoczułej powierzchni oka niejasny i zamazany. Oko takie widzi bliskie przedmioty niewyraźnie, mgliście. Taka wada wzroku nazywa się *nadwzrocznością*. Człowiek dotknięty tą wadą z trudnością czyta, pisze, z ledwością odróżnia drobne przedmioty, mimo iż na odległość widzi doskonale. Jeśli jednak włoży on okulary o wypukłych szklach, ogniskowa staje się krótsza, dzięki czemu obraz oglądanych przedmiotów zbliża się ku soczewce i trafia na siatkówkę. W wypadku gdy siatkówka odsunięta jest od soczewki dalej niż powinna, to obraz dalekich przedmiotów wypada przed nią zamiast na niej. Oko dotknięte taką wadą widzi dalekie przedmioty bardzo niewyraźnie, mgliście. Poprawę takiej wady, zwanej *krótkowzrocznością*, uzyskuje się przez zastosowanie okularów o wklęsłych szklach. Przy takich szklach odległość ogniskowa staje się dłuższa i obraz dalekich przedmiotów, odsuwając się od soczewki, trafia na siatkówkę.

## OPTYCZNE PRZYRZĄDY DO OBSERWACJI NA DALEKIE ODLEGŁOŚCI

Jeśli przedmiot widzimy źle wskutek tego, że jego wymiary kątowe są zbyt małe, to możemy przyjrzeć mu się lepiej, kiedy się do niego zbliżymy. Wykonanie tego jest jednak bardzo często niemożliwe i wówczas pozostaje tylko jedno: oglądać przedmiot przez taki przyrząd optyczny, który pokazuje go w powiększeniu. Przyrząd umożliwiający skuteczne obserwowanie dalekich przedmiotów skonstruowano dawno, ponad trzysta lat temu. Nazwano go lunetą (teleskopem).



Rys. 8. Schemat teleskopu

Każda luneta składa się z dwóch zasadniczych części: dużego, dwuwypukłego szkła (soczewki) zwanego obiektywem oraz z drugiego również dwuwypukłego szkła o mniejszych wymiarach zwanego okulem (rys. 8). Obiektyw znajduje się w końcu lunety zwróconym ku przedmiotowi, okular zaś — w drugim końcu (od strony oka). Jeśli rura skierowana jest na bardzo odległy przedmiot, na przykład na daleką latarnię, to promienie dochodzą do obiektywu równoległym strumieniem. Przy przejściu przez obiektyw ulegają one załamaniu, po czym zbiegają się w kształcie stożka i w punkcie ich przecięcia się, zwanym ogniskiem, powstaje obraz latarni w postaci jasnego punktu. Obraz ten oglądamy

przez okular działający podobnie jak lupa, wskutek czego obraz wydaje się o wiele większy.

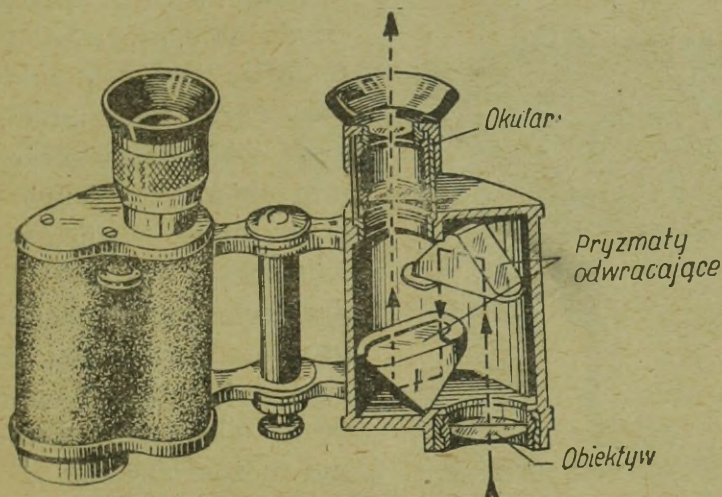
Obiektyw i okular w nowoczesnych teleskopach buduje się z kilku szkieł o różnej wypukłości, dzięki czemu uzyskuje się bardziej wyraźne i ostre obrazy. Poza tym w rurze urządzonej tak, jak pokazano na rys. 8, wszystkie widoczne przedmioty będą odwrócone — widzielibyśmy w niej na przykład ludzi chodzących do góry nogami. Dlatego też lunety zaopatrzone są jeszcze w specjalne uzupełniające szkła czyli pryzmaty, które przywracają obrazowi normalne jego położenie.

Luneta służy do powiększania oddalonych przedmiotów. Powiększa ona wymiary kątowe i przez to jak gdyby zbliża przedmiot do obserwatora. Jeśli luneta powiększa dziesięciokrotnie, oznacza to, że przedmiot odległy o 10 km będzie widoczny pod takim samym kątem, pod jakim widziałoby się go gołym okiem z odległości 1 km. Astronomowie, którzy obserwują bardzo dalekie przedmioty — Księżyc, planety, gwiazdy, stosują ogromne teleskopy, których średnica wynosi 1 m i więcej, a długość dochodzi do 10—20 m. Taki teleskop może powiększać ponad 1 000 razy. Do obserwowania przedmiotów na ziemi tak silne powiększenie jest najczęściej zupełnie niepotrzebne.

W wojsku zasadniczym przyrządem do obserwowania jest lornetka polowa. Lornetka — to dwa małe teleskopy zmontowane razem (rys. 9). Umożliwia ona patrzenie obu oczami równocześnie, co jest oczywiście o wiele wygodniejsze niż patrzenie jednym okiem przez pojedynczą lunetę. W każdej połówce lornetki, jak w każdym innym teleskopie, jest przednie szkło — obiektyw — i tylne — okular. Między nimi jest urządzenie, które odwraca obraz. Lornetka o takiej budowie nazywa się pryzmatyczną. Najbardziej rozpowszechnionym typem jest pryzmatyczna lornetka sześciokrotna,

tzn. powiększająca 6 razy. Stosuje się również lornetki powiększające 4, 8 i 10 razy.

W niektórych wypadkach stosuje się w wojsku obok lornetek również lunety powiększające od 10 do 50 ra-



Rys. 9. Lornetka polowa. Prawa połówka w przekroju

zy oraz peryskopy. Peryskop jest to długa rura przeznaczona do obserwacji z ukrycia (rys. 10).

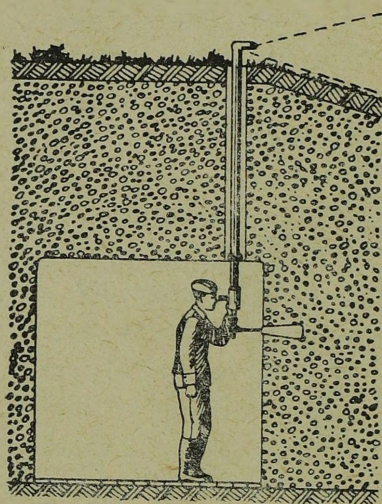
Żołnierz prowadzący obserwację za pomocą peryskopu sam jest w schronie, na zewnątrz zaś wysuwa jedynie górną część przyrządu zaopatrzoną w obiektyw. To nie tylko zabezpiecza obserwatora przed ogniem nieprzyjaciela, lecz ułatwia również maskowanie, łatwiej jest bowiem zamaskować krótki koniec rury niż całą postać człowieka. Długie peryskopy znajdują zastosowanie na okrętach podwodnych. Gdy zachodzi konieczność obserwowania nieprzyjaciela z ukrycia, okręt płynie pod wodą, wystawiając nad powierzchnię morza tylko ledwie widoczny koniec peryskopu.

Czytelnik może się zapytać, dlaczego w wojsku stosuje się tylko przyrządy o stosunkowo małym powiększeniu, nie większym niż 15—20 razy? Nie trudno prze-

cież zbudować teleskop powiększający 100—200, a nawet więcej razy.

Jest wiele przyczyn w wojsku lunet o dużym

utrudniających stosowanie powiększeniu. Po pierwsze, im większe powiększenie daje przyrząd, tym mniejsze jest pole widzenia, czyli tym mniejszą część widnokręgu możemy nim objąć. Po drugie — przy silnym powiększeniu najslabszy wstrząs czy drgnięcie rury poważnie utrudnia obserwację. Dlatego też przyrządu dającego silne powiększenie nie można trzymać w rękach, lecz trzeba go ustawić na specjalnym statywie zbudowanym tak, by



Rys. 10. Obserwowanie z ukrycia za pomocą peryskopu

można było łatwo i płynnie skierowywać lunetę w różne strony. Trzecia najważniejsza przeszkoda wynika z tego, że powietrze nad powierzchnią ziemi nigdy nie jest spokojne, lecz stale faluje i drga. A przecież przez to właśnie ruchliwe powietrze patrzymy na dalekie partie krajobrazu. Z tego powodu obrazy dalekich przedmiotów zniekształcają się. Stały w rzeczywistości przedmiot porusza się przez cały czas i zmienia swe zarysy tak, że po prostu nie można rozpoznać jego części. Dlatego też im większe mamy powiększenie, tym większe są jego wady, tym większe zniekształcenia spowodowane drganiami powietrza. Widzimy więc, że zastosowanie zbyt silnie powiększających przyrządów do obserwacji przedmiotów na Ziemi jest bėzużyteczne.

### III. WIDZIALNOŚĆ W POWIETRZU O OSŁABIONEJ PRZEJRZYSTOŚCI

#### MGLY I ZMĘTNIENIA

Z umiejętnie wybranego i wzniesionego punktu obserwacyjnego można ogarnąć wzrokiem szeroką przestrzeń o dziesiątkach, a nawet setkach kilometrów. Lecz nie zawsze będziemy mieli możliwość tak głębokiego wglądu. Dojrzeć górę odległą o 100 czy więcej kilometrów można jedynie wtedy, kiedy atmosfera jest czysta. Wystarczy jednak, by powietrze było nieco zanieczyszczone, a już przestrzeń na dużych odległościach skryje się przed obserwatorem za sinym woalem określanym jako tzw. zmętnienie. Im większe jest zmętnienie atmosfery, tym gorzej widać dalekie przedmioty i tym krótsza jest odległość, z której można je rozpoznać. W czasie mgły, gdy powietrze jest szczególnie nieprzejrzyste, nie można rozpoznać przedmiotów już z odległości kilometra. Często widzialność ograniczona jest do stu metrów, a zdarzają się i tak gęste mgły, że nie widać w nich przedmiotów nawet z odległości kilkunastu kroków. Przyczyną zamgleń powietrza i powstawania mgieł jest kondensacja pary wodnej. Dopóki para zachowuje właściwości gazu, jest ona przezroczysta jak powietrze i tylko w niewielkim stopniu wpływa na jego zamglenie.

Lecz gdy zaczyna ona skraplać się, w powietrzu powstają drobniutkie, niewidoczne gołym okiem kropelki wody. Promień światła napotyka ją taką kropelkę jest przez nią odbijany i rozpraszany na wszystkie strony. Ponieważ kropelek tych jest bardzo dużo, większa część promieni przechodząc przez powietrze ulega rozproszeniu, rozsianiu w różne strony i w wyniku tego cała warstwa powietrza świeci mdłym, białawym światłem. Powietrze z przezroczystego i bezbarwnego staje się mętne i białe jak mleko.

Im gęstsza mgła, im więcej kropelek przypada na jednostkę objętości powietrza, tym mniejsza jest jego przejrzystość i tym gorzej widzi się dalekie przedmioty.

Przy słabej mgle przedmioty leżące w odległości jednego kilometra są już niewidoczne dla oka. Przy mgle o średniej gęstości można widzieć nie dalej niż na 100—300 m, a w bardzo gęstej mgle widzialność ogranicza się czasem do kilku metrów. Obłoki — to taka sama mgła, lecz skupiona w warstwach na pewnej wysokości nad ziemią. Kiedy samolot wchodzi w warstwę obłoków, lotnika otacza gęsta biała mgła, przez którą nic nie widać.

Kropelki stanowiące mgłę są tak drobne i lekkie, że mogą przez długi czas unosić się w powietrzu, nie spadając ani nie osiadając. Jeśli jednak przy długotrwałym skraplaniu się pary kropelki staną się większe, to już nie mogą one utrzymać się w powietrzu i zaczynają stopniowo opadać w dół. Powstaje mżawka, przy której powietrze wypełnione jest drobnym pyłem wodnym powoli osiadającym na mokrą ziemię. Im większe krople, tym szybciej opadają one w dół. Silna ulewa dotkliwie smaga twarz, ponieważ wielkie krople padają na ziemię z dużą siłą.

W zimie wpływa silnie na widoczność padanie śniegu. Podczas zamieci utrudniona jest obserwacja nawet naj-

bliższych przedmiotów. Kiedy spadające z chmur płatki śniegu mieszają się z pyłem śnieżnym podnoszonym przez silny wiatr z ziemi, powietrze staje się tak nieprzepuszczalne dla promieni świetlnych, że nie widać nic nawet z odległości dwu kroków. Widoczność staje się tak zła, że nawet piechur porusza się z trudem. Zdarza się, że zaskoczony zamiecią wędrowiec zbacza z drogi, godzinami krąży w jednym miejscu i czasem zamarza o kilkanaście dosłownie kroków od swego domu którego nie może dostrzec przez zwartą zasłonę śniegu.

Nie tylko woda w stanie ciekłym lub stałym może wydatnie obniżyć przejrzystość powietrza. Różnorodne stałe cząstki — drobne ziarenka pyłu, dym, a nawet żywe mikroorganizmy unosząc się w powietrzu powodują jego zmętnienie i pogarszają widoczność dalekich przedmiotów.

W południowych, a szczególnie w południowo-wschodnich rejonach Związku Radzieckiego mgły w lecie zdarzają się rzadko. Natomiast często trafiają się w tej porze zmętnienia wywołane przez drobny mineralny pył. W stepach, a zwłaszcza w pustyniach gleba w lecie wysycha i roślinność ulega spaleniu. Wystarczy, by dmuchnął lekki wiaterek, a z gołej powierzchni ziemi unoszą się tumany kurzu. Przy silnych wiatrach wzbija się w powietrze nie tylko kurz, ale i dość gruby piasek. Burzom towarzyszą w pustyniach prawdziwe zamiecie piaszczyste; uniesiony w górę kurz i piasek zakrywają niebo i zasłaniają Słońce. Dokoła wyraźnie ściemnia się, a powietrze przy tym staje się tak nieprzejrzyste, że już na kilka kroków nic nie widać.

Pył wzniesiony przez wiatr w pustyniach może być przenoszony na olbrzymie odległości. Pył afrykańskich pustyń dochodzi czasem do Europy środkowej. W Związku Radzieckim pył z nadkaspjskich pustyń unoszony jest przez południowo-wschodnie wiatry nawet do cen-

tralnych rejonów Kraju Rad. Najdrobniejsze pyłki mogą długo utrzymać się w powietrzu, a prądy powietrzne przenoszą je przez całe kontynenty.

W latach posuchy w północnym, rzadko zaludnionym pasie europejskiej części ZSRR i na Syberii powstają suche tumany pyłu wskutek przypadkowych pożarów lasów. Płoną drzewa, zarośla i trawy oraz tli się torf. Gryzący, szarawy dym o charakterystycznym swędzie spalenizny rozprzestrzenia się szeroko dokoła, sprawiając, że powietrze staje się mętne i nieprzejrzyste. Ten swąd może rozprzestrzeniać się na tysiące kilometrów przenikając daleko za granice strefy lasów.

Zmętnienia dymowe stają się gęstsze podczas cichej pogody; wiatr rozwiewa dym i tym samym rozjaśnia atmosferę. Natomiast tumany pyłu gęstnieją w miarę wzmagania się wiatru.

Do zmętnienia powietrza w niemałym stopniu przyczynia się też działalność człowieka. Podczas suszy nawet jazda polnymi drogami źle wpływa na przejrzystość powietrza powodując unoszenie się gęstego kurzu. Samochód jadący po stepie widoczny jest często na dziesiątki kilometrów, towarzyszy mu bowiem olbrzymi obłok kurzu.

Wielkie miasta i duże fabryki są zawsze spowite szarą zasłoną mętnego powietrza, w którym unosi się kurz z jezdni, produkty spalania benzyny samochodowej, a przede wszystkim dym wydobywający się z kominów domów i fabryk. W tej przesyconej sadzami, pyłem i różnymi gazami atmosferze wilgoć zagęszcza się ze szczególną łatwością. Wskutek tego w wielkich miastach mgły występują znacznie częściej niż w osiedlach typu wiejskiego. Warunki widoczności dalekich przedmiotów pogarszają się znacznie, co na przykład bardzo przeszkadza w regularnej pracy portów lotniczych. Gorsze są również warunki oświetlenia naturalnym dzien-

nym światłem. Prócz tego przesycona różnymi chemicznymi produktami mgła jest szkodliwa dla zdrowia. Dlatego też w miastach prowadzi się zawsze energiczną walkę z dymem i kurzem.

To, co w warunkach pokojowego życia jest szkodliwe, w warunkach wojennych może okazać się bardzo użyteczne. W czasie działań bojowych trzeba czasem koniecznie ukryć przed obserwacją lotnictwa nieprzyjacielskiego ruchy wojsk, osiedle, zakład przemysłowy, budynek lub choćby na krótki czas swoje okręty czy samoloty. Tu przychodzą z pomocą sztucznie wytwarzane mgły. Są to zasłony dymne, które szeroko stosuje się w nowoczesnej wojnie.

Dla uzyskania maskujących zasłon dymnych używane są różnorodne środki dymotwórcze, które paląc się wydzielają dużo gęstego dymu. W czasie cichej bezwietrznej pogody smuga takiego dymu pełzającego powoli po terenie tworzy zasłonę, która kryje przed wzrokiem nieprzyjaciela wszystko, co się za nią znajduje. W innych wypadkach zadymia się cały odcinek terenu i wszystkie znajdujące się na nim przedmioty w celu ukrycia go przed nieprzyjacielem.

#### PROMIEŃ ŚWIATŁA W ZAMGLONYM POWIETRZU

Jeśli przez warstwę mętnego powietrza przechodzi promień światła, to natężenie jego słabnie. Im droga promienia jest dłuższa i im bardziej zanieczyszczone jest powietrze, tym mniej przechodzi przez nie światła. Znają to dobrze reflektorzyści. Gdy oświetlają oni jakikolwiek cel potężnym snopem promieni reflektora, to oświetlenie uzyskuje się tym słabsze, im bardziej odległy jest przedmiot, który się oświetla. Strata światła szybko zwiększa się w miarę wzrastania zanieczyszcze-

nia powietrza. Toteż podczas mglistej pogody atmosfera przepuszcza światło tak źle, że wykorzystywanie reflektora na dalekie odległości jest zgoła niemożliwe. Przyczyną tego są straty światła przy przechodzeniu przez zanieczyszczone powietrze, które, jak to się mówi, „pochłania” je. Dla wyrażenia tych strat w cyfrach stosuje się tak zwany współczynnik przejrzystości.

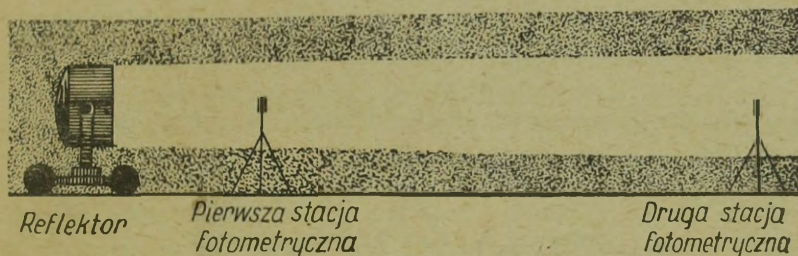
Zmierzmy całkowitą ilość światła jakiegokolwiek strumienia promieni. Np. zmierzmy światło reflektora, najpierw przed wejściem w powietrze, a potem po przejściu promieni reflektora przez warstwę powietrza o grubości jednego kilometra. W drugim wypadku światła będzie mniej. Liczbę określającą stosunek ilości światła, która przeniknęła przez warstwę powietrza o grubości 1 km do ilości światła, jaka została skierowana w tę warstwę powietrza, nazywamy właśnie współczynnikiem przejrzystości. A zatem:

$$\text{Współczynnik przejrzystości} = \frac{\text{Ilość światła, która przeniknęła przez warstwę powietrza o grubości 1 km}}{\text{Ilość światła, jaka została skierowana w warstwę powietrza o grubości 1 km}}$$

Inaczej mówiąc, aby obliczyć współczynnik przejrzystości, należy ilość światła, która przeniknęła przez warstwę powietrza o grubości 1 km, podzielić przez ilość światła, jaka została skierowana w tę warstwę.

Do określania przezroczystości powietrza zbudowano wiele różnych specjalnych przyrządów. Na rys. 11 pokazany jest schemat pomiarów za pomocą reflektora. Strumień światła skierowany jest równoległe do powierzchni ziemi. W dwu punktach położonych wzdłuż tego strumienia urządzono stacje obserwacyjne. Na każ-

dej z nich znajduje się obserwator wyposażony w specjalny przyrząd — fotometr, umożliwiający pomiar natężenia światła. Porównując pomiary dokonane na jednej i na drugiej stacji określa się, ile światła stracono na drodze między stacjami.



Rys. 11. Pomiar współczynnika przejrzystości powietrza za pomocą reflektorów

Oto niektóre wartości współczynnika przejrzystości w różnych warunkach:

Stan atmosfery	Współczynnik przejrzystości	Odległość widzialności w km
Powietrze o absolutnej czystości	0,99	300
Wyjątkowo wysoka przejrzystość	0,97	150
Powietrze bardzo przejrzyste	0,96	100
Dobra przejrzystość	0,92	50
Średnia przejrzystość	0,81	20
Powietrze nieco mętne	0,66	10
Powietrze mętne	0,36	4
Powietrze bardzo mętne	0,12	2
Lekka mgła	0,015	1
Mgła	od $2 \times 10^{-4}$ do $8 \times 10^{-10}$	0,5 0,2
Gęsta mgła	od $10^{-19}$ do $10^{-34}$	0,1 0,05

Jeśli znany jest współczynnik przejrzystości, to nie trudno obliczyć, jaka część światła przechodzi przez warstwę dwu- trzy- czterokilometrową i większą.

W tym celu należy podnieść wartość współczynnika przejrzystości do potęgi równej liczbie kilometrów. Gdy na przykład współczynnik przejrzystości równa się 0,8, to przez warstwę powietrza o grubości 2 km przejdzie część światła równa

$$0,8 \times 0,8 = 0,8^2 = 0,64$$

Po przejściu przez trzykilometrową warstwę powietrza zostanie część światła równa

$$0,8 \times 0,8 \times 0,8 = 0,8^3 = 0,512 \text{ itd.}$$

Gdzież się podziało światło zatrzymane w mętym powietrzu? Bardzo mała jego cząstka „pochłaniana“ jest istotnie i zamienia się w ciepło, które ogrzewa powietrze. Reszta światła zachowuje postać promieni świetlnych, lecz zmieniają one kierunek. Napotkawszy unoszącą się w atmosferze kropelkę mgły, pyłek lub nawet cząstkę powietrza promień świetlny ulega odbiciu, a dokładniej mówiąc rozproszeniu w różne strony. To rozproszone światło zostaje oderwane od zasadniczego strumienia i wskutek tego zaczyna świecić cała objętość powietrza, przez którą przenikają promienie świetlne. Szczególnie dobrze można to zaobserwować wówczas, kiedy się patrzy na światło reflektora w ciemną noc. Gdziekolwiek stoi obserwator, zawsze widzi wyraziście drogę promieni świetlnych w kształcie długiego słupa świetlnego leżącego między reflektorem a oświetlanym przedmiotem.

Wzdłuż całej drogi promienia powietrze rozjaśnia się i jest dobrze widoczne na ciemnym tle. Skąd bierze się światło, które widzimy? Dzieje się to kosztem tej części promieni reflektora, która uległa rozproszeniu, rozsia-

niu w różne strony wskutek odbicia od cząstek powietrza, mgły itp.

Rozproszenie światła to zjawisko bardzo złożone. Promień świetlny po odbiciu się od jednej cząstki może trafić w inną cząstkę i odbić się po raz drugi. Odbity dwukrotnie promień może znów trafić na cząstkę i odbić się po raz trzeci itd. Dokładne obliczenie takich odbić to bardzo trudny problem matematyczny. Światnie rozwiązał go wybitny radziecki uczoney W. Ambarcumian.

Rozpraszenie i pochłanianie światła odgrywa wielką rolę w przyrodzie. Na przykład promienie słoneczne w drodze ku Ziemi przechodzą przez atmosferę, w której część ich ulega rozproszeniu. Wskutek tego światło słoneczne dochodzi do Ziemi znacznie osłabione. Lecz za to rozproszone światło oświetla niebo i przez to powraca częściowo do nas. Potok rozproszonego światła, wypełniający warstwę powietrza nad naszymi głowami, sprawia wrażenie jasnego błękitnego nieba. Światłem tego nieba opromieniane są te miejsca, gdzie bezpośrednie promienie Słońca nie dochodzą. Na przykład przy ścianie zasłaniającej Słońce, w gęstwinie lasu, w głębi wąwozu lub w pokoju, którego okna wychodzą na północ, jest całkiem jasno, mimo iż promienie słoneczne nie dochodzą tam bezpośrednio.

W pochmurne dni nie widzimy zupełnie Słońca, lecz oświetla nas wyłącznie samo rozproszone światło.

#### DLACZEGO WE MGLE ŹLE WIDZIMY PRZEDMIÓTY?

W mglisty dzień dalekie przedmioty widać niewyraźnie, a bardzo dalekie w ogóle giną nam z oczu. Dlaczego tak się dzieje? Co jest przyczyną takiego wpływu mgły na widzialność?

Na pierwszy rzut oka wszystko wydaje się bardzo proste. Mgła osłabia światło biegnące ku nam od obserwowanego przedmiotu i dlatego przedmiot ten ginie nam z oczu. Jednakże takie wyjaśnienie będzie trafne jedynie w wypadku obserwowania jaskrawych, świecących przedmiotów w nocy, gdy mgła nie jest niczym oświetlana i wskutek tego pozostaje ciemna. W warunkach obserwacji dziennej, gdy mgła jest oświetlona dziennym światłem, przypisywanie pogorszenia widzialności samemu osłabieniu światła jest błędne.

Łatwo zauważyć, że jasnoszary lub biały przedmiot znika we mgle już wtedy, gdy na drodze zostaje pochłonięta połowa lub trzy ćwierci światła. Jeśli natomiast na ten przedmiot będziemy patrzeć przez szare, przeciwsloneczne szkła o takiej samej przepuszczalności światła, to będzie on widoczny doskonale. Różnica polega na tym, że we mgle dokonywa się silne rozproszenie światła, czego nie ma w ciemnym szkłe, w którym promienie słabną wskutek pochłaniania ich i przemiany energii świetlnej w ciepło, a nie wskutek rozpraszania na wszystkie strony, jak to ma miejsce we mgle.

Dany przedmiot widzimy tylko wówczas, gdy odróżnia się on od tła swą jaskrawością lub barwą. Jeżeli jaskrawość i barwa przedmiotu są takie same jak tła, to nie sposób go spostrzec; zleje się on z tłem w jednolite pole jednostajnej jaskrawości. Jest to szeroko wykorzystywane w czasie wojny. W zimie zwiadowcy wkładają białe płaszczki maskownicze, które zlewają się z tłem śniegu.

Wynika stąd, że przedmiot jest widoczny wtedy, gdy w dostatecznej mierze wyróżnia się on jaskrawością (lub barwą) na określonym tle. Inaczej mówiąc konieczne jest, by k o n t r a s t j a s k r a w o ś c i między przedmiotem a tłem był wystarczająco wielki. Ustalono, że w sprzyjających dla widzenia warunkach (jasne, lecz

nie oślepiające oświetlenie, duże widzialne wymiary) przedmiot będzie dostrzegalny, jeśli jego jaskrawość odróżniać się będzie zaledwie o 1% od otaczającego tła. Przy słabym oświetleniu, na przykład o zmierzchu lub w nocy, niezbędne jest o wiele większe zróżnicowanie jaskrawości, by przedmiot można było rozpoznać.

Kiedy patrzymy na przedmiot przez mgłę, to zachodzą dwa zjawiska: po pierwsze, światło odbite od przedmiotu słabnie przy przechodzeniu przez mgłę, po wtóre, warstwa mgły zawarta między obserwatorem a przedmiotem wydziela własne rozproszone światło, które równomiernie pada zarówno na przedmiot, jak i na tło. Z tego powodu kontrast jaskrawości między przedmiotem a tłem zaciera się i przedmiot staje się trudniej dostrzegalny. Zależnie od grubości i gęstości warstwy mgły maleje jaskrawość przedmiotu i tła w stosunku do równomiernej jaskrawości zasłony świetlnej utworzonej z mgły i właśnie skutkiem tego pogarsza się widzialność.

Weźmy dla przykładu biały przedmiot na ciemnym tle, powiedzmy biały dom na tle ciemnego lasu. Jeśli nie ma mgły, widać go z daleka całkiem wyraźnie, ponieważ jego jaskrawe zarysy występują wyraziście na ciemnym tle. Natomiast gdy teren pokryje mgła, to las nie będzie już wydawał się ciemny, ponieważ okryje go warstwa mgły rozpraszająca światło; jednocześnie zaś dom wyda się mniej jasny, gdyż jaskrawość osłabnie wskutek pochłaniania. Kontrast, to jest różnica jaskrawości między przedmiotem a tłem, zmniejszy się i w związku z tym przedmiot będzie się wyróżniał słabiej. Im bardziej mętne jest powietrze, im gęstsza mgła, tym jaśniejszy wyda się las, a bledszy biały przedmiot. Jeśli powietrze będzie bardzo zmętniałe, to od białego przedmiotu dojdzie tak mało światła do obserwatora i tak

wiele rozproszy się go we mgle, że różnica między przedmiotem a tłem okaże się mniejsza niż 1%. W takich wypadkach oko zupełnie nie może dostrzec przedmiotu, będzie on niewidoczny za mętną zasłoną mgły.

## WIDZIALNOŚĆ

Jeśli w mglisty dzień oddalamy się szybko od ciemnego przedmiotu, na przykład od wzgórza pokrytego świerkowym lasem, to możemy wówczas zaobserwować następujące zjawisko. W bliskiej odległości ściana świerkowego lasu będzie miała ciemnozielony, prawie czarny kolor. Na pewnej odległości pokryje się ona ledwie widoczną jasną mgielką, która zacznie zacierać szczegóły pojedynczych drzew. W miarę zwiększania się odległości las będzie się wydawał coraz jaśniejszy. Oto okrył go już jasny, niebieski welon. Z kolei welon ten staje się modrawy. Jeśli oddalimy się jeszcze bardziej, las będzie ledwie widoczny na tle horyzontu. Jeszcze kilka kilometrów i te mało widoczne zarysy znikną całkowicie na jasnym tle nieba; lasu nie będzie już widać, okryje go mglista zasłona.

Ta odległość, z jakiej oko przestaje rozróżniać przedmiot w mętym powietrzu, nazywa się widzialnością. Nie należy jej mylić z odległością odkrycia — odległością, na której przedmiot ukazuje się zza horyzontu lub zza jakichkolwiek innych zasłon.

Przy czystym, przejrzystym powietrzu widnokrąg jest najczęściej ograniczony przez horyzont, a jego zasięg określa odległość odkrycia opisana w rozdziale II. Przy mglistym, mało przejrzystym powietrzu widnokrąg ograniczony jest wskutek tego, że odległe części krajobrazu giną za zasłoną mgły lub chmury. W tym wypadku wi-

działność będzie ściśle związana ze stanem atmosfery i umiejętne wyzyskanie warunków widzialności może sprzyjać działaniom bojowym na lądzie, na morzu i w powietrzu.

Przy tej czy innej przezroczystości powietrza zasięg widzialności bywa różny dla różnych przedmiotów. Zależy to od zabarwienia, wielkości przedmiotów i położenia ich względem Słońca. Zagadnienie to zostało gruntownie zbadane przez uczonych radzieckich, którzy wyjaśnili prawa określające stopień widzialności lub całkowitą niewidoczność danego przedmiotu w różnych warunkach.

Duże przedmioty będą widoczne z większej odległości niż małe. Często wysokie wzgórze widoczne jest z daleka, natomiast znacznie bliżej rozmieszczone słupy telegraficzne, wyraziście występujące podczas jasnej pogody, nikną we mgle. Mały kuter torpedowy może we mgle zbliżyć się do dużego okrętu na odległość dość wyraźnej widoczności, pozostając sam niewidoczny.

Co do wpływu zabarwienia na widzialność, to najmniej skomplikowana jest sprawa z przedmiotami w kolorze czarnym, dla których tło stanowi niebo przy samym horyzoncie. Absolutnie czarny przedmiot pochłania wszystkie padające nań promienie i nic nie odbija. Dlatego jaskrawość takiego przedmiotu przy najbardziej silnym oświetleniu jest równa zeru. Jednakże gdy patrzymy na taki czarny przedmiot z daleka, to wydaje się nam, że jest on stosunkowo jasny. W tym wypadku jasność ta powstaje kosztem światła rozproszonego w powietrzu między obserwatorem a przedmiotem. Ta okoliczność upraszcza wszystkie obliczenia związane z określeniem widzialności.

Okazuje się, że widzialność całkowicie czarnego przedmiotu na tle nieba zależy jedynie od przezroczystości

powietrza, charakter zaś dziennego oświetlenia nie odgrywa tu żadnej roli. Bez względu na to, czy świeci jasne słońce, czy też niebo pokryte jest całkowicie chmurami, widzialność będzie jedna i ta sama, jeżeli nie ulegnie zmianie współczynnik przezroczystości.

Jeśli stopień zagęszczenia mgły jest wszędzie jednakowy, to i zasięg widzialności czarnych przedmiotów będzie jednakowy we wszystkich kierunkach. Przy słonecznej pogodzie przedmioty takie są jednakowo daleko widoczne zarówno pod Słońce, jak i od strony Słońca, chociaż horyzont i warstwy mgły różnej grubości są pod Słońce zawsze o wiele bardziej jasne niż w innych kierunkach.

Widzialność absolutnie czarnego przedmiotu o dużych wymiarach na tle nieba na horyzoncie nazywamy ilustratywną lub meteorologiczną widzialnością.

Oczywiście w przyrodzie nie ma przedmiotów absolutnie czarnych. Każdy rzeczywisty przedmiot odbija choć trochę promieni światła, które nań padają. Stąd i meteorologiczna widzialność jest do pewnego stopnia umowną, teoretyczną charakterystyką widzialności. Jednakże istnieje niemało ciemnych przedmiotów, które słabo odbijają światło. Do nich należą na przykład: drzewa iglaste, drzewa liściaste w lecie, zbocza wzgórz pokryte czarnoziemem (zwłaszcza w deszczową pogodę), niektóre budowle, ludzie w ciemnych ubraniach, okręty pomalowane na czarno, parowozy i inne przedmioty. Dla takich przedmiotów rzeczywista widzialność będzie bardzo niewiele różnić się od meteorologicznej i wszystko, co zostało powiedziane o warunkach widzialności zupełnie czarnego przedmiotu, odnosi się również do nich.

O wiele bardziej skomplikowana jest sprawa widzialności jasnych przedmiotów odbijających wiele promieni.

W czasie pochmurnej pogody, gdy nie ma bezpośrednich promieni słonecznych, nawet najbardziej jasne przedmioty wydają się zazwyczaj ciemniejsze niż niebo na horyzoncie i widzialność tych przedmiotów będzie bezwzględnie mniejsza niż meteorologiczna. Szary przedmiot wyróżnia się mniej swą jaskrawością na tle horyzontu niż przedmiot czarny, gdyż kontrast jaskrawości między nim a tłem nieba jest mniejszy, a zatem skryje się on we mgle na mniejszej odległości. Najmniej widoczne są jasnoszare lub białe przedmioty, na przykład wzgórza pokryte śniegiem, które i bez mgły zlewają się prawie z mlecznym tłem zachmurzonego horyzontu. Wystarczy stosunkowo cienka warstwa mgły, by stały się one niewidoczne.

Podczas słonecznej pogody jest odwrotnie: białe przedmioty widoczne są dalej niż jakiegokolwiek inne. Gdy oświetlają je promienie słoneczne, wydają się one o wiele bardziej jasne niż niebo na horyzoncie i stanowią z jego tłem bardzo wyrazisty kontrast. Dzięki temu ich widzialność może być nawet większa niż widzialność czarnego przedmiotu. Zresztą zachodzi to jedynie w stronie przeciwległej do Słońca. Pod Słońce natomiast najbardziej białe przedmioty wydają się ciemne, a ich widzialność będzie mniejsza od meteorologicznej.

W czasie jasnej pogody i w stronie przeciwległej do Słońca najgorzej widoczne są przedmioty szare, które odbijają około  $1/4$  padających na nie promieni.

Warunki widzialności powinny być brane pod uwagę przy doborze barw podczas malowania różnych przedmiotów. Jeśli chcemy, by przedmiot był widoczny z jak najdalszej odległości i jeśli będziemy na niego patrzeć od strony Słońca oraz przy dobrej pogodzie, to najlepiej pomalować go na kolor biały. I odwrotnie, jeśli przedmiot ma być dobrze widoczny we mgle lub pod Słońce,

to najbardziej odpowiedni będzie dla niego kolor czarny. W praktyce różne urządzenia sygnałowe trzeba oglądać z różnych stron i przy różnej pogodzie. Stąd takie przedmioty, jak słupy kilometrowe, szlabany, morskie latarnie itp. najczęściej maluje się w białe i czarne pasy. Jeśli zaś zachodzi potrzeba, by przedmiot nie wyróżniał się na tle nieba i horyzontu, należy używać szarej farby w takim czy innym odcieniu. Jako przykład może służyć malowanie szarą farbą okrętów wojennych, by jak najmniej widoczne były dla przeciwnika.

Fizyczne badanie zagadnień widzialności doprowadza do jednego nader ważnego dla praktyki wniosku. Okazuje się, że w danych warunkach oświetlenia widzialność przedmiotu o dowolnej barwie jest wprost proporcjonalna do widzialności przedmiotu czarnego. Oznacza to, że jeśli wskutek zmniejszenia się przezroczystości powietrza czarny przedmiot ginie z oczu dwa razy bliżej niż poprzednio, to i dla każdego innego przedmiotu widzialność zmniejszy się także dwukrotnie. Otwiera to drogę do wygodnego w praktyce sposobu określania widzialności różnych przedmiotów.

Dowódca przeprowadzający działania bojowe musi czasem uwzględnić widzialność najróżnorodniejszych przedmiotów. Określanie jej dla każdego przedmiotu drogą bezpośredniej obserwacji byłoby niemożliwe. Można natomiast z obserwacji czarnych przedmiotów lub przez pomiar współczynnika przezroczystości powietrza za pomocą fotometru określić meteorologiczną widzialność; w celu zaś przejścia od niej do rzeczywistej widzialności wystarczy pomnożyć jej wartość przez współczynnik widzialności charakteryzujący widzialność danego przedmiotu. W tabeli 3 podane są przykładowo takie współczynniki dla niektórych przedmiotów w warunkach pochmurnej pogody.

T a b e l a 3

## Współczynnik widzialności niektórych przedmiotów

Przedmiot	Tło	K
Budynek z kłoców (chałupa, szopa)	Las	0,89
	Ziemia	0,55
	Śnieg	0,99
	Pochmurne niebo	0,97
Czerwony dach blaszany	Las	0,64
	Łąka	0,78
	Pochmurne niebo	1,10
Czerwony murowany budynek	Las	0,76
	Łąka	0,74
	Pochmurne niebo	0,98
Biała kamienica	Las	0,89
	Łąka	0,78
	Pochmurne niebo	0,94
Drzewa iglaste	Łąka	0,52
	Lasek	0,72
	Ziemia	0,57
	Śnieg	0,97
	Pochmurne niebo	0,99

Omówimy na przykładzie, jak posługiwać się taką tabelą. Załóżmy, że meteorologiczna widzialność wynosi 7 km. Mamy określić, jaka będzie granica widzialności szarego budynku z bierwion na tle ziemi. Dla takiego wypadku podano w tablicy współczynnik 0,55. Za jego pomocą z łatwością znajdujemy poszukiwaną przez nas widzialność:

$$7 \text{ km} \times 0,55 = 3,8 \text{ km.}$$

Do obliczeń widzialności dalekich przedmiotów w różnych warunkach zostały opracowane i wydane specjalne szczegółowe tablice. Profesor N. Bołdyriew opracował dla tych obliczeń odpowiedni nomogram, a W. Weinberg zbudował prosty przyrząd umożliwiający łatwe ustalenie widzialności w określonych warunkach.

## OBSERWACJA WIDZIALNOŚCI NA STACJACH METEOROLOGICZNYCH

Przezroczystość powietrza i związana z nią widzialność, podobnie jak wszystkie inne właściwości ośrodka powietrznego, są zmienne i niestałe. Toteż w miejscach, gdzie warunki terenowe umożliwiają obserwację szerokiego i urozmaiconego widnokregu, wygląd krajobrazu zmienia się z dnia na dzień zależnie od tego, jak daleko udaje się ujrzeć przedmioty naziemne. Po dniach mglistych z opadami, kiedy odległe partie krajobrazu ledwie wyłaniają się zza niebieskawej zasłony powietrznej, przychodzą dni takie, że powietrze jest wyjątkowo czyste i najbardziej odległe partie krajobrazu występują ostro i wyraziście. W okresie deszczów i mgieł dal całkowicie zanika i tam, gdzie w przeddzień był piękny krajobraz, nie zostaje nic prócz szarobiałego morza powietrznych zmętnień.

W ten sposób warunki widzialności dalekich przedmiotów, podobnie jak inne zjawiska atmosferyczne (obłoki i wiatr), stanowią jeden z czynników pogody. Dlatego też widzialność określa się codziennie na stacjach meteorologicznych. Jak się tego dokonywa?

Najdokładniejszym sposobem określania widzialności tego czy innego przedmiotu byłoby stopniowe oddalanie się prostą drogą od tego przedmiotu tak długo, aż zniknie on z oczu. Oczywiście w rzeczywistości niesposób stosować tego rodzaju obserwacji. W bardzo czystym powietrzu widzialność może sięgać do 100—200, a nawet 300 km.

Obserwacja widzialności przeprowadzana jest w praktyce meteorologicznej w bardzo prosty sposób. Zamiast śledzić jeden przedmiot z różnych odległości, wybiera się kilka nieruchomych przedmiotów oddalonych na różne, lecz dokładnie odmierzone odległości. Obserwacja po-

lega na tym, że obserwuje się, które z tych przedmiotów w danych warunkach widać, a których nie widać. Na przykład jeśli las odległy o 9 km jest ledwie widoczny, a las odległy o 11 km jest w ogóle niewidoczny, to można twierdzić, że widzialność wynosi ok. 10 km.

Oczywiście trudno dobrać taki teren, w którym na każdym kilometrze znalazłby się jakiś odpowiedni do oceny odległości przedmiot. Ale tego wcale się nie wymaga. W służbie meteorologicznej do obserwacji widzialności wystarczy mieć 9 przedmiotów rozmieszczonych na następujących odległościach: 50 m, 200 m, 500 m, 1 km, 2 km, 4 km, 10 km, 20 km i 50 km.

Ocenę odległości określa się w stopniach, które mają następujące wartości:

Jeśli przedmiot jest widoczny z odległości	a niewidoczny z odległości	stopień widzialności wynosi	wsp. $K$
—	50 m	0	10 <sup>-34</sup>
50 m	300 m	1	10 <sup>-19</sup>
200 m	500 m	2	2 · 10 <sup>-4</sup>
500 m	1 km	3	0,015
1 km	2 km	4	0,042
2 km	4 km	5	0,36
4 km	10 km	6	0,66
10 km	20 km	7	0,81
20 km	50 km	8	0,92
50 km i większej	—	9	0,98

Ocenę odległości wyrażoną w stopniach takiej skali przekazują codziennie telegraficznie wszystkie stacje krajowej sieci meteorologicznej. Przy tym do obserwacji wybiera się czarne lub przynajmniej dostatecznie ciemne przedmioty, na przykład lasy i drzewa, tak że obserwowana widzialność jest zbliżona do meteorologicznej. Jakie znaczenie mają tego rodzaju obserwacje?

Służą one bezpośrednio do celów operatywnej pracy.

Na przykład na morzach przy niedostatecznej widzialności zamiast zwykłych sygnałów wzrokowych uruchamia się dzwony, syreny i inne sygnały dźwiękowe ostrzegające okręty o niebezpieczeństwie. Sygnały dźwiękowe uruchamia się również na kolejach żelaznych. Zależnie od warunków widzialności, dostatecznych czy niedostatecznych dla lądowania samolotu, zakazuje się lądowania i startu samolotów na lotniskach. W czasie wojny dowódca przeprowadzający operację bojową ocenia, z jakiej odległości można liczyć na rozpoznanie nieprzyjaciela i skąd może być on sam dostrzeżony przez nieprzyjaciela.

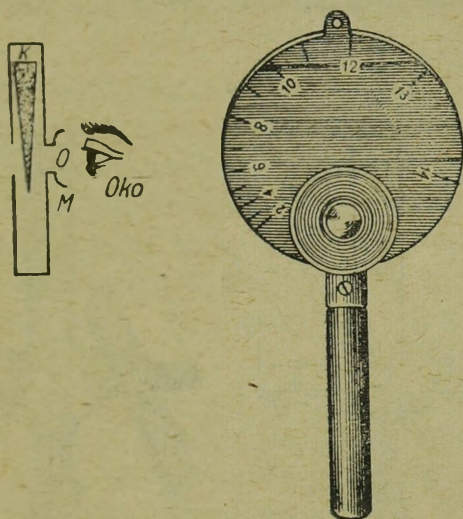
Dane o widzialności pomagają synoptykowi, to jest osobie zajmującej się przewidywaniem pogody, zorientować się w układzie mas powietrznych. Masy powietrza napływające z okolic biegunowych najczęściej są bardzo czyste i przezroczyste. Inaczej jest z masami powietrznymi pochodzenia zwrotnikowego, które są mętne wskutek nasycenia pyłem z pustyni i stepów. Nanosząc obserwacje widzialności na mapę synoptyk zwraca uwagę, gdzie przepływają przejrzyste biegunowe masy powietrza i gdzie zalegają mętne masy zwrotnikowe. Pomaga mu to w trudnej pracy przewidywania pogody.

Na podstawie danych z wieloletniej obserwacji widzialności można obliczyć, ile dni w roku w jakiejś miejscowości bywa widzialność dobra, a ile dni zła, jak rozkładają się różne stopnie widzialności w poszczególnych porach roku, godzinach dnia itd. Porównując takie obliczenia dokonane na różnych stacjach poznajemy, jakie obszary kuli ziemskiej wyróżniają się dobrą widzialnością, a jakie złą, i możemy wykreślać mapy rozkładów widzialności, podobnie jak wykreśla się mapy zachmurzenia, temperatury lub wilgotności. A zatem widzialność, podobnie jak inne czynniki pogody, można rozpatrywać jako zjawisko klimatologiczne.

## PRZYRZĄDY DO POMIARÓW WIDZIALNOŚCI

Nie zawsze widnokrąg jest tak szeroki, że można obserwować przedmioty oddalone o 20 — 25 km. Jak więc w takich warunkach określić widzialność? Do określenia widzialności przy niedostatecznie rozległym widnokręgu zbudowane są specjalne przyrządy — mierniki widzialności, czyli przejrzystościomierze.

Schemat jednego z najstarszych przyrządów tego rodzaju, zaprojektowany przez Wieganda, widzimy na rys. 12. Obserwator patrzy na daleki zamglony przedmiot

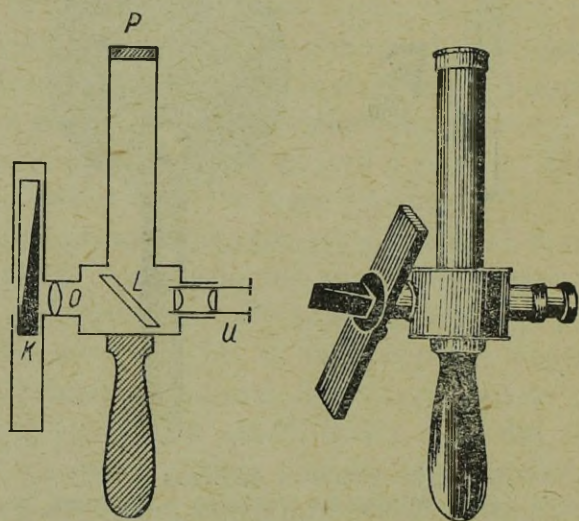


Rys. 12. Klinowy miernik widzialności Wieganda. Na lewo — schemat. Na prawo — wygląd zewnętrzny

przez otwór O w okularze M. Przed okulem wmontowany jest ruchomy klin K sporządzony ze specjalnego, z lekka przyciemnionego szkła. Kiedy klin jest odsunięty, widzimy przedmioty w ich naturalnym stanie. Jeśli natomiast zaczniemy go powoli wsuwać, to będziemy je widzieć gorzej (przez przyciemnioną płytkę). Im więcej

wsunięty zostanie klin, tym grubsza będzie warstwa przyciemnionego ośrodka przed okiem i tym bardziej osłabiona zostanie widoczność. Obserwator wsuwa klin dopóty, aż widok przedmiotu zniknie całkowicie, przesłonięty „sztuczną mgłą” przyciemnionej płytki.

Im czystsze jest powietrze, tym ostrzej widać przedmiot i tym więcej trzeba wsunąć klin. W związku z tym ruch klina, niezbędny dla spowodowania niewidoczności przedmiotu, może być miernikiem stopnia widoczności danego przedmiotu. Próbowano również obliczać widzialność według skali na klinie tego przyrządu, co jednak okazało się niepraktyczne. Dlatego też opisany tutaj wskaźnik widzialności Wieganda nie jest obecnie stosowany.



Rys. 13. Mgłomierz Szaronowa. Na lewo — schemat; na prawo — wygląd zewnętrzny

Na rys. 13 przedstawiony jest schemat mgłomierza Szaronowa. Sztuczną mgłę uzyskuje się tu za pomocą półprzezroczystego lustra *L*, które odbija do oczu obserwatora światło od białej przejrzystej płytki *P*, oświetlo-

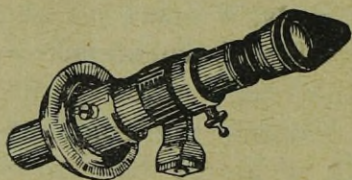
nej promieniami Słońca i nieba. Sam przyrząd ma kształt niewielkiej lunety składającej się z obiektywu O i okulara U. Przed obiektywem O można wsuwać szary pochłaniający światło klin K. Jeśli klin ten nie jest wsunięty, to w okularze widzimy daleki krajobraz oraz nałożoną nań poświatę sztucznej mgły. W miarę jak klin jest wsuwany, jasność przedmiotu krajobrazu stopniowo zmniejsza się, a jasność sztucznej mgły pozostaje nie zmieniona. Wskutek tego pole widzenia przyrządu zawleka jak gdyby sztuczna mgła, w której toną szczegóły oglądanego krajobrazu. Jeśli klin zostanie wsunięty dostatecznie głęboko, to oglądany krajobraz zniknie całkowicie na jednolitym białym tle światła odbitego od płytki L.

Zaleta tego mgłomierza w porównaniu z przyrządem Wieganda polega na tym, że według jego wskazań można określić meteorologiczną widzialność.

Właściwość tę ma również wiele innych przyrządów opracowanych później przez uczonych i konstruktorów radzieckich, a w szczególności warianty mgłomierzy zaprojektowane przez W. Faasa, W. Piskunowa oraz W. Gawriłowa.

Najważniejszą częścią we wszystkich tego rodzaju przyrządach jest pryzmat z przezroczystego, bezbarwnego szkła, który umieszcza się przed obiektywem niewielkiej lunety tak, że zasłania on sobą część obiektywu, a reszta zostaje wolna (rys. 14). Przy takim ustawieniu pryzmatu w polu widzenia lunety powstają dwa widoki krajobrazu: jeden uzyskany poprzez nie zasłoniętą część obiektywu (obraz jest na swym właściwym miejscu), drugi — utworzony przez promienie, które przeszły przez część obiektywu zasłoniętą pryzmatem (wskutek załamania promieni obraz jest przesunięty ku górze). Ten drugi obraz wypada na tle nieba pierwszego obrazu. Dlatego patrzący przez lunetę obserwator widzi

jak gdyby zawieszono w powietrzu na tle nieba nad horyzontem nikłe zarysy domów, drzew i innych dalekich przedmiotów. Przesuwając pryzmat można coraz bardziej osłabiać te wtórne obrazy i wreszcie doprowadzić



Rys. 14. Przyrząd do mierzenia widzialności opracowany w Głównym Obserwatorium Geofizycznym ZSRR przez B. Gawriłowa

je do całkowitego zaniku. Podczas obserwacji dobie-  
ra się takie ustawienie pryzmatu, aby obraz obserwowanego przedmiotu znalazł się akurat na granicy widzialności. Jedną z zalet przyrządów konstruowanych na powyższej zasadzie jest to, że można wykonywać je ja-

ko nasadki do umocowywania przed obiektywem dowolnej lunety lub lornetki.

Wszystkie przyrządy do pomiarów widzialności, w których obserwuje się zanik odległego przedmiotu, umożliwiają określenie widzialności z niewielką zaledwie dokładnością. Dlatego też wygodnie jest stosować takie przyrządy, które określają nie bezpośrednio widzialność, lecz przezroczystość powietrza, według której można z kolei określić widzialność za pomocą obliczeń. Takich przyrządów zwanych fotometrami skonstruowano bardzo wiele. W jednych mierzy się światło dalekiego ognia, w innych — światło promieni reflektora, jak to pokazano na rys. 11.

Radziecki uczoney W. Bierzekin opracował w szczególności sposób określania przezroczystości powietrza na zasadzie pomiaru jasności mgiełki powietrznej obserwowanej na tle dalekiego czarnego przedmiotu.

Jednakże wszystkie wymienione metody określania widzialności i przezroczystości powietrza mają tę istotną wadę, że stosowanie ich wymaga istnienia odległych

przedmiotów lub źródeł światła, co nie zawsze jest możliwe do urzeczywistnienia. Na przykład z okrętu na otwartym morzu lub z samolotu lecącego nad całunem obłoków nie można ujrzeć dalekich przedmiotów naziemnych. W takich wypadkach stosuje się przyrząd zwany nefelometrem (po grecku „nefelos” znaczy „mgła”). Jest to niewielkie przezroczyste pudełko, do którego zasysa się próbkę powietrza i oświetla się ją bardzo silnym snopem światła. Wskutek rozproszenia światła powietrze zaczyna świecić. Wówczas mierzy się jaskrawość tego świecenia. Im więcej jest w powietrzu kropelek mgły, pyłków i innych obcych cząstek, tym to rozproszone światło jest bardziej jaskrawe. Stąd z jego jaskrawości można wnioskować o stopniu zanieczyszczenia powietrza najrozmaitszymi domieszkami, a tym samym można określać warunki widzialności dalekich przedmiotów w takim powietrzu.

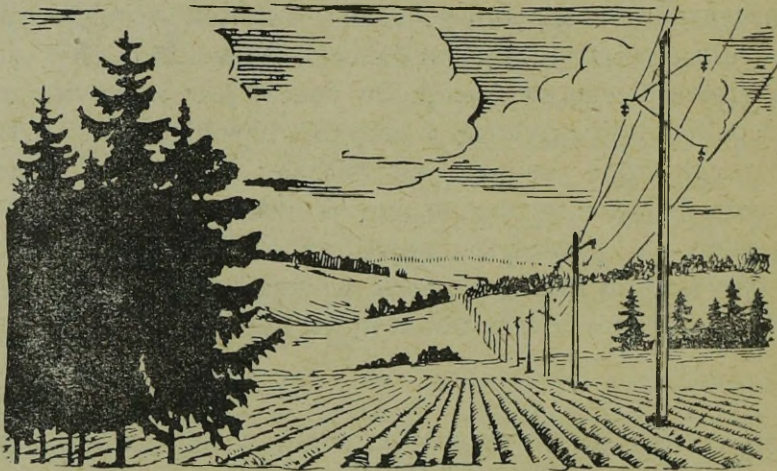
#### JAK OKREŚLAĆ METEOROLOGICZNĄ WIDZIALNOŚĆ BEZ POMOCY PRZYRZĄDÓW

Przy pewnej wprawie można z łatwością określać meteorologiczną widzialność bez użycia jakichkolwiek przyrządów orientując się jedynie według stosunkowo niedalekich i jeszcze wyraźnie widocznych przedmiotów krajobrazu. W tym celu należy nauczyć się porównywania na oko trzech rodzajów jaskrawości: przedmiotu bliskiego, przedmiotu dalekiego i nieba na horyzoncie.

Założmy, że naszymi przedmiotami są dwa pasma lasu, jedno leżące całkiem blisko, tak że na jego tle nie dostrzega się w ogóle mgiełki, a drugie znacznie oddalone. Bliskie pasmo wydawać się będzie bardzo ciemne, prawie czarne, dalekie zaś — jasne (rys. 15). Tak więc jaskrawość dalekiego lasu będzie zawsze leżeć między

jaskrawością lasu bliskiego a jaskrawością nieba na horyzoncie.

Podzielmy w myśli różnicę w jaskrawości między niebem a bliskim lasem na dziesięć równych części i oceńmy, ilu częściom odpowiada jaskrawość dalekiego lasu. Jeśli na przykład jaskrawość dalekiego lasu leży akurat pośrodku między jaskrawością nieba a bliskich drzew,



Rys. 15. Widok krajobrazu przy zmętnieniu powietrza. Wskutek rozpraszania się światła w powietrzu, im dalej leży las, tym bardziej wydaje się jasny

to odpowiada ona 5 stopniom skali, jeśli zaś jest nieco bliższa jaskrawości nieba — 6 stopniom. Gdy jaskrawość dalekiego lasu różni się bardzo nieznacznie od lasu bliskiego, to przyjmujemy, że równa się ona 1 stopniowi. Po nabyciu pewnej wprawy można w ten sposób z łatwością określać stopień jaskrawości danego przedmiotu. Zamieszczona niżej tablica 4 oraz rys. 15 ułatwią opanowanie tej umiejętności.

Oczywiście można obserwować nie tylko las. Dowolne dwa przedmioty nadają się również do tego rodzaju obserwacji pod warunkiem, że będą one całkowicie

jednakowe pod względem rzeczywistej (tj. widzianej z bliska, nie z daleka) jaskrawości. Ponadto jeden przedmiot musi znajdować się tak blisko, by nie było na nim znać mgiełki, drugi zaś w takiej odległości, żeby jego jaskrawość różniła się wyraźnie od jaskrawości pierwszego. Należy podkreślić, że do tego celu najlepiej wybierać przedmioty ciemne.

Tabela 4

**Dziesięciostopniowa skala ocen jaskrawości odległych przedmiotów przez porównywanie z przedmiotem bliskim i tłem nieba na horyzoncie**

Sto- pień	O p i s
0	Daleki przedmiot nie różni się wcale jaskrawością od bliskiego.
1	Daleki przedmiot jest nieco jaśniejszy niż bliski.
2	Daleki przedmiot jest całkiem wyraźnie jaśniejszy od bliskiego.
3	Daleki przedmiot jest znacznie lepiej oświetlony od bliskiego, jednakże pod względem jaskrawości zbliżony jest raczej do przedmiotu bliskiego niż do tła nieba.
4	Daleki przedmiot zajmuje pod względem jaskrawości pośrednie miejsce między przedmiotem bliskim a niebem, z lekkim zbliżeniem do jaskrawości przedmiotu bliskiego.
5	Daleki przedmiot jest pod względem jaskrawości akurat w środku między przedmiotem bliskim a niebem.
6	Jaskrawość dalekiego przedmiotu wypada pośrodku jaskrawości bliskiego przedmiotu i nieba, lecz odchyła się nieco ku jaskrawości nieba.
7	Daleki przedmiot jest wyraźnie bliższy jaskrawości nieba niż jaskrawości naziemnego przedmiotu.
8	Daleki przedmiot pod względem jaskrawości jest bliski jaskrawości nieba.
9	Daleki przedmiot różni się bardzo niewiele od jaskrawości nieba, ledwie zaznacza się na nim jako przezroczysta sylweta.
10	Daleki przedmiot jest niewidoczny (zlewa się z niebem).

Chcąc określić w stopniach meteorologiczną widzialność trzeba znać odległość do dalekiego przedmiotu; odległość tę trzeba pomnożyć przez liczbę odpowiadającą ocenie w stopniach.

Stopień	Mnożnik	Stopień	Mnożnik
1	39,8	6	4,6
2	18,8	7	3,5
3	11,8	8	2,6
4	8,3	9	1,8
5	6,1		

Odległość pomnożona przez podane w tablicy wartości będzie właśnie meteorologiczną widzialnością. Omówimy to na przykładzie. Odległość do dalekiego lasu wynosi 7,4 km, a jego jaskrawość określono na 4 stopnie. A zatem meteorologiczna widzialność równa się

$$7,4 \text{ km} \times 8,3 = 61,4 \text{ km.}$$

Dla ułatwienia obserwacji według opisanego sposobu zbudowano przyrząd, tzw. diafanoskop Szaronowa. Jest to niewielka lornetka, przez którą patrzy się na dalekie przedmioty. Na tle nieba obok tych przedmiotów widzi się szereg kwadracików o różnym zaczernieniu. Zaobserwowaną jaskrawość przedmiotu porównywa się z tymi właśnie kwadracikami.

#### OPALIZOWANIE W MĘTNYM POWIETRZU

W słoneczny dzień, gdy powietrze jest dość czyste, dal wydaje się zazwyczaj niebieska. Daleki las na horyzoncie nie zieleni się, lecz ma kolor ciemnoniebieski, dalekie wzgórza i bardzo odległe góry wydają się niebieskawe. Natomiast białe przedmioty, na przykład szczyty górskie pokryte śniegiem lub chmury kłębiaste na horyzoncie, mają wygląd żółtawy lub różowy. Takie połączenia różowo-niebieskich barw w dalekich partiach

„krajobrazu przypominają grę światel w szlachetnym kamieniu opalu. Stąd lekkie zmętnienie dalekich części krajobrazu nazywa się czasem opalizowaniem. W czym tkwi przyczyna tego interesującego zjawiska?

Zdolność rozpraszania światła mają nie tylko ciała obce unoszące się w powietrzu, jak na przykład pyłki, lecz i cząsteczki (molekuły) tych gazów, z których składa się samo powietrze. Wymiary molekuł są o wiele mniejsze od kropel mgły czy drobinek pyłu. A bardzo małe drobinki rozpraszają promienie różnych kolorów niejednakowo. Najsilniej odbijane są przez nie promienie nadfioletowe (niewidoczne gołym okiem), mniej silnie — fioletowe. Dalej idą kolejno promienie ciemnoniebieskie, niebieskie, zielone, żółte, pomarańczowe i czerwone. Najślabiej odbijane są promienie ciepłne, czyli podczerwone.

Gdy snop promieni słonecznych przechodzi przez powietrze, wówczas część światła ulega rozproszeniu, to znaczy oddziela się od tego snopa i jest rozsiewana na wszystkie strony. Niebieskie i fioletowe promienie rozpraszają się znacznie silniej niż czerwone. Wskutek tego w snopie promieni, które przeszły przez powietrze, zostaje więcej promieni żółtych i czerwonych niż ciemnoniebieskich i fioletowych i dlatego światło staje się czerwone.

To zaś światło, które zostaje rozproszone na boki, ma właśnie nadmiar promieni ciemnoniebieskich, a zatem będzie ono miało barwę niebieską. Wszystko to daje się zaobserwować w przyrodzie. Gruba warstwa powietrza nad naszymi głowami przybiera niebieską barwę wskutek silnego rozproszenia ciemnoniebieskich i fioletowych promieni, które sprawiają, że widzimy nad sobą jak gdyby sklepienie niebieskiego nieba. Bezpośrednie promienie Słońca wydają się nam żółte, a gdy Słońce zniży się ku horyzontowi — nawet czerwone.

Na tle ciemnych przedmiotów krajobrazu widzimy, zmętnienie powietrza, to jest światło rozsiiane w warstwie powietrza między obserwatorem a przedmiotem. Jest to jak gdyby odrobina nieba nałożona na część krajobrazu ziemskiego. Jasne, białe przedmioty same odbijają silnie białe, słoneczne światło i to właśnie światło tracąc część swych promieni staje się różowe. Powstaje charakterystyczna dla czystego powietrza „opalowa” gra kolorów.

Jeśli atmosfera będzie zanieczyszczona domieszką drobniutkich cząsteczek, na przykład nadzwyczaj delikatnych pyłków mineralnych, to opalizowanie przybierze na sile. Taki drobniutki pył niosą ze sobą masy powietrza napływające ku nam z pustyni pasa podzwrotnikowego. Stąd wzmożone opalizowanie uważane jest za charakterystyczny objaw napływu mas powietrznych pochodzenia zwrotnikowego.

Te cząstki, z których składają się zwykle mgły, są o wiele większe niż cząsteczki powietrza. Średnica ich wynosi 0,001 do 0,1 mm. Takie cząstki odbijają promienie wszystkich barw jednakowo silnie i dlatego opalizowanie tu nie występuje. Dalekie partie krajobrazu we mgle powleka zasłona mętnego szarawobiałego koloru. To samo jest powodem białego koloru obłoków, które również składają się ze stosunkowo dużych kropeł wody.

#### OBSERWACJA DALEKICH PRZEDMIOTÓW W PROMIENIACH CZERWONYCH I PODCZERWONYCH

Ponieważ powietrze doskonale przepuszcza promienie czerwone, a źle ciemnoniebieskie, to widzialność dalekich przedmiotów, związana ściśle z przezroczystością powietrza, nie będzie jednakowa w promieniach różne-

go koloru. Szczegóły dalekich części krajobrazu będą występować wyraziściej, jeśli przy obserwowaniu ich będziemy posługiwać się czerwonym albo żółtym światłem.

Często się zdarza, że dalekie przedmioty widać lepiej, jeśli patrzy się na nie przez żółte szkło. I odwrotnie, przez szkło niebieskie widzi się dalekie partie krajobrazu gorzej. Dlatego też do wszystkich polowych lornetek, których używamy specjalnie do obserwowania dalekich partii krajobrazu, dodaje się żółte szkła — f i l t r y ś w i e t l n e do nakładania na oprawkę okularu. Powietrze wydawałoby się jeszcze bardziej przezroczyste, gdybyśmy użyli szkieł czerwonych, jednakże szkła takie nazbyt osłabiają światło, a ponadto patrzenie przez nie jest męczące.

Zwykła klisza fotograficzna czuła jest na promienie niebieskie, fioletowe i nadfioletowe. Wskutek tego aparat fotograficzny „widzi” przedmioty w świetle fioletowym. Jeśli na zwykłej kliszy sfotografuje się otwarty krajobraz, to dalekie przedmioty na zdjęciu tym „nie wyjdą”, choć są doskonale widoczne gołym okiem. Dla aparatu fotograficznego są one przesłonięte mętnym powietrzem, które odbija wiele promieni fioletowych.

Dalekie przedmioty można fotografować jedynie na specjalnych kliszach zwanych p a n c h r o m a t y c z n y m i. Klisze te są uczulone nie tylko na promienie fioletowe, lecz i na żółte, i czerwone. Dla wyeliminowania kłopotliwych i psujących zdjęcia promieni niebieskich i fioletowych nakłada się na obiektyw filtr żółty lub czerwony. Im ciemniejszy jest ten filtr, tym wyraźniej wyjdzie na zdjęciu daleki plan. Przy zdjęciach lotniczych, gdy fotografuje się teren z samolotu, używa się żółtego lub czerwonego filtru, inaczej bowiem zmętnienie powietrza zamaże wszystkie szczegóły. Można sporządzić takie klisze, które będą czułe na tak zwane

promienie podczerwone. Są to promienie, które w widmie występują po czerwonych; oko ich nie dostrzega. Jedną z ważnych osobliwości promieni podczerwonych polega na tym, że przechodzą one lepiej niż inne przez mgłę i zamglenia. Dlatego też na zdjęciach wykonanych na płytach uczulonych na te promienie daje się rozpoznać tak dalekie przedmioty, jakich w normalnych warunkach nie można dojrzeć. Zdjęcia te mają dość osobliwy wygląd: niebo na nich jest czarne, a zielona trawa i drzewa — białe jak śnieg.

Wyzyskując promienie podczerwone oraz ciemnoczerwone filtry można uzyskać udane zdjęcia dali nawet przy znacznym zamgleniu. Niestety, taka metoda obserwacji okazuje się mało skuteczną podczas gęstych mgieł lub gdy przedmiot ukryty jest za chmurami. Chmury i mgły składają się bowiem z unoszących się w powietrzu kropelek wody o dość dużych wymiarach, przy których osłabienie wszystkich promieni widma, w tym również podczerwonych, przebiega jednakowo.

#### WIDZIALNOŚĆ ZIEMI Z SAMOLOTU

Zmętnienie powietrza utrudnia również obserwację powierzchni ziemi z samolotu. Gdy obserwator patrzy z samolotu w dół, to powierzchnia ziemi wydaje mu się pokryta niebieskawym woalem zmętnienia. Im większa wysokość lotu, tym silniejsze jest światło uboczne i gorsza widzialność krajobrazu. W czasie słonecznej pogody, gdy powietrze jest zupełnie czyste i nie ma w nim żadnych śladów mgły czy zamglenia, powierzchnię Ziemi widzi się całkiem wyraźnie ze wszystkimi szczegółami z wysokości 1000 m. Natomiast z wysokości 7000 — 8000 m nawet w najbardziej sprzyjających warunkach pogody zasłona rozproszonego światła bardzo obniża widzialność. Odbija się to na warunkach obser-

wacji tym bardziej, że obiekty naziemne są i bez tego słabo widoczne z takich wysokości wskutek małych wymiarów kątowych.

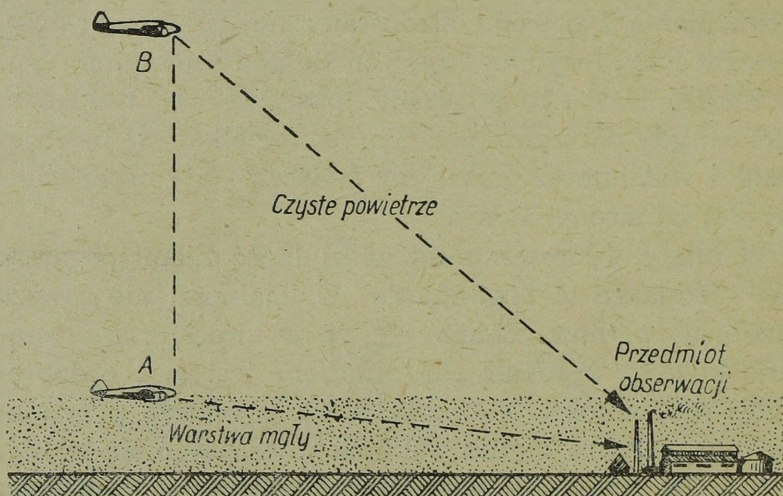
Przy obserwacji powietrznej zachodzi potrzeba patrzenia nie tylko w dół, lecz i na boki. W tym wypadku zasłona powietrza przeszkadza jeszcze bardziej. Dalekie partie ziemi i sam horyzont są często zupełnie nie do rozróżnienia z powodu niedostatecznej przezroczystości warstw atmosfery znajdujących się pod samolotem. Duże znaczenie ma tu położenie obserwatora względem Słońca: gdy patrzymy pod Słońce, mgiełka jest bardziej jasna i widzialność gorsza niż wówczas, gdy obserwujemy dal od strony Słońca.

W miarę wznoszenia się widzialność Ziemi pogarsza się. Jednakże to pogarszanie widzialności nie zawsze przebiega płynnie. Zdarza się, że w atmosferze występują kolejno wyraźnie rozgraniczone warstwy o dobrej i złej widzialności. Nieraz warstwa powietrza przy ziemi bywa bardzo mętna wskutek unoszącego się w niej pyłu. Ta zapyłona warstwa ma wyrazistą granicę na wysokości 1—2 km. Granica jej nieraz zbiega się z podstawą tych niewielkich okrągłych chmur, które powstają w letnie dni nad lądem i noszą nazwę kłębiastych. Przy obserwowaniu w tych wypadkach Ziemi z samolotu wydaje się, że chmury te są do połowy pogrążone w morzu mgły i jak gdyby pływają w nim. Bywa też odwrotnie: przy Ziemi powietrze jest czyste, natomiast na pewnej wysokości zalega mętna warstwa. Zdarza się też kilka mętnych warstw poprzedzielanych warstwami powietrza czystego. W takich warunkach pogarszanie się widzialności następuje nie stopniowo, lecz skokami.

Przykładem mętnych warstw w atmosferze mogą być chmury. Tu widzialność kończy się nieraz natychmiast po dostaniu się w mętną warstwę.

Warstwowy rozkład zanieczyszczeń w atmosferze wy-

jaśnia wiele zjawisk, z którymi można się spotkać przy obserwacji z samolotu. Bywa tak, że przy obserwowaniu z niewielkiej wysokości przedmiot jest zamglony i nie sposób mu się przyjrzeć. Jeśli natomiast obserwator wzniesie się wysoko, to przedmiot widać wyraźnie, mimo że odległość, a zatem i grubość warstwy powietrza na linii widzenia są większe. Rysunek 16 wyjaśnia, na



Rys. 16. Warunki widzialności powierzchni Ziemi z samolotu przez cienką warstwę przyziemnej mgły

Z punktu A linia patrzenia na przedmiot obserwacji przecina grubą warstwę mgły i wskutek tego przedmiot jest niewidoczny. Punkt B leży wprawdzie dalej od tego obiektu niż A, lecz droga promienia światła we mgle jest krótsza i dlatego z punktu B przedmiot obserwacji jest widoczny

czym to polega. Omówione zjawisko daje się zaobserwować wówczas, gdy nad ziemią leży stosunkowo cienka warstwa zanieczyszczonego powietrza. Przy obserwowaniu z małej wysokości światło przechodzi od przedmiotu do oczu ukośnie przez grubą mętną warstwę i przedmiot nika. Jeśli natomiast patrzymy z dużej wysokości, to promień biegnie do nas pionowo i zaledwie niewielka jego część przechodzi przez mętną utrudniającą obserwację warstwę powietrza. Dzięki temu widzialność polepsza się.

## IV. WIDZIALNOŚĆ W NOCY

### OBSERWACJA NOCNA

Noc to najlepszy czas dla tych działań bojowych, które muszą być przeprowadzone skrycie. Nocą najwygodniej wyjść na rozpoznanie, przedostać się przez ugrupowanie nieprzyjaciela i na miejscu uzyskać niezbędne wiadomości. W nocy można skrycie podczołgać się do samej linii obrony nieprzyjaciela i niespodzianie wdrzeć się w jego transzeje. Podczas wojny wielkie grupy samolotów przecinają w nocy linię frontu, zachodzą głęboko na tyły nieprzyjaciela i zrzucają ładunki bomb. Nocą podkradają się do olbrzymich okrętów torpedowce i kutry i rażą je niespodzianie torpedami. W czasie Wielkiej Wojny Narodowej oddziały śmiałych partyzantów radzieckich wychodziły nocą na drogi na terenach okupowanych przez faszystów niemieckich i niszczyły tabory, środki łączności i żywe siły nieprzyjaciela.

Wyzyskując zalety działań nocnych trzeba stale pamiętać, że nieprzyjaciel może również pod osłoną nocy dokonać niespodziewanego napadu. Dlatego też w nocy nie tylko nie przerywa się obserwacji, lecz przeciwnie wzmacnia się ją. Zarówno nocą jak dniem czuwają na swych stanowiskach obserwatorzy wsłuchując się w każdy szmer i wpatrując się bacznie w ciemność. Na

okręcie marynarze wachtowi z napięciem wpatrują się w ciemny horyzont badając, czy w ciemności nie pojawi się sylwetka nieprzyjacielskiego okrętu, czy nie mignie gdzieś ogieniek, czy nie oświetli nieba błysk dalekiej armatniej salwy. Na posterunkach służby obserwacyjno-meldunkowej, obok aparatów podsłuchowych i reflektorów, czuwają ludzie gotowi w każdej chwili oświetlić potężnym snopem światła zbliżający się samolot.

Trudna i odpowiedzialna służba obserwacyjna nocą wymaga uwagi i maksymalnego napięcia sił.

Przyczyną wszystkich trudności podczas obserwacji w nocy jest ciemność. Ciemność — to brak światła, ściślej zaś niedostatecznie jasne oświetlenie, wskutek czego wzrok człowieka nie może odbierać dostatecznie wyrazistych wrażeń z otoczenia. Dlatego też najlepszym sposobem ułatwienia obserwacji jest oświetlenie okrytego mrokiem terenu sztucznym światłem (promieniami reflektora, bombą oświetlającą lub rakieta). Lecz to nie zawsze jest możliwe. Najczęściej obserwacja jest ograniczona z konieczności do tego, co widzi się przy istniejącym oświetleniu. Toteż trzeba zawczasu widzieć, jaka będzie nadchodząca noc, czy będzie świecił Księżyc i w jakich godzinach, kiedy zapadnie zmrok i kiedy nastanie świt. Wszystkie te dane, zawarte w różnego rodzaju informatorach i kalendarzach, wykorzystuje się przy planowaniu nocnych działań.

#### MIARY ŚWIATŁA

Oświetlenie można dokładnie zmierzyć i wyrazić w liczbach. Przy każdym pomiarze posługujemy się określonymi jednostkami miar, w których wyraża się wyniki.

Do mierzenia światła służy specjalna lampa zwana świecą normalną lub standardową. Po-

winna ona być zbudowana tak, by siła jej światła była zawsze ściśle jednakowa. Ze światłem takiej świecy porównuje się badane oświetlenie. Dawniej stosowano do tego celu zwykle świece stearynowe lub parafinowe o ustalonej wielkości. Tego rodzaju pomiary dawały bardzo niedokładne wyniki: świece palą się i topią niejednakowo. Stearyna i wosk również bywają różnej jakości, a nawet świece tego samego gatunku i wielkości dają niejednakowe światło. Toteż później zaczęto zastępować świece niewielkimi lampami, w których spalał się płyn o określonym składzie. Lecz i to dawało niedokładne wyniki. Z kolei zaczęto stosować lampy elektryczne, lecz i one okazały się niepraktyczne, ponieważ siła ich światła powoli się zmienia. Dlatego P. Tichodiejew skonstruował specjalny przyrząd, mianowicie elektryczny piec, w którym świeci roztopiona platyna.

Chociaż piec z roztopioną platyną jest zupełnie niepodobny do stearynowej czy woskowej świecy, to jednak miarę siły światła nazywa się po staremu świecą.

Jeśli w odległości 1 m od lampy o sile światła 1 świecy ustawi się ekran, to otrzyma on oświetlenie o ściśle określonej sile. Taką jednostkę oświetlenia nazywamy *l u k s e m* (od łacińskiego wyrazu *lux* — światło). Dla bardzo jasnego światła stosuje się większą jednostkę zwaną *f o t e m*, który wynosi 10 000 luksów.

Aby czytelnik mógł do pewnego stopnia wyrobić sobie pojęcie o tych miarach światła, podamy kilka przykładów.

W słoneczny, letni dzień, gdy niebo jest czyste, a Słońce stoi wysoko, siła światła osiąga 60 000 — 100 000 luksów, czyli 6 — 10 fotów. W taki sam dzień w cieniu, gdzie nie przenikają promienie słoneczne, siła światła wynosi 10 000 — 20 000 luksów. W pochmurny dzień na otwartym miejscu siła światła równa się

5 000 — 20 000 luksów. O zachodzie Słońca wynosi ona podczas jasnej pogody około 1000 luksów, a w czasie pochmurnej pogody — 300—500 luksów. Wieczorem w pokoju przy świetle elektrycznym natężenie oświetlenia jest bardzo nierównomierne: na stole, bezpośrednio pod jasną lampą z dobrym abażurem, może ono dochodzić do 100 — 300 luksów, natomiast w ciemnych kątach pokoju sięga zaledwie 1 — 5 luksów, a nawet mniej. Księżyc w pełni daje natężenie oświetlenia 0,2 luksa. Podczas ciemnych, bezksiężycowych nocy siła światła gwiazd i innych ciał niebieskich wynosi zaledwie  $1/1000$  —  $1/10\ 000$  luksa.

Do pomiaru natężenia światła zbudowano wiele specjalnych przyrządów — *ś w i a t ł o m i e r z y*, czyli *f o t o m e t r ó w*. W niektórych fotometrach natężenie oświetlenia porównuje się na oko, w innych określa się je za pomocą automatycznie działających fotokomórek przetwarzających promienie świetlne w prąd elektryczny.

Posługując się takimi przyrządami można zbadać natężenie oświetlenia w otwartym polu dniem i nocą w różnych warunkach.

#### ZORZA, ZMIERZCH I BIAŁE NOCE

Przejście od jaskrawego światła dziennego do mroku nocy nie następuje od razu. Po zachodzie Słońca ściemnia się stopniowo: światło słabnie powoli i dopiero po 1—2 godzinach gasną ostatecznie blaski zorzy wieczornej. To samo dzieje się rankiem: świtać zaczyna na długo przed wschodem Słońca i zanim ukaże się ono nad horyzontem, jest już zupełnie jasno.

Czasokres, w ciągu którego ściemnia się lub rozjaśnia dzieńne światło, nazywamy po zachodzie Słońca

z m i e r z c h e m, a z rana, przed wschodem —  
ś w i t e m. Te jasne, „białe” noce na północy budzą za-  
wsze podziw u południowców, którzy u siebie nic po-  
dobnego nie widzą, gdyż noce letnie są tam wprawdzie  
krótkie, ale całkiem ciemne.

Na dalekiej północy, na surowych obszarach Arktyki,  
gdzie zarówno dzień, jak i noc trwają bez przerwy po  
kilka tygodni i nawet miesiący, zjawiska zmrokowe wy-  
stępują w innych wariantach. Na przykład ciemna, po-  
larna noc codziennie przerywana jest na kilka godzin  
przez zmierzch i świt, które w zimie zastępują tu dzień.  
Jeszcze bliżej bieguna na wiosnę i w jesieni zjawiska  
zmrokowe trwają przez kilka dni bez przerwy, ściem-  
niając się tylko o północy i rozjaśniając w południe.  
To samo, oczywiście, dzieje się i na Antarktydzie, tj.  
w okolicach bieguna południowego.

Skądże pochodzi to srebrzyste, lecz matowe światło  
w tych godzinach, gdy nad horyzontem nie ma Słońca?

O zmierzchu i o świcie oświetla nas niebo. Po zacho-  
dzie Słońca jego bezpośrednie promienie nie dochodzą  
do nas, lecz w dalszym ciągu oświetlają one niebo  
(w tym wypadku górne warstwy atmosfery), a stamtąd  
rozproszone światło pada na ziemię. Jeśli przy tym nie-  
bo jest jasne, bez chmur i obłoków, to na firmamencie  
niebieskim pojawia się szereg efektownych zjawisk cha-  
rakterystycznych dla zmierzchu.

Skraj nieba w miejscu, gdzie skryło się Słońce, przy-  
biera jaskrawe odcienie żółtych lub pomarańczowych  
barw. Nad nimi pojawia się często szeroka czerwona  
plama (tak zwana pierwsza purpura) przechodząca stop-  
niowo w barwę białawą, a następnie w szaroniebieską  
(w zenicie). Na przeciwległej do Słońca stronie, na

wschodzie, niebo obramowane jest szerokim ciemnoróżowym łukiem.\*

W miarę jak Słońce zachodzi coraz niżej pod horyzont, purpurowa plama opuszcza się ku dołowi i jak gdyby kryje się za plamę pomarańczową. W tym czasie na wschodzie podnosi się nad horyzontem obramowanie malinowe, za nim zaś wynurza się ciemny skrawek nieba o popielatej barwie. Jest to cień Ziemi na tle atmosfery. Cień ten wznosząc się coraz wyżej niesie ze sobą mrok nocy.

Tę efektowną grę kolorów nazywamy zorzą. Zorza ta stopniowo gaśnie po upływie jednej do dwóch godzin. Blaknie pomarańczowa plama na zachodzie, zanika nad nią purpura, zacierają się i ginie różowe obramowanie na wschodzie. Czerwonożółte odcienie pierwszej fazy zorzy wieczornej zastępowane są mdłymi barwami drugiej fazy. Rdzawe u samego horyzontu i zielonkawe nad nim niebo stopniowo ciemnieje coraz bardziej. Wkrótce znikają wszystkie odcienie i tylko słabe, szare światło wskazuje kierunek Słońca, coraz głębiej opuszczającego się pod horyzont. Wreszcie i to światło też gaśnie. Nie ma już zorzy. Skończył się zmierzch.

Te same zjawiska, lecz w porządku odwrotnym, obserwujemy na niebie z rana przed wschodem Słońca. Jest to zorza poranna.

Podobnie jak inne zjawiska atmosferyczne zorza bywa wielorakiego rodzaju. Zależnie od czystości i przezroczystości powietrza, od zawartości w niej pary wodnej lub pyłu oraz od układu i jakości chmur zorza może mieć barwy jaskrawe, nasycone lub blade i ubogie w odcieniach.

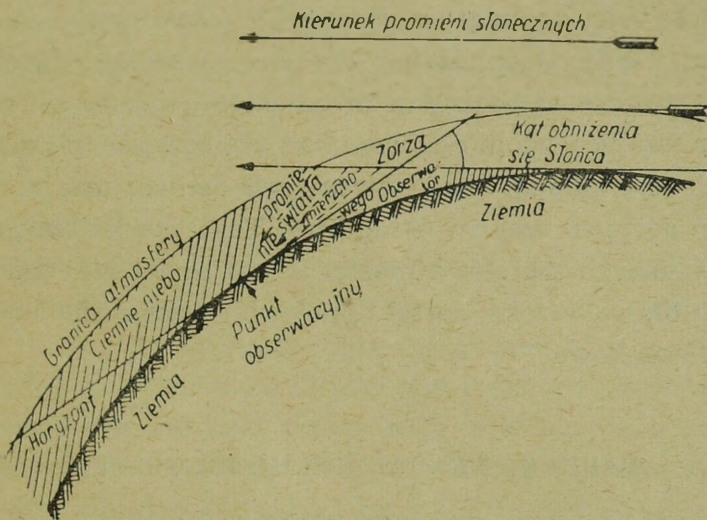
Osobliwości zorzy są odzwierciedleniem zmian w at-

---

\* Jest to tak zwana ze staropolska zarza górna (przeciwzorza) (*przyp. tłum.*).

mosferze i dlatego możemy czasem wyzyskiwać je do przewidywania pogody. Rybacy, marynarze i w ogóle ludzie mieszkający nad morzem mogą często na podstawie dużego doświadczenia trafnie przewidywać pogodę z wyglądu zorzy.

Przyczyną powstania zorzy i zmierrchu jest kształt atmosfery ziemskiej. Warstwy powietrza otaczające kulisty glob Ziemi same przybierają postać kulistą



(zmierrchu i świtu)

Rys. 17. Powstawanie zorzy i zjawiska zmrokových

(rys. 17). Na rysunku tym widzimy, że promienie słoneczne oświetlają górne warstwy powietrza również i wtedy, gdy dla obserwatora na powierzchni ziemi Słońce już zgasło. W tych górnych warstwach promienie ulegają rozproszeniu i odbijane są przez cząstki powietrza na wszystkie strony, a więc i w kierunku ziemi. Wskutek tego niebo wydaje nam się jasne, widzimy na nim różnobarwną zorzę, a Ziemia i znajdujące się na

niej przedmioty oświetlane są srebrzystym światłem zmierzchu.

Im niżej opuszcza się Słońce pod horyzont, tym cieńsza staje się warstwa powietrza oświetlonego tymi promieniami. W dodatku jest to warstwa górna, bardzo rozrzedzona i w związku z tym słabo odbijająca promienie. Dlatego też w miarę opuszczania się Słońca pod horyzont niebo szybko ciemnieje i jednocześnie słabnie również światło zmierzchu.

Dokonując pomiarów natężenia oświetlenia nieba podczas zorzy i obliczając wysokość warstw oświetlonych jeszcze słonecznymi promieniami można określić rozpraszającą zdolność powietrza na różnych wysokościach nad ziemią i za pomocą tych danych ustalić gęstość górnych warstw atmosfery. Taki sposób badania najwyższych warstw atmosfery, na razie nie dostępnych dla człowieka, został opracowany przez akademika W. Fesenkowa.

#### WARUNKI WIDZIALNOŚCI O ZMIERZCHU

Zmierzch i świt są wyraźnie i dokładnie odgraniczone od dnia momentami zachodu i wschodu Słońca. Nie ma natomiast żadnej dokładnej granicy pomiędzy zmierzchem (lub świtem) a nocą, ponieważ zanikające stopniowo światło przechodzi niepostrzeżenie w ciemność nocy. Lecz dla celów praktycznych, zwłaszcza dla różnych obliczeń związanych z widocznością, niezbędne jest określenie przynajmniej w przybliżeniu, kiedy kończy się zmierzch, a zaczyna noc.

Okazuje się, że w czasie jasnej, bezchmurnej pogody zmiany oświetlenia od chwili zniknięcia Słońca za ho-

ryzontem przebiegają wszędzie mniej więcej jednako-  
wo. Na przykład gdy Słońce obniży się pod horyzontem  
mniej niż na  $6^\circ$ , to światło zmierzchu jest jeszcze tak  
jasne, że przy nim widać wyraźnie wszystko: w otwar-  
tym terenie można wykonywać każdą pracę, a nawet  
czytać książkę, mapę, posługiwać się zegarkiem, kom-  
pasem itp. Gdy jednak Słońce opuści się pod horyzont  
więcej niż  $6^\circ$ , nie wystarcza już światła i otaczające  
przedmioty widzi się coraz gorzej. Przy obniżeniu się  
Słońca do  $12^\circ$  na Ziemi jest prawie ciemno, na niebie  
jednak zachowuje się jeszcze dość jasna część dogasa-  
jącej zorzy. Dopiero po zejściu Słońca na  $18\text{--}20^\circ$  giną  
wszystkie ślady zorzy i zmierzchu.

Dla celów praktycznych rozróżniamy trzy fazy  
zmierzchu.\*

Czasokres, w ciągu którego Słońce zajdzie pod hory-  
zont mniej niż na  $6^\circ$ ,\*\* nazywa się z m i e r z c h e m  
c y w i l n y m. Światło zmierzchu jest w tym czasie  
tak jasne, że zarówno bliskie, jak i dalekie przedmioty  
widoczne są całkiem wyraźnie i nie ma w związku  
z tym potrzeby korzystania z oświetlenia sztucznego,  
przynajmniej w otwartym terenie.

Czasokres, w ciągu którego głębokość zejścia Słońca  
zawiera się między  $6$  i  $12^\circ$ , nazywamy z m i e r z c h e m  
n a w i g a c y j n y m l u b m o r s k i m.\*\*\*

W okresie tym widoczność pogarsza się szybko, lecz  
można jeszcze odróżnić dość wyraźnie zarysy dużych  
przedmiotów, na przykład wzgórz, gór, budynków itp.  
Pozwala to nawigatorowi okrętu orientować się na mo-

---

\* W Polsce dwa (przyp. tłum.).

\*\* W Polsce  $8^\circ$  (przyp. tłum.).

\*\*\* W terminologii polskiej nie wyróżniamy (przyp. tłum.).

rze według zarysów brzegów i stąd właśnie wywodzi się nazwa tej fazy zmierzchu. Barwy przedmiotów różni się z trudem, a wkrótce giną one zupełnie.

Po zejściu Słońca poniżej  $12^\circ$  światło zmierzchowe na Ziemi praktycznie przestaje istnieć, na niebie zaś jest jeszcze słaba poświata zorzy. Nie ma ona znaczenia dla widoczności przedmiotów naziemnych, przeszkadza natomiast astronomom w rozróżnianiu słabych gwiazd. Dlatego najbardziej ciemna faza zmierzchu, gdy obniżenie Słońca pod horyzontem osiąga  $12$  i  $18^\circ$ , nosi nazwę *z m i e r z c h u a s t r o n o m i c z n e g o*. Ta faza zmierzchu ma o tyle znaczenie dla celów wojskowych, że możliwa jest jeszcze obserwacja samolotów, które na tle słabo oświetlonego nieba mogą wyróżnić się jako ciemne sylwetki.\*

Głębokość obniżenia Słońca pod horyzontem można z góry obliczyć z dużą dokładnością na dowolny dzień i godzinę każdego roku. Znając głębokość obniżenia i biorąc pod uwagę warunki pogody będziemy mogli poznać zarówno wielkość oświetlenia Ziemi, jak i związane z nim warunki widzialności tych czy innych przedmiotów. Tabela 5 zawiera niektóre dane z tej dziedziny. Oparte są one na wieloletnich obserwacjach dziennego światła przeprowadzonych pod kierunkiem prof. N. Kalitina.

Posługując się określonymi doświadczalnie wartościami głębokości obniżenia Słońca dla granicy różnego typu zjawisk zmierzchowych, nie trudno ułożyć tabele początku i końca zmierzchu dla różnych miejscowości. Tego rodzaju dane zawarte są w astronomicznych rocznikach i informatorach.

---

\* Termin „zmierzch astronomiczny“ ma ograniczony zasięg. W wielu wypadkach pod nazwą „zmierzch astronomiczny“ pojmuje się czasokres, gdy Słońce jest w granicach  $6$  i  $18^\circ$ .

(W polskiej terminologii — od  $8$ — $17^\circ$  — *przyj. tłum.*.)

Tabela 5

Oświetlenie dniem, o zmierzchu i nocą (dla horyzontalnej powierzchni w luksach).

	Wysokość Słońca w stopniach	Pora doby	Pogodnie		Pochmurno
			w słońcu	w cieniu	
Nad horyzontem	60	Dzień	90 000	16 000	24 000
	50		76 000	14 000	20 000
	40		58 000	12 000	16 000
	30		39 000	9 000	12 000
	20		23 000	7 000	7 000
	15		15 000	6 000	5 000
	10		9 000	4 000	3 000
	5		4 000	3 000	2 000
Pod horyzontem	0 1 2 3 4 5 6	cywilny	700		240
			500		75
			200		28
			96		9,1
			33		4,7
			12		1,7
			3,5	0,49	
	7 8 9 10 11 12	nawigacyjny	1,0		0,13
			0,37		0,057
			0,12		0,031
			0,05		0,0076
			0,015		0,0036
			0,006		0,0017
	13 14 15 16 17 18	astronomiczny	0,003		0,0008
			0,0015		0,0006
			0,0010		0,0004
			0,0007		0,0003
			0,0006		0,0003
0,006				0,0003	
20	Noc	0,006		0,0003	

Czas trwania zjawisk zmierzchowych zależy od pory roku. Latem i zimą oświetlenia zmierzchowe trwają dłużej niż wiosną i jesienią.

Lecz jeszcze w większej mierze czas trwania zjawisk zmierzchowych zależy od szerokości geograficznej miejsca: im bardziej na północ, im bliżej ku biegunowi, tym zjawiska zmierzchu trwają dłużej. Dzieje się tak dlatego, że im dalej od równika leży miejscowość, tym bardziej ukośnie zniża się tam Słońce ku horyzontowi. Na równiku Słońce zachodzi pionowo w dół, wskutek czego już wkrótce po zachodzie jest ono głęboko pod horyzontem i zmierzch kończy się bardzo szybko. W średnich szerokościach geograficznych Słońce zniża się ku horyzontowi pod ostrym kątem i dlatego „oddala się” ono wolniej od horyzontu. W okolicach podbiegunowych droga Słońca w ciągu doby jest mało nachylona w stosunku do horyzontu. Toteż Słońce po zniknięciu za horyzontem jeszcze przez długi czas przesuwa się w pobliżu niego i wskutek tego zmierzch trwa tam kilka godzin.

#### ŚWIATŁO KSIĘŻYCA

W zgiełku rzeszście oświetlonych miast, w osiedlach i na stacjach zalanych elektrycznym światłem nie dostrzegamy zazwyczaj ani Księżycy, ani jego matowego światła.

W ciemną noc z ledwością rozróżniamy sylwetki bliskich przedmiotów. W czasie pełni jednak widzimy szczegóły otoczenia, a jeśli jest pogodnie — nawet odległe partie krajobrazu widoczne są całkiem wyraźnie.

W odróżnieniu od oświetlenia dziennego światło księżycowe jest bardzo niestałe. Czasem Księżyc wschodzi z samego wieczora w postaci okrągłej, jasnej tarczy i świeci przez całą noc, kiedy indziej znów przekształca się w wąski, jasny sierp i mgliście świeci tylko

z wieczora lub nad ranem, lub wreszcie nie pojawia się wcale i wówczas noc jest całkiem ciemna. Te zmiany kształtu i światła Księżyca znane są pod nazwą o d m i a n k s i ę ż y c o w y c h lub f a z K s i ę ż y c a.

Raz na miesiąc bywa taki dzień (lub noc), kiedy Księżyc w ogóle nie pojawia się na niebie. Tę niewidoczną postać Księżyca nazywamy nowiem. Po upływie jednego lub dwóch dni można go dostrzec wkrótce po zachodzie Słońca. Pojawia się on bladziutki na tle wieczornej zorzy w postaci cienkiego jasnego sierpa i nie dając światła zachodzi wkrótce, zanim jeszcze skończy się zmierzch. Począwszy od tego czasu Księżyc pojawia się co wieczór, przy czym z każdym dniem staje się szerszy, daje więcej światła i coraz później zachodzi. Okres ten został nazwany p i e r w s z ą f a z ą (k w a d r ą).

Po 4—5 dniach Księżyc ma już kształt dość szerokiego sierpa i całkiem dostrzegalnie oświetla Ziemię wieczorem. Po 7 dniach ma on już kształt półkřęgu. W następnych dniach jego lewy brzeg uwypukla się i cały Księżyc przybiera nieco rozdęty kształt. W 14 dniu Księżyc ma kształt pełnego kręgu, czyli jest w „pełni”. W tej postaci daje on najwięcej światła i świeci przez całą noc, od wieczora do rana. Jednakże już w 15 dniu pojawia się na nim „szczyrba”, tym razem z prawej strony. Wschodzi on już wtedy nie z wieczora, lecz później, tak że wieczory w ostatniej fazie Księżyca są ciemne.

Stopniowo malejąc, w 21 dniu Księżyc znów przybiera kształt półkřęgu obróconego tym razem garbkim w drugą stronę (w lewo). Z kolei przybiera on znów kształt sierpa, lecz pojawia się dopiero nad ranem, przed wschodem Słońca. Sierp ten staje się z dnia na dzień węższy i wschodzi coraz później, aż w końcu kryje się całkowicie w promieniach porannej zorzy. Wre-

szcie następuje nów. Wszystkie te zmiany kształtu Księżycy pokazane są na rys. 18.

„Wiek” w dniach	Wygląd	Światło (pełnia = 1000)	„Wiek” w dniach	Wygląd	Światło (pełnia = 1000)
1		1	15		1000
2		5	16		772
3		13	17		580
4		28	18		424
5		52	19		308
6		84	20		228
7		136	21		164
8		200	22		112
9		276	23		76
10		364	24		48
11		476	25		29
12		612	26		14
13		788	27		6
14		1000	28		1

Rys. 18. Wygląd i światło Księżycy w różnych fazach

Czasokres, który upływa między dwiema jednakowymi odmianami (fazami) Księżycy, na przykład od nowiu do nowiu lub między dwiema pełniami, nosi nazwę miesiąca synodycznego. Długość jego wynosi  $29\frac{1}{2}$  doby (ściślej: 29 dni 12 godzin 44 minuty 2,9 sekundy).

Warunki księżycowego oświetlenia ulegają znacznym zmianom zależnie od pory roku. Księżyc w pełni znajduje się zawsze w części nieba przeciwległej Słońcu; dlatego wschodzi on o zachodzie Słońca, a zachodzi o wschodzie, świeci zatem przez całą noc. Lecz latem Słońce wznosi się wysoko na niebie i świeci długo. Księżyc zaś odwrotnie —

pojawia się tylko na krótki okres nocy letniej i przechodzi nad horyzontem nisko, zwłaszcza na Północy. Zimą przeciwnie — Księżyc w pełni opisuje na firmamencie wielki łuk i przechodząc wysoko nad horyzontem jasno oświetla cały krajobraz. Wskutek tego noce księżycowe w zimie są o wiele jaśniejsze niż latem. Różnicę tę pogłębia jeszcze bardziej śnieg, który silnie odbija księżycowe promienie.

„Młody” Księżyc (w pierwszej fazie) pojawiający się wieczorami przechodzi po niebie wysoko i zachodzi późno na wiosnę (w marcu i kwietniu), jesienią zaś widzi się go niewysoko nad horyzontem i zachodzi on bardzo wcześnie. Dlatego wieczory wiosenne są lepiej oświetlone niż jesienne. „Stary” Księżyc (w ostatniej fazie) przeciwnie — stoi wyżej i wschodzi wcześniej jesienią. Zapamiętanie tych reguł może się często przydać.

Przyczyna zmian pozornego kształtu Księżyca jest bardzo prosta i znana od dawna. Księżycowe światło — to odbicie słonecznych promieni od kamienistej powierzchni naszego satelity. Ale Słońce oświetla tylko jedną połowę kuli Księżyca, druga zaś połowa jest nie oświetlona, ciemna, wskutek czego nie widać jej wcale. Podczas ruchu Księżyca dokoła naszej planety zwracają się ku nam różne części półkul: oświetlonej i nie oświetlonej. I tak w czasie pełni cała półkula Księżyca widzialna przez nas jest oświetlona, natomiast w czasie nowiu pogrążona jest ona całkowicie w mroku i dlatego ginie. Formy pośrednie oświetlonej części tarczy Księżyca łatwo przedstawić sobie poglądowo, jeśli będziemy obracać przed sobą piłkę, której jedna połowa pomalowana jest na biało, a druga na czarno. Czasami zresztą, a mianowicie przy dostatecznie wąskim sierpku, udaje się dostrzec również nie oświetloną część księżycowej kuli. Zarysowuje się ona z lekka na

tle nieba dzięki przyćmionemu oświetleniu (tak zwane popielate światło na nie oświetlonej części Księżyca). Oświetlenie to pochodzi z Ziemi, która również odbija promienie słoneczne i oświetla Księżyc podobnie jak on Ziemię. Nawiasem mówiąc Ziemia jest o wiele lepszym reflektorem. Badania wykazały, że zwraca ona w przestrzeń wszechświata około 50% padającego na nią światła, a Księżyc zaledwie 7%; w dodatku pod względem wymiarów Ziemia jest o wiele większa od Księżyca, toteż noce na Księżycu oświetlone „pełnią Ziemi” są 50 razy jaśniejsze od najbardziej jasnych księżycowych nocy u nas.

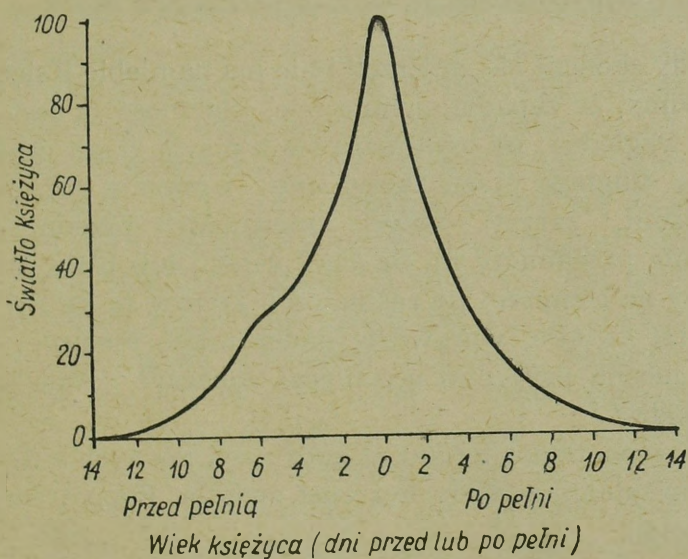
Oświetlenia księżycowego nie można nazwać silnym nawet w najbardziej sprzyjających warunkach. Gdy Księżyc w pełni znajduje się wysoko na niebie i powietrze jest bardzo przezroczyste, oświetlenie dochodzi do 0,25 luksa, zwykle zaś oświetlenie w czasie pełni wynosi zaledwie około 0,1 luksa. Podczas mglistej lub chmurnej pogody jest ono kilka razy mniejsze.

Już jednak w trzy dni po pełni siła księżycowego światła zmniejsza się dwukrotnie, w czwartym dniu — trzykrotnie, a w siódmym — gdy na niebie zostaje połowa tarczy Księżyca — dziesięciokrotnie. Następuje to wskutek tego, że w miarę oddalania się od pełni ubywa nie tylko powierzchni oświetlonej części tarczy, lecz również maleje jej jasność. Zmiany te przedstawione są na rys. 18 i 19.

Interesujące jest przy tym, że krzywa zmian księżycowego światła przed pełnią i po niej jest niezupełnie symetryczna. Okazuje się, że „młody” Księżyc daje o 20% więcej światła niż „stary” o tym samym kształcie. Różnica ta spowodowana jest nierównomiernym rozkładem ciemnych plam na powierzchni Księżyca. Mianowicie na lewej połowie Księżyca są największe

plamy i dlatego zmniejszający się Księżyc daje mniej światła.

Oświetlenie księżycowe jest pod wielu względami podobne do słonecznego. Księżyc wędruje po niebie taką samą pozorną drogą, co słońce w tej czy innej porze roku. Dlatego też promienie jego padają na powierzchnię Ziemi pod takimi samymi kątami. Podobnie jak światło słoneczne, światło Księżyca trafia na Ziemię nie tylko w formie bezpośrednich promieni, lecz i z nieboskłonu pod postacią światła rozproszonego.



Rys. 19. Wykres zmian światła Księżyca w ciągu miesiąca synodycznego

Rozkład oświetlenia nieba, układ cieni, stosunek wzajemny między oświetleniem różnie położonych przedmiotów jest jednaki zarówno przy świetle Księżyca, jak i Słońca. Różnica polega wyłącznie na natężeniu oświetlenia.

Liczne pomiary wykazują, że światło Księżyca w pełni jest 465 000 razy słabsze od słonecznego. Znaczy to,

że w czasie pełni zarówno natężenie oświetlenia nieba, jak i oświetlenie dowolnego przedmiotu lub krajobrazu jest tyleż razy mniejsze w porównaniu do oświetlenia dziennego, gdy Słońce zajmuje na niebie położenie Księżycy w nocy.

Słabe światło nie pozwala wzrokowi pracować z pełną wydajnością, toteż widoczność różnych przedmiotów przy Księżycu, chociaż znacznie lepsza niż w ciemną noc, daleka jest od widoczności w dzień.

### OŚWIETLENIE W CZASIE CIEMNYCH NOCY

Gdy skończy się zmierzch i nie ma na niebie Księżycy, mówimy, że zapadła ciemna noc. Ciemność ta jest jednak względna; po oswojeniu się z nią w ciągu dostatecznie długiego czasu zaczynamy wyraźnie rozróżniać horyzont, zarysy dużych niedalekich przedmiotów, ciemne przedmioty na tle bieli śniegu lub białe przedmioty na ciemnym tle roślinności. Znaczy to, że i w nocy jest światło, wprawdzie nader nikłe, niemniej jednak można przy nim coś niecoś zobaczyć. Skądże ono pochodzi?

Na oświetlenie terenu w godzinach nocnych składają się promienie z różnych źródeł światła. Rozpatrzmy je po kolei.

#### 1. ŚWIATŁO GWIAZD

Każda gwiazda daje bardzo niewielką ilość światła, lecz liczba gwiazd jest ogromna i wszystkie razem dają już dostrzegalne oświetlenie.

Astronomowie już od dawna zajmowali się badaniem jasności gwiazd. Wszystkie widoczne gołym okiem gwiazdy, zależnie od ich jasności, zostały podzielone na sześć klas lub, jak astronomowie mówią, wielkości. Najbardziej jasne gwiazdy zalicza się do gwiazd

pierwszej wielkości, mniej jasne do drugiej wielkości itd., najslabsze zaś, które dostrzega jedynie ostry wzrok w bardzo ciemną noc, klasyfikuje się do szóstej wielkości. Wielkości te dobrane są tak, że typowa gwiazda pierwszej wielkości jest w przybliżeniu  $2^{1/2}$  raza jaśniejsza od gwiazdy wielkości drugiej, gwiazda drugiej wielkości jest  $2^{1/2}$  raza jaśniejsza niż trzeciej wielkości itd.

Jasných gwiazd jest na niebie mało, słabych natomiast bardzo dużo. Na przykład gwiazd pierwszej wielkości można naliczyć nie więcej niż dwadzieścia, gwiazd drugiej wielkości — około 50, gwiazd trzeciej wielkości — 134, a gwiazd szóstej wielkości — 4800. Jeśli jednak na to miejsce nieba, które gołemu oku wydaje się zupełnie puste i pozbawione jakichkolwiek gwiazd, skierujemy teleskop, to w polu widzenia pojawi się duża ilość gwiazd. Są to te słabe gwiazdy, których gołe oko nie jest już w stanie rozróżnić. Im silniejszy jest teleskop, tym więcej zobaczymy takich gwiazd. W średnio ciemną noc można na sklepieniu niebieskim zobaczyć gołym okiem nie więcej niż 1500 — 2000 gwiazd, w szczególnie sprzyjających warunkach i bardzo ostrym wzrokiem — 2500 — 3000 gwiazd\*. Za pomocą zaś teleskopu, którym posługują się astronomowie, można fotografować i studiować setki milionów, a nawet miliardy gwiazd.

Obliczenia wykazują, że w nocnym oświetleniu Ziemi główną rolę odgrywają nie te jasne gwiazdy, które widzimy gołym okiem, lecz właśnie te, które dostrzegamy tylko przez teleskop. Miliony tych ciał niebieskich rozsiane są na każdej cząstce nieba. Wskutek tego sklepienie niebieskie nie jest nigdzie całkiem czarne:

---

\* A zatem na obu półkulach Ziemi można naliczyć gołym okiem 5000—6000 gwiazd (*przyp. red.*).

blask olbrzymiej liczby jasnych punktów powoduje równomierne lśnienie, które składa się na jasność całego nieba w nocy.

## 2. ZJAWISKA ZMROKOWE

Mówiąc o zjawiskach zorzy wieczornej i porannej stwierdziliśmy, że światło padające z nieba po zachodzie lub przed wschodem Słońca pochodzi z górnych warstw powietrza, do których docierają jeszcze promienie Słońca ukrytego za horyzontem. Promień Słońca po odbiciu się od cząsteczek powietrza w oświetlonych strefach atmosfery przenika do strefy nie oświetlonej, trafia tam na inną cząstkę i odbija się po raz drugi. Stamtąd może on skierować się jeszcze dalej, w stronę tej części Ziemi, gdzie panuje noc, i odbić się tam po raz trzeci. Tak przerzucając się z cząsteczki na cząsteczkę promienie słoneczne wędrują po całej atmosferze i docierają do najbardziej ciemnych zakątków tej połowy naszej planety, na której jest noc. Nawet o północy zimowej, kiedy Słońce jest szczególnie głęboko skryte pod horyzontem, na niebie pozostaje jeszcze nikielne zmrokowe światło promieni, które odbiły się w powietrzu.

## 3. KSIĘŻYCOWE ZJAWISKA ZMROKOWE

Światło Księżyca podobnie jak słoneczne, odbijając się i rozpraszając w powietrzu, może oświetlać Ziemię zza horyzontu. Przed samym wschodem Księżyca skraj nieba, gdzie ma się on wyłonić zza horyzontu, wyraźnie rozjaśnia się i na Ziemi również staje się nieco widniej. Ta księżycowa zorza jest oczywi-

ście niepomernie słabsza od „prawdziwej“ słonecznej, lecz odgrywa ona jednak pewną rolę w oświetleniu w godzinach nocnych.

#### 4. SWIECENIE GÓRNYCH WARSTW POWIETRZA

Mieszkańcy Północy, np. Archangielska lub Murmańska, dobrze znają przepiękne zjawisko zorzy polarnej. Na nocnym niebie w północnej stronie horyzontu pojawia się najpierw słabe zielonkawe światło. Stopniowo rozpalając się zapełnia ono całą północną połowę niebieskiego sklepienia. Na ogólnym tle mdłej poświaty pojawiają się jasne, szybko przesuwane się z miejsca na miejsce, zielone promienie oraz słupy światła. Obok światła zielonego pojawia się malinowe, powstają barwne, fantastyczne wieńce i łuki. Ten barwny obraz jest ciągle w ruchu, migoce, mieni się delikatnymi, perłowymi odcieniami, pojawia się i niknie.

Zorza polarna oświetla Ziemię tak jasno, że różne przedmioty stają się dobrze widoczne, toteż odgrywa ona dużą rolę w rozjaśnianiu długich podbiegunowych nocy.

W miarę oddalania się od kręgu polarnego zorze polarne nie są tak częste. Im dalej na południe, tym rzadziej udaje się ujrzeć to widowisko. Na przykład w Leningradzie można je zobaczyć zaledwie kilka razy na rok, na szerokości Kijowa — raz na kilka lat, a dalej na południe (na Zakaukaziu, w Azji Środkowej itp.) są one nadzwyczajną rzadkością. W podzwrotnikowym pasie Ziemi nie ma ich w ogóle, lecz w okolicach biegun południowego (w Antarktydzie) zorze polarne są tak samo częste jak na Dalekiej Północy.

Zorze polarne powstają w bardzo rozrzedzonych warstwach atmosfery (na wysokości od 80 do 1100 km nad Ziemią).

Zjawisko zorzy polarnej polega nie na odbijaniu promieni ciał niebieskich przez te najwyższe warstwy atmosfery, ale na świeceniu gazów. Jeśli patrzymy na promienie Słońca lub na światło dzienne przez specjalny przyrząd zwany spektroskopem, to zobaczymy różnobarwną tęczę zwaną widmem. Barwy tego widma zwanego ciąglem są żywe, nasycone i przechodzą płynnie w coraz to inny odcień. Ten sam obraz uzyskamy, gdy skierujemy spektroskop na jasne niebo lub jakikolwiek przedmiot oświetlony Słońcem. Również światło zmierzchowe i światło Księżyca mają takie samo widmo, gdyż są to przecież odbite promienie słoneczne. Podobne widmo mają też gwiazdy, gdyż są one dalekimi Słońcami.

Natomiast widmo zorzy polarnej jest całkiem inne. Zamiast nieprzerwanego tęczowego pasma widzimy tutaj szereg wąskich kolorowych linii na czarnym tle. Takie widmo jest charakterystyczne dla światła rozrzedzonych gazów. Podobne widmo możemy zaobserwować w spektroskopie, gdy skierujemy go na światło jarzeniowe stosowane w miastach do reklam.

Obserwacje dokonywane w nocy za pomocą bardzo światłoczułych spektroskopów wykazują, że we wszystkich warstwach atmosfery występuje stale słabe świecenie. Można je wykryć w każdy dowolny dzień nie tylko w północnej strefie nieba, lecz i na całym sklepieniu niebieskim i nie tylko na obszarach podbiegunowych, lecz w każdym miejscu na kuli ziemskiej, nawet na równiku.

Zjawisko stałego świecenia powietrza jest pokrewne zorzom polarnym, lecz zachodzi ono w wyniku innych procesów fizycznych i dlatego w widmie daje inne linie. Intensywność tego świecenia podlega znacznym wahaniom, co odbija się wyraźnie na natężeniu nocnego oświetlenia.

Wszystkim znane jest zjawisko łuny — odbicia światła od nieba, które daje się zaobserwować nad jasno oświetlonymi miastami i zakładami przemysłowymi. Odblask łuny jest widać z ogromnych odległości, co umożliwia określenie kierunku dużych osiedli. Odbite od nieba światło może oświetlać Ziemię w miejscach dość odległych od właściwych źródeł światła. Na przykład łuna nad wielkimi miastami przy pochmurnym niebie daje tyle światła, że nawet w odległości 10—15 km od miasta jest wyraźnie jaśniej. Podczas bezchmurnej pogody, gdy nad miastem brak chmur odbijających promienie, łuna jest o wiele słabsza.

W działaniach bojowych wielkie znaczenie ma łuna pożaru. Nie tylko bowiem wskazuje ona kierunek płonącego osiedla, lecz jednocześnie oświetla dobrze teren na dużej przestrzeni, przekreślając przez to skuteczność maskowania światła.

Jeśli pominiemy zjawisko zorzy polarnej, lunę oraz zmierzch księżycowy, to zasadniczo możemy wyróżnić trzy źródła światła nocnego: gwiazdy, zjawiska zmierzchu i świtu oraz świecenie powietrza. Ich rola w oświetlaniu Ziemi zmienia się zależnie od godziny, pory roku i miejsca. Przeciętnie jednak można przyjąć, że około 20% światła nocnego pochodzi od gwiazd, tyle samo przypada na zjawiska zmierzchowe, resztę zaś (tj. 60%) daje świecenie warstw powietrza. Razem dają one natężenie światła wynoszące około 1/1000 luksa. Przy bezchmurnej pogodzie oświetlenie osiąga ten poziom pod koniec astronomicznego zmierzchu i utrzymuje się przez całą noc. Niekiedy można zresztą zaobserwować w nocy pewne wahania oświetlenia, które niespodziewanie wzrasta, a potem znów maleje. Jest to związane z wahaniami świecenia atmosfery. Zmniejszaniu się

nocnego światła towarzyszy zazwyczaj pojawienie się chmur, zwłaszcza latem, gdy nie ma śniegu. Najbardziej ciemne noce są wtedy, gdy niebo pokryte jest zwartą warstwą chmur. W takim wypadku oświetlenie może spaść do  $1/10\ 000$  luksa, a nawet niżej.

#### WŁAŚCIWOŚCI WIDZENIA W NOCY

Względne zróżnicowanie jasności przedmiotów w nocy jest takie samo jak w dzień. Przezroczystość powietrza również nie różni się niczym od dziennej. Dlatego też ten czy inny przedmiot, bliski czy daleki wyróżnia się na otaczającym tle tak samo wyraźnie jak w dzień. Przyczyna gwałtownego pogorszenia się widoczności z nastaniem zmroku tkwi we właściwościach naszego oka, które przystosowane jest do światła dziennego.

Zasadnicze różnice w pracy wzroku we dnie i w nocy są następujące:

1. Właściwość dostrzegania okiem różnic w jasności jest o wiele mniejsza w nocy niż w dzień. W tym właśnie tkwi główna przyczyna złej widoczności w nocy. O ile we dnie dostatecznie duży przedmiot, jaśniejszy od tła o 5—10%, widzi się całkiem wyraźnie, o tyle w nocy niesposób rozpoznać go wzrokiem, zlewa się on z tłem w jednolitą ciemną plamę. Aby w ciemną noc odróżnić przedmioty od tła, konieczna jest co najmniej 20—50% różnica jasności.

2. W nocy ostrość wzroku bardzo słabnie: cienkie linie, drobne plamki lub małe odstępy między dwiema figurami stają się nierozpoznawalne nawet przy bardzo wysokiej kontrastowości. We dnie próg (granica) widzenia stanowi kąt  $0',5-1'$ , natomiast w nocy —  $10-30'$ .

W tabeli 6 podano, jak zmienia się wrażliwość oka na kontrasty i ostrość wzroku zależnie od oświetlenia.

Zakłada się przy tym, że obserwator patrzy na białe tło (na przykład na śnieg).

3. W nocy wzrok nie rozróżnia barw. Krajobraz podobnie jak na fotografii jest jedynie połączeniem szarych odcieni o różnej jasności. Stąd bardzo trafne jest powiedzenie: „W nocy wszystkie koty są szare“.

Nawet jednak i te silnie obniżone właściwości naszego organu wzrokowego mogą być wyzyskane jedynie w szczególnych warunkach, o których będzie mowa niżej.

Jeśli z jasno oświetlonego pomieszczenia przejdziemy do ciemnego, to początkowo nie będziemy widzieć nic. Dopiero po pewnym czasie wzrok przyzwyczai się do ciemności i zacznie coś niecoś dostrzegać. Im dłużej znajduje się człowiek w ciemności, tym lepiej się orientuje. Po godzinie przebywania w ciemności przystosowanie się oka do słabego światła dosięga prawie kresu możliwości i jeśli się nawet jeszcze polepsza, to już tylko bardzo nieznacznie.

Takie stopniowe przystosowanie się oka do słabego oświetlenia nocnego nazywamy *a d a p t a c j ą*. Przyczyny jej tkwią w różnych zjawiskach. Źrenica oka może rozszerzać się i zwężać. Każdy wie, że we dnie ciemny otvorek źrenicy staje się całkiem mały, toteż do oka dostaje się niewiele światła. Natomiast wieczorem, gdy światła brak, źrenica rozszerza się, otwór jej staje się większy i przepuszcza do oka o wiele więcej światła. Jednakże zwężania się i rozszerzania źrenicy zachodzą szybko (o wiele szybciej niż następuje adaptacja oka) i prócz tego mogą one wpłynąć na zmianę zdolności postrzegania słabego światła, o ile jest ono zmniejszone nie więcej niż o 20—25 razy. Dlatego też głównej przyczyny adaptacji należy szukać w zmianie wrażliwości na światło samej siatkówki.

Jak wiemy, oko wysłane jest wewnątrz specjalną

tkanką zbudowaną z mnóstwa drobniutkich komórek — czopków i pręcików. Czopki przystosowane są do odbierania jasnego światła (słonecznego, elektrycznego itp.) i dlatego pracują w dzień, natomiast pręciki funkcjonują w nocy, gdy światło jest słabe. Tak więc w oku człowieka istnieją równocześnie jak gdyby dwa różne aparaty: jeden na dzień, a drugi na noc.

Nie wszystkie zwierzęta mają oczy obdarzone taką właściwością. Na przykład w oczach kur lub gołębi są tylko czopki i dlatego z nastaniem zmroku ptaki te przestają widzieć (stąd powiedzenie „kurza ślepotą“). I odwrotnie u typowo nocnych zwierząt, jak na przykład u sów i nietoperzy, siatkówka zbudowana jest wyłącznie z pręcików i w związku z tym zwierzęta te widzą doskonale w nocy, nie mogą jednak posługiwać się wzrokiem w dzień.

Wrażliwość pręcików nie jest stała: im dłużej człowiek przebywa w ciemności, tym bardziej wyraźne podrażnienia wywołuje słabe światło. Dlatego adaptacja trwa również po zakończeniu rozszerzania źrenicy i przełączenia się z czopków na pręciki.

Czopki i pręciki rozsiane są na dnie gałki ocznej nierównomiernie. W środkowej części przeważają czopki, na skrajach zaś pręciki. Dlatego przy świetle dziennym najwyraźniej widzi się obraz w części środkowej pola widzenia.

Inaczej natomiast jest w nocy. Najbardziej wrażliwe partie siatkówki są nie w środku pola widzenia, lecz nieco z boku. Tym się tłumaczy na przykład takie zjawisko: obserwator z napięciem wpatruje się w ciemność spodziewając się dojrzeć nikły ogieniek. Oto nagle spostrzegł go, ale nie w tym punkcie, w który się wpatrywał, lecz nieco z boku. Skierował wzrok na ogień — nic nie widać; spojrzał jak poprzednio — znów coś wi-

T a b e l a 7

## Zmiany właściwości widzenia zależnie od stopnia oświelenia

Pora doby	Oświetlenie (w luksach)	Ostrość wzroku: najmniejszy wy- miar kątowy wi- dzianego przed- miotu (w minu- tach)	Najmniejsza róż- nica jasności po- strzegana przez oko (w procent- tach)	Widzialność barw	Stosunkowa odległość widzialnoś- ci czarnego przedmiotu we mgłe
D z i e ń	100 000	0,5	4,8	Wszystkie barwy widać zupętnie wyraźnie	0,75
	40 000	0,5	2,4		0,92
	1 000	0,5	1,7		1,00
cywilny	100	0,5	1,8	Nasycone, soczyste bar- wy widać dobrze, blade natomiast źle	0,99
	40	0,8	2,1		0,96
	1	1,2	3,7		0,81
nawigacyjny	0,1 0,01	4 8	7,8 20	Nasycone, soczyste bar- wy są widoczne słabo, blade zaś są w ogóle niewidoczne	0,63 0,37
astronomiczny	0,001	16	40	Barwa nie do rozróżnie- nia	0,22
N o c	0,0001	30	66		0,10

Z m r o k

dać. Obserwator dochodzi do wniosku, że mu się światło po prostu majaczy. W rzeczywistości zaś ogień widoczny jest naprawdę, lecz jest on taki słabutki, że reagują nań jedynie boczne części siatkówki. Toteż w momencie gdy obserwator skierowuje wzrok prosto na ogień, to natychmiast ginie on z oczu. Stąd wniosek, że tak zwane widzenie boczne, przy którym uzyskuje się skrajne partie siatkówki, jest dogodniejsze w nocy niż patrzenie na wprost, mimo że do posługiwania się „kątem oka“ nie jesteśmy przyzwyczajeni.

Jeśli po długim pobycie w ciemności spojrzysz się na jasne światło, to wzrok, który już przystosował się do światła nocnego, przestaje z początku pracować: światło „razi w oczy“, powoduje łzawienie i dlatego z trudem rozróżniamy otoczenie. Jednakże objawy te szybko mijają i wzrok zaczyna pracować normalnie. Tu zetknęliśmy się ze zjawiskiem odwrotnej adaptacji — do jasnego światła. Polega ona na tym, że pręciki wyłączają się, a zaczynają pracować czopki, źrenica zaś zwęża się.

Adaptacja do ciemności jest procesem powolnym, który trwa godziny. Adaptacja do światła przeciwnie, dokonywa się w ciągu 1—2 minut. Zrozumiałe jest przeto, jakie niebezpieczeństwo stanowi jaskrawe światło w czasie nocnej obserwacji; wystarczy tylko spojrzeć na jasno oświetlony przedmiot i adaptacja do światła nocnego zostanie utracona, a ponowne jej nabycie wymagać będzie dłuższego czasu.

#### ZASADY OBSERWACJI W NOCY

Z tego, co zostało powiedziane o adaptacji wzroku, można wysnuć następujące wnioski dla praktyki nocnej obserwacji:

1. Przed wyjściem na nocną wartę należy chronić oczy przed jasnym światłem. Najlepiej spędzić 20—30 minut w półmrocznym pomieszczeniu, by wzrok przyzwyczaił się do słabego światła.

2. Punkt obserwacji powinien być zupełnie ciemny, by uboczne światło nie przeszkadzało patrzeć w ciemność. Obserwowanie z oświetlonego miejsca w kierunku zaciemnionym jest niedopuszczalne.

3. W trakcie obserwowania należy unikać patrzenia w światło. Jeżeli dokoła punktu obserwacyjnego pojawiają się jaskrawe rozbłyski (na przykład od wystrzałów armatnich, rakiet, promieni reflektora skierowanego na obserwatora), to należy starać się zamykać oczy w czasie wybuchu (przy bardzo jasnym świetle najlepiej zasłaniać oczy ręką).

4. Jeśli obserwator posługuje się światłem (na przykład przy czytaniu mapy lub spoglądaniu na zegarek, kompas itp.), to światło to powinno być słabe, by nie zakłócało osiągniętego stanu adaptacji.

5. Jeśli obserwator zmuszony jest patrzeć na jaskrawe światło, a zarazem obserwować w ciemności (na przykład jeśli zachodzi potrzeba obserwowania ciemnego krajobrazu i wskazówek przyrządów), to należy posługiwać się na przemian raz jednym, to znów drugim okiem. Można na przykład patrzeć na światło tylko lewym okiem, a prawe mieć zamknięte. W tym wypadku prawe oko zachowuje adaptację do słabego światła i wskutek tego można nim dobrze widzieć w ciemności, mimo że lewe oko będzie oślepięte jasnym światłem. Oczywiście taki sposób obserwacji jest niewygodny i męczący, ale w niektórych wypadkach przynosi on wielką korzyść, zwłaszcza tym, którzy uprzednio uczyli się nim posługiwać.

6. Przy obserwowaniu bardzo słabych wybuchów świetlnych lub dalekich ogni przydaje się umiejętność



posługiwania się widzeniem bocznym. W tym celu należy kierować wzrok nie na ten punkt horyzontu, w którym ma się pojawić światło, lecz nieco w bok od niego.

Nocny obserwator może więc znacznie podnieść wydajność swej odpowiedzialnej pracy, jeśli będzie przestrzegał tych zasad i właściwie przeprowadzał treningi ze swej specjalności.

## V. SYGNAŁY ŚWIETLNE

### ŚWIATŁA SYGNAŁOWE

Gdy zbliżamy się nocą na okręcie do dużego portu, przed wzrokiem obserwatora najpierw na zamglonej linii horyzontu pojawia się jasny punkt, który na przemian to gaśnie, to znów się zapala. To wielka latarnia morska, której silne światło jaśniejące u szczytu wysokiej wieży widoczne jest z odległości dziesiątków kilometrów. Po pewnym czasie pojawiają się światła pływających boi, które wytyczają bezpieczny tor wodny prowadzący do portu. Im bliżej miasta, tym więcej pojawia się w dali światła i wreszcie okazuje się, że cały wycinek horyzontu usiany jest mnóstwem jasnych punktów. Spośród tysięcy białych punktów latarni ulicznych, rozmaitych lamp i oświetlonych okien domów wyróżniają się różnobarwne gwiazdki sygnałów świetlnych. Mieniają się czerwone, zielone i żółte światła sygnałów na torach kolejowych w porcie i na skrzyżowaniach ulic. Błyszcą czerwone ogniki samochodów. Na fasadach domów jarzą się różnobarwne szyldy i reklamy, a na wysokich masztach radiostacji palą się rubinowe światła ostrzegawcze sygnalizujące przelatującym nad miastem samolotom o niebezpieczeństwie.

Lecący samolot wyróżnia się na tle gwiazd swymi ko-

lorowymi światłami. Mnóstwo światła jest również na wodzie, każdy okręt, każdy kuter ma światła białe i kolorowe, każda mielizna czy rafa podwodna oznaczona jest świecąca boją. Oto zamigotało białe światło na maszcie okrętu. Odpowiada mu takimi samymi błyskami inny okręt. Błyski te to nic innego jak kropki i kreski alfabetu Morsego, za pomocą którego okręty porozumiewają się ze sobą.

Światła sygnałowe odgrywają bardzo ważną rolę w komunikacji i transporcie podczas nocy. W ciemności są one widoczne z dalekiej odległości. Światła te wskazują podwodne rafy i mielizny nawigatorowi okrętu, i tor wodny kapitanowi żeglugi śródlądowej; według nich orientuje się pilot w czasie nocnego lotu, na nie skierowany jest wzrok maszynisty parowozu prowadzącego pociąg i kierowcy siedzącego za kierownicą samochodu. Różnobarwne światła rozrzucone są jak paciorki wzdłuż lądowych i wodnych dróg całego kraju. Wygoda w posługiwaniu się sygnalizacją świetlną jest tak wielka, że obecnie stosuje się ją nie tylko w nocy, ale i w dzień. Elektryczne sygnały świetlne są tak jasne, że widzi się je doskonale nawet w świetle słonecznym. Sygnały takie zainstalowane na kolejach żelaznych wzdłuż torów działają automatycznie i wskazują maszyniście, czy najbliższy odcinek toru jest wolny, czy też zajęty. Taki system automatycznej sygnalizacji świetlnej wzmacnia bezpieczeństwo ruchu pociągów oraz powiększa przelotowość kolei żelaznych.

W czasie działań bojowych również stosuje się specjalne środki sygnalizacji świetlnej. Np. różnobarwne rakiety, którymi strzela się ze specjalnych raketnic lub karabinów bądź wypuszcza się je bezpośrednio, są jednym z powszechnie stosowanych środków przekazywania rozmaitych sygnałów i rozkazów nie tylko w nocy, lecz i w dzień. Do tego celu służą również pociski

sygnałowe, którymi strzela się z karabinu, oraz specjalne bomby zrzućane z samolotu. W czasie wojny wykorzystuje się w nocy specjalne światła służące do orientowania okrętów i samolotów. Często oświetla się teren nieprzyjacielski za pomocą rakiet lub innych źródeł światła. W niektórych wypadkach wykorzystuje się dla sygnalizacji promienie reflektorów, które można dostrzec z odległości dziesiątków kilometrów.

Wreszcie do sygnałów świetlnych można również wliczyć świecące, czyli „smugowe“ pociski artyleryjskie i karabinowe, które ułatwiają strzelcowi dokładniejsze prowadzenie ognia.

#### WŁAŚCIWOŚCI PUNKTOWEGO ŹRÓDŁA ŚWIATŁA

Pod względem widoczności dalekie ognie różnią się w sposób zasadniczy od innych przedmiotów terenowych. Mianowicie ogień jest sam źródłem światła, a nie tak jak inne przedmioty, które jedynie odbijają promienie Słońca i nieba. Źródło bezpośrednio wydzielające światło jest zazwyczaj bardzo małe, ale można widzieć je z takiej odległości, z jakiej przedmiot o tych samych rozmiarach nie byłby widoczny w ogóle. Wyjaśnimy to na przykładzie. Wielkość rozżarzonego włókna w żarówce elektrycznej lub płomyka w lampie naftowej nie przewyższa kilku centymetrów, a widzi się je z odległości wielu kilometrów. Wielkość kątowna jest przy tym o wiele mniejsza od minuty łukowej, a wiemy już, że jeśli zwykły przedmiot ma wartość mniejszą od minuty, to go wcale nie widać. Jednak światło widzi się w ciemności doskonale, lecz inaczej niż zwykłe przedmioty. Obserwując we dnie wyraźnie spostrzegamy zarówno kształt, jak i wymiary kątowe przedmiotu. Inaczej jest przy obserwowaniu dalekich

świateł w nocy: ani kształtu, ani rozmiarów światła określić nie możemy, ponieważ postrzegamy je w postaci bardzo małego, aczkolwiek jasnego punktu. Można powiedzieć, że wzrok spostrzega tylko światło sygnału, a nie widzi samego sygnału.

Takie warunki punktowej widoczności zachodzą zawsze przy obserwowaniu na ciemnym tle jasnego źródła światła o niewielkich wymiarach kątowych. Przykładem tego mogą być gwiazdy pokrywające firmament niebieski podczas pogodnych nocy.

Widoczność punktowego źródła światła ma wiele ważnych właściwości.

Po pierwsze — oko nie rozpoznaje kształtu przedmiotu. Czy źródło światła będzie podłużne, czy okrągłe, rozciągnięte czy też kwadratowe, obserwatorowi wydaje się, że jest ono bezkształtną promienistą gwiazdką. Z dalekiej odległości zarówno oświetlony mleczny klosz, jak i siatka rozżarzonych włókien w żarówce elektrycznej bądź też chwiejący się język płomienia stosu drzewnego widać jako jasne punkty.

Nie trudno zrozumieć, co jest tego przyczyną. Mówiliśmy już, że obraz świetlny w oku składa się jak gdyby z mnóstwa oddzielnych punktów, z których każdy powstaje w wyniku podrażnienia przez światło grupy pręcików lub słupków. Jeśli jednak obraz przedmiotu na światłoczułej warstwie oka jest bardzo mały, to obejmuje on zaledwie dwa — trzy czopki. Stąd właśnie powstaje wrażenie jasnego punktu bez względu na rzeczywisty kształt źródła światła. Prócz tego soczewka oka również daje obraz bardzo małego przedmiotu w kształcie drobniutkiego krążka, którego kształt i wymiary nie są uzależnione od rzeczywistych zarysów przedmiotu.

Po drugie — nie można określić wymiarów kątowych punktowego źródła światła lub przedmiotu na podsta-

wie jego widoczności (jasności). Im bowiem światło jest jaśniejsze, tym wydaje się ono większe, im zaś jest słabsze, tym wydaje się mniejsze. Znane to jest każdemu na przykładzie gwiazd: jasne gwiazdy wydają się duże, mniej jasne wydają się małe. To samo zachodzi z naziemnymi światłami. Jeśli zwiększymy siłę światła ognia (na przykład zwiększając żarzenie lampki elektrycznej), to oddalonemu obserwatorowi będzie się wydawać, że ogień staje się większy; jeśli zaś będziemy ją zmniejszać, to obserwator ten ulegnie złudzeniu, że ogień przygasa, staje się mniejszy.

Zjawisko pozornego powiększania się widocznej średnicy jasnych przedmiotów nazywamy *irradiacją*.

Trzecia właściwość punktowych obiektów polega na tym, że ich widoczna jasność zależy od odległości. Jeśli patrzymy na rozciągly jasny przedmiot, to jego jasność nie zmienia się wraz ze zmianą odległości (przynajmniej wtedy, gdy powietrze jest dostatecznie przezroczyste). Na przykład w bardzo jasny dzień oświetlona przez Słońce biała ściana wydaje się prawie jednakowo jasna zarówno z bliska, jak i z odległości 2—3 km.

Inaczej natomiast jest z widocznością ognia z różnych odległości. Z bliska ogień może być tak jasny, że trudno nań patrzeć; w odległości 100 m nie oślepią on już, a w odległości 1000 m zamienia się w dość przyćmioną gwiazdę. Jeśli będziemy odchodzić od niego coraz dalej, to mimo największej przezroczystości powietrza nawet najbardziej silne źródło światła straci w końcu tyle na jasności, że zginie z oczu.

Pozorna jasność ognia zmniejsza się odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości. Na przykład trzykrotne powiększenie odległości powoduje dziewięciokrotne zmniejszenie jasności. Dzieje się tak dlatego, że promienie światła rozchodzą się we wszystkich kierunkach od źródła. Im większa odległość, tym szerzej ro-

zejdą się promienie i ta sama ilość światła rozplynie się na szerszą przestrzeń. Na rys. 20 pokazano, jak w miarę wzrastania odległości od źródła światła  $O$  wzrasta powierzchnia, na którą pada światło płynące wewnątrz ostrosłupa  $OABCD$ . To prawo kwadratu odległości służy jako podstawa do wszelkich obliczeń związanych z widocznością sygnałów świetlnych i światła sygnałowych.

### WIDZIALNOŚĆ ŚWIATEŁ

Prawo kwadratu odległości dowodzi, że w miarę oddalania się od latarni jej widoczna jasność stopniowo maleje, aż wreszcie staje się tak nikła, że w ogóle wzrok jej nie rozróżnia. Znaczy to, że dla każdego światła jest graniczna odległość, poza którą nie można go zobaczyć.

Człowiek może zobaczyć ogień tylko w tym wypadku, gdy do jego oka wpada dostateczna ilość światła. Ilość ta jest z kolei określona przez natężenie tego oświetlenia, jakie daje ogień w punkcie obserwacji.

Krańcowe natężenie oświetlenia, które leży na granicy między widzialnością a niewidzialnością, nazywa się *absolutnym progiem spostrzegania*. Jeśli widoczna jasność ognia malejąc utrzymuje się powyżej tego progu, to ogień jest widoczny; natomiast gdy tylko poziom jasności znajdzie się poza progiem, ogień znika, ponieważ światło jego staje się zbyt słabe.

Próg oświetlenia jest dla różnych ludzi różny: jeden dobrze widzi bardzo słabe światło, inny traci z oczu nawet dość jasne źródła światła. Prócz tego dla każdego człowieka próg ten ulega zmianom zależnie od warunków, w jakich prowadzi się obserwację. Na przykład jeśli dokoła jest wiele innych jasnych źródeł światła, to

słaby ogieniek będzie widać gorzej, gdyż jasne światło razi oczy. Duże znaczenie ma również jasność tła, na którym widzi się ogień: im noc ciemniejsza, im bardziej ciemne jest niebo i ziemia dokoła, tym zdolność wzrokowa postrzegania słabych światel jest większa i tym większa jest odległość, z której można je zauważyć. I odwrotnie, na przykład podczas „białych nocy“, przy Księżycu lub o zmierzchu, o wiele trudniej jest rozpoznać słabe światła.

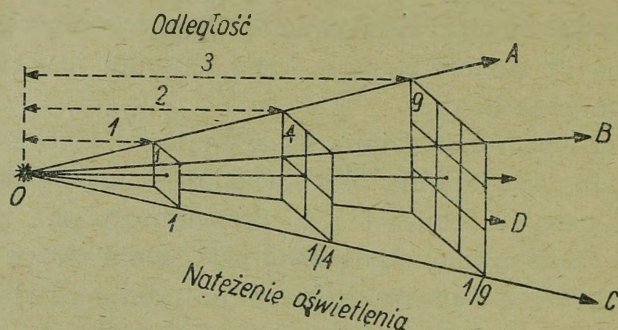
Przy obliczaniu widzialności sygnałów świetlnych na morzu próg oświetlenia określa się liczbą 0,0000002 luksa. Liczba ta odnosi się do przeciętnego oka i przeciętnych warunków obserwacji. W wielu wypadkach można dostrzec światło, którego natężenie oświetlenia jest 10, 20, a nawet 100 razy słabsze.

Znając próg postrzegania można bez wielkiego trudu obliczyć odległość widzialności sygnałów świetlnych. Zależy ona przede wszystkim od natężenia światła. Jednostką pomiarową takiego natężenia jest „świeca“ standardowa opisana w rozdziale IV.

Lampa, której natężenie światła równa się dwu świecom, wysyła dwa razy więcej światła niż lampa-wzorzec; źródło 10-świecowe daje 10 razy więcej światła itd.

Jak już wiemy, przy bardzo czystym powietrzu i niezbyt wielkich odległościach pozorna jasność światła maleje zgodnie z prawem kwadratu odległości. Jeśli na przykład będziemy się oddalać od latarni w linii prostej na pewną odległość podzieloną na trzy równe odcinki, to zauważymy, że po przebyciu dwóch pierwszych odcinków jasność światła zmaleje czterokrotnie, a po przebyciu następnego (trzeciego) odcinka — dziewięciokrotnie itp. Możemy więc sformułować następującą regułę: aby światło było widoczne  $n$  razy dalej, należy zwiększyć jego natężenie  $n^2$  razy. Innymi słowy,

aby powiększyć widzialność światła dwukrotnie, trzeba zwiększyć jego natężenie czterokrotnie; aby zwiększyć ją trzykrotnie — natężenie światła powiększa się dziewięciokrotnie. Chcąc zaś dojrzeć światło z odległości 10 razy większej należy wstawić lampę silniejszą 100 razy.



Rys. 20. Rysunek objaśnia, dlaczego natężenie światła maleje odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości

Aby obliczyć natężenie oświetlenia w punkcie obserwacji i wyrazić je w luksach, należy podzielić natężenie światła w świecach przez kwadrat odległości w metrach:

$$\text{Natężenie oświetlenia w luksach} = \frac{\text{Natężenie światła w świecach}}{\text{Kwadrat odległości w metrach}}$$

Na przykład stuświecową lampę widać z odległości 50 m. Jakie będzie natężenie oświetlenia? Dzielimy 100 przez  $50^2$ , tj. przez 2 500 i otrzymujemy  $1/25$  luksa. Dla określenia granicy widzialności światła trzeba znaleźć taką odległość, w której daje ono natężenie światła równe progowi, tj. 0,0000002 luksa\*.

\* Na podstawie prawa  $\frac{I}{L^2} = E_0$ , wzór dla obliczenia będzie

$$L = \sqrt{\frac{I}{E_0}}, \text{ gdzie}$$

$I$  = natężenie światła w świecach,  $E_0$  = próg postrzegania w luksach;  $L$  — granica widzialności światła w metrach.

Sposób ten można jednak stosować tylko w tym wypadku, gdy powietrze jest całkiem przezroczyste i osłabienie światła jest w nim niedostrzegalne. W praktyce zdarza się to bardzo rzadko. Jeśli powietrze jest mało przezroczyste, a zwłaszcza we mgle, światło sygnału słabnie nie tylko wskutek tego, że promienie jego rozchodzą się coraz szerzej, lecz również dlatego, że zanieczyszczone lub zamglone powietrze pochłania część przechodzących przezeń promieni. W tym wypadku jasność światła słabnie w miarę zwiększenia się odległości o wiele szybciej, a granica jego widzialności ulega skróceniu.

Tabela 7.

**Widoczność światel przy różnym stopniu przezroczystości powietrza podczas całkiem ciemnej nocy (w kilometrach)**

Meteorologiczna widzialność (w kilometrach)	Mała lampka naftowa, słabo oświetlone okna, latarnia (3,5 św.)	Wielka lampka naftowa, jasna latarnia, pochodnia, ognisko (8,5 św.)	Lampa elektryczna				
			50 świec	100 świec	200 świec	500 świec	1000 świec
0,05	0,10	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
0,5	0,5	0,6	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1
1	0,8	0,9	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9
2	1,2	1,5	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2
4	1,8	2,2	3,2	3,7	4,1	4,8	5,3
10	2,5	3,4	5,4	6,4	7,0	9,9	10
20	3,1	4,3	7,6	9,1	11	13	16
50	4,2	5,3	10,4	13,3	16	22	26

Jako miara przejrzystości powietrza przyjęta została meteorologiczna widzialność, tj. graniczna odległość, z której przy dziennym oświetleniu byłby widoczny czarny przedmiot na tle nieba.

Od światła sygnałowego wymaga się zazwyczaj, aby było ono widoczne z jak największej odległości i to nie tylko w czasie pięknej pogody, kiedy powietrze jest czyste i przezroczyste, lecz i we mgle, w czasie zamieci, deszczu itp. Może to być spełnione jedynie w takich warunkach, gdy do oka obserwatora dostanie się dużo światła. Dlatego też usiłowania techniki skierowane są tutaj na to, by źródło światła sygnałowego wysyłało do obserwatora jak najjaśniejsze światło.

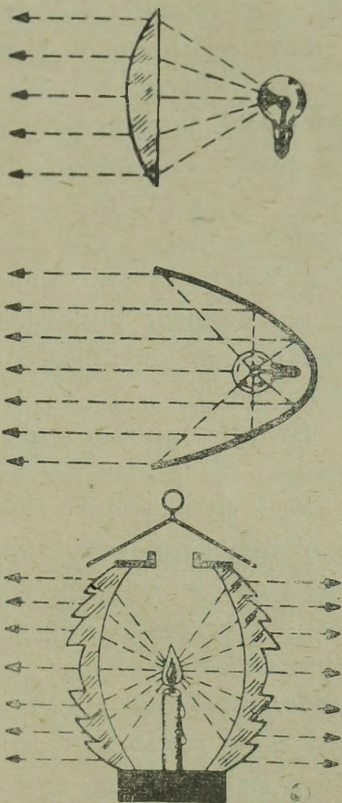
W tym celu najprościej byłoby zamienić słabe źródło światła na silniejsze. Na przykład jeśli w latarni wymieni się naftowy palnik na stuwatową elektryczną żarówkę, to latarnia będzie widoczna z odległości 5—6 razy większej. Jeżeli zaś zamiast 100-watowej żarówki wkręcimy 1000-watową, to odległość widoczności powiększy się znowu trzykrotnie. W latarniach, które obserwuje się z bardzo dalekich odległości, stosuje się potężne lampy o natężeniu światła równym kilkunastu tysiącom świec. Dalsze jednak zwiększanie natężenia światła jest bardzo trudne. Ponadto silne lampy zużywają wielką ilość energii elektrycznej, co jest zbyt kosztowne.

Inny sposób powiększania widoczności sygnałów polega na skierowywaniu światła jedynie w tym kierunku, z jakiego prowadzi się obserwację.

Nie osłonięta lampa elektryczna świeci wprawdzie na wszystkie strony, lecz sygnał świetlny widzi się przecież nie ze wszystkich kierunków. Na przykład w warunkach obserwacji naziemnej do obserwatora dojdą jedynie te promienie, które rozprzestrzeniają się poziomo wzdłuż powierzchni Ziemi. Światło idące w górę i w dół traci się w tym wypadku bez żadnego pożytku. Na liniach kolejowych światło sygnałów obserwowane

jest jedynie wzdłuż toru kolejowego. Wykorzystywane są więc tutaj promienie skierowane wzdłuż szyn, pozostałe zaś rozpraszają się bezużytecznie. Oczywiście istnieje możliwość wydatnego polepszenia widoczności sygnału przez skupienie całego światła w wąskim strumieniu i skierowanie go wyłącznie w jednym kierunku. Praktycznie można to wykonać w różny sposób, na przykład za pomocą dwuwypukłego szkła (soczewki). Jeśli w ognisku takiego szkła zostanie ustawiona lampa, to część jej promieni skupi się w wąskim strumieniu o wielkim natężeniu światła (rys. 21).

Jeszcze lepsze wyniki uzyskać można wtedy, gdy zamiast szkła wykorzystaje się zwierciadło wklęsłe. Jeśli bowiem umieścimy lampę w wgłębieniu tego zwierciadła to będzie ono odbijać wszystkie promienie w jednym kierunku. Tak zbudowane są np. przykłady reflektory samochodowe. W ten sposób uzyskuje się to, że światło niewielkiej 12-woltowej lampki daje wąski, lecz jasny strumień promieni i dlatego widać go z daleka, chociaż tylko z jednego kierunku (z innych stron strumień ten jest widoczny tylko z bliska).



Rys. 21. Sposoby uzyskania intensywnego strumienia promieni przy sygnalizacji świetlnej.

U góry — za pomocą wypukłego szkła (soczewki); w środku — za pomocą wklęsłego lustra (zasada reflektora); u dołu latarka sygnałowa ze rzuniętym szkłem rzucająca światło na cały widnokrąg

Jeśli zachodzi potrzeba uzyskania dalekiej widoczności światła sygnałowego w różnych kierunkach, na przykład na całym horyzoncie, to buduje się latarnię obrotową. Na takiej latarni zespół lusterek i soczewek, skupiających światło w wąski, lecz potężny strumień, powoli obraca się wokół lampy tak, że promień ślizga się po ziemi obiegając cały horyzont. Obserwator widzi światło latarni jedynie w tych momentach, gdy promień kieruje się w jego stronę. Takie światło sygnałowe daje błyski lub blaski, między którymi gaśnie całkiem lub zostaje przyćmione. Światło gasnące w ogóle w przerwach między błyskami (lub blaskami) nazywa się światłem błyskowym. Jeśli natomiast jest ono stałe i tylko słabnie między błyskami, nazywa się światłem mieszanym. Przy dostatecznej mocy światło takie jest widoczne dalej, niż byłoby to możliwe w warunkach stałego rozsiewania go po całym horyzoncie.

Światło mieszane ma jeszcze jedną zaletę. Tam gdzie świeci równocześnie wiele światel sygnałowych, łatwo można je pomylić z innymi światłami. W takich warunkach sygnał świetlny, który na przemian rozjaśnia się i gaśnie, od razu wyróżnia się spośród innych światel, na przykład latarni świecących nieprzerwanym stałym światłem. Prócz tego częstotliwość i czasokres błysków (blasków) oraz czas trwania ciemności między nimi są w różnych sygnałach świetlnych różne. Pomaga to w orientacji na morzu. Nawigator po zauważeniu na horyzoncie błyskowego światła określa według zegarka ilość i czas trwania błysków, a następnie sprawdza w książce zawierającej opis latarni morskich, czy zaobserwowane światło jest tym, które spodziewał się ujrzeć. Zdarza się, że takie sprawdzenie koryguje poważne błędy i ratuje okręt od zagrażającego mu niebezpieczeństwa.

## SYGNALIZACJA ZA POMOCĄ RÓŻNOKOLOROWYCH ŚWIATEŁ

Sygnalizacja świetlna staje się bardziej urozmaicona, jeśli prócz białych światel zastosuje się kolorowe: czerwone, zielone, niebieskie. Ma to jeszcze i tę zaletę, że różnobarwne sygnały łatwiej jest odróżnić od latarni i lamp służących do oświetlenia.

Najprostszy sposób urządzenia kolorowego światła polega na umieszczeniu przed zwykłym białym światłem kolorowej szybki, czyli filtru świetlnego. Białe światło bowiem jest to mieszanina promieni wszystkich kolorów. A zatem w białym świetle sygnałowym zawarte są z pewnością również promienie tej barwy, która potrzebna jest w sygnale kolorowym, na przykład zielone lub czerwone. Aby wyodrębnić je, należy użyć takiego szkła, które przepuszcza jedynie zielone lub czerwone promienie, a zatrzymuje wszystkie pozostałe. Takie szkło, podobnie jak filtr oczyszczający płyny, odfiltrowuje potrzebne promienie z ogólnej białej mieszaniny i dlatego nazywa się **f i l t r e m ś w i e t l n y m**.

Semafor na kolejach żelaznych, sygnały świetlne na ulicach wielkich miast lub latarnie sygnałowe na okrętach zbudowane są właśnie na zasadzie białego światła z takim szklanym filtrem świetlnym.

Wykorzystanie kolorowych szkieł w takich latarniach sygnałowych jest wprawdzie bardzo proste, lecz niezbyt praktyczne. Wszystkie bowiem zbędne promienie z ogólnego strumienia białego światła są przez nie pochłaniane, a tym samym giną. Toteż natężenie światła latarni znacznie słabnie, a jednocześnie ulega skróceniu odległość widoczności sygnału. Wygodniej jest zbudować taką lampę, która bezpośrednio daje światło w pożądanym kolorze. Takiego rodzaju lampy istnieją i są

coraz szerzej stosowane właśnie w technice sygnalizacyjnej. Zazwyczaj buduje się je w postaci rury wypełnionej gazem, przez który przepływa prąd elektryczny (tak zwane lampy gazowe). Zależnie od składu chemicznego gazu uzyskuje się jasne światło w dowolnym odcieniu. Wszystkim znane są na przykład rurki wypełnione gazem neonem, które świecą pięknym rubinowym światłem. Rurki z argonem (rodzaj gazu) dają światło niebieskie, a wypełnione parą sodu — jaskrawożółte.

Różnobarwne światła dają również rurki zwane luminescencyjnymi. Światło wypromieniowywane jest w tych rurkach przez specjalną mieszaninę, którą pokryte są wewnątrz rurki. Samo zaś promieniotwórczość, czyli „luminescencja“ jest z kolei wywoływane przez niewidoczne promienie ultrafioletowe, które pod wpływem prądu elektrycznego emitowane są przez pary rtęci zawarte wewnątrz rurki.

Wybór koloru na sygnał to bardzo ważna sprawa. Jeśli będziemy się oddalać od kolorowego światła, to w miarę zmniejszenia się jasności będziemy widzieć kolor coraz gorzej i wreszcie przy określonym stopniu zmniejszenia nie rozróżnimy go w ogóle, mimo że samo światło będzie jeszcze widoczne. A zatem jest jakaś strefa jasności (i w związku z tym odległości), w której światło sygnałowe jest wprawdzie widoczne, lecz nie można określić jego barwy (tak zwany achromatyczny odstęp).

Doświadczenia wykazują, że najłatwiej rozpoznaje się barwę sygnałów czerwonych. Tu można zazwyczaj określić barwę już przy takiej najmniejszej jasności, przy której zaledwie dostrzegamy sygnał. Najtrudniej jest rozpoznać barwę fioletową i niebieską. Światło w tych barwach jest tak słabe, że mimo wzmocnienia go na progu widzialności dwa, dziesięć, a nawet sto ra-

zy i tak nie będzie można rozróżnić jego koloru. Będzie ono jednak najwyraźniej widoczne jako jasny punkt o nieokreślonym szarym zabarwieniu. Rozpoznać fioletowy kolor sygnału świetlnego uda się nam dopiero wówczas, gdy jego jasność powiększy się 500—800 razy ponad próg widzialności. Z tego powodu kolory niebieski i fioletowy są rzadko stosowane do sygnalizacji.

Kolor żółty widać dobrze, lecz łatwo można poplątać go z białym, zwłaszcza we mgle, w której białe światła mają zazwyczaj z lekka żółtawy odcień. Kolor zielony można rozpoznać dość łatwo (nie tak łatwo jednak jak czerwony). Trudno go również pomylić z innym kolorem i dlatego w sygnalizacji barwnej stosuje się go na równi z czerwonym.

Wiele dyskusji wywołało zagadnienie, jakie światła są najbardziej widoczne we mgle. Niektórzy twierdzili, że żółte i czerwone sygnały w tych samych warunkach są lepiej widoczne niż białe. Powoływali się oni przy tym na właściwości kolorowe mgły, która dla promieni czerwonych jest bardziej przezroczysta niż dla niebieskich. Jednakże najnowsze dokładne badania nie potwierdzają tego punktu widzenia. Gęste mgły, które szczególnie utrudniają sygnalizację, składają się z dużych kropelek, a w takich warunkach wszystkie promienie ulegają osłabieniu w tym samym stopniu. Przy nikłym zamgleniu przezroczystość dla promieni czerwonych jest istotnie większa, lecz różnica ta nie jest tak wielka, by zamiana białych świateł na czerwone była uzasadniona. W każdym razie, jeśli przed białą latarnią postawimy czerwone szkło, to będzie się ją widziało nie lepiej, jak twierdzili niektórzy, lecz o wiele gorzej, ponieważ to szkło wielokrotnie osłabi siłę światła i tym samym skróci widzialność.

22962



Wpływ warunków meteorologicznych na promień widzialności - Karygi

Wpływ warunków atmosferycznych na zakres zasięg wykrywania ułamek.

S P I S T R E Ś C I

	Str.
I. OBSERWACJA I MASKOWANIE W NOWOCZESNEJ ARMII . . . . .	5
Observacja i rozpoznanie . . . . .	5
Maskowanie wojskowe . . . . .	8
Widzialność, spostrzegawczość i rozpoznawalność . . . . .	14
II. WARUNKI I SPOSOBY OBSERWACJI DALEKICH PRZEDMIOTÓW . . . . .	17
Widnokrąg miejsca obserwacji . . . . .	17
Odległość odkrycia . . . . .	20
Pozorne wymiary przedmiotów . . . . .	23
Ostrość wzroku . . . . .	26
Krótkowzroczność i nadwzroczność . . . . .	28
Optyczne przyrządy do obserwacji na dalekie odległości . . . . .	31
III. WIDZIALNOŚĆ W POWIETRZU O OSŁABIONEJ PRZEJRZYSTOŚCI . . . . .	35
Mgły i zmętnienia . . . . .	35
Promień światła w zamglonym powietrzu . . . . .	39
Dlaczego we mgle źle widzimy przedmioty . . . . .	43
Widzialność . . . . .	46
Observacja widzialności na stacjach meteorologicznych . . . . .	52
Przyrządy do pomiarów widzialności . . . . .	55

Jak określać meteorologiczną widzialność bez pomocy przyrządów . . . . .	59
Opalizowanie w mętnym powietrzu . . . . .	62
Obserwacja dalekich przedmiotów w promieniach czerwonych i podczerwonych . . . . .	64
Widzialność ziemi z samolotu . . . . .	66
 IV. WIDZIALNOŚĆ W NOCY . . . . .	 69
Obserwacja nocna . . . . .	69
Miary światła . . . . .	70
Zorza, zmierzch i białe noce . . . . .	72
Warunki widzialności o zmierzchu . . . . .	76
Światło Księżyca . . . . .	80
Oświetlenie w czasie ciemnych nocy . . . . .	86
Właściwości widzenia w nocy . . . . .	92
Zasady obserwacji w nocy . . . . .	96
 V. SYGNAŁY ŚWIETLNE . . . . .	 99
Światła sygnałowe . . . . .	99
Właściwości punktowego źródła światła . . . . .	101
Widzialność światła . . . . .	104
Światła stałe i mieszane . . . . .	108
Sygnalizacja za pomocą różnokolorowych światła . . . . .	111

Papierowe - Fototechnika i rep. w. d. 46302 2

51068 / 109

7888

EGZEMPLARZ OKAZOWY