13123

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

13.123

GIEOGRAFJA FIZYCZNA

napisał

Wacław Nałkowski

529

Ozdobiona 106 rysunkami w tekście i 10 mapami

CBGiOŚ, ul. Twarda 51/55
tel.0 22 69-78-773

Wa5149873

PAŃSTWOWE SEMINARYJUM NAUCZYCIELSKIE ŻEŃSKIE W KIELCACH

WARSZAWA
NAKŁADEM I DRUKIEM M. ARCTA
1904

G. Fizyczna

Księgarnia w Nowym Sączu

http://rcin.org.pl

Дозволено Цензурою.
Варшава, Іюля 24 дня 1903 года.

INSTYTUT GEOGRAFII P.A.N. BIBLIOTEKA

13.123

Zbiornica Księgozbioru Zakonnych w Stalinogrodzie

http://rcin.org.pl

NH-41861/75

PRZEDMOWA.

Autor niniejszej książki był przed dwudziestu laty wezwany przez redakcję «Bibljoteki Matematycznej» (względnie—Kasę Mianowskiego) do opracowania, dla serji III tego wydawnictwa, obszernego kursu gieografji fizycznej wraz z gieografją astronomiczną i kartografją, oraz wstępem historycznym, przedstawiającym obraz stopniowego rozwoju gieografji.

Dzieło to po sześcioletniej pracy źródłowej, złożone w pomienionej redakcji i do druku przez komitet Kasy Mianowskiego zakwalifikowane, dotąd (t. j. przez lat kilkanaście) spoczywa w rękopisie, mimo to, że od czasu Śniadeckiego nie mieliśmy gieografji fizycznej w odpowiednim zakresie. Braki tego rodzaju objaśniają się u nas zwykle «brakiem ludzi, chcących pracować na polu naukowym» — Dziwne zaiste nieporozumienie!...

Ponieważ utraciłem nadzieję, aby pomienione obszerne dzieło ujrzało kiedykolwiek światło dzienne, z ochotą więc przyjąłem propozycję napisania niniejszej, choć małej popularnej, książki w tym samym przedmiocie.

http://rcin.org.pl

Niniejsza więc książka jest spopularyzowaną (pozbawioną matematycznego aparatu) miniaturą dzieła wyżej wspomnianego, odpowiadającą gieografji fizycznej «serji II» wyżej wspomnianego wydawnictwa.*) Przytem przez owe lat kilkanaście, które upłynęły od napisania mego obszernego kursu, nauka taka, jak gieografja fizyczna, będąca syntezą wszystkich nauk przyrodniczych, rzuconą na pewne tło—*powierzchnię ziemi,* musiała naturalnie uledz wielkim zmianom, pójść daleko naprzód; albowiem każde prawie ważniejsze odkrycie na polu jakiejkolwiek nauki przyrodniczej musi się naturalnie odbić na jej gieograficznej syntezie.

Wskażemy tu na ważniejsze z tych zmian.

W morfologji powierzchni ziemi radykalne poglądy Suessa na zupełnie bierną rolę zjawisk wulkanicznych przy tektonicznych procesach górotwórczych, oraz jego ultrakrytyczny pogląd na wiekowe podnoszenie się brzegów, napotkały na pewną reakcję w pracach Löwla, Geikiego, Siegera, Brücknera i innych.

Zmiany poziomu morza, doprowadzone w pracach Pencka do przesady, zostały zredukowane do minimum przez prace Helmerta, Hergesella i Drygalskiego. Sama orogienetyczna teorja kurczenia (Suessa i Heima) uległa zaatakowaniu przez wywody matematyczne gieofizyków angielskich, jak Fisher, Mellard Reade i inni. A jak-

---

*) Ta «serja II» była też u mnie przez redakcję «biblioteki matematycznej» zamówiona i miała wyjść po wydrukowaniu «serji III»'

http://rcin.org.pl

kolwiek wywody te, jako wychodzące z pewnych dowolnych przypuszczeń, nie zdołały obalić teorji kurczenia, to jednak uzyskały pewne prawa i dla innych orogienetycznych teorji, jak termalna (Mellard Reade'a), izostatyczna (Duttona) i teorja ześlizgiwania (Reyera). W hidrografji badania uczonych amerykańskich (Davisa i innych) nad dziejami rzek, ich zmianami i gienezą przyniosły ważne rezultaty.

Erozja lodowcowa, doprowadzona przez Pencka (za przykładem Heima, Ramsaya i innych) do przesady, przez innych zaprzeczana, znalazła wyjście na drodze pośredniej. Kwestja przyczyny ruchu lodowców, która dała początek dwom głównym teorjom, Forela (wzrost ziarn lodowcowych) i Heima (ciężar), została rozstrzygnięta na korzyść tego ostatniego. W klimatologji zarzucenie ogólnej cyrkulacji atmosfery (Dovego) dla badań lokalnych, cyklonów (Buys Ballot i t. d.), natrafiło na reakcję: cyklony, które «niewiadomo skąd przychodzą i dokąd idą», okazały się przynajmniej poczęści skutkami cyrkulacji ogólnej; zaczęto znów zwracać na nią uwagę (Ferrel, Siemens, Oberbeck). i t. d. i t. d.

Te i tym podobne rozultaty poszczególnych specjalnych badań starałem się co roku regestrować krytycznie w prowadzonych przeze mnie «Kronikach Gieograficznych» («Wisła»), które mi ułatwiły naturalnie pracę niniejszą.

Prócz tego przez owe lat kilkanaście wyszło wiele niezmiernie doniosłych prac ogólnych, traktujących sy-

http://rcin.org.pl

stematycznie, bądź całokształt gieografji fizycznej, bądź pewne jej działy: do dawniejszych prac tak klasycznych, jak Suessa *Das Antlitz der Erde,* Richthofena *Führer für Forschungsreisende,* Neumayra *Erdgeschichte,* Heima *Gletscherkunde,* Hanna *Klimatologie,* Wojejkowa *Klimate der Erde,* Supana *Physische Erdkunde*, *Günthera Handbuch der Geophysik und der physikalischen Geographie* i t. d. przybyły nowe: Pencka *Morphologie der Erdoberfläche,* Walthera *Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft,* Lapparenta *Leçons de Geographie physique* i t. d. Wyszły też nowe, zupełnie zmienione opracowania wyżej przytoczonych prac Neumayra i Supana, a także Wagnera *Lehrbuch der Geographie* (nowe opracowanie dawniejszego Guthe-Wagnera). Wszystkie powyższe nowsze dzieła, prócz zaregestrowania nowych zdobyczy, przyniosły same również wiele nowych poglądów. Wszystko to musiało być o ile możności uwzględnione w tej książce.

Wreszcie obok dawniejszych specjalnych czasopism gieograficznych, jak: *Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie, Zeitschrift für Schuhlgeographie,* jak *Petermann's Geograpische Mitteilungen,* które przez dodatek krytyczno-sprawozdawczy *(Litteraturbericht)* daje obraz całej literatury gieograficznej bieżącej, powstało wyborne czasopismo nowe: Hettner's *Geographische Zeitschrift,* które zaczęło obznajmiać czytelników z ruchem na polu gieografji już nietylko za pomocą pojedyńczych recenzji, lecz zapomocą ogólnych sprawozdań,

http://rcin.org.pl

podobnie jak to ja czyniłem we wspomnianych wyżej «kronikach gieograficznych», z tą jednak różnicą, że praca sprawozdawcza w czasopiśmie niemieckiem została rozłożona na kilku autorów, pracujących w poszczególnych gałęziach gieografji (co zresztą miało miejsce już poprzednio w *Geographisches Jahrbuch*),—i na to wydawnictwo również miałem wzgląd przy opracowaniu niniejszej książki.

Wszystko to, cośmy wyżej powiedzieli, miało na celu zaznajomienie czytelnika z gienezą i źródłami niniejszego kursu gieografji fizycznej. Teraz co się tyczy *zakresu przedmiotu nią objętego*, *oraz metody*, to wiadomo, że jak w gieografji człowieka (antropogieografji) ideą, zapładniającą tę gałąź gieografji, była na początku zeszłego stulecia idea *Rittera*, to jest idea związku między człowiekiem i przyrodą, tak w gieografji fizycznej, ku której pod wpływem ruchu przyrodniczego, wywołanego przez Lyella i Darwina, zwrócili się gieografowie czasów nowszych, za przykładem *Peschla (Neue Probleme der Vergleichenden Erdkunde)*, płodną ideą stała się w ostatnich czasach, szczególniej dzięki Richthofenowi *(China* i *Führer für Forschungsreisende)*, idea *gienetycznego traktowania zjawisk gieograficznych*; mianowicie idea, na zasadzie której obecne formy powierzchni ziemi uważamy nie jako coś stałego, danego, lecz jako coś, co się staje; jako *skutki sił*, działających przez wieki; jako rezultaty ciągłych *zmian*; jako fazy chwilowe, znikome. Dzięki tej idei, martwe przedtem formy nabrały życia. Dawne,

http://rcin.org.pl

czysto zewnętrzne porównania i grupowania (przyczem nieraz zjawiska zupełnie różne, co do istoty, zaliczano dla względów formalnych do jednej grupy, tak «jakby wieloryba zaliczać do jednej grupy z rybami, a nietoperza— z ptakami») zostały zastąpione przez głębsze, oparte na istocie, na pochodzeniu; powstały w gieografji *klasyfikacje gienetyczne*. Tym sposobem morfografja ziemi zmieniła się w *morfologję*, która obecnie stanowi najważniejszą część gieografji fizycznej, albowiem powierzchnia ziemi z jej urozmaiconemi formami plastyki i konfiguracji, stanowi podstawę, na której odbywają się wszystkie inne zjawiska gieograficzne. Wszedłszy na tę drogę gienetyczną, *gieografja musiała zlać się w jedno z gieologią;* wszelkie próby oddzielenia, odgraniczenia od siebie tych nauk, bądź przez pozostawienie gieografii sił zewnętrznych, bądź przez ograniczenie jej tylko do czasów obecnych, — próby nawet tak znakomitego umysłu jak Richthofen *(Aufgaben und Methoden der heutigen Geographie)*,— prowadzą do naciągań i sprzeczności. Naturalną bowiem jest rzeczą, że gdy gieo-*grafja* zaczęła od faktów, opisu *(grafja)*, wznosić się do badań, uogólniań (Ritter, Humboldt, Peschel, Richthofen), stała się nauką, gieo-*logją*, musiała się zlać z nauką, która dotąd pod tą ostatnią nazwą, była czemś różnem od gieografji. Zlanie to stało się tym ściślejsze, tym istotniejsze, oparte nietylko na etymologji, że dawna gieologja rozwijała się w kierunku przeciwnym: od uogólnień, hipotez co do przeszłości ziemi, nieraz niedość ugrunto-

http://rcin.org.pl

wanych na faktach, zaczęła się właśnie zwracać po stwierdzenie do faktów obecnie obserwowanych (Lyell, Hoff).

Powyższy pogląd na zlanie się gieografji z gieologją, wypowiedziany przeze mnie już dawniej («Prawda» 1892 Nr 48), nie pozostał odosobniony: Lapparent w swych «Leçons» przytacza zupełnie analogiczne zdanie angielskiego gieografa Mackindera («Formule vraiment saisissante») że «gieologja zaczęła rozważać przeszłość w świetle teraźniejszości, a gieografja zaczęła rozważać teraźniejszość w świetle przeszłości»; w obec tego musiała nastąpić unja obu nauk.

Do tej nowej gieologji (gieografji) nie wejdą wprawdzie niektóre działy dawnej gieologji, jak paleontologja i petrografja, ale to nie obala powyższego poglądu, albowiem sami gieologowie (Neumayr, *Erdgeschichte*) przyznają, że działy te wobec rozwoju wiedzy stały się naukami samodzielnemi; nie stanowią więc one części składowych gieologji (gieografji), lecz tylko jej nauki pomocnicze. I choćby jaknajwięcej gałęzi gieologji (gieografji) wydzieliło się z niej, rozwinęło w nauki samodzielne, to przez to gieologja (gieografja) nie zniknie, nie stanie się pustą formą, z której uleciała wszelka treść; wzniesie się tylko na wyższy stopień uogólnienia rezultatów, dostarczonych jej przez te wszystkie, z jej łona wyszłe, nauki specjalne.

Co do *stopnia nauki*, względu na przygotowanie czytelnika, pisząc tę książkę, przypuszczałem znajomość

http://rcin.org.pl

moich podręczników: «Gieografji Poglądowej» i «Rozumowej». Do życzenia też byłoby zaznajomienie się czytelnika poprzednio z jaką, popularną choćby, gieografją astronomiczną, np. z wybornym podręcznikiem St. Kramsztyka («Ziemia i Niebo»).

Wspomnimy wreszcie, że co do *uilustrowania, upoglądowienia* ogólnych zasad nauki, to wybierałem liczne *przykłady z naszego kraju* naprzód jako takie, które najłatwiej będzie czytelnikowi naocznie sprawdzić, a powtóre: chcieliśmy w ten sposób zastąpić, choć w drobnej części, dotkliwy u nas brak podręcznika do szczegółowej gieografji naszego kraju. Nie starałem się natomiast unikać wielu wyrazów *technicznych obcych,* przyjętych we wszystkich językach, choć wiem, że z tego powodu powstaną na mnie liczni «pedagogowie». Rzecz dziwna! ci sami pedagogowie, którzy nie wahają się wpakowywać w głowę ucznia całych tysięcy bezmyślnych «słówek» łacińskich, greckich, francuskich, niemieckich i t. d., oburzają się na kilkadziesiąt wyrazów technicznych, których pominięcie i omawianie czyni rzecz zawsze rozwlekłą, a często nieścisłą; przytem utrudnia uczniowi w przyszłości korzystanie z dzieł zagranicznych.

Sądzimy, że obecna «gieografja fizyczna» *wypełni też* i z ogólnego względu *pewną lukę,* nie posiadamy bowiem odpowiedniej książki w tym przedmiocie. Mamy wprawdzie tłómaczenia i przeróbki paru gieografji fizycznych i gieologji, ale te nie czynią zadość potrzebie: dwie

http://rcin.org.pl

książeczki Geikiego «Gieologja» i «Gieografja fizyczna» odpowiadają razem wzięte swą treścią naszej «Gieografji fizycznej», są wyborne pod względem metodycznym i stoją na wysokości dzisiejszej wiedzy: co do stopnia nauki jednak są zbyt elementarne, oraz (dlatego) urywkowe. Toż samo mniej więcej można powiedzieć o oryginalnie napisanej «Gieografji Fizycznej» A. Witkowskiego (która przytem jest już nieco przestarzała), oraz o ludowych książeczkach M. Brzezińskiego, traktujących główne działy gieografji fizycznej («O Morzach i Lądach» i t. d.). «Fizjografja» Huksleya, «Zjawiska Ziemskie» Reclusa, «Dzieje Ziemi» Shalera i «Gieologja» Dany (w przeróbce dr. prof. J. Siemiradzkiego) odpowiadają wprawdzie co do stopnia nauki, a po części i co do zakresu, naszej książce, ale tylko pierwsza z nich zasługuje tu na uwagę, jako wyborna pod względem metodycznym, podobnie jak prace Geikiego, lecz i ona, jako biorąca za punkt wyjścia stosunki lokalne, francuskie (tłómaczona z przeróbki francuskiej), jako pozbawiona prawie ilustracji, wreszcie jako nieco przestarzała, nie jest wystarczająca. Co zaś do trzech ostatnich prac, to te, jako spolszczone niedbale i bez dostatecznej znajomości rzeczy, zawierają tyle błędów i sprzeczności, iż całkowicie nie mogą być brane w rachubę.*)

---

*) Kto chce obszerniej poznać dzieje ziemi, krótko tylko w niniejszej książce traktowane, ten niech przeczyta nasz artykuł «Rozwój ziemi» pomieszczony w książce zbiorowej «Świat i człowiek».

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

WSTĘP.

Powstanie ziemi i jej dzieje.

Umysł ludzki posiada dążność do szukania przyczyn zjawisk, które go otaczają, poznania ich początku. Na nizkim stopniu rozwoju, człowiek, niezdolny do głębszych i ścisłych dociekań, zadawala się przypisywaniem niemal wszystkiemu przyczyn nadnaturalnych: wybuch wulkanu, piorun, wypadający z chmury, wiatr pomyślny lub groźny dla żeglarza i t. d. są to wszystko objawy woli odpowiednich, złych lub dobrych duchów, bóstw *(animizm)*.

Jak każde poszczególne zjawisko tak również i cały ich ogół, który nazywamy *światem, wszechświatem,* a śród niego najważniejsza grupa zjawisk, którą nazywamy *ziemią,* nasuwa ciekawemu umysłowi człowieka pytania o początku, przyczynie: skąd wziął się świat z jego niezliczonemi ciałami, świecącemi śród nocy pogodnych; skąd wzięło się słońce, darzące nas światłem dnia i ciepłem, wywołujące na ziemi ruch i życie; skąd wzięła się, w jaki sposób powstała ziemia, z istnieniem której związane jest nasze istnienie?

Na pytania te umysł człowieka pierwotnego odpowiadał w sposób podobny do wyżej przytoczonych: rozstrzygał kwestyę łatwo—przypuszczeniem przyczyn nadnaturalnych. Dopiero z rozwojem umysłowym z jednej strony, a coraz większym gromadzeniem się obserwacji i doświadczeń z drugiej, człowiek zaczął szukać tu, jak i gdzieindziej, przyczyn naturalnych; to jest ze stanu animizmu wszedł na drogę *naukową.*

http://rcin.org.pl

Ze wszystkich nowszych odpowiedzi na tę kwestję, odpowiedzi naturalnie tylko przypuszczalnych (hipotetycznych), najbardziej odpowiadającą wymaganiom nauki jest hipoteza *Kanto-Laplasowska,* tak zwana od jej twórców: filozofa niemieckiego Kanta i matematyka francuskiego Laplace'a.

Według tej hipotezy, nasza ziemia, wraz z księżycem, wszystkiemi pozostałemi planetami i słońcem, znajdowała się pierwotnie w stanie nadzwyczaj rozrzedzonego i rozpalonego gazu, tworzyła obłok (stąd inaczej *hipoteza obłoczkowa* albo *nebularna*, od *nebula* — mgła). Masa ta wskutek wzajemnego przyciągania cząstek, które jeszcze podwyższało jej temperaturę przyjęła kształt kuli; kula ta posiadała ruch wirowy. Szybkość wirowania cząstek kuli jest niejednakowa: im cząstka leży dalej od osi obrotu, to jest im promień obrotu jest większy, tym ruch cząstki musi być szybszy, gdyż musi ona w tym samym czasie wykonać drogę większą, niż cząstka, bliżej osi leżąca. Wskutek wirowania powstaje siła, dążąca do oddalenia, do oderwania cząstek od środka obrotu—siła odśrodkowa (proca, błoto odrzucane przez koła wozu); ta siła jest tym większa, im wirowanie jest szybsze, a więc: cząstki, leżące na równiku tej wirującej kuli, musiały mieć największą siłę odśrodkową, ku biegunom zaś siła ta malała wraz z maleniem równoleżników, a stąd i promieni obrotu (fig. 1 r_1, r_2, r_3).

Wskutek tego cząstki, bliżej równika leżące, musiały się bardziej oddalić od osi obrotu, niż cząstki w pobliżu biegunów, a stąd masa kulista przyjęła kształt wydęty pod równikiem, a spłaszczony pod biegunami, t. j. kula (sfera) zmieniła się w tak zwany sferoid albo elipsoid obrotowy (fig. 2).

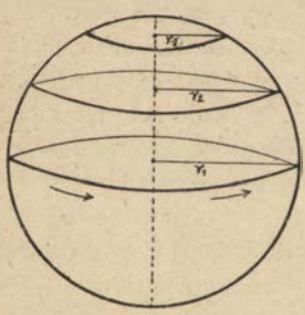


Fig. 1.

Ponieważ mimo to cała masa, wskutek wzajemnego przyciągania cząstek, a przytem oziębiania się w zimnym przestworze świata (wiadomo, że im wyżej, t. j. dalej od ziemi, tym jest zimniej),—gęstniała, malała, więc

http://rcin.org.pl

szybkość ruchu wirowego w całej masie zwiększała się, a stąd zwiększało się zboczenie od formy kulistej, zwiększało nabrzmienie pod równikiem; cała masa przyjęła wygląd taki, jakby była na równiku opasana jakimś pasem, trzosem. Wreszcie przy ciągłym maleniu całej masy, ciągłym zwiększaniu się siły odśrodkowej, nastąpiła chwila, gdy siła ta na równiku stała się większa od siły przyciągania ku środkowi, a wskutek tego cząstki tworzące ów „trzos” na równiku, oderwały się, utworzyły dokoła pozostałej masy *pierścień*, który dalej obracał się dokoła niej.

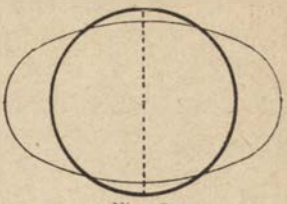


Fig. 2.

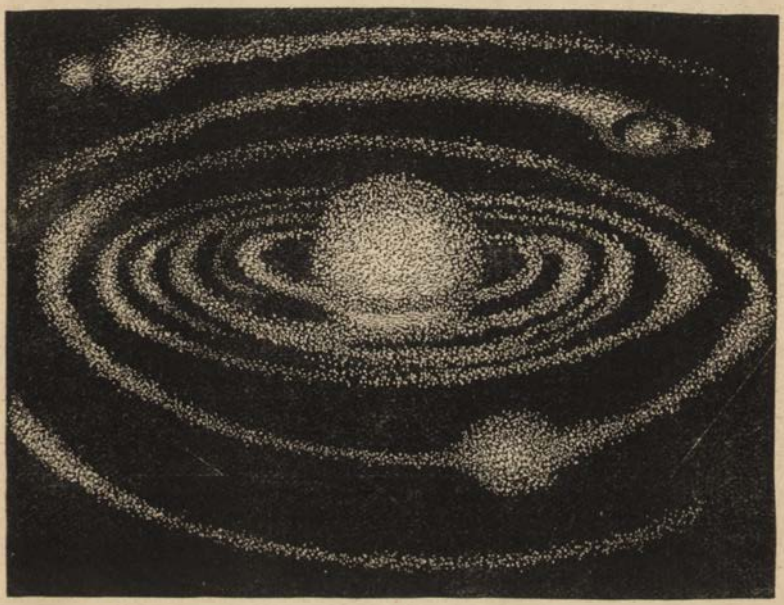


Fig. 3.

Pierścień ten mógł posiadać niejednakową gęstość w całej swej masie, mogło się w nim utworzyć ognisko gęstsze, ognisko przyciągania; cząstki zaczęły dążyć ku niemu, a wskutek tego pierścień pękł i skupił się w kulę, która obiegała około pozostałej głównej masy, a prócz tego, wskutek większej szybkości części zewnętrznej pierścienia, otrzymała ruch

http://rcin.org.pl

wirowy w tym samym kierunku, jak obiegowy. Tak powstała pierwsza planeta, krążąca około pozostałej głównej masy— *słońca.* Słońce to, w dalszym ciągu wirując, oddzielało pierścienie, z których tworzyły się planety, bliżej słońca krążące, aż do ostatniej, najbliższej. Planety, wirując, też oddzielały pierścienie, które skupiały się w kule — *księżyce,* krążące dokoła planet (fig. 3).

Dowody, a przynajmniej wskazówki, że planety powstały w wyżej opisany sposób, znajdujemy w *obserwacjach ciał niebieskich* i w *doświadczeniach naukowych nad wirowaniem kul elastycznych lub płynnych.*

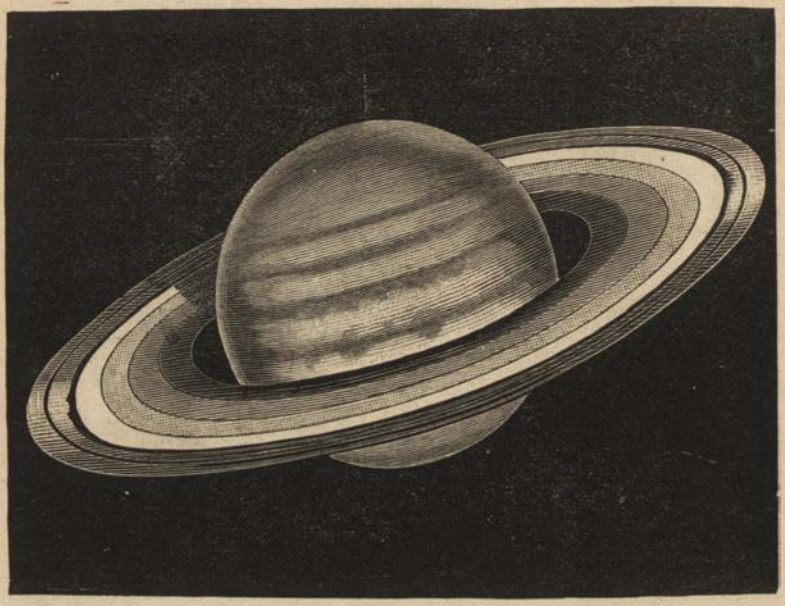


Fig. 4.

Mianowicie jedna z planet, Saturn, posiada dotąd *pierścień.* Pierścień ten—to jakby zabytek z zamierzchłych czasów, który nie uległ zmianie: nie skupił się w kulę, nie stał się księżycem (fig. 4).

Dalej, na niebie dają się obserwować *białawe plamy* z jaśniejszemi jądrami: są to gęstniejące nagromadzenia materji gazowej — *tworzące się systematy planetarne, podobne do naszego* (fig. 5).

http://rcin.org.pl

Wreszcie doświadczenia pokazują, *że kula elastyczna lub płynna, np. kropla oliwy w mieszaninie spirytusu i wo-*

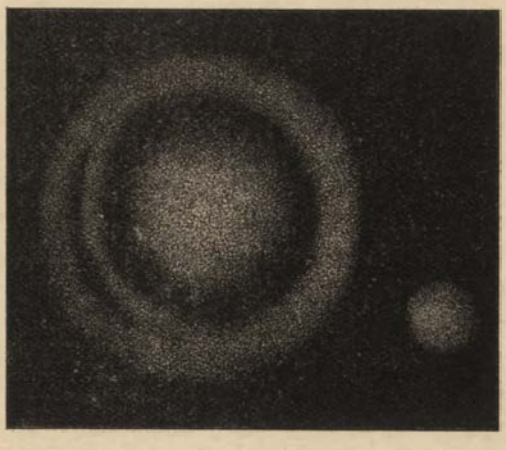


Fig. 5.

dy, wprawiona w ruch wirowy, spłaszcza się, staje się sferoidem, który oddziela od siebie pierścienie (fig. 6).

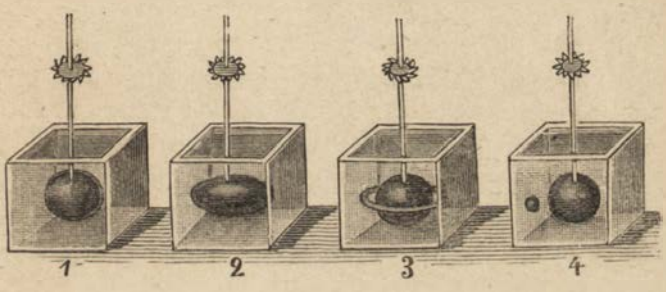


Fig. 6.

Zjawiska powyższe wprawdzie nie dowodzą nam niezbicie, że świat nasz powstał w ten sposób koniecznie, ale — że takie powstanie jego jest możliwe, albowiem nie sprzeciwia się ono żadnej naukowej zasadzie, a przytem objaśnia nam, choć niekiedy z trudnością, wiele zjawisk, obserwowanych obecnie.

W ostatnich czasach matematycy angielscy (Thomson, Croll) usiłowali przeniknąć jeszcze dalej wstecz, w nie-

http://rcin.org.pl

przenikniona głębię wieczności, cofnąć o jeden krok początkową fazę rozwoju wszechświata. Przypuszczają oni istnienie pierwotnych mas ciemnych i zimnych, które, unosząc się i przebiegając w niebieskich przestworach, wskutek wzajemnego przyciągania, lub też pierwotnego, właściwego im ruchu, uderzały o siebie, przyczem powstawało tak wielkie ciepło, iż zmieniało je w płonący obłok gazowy Laplace'a. Po za tę fazę umysł ludzki na dziś nie jest już w stanie przeniknąć w tajemną głębię początku bytu. W każdym jednak razie nadnaturalna tajemnica, która dla człowieka pierwotnego tkwi już w chmurze, rzucającej pioruny, dla człowieka nauki zaczyna się dopiero po za wirującym obłoczkiem Laplace'a, a nawet po za ciemnemi, zimnemi masami Crolla, przebiegającemi przestwory wszechświata. Zadaniem nauki jest wkraczać coraz dalej w sferę tajemnic, w sferę nadnaturalności; coraz bardziej ją ograniczać i zmniejszać; oczyszczać od grubych i niedorzecznych pojęć człowieka pierwotnego, jakkolwiek nigdy zapewne, przynajmniej w warunkach umysłu *ludzkiego*, sfera ta nie zostanie całkowicie opanowana.

Pośród planet, w powyższy sposób powstałych, znajduje się nasza *ziemia*, zajmująca trzecie miejsce pod względem oddalenia od słońca. Tym sposobem ziemia w początku swego istnienia przedstawia nam się jako obiegająca około słońca i wirująca *kula płomienna t. j. ognistolotna*, a dokładniej—jako ognistolotny sferoid, który przytem, wirując, oddzielił pierścień (nasz księżyc). Następnie, wskutek oziębiania się w zimnych przestworach wszechświata, część materji ognistolotnych przeszła w stan *ognistopłynny*, jak lawa, wylewająca się z dzisiejszych wulkanów; przyczem masa ognistopłynna, jako cięższa, zajęła środek, stała się *jądrem*, które otoczyła masa pozostała w stanie ognistolotnym, tworząc atmosferę. Za dowód, że ziemia znajdowała się niegdyś w stanie płynnym, podają w wielu podręcznikach jej obecne spłaszczenie; jest to jednak pogląd błędny, albowiem każda kula, choćby była ze stali, przy obrocie musi się spłaszczyć. Przy dalszem oziębianiu się—górne, oziębione, a więc cięższe, warstwy atmosfery, spadały na dół, odbierały ciepło powierzch-

http://rcin.org.pl

ni jądra i, ogrzewając się odeń, znów wznosiły się w górę, by się tam nanowo oziębić, opadać i t. d.

Wskutek tej ciągłej pionowej cyrkulacji w atmosferze, powierzchnia ognistopłynnego jądra oziębiała się i nareszcie przeszła w stan stały; utworzyła się więc na ognistopłynnym jądrze zakrzepła *twarda skorupa*, niby pancerz kamienny [1]).

Powłoka lotna, odosobniona tym sposobem od ognistopłynnego jądra, zaczęła się mocniej oziębiać i wskutek tego woda, która dotąd, z powodu wielkiego gorąca, unosiła się w atmosferze w postaci pary, zaczęła się skraplać, spadła na twardą skorupę potokami deszczu i zalała ją. Woda ta musiała mieć bardzo wysoką temperaturę, wyższą znacznie od punktu wrzenia, utrzymała się jednak w stanie płynnym, nie zamieniła w lotny, gdyż atmosfera ówczesna posiadała wiele węgla (kwasu węglanego), który obecnie tworzy skały (węgiel kamienny), wywierała więc tak wielkie ciśnienie na powłokę wodną, że ta, mimo wysoką temperaturę, nie zamieniła się w parę.

Tym sposobem ziemia wystąpiła jako kula złożona z trzech (lub czterech) kul współśrodkowych: ognistopłynnego jądra (lub twardego jądra z powłoką ognistopłynną), twardej skorupy, powłoki wodnej i powłoki lotnej, t. j. *pirosfery* (zawierającej być może twarde, ciężkie jądro, *barysferę*) *litosfery, hidrosfery* i *atmosfery*.

Z biegiem czasu skorupa, skutkiem oziębienia, znacznie zgrubiała, ale ognistopłynne wnętrze pozostało, być może, dotychczas; zdaje się dowodzić tego ognista lawa, wylewająca się z wulkanów, oraz zaobserwowany w głębokich kopalniach i otworach świdrowych *wzrost temperatury w miarę zagłębiania się w ziemię* (około 1^0 na każde 40 *m*). Przy takim wzroście dalszym (obserwacje robiono nie o wiele głębiej jak do 1700 *m*) wszystkie ciała na głębokości około 10 mil (przeszło 70 *km*) powinny być w stanie ognistopłynnym. Wprawdzie na tak wielkiej głębokości występuje za to wielkie ciśnie-

---

[1]) Według niektórych uczonych cięższe części skorupy tonęły w ognistym płynie tak, iż środek ziemi jest twardy, równie jak skorupa; masa płynna tworzy tylko warstwę pomiędzy niemi.

http://rcin.org.pl

nie, które skupia cząstki, wywołuje więc stwardnienie, zgęstnienie; w każdym jednak razie ta masa gorąca, zgęstniała pod ciśnieniem, tak zwana *magma*, znajduje się w stanie płynności potencjalnej (możliwej), to jest *może* się w każdej chwili zamienić w płynną, gdy tylko ciśnienie się zmniejszy, np. gdy masa ta natrafi na szparę lub wydrążenie w skorupie. Zresztą przy dostatecznie wysokiej temperaturze, ciśnienie, chociażby największe, przestaje wywierać wpływ na stan skupienia, tak iż niektórzy uczeni przypuszczają nawet stan gazowy wnętrza ziemi, który, w miarę zbliżania się ku powierzchni, przechodzi stopniowo w stan płynny, ciastowaty, a wreszcie w twardy.

Wyżej wspomniana współśrodkowość sfer, z których składa się kula ziemska, nie może być naturalnie geometrycznie dokładna; przytem granice sfer z biegiem czasu muszą ulegać zmianom. Niektóre z tych granic są bezpośrednio dostępne dla obserwacji, łatwo też się przekonać o wyżej wspomnianej nieprawidłowości: mianowicie hidrosfera nie leży współśrodkowo na litosferze, pokrywa ją tylko w części; część zaś litosfery wystercza ponad hidrosferą i graniczy bezpośrednio z atmosferą.

Zjawisko to tłomaczy się w ten sposób, że ogniste jądro, jako gorętsze, oziębiało się szybciej niż twarda skorupa, a więc i szybciej kurczyło; litosfera, obsiadając na tym kurczącym się jądrze, nie mogła już pokryć go wszędzie równo, posiadała bowiem nadmiar materjału, musiała się więc pogarbić, popękać, pozapadać, podobnie jak skorupa lodowa na rzece, gdy woda opadnie.

W powstałe tym sposobem zagłębienia skorupy spłynęła woda, tworząc *oceany;* wyniosłości zaś skorupy wynurzyły się z wody, weszły w zetknięcie z ostatnią sferą współśrodkową, *atmosferą* i utworzyły *lądy*.

Tym sposobem nastąpiła ważna faza w dziejach ziemi: zetknięcie się trzech różnych elementów: lądu, wody i powietrza, które zaczęły oddziaływać wzajemnie na siebie, przez co powstały bardzo doniosłe zmiany w tych elementach. Na skutek tych zmian powstał niejako czwarty element: obok wód, pokrywających znaczną powierzchnię skorupy, jako ocea-

http://rcin.org.pl

ny, wód wogóle *stojących* lub (pod wpływem wiatru) *falujących*, powstały z deszczów *wody płynące* po lądzie w pewnych linjach (potoki, rzeki), rozlewające się po części w jeziora (wogóle *wody lądowe*).

W końcu prócz tego czwartego elementu, który może być zresztą uważany jako część hidrosfery, powstał element zupełnie nowy, mianowicie ogół tworów żyjących, organicznych, który umieścił się głównie w pasie granicznym litosfery i atmosfery, oraz śród hidrosfery. Element ten tworzy nową sferę, sferę życia *(biosfera)*. I ta sfera, ulegając działaniu poprzednich, nie pozostała bez wpływu na nie.

Te sfery, te elementy, oraz wzajemne ich na siebie oddziaływanie i zmiany stąd wypływające, są właśnie *przedmiotem gieografji fizycznej*.

Najdostępniejszym dla badań jest naturalnie obecny stan, oraz obecne oddziaływania i zmiany tych elementów; ale i stosunki dawniejsze, z owych czasów zamierzchłych, gdy na ziemi nie było jeszcze człowieka obserwującego i badającego, dadzą się też z pewnem prawdopodobieństwem odsłonić i zbadać, a to głównie przy pomocy obserwacji zjawisk dzisiejszych. Ze zjawisk dzisiejszych, dostępnych bezpośredniej obserwacji, możemy wnioskować o dawnych, a poznanie takowych przyniesie nam nietylko bezpośredni pożytek, owszem: poznawszy zjawiska dawne, będziemy mogli, odwrotnie, przy ich pomocy zrozumieć gruntowniej zjawiska obecne; te ostatnie przedstawią nam się na tle przeszłości nie jako coś skończonego, w sobie zamkniętego, lecz jako dalszy ciąg, jako rezultat zjawisk, zmian dawnych, a zarazem jako początek, podstawa zjawisk późniejszych, które też z pewnem prawdopodobieństwem będziemy mogli *przewidzieć*.

Zanim jednak zajmiemy się temi oddziaływaniami i zmianami różnych elementów, składających naszą ziemię, musimy wprzód, choć w najogólniejszych zarysach, poznać *materjały*, z których składa się litosfera, bardziej urozmaicona pod tym względem, niż jednostajne stosunkowo—hidro- i atmosfera, oraz poznać *siły*, przy pomocy których elementy te oddziaływają na siebie.

http://rcin.org.pl

A) MATERJAŁY.

I) Skład, pochodzenie i podział skał (Petrografja).

Materjały, składające litosferę, to jest ląd i dno morskie, zowią się *skałami;* przyczem nazwa ta, wbrew pojęciu potocznemu, obejmuje nietylko materjały twarde, zbite, ale i miękkie, ziemiste, oraz luźne (glina, piasek). Skały składają się z *minerałów,* a te z *pierwiastków chemicznych,* których już dalej rozłożyć nie możemy.

Skałą fundamentalną, na której spoczywają wszystkie inne, jest pierwotna, zakrzepła skorupa ziemska. Skały, na niej spoczywające, *powstały* w dwojaki sposób. Albo—z rozkruszenia i rozpuszczenia tej skorupy przez fale morskie i wody płynące, a następnie osadzenia tego zmienionego materjału na dnie wód rozmaitemi warstwami, jak to i obecnie się dzieje w oceanach i wodach lądowych; skały w ten sposób powstałe zowią się *osadowemi* (co do pochodzenia), lub *warstwowemi* (co do budowy). Albo—z ognistopłynnych, jednostajnych mas, które przez szpary w obsiadającej i pękającej skorupie wydobyły się z wnętrza ziemi w wydrążenia skorupy lub na jej powierzchnię i tu zastygły, jak to obecnie widzimy na lawach, wylewających się z wulkanów; skały w ten sposób powstałe zowią się *wybuchowemi* (co do pochodzenia) lub *masowemi* (co do budowy); skały wybuchowe dostarczały też naturalnie, lubo w mniejszej ilości, materjału okruchowego dla skał osadowych.

http://rcin.org.pl

1. Skały osadowe (z łupkami pierwotnemi).

Najstarszy dostrzegalny fundament, na którym spoczywają skały osadowe, będący zapewne poczęści pierwotną zakrzepłą skorupą, spotykamy przeważnie w głębokich dolinach rzek, które płynąc oddawna po powierzchni skał osadowych, werznęły się daleko w głąb (np. dolina Dniepru na wyżynie Ukrainy—porogi).

Ten dostrzegalny fundament składa się *z granitów* i *gnejsów* oraz *łupków krystalicznych*. Granit i gnejs składają się z jednakowych minerałów, mianowicie z ziarn *kwarcu, feldspatu* i *miki*. Pierwszy jest zwykle biały, odznacza się wielką twardością i tłustym połyskiem; drugi nieco miększy, jest łupliwy, posiada odłam gładki, silnie połyskujący, jak perłowa macica; trzecia wreszcie—mika, biała lub czarna, ma połysk metaliczny, jest bardzo miękka i łupie się na cienkie, elastyczne blaszki. W granicie te części składowe są pomieszane bezładnie; granit więc ma budowę wszędzie jednakową, masową, jak skały wybuchowe; stanowi on bowiem zapewne pierwotną, zakrzepłą skorupę *(granit pierwotny)*, stanowi więc przejście do skał wybuchowych, mianowicie do *granitu wybuchowego*, który już po utworzeniu się skorupy wlał się w jej szpary i zastygł. W gnejsie zaś układ tych części składowych jest równoległy, gnejs posiada więc budowę łupkową, a przytem zalega płaskiemi ławicami, jest uławicony czyli uwarstwiony tak, iż stanowi przejście do skał osadowych właściwych. Granity i gnejsy spotykamy u nas, rozrzucone po polach, jako tak zwane „kamienie polne," inaczej erratyczne, co znaczy błędne, gdyż przywędrowały one do nas ze Skandynawji (obacz niżej), gdzie występują jako skały miejscowe, rodzime.

Tę samą budowę co gnejs, posiadają występujące w jego sąsiedztwie *łupki mikowe*. Łupek mikowy jest gnejsem, pozbawionym feldspatu; składa się on więc tylko z kwarcu i miki gdy i ta zniknie, skała otrzymuje miano *kwarcytu*. Gnejs i łupek mikowy znane są pod ogólną nazwą *łupków pierwotnych* albo *krystalicznych*.

http://rcin.org.pl

Pochodzenie tych łupków jest dość zagadkowe, albowiem z materjału swego należą one do wybuchowych, z układu zaś (łupkowego, a szczególniej warstwowego)—do osadowych. Co do pochodzenia ich więc istnieje kilka hipotez: jedni twierdzą, iż są to skały zakrzepłe (jak i wybuchowe), a ich układ równoległy powstał później, wskutek ciśnienia mas skalnych, na nich osadzonych, lub też parcia sił górotwórczych; inni,—że osadziły się one w wodzie, jak zwykle skały osadowe, a ich budowa zmieniła się później na krystaliczną, wskutek ciśnienia i gorąca *(metamorfoza;* stąd druga nazwa: skały *metamorficzne);* inni wreszcie — że osadziły się one w morzu, ale bardzo gorącem, stąd otrzymały odrazu budowę i warstwową i krystaliczną.

Na tych najstarszych dostrzegalnych skałach, spornego pochodzenia, spoczywają prawdziwe skały osadowe, które osadziły się zwykłym sposobem na dnie mórz; albo *mechanicznie,* podobnie jak męty, t. j. zawieszone w wodzie cząstki, osiadające na dnie szklanki; albo *chemicznie,* wydzielając się z roztworów (podobnie jak sól, rozpuszczona w wodzie, osadza się przy jej parowaniu). Przy tworzeniu się skał osadowych pośredniczą nieraz drobne *organizmy,* które pochłaniają cząstki mineralne, rozpuszczone w wodzie, a następnie wydzielają je w stanie stałym *(skały organiczne).* Niekiedy skały osadowe powstają bez udziału wody, na powietrzu. Skały osadowe są albo luźne, albo spójne.

a) *Skały osadowe luźne. Otoczaki* (zaokrąglone wskutek tarcia o siebie lub o dno przy przenoszeniu przez wodę płynącą, lub fale morskie na wybrzeżu). Dalej skały powstałe z dalszego rozkruszania, obtaczania i rozdrabiania: *żwir* (gruby) i *piasek* (drobniejszy) zwykle z drobnych twardych okruchów kwarcu. Miększy feldspat ulega większemu rozdrobnieniu i daje *glinę.*

Fig. 7. Konglomerat.

b) *Skały osadowe spójne. Zlepieńce* albo *konglomeraty,* zlepione z grubych okruchów, obtoczonych przez wodę (fig. 7) (gdy

http://rcin.org.pl

okruchy są kanciaste, nie z wody powstałe lecz z rozkruszenia na powietrzu, to zlepieniec przyjmuje nazwę *brekczji).*

Dalej *piaskowce*, zlepione z drobnych okruchów piasku. Piaskowiec często *pęka w szczeliny,* tworząc malownicze skały nakształt ruin, np. Saska Szwajcarja (fig. 8 a, i 8 b).

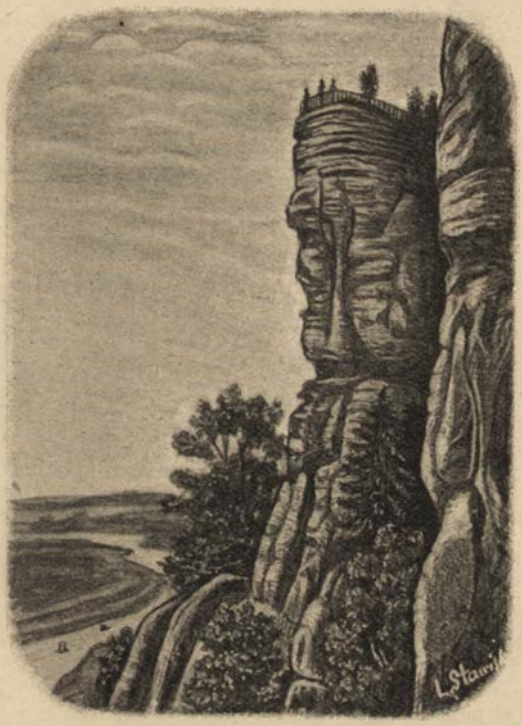


Fig. 8 a. Saska Szwajcarja.

Spoiwo w konglomeratach i piaskowcach może być bardzo rozmaite, np. kwarcowe, żelaziste, gliniane i t. d.; nadaje ono piaskowcom rozmaitą barwę.

Spójna glina, stwardniała pod wpływem ciśnienia, która przyjęła budowę łupkową, stanowi *łupek gliniany.* Łupek taki łupie się na cienkie tabliczki, używane do pisania i na pokrycie dachów *(łupek dachowy).*

http://rcin.org.pl

Do skał osadowych pochodzenia organicznego (z muszli, korali i innych żyjątek) należą *wapienie,* zwykle białe, np. w Krakowskiej Jurze: Ojców, Częstochowa (Jasna Góra).

Fig. 8 b. Saska Szwajcarja.

Skłonne do tworzenia szczelin, uległe łatwo niszczącemu działaniu wody—wapienie przedstawiają się nieraz w dziwnych kształtach, niby ruiny olbrzymich zamków; takie skały napotykają się w dolinie Prądnika (fig. 9), w Sewennach.

Bardzo twarde wapienie, skrystalizowane pod wpływem gorąca lub ciśnienia (zmetamorfizowane), tworzą *marmury*: w Królestwie Polskiem znajdują się koło Chęcin; słynny jest biały marmur w Karrara we Włoszech. Marmury często występują śród starych łupków krystalicznych, jako skała bar-

http://rcin.org.pl

dzo stara, powstała równocześnie z tamtemi i w podobnych warunkach (str. 11, 12).

Bardzo miękki wapień stanowi *kredę*, używaną do pisania; występuje ona około Chełma, prócz tego nad Baltykiem

Fig. 9. Sokola skała w dolinie Prądnika.

(Rugja), nad cieśniną Calais (Dover). Wapień w połączeniu z gliną tworzy *margiel* czyli *opokę*, która znajduje się między innemi w Lubelskiem.

Podobny do szarego wapienia (lecz cięższy) jest twardy *dolomit*, tworzący malownicze skały np. w Alpach wapiennych południowego Tyrolu (Alpy Dolomitowe, złożone w części z wapienia fig. 10), oraz miękki *gips* (u nas nad Nidą fig. 11). Dolomit można też odróżnić tem od wapienia, że ten ostatni polany kwasem, silnie burzy, dolomit zaś bardzo słabo; gips nie burzy całkiem.

W towarzystwie gipsu spotykamy często, dobrze znaną nam *sól*, osadzoną w zatokach morskich lub jeziorach, pod

http://rcin.org.pl

wpływem parowania. W wodzie morskiej bowiem znajduje się w rozpuszczeniu zarówno sól jak i gips; gips jest trudniej rozpuszczalny, więc osadza się naprzód, za nim dopiero sól. W Wieliczce i Bochni znajduje się ona głęboko w ziemi, ale

Fig. 10. Alpy Dolomitowe.

czasami, mianowicie w klimatach suchych, występuje na jaw i tworzy góry; np. w Siedmiogrodzie, pod Cardoną w Katalonji; nad morzem Martwem stoją słupy soli („żona Lota") i t. d.

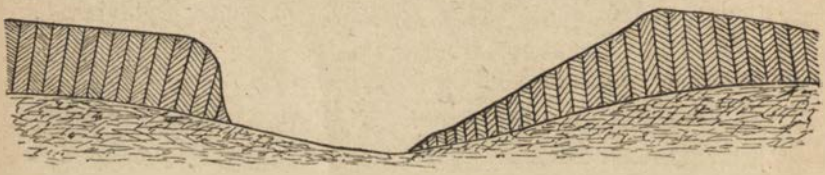


Fig. 11. Skały gipsowe nad Nidą.

Wapień, gips i sól łatwo ulegają wypłukującemu działaniu wody; po ich wypłukaniu i uniesieniu powstają jaskinie czyli groty. Szczególniej ciekawe są groty wapienne, posiadają bowiem często piękne sople wapienne, podobne do lodowych; sople te, zwane *stalaktytami,* osadzają się na skle-

http://rcin.org.pl

pieniu jaskini z kropel wody, przesiąkającej przez sklepienie: woda ta zawiera gaz, kwas węglany i przy jego pomocy rozpuszcza w sobie wapień, lecz gdy wycieknie

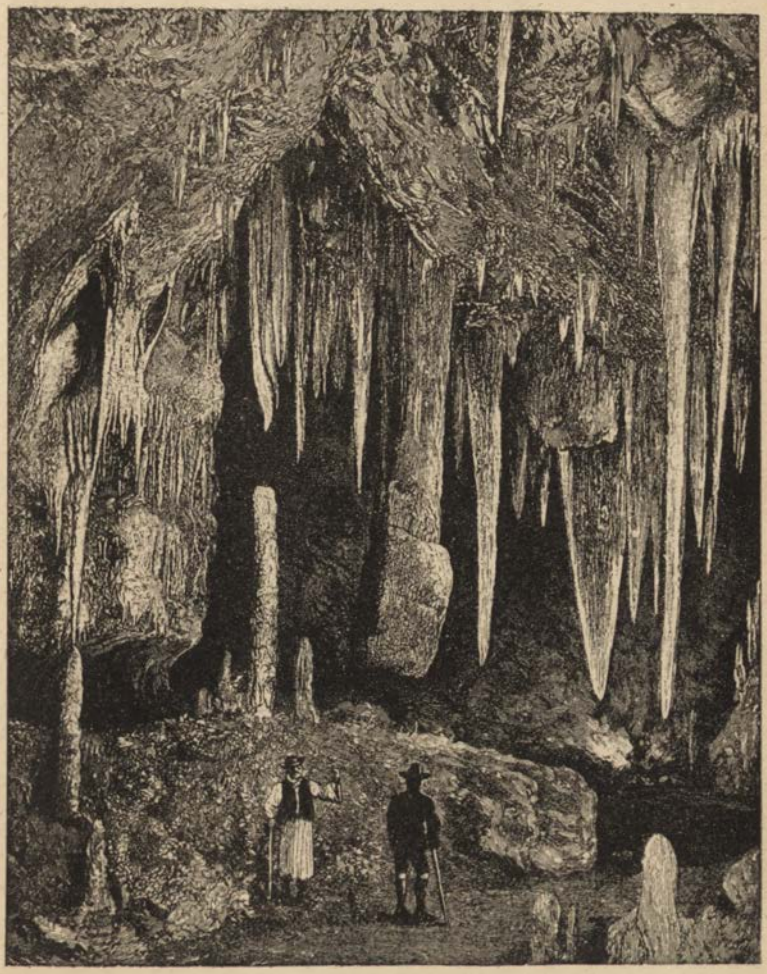


Fig. 12. Grota Stalaktytowa.

na sklepienie jaskini, utraca ten gaz—a wtedy wapień wydziela się w formie wydłużającego się stożka; krople, spadające na dno jaskini, także wydzielają tam wapień w formie stożka, lecz przypłaszczonego *(stalagmity)*.

http://rcin.org.pl

Stalaktyty i stalagmity często zrastają się ze sobą i tworzą kolumny, jakby podpierające sklepienie jaskini. Pięknem zjawiskiem tego rodzaju jest grota Adelsberska, grota Łokietka w Ojcowie i t. d. (fig. 12).

Sklepienia jaskiń zapadają się niekiedy; wówczas na powierzchni objawia się to jako lejkowate zagłębienie. Takie lejki występują często w wapiennej krainie Karstu, gdzie się zwą „dolinami"; w krajach bogatych w gips np. na Podolu, gdzie je zwą „wertebami"; na wapieniach gubernji Nadbałtyckich, gdzie je zwą „wilczemi jamami" i t. d.

Do skał osadowych, które utworzyły się tylko poczęści przy udziale wody, głównie w bagniskach, należy *węgiel kamienny:* jest to, podobnie jak większość wapieni, skała *organicznego* pochodzenia, ale nie zwierzęcego, lecz *roślinnego.* Rośliny pochłaniają z powietrza kwas węglany, wydzielają zawarty w nim tlen, a z węgla budują swe tkanki; jeżeli roślina umiera na powietrzu, to węgiel zamienia się znów na kwas węglany i uchodzi w powietrze, ale jeżeli śmierć jej następuje bez przystępu powietrza, to węgiel nagromadza się jako węgiel kamienny. Proces taki widzimy obecnie na *torfie,* który powstaje ze zwęglenia mchu na bagniskach. Węgiel kamienny zaś powstał z wielkich lasów, rosnących niegdyś na ziemi, gdy człowieka jeszcze nie było; lasy te zostały zalane wodą i pokryte warstwami skał osadowych. U nas kopalnie węgla znajdują się w południowo-zachodniej części Królestwa, w okolicy Dąbrowy, oraz sąsiednich — na Szląsku i w Galicyi. Dalej w Niemczech (Saksonji, Prusach Nadreńskich), Anglji, Stanach Zjednoczonych i t. d.

Przy małym stopniu zwęglenia tak, iż znać jeszcze budowę drzewną, węgiel zowie się *brunatnym;* przy wielkim zaś stopniu zwęglenia—*antracytem.* Węgiel brunatny znajduje się u nas w dolinie Warty, antracyt—nad Dońcem.

Zdarzają się wreszcie, jak wspomnieliśmy, skały osadzone zupełnie bez udziału wody, lecz na *powietrzu (skały eoliczne),* powstałe bądź *na miejscu* z rozkruszenia skał *(rumowiska),* lub rozkładu chemicznego *(glina);* bądź *przeniesione* albo przez wiatr *(piasek, pył),* albo przez lód. Rumowiska (fig. 13) spotykamy na szczytach wielu gór, np. u nas na Łysej

http://rcin.org.pl

Górze rumowisko kwarcytowe, oraz w pustyniach skalistych; piasek — w pustyniach; pył gliniasty, czyli *löss* — na stepach. Zwykle w pustyniach (naprzykład Azja Środkowa)

Fig. 13. Rumowisko granitowe.

u podnóża gór spotykamy rumowisko stoczone z nich; dalej— piasek uniesiony przez wiatr, a jeszcze dalej—lżejszy löss.

Do skał przeniesionych przez lód, mianowicie—lodowcowych, i osadzonych po jego stopnieniu, należy *glina lodowcowa* ze znanemi już nam *głazami erratycznemi*.

Fig. 14. Szramy lodowcowe.

Te wszystkie skały osadowe, osadzone nie z wody, nie posiadają zwykle uwarstwienia; przytem w osadach lodowcowych głazy posiadają znamienne rysy (szramy) od działania poruszającego się po nich lodu (fig. 14).

http://rcin.org.pl

2. Skały wybuchowe.

W przeciwieństwie do skał osadowych, wybuchowe mają budowę masową, to jest jednakową w całej masie; minerały, w skład ich wchodzące, występują w formie kryształów, choć zwykle niezupełnie wykształconych, niedorosłych; nazywamy je *ziarnami*. Skała składa się albo cała z ziarn, bezładnie ułożonych, albo też ziarna są bezładnie rozrzucone śród masy zbitej, zwanej *felsytem;* czasami wreszcie ziarna zupełnie znikają i cała skała składa się z felsytu. Zależy to od szybko-

Fig. 15. Grota bazaltowa Fingala.

ści zastygania: im szybciej ognistopłynna masa zastygała, tem mniej mogły się w niej wykształcić kryształy.

Tym sposobem mamy *trzy gatunki skał wybuchowych*. Do pierwszego gatunku, ziarnistego, należą *granity*, które stąd otrzymały swą nazwę (granum—ziarno). Składają się one, jak mówiliśmy, z ziarn trzech minerałów: *kwarcu, feldspatu* i *miki*. Granit wybuchowy występuje np. w górach Olbrzymich, Kruszcowych, Harzu, w południowej Norwegji. Z granitu wybuchowego (wyjątkowo młodego) są zbudowane malownicze góry Cintra pod Lizboną.

http://rcin.org.pl

Do drugiego gatunku, w którym kryształy są rozrzucone śród masy zbitej, należą *porfiry*, zwykle czerwone (porfi-

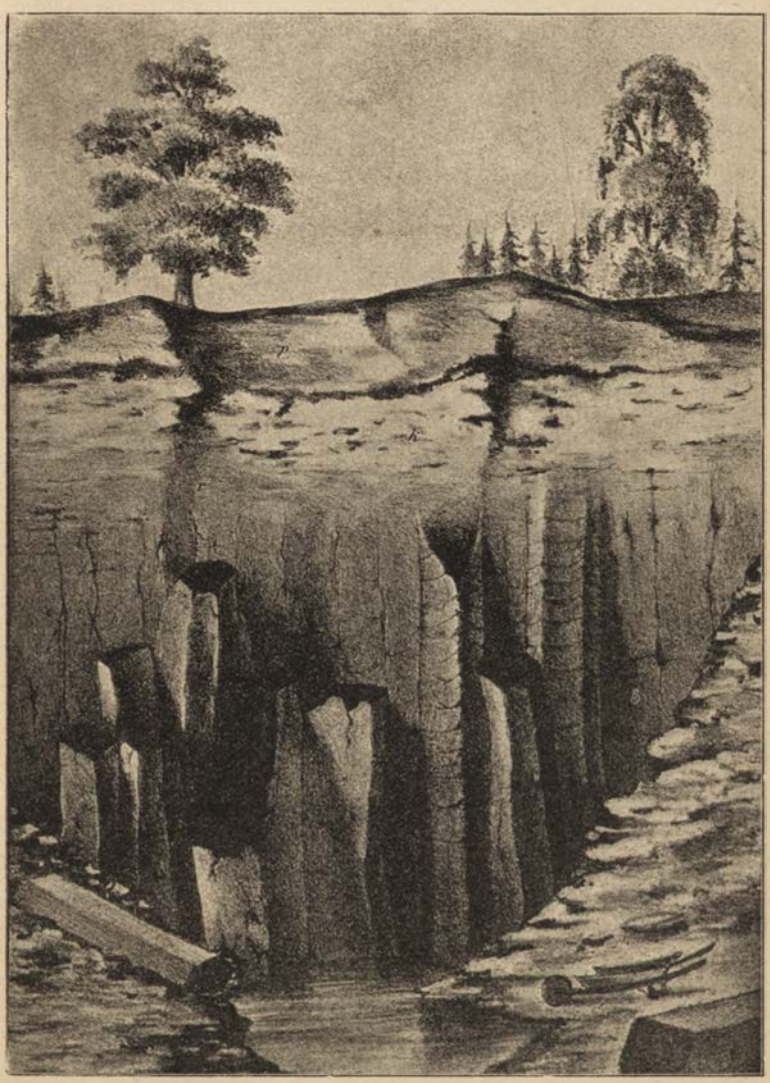


Fig. 16. Bazalt Wołyński.

ra—purpura). U nas występują pod Krakowem i są używane na bruki i szosy. Gdy masa jest porowata, chropowata

http://rcin.org.pl

i zwykle jasna (szara, żółtawa), to skała zowie się *trachitem*. Skała ta występuje na południowym stoku Karpat (góry Hegyalya pod Tokajem). Gdy masa, barwy zielonawo szarej, odłupuje się równolegle do powierzchni, w cienkie płyty, dźwięczące za uderzeniem młotka, to zowiemy skałę *fonolitem* (co znaczy: kamień dźwięczący).

Do trzeciego gatunku, gdzie masa jest prawie pozbawiona kryształów, przytem jest bardzo ciężka (zawiera żela-

Fig. 17. Pole lawy plackowatej na wyspie Hawai.

zo), czarna, należą *bazalty*. Przy ostyganiu i kurczeniu bazalt dzieli się na prawidłowe kanciaste kolumny (fig. 15). Bazalty, jak prawie wszystkie inne skały wybuchowe, występują w Europie tylko w zachodniej jej części; najbliżej nas bazalt występuje na Szląsku, gdzie tworzy górę św. Anny. Bazalty, występujące w gubernji Wołyńskiej nad Horyniem, niedaleko Równego, są tylko zewnętrznie podobne do zwykłych bazaltów, lecz składem i wiekiem różnią się nieco od tych ostatnich (fig. 16).

http://rcin.org.pl

Bazalt łatwo się rozkrusza, rozkłada i dostarcza żyznego gruntu gliniastego. Bazalty należą do najmłodszych skał wybuchowych, granity do najstarszych; choć zresztą z tego prawidła są wyjątki (obacz wyżej góry Cintra str. 20).

Lawy, to jest masy, wylewające się *obecnie* z wulkanów, są przeważnie trachitowe i bazaltowe. Po zastygnięciu potok lawy przedstawia ponurą, czarną pustynię: albo rozpada on się na rumowisko głazów ostrokańciastych, jak nagromadzone kry lodu (pustynie lawy w Islandji, zwane *hraun)*; albo przyjmuje kształty zaokrąglone, plackowate, jak to pokazuje figura 17. Zależy to od tego, czy potok ostygał przy wydzielaniu się, wybuchaniu gazów, czy też spokojnie bez wstrząśnień.

II). Układ skał (tektonika).

Poznawszy materjały skorupy ziemskiej, zobaczmy teraz, w jaki sposób wchodzą one w skład tej skorupy, jak się w niej układają; innemi słowy: jaką ta skorupa ma budowę, architektonikę czyli *tektonikę*. Aby to poznać, trzeba zajrzyć w głąb ziemi, co jest możebne, jak już wspomnieliśmy, w głębokich dolinach rzek o stromych bokach, oraz na stromych wybrzeżach mórz, czyli na przekrojach (profilach) naturalnych; prócz tego—na przekrojach sztucznych, jakie mamy w kopalniach i przekopach kolejowych; wreszcie, gdzie tych ułatwień nie znajdujemy, musimy umyślnie sporządzać sobie przekroje zapomocą świdrów, które wydobywają próbki skał, leżących na różnych głębokościach. Niekiedy w tej trudnej pracy zastępują nas wulkany, które nieraz wyrzucają odłamy skał osadowych, głęboko pod ziemią spoczywających.

1. Układ skał osadowych.

Wiadomo, że skały osadowe, a w szczególności największa ich część, t. j. skały osadzone z wody, ułożyły się warstwami na dnie wód, zwłaszcza mórz. Granice warstw są płaszczyznami mniejszej spójności cząstek i utworzyły się z powodu zmiany warunków osadzania, t. j. bądź chwilowej

http://rcin.org.pl

przerwy jego, bądź zmiany materjału osadów. Warstwy osadowe mają często olbrzymią grubość, choć nieraz charakter ich pokazuje, że się osadziły w morzu płytkiem; widocznie w miarę ich osadzania się dno morskie musiało się obniżać.

Warstwy zostały ułożone poziomo lub z bardzo lekkim pochyleniem od wybrzeża ku morzu; im młodsza, późniejsza warstwa, tym wyżej, bliżej powierzchni ziemi, jak to pokazuje figura 18, w której cyfry 1, 2, 3, 4, 5 oznaczają porządek chronologiczny osadzania się warstw.

Fig. 18.

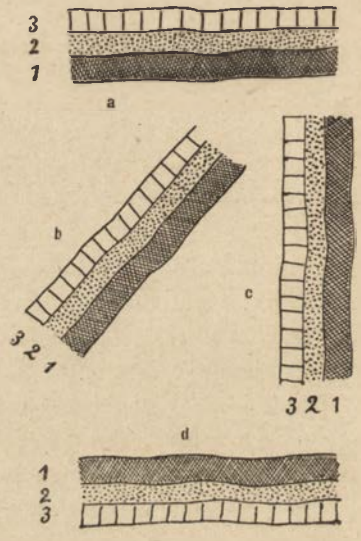


Fig. 19.

To położenie pierwotne, poziome, znajdujemy jednak zwykle tylko na warstwach niedawno osadzonych, podczas gdy dawniejsze po większej części uległy zmianom, zaburzeniom: zostały *pochylone* (fig. 19 b), *postawione* (pionowo), (fig. 19 c), lub nawet *przewrócone* tak, iż mogą leżeć znów poziomo, ale w odwrotnym porządku (fig. 19 d): warstwa najpierwej osadzona, najstarsza (1), leży na wierzchu, najpóźniej osadzona, najmłodsza (3), leży na spodzie.

Wszelką zmianę w pierwotnem położeniu warstw nazywamy wogóle *dyslokacją*. Dwie są główne formy dyslokacji: *uskok* i *fałda*.

http://rcin.org.pl

Uskok powstaje wtenczas, gdy warstwa, lub serja (grupa) warstw ulegnie pęknięciu i wzdłuż tego pęknięcia na-

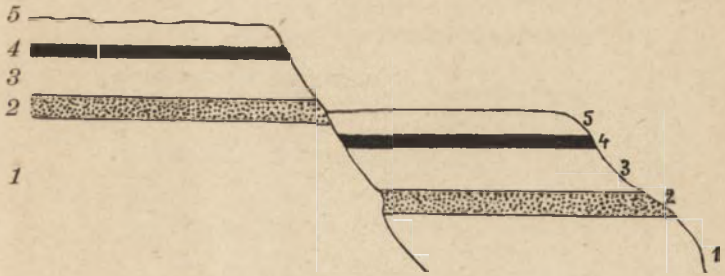


Fig. 20 a. Obsunięcie.

stąpi obsunięcie się lub podniesienie jednej części warstw, rozdzielonych pęknięciem *(uskok pionowy: obsunięcie* fig. 20

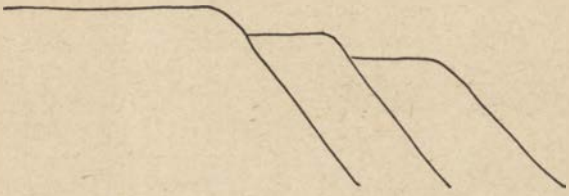


Fig. 20 b. Obsunięcie schodowate.

a, b, c, d i *nasunięcie* fig. 21); albo też, jeżeli bez zmiany pionowej nastąpi poziome przesunięcie wzdłuż pęknięcia *(uskok poziomy* lub *przesunięcie* fig. 22).

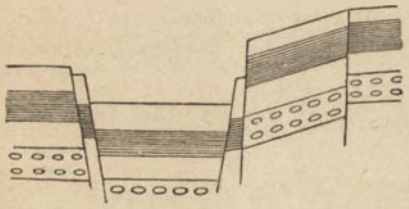


Fig. 20 c. Fosa.

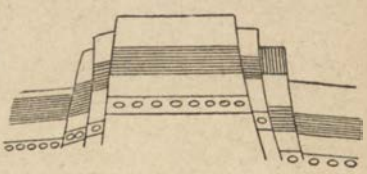


Fig. 20 d. Uskok dwustronny (Horst).

Uskoki pionowe można obserwować na naturalnych przekrojach, mianowicie na stromych, wysokich wybrzeżach mórz i rzek, lub w kopalniach, gdzie często górnikom sprawiają wiele kłopotu, gdyż na uskoku urywa się nieraz

http://rcin.org.pl

pokład użytecznej skały, wydobywanej przez człowieka; tak np. po wydobyciu warstwy 2 na fig. 20 po prawej stronie, trze-

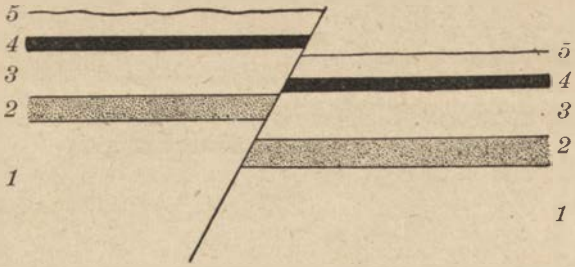


Fig. 21. Nasunięcie.

ba dalszego jej ciągu po lewej szukać znacznie wyżej (a w innych razach—znacznie niżej). Uskok poziomy można poznać

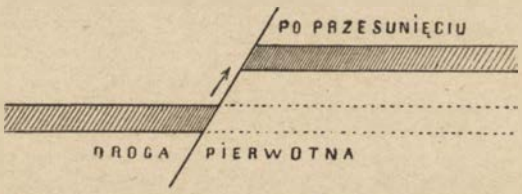


Fig. 22. Przesunięcie. (Droga utraciła ciągłość).

nieraz po nagłem przerwaniu linji łańcucha górskiego, który dalej ciągnie się wzdłuż innej linji.

Wreszcie zapadnięcie może się odbywać nie podłużnie, lecz dokoła pewnego punktu *(zapadnięcie kotlinowate)*, przyczem powstają też pęknięcia promieniste (fig. 23).

Fig. 23.

Kawały warstw, połamanych przez uskoki, zowią się *skibami (Scholle)*, które mogą być *taflowe*, gdy warstwy leżą poziomo i *klinowe*, gdy są pochylone.

Czasami zdarza się, iż przy obsunięciu — warstwy nie pękają, lecz rozciągają się, jak to wskazuje figura 24 i 25 (z prawej). Uskok taki, stanowiący formę przejściową do dyslokacyi fałdowej, zowiemy *fleksura*.

http://rcin.org.pl

Fałda powstaje wtenczas, gdy warstwy, wskutek ciśnienia bocznego, wyginają się falisto, jak wskazuje fig. 26.

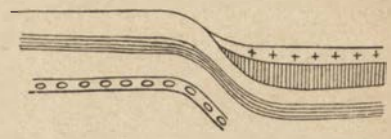


Fig. 24. Fleksura.

Fałdy można też obserwować, podobnie jak uskoki (ob. str. 25), a upoglądowić je, naciskając z boku kartki książki. Fałda składa się *z grzbietu (g)* i *niecki (n)* (fig. 26). Oprócz fałdy takiej, jak na fig. 26, którą nazywamy *fałdą stojącą*, mogą być jeszcze fałdy *pochyłe* (fig. 27) i *leżące* (fig. 28). W ostatnim razie warstwy leżą poziomo lub prawie poziomo, a jednak uległy dyslokacji.

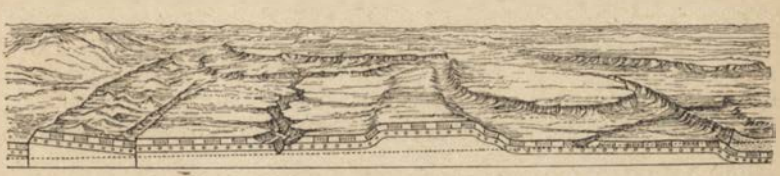


Fig. 25. Uskoki i Fleksury (wyżyna Kolorado).

Taki układ warstw, jak w grzbiecie fałdy, gdzie one spadają w przeciwne strony, zowiemy *antyklinalnym;* taki

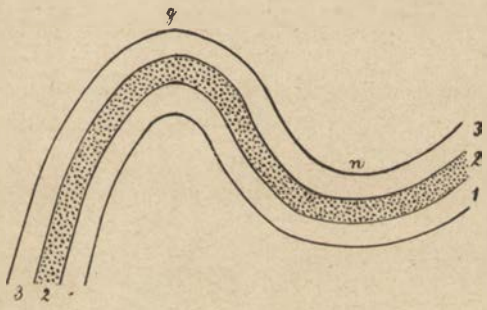


Fig. 26. Fałda stojąca.

zaś jak w niecce, gdzie one spadają ku sobie, zowiemy *synklinalnym;* taki wreszcie, jak w fałdzie leżącej, gdzie niecka znika i wszystkie warstwy pochylają się w jedną stronę—*izoklinalnym.* Niekiedy w układzie antyklinalnym warstwy, wskutek silnego zgniecenia u dołu, rozchodzą się ku górze, jak

http://rcin.org.pl

źdźbła w snopie, silnie związanym; taki układ zowie się *wachlarzowym*. Grzbiet fałdy ulega tu zwykle zniszczeniu (linie kropkowane fig. 29).

Warstwy sfałdowane mogą też następnie być pokrajane

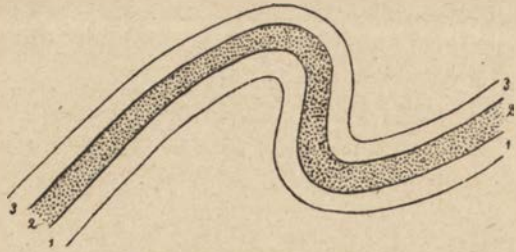


Fig 27. Fałda pochyła.

uskokami; w takim razie kawały warstw stanowią *skiby fałdowe* (por. str. 26).

Wskutek różnych dyslokacji, powstałych w różnych

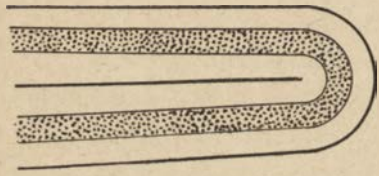


Fig. 28. Fałda leżąca.

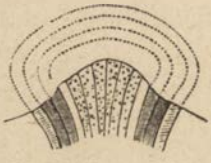


Fig. 29. Fałda wachlarzowa.

czasach, dwie serje warstw mogą nie leżeć na sobie równolegle czyli *zgodnie*, lecz mogą leżeć nierównolegle, czyli *niezgodnie* (fig. 30 a, b. c).

W razie równoległości warstwy pochylone zostały zdy-

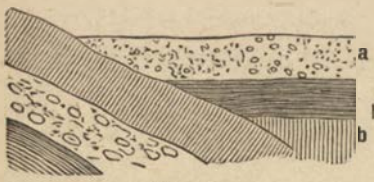


Fig. 30 a.

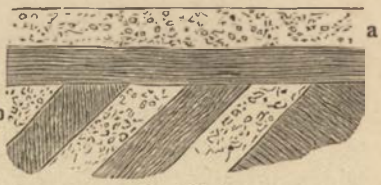


Fig. 30 b.

slokowane razem (lub całkiem nie uległy dyslokacji, lecz zostały osadzone nieco pochyło). W razie nierównoległości, jak na figurach 30, warstwy *a* zostały osadzone poziomo już

http://rcin.org.pl

po dyslokacji warstw *b*. Taki układ, jak fig. 30 b, i c, pokazuje, że ląd został zalany przez morze, (które na dnie swem osadziło warstwy *a*), i zowie się *transgresją*, *przekroczeniem*—morze przekroczyło brzeg.

Fig. 30 c.

Prócz takich dyslokacji właściwych, polegających na wyprowadzeniu warstw z pierwotnego położenia poziomego, mogą też zachodzić wznoszenia i obniżenia warstw z zachowaniem ich położenia poziomego; są to *zmiany poziomu*.

Zresztą napotykając takie warstwy poziome, niegdyś w morzu osadzone, a obecnie wysoko nad jego poziomem leżące, nie możemy wiedzieć napewno, czy zaszło tu podniesienie lądu, czy też obniżenie morza.

Podobnaż wątpliwość nasuwa się, gdy osady lądowe, naprzykład otoczaki rzeczne, albo torf znajdziemy (np. w kopalniach, przy wierceniu studni i t. d.) poniżej poziomu morza: nie wiadomo napewno, czy tu ląd się obniżył, czy morze się wzniosło.

2. Układ skał wybuchowych.

Skały wybuchowe grają daleko mniejszą rolę od osadowych w budowie skorupy ziemskiej. Wypełniają one tyl-

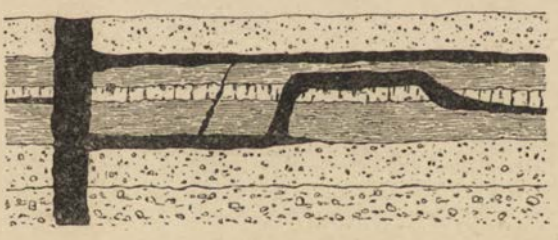


Fig. 31 a. Żyły i pokłady.

ko szczeliny w skałach osadowych *(żyły)*, pokrajanych uskokami, oraz fugi między warstwami *(pokłady)*; dostawszy się

http://rcin.org.pl

na powierzchnię ziemi, lub odsłonięte wskutek zniszczenia warstw je przykrywających, tworzą wzniesienia w kształcie

Fig. 31 b. Dzwon lawowy na wyspie Burbon.

kopuł, *dzwonów, stożków*, lub płaskich *pokryw;* te ostatnie tworzy najczęściej bazalt, który wylał się w stanie bardzo

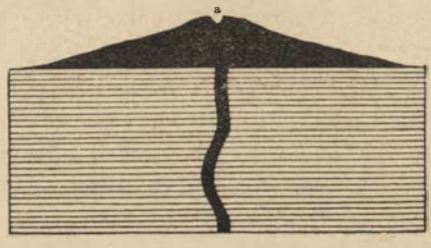


Fig. 31 c. Stożek.

rzadkim (Dekan, Abisynja, Oregon, Islandja). Od głównych mas skał wybuchowych wybiegają tu i owdzie podziemne roz-

Fig. 31 d. Lakkolit.

gałęzienia, zwane *apofizami*. Niektóre skały wybuchowe nie wydostają się na powierzchnię ziemi, lecz zastygają pod

http://rcin.org.pl

ziemią, tworząc tak zwane *batolity* i *lakkolity;* te ostatnie wywołują lekkie kopułowate dyslokacje warstw (fig. 31 d).

Pośród skał, tak osadowych, jak wybuchowych, spotykamy gdzieniegdzie tak zwane *skarby mineralne*, t. j. skały, dostarczające człowiekowi wielkich pożytków (np. *rudy*, t. j. skały, z których można wytapiać metale). Zalegają one, podobnie jak wybuchowe, bądź w fugach między warstwami, tworząc *pokłady* (które nieraz szybko zwężają się we wszystkie strony, nikną, przyjmując kształt soczewkowaty *[gniazda]*); bądź wypełniają szczeliny, tworząc *żyły*.

Fig. 31 e. Lakkolit z apofizami.

Skały te zostały osadzone, pośród innych, bądź przez wodę, bądź przez pary, wydobywające się z gorącego wnętrza ziemi i zastygające; to też skarby mineralne są często związane z uskokami i skałami wybuchowemi.

B) SIŁY (dynamika).

Powyżej opisane części składowe skorupy ziemskiej znajdowały się przez wieki, i znajdują się obecnie, pod wpływem działania rozmaitych czynników, czyli *sił*, które wywołują pewne *zmiany*. Siły te i wywoływane przez nie zmiany należy poznać, aby móc zrozumieć, tak wewnętrzną budowę skorupy, czyli jej architektonikę albo *tektonikę*—jako też uwarunkowane przez nią poczęści, poczęści od niej niezależne, ukształtowanie powierzchni, to jest jej *plastykę, orografję* i wogóle *morfologję ziemi*.

http://rcin.org.pl

Siły, działające na ziemię, dadzą się podzielić na dwa rodzaje: *siły wewnętrzne*, mające siedlisko we wnętrzu ziemi, i *siły zewnętrzne*, które swe źródło mają przeważnie w słońcu.

I. Siły wewnętrzne.

a) Siła kurczenia. Siły wewnętrzne zależą od ognistego stanu wnętrza ziemi, wogóle od jej wysokiej pierwotnej temperatury: ziemia utraca ciepło, ochładza się w zimnem przestworzu wszechświata, a wskutek tego kurczy się; *kurczenie* zaś sprowadza zmiany w położeniu skał, tworzących skorupę. Mianowicie wewnętrzne, ogniste jądro oziębia się szybciej, kurczy bardziej, niż skorupa, tak iż ta ostatnia staje się dlań za obszerna i, obsiadając na niem, pod wpływem siły ciężkości, nie może go pokryć równo, lecz, pod wpływem ciśnienia bocznego, garbi się, fałduje, pęka i zapada (*teorja kurczenia*, rozwinięta przez Suessa). Te zmiany w położeniu skał obserwowaliśmy już wyżej i nazwali dyslokacjami. Wywołują one na powierzchni ziemi powstanie gór i dolin. Zresztą dyslokacje te na małą skalę mogą też być wynikiem innych przyczyn, np. ześlizgiwania się warstw po pochyłej podstawie, parcia przez poruszający się lodowiec, zapadania sklepień jaskiniowych i t. d. Niektórzy (Reyer) przypisują nawet *ześlizgiwaniu się* pierwszorzędną przyczynę tworzenia się fałd.

Dyslokacje warstw, odbywające się bardzo energicznie, ujawniają się jako *trzęsienia ziemi (trzęsienia dyslokacyjne* albo *tektoniczne)*. Zdarzają się one w krajach z warstwami silnie zdyslokowanemi i to gdy dyslokacja odbyła się niezbyt dawno, a więc w okolicy gór młodych, t. j. niedawno powstałych (Alpy, Karpaty, Sierra Nevada, Apeniny, góry zachodniej części półwyspu Bałkańskiego, wogóle okolice morza Śródziemnego; dalej: Kaukaz, Himalaje, Thian Szan, wybrzeża oceanu Wielkiego, szczególniej Japonja i Ameryka Środkowa, przezwaną z tego powodu „hamakiem"). Trzęsienia tego rodzaju pokazują, że siła górotwórcza jeszcze nie wygasła, że proces tworzenia się gór trwa do chwili obecnej. Trzęsienia ziemi wywołują gwałtowne i znaczne zmiany na

http://rcin.org.pl

powierzchni ziemi i niszczą nieraz w ciągu paru sekund najwspanialsze zabytki pracy człowieka.

b) Siła wulkaniczna. Obok siły kurczenia istnieje, poczęści w związku z nią, *siła wulkaniczna*, *wulkanizm:* przez szpary, tworzące się w skorupie, wskutek kurczenia jej, lub wskutek parcia gazów, wylewają się z wnętrza ziemi masy ognistopłynne, „niby krew z ran" i wywierają wpływ na powierzchnię ziemi już samą swą wysoką temperaturą, zmieniając, czyli *metamorfizując* skały przez zetknięcie (wapień na marmur, piasek na szkło, glinę na cegłę, węgiel brunatny na kamienny i t. d.).

Fig. 32. Weinfelder Maar (Eifel).

Wylawszy się na powierzchnię i zastygszy, wywierają one wpływ na jej plastykę: w razie, gdy są rzadkie wyrównywają nierówności, podobnie jak wylew wodny *(pokrywy wulkaniczne)*; gdy zaś są gęste, to tworzą, jak wiadomo, *wzgórza kopułowate (wulkany ulane);* rozpylone przez wybuchy, zawartej w nich pary wodnej i zamienione w popiół, zasypują one również znaczne obszary lub *usypują góry stożkowe (wulkany usypane).* Czasami odbył się tylko jednorazowy wybuch, który wyrzucił tylko nieznaczną ilość materjałów rozrzuconych tu i owdzie, nie zbudował góry; wówczas pozostał odsłonięty otwór w powierzchni ziemi, wyrwa spowodowana wybuchem; taki *zarodek wulkanu* zowie się *maar* (fig. 32).

Wreszcie parciem swoim masy ogniste mogą wywołać niewielkie dyslokacje warstw (ob. figurę lakkolitu 31 d, e),

http://rcin.org.pl

jakkolwiek nie na taką skalę, jak niegdyś przypuszczano, gdy sile wulkanicznej przypisywano zdolność podnoszenia gór nietylko wulkanicznych, ale i wszystkich łańcuchowych *(teorja podnoszenia* Bucha i Humboldta).

Siła wulkaniczna ujawnia się też nieraz trzęsieniami ziemi *(trzęsienia wulkaniczne)*, mają one jednak daleko mniejsze rozprzestrzenienie, niż trzęsienia tektoniczne.

2. Siły zewnętrzne.

Siły zewnętrzne są to mianowicie: siły atmosfery (temperatura, wilgotność, wiatr) i wody, bądź w formie płynnej (deszczowej i rzecznej, oraz morskiej), bądź stałej (lód lodowcowy, morski i rzeczny). Działanie tych sił jest wielorakie: rozkruszanie i rozkład skał, czyli *wietrzenie*; wyżłabianie, czyli *erozja*, spłókiwanie, wogóle obnażanie skał *(denudacja)*; przenoszenie *(transport)* materjału skalnego i nagromadzanie go, osadzanie, w innem miejscu *(akumulacja)*.

a) *Wietrzenie.* Rozkruszanie skał odbywa się wskutek zmian temperatury: przy obniżaniu się temperatury skały się kurczą, przy podnoszeniu—rozszerzają; stąd spójność cząstek słabnie, rozluźnia się i skała pęka (podobnie jak piec, silnie rozpalony), rozpada się bądź na kańciaste okruchy, gdy jest jednolita, bądź na pojedyńcze różnorodne ziarna, z których się składała.

Do rozkruszania takiego silnie przyczynia się też wilgoć t. j. woda, przesiąkająca w szczeliny skał: gdy w okolicy jakiejś zmiany temperatury odbywają się w pobliżu zera, tak, iż woda to zamarza, to taje, wówczas przechodząc w lód i rozszerzając się, woda rozsadza skały (podobnie jak butelkę z wodą, wystawioną na mróz).

Pierwszy z tych dwóch sposobów rozkruszania występuje najsilniej w suchych pustyniach, gdzie zmiany temperatury między dniem i nocą są bardzo silne, a drugi — w krajach chłodno-wilgotnych, gdzie niewielkie mrozy są często przerywane odwilżami, oraz — na szczytach gór, które z tego powodu są często pokryte chaotycznie nagromadzonym rumowiskiem głazów ostrokańciastych (np. rumowisko kwarcytowe na Ły-

http://rcin.org.pl

sej Górze, które było błędnie brane za morenę dawnego lodowca).

Oba te sposoby wietrzenia stanowią *wietrzenie mechaniczne.* Prócz tego ważny wpływ na wietrzenie wywiera woda deszczowa przez to, że zawiera w sobie zabrany z powietrza kwas węglany, który oddziaływa na skały chemicznie: rozkłada, rozpuszcza niektóre z nich; jest to *wietrzenie chemiczne*, które występuje najsilniej w pasie deszczów zwrotnikowych. Ale i w wyższych szerokościach niektóre skały, szczególniej wapienne, silnie mu ulegają. Wapień ulega rozpuszczeniu, ale, będąc często zanieczyszczony gliną, pozostawia ją jako żyzną warstwę gruntu. Tak np. wapień okolic Krakowa. W kamieniołomach lub głębokich dolinach widać, jak tu rozkład postępuje w głąb: dolną warstwę stanowi wapień, a górną glina, sięgająca na różną głębokość i zawierająca w sobie luźnie rozrzucone krzemienie, które poniżej znajdują się wrośnięte w wapień i dowodzą, że glina ta z jego rozkładu powstała. Chemicznym procesem jest też napotykane często na pustyniach tworzenie się *czarnej powłoki* na skałach. Szczególniej występuje to zjawisko we wschodnim Thian-Szanie, którego góry przy odpowiednim oświetleniu wyglądają „jak kolosy z lanego żelaza."

b) *Erozja i denudacja.* Woda płynąca *odrywa* cząstki skalne, zwłaszcza zwietrzałe, od dna, po którem płynie i unosi je; stąd tworzy się wyżłobienie (można to łatwo obserwować po silnym deszczu na zboczach grobli i nasypów kolejowych, które są pokrajane, pokarbowane licznemi rowkami, żłobkami). To wyżłabianie zowiemy *erozją.* Energja erozji jest tym większa, im więcej wody płynie i im płynie bystrzej, a to znów zależy od tego, jak wysoko leży kraj nad poziomem, do którego zdążają wody, t. j. nad poziomem morza lub zamkniętego jeziora; zresztą tama na rzece, która ją podpiera i zwalnia jej bieg powyżej, może nawet w kraju wysoko leżącym osłabić energję erozyjną aż do chwili przerznięcia tamy. Podobnież bujna roślinność utrudnia erozję. Woda powolnie płynąca, mająca mały spadek, nie pogłębia już łożyska, lecz raczej działa na boki, podmywa brzegi („cicha woda brzegi rwie"), które obrywają się własnym ciężarem. Prócz tego erozja za-

http://rcin.org.pl

leży od natury gruntu: nietyle twardość gruntu opiera się erozji ile jego przepuszczalność: woda znika w szczelinach lub wsiąka i nie wywiera wpływu erozyjnego na powierzchnię; dostawszy się jednak przez szczeliny pod ziemię, woda wywiera pracę *erozyjną podziemną*, szczególniej w skałach wapiennych, które ulegają rozpuszczeniu; wskutek tego tworzą się jaskinie, których sklepienia mogą się zapadać, co też może sprowadzić trzęsienie ziemi *(trzęsienia ziemi zapadowe)* na małym obszarze, ale nieraz bardzo gwałtowne. Czasem trzęsienia te lokalne są wywołane przez obszerne trzęsienie tektoniczne, które w danym miejscu napotkało jaskinie.

Zapadnięcia jaskiń objawiają się na powierzchni jako zagłębienia okrągławe, „*doliny*" (ob. str. 18). Zagłębienia takie mogą też powstać bezpośrednio w skałach wapiennych, wskutek naziemnej erozji, wodnej, chemicznej (rozpuszczenie wapienia). Erozja taka, działając linijnie wzdłuż szczelin skalnych, wytwarza wązkie i głębokie rynny prosto- lub krzywo-linijne, porozdzielane wązkiemi grzbietami, ostremi niekiedy, jak noże; jest to drugie charakterystyczne zjawisko krain wapiennych, zwane *karren*.

Między żłobkami, wytworzonemi przez erozję, powstają dzielące ich wzniesienia, wały, grzbiety; ale i po nich spływa w poprzek woda, unosząc też cząstki i tworząc żłobki i t. d. Tym sposobem *cała powierzchnia* pokrywa się gęstą siatką wód płynących, które unoszą cząstki i *obnażają* warstwy niżej leżące z ich pokrycia; ten cały proces zowiemy *denudacją* *), a w danym razie (gdy czynnikiem obnażającym jest woda) wyraz denudacja może być zastąpiony wyrazem polskim *spłókiwanie* lub *zmywanie*.

Tak więc widzimy, że erozja różni się tem od denudacji, że pierwsza oznacza działanie *linijne*, druga *powierzchniowe*.

W pierwszej zatym fazie swej działalności woda płynąca

---

*) Właściwie denudacya, jest to obnażenie — *skutek* zniesienia warstw, czyli *ablacji*; ale zwykle termin denudacja używa się w znaczeniu *procesu*, w znaczeniu ablacji, zniesienia i to głównie zniesienia przez wodę tak, iż w rezultacie denudacja używa się zwykle w znaczeniu spłókiwania.

http://rcin.org.pl

wywołuje urozmaicenie powierzchni (erozja), ale w rezultacie dąży ona do wyrównania i zniżenia (denudacja) i zrównałaby, zniosła cały niemal ląd, gdyby nie działanie sił wewnętrznych, nie dyslokacje, które wznosząc góry, wzbudzają nową energję w erozji.

Zresztą nawet w razie nieistnienia dyslokacji — zrównanie i zniżenie zupełne (do poziomu morza) nie mogłoby nastąpić, albowiem woda przy znacznym zmaleniu spadku i głębokości, nie jest już w stanie unosić cząstek stałych.

Erozja jak i denudacja może też być dokonywana nie przez wody, lecz inne czynniki: lód i wiatr.

Lód lodowcowy, jakkolwiek twardszy od wody, wywiera daleko słabszą erozję: często ślizga się po powierzchni, nie zapełnia mniejszych zagłębień, lecz prześlizguje się nad niemi; *wyprząta* on raczej materjał rozkruszony wskutek wietrzenia; *szlifuje* i *rysuje* skały materjałem skalnym wmarzniętym w jego spód; (fig. 14) działa przytym bardziej powierzchniowo niż linijnie. Erozyjna siła lodowca jest największa tam, gdzie spadek dna z nagłego przechodzi w łagodny, t. j. u stóp gór.

Potężne lodowce dyluwjalne wywierały naturalnie daleko większy wpływ. Po stopnieniu lodowca kierunek rysów wskazuje nam kierunek ruchu znikłego lodowca. Skały oszlifowane od strony, skąd przybywał lodowiec, a chropowate z drugiej, noszą miano *baranich łbów* (*Rundhöcker*, *Roches Moutonnés);* oszlifowania te są nieraz tak gładkie, że np. na kwarcytach okolic Jeziora Wyższego trudno się utrzymać na nogach.

Wiatr w pustyniach, unosząc piasek, ściera nim skały i tworzy w nich rysy, które różnią się tym od lodowcowych, że znajdują się nie tylko na wystających częściach skał, ale i w zagłębieniach, gdyż wiatr sięgnie wszędzie. Ścierając głównie dolne części skał (gdyż grubszego piasku nie może unieść zbyt wysoko), nadaje im kształty cieńsze u dołu niż u góry, t. j. kształt maczugowaty, gruszkowaty; skały takich kształtów spotykamy często w pustyniach. Tak więc obok erozji wodnej i lodowcowej, istnieje *erozja wietrzana*. Przez zniesienie drobnego materjału z powierzchni pustyń — powstaje też *wietrzana denudacja* czyli *deflacja* (zwiewanie).

http://rcin.org.pl

Zniszczenie powierzchniowe, czyli denudacja, bywa też wreszcie dokonywana przez fale morskie, które, uderzając w brzeg stromy, podmywają go tak, iż obrywa on się, zapada w fale (fig. 33); te zaś posuwają dalej swój pochód niszczący, „niby piła pozioma," zwłaszcza gdy równocześnie ląd obniża się, pozwalając im sięgnąć dalej.

Ta morska denudacja zowie się *podmywaniem, abrazją* lub *zestrychowaniem*, albowiem wszelkie nierówności zostają tu ścięte, zestrychowane, niby nierówności zboża, nasypanego kopiasto do miary.

Fig. 33. Abrazja.

Właściwa erozja morska, działanie linijne, jest mało znaczące, tak na dno, gdyż działanie mechaniczne fal nie sięga zbyt głęboko (około 20 metrów), jako też i na brzegi, gdyż w miarę wrzynania się fal w ląd, wyżłabiania zatoki, działanie ich, wskutek zwiększającego się tarcia o brzegi, słabnie; stąd fale morskie nie mogą wytwarzać ani głębokich, ani głęboko w ląd wkraczających zatok. Tylko prądy morskie w cieśninach (gdzie siła ich się zwiększa) wywierają na dno, zwłaszcza przy wysokich przypływach, znaczniejszy wpływ erozyjny.

c) *Transport* i *akumulacja*. Przenoszenie i osadzanie materjału zwietrzenia może odbywać się też pod wpływem

http://rcin.org.pl

wody, lodowców i wiatru; bez przenoszenia nie byłoby denudacji. Głównemi środkami transportu są wody płynące, potoki deszczowe i rzeki, które porwany materjał skalny unoszą, rozkruszają dalej, obcierają, zaokrąglają i rozcierają coraz bardziej, tworząc otoczaki, żwir, piasek, muł. W miarę jak prąd wody maleje, materjały unoszone opadają na dno: z początku otoczaki, potem żwir, dalej piasek, wreszcie muł; ten ostatni zwykle dopiero przy ujściu (delta), gdzie prąd wody rzecznej wstrzymuje się, wsparty na falach morza. Takie *segregowanie* materjału można obserwować w wyschłych łożyskach potoków deszczowych na drogach.

Fale morskie, odrywając materjał skalny od brzegu i osadzając go na dnie, też segregują go: im dalej od brzegu tym materjał drobniejszy. Wyjątkowo tylko większy materjał może być dalej unoszony przez prądy, mianowicie wmarznięty w góry lodowe lub uwikłany w roślinach płynących: wreszcie nawet bezpośrednio przez wodę może być unoszony, gdy jest lekki, dziurkowaty jak pumeks.

Podobne segregowanie spotykamy też przy przenoszeniu i osadzaniu materjału przez wiatr: wiatr porywa nawet dość wielkie (jak pięść) produkty rozkruszenia, leżące u stóp gór w pustyniach, unosi i gubi po drodze coraz mniejsze; wskutek tego, jak wspomnieliśmy, w pustyniach, w miarę oddalania się od wietrzejących gór, spotykamy osadzony (przez wiatr) coraz drobniejszy materjał: poza pustyniami rumowisk skalnych, przebywamy żwirowe, dalej piaszczyste (wydmy); wreszcie na samych skrajach pustyń spotykamy osady pyłu gliniastego, lössu, i kraj przybiera charakter stepowy.

Działanie wiatru jest tym donioślejsze, im siła wiatru jest większa, a materjał lżejszy; dlatego wpływ wiatru objawia się najsilniej w pobliżu morza, na szczytach gór, a szczególniej na pustyniach, gdzie równość i nagość gruntu daje wiatrom siłę, a suchość klimatu — materjałowi lekkość i luźność.

W trzecim, bardzo potężnym czynniku przenoszenia i osadzania, — lodowcach, nie spotykamy takiej segregacji, owszem, zupełnie *chaotyczne pomieszanie materjału wszelkiej wielkości.* Lodowce mianowicie, poruszając się w dolinach między skałami, gromadzą na swych grzbietach rumowisko, spadające

http://rcin.org.pl

z pochyłości gór; są to *moreny powierzchowne;* lodowiec przenosi je i po stopnieniu lodu osadza wraz z materjałem, zebranym z dna swego, t. j. *moreną denną*. W takim osadzie lodowcowym, *morenowym*, spotykamy materjał najrozmaitszej wielkości i gatunku pomieszany ze sobą.

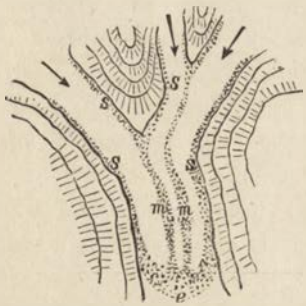


Fig. 34. Lodowiec i moreny. (s — boczne, m — środkowe, e — końcowa).

Wśród materjału morenowego znajdują się właśnie znane nam głazy erratyczne (kamienie polne), przeważnie granitowe i gnejsowe; napotykają się jednak i inne; tak np. na Pomorzu występują tak wielkie odłamy kredy, przyniesione przez lodowce z sąsiedniej Rugji (ob. str. 15), że bywają eksploatowane przez całe lata. Przytym materjał morenowy nie jest zaokrąglony, jak materjał przenoszony przez wodę, zarówno rzeczną jak morską, tylko kanty głazów mogą być, mianowicie w morenie dennej, mniej lub więcej starte, stępione; powierzchnia głazów bywa, jak wspomnieliśmy, często wyszlifowana, a na niej występują rysy prostolinijne, wytworzone przez tarcie ostrych kamyków wmarzłych w dolną powierzchnię lodowca. (Krainy morenowe: Baltyckie Pojezierze, południowa Bawarja, północna Lombardja).

* *
*

Rzeczywisty, obserwowany obecnie, *kształt powierzchni* (plastyka, orografja, morfologja) jest *rezultatem wiekowego skombinowanego działania tych wszystkich sił, tak wewnętrznych, jak zewnętrznych*. Gdy siły zewnętrzne w pewnym miejscu działają słabo lub nieoddawna, to powierzchnia jest ukształtowana zgodnie z działaniem sił wewnętrznych: morfologja jest w zgodzie z tektoniką. W przeciwnym razie jest w niezgodzie, i to nieraz do

Fig. 35.

http://rcin.org.pl

tego stopnia, że tam, gdzie na zasadzie tektoniki powinna być góra, spotykamy dolinę i przeciwnie; rzeczywisty kształt powierzchni jest zupełnym odwróceniem tego, jaki być powinien. Wskazuje to fig. 35.

H C K jest to przekrój rzeczywistej powierzchni. Układ warstw (tektonika) pokazuje, że w H i K powinien być grzbiet (antyklinalny), sięgający do A i B, lecz górne części warstw uległy sile zewnętrznej, spłókaniu (części spłókane oznaczone są kropkami) tak, iż zamiast grzbietu antyklinalnego (A i B), mamy dolinę antyklinalną (H i K). W punkcie zaś C, odwrotnie: zamiast doliny synklinalnej, mamy grzbiet synklinalny.

Pouczającą też pod tym względem jest figura 36.

Dla dokładnego zrozumienia obecnych form powierzchni ziemi, nie dość więc jest poznać materjały i siły na nie działające; trzeba jeszcze zobaczyć jak siły te działały, jakie wywoływały zjawiska w *różnych czasach*, *przez cały ciąg swego wiekowego działania,* bo forma dzisiejsza jest rezultatem zmian, odbywających się przez całe wieki. Ażeby móc poznać takie działanie w różnych czasach, trzeba umieć oznaczyć względny *wiek skał,* który prowadzi do pojęcia *formacji.*

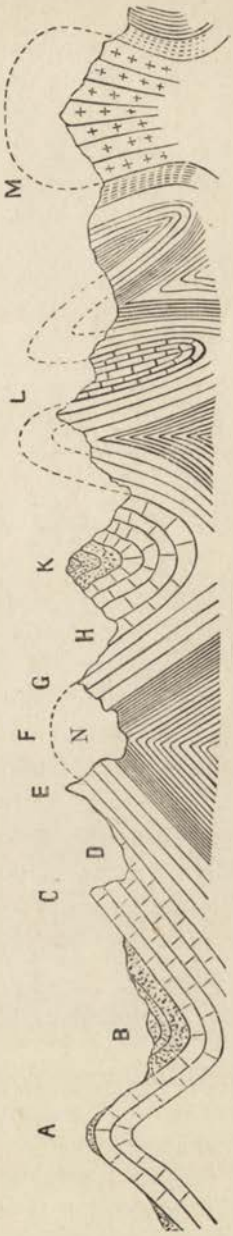


Fig. 36.

A. Grzb. Antyklinalny. B. Dolina Synklinalna. C. E. G. Grzb. Izoklinalne. D. H. Doliny Izoklinalne. F. L. Grzb. Antyklinalne spłókane. N. Dolina Antyklinalna. K. Grzb. Synklinalny. M. Grzb. wachlarzowy spłókany.

http://rcin.org.pl

C) FORMACJE (Stratigrafja).

Skały osadowe, z wyjątkiem najstarszych (gnejsy i łupki mikowe), zawierają w sobie *skamieniałe szczątki*, *skamieniałości* (szkielety, muszle, pnie drzew napojone masą kamienną, odciski liści i t. p.) tworów żyjących dawniej, wtedy mianowicie, gdy osadzały się te warstwy, w których dane skamieniałości się znajdują. Ze skamieniałości tych przekonywamy się, że dawniej żyły na ziemi inne rośliny i zwierzęta, niż dzisiaj; im dawniejsze, tym dziwaczniejsze, bardziej różne od dziś żyjących; im bliższe naszego czasu, tym podobniejsze do obecnych, tym doskonalsze.

Wiele tworów napotyka się tylko w pewnej warstwie lub w pewnej grupie warstw, a w żadnej innej *(«skamieniałości przewodnie»)* tak, iż za ich pomocą można napewno oznaczyć względny czas osadzenia się pewnej warstwy, t. j. poznać, czy ona jest starszą, czy młodszą od innej. Jest to bardzo ważne, gdyż samo położenie warstw przy znacznych dyslokacjach, gdzie nieraz warstwa starsza leży nad młodszą, nie może nas o wieku pouczyć; gatunek skał, pominąwszy gnejsy i łupki mikowe, także nie wiele poucza o ich wieku, gdyż jedna i ta sama skała, np. wapień, została osadzona w najrozmaitszych czasach.

Według skamieniałości dzielimy cały czas rozwoju ziemi od utworzenia się skorupy na *epoki*, a te na *okresy* czyli

http://rcin.org.pl

perjody. Tym podziałom czasu odpowiadają pewne grupy warstw w czasie odpowiednich epok i okresów osadzone, czyli tak zwane *formacje*.

Pojedyńcze formacje mianowicie odpowiadają okresom, a grupy formacji—epokom.

Odróżniamy następujące epoki, okresy — grupy i formacje od najstarszych do najmłodszych.

Epoka najstarsza, *Archaiczna* jest to czas osadzenia się gnejsów i łupków mikowych; skamieniałości nie spotykamy tu żadnych, stąd epokę tę nazwano też *azoiczną* t. j. bez-

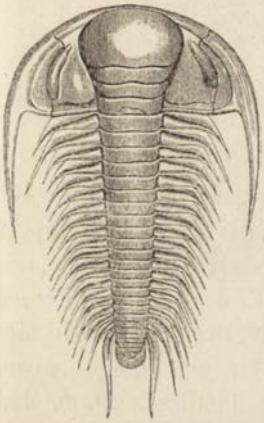


Fig. 37. Trylobit.

Fig. 38. Amonit.

życiową, jakkolwiek z braku skamieniałości nie można twierdzić napewno o braku wszelkiego życia; tymbardziej że wśród, łupków napotykają się pokłady grafitu, który jest węglem o wysokim stopniu zwęglenia i powstał być może z roślin morskich.

Epoka Paleozoiczna albo *Pierwszorzędowa*, w której zaczynają się już ukazywać ślady życia, z początku tylko morskiego (np. trylobity, rodzaj raków) a następnie i lądowego; tak np. w jednym z perjodów tej epoki, *Węglowym*, rosły na bagnach wielkie lasy, z których utworzył się węgiel kamienny (ob. str 18). Nie wszędzie jednak, gdzie jest formacja węglowa, tam można znaleźć pokłady węgla kamiennego, albowiem tylko na lądach epoki węglowej tworzył się węgiel,

http://rcin.org.pl

równocześnie zaś w morzach osadzał się wapień. Takie różne osady tej samej formacji stanowią rodzaj prowincjonalizmów; oznaczamy je mianem *facjes*, w danym razie facjes lądowy (węgiel) i facjes morski (wapień). Przy końcu perjodu wę-

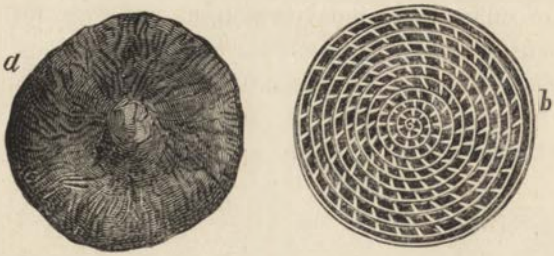


Fig. 39. Numulit: a) całkowity, b) w przecięciu.

glowego nastąpiły wielkie zmiany w tektonice warstw, powstały liczne systematy gór, z których obecnie widać zaledwie szczątki.

W epoce Mesozoicznej albo *Drugorzędowej* występują już wielkie zwierzęta lądowe, głównie wielkie potworne jaszczury, przypominające nieco dzisiejsze krokodyle, w morzach zaś — amonity (fig. 38), muszle nieraz tak wielkie jak koła od wozu, a przypominające kształtem dzisiejsze zatoczki (planorbis).

Fig. 40 Numulity w skale.

Stąd wielki rozwój wapieni (szczególniej w *perjodzie Jurajskim*).

W epoce Neozoicznej albo *Trzeciorzędowej*, życie roślinne i zwierzęce zaczyna już przybierać dzisiejszy charakter: występują wielkie zwierzęta ssące, oraz bujna roślinność, podobna do dzisiejszej zwrotnikowej; w morzach numulity, tworzące wielkie pokłady wapienia (fig. 39, 40).

We środku epoki trzeciorzędowej znów energiczne dyslokacje: powstanie gór fałdowych, dotąd istniejących.

W *epoce Antropozoicznej* albo *Czwartorzędowej* wreszcie pojawiają się dzisiejsze rośliny i zwierzęta; a głównie pojawia się na scenie wzajemnego działania na siebie sił czynnik

http://rcin.org.pl

nowy — *człowiek*, który działalnością swoją wpływa na wygląd powierzchni ziemi.

W *pierwszym perjodzie* tej epoki *(diluwjalnym)* temperatura, niewiadomo napewno z jakiej przyczyny, obniżyła się i stąd lodowce, przy klimacie bardziej wilgotnym, przyjęły daleko większe rozmiary niż mają obecnie. Tak np. lodowce skandynawskie sięgały aż do stóp Sudetów i prawie

Fig. 41. Mapa zlodowacenia Europy.
(Obszary kreskowane oznaczają dawne lodowce).

do Karpat (Krakowa, Lwowa) i pozostawiły znane nam głazy erratyczne *(„Epoka lodowa“)*.

Drugi perjod, aluwjalny, w którym my żyjemy obecnie, rozpoczął się po złagodnieniu klimatu i ustąpieniu lodów, w czasie poprzedzającym o wiele najdawniejsze tradycje historyczne.

Dawniej sądzono *(Cuvier, Buch)*, że zmiany powyższe, przejścia od jednych epok i perjodów do drugich, odbywały się

http://rcin.org.pl

przez nagłe przewroty, które niszczyły wszelkie twory, by przygotować miejsce dla nowych *(teorja katastrof albo rewolucji)*. Następnie przekonano się *(Darwin, Lyell)*, że zmiany te odbywały się powolnie przy pośrednictwie tych samych czynników, jakie działają i obecnie (choć zresztą w czasie, gdy skorupa ziemska była znacznie cieńsza, musiały się one objawiać silniej); wielkość zaś zmian tłómaczy się bardzo wielkiemi perjodami czasu *(teorja rozwoju albo ewolucji)*.

Dla ułatwienia przeglądu oraz dla uzupełnienia powyższego, podajemy niżej tablicę podziałów na epoki (grupy) i perjody (formacje).

I *Epoka* (grupa) Archaiczna
II *Epoka* (grupa) Paleozoiczna (Pierwszorzędowa)
1) *Perjod* (formacja) Kambryjski (a)
2) „ „ Syluryjski (a)
3) „ „ Dewoński (a)
4) „ „ Węglowy (a)
5) „ „ Permski (a) lub Djasowy (a)
III *Epoka* (grupa) Mesozoiczna (Drugorzędowa)
1) *Perjod* (formacja) Trjasowy (a)
2) „ „ Jurajski (a)
3) „ „ Kredowy (a)
IV *Epoka* Neozoiczna lub Kenozoiczna (Trzeciorzędowa)
1) *Perjod* (formacja) Eoceniczny (a)
2) „ „ Oligoceniczny (a)
3) „ „ Mioceniczny (a)
4) „ „ Plioceniczny (a)
V *Epoka* Antropozoiczna (Czwartorzędowa)
1) *Perjod* (formacja) Diluwjalny (a)
2) „ „ Aluwjalny (a)

Podczas osadzania się powyższych skał osadowych wylewały się też i zastygały skały wybuchowe: w najdawniejszych formacjach — granity i porfiry, w najnowszych — trachity, bazalty i dzisiejsze lawy. Zresztą dwie te grupy, różniące się od siebie stopniem wykształcenia kryształów, zależą nie tyle od czasu wylewu, ile od warunków oziębiania: masy, które

http://rcin.org.pl

oziębiały się powoli, a więc głównie pod ziemią *(skały plutoniczne)* są przeważnie ziarniste (lub porfiryczne); masy które oziębiały się szybko, a więc na ziemi *(skały wulkaniczne)* są przeważnie zbite, nawet szkliste. Że w starych formacjach spotykamy przeważnie skały podziemne (plutoniczne), to wynikać może stąd, że skały naziemne (wulkaniczne) owych dawnych perjodów, ulegając długi czas siłom zewnętrznym, zostały spłókane.

Czas wylania się skały wybuchowej można poznać po tym, do jakich formacji należą te skały osadowe, które *przez zetknięcie* zostały *zmetamorfizowane:* skała musiała się wylać po osadzeniu zmetamorfizowanych, a przed osadzeniem tych, co nie uległy zmianie. Znawstwo formacji pozwala nam też oznaczyć czas (perjod) zdyslokowania pewnych warstw: dyslokacja musiała się odbyć po osadzeniu warstwy zdyslokowanej, a przed osadzeniem przypierającej doń (niezgodnej) warstwy poziomej (por. str. 28 i 29).

Nie trzeba sobie wyobrażać, że wszystkie wyżej wymienione formacje osadowe (warstwy) występują w każdym miejscu na ziemi i to w doskonałym porządku: u góry aluwjalna a dalej w głąb, coraz niżej, coraz starsze.

Że często nie występują w takim porządku, to już łatwo nam zrozumieć z tego, cośmy mówili o dyslokacjach, które mogą warstwy przewrócić (por. str. 24).

Co zaś do tego, że nie wszędzie występują wszystkie formacye, to wynika stąd, że dana formacja może występować zwykle tylko tam, gdzie w odpowiednim perjodzie było morze, z którego formacja ta się osadziła (i to tylko wtedy, gdy nie uległa później denudacji); wprawdzie i na lądzie powstają osady (wód słodkich, wietrzane i t. d.), ale są one zwykle mało znaczące w porównaniu z morskiemi (z niewielu wyjątkami, jak osady węglowe i lodowcowe) albowiem ląd jest przeważnie areną zniszczenia, zburzenia skał (denudacja), które woda płynąca unosi do morza. I obecnie, w perjodzie aluwjalnym, osady jakie się tworzą na lądzie (delty, wydmy, torfowiska i t. p.), są nieznaczne; główne osady aluwjalne tworzą się w ukryciu przed naszemi oczyma na dnie dzisiejszych mórz.

Niszczenie warstw przez denudację utrudnia nam też

http://rcin.org.pl

niezmiernie odtworzenie sobie na ich podstawie rozkładu lądów i wód na ziemi w dawnych epokach gieologicznych; jeżeli bowiem spotykamy w danym miejscu osad morski, to możemy twierdzić napewno, że w odpowiednim perjodzie było tam morze; ale jeżeli warstwy takiej nie spotykamy, to stąd jeszcze nie można wiedzieć napewno, że i morza tam nie było; gdyż warstwa przezeń osadzona mogła następnie ulec denudacji, zresztą mogło się zdarzyć, iż morze nie pozostawiło całkiem osadów. Wtedy tylko brak formacji wskazuje na istnienie lądu, gdy występuje na bardzo znacznym obszarze, a zwłaszcza, gdy dokoła tego obszaru są ślady brzegowe, np. pas konglomeratów.

Odtworzenie więc sobie dawnego rozkładu lądów i mórz *(paleogieografja)* na podstawie istniejących warstw, jest równie trudne, „jak odtworzenie dawnej książki, z której wiele kartek zaginęło.” Przytym wiele „kartek“ jest niemożliwych do „odczytania,” albowiem znaczne obszary ziemi są obecnie zalane morzem.

Po tym krótkim *przeglądzie dziejów ziemi* przechodzimy do *rozpatrywania jej stosunków obecnych,* mianowicie lądów, wód, atmosfery i organizmów. Przytym dla lepszego zrozumienia stosunków obecnych — będziemy często powracać w ich przeszłość, badać *zmiany,* jakim stosunki te ulegały z biegiem czasu.

---

http://rcin.org.pl

II

Część szczegółowa

(STOSOWANA).

INSTYTUT GEOGRAFII P.A.N. BIBLIOTEKA

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

A) LĄD (litosfera).

I) Rozkład i poziome ukształtowanie lądu.

Powierzchnia ziemi składa się, jak wiadomo, z lądu i wody. Przypatrzywszy się globusowi, łatwo dostrzeżemy, że ląd zajmuje mniejszą (blizko 3 razy) część powierzchni kuli ziemskiej: na półkuli wschodniej jest go więcej niż na zachodniej, na północnej—więcej niż na południowej tak, iż prawie cały ląd jest zgromadzony na półkuli północno-wschodniej *(Półkula Lądowa, Kontynentalna)*, woda zaś na południowo-zachodniej *(Półkula Wodna, Oceaniczna)*. Obie te półkule są rozdzielone kołem, leżącym ukośnie względem równika i przecinającym go w dwóch punktach: na zachód Ameryki Południowej i na zachód Sumatry. We środku półkuli lądowej (nieco na północ) leży W. Brytanja; we środku wodnej — Nowa Zelandja, które tym sposobem leżą na końcach jednej średnicy, t. j. antypodycznie.

Ale nawet na półkuli lądowej ląd ustępuje nieco wodzie; dopiero od 45° szerokości ląd zaczyna mieć przewagę i utrzymuje ją do 72° szerokości; na kole biegunowym dosięga maximum przewagi (77%). Pod 72° lądy kończą się prawie nagle, otaczając pierścieniem ocean Arktyczny, najśródziemniejszy z oceanów; tu można obejść całą ziemię dokoła, napotykając tylko dwie niewielkie przerwy.

Od tego północnego *pierścienia lądowego* rozbiegają się ku południowi dwa, a następnie trzy lądy, wkraczające w nie-

http://rcin.org.pl

zmierny obszar wodny „nakształt ramion polipa," które kończą się kolejno pod 35° (Afryka), 49° (Australja), 56° (Ameryka). Dalej ku południowi oceany zlewają się w nieprzerwany *pierścień wodny,* w jeden ocean okołoziemny tak, iż tutaj można całą ziemię opłynąć dokoła, nie napotykając nigdzie lądu.

1. Lądy stałe.

Oprócz przypuszczalnego *lądu Antarktycznego,* oblegającego zapewne biegun południowy (albowiem ściana lodowa, tamująca drogę do tego bieguna, musi być pochodzenia lodowcowego, a więc lądowego), widzimy na ziemi dwa wielkie lądy albo kontynenty—większy, *Ląd Wschodni* (*Stary Świat)* na wschód południka Ferro i mniejszy, *Ląd Zachodni* (*Nowy Świat)* na zachód tego południka, rozdzielone wdarciem się oceanów (Atlantyckiego i Wielkiego).

Pierwszy z tych lądów ma głównie rozciągłość równoleżnikową, drugi południkową; każdy z nich wskutek wdarcia się pomniejszych części oceanu, czyli mórz, został podzielony na części, zwane *Częściami Świata,* a mianowicie Ląd Wschodni na: *Azję, Europę, Afrykę* i *Australję* (z wysp drobnych, rozsianych na wschód tej ostatniej, tworzą prócz tego oddzielną *wyspową część świata — Polinezję);* Ląd Zachodni, zwany inaczej *Ameryką,* można uważać jako złożony z dwóch części świata: *Ameryki Północnej i Ameryki Południowej,* które zrosły się w jedną całość stosunkowo niedawno (w pojęciu gieologicznym).

Tak więc mamy razem 6 lądowych części świata: trzy północne i trzy południowe, rozdzielone poprzecznie pasem mórz śródziemnych (Amerykańskie, Romańskie z Czarnym i Czerwonym, wreszcie Austral-Azjatyckie) (fig. 42).

Części północne swemi szerokiemi północnemi podstawami prawie się zrastają, otaczając ocean Arktyczny, najśródziemniejszy z oceanów. Części południowe wybiegają nieco ku wschodowi względem północnych i kończą się na południu klinowato: najostrzej Ameryka, najtępiej Australja (ta jednak posiada ostrzejsze przedłużenie w wyspie Tasmanji, która nie

http://rcin.org.pl

zbyt dawno łączyła się z lądem); Afryka zajmuje pod tym względem miejsce pośrednie.

Każda z południowych części świata posiada na zachodzie wielką zatokę (Gwinejska, Australijska, wygięcie zatokowate na zachodnim wybrzeżu Peru).

Takie ułożenie lądów trzema pasami i zwężanie się ich klinowe niektórzy (Green) tłómaczą tym, że ziemia przy stygnięciu i tworzeniu się pierwotnej skorupy przyjęła kształt piramidy trójkątnej, zwróconej podstawą ku biegunowi pół-

Fig. 42. Lądy i ich poprzeczna przerwa.

nocnemu (ocean Arktyczny), a wierzchołkiem opartej na biegunie południowym (przypuszczalny ląd Antarktyczny). Oddzielenie się zaś lądów północnych od południowych, oraz bardziej wschodnie położenie tych ostatnich, objaśniają pęknięciem poprzecznym skorupy (pas mórz śródziemnych ze zjawiskami wulkanicznemi) i następnie skręceniem części południowych na wschód, wskutek większej szybkości nabytej przy wirowaniu ziemi (jednak Afryka północna nie uległa przesunięciu; może wskutek oparcia o Arabję?)

Co do obszaru to części świata przedstawiają następujący szereg:

http://rcin.org.pl

Części świata	obszar w miljon. km. kw. bez wysep	z wyspami	Części świata	obszar w miljon. km. kw. bez wysep	z wyspami
Azja	42	44	Ameryka Pd.	18	18
Afryka	30	30	Europa	9	10
Ameryka Pn.	20	24	Australja	8	9

Cały ląd wraz z wszystkiemi wyspami zajmuje, według Wagnera, 144 miljonów km. □ czyli 28%; woda—366 miljon. km. □ czyli 72%. Stosunek zatym lądu do wody wynosi 1:2,5. Zresztą w tym zawiera się obszar nieznany pod biegunami, wynoszący 20 miljon. km. □ (dwa razy więcej niż Europa) czyli blizko 4% powierzchni ziemi; stosownie do tego czy obszar ten zaliczymy do wody czy do lądu, powyższy stosunek waha się między 1:2,8 oraz 1:2,2.

Rozgałęzieniami albo *rozczłonkowaniami* lądu są półwyspy i wyspy.

2. Półwyspy.

Ląd może wkraczać w morze, zwężając się niepostrzeżenie, tworząc *klin* np. Patagonja, Bretanja, Somal; lub też wkraczając, tworzy wygięcia, które nam wskazują mniej więcej wyraźnie, gdzie kończy się właściwy ląd *(pień lądowy, korpus, kadłub)* a zaczyna *półwysep.*

Stosownie do tego, czy wygięcia są słabe, czy silne — półwysep łączy się z lądem albo podstawą szeroką np. Indostan, półwysep Indochiński, Bałkański, Europa względem Azji; albo też wązkim pasem *(międzymorze, przesmyk)* np. Krym z przesmykiem Perekopskim, Peloponez z Korynckim, Afryka (względem Azji) z przesmykiem Suezkim, Ameryka Pd. (względem Północnej) z przesmykiem Panamskim. Takie przesmyki bywają często przekopywane kanałami, aby okrętom skrócić drogę dokoła długiego półwyspu, np. Kanał Suezki, Koryncki, Północno-Niemiecki (między morzem Niemieckim i Baltyckim), projekty kanału Panamskiego.

Ze względu na *powstanie* — półwyspy dzielą się na *odrostkowe* i *przyrostkowe.*

Pierwsze zostały wydzielone, wymodelowane z głównej masy lądowej przez zmianę poziomu lądu lub morza: albo ląd się obniżył, albo morze podniosło, miejsca niższe zostały

http://rcin.org.pl

zalane, a dzieląca je kraina wyższa utworzyła półwysep. Prócz tego działanie fal morskich, burząc miększe części wybrzeża, a pozostawiając leżące między nimi części twardsze, mogło też przyczynić się do utworzenia półwyspów.

Drugie powstały z wysp leżących w pobliżu lądu: ustąpienie morza, podniesienie dna cieśniny, lub jej zamulenie, zlepiło niejako wyspę z lądem, utworzyło półwysep.

Zwykle półwyspy pierwszego rodzaju zrastają się z lądem za pomocą szerokiej podstawy; drugie zapomocą przesmyków, choć zresztą są i wyjątki; np. Indostan, mimo szerokiej podstawy, jest półwyspem przyrostkowym: wyżynowa wyspa Dekanu zrosła się z lądem przez wypełnienie cieśniny osadami rzek, spływających z Himalajów.

Półwyspy odrostkowe są zwykle pod względem całej przyrody i budowy gruntu podobne do sąsiedniego lądu, którego dalszy ciąg stanowią. Tak np. półwysep Bałkański pod względem swej budowy jest w zachodniej części przedłużeniem Alp (Karstu), we wschodniej—Karpat. Półwyspy przyrostkowe różnią się zwykle od sąsiedniego lądu, szczególniej, gdy zrośnięcie nastąpiło niedawno; tak np. półwysep Pirenejski pod względem swej budowy i przyrody jest różny od reszty Europy. Półwysep Gargano („ostroga Włoskiego buta") nietylko pod względem swego systemu górskiego jest zupełnie odosobniony od Apeninów, ale jego fauna ślimacza jest różna od Apenińskiej: ślimaki bowiem rozchodzą się bardzo powoli i nie zdążyły jeszcze pomieszać się.

3. Wyspy.

Pod względem *położenia*—można wyspy podzielić na *nadbrzeżne,* blizko lądu leżące, i *oceaniczne,* leżące pośród oceanu; te ostatnie mają znaczenie jako stacje okrętów, odbywających dalekie drogi, oraz jako miejsca wygnania, gdyż trudno z nich uciec (np. wyspa św. Heleny: więzienie Napoleona i t. d.).

Wielkość wysp jest naturalnie rozmaita: od samotnej skały, sterczącej śród morza i służącej jedynie za odpoczynek dla ptaków morskich, dochodzimy w nieprzerwanym ros-

http://rcin.org.pl

nącym szeregu przez Borneo do Nowej Gwinei, mającej 0,8 miljona km. □; dalej następuje znaczna przerwa w szeregu, po której dochodzimy wprost do Grenlandji, mającej już przeszło 2 miljony km. □. Mimo jednak taki przeskok, różnica między tą największą wyspą, a najmniejszym lądem, Australją (8 miljonów km. □) jest jeszcze tak wielka, że w praktyce nie może być wątpliwości, co nazywać lądem a co wyspą.

Wyspy rozmaicie się *grupują:* pojedyńczo występują rzadko (np. św. Helena), zwykle występują *gromadnie:* albo jedna wielka wyspa znajduje się w towarzystwie drobnych, np. Madagaskar; albo występują parami np. Korsyka z Sardynją, dwie części Nowej Ziemi, Nowej Zelandji; albo tworzą *grupę wysp* t. j. śród kilku wysp blizko siebie leżących jedna przeważa znacznie nad innemi, np. grupa Malty, W. Brytanji, Szpicbergu; albo tworzą *łańcuch wysp*, zwykle wygięty łukowato „niby sznur pereł,“ np. liczne wyspy wschodnich wybrzeży Azji. Bezładne napozór nagromadzenie wysp rozmaitej wielkości zowie się *archipelagiem* np. Malajski (Wschodnio-Indyjski), Arktyczny, Grecki i t. d.

Pod względem *powstania*—wyspy dzielą się na *kontynentalne (lądowe)* i *pierwotne.*

a) *Wyspy kontynentalne* zostały oderwane od lądu przez zmianę poziomu lądu lub morza, albo przez erozję fal morskich. I tak np. Eubea, Kreta i wogóle wyspy Archipelagu Greckiego oderwały się przez zapadnięcie lądu, łączącego niegdyś półw. Bałkański z półw. Azji Mniejszej. Wielka Brytanja oderwała się zapewne wskutek erozyjnego działania fal w kanale La Manche, albowiem po obu stronach cieśniny Calais występują te same warstwy nienaruszone, a przypływy są tu wysokie, stąd działanie fal silne; w drugim miejscu z wysokiemi przypływami fale znacznie zwęziły przesmyk, łączący półwysep Nową Szkocję z lądem; zachodzi tu w naszych niejako oczach proces tworzenia się wyspy: gdy fale przetną przesmyk, półwysep stanie się wyspą.

Do wysp kontynentalnych należą wyspy na Baltyku: (Dago, Oesel, Rugja), wogóle wszystkie prawie wyspy Europy, Azji południowo-wschodniej; Cejlon, Madagaskar, Tasmanja;

http://rcin.org.pl

wyspy ciągnące się równolegle z wybrzeżem Australji od Nowej Gwinei do Nowej Zelandji i t. d.

b) *Wyspy pierwotne,* t. j. takie, które nigdy nie były lądem, lecz wynurzyły się z dna morskiego, dadzą się ze względu na czynnik, który wywołał wynurzenie, podzielić na *wulkaniczne* i *koralowe.*

aa. *Wyspy wulkaniczne* powstały w ten sposób, że na dnie morza ognisto-płynna masa wydobywała się z wnętrza ziemi wraz z popiołami i żuzlami, i tym sposobem podwyż-

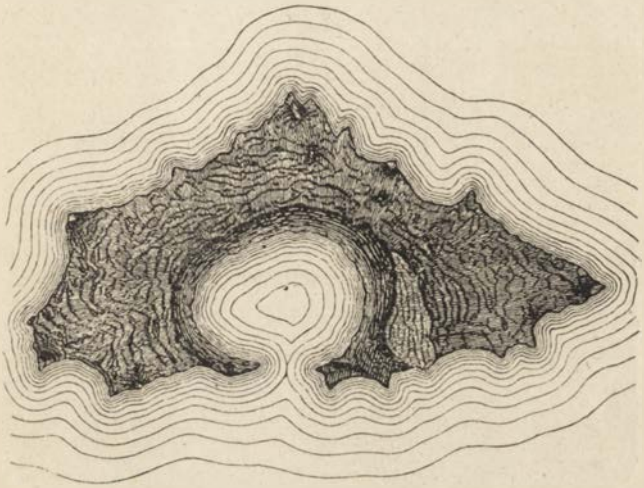


Fig. 43. Wyspa św. Pawła (plan).

szała dno aż nakoniec wynurzyło się ono z wody. Ponieważ wybuchy takie i po wynurzeniu się wyspy odbywały się zwykle dalej, więc wyspy wulkaniczne są zwykle wysokie i mają kształt mniej więcej stożkowy. Przykładem wysp wulkanicznych są w Europie wyspy Liparyjskie, wyspy w cieśninie Sycylijskiej (Pantellaria), w Afryce św. Helena, Ascension.

Często fale morskie burzą taką wyspę, dostają się do krateru, tworzą tam zatokę i nadają wyspie kształt sierpowaty (w rzucie poziomym) np. wyspa św. Pawła (fig. 43, 44).

Trzeba zwrócić uwagę, że nie każda wyspa, posiadająca wulkany, należy, według powyższego podziału do kategorji

http://rcin.org.pl.

wulkanicznych, lecz tylko taka, która *powstanie swe zawdzięcza działalności wulkanicznej*; tak np. Nipon, Jawa i inne wyspy posiadają wiele wulkanów, nie należą jednak do wulkanicznych, lecz do kontynentalnych, gdyż swój charakter wyspowy otrzymały wskutek oderwania od lądu.

bb. *Wyspy Koralowe* zostały zbudowane przez małe, morskie zwierzątka, zwane koralami, żyjące towarzysko w morzach ciepłych, a więc przeważnie zwrotnikowych i w nieznacznej głębokości; tylko tam gdzie płyną ciepłe prądy mor-

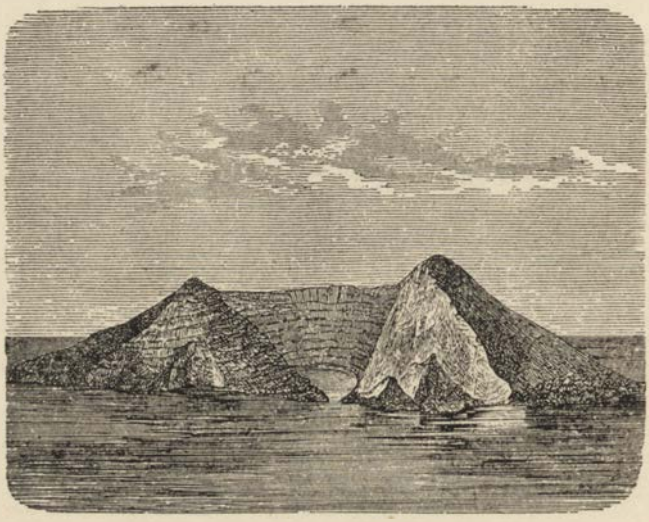


Fig. 44. Wyspa św. Pawła (widok).

skie, korale rozprzestrzeniają się poza zwrotniki. Zwierzątka te osiedlają się na mieliznach zwykle u wybrzeża lądu lub wyspy; umierając, pozostawiają ze swych szkieletów wał wapienny; na tym wale wzrasta nowe pokolenie, które znów wymiera i szkieletami swemi podwyższa wał i t. d. Tym sposobem wał dosięga z czasem powierzchni morza; wtedy fale narzucają nań okruchy korali oraz muł z rostarcia koralowego wapienia; wał wznosi się nieco nad powierzchnię wody i pokrywa roślinnością; wyspa jest gotowa i może się stać siedzibą człowieka.

Jeżeli wyspa koralowa ciągnie się jako wał wzdłuż wy-

http://rcin.org.pl

brzeża jakiejś wyspy lub lądu, to zwie się *rafą;* przytym, w razie gdy kanał, dzielący ją od lądu, jest wązki i płytki wyspa zowie się *rafą nadbrzeżną*, gdy zaś jest szeroki i głęboki — *rafą tamową*. Tak np. wielka rafa tamowa ciągnie się wzdłuż północnej części wschodniego wybrzeża Australji (dalej na południe jest za zimno dla korali), chroniąc je od falowania oceanu.

Rafy takie posiadają tu i owdzie przerwy, przez które okręty mogą wpływać do kanału; przerwy te leżą zwykle tam, gdzie mielizna podwodna ma spadek bardzo stromy, na którym nie mogły się osiedlić korale, lub naprzeciwko ujść rzek sąsiedniego lądu, gdyż korale nie mogą żyć w wodzie słodkiej.

Jeżeli zaś wyspa koralowa leży samodzielnie śród morza, to ma zwykle kształt pierścienia i zowie się *atollem;* atoll zawiera we środku jezioro, zwane *laguną*. W atollu znajdują się też przerwy, pozwalające okrętom wpływać na lagunę, która stanowi dla nich bezpieczne schronienie, albowiem posiada wodę spokojną, zasłoniętą wałem atolla od falowania morskiego. Wiele wysp Polinezji, jak Karolińskie i inne są atollami; toż samo Maledywy i Lakkadywy na oceanie Indyjskim.

Wyspy koralowe, zgodnie z naturą korali, znajdują się tylko w morzach zwrotnikowych (szczególniej w Polinezji, a jedynie wyjątkowo wzdłuż prądów ciepłych sięgają poza zwrotniki: najdalej wzdłuż Golfstromu do 32° szerokości (wyspy Bermudzkie). *)

Trzy różne formy wysp koralowych, rafa nadbrzeżna, tamowa i atoll znajdują się według hipotezy Darwina w gienetycznym związku: naprzód powstaje rafa nadbrzeżna, z tej przez obniżenie lądu (lub podniesienie morza) powstaje rafa tamowa, albowiem w miarę zalewu morza, kanał się rozszerza i pogłębia, a korale budują się wyżej znów do powierzchni morza; wreszcie z rafy tamowej przez dalszą zmianę poziomu powstaje atoll, mianowicie wtedy, gdy wyspa środkowa, dokoła której korale zaczęły budować rafę, zniknie

---

*) Zresztą w ostatnich czasach niektórzy kwestjonują koralowe pochodzenie wysp Bermudzkich.

http://rcin.org.pl

pod wodą. Tym sposobem atolle są to grobowe pomniki wysp zatopionych. Proces ten uzmysławia figura 45.

Ażeby tę hipotezę stwierdzić, trzebaby: 1) określić ściśle maksymalną granicę głębokości, w której mogą jeszcze żyć korale, co nie jest dotąd zupełnie pewne (80^m?); 2) przekonać się zapomocą wiercenia, że budowy koralowe mają znaczną grubość, mianowicie, że sięgają o wiele głębiej pod poziomem morza, aniżeli korale żywe egzystować mogą, bo to dowodziłoby niewątpliwie obniżenia dna (lub podniesienia poziomu morza) i to wtedy tylko, gdybyśmy byli pewni, że wydobyty z głębi wapień koralowy jest skałą rodzimą, przez

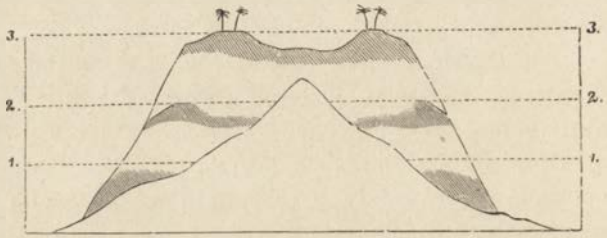


Fig. 45. 1. Rafa nadbrzeżna. 2. Rafa tamowa. 3. Atoll.

obecnie żyjące korale zbudowaną, a nie zlepieńcem z okruchów, które się mogły stoczyć po pochyłości mielizny do znaczniejszej głębiny lub też skałą koralową starszą, trzeciorzędową. W r. 1898 świder sięgnął przeszło 300 m., nie dostawszy dna rafy.

Zdaje się to stwierdzać teorję Darwina przynajmniej w danym wypadku i to jeżeli głębiej leżące skały nie są trzeciorzędowe. Zresztą jakkolwiek możliwą jest rzeczą, że atolle powstały w sposób wyżej opisany, jako końcowe stadjum budowy, to jednak w nowszych czasach obserwowano też atolle powstające bez stadjów poprzednich — odrazu jako atolle śród morza, przez osiedlenie się korali dokoła mielizny.

Należy zwrócić uwagę, aby nie mieszać podziału na wyspy nadbrzeżne i oceaniczne z podziałem na lądowe i pierwotne: pierwszy podział opiera się na stosunkach położenia (sytuacji), drugi na stosunkach powstania (gienezy); to też z jednej strony może być wyspa nadbrzeżna pierwotna, gdy

http://rcin.org.pl

np. wybuchy podwodne utworzą wyspę w pobliżu lądu (np. wyżej wymienione wulkaniczne koło półwyspu Apenińskiego), a z drugiej, gdy nastąpi wielki zalew lądu przez morze, to część wyższa lądu zalanego, pozostawszy nad wodą, może się znaleźć bardzo daleko od reszty lądu, stać się wyspą kontynentalną oceaniczną (np. Nowa Zelandja).

4. Flora i fauna wysp.

Ważnym zjawiskiem wyspowym jest flora i fauna, gdyż ona w znacznym stopniu zależy od tego, w jaki sposób wyspy powstały, a stąd może nam dać wskazówkę, do jakiej kategorji daną wyspę zaliczyć.

Wyspa lądowa, jeżeli oderwała się niedawno, musi mieć florę i faunę taką samą jak ląd sąsiedni; jeżeli jednak wyspa oderwała się bardzo dawno, to z jednej strony wielu gatunków może na wyspie brakować, bo jeżeli wskutek jakiejś katastrofy, np. wyjątkowo mroźnej zimy, powodzi, suszy, wybuchu wulkanu i t. d. gatunek pewien na wyspie zaginął lub został wytępiony przez inny, a nie umie ani latać, ani pływać, i to w wodzie morskiej, to już nie zawędruje na wyspę z lądu. Tak np. Wielka Brytanja ma taką samą florę i faunę jak sąsiedni ląd Europy, ale nie posiada wilka, gdyż ten został wytępiony przez człowieka. Przytym ponieważ w epoce lodowej flora i fauna W. Brytanji została zniszczona lub odepchnięta na południe przez pokrywę lodową, tak iż obecna flora i fauna zawędrowała z południa dopiero po ustąpieniu lodów, więc możemy nawet określić czas oderwania się tej wyspy; mianowicie musiała się ona oderwać już po epoce lodowej i to dość późno, gdyż inaczej wiele organizmów nie mogłoby lub nie miało czasu zawędrować tu, cieśnina przecięłaby im drogę (jak to uczyniła cieśnina Magellana: albowiem wielu zwierząt patagońskich niema na ziemi Ognistej).

Jeżeli na wyspach oderwanych, jak wspomnieliśmy, brak niektórych organizmów, znajdujących się współcześnie na sąsiednim lądzie, to z drugiej strony stare wyspy oderwane posiadają nieraz gatunki, których niema współcześnie na są-

http://rcin.org.pl

siednim lądzie, ale które tam żyły w dawniejszych epokach gieologicznych. Pochodzi to stąd, że wyspy te oderwały się w owym czasie, gdy organizmy pomienione żyły jeszcze na lądzie, więc znalazły się i na wyspie; ale po oderwaniu — obie części, wyspa i ląd zaczęły życie odmienne: na obszerniejszym lądzie, gdzie walka o byt z powodu obszerniejszego pola walki, odbywa się z większą energją, organizmy owe wyginęły, ustępując miejsca wyższym, silniejszym; na wyspie zaś, gdzie walka o byt odbywa się ospale, dawne gatunki, wymarłe na lądzie, pozostały jako „żyjące skamieniałości."

Takie istnienie pewnych organizmów, których niema gdzieindziej, zowie się *endemizmem*.

Przykładem Australja, która względem Azji jest wyspą oderwaną; posiada ona kangury, których niema w Azji, lecz które tam żyły w epoce mesozoicznej; nie posiada zaś wielkich zwierząt drapieżnych i kopytnych, które się rozwinęły w epoce trzeciorzędowej; musiało więc oderwanie nastąpić we wczesnym trzeciorzędzie.

Wyspy pierwotne są ubogie we florę, a szczególniej w faunę, albowiem w chwili swego powstania t. j. wynurzenia się z dna morskiego, były one naturalnie zupełnie martwe, nagie; z czasem dopiero mogły się ożywić, o ile jakieś nasiona lub zwierzęta dostały się tam przypadkiem (nasiona przeniesione przez wiatr lub w żołądkach, na pierzach i zabłoconych łapach ptaków, zwierzęta na płynących kłodach drzew i t. p.).

Szczególniej ubogiemi są wyspy pierwotne w zwierzęta ssące, bo te nie mogą zwykle przepływać przez morze, ani też przelatywać przez powietrze jak ptaki (z wyjątkiem nietoperzy). Jeżeli jednak wyspa pierwotna leży blizko lądu, i kiedyś nastąpiło choćby chwilowe z nim połączenie, to może ona otrzymać organizmy lądowe, stać się podobną pod tym względem do wyspy oderwanej. Odwrotnie: wyspa oderwana może wskutek ogólnej jakiejś katastrofy stać się równie ubogą jak wyspa pierwotna.

Stąd widać że we wnioskach opartych na podstawie organizmów trzeba zachować wielką ostrożność.

http://rcin.org.pl

5. Linja brzegowa, brzeg, wybrzeże.

Linja, wzdłuż której ląd (lub wyspa) styka się z wodą, albo właściwiej—zanurza się pod wodę, zowie się *linją brzegową*. Linja ta ulega ciągłemu wahaniu pod wpływem słabszego lub silniejszego falowania, oraz przypływów i odpływów: ten wązki, nizki pas, to zalewany, to obnażany, zowie się *brzegiem (Strand)*.

a) *Kształt linji brzegowej* zależy poczęści od plastyki lądu, poczęści od sił, działających na granicy między morzem i lądem, jak fale morskie, rzeki, przynoszące napływy i t. d. Kształt ten może być albo *jednostajny* albo *urozmaicony (rozwinięty)*.

Kształt jednostajny występuje przeważnie tam, gdzie plastyka lądu jest też jednostajna lub gdzie świeże osady zamuliwszy zatoki, wyrównały pierwotne nierówności linji. Przykład jednostajnej linji brzegowej przedstawiają trzy południowe części świata; przykład urozmaiconej—trzy północne części świata, szczególniej Europa (a tu znów Grecya i W. Brytania). Czasem urozmaicenie jest tak silne, że obszar zatok przeważa nad obszarem dzielących je półwyspów; taki kształt można nazwać *poszarpanym*, np. Peloponez, zachodnia W. Brytanja, Rugja, Celebes i podobna doń Halmahera.

Urozmaicenie linji brzegowej jest korzystne dla kraju, albowiem ułatwia okrętom dostęp do wnętrza lądu. Naturalnie, iż przytym ważną jest rzeczą, czy morze sąsiednie jest dogodne do żeglugi (nie jest płytkie, nie zamarza).

Linja brzegowa, opasująca liczne półwyspy i zatoki, jest naturalnie urozmaicona, a kraj z taką linją brzegową zowie się *rozczłonkowanym* lub *rozgałęzionym*. Półwyspy są *rozczłonkowaniami, członkami* lub *rozgałęzieniami, gałęziami*. (W obszerniejszym pojęciu do rozczłonkowań zaliczają się i wyspy sąsiednie). Część zaś kraju wewnętrzna, w którą morze nie wkracza, zowie się *kadłubem*, *korpusem* lub *pniem lądowym*.

Wielkość urozmaicenia, *rozwinięcie* linji brzegowej starano się *wyrazić liczebnie*. Początkowo dzielono obszar (liczbę mil lub kilometrów kwadratowych) przez długość linji brze-

http://rcin.org.pl

gowej (w milach lub kilometrach) i liczbę tym sposobem otrzymaną uważano jako *wyraz rozwinięcia linji brzegowej*. Metodzie tej zarzucono, iż porównywa ona powierzchnię z długością, a więc ilości różnorodne, oraz, że wyrażenie to dla krajów (figur) *jednakowego kształtu* wypada *różne*, jeżeli wielkość ich jest różna; że więc nie jest wyrazem stopnia urozmaicenia, rozwinięcia.

Co do pierwszego, to zarzut ten byłby wtedy tylko słuszny, gdyby tu chodziło o porównanie, stosunek, liczbę oderwaną, która się otrzymuje rzeczywiście tylko przez dzielenie ilości jednego gatunku; tymczasem tutaj chodzi nie o liczbę oderwaną lecz o konkretną; mianowicie o odpowiedź na pytanie: ile mil lub kilometrów kwadratowych danego kraju przypada na 1 milę lub 1 kilometr brzegu. Takie postawienie kwestji jest zupełnie prawidłowe (podobnie jak np. ilu mieszkańców przypada na 1 milę kwadratową). Prawdziwym jest tylko drugi zarzut, że tu dla figur jednego kształtu, lecz różnej wielkości, liczby wypadają różne. Zarzut ten jednak dowodzi tylko, że liczby w ten sposób otrzymane nie mogą wyrażać kształtu kraju czyli rozwinięcia, ale nie—że są wogóle nieużyteczne, bezsensowne; owszem są one użyteczne, jako wyrażające *dostępność kraju,* która zależy nietylko od urozmaicenia brzegów, czyli od kształtu kraju, ale i od wielkości jego: przy tym samym kształcie kraj jest naturalnie tym dostępniejszy, im jest mniejszy. Najkorzystniejszą liczbę (1 km. brzegu na 288 km.^{2}) ze wszystkich części świata posiada Europa, bo jest ona i bardzo urozmaicona i bardzo mała.

Jeden tylko zarzut, który możnaby zrobić tej metodzie, jest zupełnie słuszny, ale nie zasadniczy; ten mianowicie, że obliczenie długości linii brzegowej jest niepewne: im mapa posiada większą skalę, im więc drobniejsze załamy brzegu będą na niej uwzględnione, tym pomiar da liczby większe.

W ostatnich czasach wymyślono inny sposób wyrażania dostępności kraju, mianowicie przez prowadzenie *linii jednakowej odległości od morza (aequidistanty)*, co 600 km.

Z mapy tej widać również, że Europa jest najdostępniejsza, albowiem cały prawie jej obszar leży bliżej morza niż na 600 km.: linia 600 km. wkracza tylko nieznacznie do

http://rcin.org.pl

Fig. 46. Aequidistanty.

Europy wschodniej z Azji, wązkim językiem, przedłużonym tylko przez „wysepkę" w okolicach Lwowa, który tym sposobem ma najbardziej kontynentalne położenie w Europie, na równi z jej krańcem wschodnim. Natomiast Azja z wielkim pniem lądowym — jest, mimo rozczłonkowania, najniedostępniejsza, albowiem znaczny obszar jej wnętrza jest objęty linją 1800 kilometrową, której nie spotykamy w innych częściach świata, choć mniej rozczłonkowanych niż Azja (fig. 46).

Za pomocą tych linji obliczono dla każdej części świata *średnią odległość od brzegu*, a mianowicie:

Europa	340	km.
Australja	350	„
Ameryka Północna. . .	470	„

http://rcin.org.pl

Ameryka Południowa . .	550	km.
Afryka.	670	„
Azja	780	„

Widzimy stąd, że, pod względem dostępności, zaraz po Europie idzie jednostajna, ale mała, Australja, podczas gdy urozmaicona, ale bardzo wielka, Azja zajmuje miejsce ostatnie.

Dla liczebnego wyrażenia urozmaicenia, kształtu, trzeba więc innego sposobu; szukano go w porównaniu obszaru członków do obszaru kadłuba. Sposób ten, teoretycznie dobry, w praktyce jest prawie bezwartościowy, ponieważ często nie można określić ściśle granicy rozczłonkowania od pnia; nie wiadomo dokładnie — wzdłuż jakich linji odcinać członki.

Drugim sposobem jest porównanie długości linji brzegowej nie z powierzchnią, jak wyżej, lecz z pierwiastkiem powierzchni: liczba stąd otrzymana jest ilością stałą dla figury danego kształtu, bez względu na jej wielkość, albowiem powierzchnie (P i p) figur podobnych mają się jak kwadraty z obwodów (O i o), a więc:

$$P : p = O^2 : o^2$$

czyli $\sqrt{P} : \sqrt{p} = O : o$

albo $\sqrt{P} : O = \sqrt{p} : o$

czyli $\dfrac{O}{\sqrt{P}} = \dfrac{o}{\sqrt{p}}$

Stąd widzimy, że stosunek obwodu do pierwiastku z powierzchni dla wszystkich figur jednakowego kształtu jest jednakowy.

Weźmy dla przykładu dwa kwadraty A i a, których boki są 4 i 2 (fig. 47).

Dla A $O = 16$ dla a $o = 8$

$P = 16$ $p = 4$

Dostępność $= \frac{16}{16} = 1$ Dostępność $\frac{8}{4} = 2$

Rozwinięcie $= \frac{16}{\sqrt{16}} = \frac{16}{4} = 4$ Rozwin. $\frac{8}{\sqrt{4}} = \frac{8}{2} = 4$

b) *Wybrzeże* lub *pobrzeże* nie jest to linja graniczna między lądem i wodą, lecz pewien *pas graniczny,* pochyłość, za pomocą której ląd zstępuje ku głębinom morskim. Pas

http://rcin.org.pl

ten składa się z dwóch części: nadwodnej i podwodnej (mielizny nadbrzeżnej); obie te części są na wysokości średniego

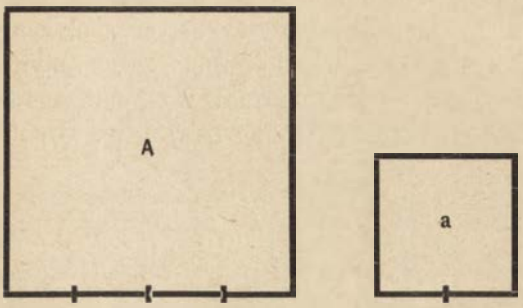


Fig. 47.

poziomu morza rozdzielone tarasem, platformą, bardzo lekko ku morzu pochyloną; jest to właściwy *brzeg* (*Strand*) (fig. 48). Na tej platformie linja brzegowa, jak wspomnieliśmy, przesuwa się, waha stosownie do wysokości morza, zmieniającej się wskutek przypływów i falowania; pas ten jest tym szerszy, im przypływy są wyższe.

Fig. 48.

m — poziom morza w czasie odpływu,
m¹ „ przypływu,

Część nadwodna wybrzeża może być albo *stroma* (zwykle skalista) fig. 48, albo *łagodna* fig. 49.

Fig. 49.

Kształty te nie zależą od wysokości wybrzeża; owszem przy wybrzeżach bardzo wysokich morze nie jest w stanie uprzątnąć masy podmytego i spadłego do wody materjału

http://rcin.org.pl

i wskutek tego powstaje pochyłość łagodna; natomiast wybrzeża nizin bywają często strome, np. Normandji (falaises), Estonji (Klint), Sambji i t. d. ob. fig. 50.

Na wybrzeżach stromych, skalistych spotykamy często. gromadnie występujące, wązkie i długie zatoki, płytsze u wyjścia niż we środku, zwane *fjordami*. Występują one na zachodnich wybrzeżach półwyspu Skandynawskiego, Grenlandji, Pa-

Fig. 50. Wybrzeże strome pod Sydneyem.

tagonji; wogóle w wyższych szerokościach gieograficznych, w okolicach, które w epoce lodowej były pokryte skorupą lodową. Gienetycznie biorąc, fjordy są to, zalane przez morze, doliny rzeczne i jeziorne, które przez długie pokrycie lodowcowe zostały uchronione od zamulenia osadami rzek; tymbardziej, że wpadające do fjordów rzeki przepływają zwykle jeziora (liczne na obszarach dawnego zlodowacenia), które zabierają rzece osady i tym sposobem chronią fjord od zamulenia. Mielizny u wyjścia są albo utworzone przez końcową

http://rcin.org.pl

morenę dawnego lodowca, albo skaliste, stanowią ślad pierwotnego jeziornego ukształtowania doliny. Niekiedy dwa przeciwległe fjordy łączą się ze sobą i wtedy powstaje cieśnina fjordowa (Nowa Ziemia, cieśnina Magellana).

Podobne nieco do fjordów, lecz znacznie krótsze i nieposiadające mielizn u wyjścia, są tak zwane *riasy*; są to zalane przez morze doliny gór nadbrzeżnych; występują one w Galicji hiszpańskiej, Bretanji, na wschodnich wybrzeżach Chin (ku południowi od ujścia Jang-tse-kjangu). W swem rozprzestrzenieniu nie są one ograniczone do wyższych szerokości.

Na wybrzeżach wapiennych, gdzie rzeki unoszą mało mułu (wapień, jak wiadomo, rozpuszcza się w wodzie), zachodzi podobnie ochronny warunek jak lodowce i jeziora przy fjordach; dlatego riasy takich wybrzeży przyjmują formę wydłużoną, stają się podobne do fjordów (np. Wybrzeże Dalmacji: zatoka Cattaro). Z drugiej strony fjordy przez zamulenie ich początku ulegają skróceniu i zbliżają się do formy riasowej.

Na wybrzeżach nizkich fale morskie, wyrzucając piasek, budują wał nadbrzeżny (fig. 49), który po osuszeniu, unoszony przez wiatr, tworzy również wały, zwane *wydmami* lub *diunami*: wały te wędrują ku wnętrzu lądu (gdy panujące wiatry wieją od morza), zasypują pola i mieszkania ludzkie. Przykładem — południowe wybrzeża Baltyku, morza Niemieckiego, zachodniej Francji, na południe ujścia Garonny (tak zwane *Landy)*. Mieszkańcy nadbrzeżni starają się walczyć z diunami przez zasiewanie i sadzenie roślin, udających się na piaskach; tym sposobem np. znaczna część Landów została zmieniona w lasy sosnowe.

Wały piasczyste, osadzone przez morze na wybrzeżach nizkich, często oddzielają całkowicie lub częściowo zatoki od morza, wyrównywając tym sposobem nierówną pierwotnie linję wybrzeża. Takie oddzielone zatoki zowią się *haffami* (np. na południowym brzegu Baltyku: Kurońska, Fryska), *lagunami* (np. Wenecka), *limanami* (nad morzem Czarnym, np. liman Dniepru, Bohu, Dniestru); wązkie zaś pasy ziemi, oddzielające te zatoki, zowią się *mierzejami* lub *przesypami* (Neh-

http://rcin.org.pl

rung, lido, peresyp). Zatoka Gdańska ze swą krótką mierzeją (Pucką) jest haffem niedokończonym.

Odpowiednio do powyższych charakterystycznych zjawisk, napotykanych na wybrzeżach, mówimy o *wybrzeżach fjordowych*, *riasowych*, *diunowych*, *lagunowych* i t. d.

Ze względu na *kierunek gór sąsiednich,* wybrzeża można *podzielić* na *podłużne*, *poprzeczne* i *obojętne (neutralne);* stosownie do tego czy wybrzeże biegnie zgodnie czy niezgodnie z sąsiedniemi górami, lub gdy gór niema w pobliżu. Do pierwszych należą zachodnie wybrzeża Ameryki, zachodnie — półwyspu Bałkańskiego, północne — półwyspu Pirenejskiego. Do drugich — wspomniane wyżej riasowe wybrzeże Chin. Do trzecich — południowe wybrzeże Baltyku i morza Niemieckiego.

Najobfitsze w zatoki i najdostępniejsze są zwykle wybrzeża poprzeczne.

II) Zmiany linji brzegowej.

Granica między lądem i wodą ulega nietylko wahaniom chwilowym, jak to wyżej było wspomniane, ale zmienia się też wciągu długich okresów czasu w tym lub owym kierunku. Można się o tem przekonać zapomocą porównania dawnych map z nowemi; z tradycji mieszkańców nadbrzeżnych, którzy nieraz orzą w tych miejscach, gdzie ich dziadowie łowili ryby; stąd, że dawne miasta portowe leżą obecnie zdala od morza (Ravenna) lub odwrotnie—dawne budowle leżą pod wodą i t. p.

Zmiany te mogą być dwojakie: albo ląd przyrasta ze szkodą morza, albo morze ze szkodą lądu; t. j. linja brzegowa albo posuwa się ku morzu, albo — ku lądowi; pierwszą zmianę nazywamy *negatywną*, drugą *pozytywną*. Ta ostatnia, jak wiemy bywa połączona z abrazyą (str. 38), choć nie zawsze: gdy falowanie morza jest słabe lub gdy zalew odbywa się szybko, to fale mogą nie zgładzić nierówności lądowych, lecz wypełniają zagłębienia, pozostawiając wyniosłości, jako wyspy i półwyspy (np. wybrzeża Dalmacji).

Co do *przyczyn* zmiany linji brzegowej, to mogą one być najrozmaitsze; można jednak ująć je w dwie główne grupy: do pierwszej należy *mechaniczna działalność fal morskich*, do drugiej *zmiana poziomu* (lądu lub morza).

http://rcin.org.pl

Fale morskie na wybrzeżach stromych działają, jak wiadomo, burząco (abrazja ob. str. 38); tym sposobem linja brzegowa cofa się ku lądowi: morze zalewa ląd. Na wybrzeżach nizkich, łagodnych odwrotnie: fale działają budowniczo: osadzają piasek i muł (fig. 49), wybrzeże przyrasta, linja brzegowa posuwa się w morze. Oprócz tego zmiana poziomu, lądu lub morza musi też wywołać przesunięcie linji brzegowej: podniesienie lądu lub obniżenie morza wywołuje negatywną zmianę linji brzegowej; obniżenie lądu lub podniesienie morza — zmianę pozytywną.

Że w danym wypadku zmiany linji brzegowej zachodzi nie prosty mechanizm działania morza, lecz zmiana poziomu, to możemy się przekonać ze śladów dawnego sięgania morza powyżej najdalszego sięgania fal dzisiejszych (zmiana negatywna) lub z oznak lądowych pod obecnym poziomem morza (zmiana pozytywna).

Do pierwszych należą *tarasy nadbrzeżne*, wybite przez fale, a leżące powyżej ich dzisiejszego sięgania (na zachodnich wybrzeżach Norwegji, w Grenlandji (fig. 51) i t. d., wogóle często na wybrzeżach dawnego zlodowacenia), oraz, równie wysoko napotykane, muszle i korale, żyjące obecnie w sąsiednim morzu (chodzi tu bowiem na teraz o zmiany obecne, a nie o zmiany gieologiczne, o których nam mówi już samo istnienie skał osadowych morskich na lądzie).

Do drugich oznak, to jest do oznak zmiany pozytywnej, należą ślady budowli ludzkich (nieportowych), oraz roślinności lądowej (torfowiska, lasy) i osady wód słodkich, napotykane bądź bezpośrednio pod wodą morską, bądź na lądzie poniżej poziomu morza (w kopalniach lub otworach świdrowych).

Zresztą znaki te nie są zupełnie pewne, gdyż mogły się znaleźć na dnie morza nie wskutek zmiany poziomu lądu lub wody, lecz wskutek ześlizgnięcia się do morza warstw nadbrzeżnych wraz z roślinnością.

Po przekonaniu się, że zachodzi zmiana poziomu, powstaje pytanie, *co się zmienia, ląd czy woda; czy nawet oba elementy razem.* Jeżeli i to rozstrzygniemy, powstaje pytanie, *jaka przyczyna, jaka siła, sprowadza zmianę jednego lub drugiego.* I tak: podnoszenie się lub obniżanie lądu może po-

http://rcin.org.pl

chodzić, jak wiadomo, od działania sił wewnętrznych, powstających przy kurczeniu się ziemi wskutek oziębiania; lecz mogą być i inne przyczyny, zewnętrzne, — i tak np. kraje, które niegdyś leżały pod pokrywą lodową, po stopnieniu jej uwolniły się od wielkiego ciężaru, a przytem od oziębienia, wskutek tego musiały się podnieść; taka zdaje się być przyczyna napotykanych tarasów nadbrzeżnych w krajach dawnego zlodowacenia

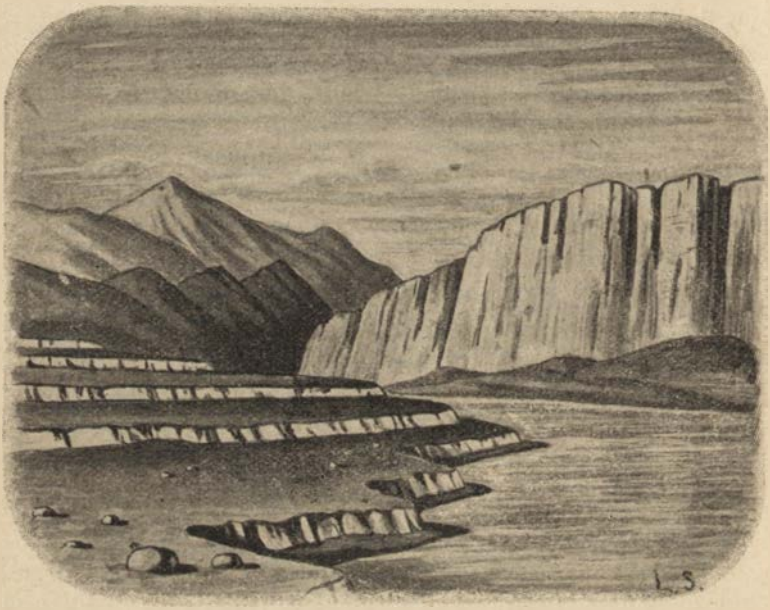


Fig. 51. Tarasy nadbrzeżne Grenlandji.

(ob. wyżej). Kraje znów, utworzone ze świeżych pulchnych napływów, mogą się obniżać wskutek ściskania się i obsiadania tych napływów pod własnym ciężarem, np. delta Po, Holandja.

Podnoszenie się lub obniżanie morza może pochodzić 1) od zmian w ilości wody, a te znów mogą pochodzić od różnych przyczyn np. od zmian klimatycznych, szczególniej od zgromadzenia znacznej ilości wód ziemskich w postaci lodu (epoka lodowa); 2) od zmian położenia dna, a te znów—albo od jego ruchów, albo od gromadzenia się napływów, które

http://rcin.org.pl

wypychają wodę; 3) od zmian przyciągania, które ląd wywiera na wodę: im większe masy lądowe przypierają do morza, tym większe wywierają przyciąganie na wodę, która lokalnie (miejscowo) wznosi swój poziom ku brzegowi; siła tego przyciągania zmienia się wskutek zmian, zachodzących na lądzie, (wznoszenie się gór, wylewy mas wulkanicznych, spłókiwanie), zmiany te muszą się odbijać w lokalnych zmianach wysokości morza. 4) Wreszcie zmiany szybkości wirowania ziemi, które, choć niezaobserwowane, są jednak możliwe, muszą wywoływać zmiany w poziomie morza. Od wirowania bowiem zależy kształt powierzchni morza, spłaszczenie pod biegunami, wydęcie pod równikiem; zwiększenie szybkości wirowania wywołałoby silniejsze spłaszczenie, obniżenie morza u biegunów, wzniesienie pod równikiem; zmniejszenie zaś szybkości wirowania sprowadziłoby zmiany odwrotne.

Z powyższego widzimy, że, proste na pozór zjawisko zmian linji brzegowej jest, ze względu na przyczyny, nadzwyczaj złożone, zawikłane i w każdym danym wypadku zwykle trudne do zbadania.

III) Pionowe ukształtowanie lądu.

Ukształtowanie pionowe lądu, to jest jego stosunki wysokości nad poziomem morza *(stosunki hipsometryczne)* i stosunki kształtu powierzchni (*stosunki orograficzne, plastyka)*, zależą, jak wiadomo, od stosunków między działaniem sił wewnętrznych (warunkujących tektonikę) i działaniem sił zewnętrznych, tak burzących (erozya, denudacja), jak budujących (akumulacja): siły wewnętrzne wywołują nierówności, siły zewnętrzne mogą tylko w pewnej fazie wywoływać nierówności (erozja), w ostateczności jednak dążą do wyrównania i zniżenia (denudacja).

Oba, wyżej wymienione, elementy ukształtowania pionowego: wysokość i kształt powierzchni, znajdują się ze sobą w pewnej, lubo nie ścisłej, zależności: kraje nizkie mają jednostajny kształt powierzchni (gdyż z powodu nieznacznej wysokości nie mogą posiadać znacznych różnic wysokości, t. j. znacznego urozmaicenia plastyki); kraje zaś wysokie mogą

http://rcin.org.pl

mieć urozmaicony kształt powierzchni, lecz mogą też być jednostajne. Mianowicie, gdy nie zostały urozmaicone, ani przez dyslokacje warstw, ani przez wody płynące, a to bądź z powodu suchości klimatu lub przepuszczalności skał, bądź też stąd, że poziom, ku któremu zdążają wody, leży wysoko (jezioro zamknięte). Tak np. w suchej Azji środkowej, kraje z jeziorami zamkniętemi, bardzo wysoko leżące, są równinami.

Ze względu na kształt powierzchni, plastykę — rozróżniamy obszary *równe* albo *równinowe (równiny)* i *nierówne* albo *górzyste (góry i doliny);* ze względu zaś na wysokość — obszary *wysokie i nizkie* (jako granicę między niemi przyjmują zwykle 200 m. wysokości).

Kombinując te dwa podziały, orograficzny i hipsometryczny, otrzymuje się, jak to zaraz zobaczymy, wszystkie typy ukształtowania pionowego.

Obszary równe czyli równiny, gdy są wysokie, zowią się *wyżynami,* gdy nizkie — *nizinami.*

W razie zniżenia pod poziom morza—obszary nizkie przyjmują nazwę *depresji.* Oprócz znanych już głównych depresji (morza Martwego, Kaspijskiego, Szottów, Kalifornijskiej) odkryto w ostatnich czasach dwie nowe: depresyę Lukczuńską na południe Tian-Szanu, oraz depresję jeziora Eyre. Wiele depresji jest ukrytych przed naszemi oczami, gdyż zalewają je głębokie jeziora (np. Bajkał); są to *kryptodepresje.*

Jakkolwiek warunkiem formy równinowej są nieznaczne różnice wysokości punktów sąsiednich, to jednak przy wielkiej rozciągłości równin—punkty krańcowe, bardzo oddalone, mogą przedstawiać znaczne różnice wysokości, tak, iż równina może bardzo odbiegać od położenia *poziomego*, przedstawiać wielką *pochyłość.*

Obszary nierówne, górzyste, gdy są wysokie, stanowią *góry,* gdy nizkie—*pagórki.* Kraje górzyste składają się przytym z wyniosłości, t. j. *właściwych gór*, i dzielących je zagłębień czyli *dolin.*

Zresztą te ostatnie mogą występować i śród równin, lecz niezbyt gęsto; w przeciwnym bowiem razie, t. j. gdy nagromadzi się ich tyle, że dzielące je wyniosłości nie są zbyt

http://rcin.org.pl

obszerne, gdy nastaje pewna równowaga między zagłębieniami i wyniosłościami, to kraj traci już charakter równinowy i nabiera górzystego.

Zajmiemy się teraz każdym z powyższych typów, tak co do jego kształtów (morfologji), jak i pochodzenia (gienezy).

1. Równiny.

Równiny albo *płaszczyzny* nigdy naturalnie nie są równe, płaskie w pojęciu matematycznym, a rzadko nawet w fizycznym, t. j rzadko nawet na oko przedstawiają się zupełnie równemi; zwykle posiadają nierówności łagodne, faliste; mogą nawet posiadać głębokie doliny i znaczne wzniesienia, jeżeli tylko ani jedne, ani drugie nie gromadzą się blizko siebie i w znacznej ilości, lecz występują rzadko rozrzucone; np. wyżyna Podolska, poprzerzynana głębokiemi, lecz rzadkiemi, jarami, nie traci charakteru równiny.

Krajobrazowy charakter różnych *równin* zależy jednak nie tyle od kształtu powierzchni, który jest wszędzie mniej więcej jednostajny, ile od szaty roślinnej: ubogiej *(pustynie),* trawiastej *(stepy),* drzewnej *(równiny leśne),* mieszanej, parkowej *(sawanny)*, lub uprawnej *(równiny rolne).*

Równiny wyższe zstępują ku niższym albo łagodnie, niepostrzeżenie (tak, iż przyjęta granica 200 m., między wyżyną i niziną nie ujawnia się w naturze niczem; np. równiny Mississippi i Amazonki tak łagodnie wznoszą się ku zachodowi ku Kordyljerom), albo też mniej więcej nagłemi spadkami, nakształt schodów czyli *tarasami*, albo *upłazami* (np. południowe wybrzeże Afryki: wyżyna Oranje i taras Karroo).

Pod względem *pochodzenia*, równiny można podzielić na *równiny akumulacji* (zbudowania) i równiny *denudacji* (zburzenia).

a) *Równiny akumulacji (zbudowania)* powstają z równego nagromadzenia materjału; jeżeli nagromadzenie nie jest zbyt grube, a podkład był nierówny, to tu i owdzie wysterczają szczyty jego ponad ogólny poziom równiny. Stosownie do czynnika, wywołującego to nagromadzenie, równiny akumulacji dzielą się na kilka gatunków, jako to:

http://rcin.org.pl

1). *Równiny akumulacyi wodnej* czyli *równiny nwarstwienia* (*tektoniczne*), któremi są kraje osadowe, nie uległe dyslokacji, ani też zbyt gęstej i głębokiej erozji, a więc przeważnie kraje młode (ale nie zawsze, np. stara równina Europy wschodniej).

Naturalnie, że główne miejsce zajmują tu równiny pochodzenia morskiego; równiny powstałe z osadów jeziornych i rzecznych są stosunkowo nieznaczne. Do największych równin akumulacji rzecznej należy nizina Węgierska, nizina Po, Gangesu, wyższego Renu, jak tego dowiodły przedsiębrane w nich wiercenia, które ze znacznych głębokości wydostały tylko osady rzeczne; tu należą też delty. Do równin jeziornych należą np. Tessalja, Aragonja.

2). *Równiny wypełnienia wietrzanego,* które powstały przez wypełnienie nierówności osadami, naniesionemi przez wiatr, a więc piaskiem i lössem (równiny Azji środkowej).

3) *Równiny wylewu wulkanicznego*, gdy nierówności zostały pokryte przez wylew rzadkiej lawy, która zastygła, np. pola lawy w Islandji, zwane *hraun*.

4). *Równiny pokrycia lodowego* zajmowały w epoce lodowej wielkie przestrzenie, dziś obszerniejsze są tylko na lądzie Antarktycznym i na Grenlandji; sterczące ponad powierzchnią lodową szczyty pogrzebanych gór — zowią się w Grenlandji *nunatakar*.

5). *Równiny pokrycia morenowego:* na obszarach dawnego zlodowacenia lodowce, topniejąc, osadzały moreny, które przy znacznej grubości mogły wyrównać nierówność podstawy. Do takich równin należy np. Baltyckie pojezierze.

b) *Równiny denudacji (zburzenia).* Równiny denudacji powstają wskutek albo zmycia, albo ścięcia, zestrychowania (podmycia) pierwiastkowych nierówności; ślady tych pierwiastkowych wyniosłości, zwłaszcza gdy były z twardych skał, pozostały w mniejszym lub większym stopniu tak, iż często trudno rozstrzygnąć, czy mamy przed sobą równinę (wyżynę), czy krainę górzystą. Do takich równin należy wyżyna Łupkowa Reńska i wyżyna Skandynawska, czy też góry Łupkowe Reńskie i góry Skandynawskie. (Góry takie, z niewielkiemi

http://rcin.org.pl

różnicami wysokości, złożone z twardych krystalicznych skał, zowią się *masowemi*).

Stosownie do czynnika, który wywołał to wyrównywające zburzenie, równiny denudacji dzielą się na dwa rodzaje: *równiny zmycia*, gdy całe góry wskutek spłókania przez wody płynące „wygasają"i tylko miejsca z twardemi skałami tworzą nizkie wypukłości śród ogólnej równiny; i *równiny podmycia*, gdy góry zostały podmyte i zwaliły się w wodę, która je uniosła. Równiny podmycia, prócz niewielkich równin nadrzecznych, które powstały przez podmycie brzegów rzeki (erozję boczną), powstają wskutek podmywającego działania fal morskich na brzeg, które mogą sięgnąć daleko wgłąb kraju, gdy równocześnie z ich działaniem burzącym następuje pozytywna

Fig. 52. an — równina abrazji (część zniszczona jest kropkowana).

zmiana poziomu; są to równiny denudacji morskiej albo również *abrazji (zestrychowania)* (fig. 52).

Czy dana równina pochodzi z denudacji lądowej, czy morskiej, to dość trudno rozstrzygnąć, zwłaszcza gdy na jej powierzchni nie napotykamy morskiej transgresji (osadów z jej rozburzenia powstałych); rozpoznanie zaś morskiego pochodzenia osadów jest trudne z tego powodu, że silne falowanie, burzenie, niszczy zwykle wszelkie skamieniałości.

Tak np. na archaicznej wyżynie Brazylji leżą poziome osady piaskowca pochodzenia nie morskiego (Lapparent); powstała więc ona wskutek zmycia lądowego. Tak samo miały powstać (według Lapparenta): Finlandja, Skandynawja, Kanada, wyżyna centralnej Francji, Ardeny. Amerykanie zowią takie równiny *peneplaines* — półrównianami.

Cechą równin zburzenia jest zupełna niezgodność plastyki z tektoniką; warstwy są nieraz silnie zdyslokowane, powierzchnie powinny być bardzo nierówne, stanowić nieraz bar-

http://rcin.org.pl

dzo wysokie góry, tymczasem wszystkie te nierówności zostały jakby brzytwą ścięte. Powyższa figura 52 pokazuje tę niezgodność; linje kropkowane oznaczają powierzchnię zniesioną.

2. Tarasy.

Co do *tarasów*, to te mogły powstać wskutek stopniowych schodowatych *uskoków* (lub fleksur) — *tarasy tektoniczne* (str. 25); np. wyżyna Iberyjska spada na wschód takiemi tarasami ku nizinie Walencji i Murcji; toż samo wyżyna Azji Wschodniej — ku nizinie Chińskiej.

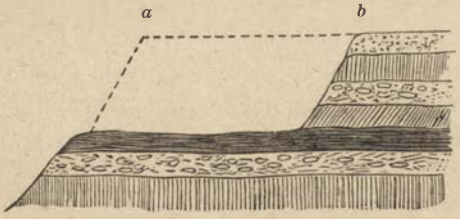


Fig. 53. Tarasy denudacyjne.

W inny sposób tarasy mogły powstać wskutek niejednakowego zburzenia warstw, na sobie spoczywających. Miększe warstwy, spoczywające na twardszych, mogły ulec spłókaniu od *a* do *b;* tym sposobem powstają *tarasy denudacyjne.* Fig. 53. Takiemi są tarasy, spadające na północ Jury Szwabskiej i na zachód Jury Krakowskiej, północne stoki wyżyny

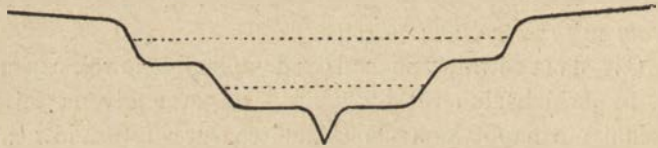


Fig. 54.

Podolskiej ku kotlinie Lwowa. Takiemi tarasami spadają warstwy syluryjskie Estonji ku zatoce Fińskiej.

Wody morskie, jeziorne lub rzeczne, podmywając brzeg, a później ustępując, pozostawiają też tarasy (*tarasy podmycia*). Takie tarasy morskie widzieliśmy wyżej (Grenlandja).

Wzdłuż dolin rzecznych ciągną się też tarasy (*tarasy podłużne*) wskutek podmycia brzegu przez rzekę, a potem zniżenia się poziomu rzeki wskutek głębszego werznięcia się w dolinę i t. d.

Linje kropkowane na fig. 54 oznaczają zniżający się z biegiem czasu poziom wód rzecznych (ob. też fig. 55).

http://rcin.org.pl

3. Góry.

a) *Morfologja* (*orografja i hipsometrja*). *Wysokość gór* (*absolutna* i *względna*) *mierzy* się różnemi sposobami z których dwa główne tu podajemy:

1) *Sposób gieometryczny* polega na tym, że z pewnego punktu (*A*) równiny, śród której góra się wznosi, mierzymy,

Fig. 55. Tarasy nad rzeką Frazer.

kąt (*a*), pod którym widać szczyt (*C*) góry; następnie idziemy w kierunku szczytu na pewną odległość (*d*), którą dokładnie mierzymy, i z drugiego punktu (*B*) mierzymy drugi kąt (*b*), pod którym widać szczyt góry. Tym sposobem otrzymujemy trzy dane (jedną linję i dwa kąty), pozwalające nam wyrysować na papierze trójkąt, którego podstawą jest zmierzona przez nas linja *d* (naturalnie w zmniejszonej skali), a dwa kąty przy podstawie: *a* i 180 — *b*, jak wskazuje fig. 56.

http://rcin.org.pl

Pionowa *C D* przedstawia nam wysokość góry, a linję tę można zmierzyć, porównawszy ją ze znaną nam długością *A B* (= *d*).

C D jest względną wysokością góry nad równiną *A B D*.

2) *Sposób barometryczny i termometryczny.* Barometr mierzy nam, jak wiadomo, ciśnienie powietrza, a ponieważ na górach ciśnienie powietrza jest mniejsze (bo i słup cisnący powietrza jest krótszy i powietrze rzadsze), więc barometr na górze będzie pokazywał ciśnienie mniejsze, niż na poziomie morza; z wielkości tego zmniejszenia można obrachować bezwzględną wysokość góry.

Toż samo można uczynić za pomocą termometru: im góra jest wyższa tym temperatura wrzenia jest niższa, nie wy-

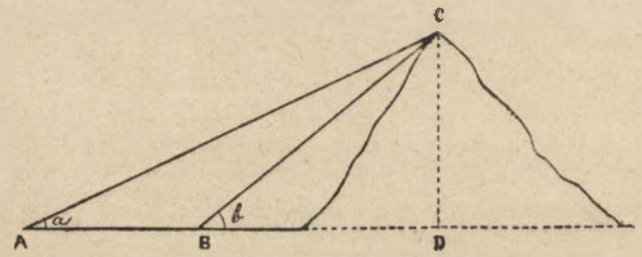


Fig. 56.

nosi 100° C., lecz np. 90°, 80° i t. d.; z temperatury wrzenia na górze obliczyć też można wysokość.

Największą wysokość ma góra Gaurizankar albo Mont Everest w Himalajach: 8840 m.; najniżej leży depresja morza Martwego: 400 m. poniżej poziomu oceanu.

Na podstawie licznych pomiarów wysokości zdołano obliczyć *średnią wysokość części świata i całego lądu;* ta ostatnia wynosi około 700 m.

Krajobrazowy charakter góry zależy poczęści od wysokości bezwzględnej, gdyż ta, wpływając na temperaturę, warunkuje charakter roślinności, a względnie pokrycie śniegowe (*góry alpejskie*) lub jego brak. Poczęści od wysokości względnej, od tej bowiem, a nie od bezwzględnej, zależy wrażenie, jakie góra sprawia na widzu; góra, mająca wielką wysokość bezwzględną, lecz wznosząca się z pośród bardzo wysokiej wy-

http://rcin.org.pl

żyny, wyda się widzowi pagórkiem. Poczęści wreszcie, od kształtu: kształt góry może być ostry (*piramidalny* lub *stożkowy*), okrągły (*kopułowaty*) lub płaski (*stołowy*). Silne wrażenie robią np. odosobnione prawidłowe stożki wulkaniczne wznoszące się z nizin lub z morza, (Etna, Fusiyama, Kluczewskaja Sopka, Teneryffa). Ważne znaczenie ma tu też *pochyłość stoku,* którą oko zwykle przecenia. Od stoku zależy dostępność góry: stok pochyły pod kątem 27° jest już niedostępny dla objuczonego muła, na stok ponad 35° (a wrazie luźności materjału np. popiół wulkaniczny—ponad 40°) człowiek musi się już wdrapywać na czworakach.

Fig. 57. Góry stołowe w Saharze.

Góry rzadko stoją pojedyńczo, oddzielnie (najczęściej stożki wulkaniczne); zwykle gromadzą się blizko siebie bezładnie, tworząc *grupę gór* (Abisynja), lub ciągną się szeregiem, przyczym najczęściej zrastają się swemi podstawami, tworząc *łańcuch gór.* To „zrośnięcie" jest jednak tylko złudzeniem; łańcuch tworzy się zwykle odwrotnie: przez rozpadnięcie się jednostajnego wału na pojedyńcze szczyty wskutek działania wód płynących, które pożłobiły jego grzbiet, nadając mu niekiedy kształt piły (dlatego Hiszpanie nazywają taki łańcuch gór „Sierra", co znaczy piła). Rzeczywiste zrośnięcie gór zdarza się tylko ze stożkami sąsiednich wulkanów, które, rosnąc przez nasypanie materjałów wybuchowych, mogą się zetknąć podstawami.

http://rcin.org.pl

W klimacie suchym grzbiety gór nie wiele zmieniają swój pierwotny, równy, wałowy, kształt (np. góry Azji centralnej). Toż samo w gruncie szczelinowatym (Jura).

W kształcie poziomym, t. j. tak jak góry są przedstawione na mapach, łańcuchy biegną bądź prostolinijnie (np. Kuen-Lun, Pireneje, Kaukaz), bądź łukowato (Alpy, Karpaty— zwrócone otwartością na południe; Himalaje — zwrócone na północ i t. d.); przytym przedstawiają albo pas dość jednostajny, albo wysyłają w jedną lub w obie strony poprzeczne rozgałęzienia, niby żebra, rozdzielone dolinami poprzecznemi. Zwykle i łańcuch nie występuje pojedyńczo, lecz kilka łańcuchów porozdzielanych dolinami podłużnemi, ciągnie się równolegle obok siebie, np. Alpy, szczególniej wschodnie. Taki układ zowiemy *pasmem gór.* Fig. 58.

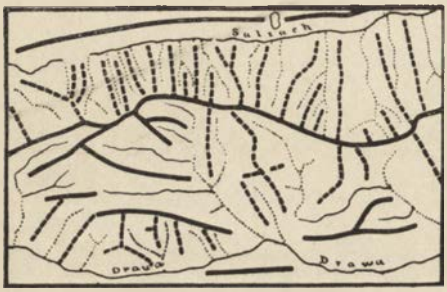


Fig. 58. Wysoki Tauern.

——— Grzbiety podłużne
-------- „ poprzeczne
——— Doliny podłużne
..... „ poprzeczne.

Niekiedy jednolity łańcuch w pewnym punkcie *rozwidla się* na dwa lub trzy łańcuchy, jak np. Kordyljery, Ural południowy, Thian-Szan zachodni.

Tak lub inaczej zgrupowane i w związku ze sobą będące góry, zowiemy *systematem gór.*

Rozpatrując góry w kształcie pionowym, w przekroju poprzecznym, widzimy *jak one przechodzą w sąsiednią równinę;* jedne przechodzą łagodnie, inne nagle, inne wreszcie za pomocą kraju pagórkowatego. Często jeden i ten sam łańcuch gór inaczej przechodzi w jednę stronę, a inaczej w drugą; tak np. Bałkan i góry Kruszcowe przechodzą łagodnie na północ, a nagle spadają na południe. Karpaty spadają nagle na południe ku nizinie Węgierskiej, a na północ przechodzą ku nizinie Wisły i Dniestru za pomocą kraju pagórkowatego i t. d.

http://rcin.org.pl

W stosunku do równin góry ciągną się albo na *krawędzi wyżyn*, jako *góry skrajne* (Himalaje, Kantabryjskie); albo *śród wyżyny* (Kuen-Lun, Kastylskie); albo *śród niziny* (Ural, Aleghany); albo łączą się w jednym punkcie z wyżyną, zresztą są od niej oddzielone niziną (Pireneje, Kaukaz); jest to forma *obwałowania*.

Co do *rozkładu gór* na ziemi, to można rozróżnić dwa główne systematy: jeden ciągnie się przeważnie w kierunku równoleżnikowym, wzdłuż południowej części Eurazji, tworzy jej „grzbiet pacierzowy;" drugi otacza łukowato ocean Wielki „nakształt olbrzymiego amfiteatru."

b) *Powstanie gór* (*orogieneza*). Góry powstanie swe zawdzięczają albo siłom budującym, albo niszczącym; do budujących należą: dyslokacje i nagromadzenia materjałów; do

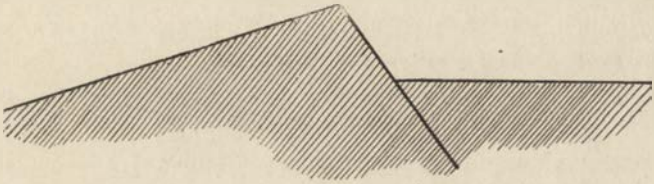


Fig. 59. Góry uskokowe.

niszczących—erozja i denudacja. Tym sposobem mamy góry *tektoniczne* albo *dyslokacyjne*, góry *akumulacyjne*, góry *erozyjne* i góry *denudacyjne*..

1) *Góry tektoniczne* powstają wskutek dyslokacji, ujawniających się na powierzchni; stosownie więc do rodzaju dyslokacji, góry te dzielą się na *uskokowe* (*fleksurowe*) i *fałdowe*.

aa) *Góry uskokowe* powstają wskutek zapadnięcia jednej części warstw: część pozostała sterczy nad częścią zapadniętą; zdaje się, iż część niezapadnięta, uwolniona od ciężaru, wznosi się nieco, tak, iż po drugiej stronie powierzchnia przyjmuje pewne lubo lekkie pochylenie, i góry w przekroju poprzecznym mają kształt klina. Fig. 59.

Do takiego gatunku gór należą np. góry Kruszcowe.

Jeżeli uskok jest dwustronny, to powstają *góry uskokowe dwustronne* (*Horst* niemieckie), z obu spadkami znacznemi. Przykładem jest Las Turyngieński, Harz i t. d. Je-

http://rcin.org.pl

żeli część warstw, zawarta między dwoma uskokami, zamiast pozostać na miejscu, zapadnie się, to powstaje forma odwrotna względem „Horstu," zwana fosą.

Jeżeli warstwy są pokrajane w najrozmaitszych kierunkach na oddzielne kawały (skiby), które uległy uskokom, to powstają góry uskokowe o bardzo złożonej budowie; zowiemy je *górami skibowemi,* np. Sudety.

bb) *Góry fałdowe* powstały wskutek fałdowania się skorupy ziemskiej, spowodowanego ciśnieniem bocznym; ciśnienie to zaś powstaje bądź wskutek kurczenia się ziemi (*teorja kurczenia* Suess'a), bądź rozgrzewania się osadów przez ich wielkie nagromadzenie, (przyczem dolne dostają się do znacznych głębin); wzrost temperatury wywołuje rozszerzenie, a że to ostatnie jest niemożebne wskutek oporu warstw sąsiednich, więc powstaje sfałdowanie (*teorja termalna*); — bądź wskutek ześlizgiwania się warstw po pochyłej podstawie (*teorja ześlizgiwania Reyera);* — bądź wreszcie wskutek tego, że lądy i dna oceanów grupują się według ciężkości mas skalnych, które je składają: obniżenia (dna oceanów) odpowiadają masom cięższym, wzniesienia (postumenty lądowe) — masom lżejszym, a to mianowicie dla zadośćuczynienia warunkom równowagi: masy lżejsze wyrównywują ciśnienie cięższych przez większe wzniesienie. Wskutek zniesienia skał z lądu i osadzenia ich na dnie sąsiedniego morza, ląd staje się za lekki, dno morza — za ciężkie; wywiera więc ono silniejsze ciśnienie boczne na ląd, który wskutek tego podnosi się i fałduje (*teorja izostatyczna*).

Każda z powyższych teorji ma swe słabe strony, każda pozostawia pewną część zjawisk w górach fałdowych bez objaśnienia. Najprawdopodobniejszą jest, jak się zdaje, teorja kurczenia; inne siły mają, zapewne, tylko dodatkowe znaczenie.

Góry fałdowe ciągną się najczęściej łukowato i są górami łańcuchowemi; po wewnętrznej stronie łuku leży zwykle obszar zapadnięcia (np. Alpy, Karpaty). Największa część gór fałdowych powstała niezbyt dawno, mianowicie w późnym trzeciorzędzie, albowiem nawet prawie najmłodsze warstwy trzeciorzędowe u stóp tych gór zostały wyprowadzone z poziomego po-

http://rcin.org.pl

łożenia. Do najmłodszych gór należą Apeniny, starsze są Pireneje, a jeszcze starszy Ural. Zresztą proces powstawania nie odbył się od razu: dyslokacja w późnym trzeciorzędzie była tylko ostatnim aktem długiego procesu górotwórczego.

Kształt łukowaty gór fałdowych pochodzi, według Suessa, stąd, że siła ciśnienia bocznego działała z jednej strony (ze strony, w którą łuk jest zwrócony swą otwartością, t. j. ze strony *wewnętrznej*) i pchała przed sobą fałdujące się góry, które na końcach swych napotkały po stronie *zewnętrznej* jakąś

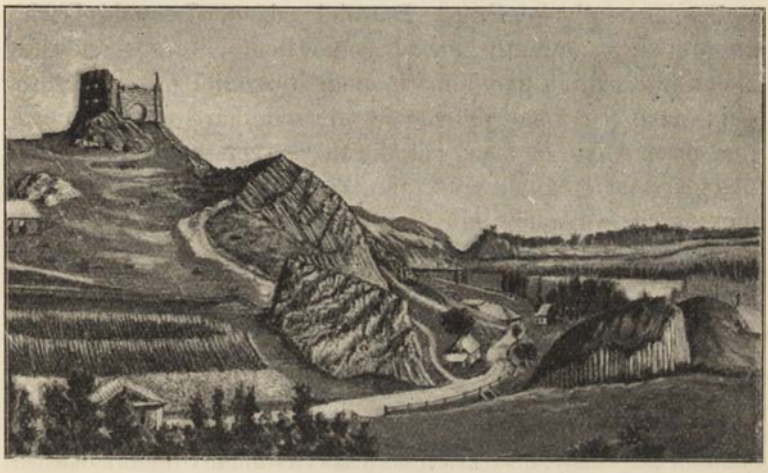


Fig. 60. Pieniny pod Czorsztynem.

przeszkodę i stąd środek ich się wygiął. Tak np. Karpaty na jednym końcu spotkały starą wyżynę Podolską z archaicznym podkładem, na drugim zaś — takąż wyżynę Morawsko-Czeską. Pogląd ten jednak nie wszyscy podzielają, albowiem są góry, które na swej stronie zewnętrznej mają zapadnięcie, a jednak także się wygięły (np. Himalaje).

Góry fałdowe posiadają nieraz budowę skomplikowaną, bądź przez zapadnięcia (nietylko podłużne ale i poprzeczne), bądź wskutek tego, że fałdowanie mogło już zastać góry starsze i zająć je w swą budowę; takiemi są np. starsze malownicze wapienne Pieniny, sterczące stromo śród młodszych fałd karpackiego piaskowca. (Fig. 60).

http://rcin.org.pl

2) *Góry akumulacyjne.* Do gór tych na mniejszą skalę należą *moreny*, powstałe z nagromadzenia osadów lodowcowych, oraz *diuny,* powstałe z nawianego piasku; najwyższe diuny powstają tam, gdzie wiatr działa na wielkiej przestrzeni i gdzie działanie jego na cząstki piasku nie ulega przerwie wskutek pokrycia śnieżnego. Diuny występują na wybrzeżach mórz (np. południowe brzegi Baltyku i morza Niemieckiego), w dolinach rzek (np. Dniepru) i pustyniach (Sahara, Azja Centralna).

Prawdziwemi jednak górami akumulacyjnemi są góry wulkaniczne albo *wulkany.* Dawniej sądzono (Leopold Buch), że wulkany powstały przez podniesienie warstw skorupy ziemskiej wskutek parcia masy ognisto-płynnej z dołu. Krater objaśniano przez zapadnięcie się wierzchołka, a doliny zbiegające promienisto po zboczach stożka — przez rozdarcie podczas podnoszenia; lecz gdy wykazano, że warstwy osadowe u stóp niektórych wulkanów nie uległy podniesieniu, lecz leżą poziomo, *teorja podniesienia*, którą chciano objaśnić nawet powstanie gór łańcuchowych—nie mogła się dłużej utrzymać: jak w górach łańcuchowych, ustąpiła teorji fałdowania (Heim i Suess) tak w górach wulkanicznych—*teorji usypania* (Lyell, Poullet Scrope). Mianowicie, stożki wulkaniczne powstały przez usypanie materjałów wybuchowych, głównie popiołu (powstałego przez rozpylenie lawy podczas wybuchu) dokoła otworu, z którego zostały wyrzucone.

Prócz tych wulkanów *usypanych* — znajdują się jeszcze *ulane* albo *jednolite*, powstałe nie wskutek gwałtownych wybuchów, lecz wskutek spokojnego wylania się i zastygnięcia mas ognisto płynnych. Zresztą i wulkany usypane składają się zwykle nie z samego popiołu, wogóle — luźnych materjałów wybuchowych, lecz także z zastygłych potoków lawy; to też niektóre wulkany jednolite mogły powstać z usypanych przez spłókanie ich zewnętrznej szaty luźnej i odsłonięcie jądra z zastygłej lawy.

Co do dolin, zbiegających promienisto po stożkach wulkanicznych i nadających wulkanom kształt „nawpół otwartego parasola," to powstały one nie przez rozdarcie, lecz przez erozję potoków deszczowych; dowodzi tego ich rozszerzanie

http://rcin.org.pl

się ku dołowi, a nie ku górze, jakby być powinno wrazie pochodzenia z rozdarcia. (Ob. fig. 76).

Ponieważ wulkany leżą najczęściej w pobliżu morza, (główny ich pas otacza pierścieniem ocean Wielki, częste są też one nad morzem Śródziemnem), niektórzy więc przypuszczają, że woda morska, dostając się do magmy i zamieniając w parę, spowodowuje wybuchy; ponieważ jednak wulkany występują niekiedy i zdala od morza, więc ich częste położenie nad morzem jest tylko przypadkowem: mianowicie wulkany występują w sąsiedztwie wielkich zapadnięć skorupy ziemskiej, wzdłuż szpar, a ponieważ ocean Wielki i morze Śródziemne są to wielkie zapadnięcia, więc dlatego (a nie dla wody morskiej) w sąsiedztwie ich występują wulkany. I rzeczywiście, spotykamy wulkany w sąsiedztwie zapadnięć, choćby nie pokrytych wodą, mianowicie po wewnętrznej stronie gór fałdowych jak Karpaty (wulkaniczne góry Hegyalja), Apeniny, Alpy i t. d.; podobnie śród gór uskokowych (południowy stok gór Kruszcowych), a także śród zapadnięć fosowatych np. wzdłuż fosy wschodnio-afrykańskiej, ciągnącej się od morza Czerwonego do jeziora Niassa. Para, wydzielająca się z wulkanów może być, jak i inne gazy, pierwotnie zawarta w magmie. Z powyższego nie wynika jednak, aby woda morska nie grała nigdy żadnej roli w wybuchach wulkanicznych: owszem dostaje się ona nieraz do wnętrza wulkanów, wznoszących się śród morza, i niesłychanie potęguje siłę wybuchu, tak, iż nieraz znaczna część wulkanu może być wysadzona w powietrze.

Układ gór wulkanicznych jest albo *szeregowy,* gdy leżą wzdłuż jednej szpary, albo *grupowy*, gdy wiele szpar przecina się w jednym miejscu (np. wulkany wysp Kanaryjskich).

3) *Góry erozyjne*, tworzące zwykle nie łańcuchy, lecz grupy gór, odznaczające się mniej więcej jednakową wysokością szczytów i często ich formą płaską (*góry stołowe*), powstały wskutek gęstego pokrajania wyżyny dolinami, wyżłobionemi przez wody płynące.

W krajach suchych lub skałach przepuszczalnych, gdzie krawędzie dolin nie łatwo ulegają spłókaniu, góry erozyjne mają zbocza strome, szczyty stołowe; np. Saska Szwajcarja,

http://rcin.org.pl

Abisynja. Niekiedy twarda pokrywa np. bazaltowa, chroniąc szczyty od spłókania, przyczynia się do zachowania form stołowych.

W krajach, gdzie krawędzie łatwo ulegają spłókaniu, góry erozyjne przyjmują kształty faliste; przykładem wyżyna Siedmiogrodzka, Lubelska i t. d.

Fig. 61. Pfahl (przekrój).

4) *Góry denudacyjne*, pokrewne erozyjnym, powstały wskutek spłókania, zniesienia mas skalnych na znacznej przestrzeni, śród której tylko gdzieniegdzie utrzymały się masy twardsze, odporniejsze.

Do tego rodzaju gór należą np. Mugodżarskie, które dawniej były pokryte takiemi samemi poziomemi warstwami, ja-

Fig. 62. Pfahl (widok).

kie utrzymały się jeszcze dotąd na wyżynie Ust-Urt. Kwarcyt, odznaczający się wielką twardością, często tworzy góry tego rodzaju, np. Pfahl w Lesie Czeskim. Podobnież — bazalt, tworzący t. zw. „mury djabelskie". Fig. 61, 62, 63. (Por. str. 76, 77).

Czasami góry takie mogą być utworzone i z materjału miękkiego, gdy tu i owdzie śród niego leżą twarde głazy (np. w morenach i tufach wulkanicznych), które chronią miękki

http://rcin.org.pl

materjał, pod niemi leżący, od spłókania; są to tak zwane *piramidy ziemne* (fig. 64), które są bardzo blizko spokrewnione, z wyżej wspomnianemi erozyjnemi, o pokrywie bazaltowej.

4. Doliny.

a) *Plastyka albo morfologja dolin.* Dolinami *w najobszerniejszym pojęciu* nazywamy wszystkie zagłębienia czyli zagłębia skorupy ziemskiej, niezależnie od ich wysokości

Fig. 63. Mur djabelski (bazalt) w Czechach północnych.

bezwzględnej. W takim pojęciu do dolin należeć będą *zagłębia oceanów*, oraz *zagłębia śródlądowe* między różnemi systematami gór (np. dolina Mississipi między Kordyljerami i Aleghanami). Doliny okrągławe, otoczone dokoła wyniosłościami, przyjmują nazwę *kotlin* (np. Kładzka, Tessalijska, Siedmiogrodzka), doliny zaś eliptyczne, wydłużone — przyjmują nazwę *niecek*.

Dolinami *w ściślejszym pojęciu* nazywamy zagłębienia linijne, wązkie i długie, a nawet, jak chcą niektórzy, — tylko takie z zagłębień linijnych, które posiadają *ciągły spadek* w jedną stronę tak, iż stanowią, lub stanowiły, łożyska rzeczne;

http://rcin.org.pl

w przeciwnym razie, to jest, gdy spadek ich nie ma ciągłości, gdy są zamknięte na obu końcach, otrzymują nazwę *żłobów*. Te ostatnie i wogóle wszystkie zagłębienia zewsząd zamknięte, występują w krajach suchych, gdzie erozyjne działanie wody jest słabe, nie może wytworzyć spadku ciągłego tak, iż dno zagłębienia zachowuje pochyłości nieprawidłowe, stworzone przez ruchy tektoniczne lub przez działanie wiatru, bądź ero-

Fig. 64. Piramidy ziemne («Park Pomników» w Amer. Pn.).

zyjne, bądź akumulacyjne. Podobnież zachowują się kraje z gruntem przepuszczalnym, np. wapiennym, gdzie naziemna erozja jest również słaba; kraj taki, szczególniej gdy leży wysoko, jest pełen szczelin i zapadlin, gdyż woda, wsiąkająca, sięga tu głęboko i wywołuje podziemną erozję, a stąd jaskinie i zapadliny *(zjawiska karstowe)*, (por. str. 18 i 36).

W stosunku do kierunku gór łańcuchowych, doliny dzielą się, jak wiadomo, na *podłużne i poprzeczne*. (Alpy Wschodnie obfitują w pierwsze, Alpy Zachodnie i Karpaty tylko w drugie). W pasmach górskich i górach erozyjnych doliny występują

http://rcin.org.pl

gromadnie, tworzą *systematy dolin*. Niekiedy w takich systematach doliny przytykają do siebie początkami, tak iż przejście z jednej doliny do drugiej jest w formie powierzchni niedostrzegalne; tylko wody, płynące w strony przeciwne *(dział wodny dolinowy)*, stanowią tu wskazówkę; taki systemat zowiemy *łańcuchem dolin*. Łańcuch dolin np. otacza Tatry pod nazwą Podhala; składa on się z dolin: Dunajca — Popradu, Orawy — Wagu, rozdzielonych bardzo nieznacznemi działami wodnemi. Takie same łańcuchy dolin spotykamy we Wschodnich Alpach, np. dolina Pusterthal (dolina Drawy—Rienzu); podobnież w Himalajach (dolina Indusu — Brahmaputry na północnym stoku Himalajów).

Doliny poprzeczne przeciwnych stoków górskich stykają się też niekiedy swemi górnemi częściami i przechodzą je-

Fig. 65. Doliny.

a — Synklinalna b — Antyklinalna c — Izoklinalna

dna w drugą mniej więcej łagodnie, tworząc *przejścia* w górach. Czasami nawet cały łańcuch gór bywa zupełnie przecięty wpoprzek, aż do podstawy, jedną doliną tak, iż rzeka, biorąca początek po jednej stronie gór (wogóle—wyniosłości), płynie wpoprzek na drugą ich stronę; takie doliny zowią się *wyłomowemi* albo *wyłomami*, np. wyłom Dunajca w Pieninach, Dniepru w wyżynie Ukrainy, Wisły w Baltyckim Pojezierzu, Dunaju w Karpatach, Iskeru w Bałkanie, Kisil Irmaku w górach Pontyjskich, Indusu w Himalajach i t. d.

W stosunku do układu warstw — doliny mogą być: a) *synklinalne* (niecki między grzbietami antyklinalnemi), b) *antyklinalne* (zagłębienia podłużne na grzbietach antyklinalnych) i c) *izoklinalne* (gdy część warstw izoklinalnych została zniesiona lub uległa obsunięciu). (Fig. 65).

b) *Powstanie albo gieneza dolin*. Powstanie swe doliny zawdzięczają, równie jak góry, siłom, poczęści budującym,

http://rcin.org.pl

poczęści niszczącym; mamy więc *doliny zbudowania* i *doliny zburzenia*.

Doliny zbudowania, pominąwszy nieznaczne *doliny akumulacji* (nierównego nagromadzenia nawianego piasku, materji wulkanicznych, moren), są przeważnie *dolinami dyslokacyjnemi* albo *tektonicznemi*, to jest zawdzięczają swe powstanie dyslokacji warstw. Doliny zburzenia są to *doliny erozyjne*. Mamy więc dwie główne gienetyczne kategorje dolin: *doliny tektoniczne i erozyjne*.

Zresztą doliny tektoniczne uległy też najczęściej modyfikacji pod wpływem erozji wodnej i otrzymały ciągły spadek.

1) *Doliny tektoniczne* mogą być albo *fałdowe*, albo *uskokowe* (zapadowe). Pierwsze są znanemi nam już *nieckami* gór fałdowych; drugie — *fosami*, powstałemi przez zapadnięcie linjowe, lub *kotlinami* powstałemi przez zapadnięcie kotlinowate. Zapadnięcia mogą mieć za przyczynę działanie siły wnętrza ziemi, lub na małą skalę, działanie erozji wodnej podziemnej.

Do dolin fosowego zapadnięcia — należy dolina wyższego Renu między Wogezami i Schwarzwaldem, dolina Jordanu, morza Czerwonego, doliny podłużnych jezior Afryki wschodniej (Tanganiki, Njassy).

Kotlinowate zapadnięcia spotykamy po zachodniej stronie Apeninów; są one tu poczęści zalane przez morze i tworzą łukowate zatoki (Neapolitańska i sąsiednie).

Zapadnięcia na małą skalę, wskutek podmycia przez wodę, spotykamy głównie w wapiennym karście; im to przynajmniej poczęści (poczęści zaś erozji naziemnej, głównie chemicznej) zawdzięczają swe powstanie znane już nam (str. 18) lejkowate zagłębienia, zwane «*dolinami*», «*wertelami*», «*wilczemi jamami*»; a także niektóre doliny rzeczne o bardzo stromych ścianach, np. w Sewennach.

2) *Doliny erozyjne*. Woda płynąca wyżłabia, jak wiadomo, doliny, wrzynając się coraz głębiej w grunt, po którym płynie. Dolina taka pierwiastkowo ma kształt poprzeczny, zaostrzony, lecz z biegiem czasu kanty wskutek spłókiwania zaokrąglają się, a dno wypełnia materjałem zniesionym,

http://rcin.org.pl

i tym sposobem dolina przyjmuje kształt łagodny, jak wskazuje linja kropkowana na fig. 66.

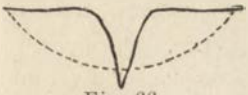


Fig. 66.

Im spłókiwanie w pewnym kraju jest słabsze, tym dolina dłużej zachowuje swój kształt ostry; a zatym doliny takie o stromych zboczach, zwane *kanjonami*, spotykamy w krajach suchych, w lasach, w skałach bardzo twardych lub w przepuszczalnych; np. w lössie i w wapieniu (kanjon Ojcowski w wapieniu; jary Podolskie w suchym stepowym klimacie). Zresztą kanjony mogą też powstać wskutek zapadnięcia, jak było wspomniane wyżej (w Sewennach). Fig. 67, 68, 69.

Doliny erozyjne, szczególniej podłużne, zostały często wyznaczone przez doliny tektoniczne (niecki lub fosy), które, jak wspomnieliśmy, zostały wymodelowane ostatecznie przez erozję i otrzymały ciągły spadek.

Najciekawszy problemat przedstawia, przeważnie erozyjne, *powstawanie dolin wyłomowych:* nieraz rzeka przerzyna góry w części

Fig. 67. Kanjon w Lössie (Chiny).

http://rcin.org.pl

ich najwyższej, złożonej ze skał najtwardszych, jakkolwiek w pobliżu góry się zniżają, skały stają miększemi, tak, iż rzeka miałaby tu pracę daleko łatwiejszą. Fig. 70.

Dla wyjaśnienia tego ciekawego zjawiska wymyślono wiele różnych teorji, z których każda może być prawdziwą, lecz każda w zastosowaniu do innych wyłomów. Z teorji tych szczególniej trzy zasługują na uwagę: *teorja przepiłowania,*

Fig. 68. Kanjon Ojcowski.

teorja erozji wstecznej i *teorja erozji nadziemnej (epigienetyczna).*

aa) *Teorja przepiłowania.* Według tej teorji rzeka, tworząca wyłom w górach, jest starsza niż te góry: zaczęły one wznosić się w poprzek biegu rzeki, dawno już istniejącej, i wznosiły się tak powoli, iż erozja była w stanie przezwyciężyć wznoszenie: rzeka, wrzynając się we wznoszący się na drodze próg, niby piła tartaku w kloc, zdołała utrzymać swój pierwotny poziom, podczas gdy po obu jej stronach poziom

http://rcin.org.pl

kraju się wznosił. W ten sposób powstały wyłomy w górach Aleghańskich i Himalajskich, tak powstał wyłom Renu, oraz

Fig. 69. Kanjon Colorado.

Mozelli w górach Łupkowych, a także wyłom Mozy w Ardennach: ślady dawnych dolin tych rzek znaleziono na wyż-

Fig. 70. Przerznięcie się rzeki (Jampy w Amer. Pn.).

szych poziomach i to ze spadkiem zdeformowanym; dowodzi to wznoszenia się gór podczas wrzynania się rzeki. W Renie prócz tego zachodziło też i obniżanie się części łożyska po-

http://rcin.org.pl

wyżej wyłomu (dolina wyższego Renu między Wogezami i Schwarzwaldem wypełniona jest *bardzo głęboko* osadami rzecznemi).

bb) *Teorja erozji wstecznej (regresji).* Według tej teorji, wyłom powstał w górach już gotowych. Rzeka, płynąca po ich stoku, posiadająca największą siłę erozyjną pośród swych sąsiadek, wrzynając się coraz głębiej, posuwała zarazem energicznie swą dolinę wstecz. Działanie takie możemy obserwować na dolinach potoków deszczowych w stepach: nieraz droga, prowadząca w pobliżu początków tych dolin, musi być przesuwana, gdyż z biegiem czasu początki te sięgają coraz bardziej w górę i przecinają drogę. Wskutek takiego posuwania się doliny wstecz, początek rzeki może się z biegiem czasu znaleźć po drugiej stronie gór; druga rzeka, która płynęła po tej drugiej stronie i nie mogąc się przez góry przedostać, opływała je lub może tworzyła jezioro zamknięte, natrafiwszy podczas wysokiego stanu wody na tak przygotowaną, przez powyższą rzekę, dolinę, wlała się do niej, połączyła z tą rzeką, pracownicą, i tak powstał wyłom.

cc) *Teorja erozji nadziemnej (epigienetyczna).* Według tej teorji, — góry, obecnie przerznięte przez rzekę, dostawszy się niegdyś na dno morza, zostały pokryte warstwami osadowemi, — niejako w nich pogrzebane; gdy następnie dno morza znów się podniosło i stało się lądem, zaczęła po nim płynąć rzeka w kierunku wyznaczonym przez pochylenie jego powierzchni, leżącej wysoko nad pogrzebanemi górami; rzeka, wrzynająca się w tę powierzchnię, dosięgnęła wreszcie do pogrzebanego głęboko łańcucha gór i przerznęła go w miejscu, w którym go napotkała. Tymczasem warstwy górne, pokrywające góry, zostały usunięte przez spłókanie, dawny łańcuch gór, tak długo pogrzebany, ujrzał znów światło dzienne, i obecnie widzimy w nim wyłom w miejscu nieraz zupełnie nieodpowiednim do dzisiejszej plastyki kraju, lecz odpowiednim do plastyki dawnej, która wyznaczyła rzece kierunek.

Zresztą, prócz powyższych, mogły też być i inne przyczyny powstania wyłomów, np. erozja podziemna i stąd poprzeczne zapadnięcie w górach; dalej — uskok poziomy: góry

http://rcin.org.pl

pękły w poprzek i jedna część łańcucha przesunęła się względem drugiej w bok tak, iż powstała przerwa.

Czasami można rozstrzygnąć, która z powyższych teorji ma w danym wyłomie zastosowanie. Tak np. wyłomy w Himalajach musiały powstać drogą przepiłowania, albowiem rzeki przerzynają podgórza utworzone z materjałów, przez też same rzeki naniesionych. Dalej — wyłom rzeki Shannon w nadbrzeżnych górach Irlandji musiał powstać, jak chce teorja epigenetyczna, albowiem na górach tych widzimy spoczywające tu i owdzie płasko i niezgodnie (obacz str. 28) szczątki warstw wapienia, który je wraz z całą Irlandją niegdyś pokrywał. Podobnież być może powstał wyłom Dunajca w twardych jurajskich wapieniach Pienin, które były niegdyś pokryte miękkim piaskowcem. Z uskokami poziomemi są związane wyłomy w górach Kielecko-Sandomierskich. Teorja regresji jest najprawdopodobniejszą tam, gdzie strona gór poniżej wyłomu jest zwrócona ku poblizkiemu morzu i ma bardzo obfite deszcze. Najpewniejszy jednak sposób rozstrzygnięcia wątpliwości między teorją przepiłowania i regresji, stanowią osady rzeczne poniżej wyłomu: jeżeli osady starsze (dolne) pochodzą z gór źródłowych rzeki, a nowsze (wyższe) z gór wyłomowych, to widoczny dowód, iż rzeka jest starsza od tych gór — że wyłom powstał drogą przepiłowania; jeżeli zaś osady starsze pochodzą z gór wyłomowych, a młodsze ze źródłowych, to dowód, że wyłom powstał przez erozję wsteczną.

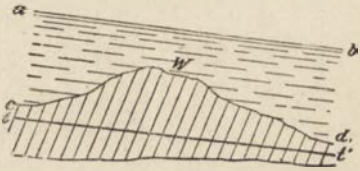


Fig. 71.

Grzbiet c W d (przekrój poprzeczny) został pogrzebany pod warstwami ab; powierzchnia ich ab wyznaczyła kierunek rzeki, która obecnie tworzy dolinę wyłomową t t; podczas, gdy warstwy, przykrywające grzbiet c W d, zostały spłókane.

Doliny erozyjne, bez ciągłego spadku, mogą powstać też przez erozję wietrzaną lub lodowcową, gdy czynniki te napotkają grunt zwietrzały i wyprzątną go aż do nierównego twardego podkładu skalistego.

http://rcin.org.pl

5. Jaskinie.

Do dolin w obszerniejszem pojęciu można zaliczyć *jaskinie;* są to też doliny pewnego rodzaju o *zboczach zwisających:* zagłębienia w powierzchni górnej gruntu, lecz z otworem wązkim; lub zagłębienia w powierzchni bocznej (np. wybrzeża rzecznego lub morskiego); te ostatnie są to *nisze,* które przy większem zagłębieniu przechodzą w *groty.* Zbocza,

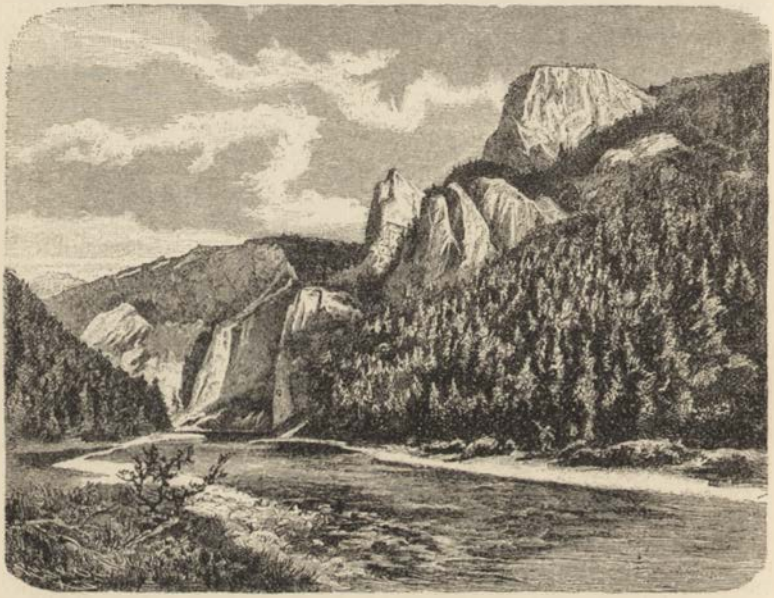


Fig. 72. Wyłom Dunajca w Pieninach.

nie zwisające, lecz pionowe stanowią formy przejściowe między jaskinią i właściwą doliną (kanjon) lub kotliną (studnia).

Forma i *wielkość* jaskiń mogą być najrozmaitsze, wielkość jednak jest ograniczona ciężarem i stopniem wytrzymałości zwisającego materyału skalnego. Rozmaity również jest sposób ich połączenia z powierzchnią ziemi: otwór może być z boku, jak u niszy, z góry, jak u studni lub worka; mogą też być dwa otwory boczne jak w tunelu lub moście.

http://rcin.org.pl

W razie gdy otwór znajduje się u góry, a jaskinia leży w klimacie, gdzie temperatura w zimie spada poniżej zera, wówczas temperatura w jaskini jest zawsze nizka, gdyż zgromadzone w zimie ciężkie zimne powietrze nie ma którędy ujść; jeżeli w takiej jaskini jest wilgoć, to występuje ona w postaci lodu *(jaskinie lodowe)* i tworzy sople i kolumny lodowe np. jaskinia lodowa w Dobszynie (Dobschau) w Karpatach Liptawskich (fig. 73). Należy jednak zauważyć, że do wytworzenia

Fig. 73. Jaskinia lodowa w Dobszynie.

się znacznej ilości lodu, potrzebne są szczeliny w ścianach jaskini: w szczelinach tych woda zamarza w zimie, na wiosnę zaś i w lecie topnieje od ciepła gruntu i spływa do jaskini, gdzie, jako posiadająca sama nizką temperaturę, zamarza łatwo pod wpływem zimna jaskini. Tym się tłómaczy dla czego nie wszystkie jaskinie workowate chłodniejszych klimatów posiadają lód i dla czego lód jaskiniowy tworzy się na wiosnę i w lecie, a w zimie jest go niewiele. W skałach wapiennych takie same utwory (stalaktyty i stalagmity) tworzą się z wapienia np. jaskinia Bela (Biała) w Tatrach (por. str. 16 i 18), Baradla w Karpatach Liptawskich (fig. 12).

http://rcin.org.pl

Pod względem *pochodzenia* —dzielimy jaskinie na *jaskinie zbudowania (pierwotne)* i *jaskinie zburzenia (pochodne)*.

a) *Jaskinie pierwotne* są albo pęcherzami gazowemi w skałach wybuchowych (np. w bazalcie we Francji); albo powstały wskutek nierównego, niezupełnego zabudowania raf przez korale (na wyspach Polinezji); albo wskutek jakiegokolwiek pokrycia nie przystającego do podstawy, np. jaskinie pod lodowcami (zresztą te ostatnie mogą też powstać przez stopnienie lub spękanie lodu), jaskinia Wichrów pod wodospadem Niagary (pod łukowatem sklepieniem spadającej wody); albo wskutek pokrycia rzeki wydzielonym z wody tufem wapiennym: tuf osadza się na wybrzeżach i postępuje ku środkowi rzeki na podobieństwo skorupy lodowej, wreszcie może całkowicie pokryć rzekę (naturalne mosty, pod któremi znikają rzeki); albo nareszcie wskutek luk wśród nie przystających do siebie głazów w rumowisku.

b) *Jaskinie pochodne* albo *erozyjne* zostały wyżłobione przez wodę podziemną w skałach najczęściej wapiennych, a przez wodę gorącą okolic wulkanicznych także i w innych skałach twardszych (np. na wyspie Ischia); przez fale morskie na stromych wybrzeżach; przez ciepło — w lodowcach („bramy lodowcowe"), a zapewne, przez żar podziemny, — w wewnętrznych ścianach wulkanów. Wreszcie przez człowieka w skałach miękkich i suchych dla mieszkania lub schronienia (jaskinie lössowe w Chinach).

IV) Zmiany w pionowym ukształtowaniu lądu.

O zmianach poziomu wogóle mówiliśmy już przy zmianach linji brzegowej; tutaj zajmiemy się zmianami poszczególnych form pionowych, mianowicie równin, gór i dolin.

1. Zmiany równin.

Główne zmiany w charakterze równin wywołuje, jak łatwo się domyślić, erozja. Im wyżej leży równina nad poziomem, ku któremu zdążają wody i im ma klimat wilgotniejszy, tym szybszym ulega zmianom: doliny się mnożą, zgęsz-

http://rcin.org.pl

czają i wreszcie równina zmienia się w krainę górską erozyjną, w górską grupę o formach stromych lub falistych, stosownie do rodzaju skał i klimatu (ob. str. 87, 88, 93).

Mniejsze znaczenie mają zmiany wywołane przez procesy akumulacji: nagromadzenie nierówne materjałów wybuchowych, lodowcowych lub wietrzanych.

2. Zmiany gór.

Gdy wskutek procesów tektonicznych wzniesie się grzbiet gór, ma on mniej więcej kształt równego wału; dopiero wody, które zaczynają spływać po jego zboczach w obie strony, wyżłabiając doliny poprzeczne, nadają mu formę urozmaiconą; przez zbliżenie się bowiem przeciwległych dolin poprzecznych, powstaje obniżenie w grzbiecie; tym sposobem grzbiet przyjmuje wyżej opisaną formę piły i składa się ze szczytów i zagłębień. Od zagłębień zbiegają w obie strony doliny poprzeczne, a od szczytów — poboczne odgałęzienia głównego grzbietu, dzielące te doliny.

Większa lub mniejsza twardość materjałów warunkuje formy strome lub łagodne, tak np. Tatry (fig. 74) zawdzięczają stromość swych szczytów twardości granitu, bardzo obfitującego w kwarc. Tam zaś, gdzie w Karpatach występuje miększy piaskowiec — formy gór stają się łagodne, faliste.

Również strome, choć jednostajne góry powstają w skałach szczelinowatych, przepuszczających wodę jak wapienie, gdyż tam działa głównie erozja podziemna (ob. str. 93).

Najwyższa linja grzbietu najbardziej ulega burzącej sile wody; warstwy na grzbiecie, — zwłaszcza w górach fałdowych, gdzie, wskutek silnego wygięcia, skały uległy rozkruszeniu, — zostają całkowicie zniesione i ujawniają się odsłonięte warstwy starsze, często najstarsze, archaiczne, złożone ze skał twardych, krystalicznych, długo opierających się spłókaniu. Wskutek tego, góry fałdowe, pierwotnie pokryte jednostajnie warstwami młodszemi (np. Jura Szwajcarska), występują z czasem w formie trzech pasów, z których środkowy, najwyższy, jest stary krystaliczny, a dwa boczne są młodsze ze skał miększych wapieni, piaskowców i t. d. Jest to jakby odarcie

http://rcin.org.pl

ze skóry." Fig. 75. Ale i ten *układ symetryczny*, zresztą wikłany w górach szerokich występowaniem kilku równoległych pasów krystalicznych (Himalaje), często ulega zburzeniu; często góry fałdowe zapadają się po stronie wewnętrznej: cały pas skał młodszych (a nieraz i część pasa krystalicznego) po tej stronie znika. Tak np. Pireneje i Alpy wschodnie są symetryczne, środkowe zaś (na zachód od Lago

Fig. 74. Tatry.

Magiore) nie, gdyż tu warstwy młodsze zapadły się. W innych górach, jak Karpaty, Apeniny, zapadnięcie przyjęło większe rozmiary: zapadła się tam znaczna część nawet środkowego pasa krystalicznego; pozostałością jego w Karpatach są Tatry, w Apeninach — góry Kalabrji. Po stronie tych wielkich zapadnięć wylały się masy wulkaniczne, zastępując zapadnięte (Hegyalya w Karpatach, góry Albańskie w Apeninach). Zapadnięcia w poprzek łańcuchów górskich wywołują nieraz rozpadnięcie się jednolitych systematów górskich; tak np. zapadnięcie Alp Wschodnich, ku nizinie Węgierskiej, przerwało

http://rcin.org.pl

ich związek z Karpatami, a zapadnięcie czarnomorskie — związek Bałkanu z górami Taurydzkiemi.

Gdy cały szereg łańcuchów, pasmo gór — ulegnie silnej denudacji, tak, iż związek między pojedyńczemi, twardszemi, uchronionemi szczytami zostanie przerwany, to góry łańcuchowe mogą się zmienić w grupę gór, podobnie jak wyżyna. Grupa gór może jednak powstać i przez działanie odwrotne: przez zapełnienie dolin górskich; pojedyńcze szczyty gór zagrzebanych będą tu sterczyć bez związku śród równiny, wytworzonej przez jakibądź czynnik: przez osady wód płynących, przez czynnik wietrzany (np. w pustyniach Azji środkowej), lodowcowy (np. *nunatakar* — szczyty gór Grenlandji, sterczące nad pokrywą lodową), wreszcie wodny (systematy górskie zmienione na grupę wysp). Jeżeli przypomnimy sobie jeszcze grupy gór wulkanicznych, to przyjdziemy do przekonania, że grupa gór może być albo formą pierwotną (wulkaniczna) albo pochodną, a w ostatnim razie powstałą albo przez wyrzeźbienie, albo przez zagrzebanie (i zalew).

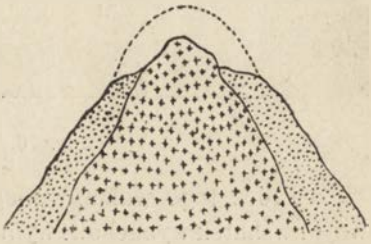


Fig. 75.

Przy długotrwającej silnej denudacji, góry mogą ulec prawie zupełnemu zatarciu — stać się *prawie równinami*. Podobnyż wpływ mogą wywrzeć fale morskie przy pozytywnej zmianie poziomu (abrazja).

Stożki wulkaniczne wskutek erozji otrzymują naprzód promienisto zbiegające doliny, które nadają wulkanowi kształt na wpół otwartego parasola. Fig. 76. Doliny te wsteczną erozją dosięgają z czasem krateru, który ulega poszczerbieniu, wreszcie spłókaniu, zniżeniu. Śród tego starego, nawpół zniszczonego krateru może przy nowych wybuchach powstać nowy stożek, który z czasem może ulec losowi poprzedniego. Fig. 77.

Z czasem wszystkie części miększe wulkanu ulegną spłókaniu i odsłoni się jego szkielet z twardej zastygłej lawy.

http://rcin.org.pl

Takiego szczątka wulkanu usypanego nie można nieraz odróżnić od wulkanu ulanego (obacz wyżej str. 86).

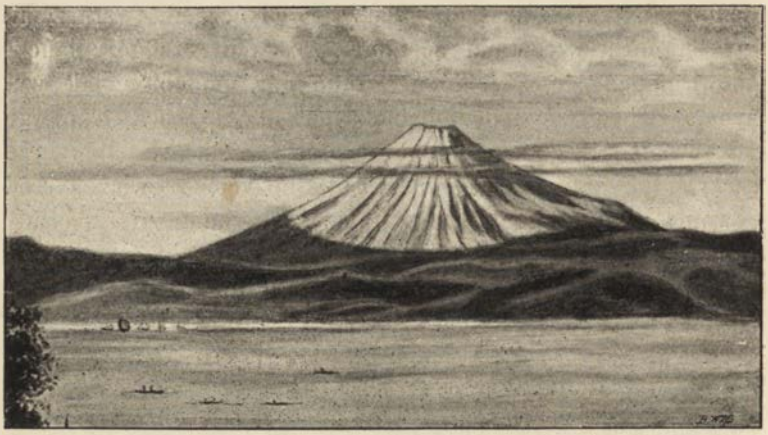


Fig. 76. Fusiyama.

Prócz tego wulkany ulegają również zmianom gwałtownym wskutek wybuchów: wybuch w razie obfitości pary wodnej

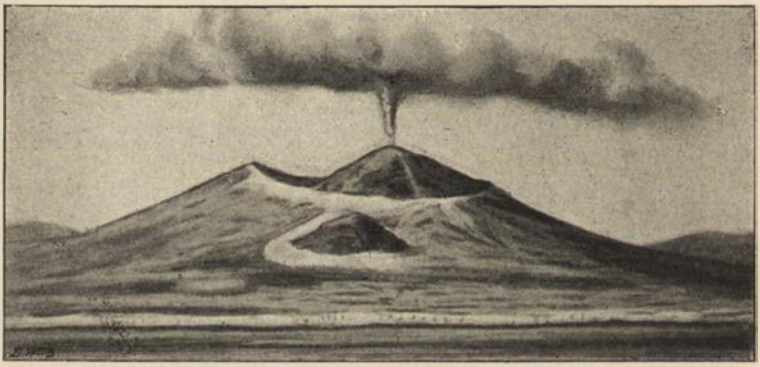


Fig. 77. Wezuwjusz.
Stożek nowy w nawpół zniszczonym kraterze dawnego.

może, jak już wiemy, znaczną część wulkanu wysadzić w powietrze. Miało to miejsce np. podczas wybuchu Krakatau (1883 r.) w cieśninie Sunda, oraz wulkanu Bandaisan (1888) w Japonji.

http://rcin.org.pl

3. Zmiany dolin.

Jak doliny zmieniają swe kształty strome na łagodne, już mówiliśmy. Gdy w miarę zniżania gór — erozja słabnie, wody nie są już wstanie wyprzątnąć materjału, doliny wypełniają się, stają się płytkie. Proces ten zapełnienia dolin w górach, przy równoczesnym zniżaniu szczytów, sprowadza w końcu ujednostajnienie powierzchni gór (jak wprzód wywoływał urozmaicenie); są to góry „wygasłe", złożone zwykle z mas twardych krystalicznych (bo miększe uległy zniesieniu) i wtedy noszą miano *gór masowych*. Góry takie można również nazywać wyżynami (np. góry Łupkowe Reńskie, góry Skandynawskie lub wyżyna Łupkowa Reńska, wyżyna Skandynawska). Góry wygasłe mogą z czasem stać się erozyjnemi, gdy wskutek zmian poziomu spadek rzek powiększy się, a więc erozja ożywi na nowo. Zresztą mogą też nastąpić nowe dyslokacje, fałdowania lub zapadnięcia. Wobec tych wszystkich zmian, obecnie napotykana forma gór przedstawia często nadzwyczaj skomplikowaną i trudną do rozwikłania budowę wewnętrzną; tak np. góry fałdowe mogą ulec zrównaniu przez denudację, następnie utworzyć znowu góry uskokowe (np. góry Kruszcowe), erozyjne, albo ulec nowemu sfałdowaniu w innym kierunku i t. d.

Powyższe wielkie zmiany w ukształtowaniu powierzchni są rezultatami działania różnych sił, tak wewnętrznych jak zewnętrznych, w ciągu niezmiernie długich okresów czasu. Niekiedy jednak zmiany odbywają się w czasie bardzo krótkim; nieraz w ciągu kilku sekund zachodzą na powierzchni ziemi zmiany, dające się łatwo zaobserwować: domyślamy się łatwo, że są to skutki trzęsień ziemi (tektonicznych, wulkanicznych lub zapadowych), oraz gwałtownych wybuchów wulkanicznych (ob. wyżej).

http://rcin.org.pl

B) WODA (hydrosfera).

I) Woda lądowa.

1. Woda gruntowa, źródła.

Woda z deszczu i tającego śniegu wsiąka w ziemię, gdy ta składa się z warstw przepuszczalnych, bądź z powodu luźności materjałów (piasek, rumowisko), bądź spękania, obfitości szczelin (szczególniej skały wapienne).

Gdy powierzchnia ziemi składa się z warstw nieprzepuszczalnych (glina, granit, nieposiadający szczelin), wówczas woda albo szybko po nich spływa, gdy powierzchnia jest pochylona, albo stoi, zabagnia, gdy powierzchnia ma położenie poziome.

Woda wsiąkająca natrafia wreszcie głębiej na warstwę nieprzepuszczalną i zbiera się na niej, tworząc *wodę gruntową*; gdy warstwa ta jest pochyła, wówczas woda spływa po niej podziemnie, tworząc *żyłę wodną*.

Gdy wskutek zagłębienia powierzchni ziemi, warstwa dolna nieprzepuszczalna znajdzie się na powierzchni, lub tak blizko niej, że poziom wody gruntowej przypadnie wyżej od powierzchni ziemi, natenczas woda podziemna występuje na jaw, tworzy *źródło*. Ciekawy przykład tego widzimy na nizinie Lombardzkiej: w północnej jej części spotykamy osady morenowe, a na południe od nich — przepuszczalny pas luźnego rumowiska, naniesionego przez dawne potoki lodowcowe; ru-

http://rcin.org.pl

mowisko to spoczywa na nieprzepuszczalnej glinie, która dalej ku południowi, gdzie rumowisko znika, wychodzi na jaw.

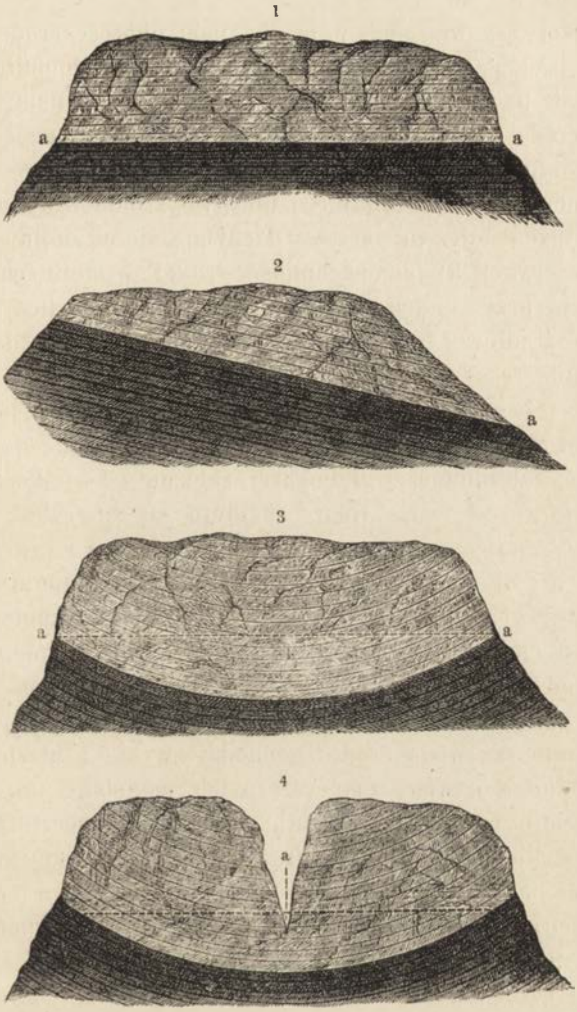


Fig. 78. Różne gatunki źródeł: warstwy nieprzepuszczalne zrobione ciemno, przepuszczalne — jasno. Punkta a oznaczają miejsce źródeł. Linje kropkowane — poziom wody.

Otóż na linji tego wyjścia spotykamy szereg obfitych źródeł („fontanili").

http://rcin.org.pl

Tym sposobem obfitość źródeł w danej okolicy zależy od dwóch warunków: od obfitości opadów i od charakteru oraz położenia warstw.

Pierwszy warunek wyjaśnia nam obfitość źródeł w górach i lasach (gdyż jedne i drugie wpływają na obfitość opadów, jak to niżej zobaczymy). Drugi wyjaśnia nam: 1) obfitość źródeł w dolinach synklinalnych, które mają źródła (a przynajmniej mogą mieć) po obu stronach, gdyż warstwy są tu pochylone ku dolinie; 2) ubóstwo źródeł w dolinach antyklinalnych, gdyż tu warstwy odchylają się od doliny w strony przeciwne; 3) jednostronność źródeł w dolinach izoklinalnych (przy budowie dróg wzdłuż dolin należy unikać strony źródłowej, gdyż tu bywa zabagnienie i zdarza się zesuwanie skał podmytych przez źródła).

Temperatura źródeł. Zmiany temperatury powietrza w ciągu roku nie sięgają zbyt głęboko w ziemię; na pewnej większej lub mniejszej głębokości, zależnej od wielkości zmian temperatury w ciągu roku, znajduje się *warstwa mająca zawsze jednakową temperaturę równą średniej rocznej na powierzchni;* dla tego w głębokich piwnicach temperatura jest mniej więcej jednakowa w ciągu całego roku, zimniejsza niż letnia, a cieplejsza niż zimna na powierzchni; dopiero zaczynając od tej *warstwy obojętnej* w głąb — zaczyna się ów wzrost temperatury, o którym mówiliśmy wyżej (str. 7).

Ponieważ woda źródeł pochodzi zwykle z niezbyt wielkiej głębokości, więc temperatura ich, podobnie jak piwnic, jest zwykle mniej więcej równa średniej temperaturze roku (stąd zwykle źródła krain gorących nie orzeźwiają spragnionego jak nasze; chyba że pochodzą z wysokich gór zwłaszcza śnieżnych). Wyjątkowo zdarzają się źródła z temperaturą wyższą niż średnia roczna i te zowią się *gorącemi* albo *termami;* rozróżniają prócz tego *termy względne* i *bezwzględne* stosownie do tego, czy temperatura ich jest wyższa tylko od średniej rocznej danego miejsca, czy też wyższa od najwyższej średniej na ziemi t. j. od 30° C.

Źródła gorące pochodzą zwykle ze znacznych głębin, więc występują podobnie jak wulkany w okolicach uskokowych; zresztą źródła bijące w pobliżu czynnych wulkanów,

http://rcin.org.pl

mogą też pochodzić z nieznacznych głębin i wysoką swą temperaturę zawdzięczają lawie, która we wnętrzu wulkanu może zachowywać długo wysoką temperaturę. Tak np. źródła gorące występują u podnóża stóp gór Kruszczowych jako linji zapadnięcia (Karlsbad, Marienbad, Teplitz). Źródłem względnie gorącym jest też Jaszczurówka w Tatrach. Ciekawe źródła gorące znajdują się w górach Karakorum: biją one na dnie lodowców i wytopiły sobie w nich otwory, niby kratery, z których bucha para.

Temperatura niektórych źródeł gorących dochodzi w pewnych chwilach do punktu wrzenia i tryska w górę wrzącą fontanną. Źródła takie, napotykane w Islandji, w Nowej Zelandji i w Ameryce Północnej na źródłowiskach Missouri („Park Narodowy"), zowią się *gejzerami*. Fig. 79.

Wybuch gejzeru jest spowodowany tem, że część wody w głębi, zamieniona nagle w parę, wyrzuca tę część, która na niej spoczywała. Objaśnienie takie opiera się na obserwacjach temperatury, czynionych w gejzerze islandzkim: pomiary temperatury, czynione w różnych jego głębokościach, wykazały, iż temperatura wzrasta z głębokością, ale nigdzie nie dosięga temperatury wrzenia, przy danym ciśnieniu: wiadomo, iż temperatura wrzenia jest tym wyższa, im większe jest ciśnienie na powierzchnię wody; im głębiej więc leży warstwa wody, tym temperatura jej wrzenia musi być wyższa, gdyż tym większe jest ciśnienie wody na tej warstwie spoczywającej. Figura 80, przedstawiająca przekrój pionowy gejzeru, objaśnia co powiedziano; cyfry po lewej stronie oznaczają temperaturę obserwowaną, cyfry zaś po prawej — temperaturę wrzenia, odpowiednią do wielkości ciśnienia w danej warstwie.

Widzimy tu, iż wszędzie temperatura rzeczywista jest niższa od tej, jaka przy danym ciśnieniu jest potrzebna do zawrzenia; widzimy dalej, że w warstwie średniej różnica tych dwóch temperatur jest najmniejsza (123,8—121,8): nieznaczne więc wzniesienie się warstwy z temperaturą 121,8 np. do poziomu pp wystarczy do zamienienia jej w parę, która wyrzuci cały słup wody, leżący ponad tem poziomem. Że tu mianowicie, a nie gdzieś w głębi, leży źródło wybuchu, przekonywa

http://rcin.org.pl

nas o tym fakt, iż termometr, umieszczony na dnie gejzeru, nie został podczas wybuchu wyrzucony, ani nawet potłuczony.

Źródła mineralne. Woda źródeł, cyrkulując pod ziemią, rozpuszcza w sobie mniej lub więcej skały, śród których przepływa; ilość tych mineralnych cząstek zależy od warunków rozpuszczalności, to jest od natury skał i od temperatury wody, oraz od zawartości w niej kwasu węglanego. Najczystszą wodę mają źródła z temperaturą zwyczajną, wypływające ze skał trudno rozpuszczalnych, obfitujących w kwarc, jak piasek, granit, gnejs *(woda miękka)*. Najwięcej części mineralnych mają źródła, wytryskające z wapieni i marglu (*woda twarda*), oraz źródła gorące; te ostatnie mogą rozpuszczać nawet kwarc.

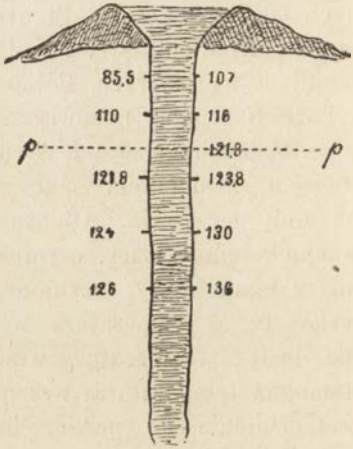


Fig. 80. Przekrój gejzera.

Przy zetknięciu z powietrzem, utraceniu kwasu węglanego i oziębieniu, źródła wydzielają części mineralne, osadzają tak zwany tuf; tak np. źródło Karlsbadzkie, a u nas źródło Kadłubka pod Opatowem osadzają tuf wapienny, gejzer Islandzki — tuf krzemionkowy.

Źródła, bijące z warstw, zawierających sól, są słone: przez odparowanie wody otrzymuje się z nich sól; są to tak zwane *saliny* albo *warzelnie soli* (Ciechocinek, Borysław, wogóle liczne źródła słone we wschodnich Karpatach, źródła nad górną Kamą).

Części mineralne i gazy, rozpuszczone w wodzie źródeł, nadają jej często własności lecznicze: *źródła lecznicze* np. Karlsbad, Krynica, Szczawnica, Busk, Sławinek, Druskieniki, i t. d.

http://rcin.org.pl

Fig. 79. Wybuch gejzera.

http://rcin.org.pl

2. Rzeki.

a) *Ogólna charakterystyka rzeki. Systemat. Dorzecze.* Woda źródeł, napotkawszy na grunt pochyły, *spływa* po nim ku okolicom niższym w wytworzonych przez siebie wyżłobieniach czyli *łożyskach*, mających pewien *spadek*, między *brzegami* (*prawy, lewy*). W dążeniu tym wody wyszukują szczególniej tektonicznych, podłużnych zagłębień, którym nadają stały spadek (ob. wyżej str. 93). Tak płynąca woda tworzy *potoki* (w górach, wogóle przy znaczniejszej pochyłości) lub *strumyki* (na równinach); potoki i strumyki łączą się ze sobą, tworząc *rzeki*.

Rzeka płynie dalej, póki nie dosięgnie morza lub jeziora; zresztą przez jezioro może jeszcze przepłynąć, dążąc dalej do morza. Czasami rzeka kończy się w piasku pustyni wskutek silnego ulatniania wody, albo też znika w szczelinie skalnej. W ostatnim razie (a niekiedy i w przedostatnim) rzeka kończy się tylko pozornie: pod ziemią płynie ona dalej (lub sączy się) i może znów się ujawnić na powierzchni, bądź jako rzeka, bądź jako obfite źródło, bijące niekiedy nawet z dna morza (np. w północnej części Adrjatyku w pobliżu, obfitego w rzeki znikające, Karstu).

Koniec rzeki zowie się *ujściem*.

Po drodze rzeka przyjmuje w siebie rzeki inne, z obu stron nadpływające, które zwą się jej *dopływami* (*prawe* i *lewe*), podczas gdy ona w stosunku do nich stanowi *rzekę główną*. Dopływy rzeki głównej przyjmują znów w siebie dopływy *drugiego rzędu;* te ostatnie przyjmują dopływy *trzeciego rzędu* i t. d. Rzeka główna wraz ze wszystkiemi jej dopływami tworzy gęstą *sieć wodną* albo *systemat rzeki*. Sieć ta bywa bądź symetryczna względem rzeki głównej (Amazonka, Missisipi, Po, Prypeć, Odra szląska); bądź jednostronna (Jenisej, górny Dunaj, Cissa, Garonna); bądź dośrodkowa (Kongo, Sekwana, Elba czeska, Wisła, Dniepr). W ostatnim razie dopływy mogą mieć bieg prawie wprost przeciwny rzece głównej (zwykle powyżej wyłomów), np. u Wisły (Brda), Dniepru (Teterew, Irpień), Wołgi (Świaga), Kongo (Alima, Kuango). Niekiedy ułatwia to podróż w górę systematu rzeki.

http://rcin.org.pl

Odróżnianie rzeki głównej od dopływu powinnoby teoretycznie polegać na długości: ta rzeka śród systematu powinna uchodzić za główną, której źródło leży najdalej od końca systematu (mierząc wzdłuż linji rzecznej). W praktyce jednak dzieje się inaczej: za główną uważa się tę rzekę, która nazwę swą zachowuje od swego źródła do końca systematu; nazwa ta zaś nie opiera się na względach teoretycznych, lecz historycznych, jest dziełem przypadku: plemię jakieś, wędrujące od źródeł w dół rzeki, nadawało jej na całej długości tę samą nazwę, nie troszcząc się o to, że nieraz z boków łączyły się z nią inne rzeki, znacznie dłuższe; tak np. Missisipi zachowuje swą nazwę aż do morza, choć Missouri jest dłuższa.

Obszar, z którego wszystkie wody spływają do systematu jednej rzeki, zowie się jej *dorzeczem*. Dorzecze (a zarazem i systemat) jednej rzeki jest oddzielone od dorzeczy (i systematów) rzek sąsiednich zapomocą linjowej wyniosłości, często niedostrzegalnej, zwanej *linją wododzielną* albo *działem wód*.

Gdy dział wód na pewnej przestrzeni znika lub bardzo się zniża, to wody dwóch systematów rzecznych mogą się połączyć, bądź stale, bądź chwilowo w czasie wysokiego stanu. Zjawisko to zowie się *bifurkacją*, która może więc być albo *stałą* albo *perjodyczną* (np. między Amazonką i Orinoko istnieje bifurkacja stała, między Bugiem i Prypecią perjodyczna).

Prócz tego bifurkacja może występować w *dwojakiej formie:* albo rzeka dzieli się na dwie odnogi *(rozwidla się)*, z których jedna przelewa się do drugiego systematu; albo na linji działu wód leży jezioro, które *rozlewa* wody w dwie strony, do dwóch systematów. Przykładem pierwszej formy jest bifurkacja Orinoko i bifurkacja Obry pod Kościanem; przykładem drugiej rozlewanie się wielu jezior Baltyckiego Pojezierza, tak np. jezioro Lewentin odlewa swe wody częścią na północ do Pregla, częścią na południe do jeziora Spirding, które znów zapomocą Pissy wysyła swe wody do Narwi. Niegdyś Gopło ulegało bifurkacji, rozlewając swe wody do Noteci i Wisły.

http://rcin.org.pl

Bifurkacja pierwszego rodzaju mogła *powstać* albo wskutek plastyki gruntu, która zmusiła rzekę do podziału na odnogi (na równinach przy powolnym biegu); albo przez wsteczną erozję jednej rzeki, która sięgnęła do drugiej i ściągnęła część jej wód (w górach). Bifurkacja drugiego rodzaju powstała albo też przez erozję wsteczną, która sięgnęła do jeziora, mającego już jeden odpływ; albo wskutek przepełnienia jeziora, które nie mogąc wysłać całego przybytku wód przez jeden odpływ, wzniosło swój poziom i przez drugie, choć mniej znaczne, obniżenie w swych brzegach wysłało drugi odpływ (zarówno w górach jak i na równinach).

Bifurkacja jest korzystna dla żeglugi, w razie więc jej braku, ludzie często robią ją sztucznie: przekopują dział wodny *kanałem*, łączącym dwa systematy rzeczne.

b) *Źródła rzeki* leżą najczęściej w górach (gdyż tam pada zwykle więcej deszczu niż na równinach), lub w lasach (gdyż one utrzymują wilgoć gruntu, chroniąc ją od ulatniania). Im góry są wyższe, tym bardziej obfitują w opady; prócz tego na wysokich górach, z powodu nizkiej temperatury, opady występują w formie śniegu, który nawet w lecie nie topnieje (góry alpejskie, wieczne śniegi), lecz zamienia się na swej dolnej granicy przez ciśnienie — w lód, t. j. tworzy lodowce; lodowce te spływają dolinami w okolice niższe i tutaj topniejąc, dają początek rzekom. Tak więc początkiem rzeki, jej „źródłem" może nie być właściwe źródło, wypływające z ziemi, lecz topniejący lodowiec. Rzeki takie, to jest *rzeki alpejskie*, nawet w najgorętszej, najsuchszej porze roku, gdy inne rzeki nieraz wysychają, mają obfitość wody, gdyż wtedy właśnie lodowce najsilniej topnieją. Podobnie regulujący wpływ, choć w mniejszym stopniu, wywierają lasy: w czasie silnej ulewy nie pozwalają one wodom deszczowym szybko spłynąć, gdyż poczęści zatrzymują je mechanicznie, jako przeszkoda na ich drodze, poczęści zaś przy pomocy właściwej roślinności mchowej oraz grubej warstwy próchnicy wciągają wodę na podobieństwo gąbki; przytem, chroniąc grunt od promieni słonecznych i od wiatru, utrudniają ulatnianie wilgoci. Tym sposobem lasy przechowują zbytek spadłej wody na czas posuchy, są jakby rezerwoarami wilgoci. Dlatego to wyniszczenie la-

http://rcin.org.pl

sów bardzo źle wpływa na stan wody w rzekach: zamiast mniej więcej stałego poziomu wody, rzeki w czasie deszczów silnie wzbierają i zrządzają zniszczenie, w czasie zaś posuchy wysychają zupełnie lub prawie zupełnie. Przykładem rzeki krain nadśródziemno-morskich, gdzie lasy z powodu dawności kultury są wyniszczone, a przytem pory, deszczowa i sucha są ostro odgraniczone.

c) *Bieg rzeki.* 1) *Kształt poziomy biegu rzeki.* Linja rzeczna zbacza zwykle mniej więcej od linji prostej: gdyby dorzecze było płaszczyzną pochyłą i złożoną z materjałów jednakowej twardości, bez pęknięć, to rzeki płynęłyby prosto jak krople wody po nachylonej tafli szklannej, tworząc linje równoległe; podobny układ przedstawiają wyrwy, wytwarzane przez wodę deszczową na równych zboczach nasypów kolejowych i grobli. W przyrodzie jednak stosunki podobne mogą się napotykać tylko w przybliżeniu: zamiast równoległości występuje łączenie się rzek pod bardzo ostremi kątami, np. lewe dopływy Dniestru na wyżynie Podolskiej, prawe dopływy Dunaju na wyżynie Bulgarji.

Najczęściej dorzecze jest nierówne, składa się ze skał różnej wytrwałości, podległych przytem tektonicznemu popękaniu w różnych kierunkach; to też rzeki, wymijając w swym biegu wyniosłości i skały wytrwalsze, trudniejsze do wyżłabiania, wybierając linje pęknięć tektonicznych, zbaczają od prostego kierunku, tworzą załamy i krzywizny. Zboczenie rzeki od prostego kierunku, łączącego źródła z ujściem, zowiemy *rozwinięciem rzeki.* Rozwinięcie to można *wyrazić liczebnie* jako stosunek długości rzeczywistej do długości w linji prostej od źródeł do ujścia. Tak np. rzeczywista długość Wisły w linji S^owatej^ wynosi mil 140, odległość zaś od źródeł do ujścia w linji prostej — 70 mil, a więc rozwinięcie Wisły $= \frac{140}{70} = 2$. Zresztą w wyrażeniu tem rzeczywista długość rzeki jest wielkością niedającą się obliczyć dokładnie: im mniejszą jest skala mapy, tym więcej drobniejszych zakrętów rzeki zniknie i pomiar linji rzecznej da liczbę mniejszą. Zboczenie od prostego kierunku polega nietylko na takich wielkich załamach i zakrętach, jakie spotykamy np. u Wisły, Dunaju, Wołgi, lecz i na drobnych, ale bardzo licznych i silnie zakrzywionych, jak np.

http://rcin.org.pl

u Dniestru, Niemna na jego biegu północnym (np. „pętlica" Birsztańska), [1]) Cisy, Mozelli, Mississipi [2]) i t. d. Te drobne zakręty zowią się *serpentynami* albo *wężownicami*.

2) *Kształt pionowy biegu rzeki* od źródeł do ujścia, to jest *pochyłość dna* zmienia się w zależności od kształtu powierzchni

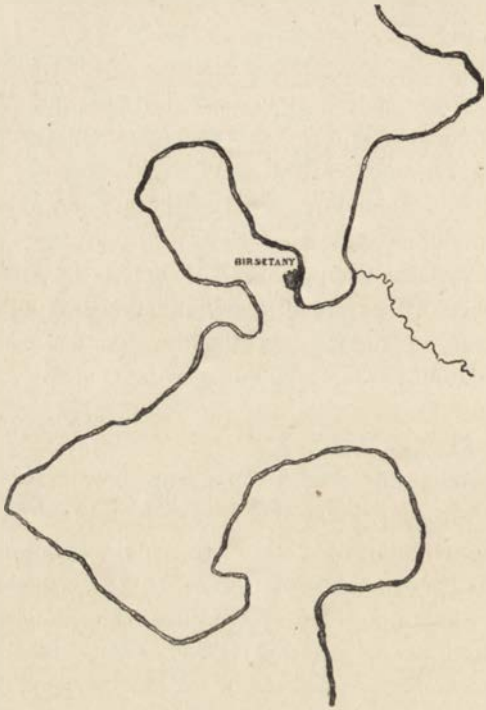


Fig. 81. Wężownice Niemna.

dorzecza i natury skał. Z początku pochylenie jest zwykle większe, a dalej coraz się zmniejsza; czasami jednak pochylenie zmienia się nagle. Te stosunki pochyłości wywierają wpływ na szybkość biegu wody, na *bystrość prądu;* prócz tego ma tu wpływ i szerokość łożyska: gdy łożysko się zwęża,

---

[1]) Już Długosz zauważył tę właściwość Niemna, mówiąc, iż «rzeka ta wykręca się tak wężykowato, że nieraz żeglarze po całodziennej żegludze biorą ogień z ogniska wczorajszego, zakrętami rzeki zbliżonego.»

[2]) Zakręty Mississipi są tak prawidłowe, że dawniej Indjanie i pierwsi osadnicy ilością zakrętów mierzyli odległości.

http://rcin.org.pl

bystrość prądu się zwiększa, gdyż nadpływająca ilość wody, aby odpłynąć ciasnym łożyskiem, musi płynąć prędzej. Przy wielkiej bystrości prądu, wywołanej bądź nierównością dna, bądź zwężeniem łożyska powstają tak zwane, *prądy* lub *prądowiny*. Jeżeli zaś nierówność dna występuje tak nagle, że ujawnia się znaczną nierównością powierzchni wody, to powstają różne postacie *wodospadów*, od nieznacznych, niewiele różnych od prądowin (*katarakty*, *porogi*, *porohy)*, przez wyraźne spadki stopniowe (*kaskady)* do spadków o jednolitej ścianie wodnej (*wodospady właściwe)*.

Wodospady, jak to z powyższego widać, są skutkiem albo nierównej powierzchni kraju (czy też jego podłoża skalistego), której rzeka nie zdołała wyrównać w swoim łożysku, albo też wynikają stąd, iż rzeka, wrzynając się, natrafiała w pewnem miejscu na twardą skałę, której przerznąć dotąd nie zdołała, podczas gdy poniżej tej zapory, w skałach miększych, werznęła się głębiej. Fig. 82.

Fig. 82. Wodospady.

Z tego wynika dalej, że wodospady są zwykle cechą młodości rzek, gdyż przy dostatecznym czasie, rzeka byłaby je już zrównała; stąd to tak liczne wodospady na rzekach Skandynawskiej wyżyny, które zaczęły swą pracę erozyjną dopiero po epoce lodowej. Zresztą czasami wodospad może powstać wskutek nowych zmian (np. zapadnięcia) na dnie łożyska, już dawno wyrównanego.

Przykładem wodospadów są porogi Dnieprowe poniżej Kremieńczuga, katarakty Nilowe pod Assuanem, wodospad Siklawa w Tatrach (utworzony przez Roztokę, odpływ Pięciu Stawów), kaskady (raudale) na Orinoko. Wodospad Renu pod Szaffuzą, Niagary i t. d.

Prądowiny i katarakty niezmiernie utrudniają żeglugę (osobni sternicy do przeprowadzania statków przez porogi Dnieprowe), kaskady zaś i wodospady zupełnie ją przerywają: trzeba towary wyładowywać i obwozić je lądem, albo kopać kanały obwodowe (np. kanał, omijający wodospady Trolhätta na rzece Gota).

W związku ze zmianami wielkości spadku i bystrości prądu, które spotykamy w ciągu biegu rzeki, dzie-

http://rcin.org.pl

limy go zwykle na trzy części: *bieg górny, średni* i *dolny*.

W *biegu górnym* w pobliżu źródeł, najczęściej w górach, rzeka płynie śród doliny wązkiej, zwykle nie szerszej od łożyska; często niema tu nawet miejsca na ścieżkę nadbrzeżną, trzeba nieraz wyrąbywać niższe w skałach lub budować galerję na palach (mosty wzdłuż rzeki!), naprzykład na rzekach płynących z Chin do Indochin. Woda rzeki w tym górnym biegu pędzi bystro, tworzy wiele wodospadów, jest niezdatna do żeglugi, służy tylko do spławu drzewa, bądź zbitego w tratwy, bądź oddzielnemi sztukami; zato ma ważne znaczenie jako motor poruszający młyny, tartaki, fabryki; stanowi to ważne źródło bogactwa dla kraju, szczególniej tam, gdzie niema innego motoru, mianowicie węgla kamiennego, np. w Skandynawji, Lombardji. U nas takie znaczenie ma rzeka Kamienna dla rozłożonych nad nią fabryk żelaznych.

Z powodu wielkiego pędu wody, siła erozyjna rzeki w górnym biegu jest największa: rzeka unosi tu wielkie głazy, i tocząc je po dnie, potęguje swą siłę erozyjną; szczególniej ma to miejsce u stóp wodospadów, gdzie głazy te, wprawione przez spadającą wodę w ruch wirowy, wydrążają głębokie jamy.

W *biegu średnim*, w kraju pagórkowatym, dolina rzeki jest już znacznie szersza od łożyska, które tworzy jakby dolinę w dolinie; pęd wody jest spokojniejszy, dogodny dla żeglugi; zresztą i tutaj zdarzają się czasami wodospady, przerywające na chwilę żeglugę; prócz tego przeszkodą w żegludze są tutaj *mielizny*, osadzone ze żwiru i piasku, gdyż z powodu zwolnienia pędu, siła unosząca rzeki słabnie i grubszy materjał opada na dno. Mielizny te są przytem zmienne, gdyż tutaj erozja walczy z osadzaniem: w czasie wysokiego stanu wody, gdy pęd jej się wzmaga, rzeka porywa znów materjały osadzone przez siebie i przenosi na inne miejsce.

W *biegu dolnym* erozja prawie zupełnie ustaje, zapanowywa osadzanie i to najdrobniejszego materjału — mułu, który odznacza się wielką urodzajnością; stąd kraje zbudowane z mułu rzecznego słyną z urodzajności (Żuławy nad dolną Wisłą, Lombardja, Bengalja, Egipt i t. d.).

http://rcin.org.pl

Nie wszystkie rzeki jednak mają bieg tak normalny: niektóre posiadają tylko bieg górny (np. rzeki Norwegji, które nieraz wodospadami rzucają się do fjordów); inne — tylko bieg średni i dolny (rzeki nizin, np. Skalda); inne znowu mają parę biegów górnych, np. rzeki Afryki, które w pobliżu ujść przerzynają się przez góry i tworzą tu wodospady; jest to ich drugi bieg górny.

W ostatnich czasach zaczęto dzielić bieg rzeki tylko na dwie części: *górski* i *nizinowy;* na tej podstawie dzielimy rzeki na *jednorodne* i *różnorodne;* pierwsze mają tylko jeden gatunek biegu (albo tylko górski, albo tylko nizinowy), drugie składają się z różnych biegów.

Trzeba przytym zauważyć, iż rzeki wyżynowe mają zwykle charakter nie rzek nizinowych, lecz górskich, mianowicie: głębokie skaliste łożysko, pęd bystry, liczne prądowiny. Typowym przykładem rzeki wyżynowej jest Kolorado. Prócz tego należą tu rzeki półwyspu Pirenejskiego (z wyjątkiem Ebro i Gwadalkwiwiru), Dniestr i Boh („szumny") — rzeki wyżyny Podolskiej, a w mniejszym stopniu Wieprz — rzeka wyżyny Lubelskiej.

3) *Stosunek biegu rzeki do plastyki.* Rozpatrując bieg rzeki, łatwo przyjść do przekonania, że jakkolwiek zależy on od plastyki dorzecza, to jednak nie zawsze, jak to widzieliśmy np. na rzekach afrykańskich, oraz jak to wynika z rozbieranych powyżej teorji dolin wyłomowych. Ze względu więc na *stosunek rzek do ich dorzeczy* można rzeki podzielić na zgodne i niezgodne.

Rzeka jest zgodna z ukształtowaniem dorzecza, albo dlatego, że od chwili powstania rzeki, która wyżłobiła sobie łożysko zgodne z kształtem kraju, kształt ten nie uległ radykalnej zmianie: rzeka i dorzecze pozostały mniej więcej w stanie *pierwotnym;* albo dlatego, że w miarę jak kształt kraju ulegał zmianie i rzeka też ulegała odpowiednio zmianie kierunku, *przystosowywała się.*

Rzeka jest niezgodna z ukształtowaniem dorzecza, przerzyna się wpoprzek najwyższych nieraz gór, albo dlatego (jak to już zresztą wiadomo z teorji wyłomów), że mimo zmian w powierzchni kraju, utrzymywała swój kierunek pierwotny, gdyż zmiany zachodziły tak wolno, iż rzeka zdołała je *prze-*

http://rcin.org.pl

trwać, przezwyciężyć (teorja przepiłowania); albo dla tego, iż kierunek rzeki był w zgodzie z dawną, wyżej leżącą powierzchnią kraju, która uległa spłókaniu, i został niejako dziedzicznie *przekazany* powierzchni dzisiejszej; tak jakby np. jakiś deseń źle przylepiony do sufitu spadł na podłogę, nie uszkodziwszy się przytem (teorja epigienetyczna); albo wreszcie dlatego, iż rzeka, posuwając swe źródło w górę, przeniosła je wreszcie na drugą stronę gór; przytem, natrafiwszy tam na inną rzekę, mogła ją, niby rabuś, pociągnąć w swoją stronę, ku swojej dolinie, zmusić do zmiany pierwotnego kierunku (teorja erozji wstecznej lub regresji).

Z powyższego wynika, iż rzeki są rezultatem walki między siłą erozyjną i siłami tektonicznemi, i że pod względem swego stosunku do dorzecza, a zarazem pod względem swego *powstania*, dadzą się podzielić na następujące kategorje i podkategorje.

1) *Rzeki zgodne*
   - a) *Pierwotne*
   - b) *Przystosowane*

2) *Rzeki niezgodne*
   - a) *Przetrwałe*
   - b) *Przekazane*
   - c) *Regresyjne (często złożone)*

d) *Ujście rzeki.* Dwie kwestje mamy tu do rozważania: *miejsce ujścia* i *formę ujścia.*

1) *Co do miejsca,* to może ono, jak wspomnieliśmy, być albo w morzu, albo w jeziorze zamkniętem, albo w piasku pustyni (przypadków, gdy rzeka, po zniknięciu w piasku lub szczelinie skalnej, poniżej znów wypływa, nie bierzemy tu na uwagę, gdyż są to ujścia pozorne). W pierwszym razie rzeka zowie się *zewnętrzną* (może być przytem albo *morska,* albo *oceaniczna*), a obszar jej — *odpływowym;* w dwóch drugich — zowie się *wewnętrzną* albo *kontynentalną,* a obszar jej — *bezodpływowym.* Przyczyną istnienia tych ostatnich rzek jest niedostateczna ilość wody w stosunku do suchości klimatu: rzeka płynie dotąd, póki ilość wody nadpływającej nie stanie się równą ilości ulotnionej. Rzeki, biorące początek w okolicy wyjątkowo obfitej w wodę, są w stanie pokonać napotkaną na swej drodze pustynię, przedostać się przez nią do morza (Nil, Indus, Kolorado).

http://rcin.org.pl

Rzek wewnętrznych posiada najwięcej Azja, jako część świata najbardziej kontynentalna: dzieli się ona wskutek tego, jak wiadomo, na dwie zupełnie różne części: Azję bezodpływową (centralną) i Azję odpływową (peryferyczną).

2) *Co do formy ujścia* to może ono być *deltowe* lub *bezdeltowe*, stosownie do tego, czy rzeka zbudowała przy ujściu ze swego mułu obszar napływowy, nizki i błotnisty, czy też nie. Śród takiego obszaru rzeka zwykle (choć nie zawsze) dzieli się na liczne odnogi, z których zwykle dwie są główne (np. u Wisły, Niemna, Nilu i t. d.) i nadają temu obszarowi (choć nie zawsze) kształt trójkąta; stąd powstała jego nazwa (stosowana pierwotnie tylko do ujścia Nilu), albowiem grecka litera D (Δ), nazywająca się deltą, ma, jak widzimy, kształt trójkąta. Dawniej więc pojęcie delty, jako formy ujściowej, opierało się na kształcie (trójkątnym), było *morfograficzne;* obecnie opiera się na pochodzeniu (obszar ujściowy powstały z mułu rzecznego), jest *gienetyczne.* Obecnie więc np. ujście Ebro uważamy za deltę, choć rzeka nie dzieli się tu całkiem na odnogi; odwrotnie zaś ujścia Amazonki nie uważamy za deltę, choć rzeka dzieli się na trójkątne odnogi (wyspa ujściowa jednak nie jest z mułu rzecznego, lecz starsza, skalista).

Dlaczego jedne rzeki tworzą delty, drugie nie? to trudno rozstrzygnąć, albowiem nieraz rzeki, obfitujące w muł, nie tworzą delt, a ubogie weń — tworzą takowe; tak np. Garonna, nie tworząca delty, jest daleko obfitsza w muł, niż Wisła, która tworzy deltę. Nie dowodzi to naturalnie, żeby obfitość osadów nie miała wpływu na powstawanie delty, tylko—że takowa zależy także i od innych warunków, które ten pierwszy mogą zniweczyć; tak np. obfitość osadów nie przyniesie żadnego rezultatu, gdy morze przy ujściu jest bardzo głębokie, lub gdy silny prąd morski te osady unosi. Tak więc warunkami sprzyjającemi powstaniu delty są obfite osady oraz morze płytkie i spokojne; prócz tego ważnym warunkiem jest zmiana linji brzegowej: zmiana negatywna sprzyja tworzeniu się delt, pozytywna utrudnia takowe.

Rzeki oceaniczne wskutek erozyjnego działania przypływów, wstępujących wgórę rzeki, mają ujścia rozszerzone lejkowato *(estuarja),* np. Elba, Wezera, Tamiza i t. d.

http://rcin.org.pl

e) *Ilość wody w rzece* ulega w ciągu roku większym lub mniejszym zmianom; najstalszy poziom mają, jak wiadomo, rzeki, wypływające z lodowców t. j. alpejskie, oraz wypływające z jezior; — najniestalszy te, które płyną w klimatach z ostro oddzielonemi porami: deszczową i suchą; rzeki takie podlegają *perjodycznym wylewom* (Nil), a w czasie nizkiego stanu niekiedy zupełnie wysychają *(rzeki czasowe)*, np. australijskie *creek*, arabskie *wadi*.

Wahania w stanie wody mogą pochodzić i z innych przyczyn, jak np. zatory lodowe na rzekach, płynących ku północy (Wisła, Peczora), podobnież tamy roślinne na rzekach zwrotnikowych (Nil Biały); nawet silny wiatr, wiejący wgórę rzeki, może przy niewielkim spadku wywołać wylew np. na Wiśle tak zwana „morka" w czasie wiatru, wiejącego od Baltyku; wiadomo też, że w czasie wiatru od zatoki Fińskiej, Newa grozi zalewem Petersburgowi. Zwężenia łożysk potęgują wylewy w częściach rzeki powyżej leżących, np. rzeki węgierskie silnie wylewają wskutek zwężenia Dunaju w Żelaznej Bramie, przez które woda nie może dość prędko spłynąć. Niektóre rzeki, płynące na obszarze lodu gruntowego, znikają po silnych deszczach (gdyż deszcze rozpuszczają lód gruntowy i woda rzeki wsiąka). Niektóre rzeki Azji centralnej znikają w zimie, gdyż z powodu wielkich mrozów oraz małej wody zamarzają aż do dna, a wskutek suchości powietrza lód ulatnia się.

3. Jeziora.

a) *Morfologja jezior.* Jeziora, jak wiadomo, są to kotlinowate zagłębienia lądu, czyli tak zwane *„wanny"*, napełnione wodą.

Napełnienie wodą mogło nastąpić albo przy pomocy źródeł bijących śród zagłębienia (lub wskutek położenia dna zagłębienia poniżej poziomu wody gruntowej), albo przez rzekę płynącą, która napotkała przerwę w ciągłości spadku czyli tamę i nie zdołała jej przerznąć, lub przerznęła tylko w części górnej, nie sięgnąwszy do poziomu dna kotliny („wanny"); albo wreszcie przez morze, które, bądź, ustępując z pewnego obszaru, pozostawiło swą wodę w jego zagłębie-

http://rcin.org.pl

niach, bądź, wkraczając, przerwało tamę, dzielącą je od depresji i zalało takową. Napełnienia wodą deszczową są bardzo zmienne i nietrwałe.

Kotlinowate zamknięcie zagłębień jeziornych może być albo zupełne, tak, iż zbyteczna woda uchodzi tylko przez ulatnianie (lub wsiąkanie w grunt porowaty, oraz szczelinowaty); albo niezupełne tak, iż zbyteczna woda przelewa się przez obniżenie w krawędzi kotliny i odpływa jako rzeka. Stąd jeziora dzielą się na *zamknięte (bezodpływowe)* i *otwarte (odpływowe);* te ostatnie mogą odpływać nie do morza, lecz do jeziora zamkniętego (np. jezioro Genezaret, odpływające do jeziora Martwego). Formą pośrednią są jeziora tylko *pozornie bezodpływowe,* t. j. mające *odpływ podziemny* przez pory i szczeliny gruntu; oraz jeziora *perjodycznie odpływowe* (w czasie wysokiego stanu wód).

Woda jezior odpływowych (oraz bezodpływowych pozornych) jest z nielicznemi wyjątkami „słodka" t. j. bez smaku, taka, jak w rzekach; słoną jest tylko wtedy, gdy jezioro takie jest zasilane przez źródła słone; powstanie jeziora z morza t. j. pierwotne napełnienie kotliny wodą morską, nie ma tu znaczenia, gdyż rzeki, przepływając przez jeziora, zmieniają wkrótce wodę słoną na słodką, „wysładzają jeziora."

Woda jezior bezodpływowych jest słona, podobnie jak w morzach (nieraz nawet bardziej), stąd niektóre jeziora słone nazywają niewłaściwie „morzami" (morze Martwe, morze Kaspijskie). Słoność wody jezior zamkniętych pochodzi stąd, iż woda rzeczna zawiera zawsze pewną, choć bardzo nieznaczną i w smaku niedostrzegalną, ilość rozpuszczonej soli; uchodząc do jeziora zamkniętego, rzeka nie płynie już dalej, a zbytek przynoszonej przez nią wody ulatnia się, podczas gdy zawarta w niej sól pozostaje w jeziorze. Proces taki, odbywając się przez wieki, musiał nagromadzić w jeziorach zamkniętych tak znaczną ilość soli, iż woda ich otrzymała wyraźny smak słony.

Czasami jednak zdarzają się jeziora zamknięte z wodą słodką (lub mało słoną, słonawą); ma to miejsce albo wtedy, gdy jezioro jest tylko pozornie zamknięte, posiada odpływ podziemny (jeziora krain wapiennych); albo gdy stało się zamknię-

http://rcin.org.pl

tem dopiero niedawno (przez zatamowanie lub zniżenie poziomu wody) tak, iż sól nie miała czasu jeszcze się nagromadzić; albo gdy jezioro tylko chwilowo staje się zamkniętem (w czasie suszy); dalej: gdy wskutek zmiany klimatu na wilgotniejszy, z drobnego jeziorka słonego utworzyło się przez obfity napływ wody rzecznej jezioro daleko większe. Wreszcie, gdy grunt okoliczny, z którego rzeki płyną, nie posiada soli.

Jeziora zamknięte ulegają znacznym *wahaniom poziomu wody* (w zależności od opadów), a w razie nizkich brzegów— także i znacznym zmianom powierzchni (np. jezioro Tsad jest w czasie deszczów kilka razy większe niż w czasie suszy), tak iż niekiedy przy wysokim poziomie wody średnia głębokość jeziora jest *mniejsza*, niż przy nizkim.

Rozkład jezior zależy od rozkładu zagłębień kotlinowatych, zgóry więc można wymienić obszary, gdzie jeziora występować mogą. Będą to mianowicie obszary, gdzie erozja rzeczna nie zdołała jeszcze wytworzyć prawdziwych dolin o spadku ciągłym; to zaś znów może mieć miejsce albo tam, gdzie erozja jest *słaba* w stosunku do innych sił kształtujących (fałdowania, zapadania, wulkanizmu i t. d.); albo tam, gdzie działa *niedawno*.

Słabą jest erozja tam, gdzie klimat jest suchy (stąd liczne jeziora w Azji centralnej) lub gdzie grunt jest szczelinowaty, tak, iż woda płynąca znika pod ziemią (jeziora Karstu, Jury). Niedawno działa erozja na zagłębienia kotlinowate, albo tam, gdzie same kotliny powstały niedawno, a więc w górach tektonicznych młodych (stąd jeziora nazwano „wdziękiem młodości gór"), a zwłaszcza w wulkanicznych, gdyż wulkany wytwarzają kotliny szybko (więc erozja jest względnie słaba); albo tam, gdzie woda niedawno zaczęła płynąć, jak to ma miejsce na obszarach, niedawno wynurzonych z morza (stąd jeziora nadbrzeżne), oraz na obszarach, które niedawno dopiero pozbyły się pokrywy lodowcowej; stąd liczne jeziora w okolicach Baltyku i zatoki Hudsońskiej, oraz jeziora wysokich gór (np. alpejskie, tatrzańskie); przytem jeziora te w wyższych szerokościach sięgają podnóża gór (np. Alpy) w niższych zaś nie (Himalaje), albowiem w pierwszych pokrywa lodowcowa sięgała niżej, niż w drugich. Związek jezior z dawnem zlo-

http://rcin.org.pl

dowaceniem jest tak ścisły, że jeziora nazwano „przewodniemi skamieniałościami epoki lodowej" (ob. str. 42). Wreszcie niedawno działa erozja tam, gdzie niedawno klimat suchy zmienił się na wilgotny.

b) *Powstanie albo gieneza jezior.* Kwestja powstania jezior sprowadza się do kwestji powstania kotlinowatych zagłębień; zagłębienia zaś mogą, jak wiadomo, powstać albo przez zbudowanie (*jeziora tektoniczne i akumulacyjne)*, albo przez zburzenie *(jeziora erozyjne);* prócz tego zagłębienie o ciągłym spadku może być zamienione na kotlinowate przez wzniesienie wpoprzek jakiejś tamy *(jeziora tamowe*).

1) *Jeziora tektoniczne* mogą powstać: aa) na dnie fałdowej niecki o przerwanym spadku; takie jeziora występują głównie w skałach wapiennych, gdyż tam erozja działa słabo, więc nie wytworzyła spadku ciągłego, a przytem wapień daje mało osadów, mogących wypełnić zagłębienie (jeziora Jury, Karstu), bb) na dnie zapadnięcia fosowatego (jezioro Martwe, Tanganika, Loch-Nes, Wetter, Balaton); cc) wskutek obniżenia się pewnej części dorzecza, przez co odpływ rzeki został wstrzymany; takiego pochodzenia są jeziora u stóp Alp: cały obszar Alp po ich powstaniu uległ obniżeniu, dowodzi tego pochylenie dna jezior i niektórych tarasów nadrzecznych *ku* Alpom; tak zdaje się też powstał zabagniony obszar przy spływie Gasalu i Gebelu, będący dawniej jeziorem: połączona rzeka zwraca się chwilowo na wschód widocznie wzdłuż południowej krawędzi obszaru nieobniżonego. Podobny przykład przedstawia podmokła nizina Galicyjska w widłach Wisły i Sanu; dd) czasami zapadnięcie może być, jak wiadomo, skutkiem podmycia przez wodę (w krajach wapiennych, gipsowych i solnych); do takich należy zapewne jezioro Ochrida w Albanji i Janina w Epirze, leżące w skałach wapiennych; ee) zapadają się też zakrzepłe pokrywy nad potokiem lawy, która wypłynęła, pozostawiając jaskinię (np. jezioro Myvatn w Islandji).

2) *Jeziora akumulacyjne.* Są to jeziora, leżące w zagłębieniach materjału nierówno usypanego; tu należą *jeziora morenowe* (np. na Baltyckiem Pojezierzu), *kraterowe* w zagłębieniach popiołu usypanego dokoła, *diunowe* (te

http://rcin.org.pl

ostatnie mogą wędrować, parte przez posuwającą się diunę) i t. d.

3) *Jeziora erozyjne* mogły powstać: wskutek *erozji wirującej wody* u stóp wodospadu („garnki olbrzymie"), gdy rzeka zmieni łożysko; wskutek *erozji lodowcowej;* przykładem są jeziora gór wysokich w tak zwanych cyrkach, to jest kotlinach kształtu stożka ściętego odwróconego do góry (jeziora tatrzańskie). Wskutek *erozji wietrzanej*, mianowicie, gdy wiatr

Fig. 83. Garnki olbrzymie.

wywieje materjał zwietrzały; zresztą zagłębienia tego rodzaju, występujące w pustyniach, rzadko są napełnione wodą, zwykle są wyłożone skorupą solną, pozostającą po wyparowaniu wody. Dalej wskutek *erozji wulkanicznej*, t. j. wybuchu, który wyrwał w ziemi otwór, są to tak zwane *maary;* spotykamy je w Eifelu, Owernji, górach Albańskich pod Rzymem. Zresztą maary mogą też powstać przez zapadnięcie się gruntu, podminowanego zdołu ognistą lawą, która, roztapiając skały, wytwarza jaskinie; przykładem jezioro lawy wrzącej, Kilauea.

http://rcin.org.pl

Wreszcie jeziora mogą powstać wskutek *erozji ogniowej* naziemnej: wypalone torfowiska pozostawiają zagłębienia, które mogą się napełnić wodą; jeziora takie, zwane *wyżarami*, znajdują się np. w gub. Mińskiej.

4) *Jeziora tamowe* dzielą się na różne gatunki, stosownie do natury tamy.

Tama mogła powstać przez osadzenie moreny, przez stoczenie się rumowiska z góry, przez osady dopływu, które

Fig. 84. Rybie jezioro w Tatrach.

napełniły rzekę główną; odwrotnie woda rzeki głównej, przez wzniesienie poziomu (wskutek podniesienia dna przez osadzanie mułu), może zatamować dopływy, które przy ujściach zmienią się w jeziora mniej więcej prostopadłe do rzeki głównej (np. jeziora wzdłuż Warty w Poznańskiem). Bobry w Ameryce Północnej budowlami swemi zatamowują rzeki, które tworzą jeziora; po spłynięciu jezior pozostają śród puszcz polanki łąkowe. Potok lawy może zatamować rzekę i utworzyć jezioro np. jezioro Yellowstone w „Parku Narodowym," a być może i jezioro Nicaragua. Lodowiec, przyrastający, może

http://rcin.org.pl

zatamować rzekę; powstające tym sposobem *jeziora lodowcowe*, są nietrwałe: parcie wody niszczy tamę, a wtedy masy wody i kawałów lodu rzucają się na niższą część doliny, sprawiając straszliwe zniszczenie (górale do jezior takich odprawiają błagalne procesje, jak gdzieindziej—do groźnych wulkanów).

Należy tu wreszcie zauważyć, że powyższe kategorje jezior nie występują zwykle w formie zupełnie czystej, t. j. niezłożonej: najczęściej na powstanie kotliny jeziornej składa się wiele przyczyn: każde dane jezioro należy zwykle równocześnie do paru kategorji. Tak np. na powstanie jezior alpejskich i tatrzańskich wpłynęło też w większym lub mniejszym stopniu zatamowanie morenowe.

II) Zmiany wód lądowych.

1. Zmiany źródeł.

Że źródła ulegają zmianie miejsca, wiemy już z erozji wstecznej. Co do ilości wody, to np. wycięcie lasów wywołuje zubożenie jej w źródłach, a nawet całkowite ich znikanie. Znaczny wpływ na zmiany źródeł wywierają dyslokacje warstw, zdarzające się przy trzęsieniach ziemi: przez zamknięcie się jednych szpar, a otworzenie nowych, mogą jedne źródła znikać, a inne powstawać; temperatura ich i skład wody mogą ulegać zmianom. Bywają też źródła, ulegające zmianom perjodycznym (o giejzerach jużeśmy mówili): płyną one w czasie deszczów, znikają w czasie suszy; w Australji odkryto niedawno tak zwane źródła nocne, które płyną tylko w nocy: zjawisko to objaśniają rozszerzaniem się skał od gorąca dziennego, przyczem szczeliny, przez które źródło płynie, mogą się zamykać; ponieważ jednak erozja wody wypływającej powinna była rozszerzyć sobie dostatecznie szczelinę wypływu, więc znikanie źródła w dzień, właściwiej będzie chyba przypisać obniżaniu się poziomu wody gruntowej w czasie dnia, zwłaszcza tak upalnego, jak w Australji.

2. Zmiany rzek.

Zmiany rzek w rzucie poziomym mogą być dwojakie: rzeka może albo *przesuwać* swe łożysko albo je *przerzucać;*

http://rcin.org.pl

w pierwszym razie wszystkie punkta, leżące między nowem łożyskiem i dawnem, były kolejno zajmowane przez rzekę; w drugim razie rzeka, zmieniając łożysko, wymija obszar między nowem i dawnem.

Przesunięciu łożyska podlegają zwykle rzeki, których spadek tak się zmniejszył, iż rzeka już nie wrzyna się w głąb, lecz podmywa brzegi; zwykle jeden brzeg jest podmywany bardziej i tym sposobem rzeka przesuwa się ku tej stronie. Kierunek przesuwania zależy od kierunku wiatru, który bądź bezpośrednio, bądź przez nawiewanie piasku na rzekę wywołuje parcie wody na brzeg przeciwległy; toż samo może sprawić silniejsze gromadzenie osadów przez dopływy jednej strony niż drugiej; tak np. z powodu obfitszych osadów przynoszonych (w epoce lodowej) rzece Po z Alp, niż z Apeninów, rzeka ta została przyparta ku tym ostatnim; lecz od czasu epoki lodowej, z powodu zubożenia dopływów alpejskich w osady, które pozostają w jeziorach; dopływy apenińskie zaczynają przeć rzekę w kierunku przeciwnym, to jest ku Alpom; dowodzą tego osady alpejskie znalezione zapomocą wiercenia po południowej stronie rzeki; tylko w Piemoncie dopływy alpejskie nie oczyszczane w jeziorach naciskają rzekę Po ku samym Apeninom. Podobnież Cissa posuwa się ku zachodowi pod naciskiem osadów przynoszonych przez dopływy siedmiogrodzkie.

Gromadzenie się osadów wpływa też na coraz większe przesuwanie się dopływu w stronę biegu rzeki głównej, albowiem najwięcej osadów gromadzi się w kącie górnym to jest powyżej połączenia się dopływu z rzeką główną, podczas gdy w kącie poniżej połączenia, dopływ party wywiera erozję boczną; tym sposobem kąt powyżej połączenia staje się coraz ostrzejszy, dopływ zbacza coraz bardziej w kierunku biegu rzeki głównej, np. dopływy Po; rzeka Adyga przez takie zbaczanie wyswobodziła się zupełnie z roli dopływu, stała się rzeką samodzielną. Podobny przykład zboczenia przedstawia Ill, płynący długo równolegle do Renu. Dalej kierunek zboczenia rzeki zależy od natury skał, tworzących brzegi: naturalnie, rzeka przesuwa się w stronę brzegu miększego; — od pochyłości warstw, śród których leży łożysko: rzeka

http://rcin.org.pl

zesuwa się niejako, ześlizguje po pochyłości warstw; — od wysokości brzegu: brzeg wysoki mniej ulega zniszczeniu, niż nizki lecz stromy, gdyż w pierwszym razie przy małym nawet podmyciu i oberwaniu, wpada do wody tyle materjału skalnego, iż rzeka ma zbyt wiele roboty z jego usunięciem; wreszcie kierunek zboczenia zależy też, być może, od wirowego ruchu ziemi, który na północnej półkuli wywiera parcie wody, zresztą bardzo nieznaczne, ku stronie prawej, na południowej półkuli — ku lewej.

Przerzucanie łożyska zdarza się tam, gdzie erozja rzeki ustąpiła już całkowicie miejsca akumulacji: rzeka osadami swemi zatyka sobie łożysko, podnosi je i wreszcie opuszcza, szukając nowego (jeżeli tylko część wód uda się inną drogą, to może powstać, jak wiadomo, bifurkacja); przykładem jest Hoangho, która z powodu zmian łożyska i związanych z tem powodzi, została nazwana „utrapieniem Chin."

Przerzucenie się łożyska może też być, jak to już widzieliśmy, skutkiem erozji wstecznej: rzeka opuszcza swe dawne łożysko i rzuca się w inne, przygotowane przez drugą rzekę; z początku tylko część wody może być tym sposobem uprowadzona i wtedy powstaje bifurkacja, która jednak jest mniej trwała, niż powstała w sposób poprzednio wymieniony; zczasem bifurkacja znika: pierwotna rzeka „pozbawiona głowy", to jest górnej części, w dolnej części prowadzi jakiś czas nędzny żywot, tocząc zubożałe wody śród szerokiej doliny, której napełnić już nie może i wreszcie całkiem wysycha.

Dalej tektoniczne ruchy gruntu mogą wpływać na przerzucenie łożyska o ile rzeka nie zdoła przezwyciężyć wzniesienia (obacz wyżej o wyłomach) lub zostanie pociągnięta przez obniżenie i uskoki. Tej przyczynie przypisywano mniemane przerzucenie łożyska Amu-Darji, która miała jakoby dawniej wpadać do morza Kaspijskiego wzdłuż południowej krawędzi Ust' Urta; najnowsze badania jednak obaliły to przypuszczenie, wykazując zupełny brak osadów rzecznych wzdłuż mniemanego dawnego łożyska, i to pomimo że Amu-Darja należy do rzek najbardziej obfitujących w muł.

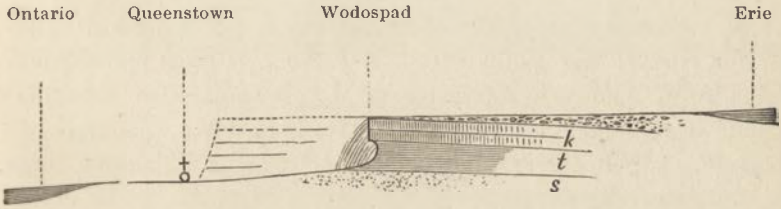
Odpowiedniejszy być może przykład przedstawia Wisła; niegdyś płynęła ona na zachód Warszawy przez dolinę No-

http://rcin.org.pl

teci i Haweli, następnie łożyskiem dolnej Elby wpadała do morza Niemieckiego. Później Wisła otworzyła sobie drogę do zatoki Szczecińskiej, wreszcie do Gdańskiej; drogi te zostały utorowane, bądź przez uskoki, bądź przez potoki, spływające na południe z ustępującej ku północy krawędzi lodowca diluwialnego. Dawne ujścia Prawisły zostały użyte przez dawne jej lewe dopływy, Elbę i Odrę.

Wpływ na przerzucanie łożyska wywierają też zatory lodowe, oraz tamy roślinne śród bujnej roślinności zwrotnikowej.

Przerzucenia łożysk na małą skalę odbywają się wskutek przecinania serpentyn, przez co rzeka skraca sobie drogę; z początku może tylko część wód pójść tą prostą drogą i po-



85. Niagara.

s – piaskowiec, *t* – łupek gliniany, *k* – wapień.

wstaje wyspa, lecz pęd wody po linii krótszej jest silniejszy i wskutek tego zczasem stare łożysko zostaje zupełnie opuszczone, resztka wody tworzy tam tylko jezioro nakształt rogala lub sierpa („jeziora księżycowe").

Do zmian rzek w rzucie poziomym, prócz przesunięć i przerzuceń należy też zaliczyć *wydłużanie się* i *skracanie rzek.*

Rzeka może się wydłużać bądź w górę przez erozję wsteczną, bądź w dół przez wkraczanie delty w morze, wogóle przez negatywną zmianę linji brzegowej. Rzeka może się skracać bądź wskutek odciągnięcia części jej biegu górnego przez inną rzekę-rabusia („pozbawienie głowy"), bądź wskutek pozytywnej zmiany linji brzegowej („utopienie rzeki"). Niekiedy rzeka może ulec tektonicznemu przerwaniu, tak, iż dolna jej część zamrze; np. deltowe osady rzeki Arso w Istrji spotykamy na wyspie, leżącej stąd na południe, niegdyś połączonej z Istrją.

http://rcin.org.pl

Prócz powyższych zmian w rzucie poziomym, rzeka ulega też *zmianom w rzucie pjonowym:* pogłębia ona i wyrównywa swe łożysko, wskutek tego wodospady, właściwe rzekom młodym, zczasem znikają. Najszybszemu zniszczeniu podlegają te wodospady, których krawędź składa się z warstw wapiennych, spoczywających na glinie: woda wypłukuje z pod spodu glinę, a wapień, pozbawiony podstawy, obłamuje się; tym sposobem wodospad cofa się wciąż w górę rzeki, zniżając się zarazem; przykładem tego jest wodospad Niagary a także Narowy (odpływu jeziora Pejpus). Ob. fig. 85.

3. Zmiany jezior.

Pomijając nieznaczne zmiany miejsca czyli wędrówkę jezior partych przez diuny (np. Lob Nor), o czem już wspominaliśmy, zmiany jezior wyrażają się głównie w ich zabagnianiu się i znikaniu. Pochodzi to stąd, iż rzeki wpadające do jezior napełniają zagłębienie rumowiskiem i mułem, oraz stąd, iż rzeki wypływające z jezior, pogłębiając przez erozję swe łożyska, sprowadzają naturalne spuszczanie jezior. Wskutek tego podwójnego działania—wypełniania zagłębień i ułatwiania odpływu wody, jeziora zmniejszają się, rozpadają na mniejsze, zabagniają się, „wygasają." Najszybciej znikają jeziora w górach i to dżdżystych, gdyż tam i gromadzenie osadów na dnie i erozja odpływu działają najenergiczniej; stąd np. na południowych stokach Himalajów, najobfitszych w deszcze na ziemi, nie spotykamy jezior, a na północnych stokach, suchych, znajdują się takowe. Jednak i na równinach, w ciągu długich perjodów czasu, jeziora ulegają znacznym zmianom; przykładem tego jest okolica Goplańska: stanowiła ona niegdyś wielkie jezioro, które następnie rozpadło się na kilka drobniejszych, jak Gopło, Śleszyńskie i inne; jezioro Śleszyńskie spływało dawniej do Warty, lecz następnie, zapewne wskutek podniesienia się dna i poziomu tej rzeki (przez osadzanie mułu) jezioro otrzymało przewagę na północ ku Gopłu, a dawny odpływ do Warty, Goplenica, wysechł.

Znikające jeziora zmieniają się z początku w *bagna;* zabagnienie jeziora może być przyśpieszone przez bujną roślin-

http://rcin.org.pl

ność wodną, porastającą bądź na dnie, bądź pływającą i tworzącą kożuch *(trzęsawisko)*; tym sposobem zabagnienie jeziora pod wpływem roślinności może postępować dwiema drogami: albo z dołu do góry (osadzanie gnijącej roślinności na dnie), albo z góry na dół (grubienie kożucha, który zczasem dosięga dna).

II) Woda morska.

1. Rozkład i poziome ukształtowanie morza.

Rozkład morza jest naturalnie uwarunkowany rozkładem lądu, a rozczłonkowanie *morza całego*, *wszechoceanu*, na pojedyńcze *oceany, morza, zatoki* i *cieśniny*, jest uwarunkowane rozczłonkowaniem lądu na pojedyńcze lądy, części świata, półwyspy i wyspy.

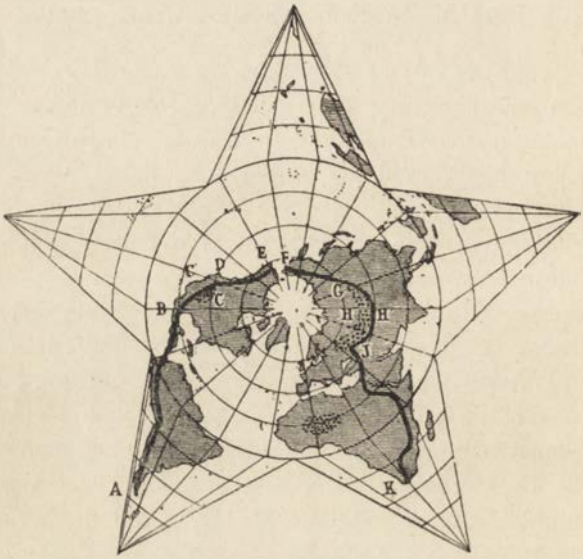
Wiadomo więc nam już z nauki o lądzie, że woda morska zajmuje głównie półkulę południowo-zachodnią, że w pobliżu bieguna południowego morze oblewa ziemię dokoła, stanowi obszar nieprzerwany, ocean okołoziemny (*Ocean Lodowaty Południowy* czyli *Antarktyczny)*. Od tego obszaru morze wysyła na północ odnogi, z których jedna *(Ocean Indyjski)* kończy się wkrótce u południowych brzegów Azji, podczas gdy dwie drugie (*Ocean Wielki* i *Atlantycki)* sięgają daleko na północ aż do okolic koła biegunowego północnego, gdzie się spotykają z *Oceanem Lodowatym Północnym* albo *Arktycznym;* przyczem połączenie Oceanu Wielkiego z Arktycznym jest wązkie i płytkie (cieśnina Beringa), połączenie zaś Atlantyckiego — szersze i głębsze.

Oceany też wysyłają w ląd obszary pomniejsze, *morza,* bądź leżące u krawędzi lądu (morza *skrajne*, które mogą być *otwarte*, albo *zamknięte* wyspami); bądź wnikające głęboko w ląd (morza *śródziemne).* Obszary jeszcze mniejsze nazywamy *zatokami, odnogami* (mówiliśmy już o nich przy wybrzeżach). Różne części mórz łączą się nieraz ze sobą za pomocą *cieśnin,* które dzielą lądy lub wyspy, przecinając najczęściej wpoprzek łańcuchy gór. Powstają one zwykle wskutek zapadnięć (cieśnina Gibraltarska), czasami wskutek erozji morskiej (Calais) lub zalewu dolin rzecznych (Matoczkin Szar).

http://rcin.org.pl

Rzadsze są cieśniny podłużne powstałe przez zalanie dolin podłużnych; są one znacznie dłuższe od cieśnin poprzecznych (np. cieśniny Malacka, Tatarska, cieśniny u wysp Dalmackich).

Oceany są połączone morską brózdą poprzeczną, śródziemną, która, jako brózda zapadnięcia, odznacza się zjawiskami wulkanicznemi i trzęsieniami ziemi; przerwy lądowe dzielące te brózdę: przesmyk Panamski i Suezki, są niedawne-



86. Dział wód.

go pochodzenia (w późnym trzeciorzędzie); ostatni został nanowo przekopany kanałem, a przecięcie pierwszego jest oddawna projektowane. Wzdłuż tej brózdy więc będzie można z czasem opłynąć ziemię dokoła.

Brzegi oceanu Wielkiego (a poczęści i Indyjskiego) ciągną się równolegle do gór na lądzie, które przypierają prawie bezpośrednio do brzegów *(typ pacyficzny)*. Brzegi zaś oceanu Atlantyckiego ciągną się poprzecznie do gór *(typ atlantycki)*; dlatego *zlewisko* tego ostatniego, t. j. obszar, który *wysyła* mu swe wody rzeczne, jest daleko większy niż zlewisko oceanu Wielkiego.

http://rcin.org.pl

Obszary oceanów (wraz z morzami ubocznemi).

Arktyczny	14	miljonów km. □
Atlantycki	88	„ „
Indyjski	74	„ „
Wielki	175	„ „
Antarktyczny	15	„ „

Cały obszar oceanów z morzami wynosi, jak wiadomo, 366 miljonów km. □.

2. Pjonowe ukształtowanie morza.

(Poziom morza, dno morskie).

Przy ukształtowaniu pjonowem morza mamy do rozważania dwie jego powierzchnie: górną, na zetknięciu z atmosferą czyli *poziom morza* i dolną, na zetknięciu z twardą skorupą czyli *dno morskie.*

a) *Poziom morza.* Gdyby cała ziemia składała się z wody jednakowego składu i była nieruchomą, natenczas jej wodna powierzchnia na zasadzie wzajemnego przyciągania cząstek wody przyjęłaby kształt powierzchni *doskonałej kuli*; lecz ziemia znajduje się w ruchu; wskutek wirowania, jak wiadomo, rodzi się siła odśrodkowa, powierzchnia więc morza musi przyjąć pod wpływem dwóch sił: przyciągania cząstek i siły odśrodkowej, kształt powierzchni elipsoidu obrotowego (obacz wyżej str. 2).

Ale nie dość na tem: nawet tak zmieniona, ale w każdym razie matematycznie prawidłowa powierzchnia ostać się nie może, gdyż ziemia nie składa się wyłącznie z wody, lecz także i z lądów; lądy masą swą wywierają przyciąganie na wodę, w ich sąsiedztwie będącą; wskutek tego powierzchnia jej u lądów będzie się wznosiła, i to rozmaicie, stosownie do wysokości lądów i ciężkości mas je składających. Taką nieprawidłową powierzchnię (przedłużoną w myśli pod powierzchnią lądów), która nie da się określić matematycznie, ale niezbyt różni się od powierzchni elipsoidu obrotowego, nazwano powierzchnię *gieoidu.* Tak więc powierzchnia morza czyli *poziom morza* jest *powierzchnią gieoidu.* Ta defor-

http://rcin.org.pl

macja (odkształcenie) elipsoidu przez przyciąganie lądów jest jednak zmniejszona przez większą, jak się zdaje, grubość skorupy ziemskiej pod dnem morskim, która swym przyciąganiem przeciwdziała przyciąganiu lądów. To też deformacje te nie są tak znaczne, jak dawniej sądzono: według nowszych obliczeń powierzchnia gieoidu nigdzie nie zbacza od powierzchni elipsoidu więcej niż na ± 200 m.

Prócz tego nie wszędzie jednakowa słoność, a więc i gęstość wody morskiej, oraz panujący kierunek wiatru, napędzającego wodę ku pewnym wybrzeżom, mogą wywoływać nieznaczne różnice poziomu (o zmianach chwilowych, jak fale i przypływy, będzie mowa niżej).

b) *Dno morza.* Dno morskie można rozważać: 1) ze względu na jego ukształtowanie czyli *plastykę* i 2) ze względu na jego *skład.*

1) *Plastyka dna.* Jak ukształtowanie powierzchni lądu poznajemy zapomocą pomiarów wysokości, tak ukształtowanie dna morskiego — zapomocą pomiarów *głębokości;* te ostatnie są daleko trudniejsze, dlatego dopiero w ostatnich czasach doszliśmy do lepszego wyobrażenia o ukształtowaniu dna.

Za największą głębokość do ostatnich czasów uchodziły 8,500 m. znalezione w oceanie Wielkim na wschód wysp Kurylskich i Japońskich, podczas gdy w oceanie Atlantyckim znaleziono tylko 8,300 m. na północ Porto Rico, a w oceanie Indyjskim w kącie między wyspami Sunda i Australją 6,200. Oceany, Arktyczny i Antarktyczny są płytsze. Morza uboczne, z wyjątkiem niektórych śródziemnych (Amerykańskie i Romańskie), są znacznie płytsze: z morza Niemieckiego np. sterczałyby najwyższe szczyty kościołów, a z Azowskiego — nawet maszty zatopionych okrętów.

Dopiero w roku 1895 znaleziono w południowej części oceanu Wielkiego między Nową Zelandją i wyspami Tonga, głębokość większą, mianowicie blizko 9,500 m.

Na podstawie licznych pomiarów głębokości, przekonano się, że ląd zanurza się pod wodę z początku bardzo łagodnie aż do 200 m. głębokości; odtąd dopiero spada naglej do wielkich głębin.

http://rcin.org.pl

Plastyka dna nie przedstawia wogóle takiego urozmaicenia, jak powierzchnia lądów: gdyby można było usunąć wodną zasłonę, pokrywającą przed nami dno morskie, to rozwinęłyby się przed nami krajobrazy niezwykle nużące swą monotonnością (z nielicznemi wyjątkami, o których niżej), wyglądające prawie jak matematyczne płaszczyzny o pochyleniu tak małem, iż oko nie byłoby w stanie go zauważyć. Przyczyną tej monotonji jest poczęści to, że na dnie morza nie działają te siły zewnętrzne rzeźbiarskie, które urozmaicają powierzchnię lądu, wyżłabiając doliny; prócz tego dyslokacje są tam, zdaje się rzadsze, zapewne z powodu większej grubości skorupy; wszędzie więc prawie zalegają świeżo osadzone warstwy ziemiste o poziomym lub prawie poziomym położeniu; gdy bowiem świeże osady ułożą się tam zbyt pochyło, to nasiąknięte wodą ulegną łatwo ześlizgiwaniu, które wyrówna pochyłość. Za to gdy się wyjątkowo na dnie morza napotka nierówność (budowę koralową, stożek wulkanu, zapadnięcie), której jeszcze nie zdążyły pokryć osady, wówczas pochyłość jej z tego samego powodu (braku czynników zewnętrznych, burzących) jest tak znaczna, jak rzadko bywa na górach lądowych.

Z powyższego widzimy, że o ile plastyka lądu rzadko bywa w zgodzie z tektoniką, o tyle plastyka dna morskiego jest przeważnie wyrazem jego tektoniki.

Wyżej wspomniane (i inne) największe głębiny (przeszło 6000^m) mają formę fos i powstały prawdopodobnie, jak i fosy lądowe, wskutek zapadnięć. Leżą one prawie wszystkie w pobliżu krawędzi lądów, bądź obecnych, bądź dawnych.

Na podstawie licznych pomiarów głębokości zdołano obliczyć też *średnią głębokość oceanów* i wogóle *oceanu:* głębokość samego oceanu wynosi około 4 km. z morzami zaś ubocznemi około $3^1/_2$ km. czyli około $^1/_2$ mili.

Tak więc średnia głębokość oceanu przewyższa pięć razy średnią wysokość lądu (700 m.), choć maksymalna głębokość nie wiele się różni od maksymalnej wysokości. To pokazuje, że na lądzie wielkie wysokości są wyjątkami, przedstawiają pojedyńcze *punkta,* na oceanie zaś większe głębokości są regułą, zajmują wielkie *obszary.*

http://rcin.org.pl

Znając powierzchnię i średnią wysokość (głębokość) lądu lub morza, możemy znaleźć *objętość* (mnożąc podstawę przez średnią wysokość).

Mniej jednak pouczającemi są otrzymane tym sposobem olbrzymie cyfry absolutne, niż *stosunek* objętości morza do lądu: ponieważ powierzchnia morza jest $2^1/_2$ raza większa, a głębokość 5 razy większa niż wysokość lądu, więc objętość morza jest $2^1/_2 \times 5 = 12^1/_2$ razy większa niż lądu, tak iż ląd, sterczący nad wodą, trzebaby $12^1/_2$ razy wrzucić w głębiny morza, aby je całkowicie wypełnić. Ale to, co nazywamy zwykle lądem, stanowi tylko górne odcinki wyniosłości skorupy ziemskiej, sterczących ponad dnem oceanu: wyobraźmy sobie, że oceany wyschły, to natenczas odsłonią się podwodne postumenty lądów i będą sterczały po nad dnem morskim jak olbrzymie wyżyny; wzniesienie średnie tych wyżyn będzie = średniej głębokości morza (3500 m.) + średniej wysokości lądu (700 m.) = 4200 m.

Objętość tak pojętego lądu, jako 6 razy wyższego, byłaby już tylko $12^1/_2 : 6 =$ blizko 2,1 razy mniejsza od objętości morza, więc tak pojęte lądy dałyby się tylko 2,1 razy wrzucić do głębin oceanów. Gdyby morze pochłonęło cały ten ląd, gdyby masa lądowa została zniesiona i jednostajnie na dnie morza ułożona, to zalałoby ono całą ziemię na głębość $2^1/_2$ km., t. j. prawie tak wielką jak najwyższe szczyty Tatr.

Wreszcie moglibyśmy znaleźć i stosunek *ciężarów;* skały są średnio cięższe od wody $2^1/_2$ razy, a że objętość lądu jest prawie $2^1/_2$ razy mniejsza, więc ciężary obu elementów są prawie równe.

2) *Skład dna morskiego.* Badanie osadów dna morskiego należy teoretycznie do badań twardej skorupy, jest ich dopełnieniem, ale praktycznie jest związane z pomiarami głębokości, albowiem sondy są tak urządzone, że wyciągają próbki materjałów dna. Dno morskie rzadko jest skaliste, najczęściej składa się z osadów miękkich. Osady te można podzielić na *kontynentalne* (*brzegowe*) i *morskie* (*pelagiczne*).

Osady kontynentalne, występujące w morzu płytkim u wybrzeży lądów, składają się z materjałów rozkruszenia lą-

http://rcin.org.pl

du, przyniesionych bądź przez rzeki, bądź przez fale morskie, które podmywają wybrzeże; osady te ułożone są w naturalnym porządku: głazy, żwir, dalej piasek, wreszcie muł. Prócz tego występują też tu materjały nawiane wiatrem z lądu (np. morze na zachód Sahary) oraz przyniesione na krach lodu lub górach lodowych. Tak np. dno morza Baltyckiego prócz piasku, zawiera mnóstwo głazów, pochodzących poczęści z epoki lodowej, poczęści, i to największej, z odłamków skalistych wybrzeży odrywanych co wiosna z lodami, do których przymarzły: zatonięte okręty w Baltyku zwiedzane przez nurków, okazały się zasypane głazami.

Osady morskie. Osady lądowe nie mogą sięgać zbyt daleko od brzegu, gdyż prądy morskie płyną zbyt wolno, a w słonej wodzie morskiej osady prędzej niż w słodkiej opadają na dno; wiatr też niedaleko unosi materjał lądowy; to też zgóry można twierdzić, że osady otwartego oceanu mogą być tylko albo *organiczne,* albo *wulkaniczne* (bądź z wybuchów podwodnych, bądź zaniesione prądami np. pumeks pływający po wodzie), a w małej części *kosmiczne,* Osady te gromadzą się tam nadzwyczaj powoli, co widać stąd. że kości zwierząt dziś żyjących w oceanach, napotykają się tam prawie razem z kośćmi zwierząt dawnych epok gieologicznych; przez olbrzymi więc przeciąg czasu, dzielącego ich opadnięcie na dno, nie zdołała się osadzić dość gruba warstwa, któraby je oddzieliła i nie pozwoliła na możność wydobycia ich razem w jednej sieci.

Z próbek wydobytych przy sondowaniach, okazuje się, iż największe obszary zajmują na dnie oceanu dwa osady: *muł globigierynowy* (oraz *radjolarjowy* i *djatomowy)* i *czerwona glina głębokowodna.*

Muł globigierynowy składa się ze skorupek wapiennych (dwa drugie — z krzemionkowych) drobnych istot morskich. Dobrze nam znana kreda jest takim samym stwardniałym mułem, osadzonym przez organizmy podobne do globigieryn w perjodzie kredowym; często napotykane w kredzie krzemienie świadczą, że i wtedy, jak obecnie, wraz z mułem wapiennym, osadzał się i krzemionkowy.

Ten muł głębokowodny sięga jednak niewiele głębiej,

http://rcin.org.pl

jak na 4000 m., dalej miejsce jego zajmuje glina głębokowodna.

Glina głębokowodna stanowi zjawisko zagadkowe: wszakże ciągły deszcz skorupek globigerynowych padać musi zarówno na miejsca płytkie jak i głębsze; gdzież więc podziewają się skorupki, opadające na większe głębie? Doświadczenie Buchanana zdawało się tę kwestję rozstrzygać: muł globigierynowy traktowany słabym kwasem, rozpuszczając swą zawartość wapienną, daje pozostałość czerwonawą, podobną do gliny głębowodnej; zawarty w wodzie morskiej kwas węglany, którego ilość wzrasta z głębokością, powtarza ten eksperyment na wielką skalę. Należy jednak zwrócić uwagę, że taką pozostałość czerwonawą daje muł globigierynowy, ale nie same skorupki; widocznie więc glina głębokowodna jest rozpowszechniona wszędzie śród osadów dna, ale jej ilość procentowa rośnie ku głębinom, aż wreszcie zapanowywa wyłącznie. Pochodzi ona z rozkładu produktów wybuchowych, obfitujących w feldszpat; występowanie wulkanów w pobliżu morza, oraz na jego dnie, wyjaśnia taki charakter osadów.

3. Własności wody morskiej.

a) *Skład* i *smak wody morskiej*. Podczas gdy woda lądowa jest zwykle bez smaku, to woda morska ma smak gorzko-słony, czyniący ją niezdolną do picia, tak, iż żeglarze muszą brać wodę do picia z lądu, którą w przeciwieństwie do morskiej, słonej, nazwali niewłaściwie „słodką.”

Smak wody morskiej pochodzi z rozpuszczonych w niej części mineralnych, przeważnie *soli kuchennej* oraz gorzkiej. Z innych składników godzien uwagi jest, jak już wiemy (str. 16) gips. Średnia ilość wszystkich rozpuszczonych części mineralnych w wodzie morskiej czyli „słoność” wynosi $3^1/_2\%$ (co do wagi). Ilość ta jednak w różnych miejscach ulega zmianom wskutek różnych przyczyn miejscowych. Wogóle można powiedzieć, że słoność jest mała tam, gdzie jest słabe parowanie, a silny dopływ wód słodkich z deszczów, rzek lub topniejących lodów; odwrotnie, słoność jest wielka, gdzie parowanie jest wielkie, a dopływ wód słodkich słaby. Dlatego

http://rcin.org.pl

to w oceanach słoność jest mała w deszczowym pasie ciszy, gdzie podczas deszczu żeglarze czerpią z powierzchni morza wodę do picia. Dalej zwiększa się w pasie osuszających (silne ulatnianie) passatów; potem znów maleje, gdyż w wyższych szerokościach parowanie jest słabe. W morzach polarnych słoność ulega wahaniom w ciągu roku: podczas zamarzania sól się wydziela i powiększa słoność wody pozostałej (stąd mieszkańcy tych okolic otrzymują sól przez wymarzanie i wyrzucanie „słodkiego" lodu przez co otrzymują roztwór coraz słońszy, który w końcu można odparować na ogniu). Podczas topnienia lodów słoność wód polarnych się zmniejsza, zwłaszcza tam, gdzie zesuwają się góry lodowe z lądu.

Wpływ stosunku między dopływem wody słodkiej i parowaniem ujawnia się szczególniej w morzach śródziemnych, mających tylko małe połączenie z oceanem. Tak np. w morzu Baltyckiem, przyjmującem wiele rzek, a słabo się ulatniającem, słoność jest bardzo mała, zmniejsza się ku wschodowi, tak, iż w zatokach Botnickiej i Fińskiej, na wiosnę, w czasie topnienia lodów, woda jest zdatna do picia, (okręty ulegają tu prędko gniciu). W morzu Śródziemnem (Romańskiem), gdzie wskutek pogody nieba, parowanie jest silne, słoność jest znaczna (blizko $4^0/_0$), stąd mieszkańcy nadbrzeżni otrzymują tu sól przez odparowanie w płytkich obszernych sadzawkach; a w morzu Czerwonem, leżącem w pasie pustyń, gdzie klimat jest nadzwyczaj suchy, i żadna rzeka nie wpada, słoność nawet przenosi $4^0/_0$.

Zmiany te odnoszą się tylko do kilusetmetrowej warstwy powierzchownej; w głębinach oceanu słoność jest prawie jednakowa, około $3^1/_2{}^0/_0$; przytem w morzach śródziemnych, w miarę głębokości, nieco się powiększa (bo woda im słońsza tym cięższa i opada na dno), w oceanach zaś zmniejsza, gdyż opadanie jest tu powstrzymane przez zimną, a stąd gęstszą wodę głębinową (ob. niżej).

Z powodu słoności, kąpiel w wodzie morskiej zbawiennie wpływa na zdrowie; nawet w Baltyku są liczne kąpiele morskie (Soboty, Połąga); o wiele silniej działające są kąpiele w bardzo słonych zatokach morza Czarnego (limanach).

Przyjmując za średnią słoność $3^1/_2$, jeżeli wyobrazimy

http://rcin.org.pl

sobie, że wszystkie morza na ziemi wyparowały, to dno pokryłoby się warstwą soli na 55 m. grubą. Jeżeli więc w kopalniach spotykamy daleko grubsze pokłady, to dowód, że albo powstały one z jezior słonych, albo z zatok, mających wązkie i płytkie połączenie z morzem: i do jezior, i do takich zatok, woda wpływa przez wieki, zastępując ubytek przez parowanie, a ponieważ paruje tylko czysta woda, więc zagłębia takie stały się magazynami soli, która je mogła zapełnić od dna aż do poziomu wody; np. sól Wieliczki została złożona w zatoce morza trzeciorzędowego na krawędzi fałdujących się wtedy Karpat.

Powstaje naturalnie pytanie, skąd się wzięła sól w morzu. Najprostszem zdaje się takie samo wyjaśnienie, jak słoności jezior: została przyniesiona rzekami; ponieważ jednak skład wody morskiej różni się dość znacznie od składu wód rzecznych, więc widać, że przynajmniej część „słoności" morze otrzymało niezależnie od rzek jeszcze w początkach swego powstania.

b) *Ciężar gatunkowy.* Słoność wody morskiej powiększa jej *ciężar gatunkowy;* z tego powodu woda słodka z deszczu, rzek lub roztopionego lodu, długo utrzymuje się jako lżejsza na powierzchni morza, skąd ją żeglarze niekiedy mogą czerpać do picia; ztego samego powodu okręty, wpływające z wody morskiej na rzeczną, głębiej się zanurzają. Rozkład ciężaru gatunkowego nie zgadza się jednak z rozkładem słoności: ciężar gatunkowy rośnie z szerokością geograficzną i głębokością, to jest, rośnie z obniżeniem temperatury. Stąd widać, że wpływ malejącej słoności na ciężar gatunkowy, ulega więcej niż wyrównaniu przez wpływ obniżania temperatury. Największej gęstości woda morska dosięga nie przy $+ 4^0$ jak słodka, lecz dopiero poniżej 0^0.

c) *Barwa wody morskiej.* W niewielkiej ilości np. zaczerpnięta do szklanki, woda morska jest bezbarwna i bardzo przezroczysta. Niektóre morza przedstawiają podobną przezroczystość i w wielkich masach wody: szczególniej znane są pod tym względem niektóre morza zwrotnikowe i podzwrotnikowe jak np. Śródziemne i Karibskie, a także morze Czerwone. Niedawno Schweinfurth opisał magiczne wrażenie bez-

http://rcin.org.pl

wietrznej nocy na tem morzu: „Srebrny blask księżyca przenika jednakowo powietrze i morze; łódź zdaje się płynąć niby jakiś zaczarowany okręt powietrzny śród jednolitego przezroczego medjum.”

W znacznych masach woda morska ma barwę błękitnozieloną, z przewagą to pierwszej to drugiej barwy. Barwa błękitna nie jest, jakby się zdawać mogło, jedynie odbiciem błękitu nieba, gdyż np. morze Śródziemne nawet przy niebie zachmurzonem nie traci tej barwy. Barwa błękitna przeważa w morzach ciepłych i w słonych, zielona w mniej słonych i zimniejszych; prądy ciepłe są błękitne, zimne — zielone; ponieważ zaś woda cieplejsza jest też słońsza, więc można powiedzieć wogóle, że morza ciepłe, słone są błękitne, zimne, mało słone — zielone; a to znów zależy od stopnia przezroczystości: cząstki zawieszone w wodzie tym prędzej opadają na dno, im woda jest cieplejsza i słońsza. Błękitna więc woda jest znakiem wody bardzo czystej; jest to na obszarach wodnych „barwa pustyni” (życie organiczne mało tam rozwinięte).

Tak więc bardzo ciepłe i słone morza jak Śródziemne i Czerwone mają cudną barwę błękitną, morze zaś Baltyckie — zieloną, koloru „szkła butelkowego;” przytem mętność tego morza zwiększa się jeszcze z powodu płytkości: falowanie sięga do dna, porywa jego cząsteczki, wywołuje zmętnienie wody; toż samo można powiedzieć o morzu Niemieckiem; morza polarne otrzymują męty od materjału skalnego, opuszczanego przez góry lodowe. Najpiękniejsza barwa błękitna występuje tam, gdzie pod wodą bardzo przezroczystą znajduje się dno odbijając silnie światło: jeżeli zanurzymy w wodę długą rurę poczernioną wewnątrz i u jej dolnego wylotu pomieścimy zwierciadło, to światło odbite od niego, doszedłszy do nas przez rurę, okaże się jako błękit zachwycającej piękności. Doświadczenie takie jest tylko powtórzeniem tego, co natura czyni na większą skalę w tak zwanej grocie Błękitnej na wapiennej wyspie Capri: wejście do tej groty jest tak nizkie, iż tylko na małej łodzi wpłynąć tam można, więc tylko promienie słońca, odbite od dna, mogą się dostać do wnętrza groty, która z tego powodu oświecona jest uroczem półświatłem błękitnem.

http://rcin.org.pl

Od normalnej błękitno-zielonej barwy wody morskiej, napotykają się *zboczenia lokalne* wskutek nagromadzenia miejscowego pewnych materji zabarwiających. Tak np. morze Żółte ma rzeczywiście barwę żółtą od mułu lössowego, przyniesionego przez rzekę Hoangho. Najczęściej różne zabarwienia lokalne powstają pod wpływem gromadnie występujących drobnych organizmów, pływających po morzu, obejmowanych pod ogólną nazwą „planktonu." Jednem z najpiękniejszych zjawisk, zdarzającem się szczególniej w morzach zwrotnikowych, jest *fosforescencja* czyli świecenie morza, polegające na tem, że w ciemności pewne części morza lśnią jak srebro, szczególniej tam, gdzie statek rozpruwa fale; zjawisko to pochodzi od mnóstwa organizmów morskich, mających własność świecenia w ciemności, podobnie, jak nasze robaczki świętojańskie.

4. Temperatura morza, zamarzanie.

Temperatura morza nie wiele różni się od temperatury dolnych warstw powietrza, do niego przytykających, ale wahania roczne są mniejsze, gdyż woda trudniej się ogrzewa i trudniej oziębia niż powietrze; tylko tam, gdzie w ciągu roku prądy ulegają zmianie kierunku: gdzie w jednej porze płynie prąd ciepły, w innej zimny (np. w okolicy New Foundlandu), wahania się zwiększają.

a) *Rozkład temperatury na powierzchni morza* jest podobny do rozkładu temperatury powietrza: ku biegunom temperatura się zniża, pod równikiem dochodzi w oceanach $+ 29^0$, pod biegunami spada do $- 2^0$ i więcej. W zatokach, otoczonych silnie rozpalającemi się lądami, temperatura wznosi się ponad 30^0, w morzu Czerwonem do 32^0, a w zatoce Perskiej nawet przeszło 34^0, t. j. tyle, co w ciepłej kąpieli; przytem, z powodu rozkładu prądów ciepłych i zimnych (ob. niżej), w pasie między 40^0 szer. pn. i 40^0 szer. pd., wschodnie części oceanów są zimniejsze od zachodnich; zewnątrz tego pasa odwrotnie, wschodnie są cieplejsze od zachodnich.

b) *Rozkład pjonowy wgłąb* jest następujący:

1) Począwszy od powierzchni, *temperatura* z nielicznemi wyjątkami *zniża się ku dnu* (jak w powietrzu ku górze)

http://rcin.org.pl

i w wielkich głębiach, nietylko okolic zimnych, ale i gorących, jest bardzo nizka, trzyma się mianowicie blizko 0°, nawet nieco poniżej 0°; ta okoliczność pozwala żeglarzom oziębiać napoje przez opuszczanie butelek na sznurku w głębie morskie. Przyczyna tak nizkiej temperatury głębin morskich jest ta, że największy ciężar wody morskiej, przypada poniżej 0°, nie przy + 4° jak słodkiej; więc podczas, gdy woda słodka, oziębiając się poniżej + 4°, staje się lżejszą i pozostaje na powierzchni (dlatego na dnie jezior, temperatura nie spada poniżej + 4°), to morska, oziębiając się niżej, wciąż jeszcze staje się cięższą i opada na dno.

2) *Temperatura na dnie mórz połączonych z polarnemi* jest niższa, aniżeli najniższa temperatura zimowa na powierzchni w danem miejscu; to pokazuje, że zimna woda denna nie może pochodzić tylko z oziębionej w zimie i opadłej na dno, wody powierzchniowej w danem miejscu, lecz przy była też zwolna z mórz polarnych.

3) *Im szersze i głębsze jest połączenie z morzami polarnemi, tym temperatura dna jest niższa.* I tak oceany południowej półkuli mają niższą temperaturę, niż oceany północnej półkuli, albowiem połączenia oceanów z wodami antarktycznemi, są szersze i głębsze, niż połączenia z wodami arktycznemi. Wprawdzie ocean Atlantycki ma dość szerokie połączenie z wodami arktycznemi (między Skandynawją i Grenlandją), ale mielizna, ciągnąca się w tym miejscu przez Faroer i Islandję, nie dopuszcza, płynących dołem, ciężkich, zimnych wód arktycznych na południe. Powierzchowne zaś ciepłe wody Atlantyku mogą się dostać na północ, dlatego fjordy (odcięte przytem od zimnych, dolnych wód mieliznami przy wyjściach, ob. str. 68) mają wodę ciepłą i nigdy nie zamarzają.

4) *Morza śródziemne okolic cieplejszych,* posiadające tylko wązkie i płytkie połączenie z oceanem, nie mają na dnie temperatury nizkiej, bo zimna woda może pochodzić tu tylko z oziębionej na powierzchni, a to oziębienie jest niewielkie; przytem działa tu i drugi czynnik: w wodzie słonej na dno opada woda nie tylko najzimniejsza w zimie, ale i najcieplejsza w lecie, bo wtedy przez parowanie staje się słońszą,

http://rcin.org.pl

zatem cięższą; z tych powodów np. w morzu Śródziemnem, temperatura ku dnu prawie się nie obniża, w całej masie jest prawie jednakowa (około + 13°).

Czasami śród oceanu okolic cieplejszych, napotykamy wodę denną, stosunkowo ciepłą; dowód to, żeśmy natrafili na podwodną kotlinę, której wał graniczny nie dopuścił zimnych wód dennych do wnętrza kotliny.

c) *Zamarzanie morza.* Woda morska z powodu słoności trudniej zamarza niż słodka, mianowicie nie przy 0° lecz poniżej, około — 2°,5. Mimo to morza okolic polarnych, a w części i — umiarkowanych, pokrywają się lodami; lody te za nastaniem lata, wskutek ciepła, falowania, a zwłaszcza deszczów, topnieją, pękają i tworzą płaskie kawały, *pola lodowe*, nieraz bardzo rozległe i tamujące żeglugę; żeglarze rozpoznają pola lodowe, nawet za horyzontem leżące, a to po charakterystycznym odblasku na niebie *(Eisblink),* podczas gdy miejsca wolne od lodów, odbijają się na niebie jako pasy ciemne; tym sposobem niebo służy żeglarzom polarnym za mapę, według której obierają oni kierunek żeglugi.

Prócz tych, pierwotnie morskich, lodów, dostają się do morza lody lądowe, mianowicie z rzek (np. z wielkich rzek sybirskich), a zwłaszcza z lodowców.

Wiadomo, że w wielu górzystych i wilgotnych krajach polarnych (Grenlandja, Szpicberg, Franz Josef Land, kraje Antarktyczne) lodowce zstępują aż do morza, gdzie lód odłamuje się i spływa na wodę, tworząc *góry lodowe*, odznaczające się od płaskich pól lodowych znacznemi rozmiarami pjonowemi i fantastycznemi nieraz kształtami.

Odłamywanie się gór lodowych od lodowców może odbywać się w dwojaki sposób, stosownie do kształtu wybrzeża: na wybrzeżach wysokich i stromych, koniec lodowca zwisa, odrywa się własnym ciężarem i spada do wody; w razie gdy wybrzeże jest wysokie, lecz nie strome, lodowiec, spadający, roztrąca się o skały i zamienia w pył, który unosi się jak mgła. Na wybrzeżach nizkich, koniec lodowca wkracza w wodę i w miarę, jak się w nią zagłębia, doznaje ciśnienia z dołu, gdyż lód jest lżejszy, niż wyciśnięta woda; wreszcie odłamuje się i wypływa na powierzchnię.

http://rcin.org.pl

Góry lodowe, pędzone prądami, dosięgają nieraz bardzo nizkich szerokości gieograficznych; na północnej półkuli dochodzą do okolic New Foundlandu, a nawet dalej, za 40° szer. do szerokości Sycylji. — Góry lodowe z pod bieguna antarktycznego odznaczają się prawidłowemi kańciastemi kształtami, o płaskich szczytach i stromych ścianach, podobnemi do gór stołowych. Pochodzą one z lodowca, pokrywającego nieprzerwanym całunem okolicę bieguna antarktycznego. Lodowiec ten spada ku morzu stromą, na 100 m. wysoką ścianą, która tamuje dostęp do bieguna. Góry lodowe antarktyczne sięgają jeszcze niższych szerokości niż arktyczne, mianowicie dosięgają przylądka Dobrej Nadziei, t. j. 35° szerokości południowej *).

Morza zimniejszej części pasa umiarkowanego też zamarzają, bądź całkiem (np. zatoka Hudsońska, morze Białe, Azowskie), bądź częściowo (np. Baltyk na północ linji Sztokholm — Oesel, a czasami i dalej na południe, morze Czarne na wybrzeżach); na wschodnim wybrzeżu Azji zamarza nietylko morze Ochockie, ale nawet zatoka Peczyli pod szerokością Neapolu. Morza połączone wązkiemi tylko przejściami z oceanem, w razie zamarzania wywierają szkodliwy wpływ na klimat, mianowicie obniżają znacznie temperaturę lata, albowiem lód ich musi stopnieć na miejscu, kosztem miejscowego ciepła (np. zatoka Hudsońska, morze Ochockie).

5. Ruchy wody morskiej.

Ruchy wody morskiej dadzą się podzielić na trzy rodzaje: 1) ruchy przypadkowe czyli *fale*, 2) ruchy perjodyczne czyli *przypływy* i *odpływy*, 3) ruchy stałe czyli *prądy*.

---

*) Wielka powaga w kwestji lodowców Heim (Gletscherkunde str. 270), twierdzi, że lód antarktyczny nie jest lodowcowego, lecz morskiego pochodzenia, albowiem barwa jego jest zielonawa, jak lodu morskiego, a nie niebieskawa, jak lodowców i gór lodowych arktycznych. Heim jednak przemilcza, że na lodzie antarktycznym znaleziono moreny, oraz zapomina, że sam w tym samym dziele (str. 461) powiada, iż lodowce Franz Josef Landu mają barwę zielonawą.

http://rcin.org.pl

a) *Fale* powstają wskutek *chwilowego* działania wiatru na powierzchnię wody: wiatr, uderzając o powierzchnię wody, wywołuje na niej szereg linijnych zagłębień i wyniosłości na kształt fałd, jakie powstają na grzbiecie ręki, gdy posuwamy po nim palcem, naciskając mocniej. Powstaje więc na wodzie szereg dolin i grzbietów, przyczem cząstki wody są w ciągłym ruchu: wzniósszy się do pewnej wysokości, opadają głębiej niż stały pierwiastkowo, tak, iż na linji, gdzie wpierw był grzbiet fali, powstaje dolina; robi to więc takie wrażenie, jakby dolina przeszła na miejsce grzbietu, wogóle, jakby cała masa wody postępowała; jednak w rzeczywistości ruch cząstek w kierunku poziomym prawie nie istnieje, o czem można się przekonać, rzucając jakie lekkie ciało na wodę: ciało to (o ile

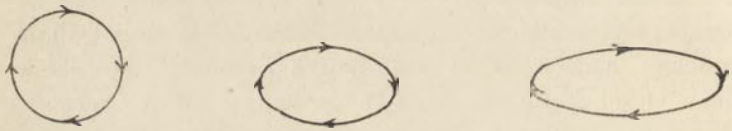


Fig. 87.

nie będzie dość wielkie, aby ulegać bezpośredniemu działaniu wiatru, niby statek żaglowy) będzie się tylko wznosić i opadać; fala będzie jakby przepływać pod nim, a ono będzie w miejscu odbywać ruch wahadłowy; nie zupełnie jednak pjonowo, lecz po okręgu koła pjonowego, jak punkt na toczącej się obręczy; przyczem forma kołowa spłaszcza się coraz bardziej (staje się eliptyczną), w miarę jak woda staje się płytsza. Ob. fig. 87.

Przy falowaniu więc rozprzestrzenia się poziomo tylko *forma* ~~ruchu~~ nie zaś poruszane cząstki, które tylko bardzo nieznaczny ruch poziomy odbywają. Widzimy to też dotykalnie na falującej niwie zbożowej, gdzie pojedyńcze kłosy prawie nie zmieniają miejsca.

Wysokość fali bywa zwykle przeceniana wskutek złudzenia, jakiemu ulega obserwator, stojący na kołysanym falami okręcie: uważa on pokład okrętu jako poziom (i do niego odnosi wysokość) nawet wtedy, gdy okręt znajduje się w położeniu nachylonym do poziomu; w skutek tego wysokość fali

http://rcin.org.pl

musi się wydać większą, jak to wskazuje figura, gdzie a b jest prawdziwą, a c zaś pozorną wysokością fali (fig. 88).

Największa mierzona wysokość fali na otwartem morzu, nie sięga 20 m.

Przy silnym wietrze i wielkich falach, górne części grzbietów odrywają się i spadają w doliny; takie spadające fale są niebezpieczne dla żeglarzy.

Morze, wprawione raz w silny ruch, nie uspakaja się długo, gdy już przyczyna, wiatr, ustanie działać; takie fale bez wiatru, niemcy nazywają *Dünung*. Dla nieobeznanego z morzem, nic nie przedstawia bardziej tajemniczego zjawiska,

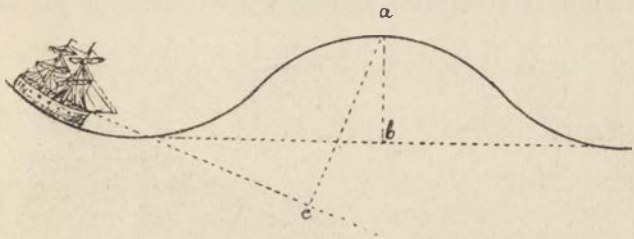


Fig. 88.

jak owo nieprzerwane toczenie się fali za falą, podczas zupełnej ciszy.

Ruch falowy nie sięga do wielkich głębokości, tylko płytkie morza mogą być wzruszone aż do dna.

W pobliżu wybrzeży fale morskie ulegają pewnym zmianom, powstaje nadzwyczaj silne falowanie, zwane przez niemców *Brandung*. Falowanie to powstaje tak na wybrzeżach wysokich i stromych, jako też na nizkich, z różnych przyczyn.

Na wybrzeżach wysokich fala, odbita od brzegu, naciskana z tyłu przez nowe fale, wznosi się w górę do wysokości nawet 40 m. i czyni te wybrzeża niedostępnemi.

Na wybrzeżach nizkich z dnem płytkiem, fale nabierają rzeczywiście ruchu poziomego, postępowego, gdyż wtedy ruch kołowy cząstek wody (ob. fig. 87) zamienia się na ruch po bardzo wydłużonych elipsach: przytem dolne części fal wskutek tarcia o dno, są powstrzymane, a górne spadają ku brzegowi, tworząc jakby burzliwy wał, przez który trudno przepłynąć.

http://rcin.org.pl

Najwspanialej zjawisko to rozwija się na afrykańskich wybrzeżach Gwinei, gdzie się zowie *kalema* (fig. 89). W danej chwili cały grzbiet fali, zagięty ku brzegowi, tworzy tunel wodny; w następnej chwili cały ten wał wodny wraz z tunelem, zapada się w otchłań. Ptaki wodne, przelatujące nad kalemą, bywają pochwytywane w ten mokry grób.

Prócz wiatru, fale powstać mogą w skutek trzęsień ziemi na wybrzeżach *(fale seismiczne)*, oraz wybuchów wulkanicznych na dnie morza *(fale wybuchowe)*.

Fale, uderzając na wybrzeża strome, burzą je: w razie niejednakowo twardego materjału, burzenie postępuje niejednakowo, powstają zatoki i przylądki, lecz zatoki te nie sięgają

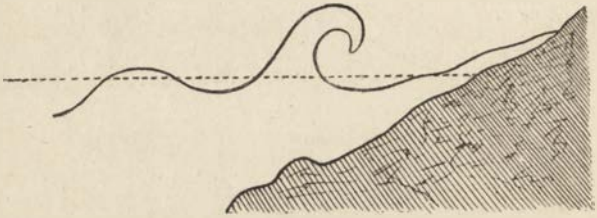


Fig. 89. Kalema.

zbyt głęboko w ląd, mają formę łukowatą, nie zaś wązką i długą, gdyż falowanie w miarę zagłębiania się w wązką zatokę, słabnie. (Ob. str. 38).

b) *Przypływy* i *odpływy*. Przez przypływy i odpływy rozumiemy perjodyczne wznoszenie się i opadanie wody morskiej w ciągu doby, a ujawniające się szczególniej na nizkich wybrzeżach, które to są zalewane, to odsłaniane.

Zjawisko to wynika z przyciągania, jakie księżyc, a poczęści i słońce, wywiera na wody ziemi.

Wyobraźmy sobie bowiem na fig. 90 ziemię w przecięciu równikowym (t. j. tak, jak gdyby oś stała prostopadle do płaszczyzny papieru). Wyobraźmy sobie dalej (dla uproszczenia), że cała ziemia jest jednostajnie oblana wodą (bez lądów). Wyobraźmy sobie wreszcie księżyc K, też w płaszczyźnie równika (papieru) w chwili, gdy swym ruchem pozornym wchodzi na południk punktu b_1.

http://rcin.org.pl

Wówczas punkt b_1 (i sąsiednie) będzie przez księżyc silniej przyciągany, niż środek ziemi Z (gdyż ten ostatni leży dalej); wskutek tego cząstka wody w b_1 (i sąsiednie) oddali się od Z do b_2 — utworzy się nabrzmienie, wzniesienie wodne b_1 b_2 (gdyż oddalenie od środka ziemi jest wzniesieniem). Podobnież środek ziemi Z jest silniej przyciągany, niż punkt a_1 (gdyż ten ostatni leży dalej); wskutek tego Z oddali się od a_1 czyli — co na jedno wychodzi — a_1 (i sąsiednie) oddali się od Z do a_2 — utworzy się nabrzmienie, wzniesienie wodne a_1 a_2.

Tak więc w chwili, gdy księżyc wszedł na południk a_1 b_1, morze w obu przeciwległych punktach tego południka utworzyło dwa nabrzmienia, dwie wypukłości najwięcej wznie-

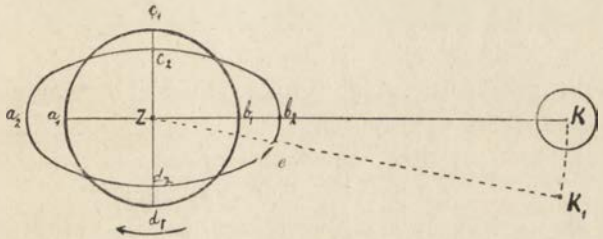


Fig. 90.

sione na równiku, a zmniejszające się ku biegunom; albowiem poza płaszczyzną równika przyciąganie księżyca działa już po linjach ukośnych, częścią tylko wznosi ono tam wodę, a częścią ściąga ją ku równikowi.

Ponieważ zaś całkowita ilość wody na ziemi jest w danej chwili stałą, więc z powodu napłynięcia jej na południk a_1 b_1, musi jej ubyć na południku prostopadłym (odległym o 90°) c_1 d_1 tak, iż tam powstaną dwa obniżenia: c_1 c_2 i d_1 d_2 (jak to wskazuje linja cieńsza eliptyczna).

Gdyby ziemia i księżyc znajdowały się w spokoju, to stan taki w danych miejscach byłby stały, ale ziemia obraca się około osi w 24 godzinach, więc punkt b_1 po 6 godzinach dojdzie do d_1, po nowych 6 — do a_1, i t. d., w skutek tego w 6 godzin po przypływie nastąpi w danym miejscu odpływ, po nowych 6 godzinach znowu przypływ i t. d. — Wciągu 24

http://rcin.org.pl

godzin w każdym miejscu będzie dwa przypływy i dwa odpływy; a właściwie tak by było, gdyby księżyc stał w miejscu (miał tylko ruch pozorny wskutek wirowania ziemi), ale i księżyc posiada ruch rzeczywisty w tym samym kierunku, co ziemia (z zachodu na wschód), gdy więc po 6 godzinach punkt np. c_1 dojdzie do b_1 to księżyc już nie będzie w K, lecz przejdzie np. do K_1, przebędzie łuk KK_1 tak, iż punkt c_1 przybywszy do b_1 nie będzie miał jeszcze przypływu i w tym celu musi przebyć jeszcze łuk b_2 e = KK_1. Wielkość tego łuku, a stąd czas potrzebny na jego przebycie, łatwo obliczyć. Wiemy mianowicie, że księżyc przebywa drogę naokoło ziemi (właściwie powraca do tego samego punktu na niebie), t. j. łuk 360^0 w ciągu 29 dni, a więc w 6 godzin czyli $^1/_4$ dnia przebywa łuk, który znajdziemy z proporcji:

$$29 \text{ dn.} : 360^0 = {}^1/_4 \text{ dn} : X^0 \quad \text{stąd } X^0 = 3^0,$$

$$\text{t. j. łuk } K\,K_1 = b_2\,e = 3^0.$$

Dla przebycia takiego łuku punkt potrzebuje czasu, który znajdziemy z proporcji:

$$360^0 : 24^g = 3^0 : X^g$$

$$\text{stąd } X^g = {}^1/_5{}^g = 12 \text{ minut.}$$

Tak więc każdy przypływ nastąpi po odpływie (i odwrotnie) nie po 6 godzinach, lecz po 6 godzinach 12 minutach; cały zaś perjod dwóch przypływów i dwóch odpływów odbywa się nie w ciągu 24 g. lecz w ciągu 24 g. 48 m.

Dalsze komplikacje danego zjawiska zależą od tego, że prócz księżyca wywiera na nie wpływ słońce. Masa słońca jest wprawdzie większa od masy księżyca, ale za to słońce jest o wiele więcej oddalone od ziemi, wskutek tego przypływy słoneczne są mniejsze od księżycowych. W czasie nowiu i pełni, gdy księżyc i słońce znajdują się na jednej linji z ziemią, przypływy (i odpływy) słoneczne występują w tych samych miejscach, gdzie przypływy (i odpływy) księżycowe; wskutek tego zjawisko przypływów ulega wzmocnieniu.

Nie dość na tem: w rysunku naszym umieściliśmy dla uproszczenia księżyc na płaszczyźnie równika, tymczasem nie zawsze tak bywa: księżyc wskutek ruchu swego koło ziemi na płaszczyźnie ukośnej względem równika, waha po obu stronach jego płaszczyzny w ciągu miesiąca o 28° na pn. i pd.

http://rcin.org.pl

(słońce zaś waha w ciągu roku o 23½°); tym sposobem najwyższe przypływy nie zawsze bywają na równiku, lecz dochodzą do 28° szerokości. Dalej odległości księżyca i słońca od ziemi ulegają też zmianom w ciągu miesiąca i roku, to ma również wpływ na wysokość przypływów.

Wreszcie największe nieprawidłowości w tym zjawisku, tak co do wysokości jak i czasu, wywołują warunki miejscowe: nierówności dna i ukształtowanie lądów (na cośmy dla uproszczenia nie zwracali dotąd uwagi).

Wśród głębokiego oceanu na małych wysepkach zjawisko to występuje najprawidłowiej, jest bardzo nieznaczne (na Tahiti tylko ½ m.) i zmniejsza się ku biegunom. Ale na płytkiem morzu u wybrzeży silnie rozczłonkowanych zjawiska przypływów przedstawiają wiele nieprawidłowości, różnią się bardzo tak co do czasu jak i wysokości od obliczeń teoretycznych. Największej wysokości dosięgają przypływy w zatokach, które w miarę wkraczania w ląd zwężają się i stają coraz płytsze; tak w zatoce Brystolskiej dosięgają 10 m., w zatoce St.-Michel — 15 m.; wznoszący się w tej zatoce zamek na skale jest w czasie odpływu dostępny prawie suchą nogą, w czasie zaś przypływu oblewa go morze głębokie na 15 m. W zatoce Fundy przypływy dosięgają największej wysokości: przeszło 20 m.

W wązkich cieśninach przypływy wywołują prądy i niebezpieczne nieraz wiry; do takich należy Malstrom śród wysp Lofoten i słynna w starożytności Scylla i Charybdis w cieśninie Messyńskiej.

Dzięki takim prądom fale morskie mogą wyjątkowo wyżłabiać wązkie i długie zatoki, np. zatokę Fundy, a zapewne i cieśninę Calais. (Por. str. 150 i 38).

W lejkowatych ujściach rzek wskutek ich zwężania się oraz oporu, jaki stawia woda rzeczna, przypływy też dosięgają znacznej wysokości i siły, tworzą wysoki spieniony wał wodny, postępujący w górę rzeki; zjawisko to występuje szczególniej wspaniale na Amazonce, gdzie się zowie *pororoka*. Mniej gwałtowne przypływy, wstępujące w ujścia rzek, mają ważne znaczenie dla żeglugi, gdyż okręty, dzięki podniesieniu poziomu wody, mogą wpływać rzekami daleko w głąb kra-

http://rcin.org.pl

ju. Ma to miejsce tylko na rzekach oceanicznych, gdyż morza śródziemne podlegają przypływom tylko w słabym stopniu.

W powyższym teoretycznym wywodzie zjawisk przypływowych przypuściliśmy milcząco jeszcze jedno uproszczenie, mianowicie, że twarda skorupa ziemi nie ulega zmianie pod wpływem przyciągania księżyca i słońca; to jednak byłoby prawdziwe tylko dla ciała absolutnie stałego, jakiem ziemia nie jest; skorupa ziemska musi też ulegać lubo nieznacznym deformacjom pod wpływem księżyca i słońca, musi też mieć swe przypływy i odpływy. Gdyby przypływy twardej skorupy były tak samo wielkie jak powłoki wodnej, naówczas tych ostatnich przypływów nie moglibyśmy zauważyć, albowiem o ile poziom wody by się podniósł, o tyle podniosłoby się i twarde wybrzeże; podobnie nie możemy zauważyć przypływów na okręcie śród oceanu, gdyż wraz ze wzniesieniem się poziomu morza podnosi się i okręt. Ponieważ zaś my przypływy na ziemi obserwujemy, więc widać, że skorupa w daleko mniejszym stopniu podlega przypływom niż woda; w każdym jednak razie obserwowana przez nas wysokość przypływu jest tylko różnicą między rzeczywistemi przypływami morza i przypływami skorupy. Im ta różnica jest większa, tym ziemia podlega mniejszym przypływom, tym jest stalsza, twardsza.

Na podstawie więc różnicy między obserwowanemi i obliczonemi przypływami można wnosić o stopniu stwardnienia ziemi. Ponieważ różnica ta jest nieznaczna, więc stąd wnoszą, że ziemia mało ulega deformacji, że posiada znaczny stopień twardości. Jednakże wniosek ten spotyka się z zarzutem, że przypływy ziemi mogą być też znaczne, lecz nie wpływają na zmniejszenie przypływów morza dlatego, że się opóźniają tak, iż gdy w danym miejscu następuje przypływ morza, to twarda skorupa jeszcze nie zdążyła ulec przypływowi.

W falach przypływu, uderzających o wybrzeże, spoczywa wielki zapas energii, którą z czasem ludzkość może zużytkować, zwłaszcza, gdy energja, zawarta w węglu kamiennym, ulegnie wyczerpaniu.

http://rcin.org.pl

c) Prądy morskie.

Prądy są to *stałe* ruchy wody morskiej; w przeciwieństwie do fal i przypływów, są to ruchy postępowe w pewnych kierunkach, niby rzeki; z tą różnicą, że brzegiem prądu nie jest ląd lecz woda morska spokojna. Zresztą prądy nie zawsze posiadają ściśle oznaczoną granicę od wody spokojnej, jak to szematycznie przedstawia się na mapach; owszem zwykle prąd ku brzegom słabnie i przechodzi nieznacznie w wodę morską spokojną.

a) *Rozkład prądów* przedstawia się *w najogólniejszych zarysach* jak następuje: w każdym z trzech wielkich oceanów spotykamy prąd (a raczej prądy), płynący wzdłuż równika ku zachodowi.

Każdy z tych prądów, uderzając w wybrzeża lądu, ograniczającego ocean z zachodu, rozdziela się na dwie gałęzie, z których jedna płynie na północ, druga na południe, unosząc ciepłe równikowe wody w wyższe szerokości gieograficzne. Każda z tych gałęzi pod wpływem wirowego ruchu ziemi, panujących wiatrów, a poczęści przyczyn lokalnych (np. mielizna nadbrzeżna), zbacza na północnej półkuli na prawo, na południowej — na lewo, to jest w obu razach ku wschodowi; dosięga wybrzeży lądu, ograniczającego każdy z oceanów od wschodu i wzdłuż zachodnich wybrzeży każdego z tych lądów powraca poczęści do początku prądu równikowego; w tym powrocie swoim z wyższych szerokości do niższych, wywiera już wpływ oziębiający.

Tym sposobem w każdym z trzech oceanów istnieje kołowy, lub dokładniej eliptyczny, ruch wody, którego osie wielkie leżą mniej więcej wzdłuż 30° szerokości. Na północnej półkuli ruch ten odbywa się w kierunku wskazówki zegara, na południowej w kierunku odwrotnym. Z powodu zwężania się oceanów na północny, część każdego z prądów tamtejszych dosięga wybrzeży w kierunku pierwotnym i dlatego ogrzewa je.

Prócz tego należy tu wspomnieć o dwóch nieprawidłowościach: w północnej części oceanu Indyjskiego, ścieśnionej

http://rcin.org.pl

lądem i mającej skutkiem tego zmienny system wiatrów (mussony), cyrkulacja prądów nie może dosięgnąć prawidłowego rozwoju; w południowej zaś części oceanu Wielkiego cyrkulacja komplikuje się obecnością licznych wysp.

Co do mórz Polarnych to w Arktycznym płynie prąd ku zachodowi, w Antarktycznym — ku wschodowi; te zimne prądy wysyłają gałęzie do poprzednich oceanów i łączą się poczęści (na południowej półkuli) z tamtejszemi prądami powrotnemi.

Przypatrzmy się teraz temu, ogólnie poznanemu, obrazowi *szczegółowo.*

1) *Prądy równikowe i ich gałęzie.*

aa) *W oceanie Atlantyckim* po obu stronach równika, między 20° szerokości północnej i 10° szerokości południowej płynie od zachodnich wybrzeży Afryki (głównie zatoki Gwinejskiej) *prąd Równikowy* ku zachodowi. Właściwie są to dwa prądy, jeden *północny,* drugi *południowy,* rozdzielone *przeciwprądem*, t. j. prądem, płynącym ku wschodowi, który nosi nazwę prądu *Gwinejskiego.* Ten ostatni nie płynie wzdłuż samego równika, lecz nieco na północ odeń tak, iż południowy prąd Równikowy sięga też nieco na północ równika.

α) *Prąd Południowo-Równikowy,* dosięgnąwszy wschodniego rogu Ameryki południowej (przylądka S. Roque), rozszczepia się na dwie gałęzie: północną i południową.

Gałąź północna prądu Południowo-Równikowego płynie pod nazwą prądu *Guyańskiego* wzdłuż wybrzeża tegoż nazwiska na północo-zachód, łączy się z częścią prądu Północno-Równikowego i wraz z nią wkracza między małemi Antyllami do morza Karybskiego, a dalej przez cieśninę Yukatan — do zatoki Meksykańskiej, skąd przez cieśninę między Kubą i Florydą wychodzi na ocean pod nazwą *prądu Florydzkiego;* tu łączy się z drugą częścią prądu Północo-Równikowego, płynącą po zewnętrznej stronie wysp Antylskich (prąd *Antylski*) i przyjmuje dalej nazwę *Golfstromu* czyli *prądu Zatokowego.*

Golfstrom płynie z początku w pobliżu wybrzeży Ameryki Północnej, rozszerzając się coraz bardziej; od przylądka Hatteras Golfstrom zaczyna się oddalać od wybrzeży i zwracać coraz bardziej ku wschodowi; pas między Golfstromem

http://rcin.org.pl

i wybrzeżem zajmuje, wciskający się tu klinem z północy, prąd zimny, Labradorski, którego barwa zielona odrzyna się ostro od ciemno-niebieskiej barwy Golfstromu. To sąsiedztwo dwóch prądów o różnej temperaturze wywołuje zjawisko mgły: gdy wieje wiatr zachodni lub północny, mgła unosi się nad Golfstromem, gdy wschodni lub południowy — nad prądem zimnym. W ostatnim razie mgła, jako uwarunkowana zimną powierzchnią wody, zalega cienką warstwą tak, iż szczyty masztów wysterczają po nad nią.

Golfstrom na północ od równoleżnika przylądka Hatteras rozszerza się wachlarzowato i, powstrzymany przez zimny prąd Labradorski, nie dochodząc do New Founlandu, dzieli się na odnogi.

Jedna skrajna odnoga Golfstromu idzie na wschód przez wyspy Azorskie i następnie poczęści zwraca się na północ wzdłuż zachodnich wybrzeży Francji ku W. Brytanji, poczęści — na południe wzdłuż zachodnich wybrzeży Portugalji i Afryki północnej *(prąd Północno-Afrykański* albo *Kanaryjski)* i jako prąd oziębiający powraca do początku prądu Północno-Równikowego.

Druga skrajna odnoga Golfstromu płynie na północ ku Grenlandji i oblewa (ogrzewa) zachodnie wybrzeża tej wyspy.

Trzecia odnoga nareszcie, środkowa, najważniejsza *(Golfstrom w znaczeniu ściślejszem)*, płynie na północowschód ku północnozachodniej Europie między wyspami Brytańskiemi i Islandją i ogrzewa sąsiednie wybrzeża niby kaloryfer. Najdalsze jego gałęzie dosięgają wybrzeży Islandji (i opływają takową), zachodnich i północnych wybrzeży Norwegji (dlatego fjordy tutejsze nie zamarzają), oraz południowo-zachodnich wybrzeży Szpicberga i Nowej Ziemi, od której powracają znowu ku Szpicbergowi. Ciepły prąd wschodni wzdłuż północnych wybrzeży Sybiru nie jest dalszym ciągiem Golfstromu, lecz pochodzi z rzek sybirskich, których wody rozgrzane w lecie, dosięgnąwszy oceanu, zwracają się ku wschodowi pod wpływem wirowania ziemi (ob. niżej, przy wiatrach).

Gałąź południowa prądu Południowo-Równikowego płynie pod nazwą *prądu Brazylijskiego* u wybrzeża tegoż nazwiska, aż poza ujście La Platy; tutaj spotyka się podobnie

http://rcin.org.pl

jak Golfstrom, z prądem zimnym, płynącym z południa, który poczęści pod nazwą *prądu Falklandzkiego* wciska się między prąd Brazylijski i wybrzeże, poczęści zaś płynie na wschód jako *prąd Antarktyczny*. Prąd Brazylijski zwraca się też na wschód i wraz z prądem Antarktycznym dosięga zachodnich wybrzeży Afryki południowej, tu zwraca się na północ i jako oziębiający *prąd Benguelski* wraca wzdłuż brzegów Afryki do początku prądu Południowo-Równikowego.

β) *Prąd Północno-Równikowy* płynie jak wiadomo poczęści na zachód i wraz z prądem Guyańskim przez cieśniny wysp Antylskich dostaje się do morza Karybskiego; poczęści na północozachód po zewnętrznej stronie wysp Antylskich pod nazwą *prądu Antylskiego,* który łączy się jak wiadomo z Florydzkim.

bb) *W Oceanie Wielkim* spotykamy też prąd Równikowy, składa on się też z dwóch części Południowo-Równikowego i Północno-Równikowego, między któremi płynie też prąd w kierunku odwrotnym, t. j. wschodni, podobny do prądu Gwinejskiego.

α) *Prąd Południowo-Równikowy* skręca dwa razy ku południowi: raz wzdłuż wschodnich wybrzeży Australijskiego lądu, drugi raz—koło wysp Nizkich. Ta ostatnia gałąź, analogiczna z prądem Brazylijskim, skręca na wschód, dosięga zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej i wzdłuż nich płynąc na północ, jako oziębiający *prąd Peruwiański* (analogiczny do Benguelskiego) dosięga początku prądu Południowo-Równikowego. Prąd Południowo-Równikowy oceanu Wielkiego przedstawia jeszcze jedną nieprawidłowość: nie spotyka on na zachodzie nieprzebytej ściany lądowej (jak prądy oceanu Indyjskiego i Atlantyckiego) lecz wyspy, więc przez cieśninę między Australją i Nową Gwineą część jego płynie dalej na zachód i spotkawszy Przeciwprąd Równikowy Oceanu Indyjskiego, skręca na południe wzdłuż wybrzeży Zachodniej Australji, oddzielając od nich ciepłym pasem wody prąd zimny Zachodnio-Australijski.

β) *Prąd Północno-Równikowy* koło wysp Filipińskich skręca na północ i tworzy prąd analogiczny do Golfstromu, lecz słabszy, *prąd Japoński* albo *Kuro Szio.* Prąd ten płynie

http://rcin.org.pl

na północowschód wzdłuż wschodnich (a poczęści i zachodnich) wybrzeży wysp Japońskich, które ogrzewa; spotyka się tam z zimnemi prądami z morza Ochockiego i Beringa (zjawisko mgły), skręca wzdłuż wysp Aleuckich ku północozachodniej Ameryce, którą ogrzewa, a następnie skręciwszy na południowschód wzdłuż zachodnich wybrzeży Ameryki pod nazwą *prądu Kalifornijskiego* oziębiającego, powraca do początku prądu Północno-Równikowego.

cc) *W oceanie Indyjskim* spotykamy tylko prąd Południowo-Równikowy (i przeciwprąd prawie wzdłuż równika); prąd ten u północnowschodnich brzegów Madagaskaru dzieli się na dwie gałęzie, z których jedna płynie ku południowi, wzdłuż wschodnich wybrzeży wyspy *(prąd Maskareński),* druga zaś uderza o wschodnie brzegi Afryki, skręca na południe i pod nazwą *prądu Mozambickiego* przepływa kanał tegoż nazwiska, a u południowego rogu Afryki przyjmuje nazwę *prądu Agulhas;* prąd ten, spotkawszy się z prądem Antarktycznym, skręca na wschód, łączy z prądem Maskareńskim, przez wyspy Kerguelen, które ogrzewa, dosięga zachodnich wybrzeży Australji i jako oziębiający prąd *Zachodnio-Australijski* powraca do początku prądu Południowo-Równikowego.

W północnej części Oceanu Indyjskiego nie spotykamy analogicznie jak w poprzednich oceanach prądu Północno-Równikowego: tutaj stosownie do pory roku kierunek prądu zmienia się zgodnie ze zmianą kierunku wiatrów perjodycznych (mussonów): w czasie zimy wody tej części oceanu mają wogóle dążność ku zachodowi, w lecie — ku wschodowi.

2) *Prądy polarne i ich gałęzie.*

aa) *Prąd Arktyczny*, płynąc od wschodu na zachód, napotyka wschodnie wybrzeża Grenlandji, zwraca się na południe, płynie przez cieśninę Danemark (między Grenlandją i Islandją) i zakręca około przylądka Farewel. *Prąd Baffiński* płynie z zatoki tegoż nazwiska, dalej na południe przyjmuje nazwę *prądu Labradorskiego*, który około New Foundlandu spotyka się z Golfstromem (topnienie gór lodowych, płynących ku południowi, osadzanie się ławicy New Foundlandzkiej z moren zawartych w górach lodowych) i dalej za-

http://rcin.org.pl

silany prądem z zatoki św. Wawrzyńca, wciska się klinem między Golfstrom i wybrzeże Ameryki.

Do oceanu Wielkiego przez cieśninę Beringa nie dostaje się prąd zimny z ocenu Północnego, gdyż cieśnina ta jest zbyt płytka, ale z morza Beringa płynie *prąd Beringa,* a z morza Ochockiego—*prąd Ochocki,* które koło wysp Japońskich spotykają się z Kuro-Szio; część prądu Ochockiego płynie przez morze Japońskie na południe wzdłuż wschodnich wybrzeży lądu do Korei.

bb) *Prąd Antarktyczny* płynie z zachodu na wschód i wysyła gałęzie swe na północ do trzech oceanów: Wielkiego, Atlantyckiego i Indyjskiego; gałęzie te łączą się z tamtejszemi prądami powrotnemi i tym sposobem powstają znane już nam zimne prądy: *Peruwiański, Benguelski* i *Zachodnio-Australijski.*

b) *Teorja prądów morskich.* Pogląd na przyczynę prądów morskich ulegał wciągu ubiegłego stulecia kilkakrotnym zmianom.

Początkowo przypuszczano, że ruch wirowy ziemi ku wschodowi wywołuje prąd Równikowy ku zachodowi (prądu przeciwnego jeszcze nie znano), albowiem cząstki wody posiadają pewną bezwładność, nie mogą podążyć za ziemią. Zapatrywanie to okazało się błędnem, albowiem ruch ziemi rozpoczął się nie od dziś, lecz trwa od niezmiernie odległego czasu i wskutek tego powłoka wodna musiała przez tarcie otrzymać już dawno taką samą szybkość obrotową, jaką posiada sama twarda ziemia.

Później starano się w inny sposób związać prądy Równikowe z wirowym ruchem ziemi: przypuszczano, że wskutek siły odśrodkowej woda z dna musi wypływać na powierzchnię, a przynosząc mniejszą szybkość wirowania, opóźnia się w tym ruchu, co wywołuje prąd ku zachodowi. Lecz i ten pogląd okazał się błędnym, albowiem w takim razie na powierzchni oceanu woda powinna by być bardzo zimna, a z drugiej strony siła odśrodkowa znajduje już zadośćuczynienie w elipsoidalnym kształcie oceanu, w większem wzniesieniu jego powierzchni na równiku niż na biegunach.

Następnie i aż do naszych prawie czasów upatrywano przyczynę prądów morskich, głównie południkowych, w różni-

http://rcin.org.pl

cach temperatury wody morskiej. Punkt wyjścia do takiego poglądu dała głównie analogja z oceanem powietrznym, gdzie rzeczywiście passaty wyjaśniają się różnicą temperatury pasa równikowego z jednej, a wyższych szerokości gieograficznych z drugiej strony. Analogja ta jednak jest tylko pozorna, albowiem woda stanowi medjum różne od powietrza i posiada inne warunki ogrzewania: powietrze ogrzewa się zdołu, woda — zgóry; powietrze więc może miejscami znajdować się w równowadze niestałej, w morzu warstwy cięższe leżą zawsze na dole.

Powietrze, przy tem samem podniesieniu temperatury, rozszerza się daleko bardziej niż woda, i podczas gdy różnica temperatury powietrza w zimie między Azją centralną i Indjami zwrotnikowemi wynosi przeszło 50°, to różnica temperatury wody na powierzchni między kołami biegunowemi i równikiem wynosi tylko około 20°; im głębiej zaś, tem różnice temperatury wód bardziej się zmniejszają, a na dnie zupełnie znikają.

Średnia temperatura zwrotnikowego słupa wody morskiej (a o słup to właśnie chodzi, nie o samą powierzchnię) nie jest wyższa nad 3° od słupa wody biegunowej takiej samej głębokości; różnica ta nie może wywołać wielkich skutków, zwłaszcza przy 8000 km. odległości; żaden więc z obserwowanych prądów oceanu otwartego nie może pochodzić z przyczyn termicznych. Tylko bardzo powolne, niedostrzegalne parcie wód polarnych ku równikowi ma rzeczywiście miejsce i wywołuje nizką temperaturę wody dennej w morzach równikowych, oraz znaczną zawartość w niej kwasu węglanego i powietrza, odpowiadającą takiej zawartości w wodach powierzchownych przy tejże temperaturze (dowodzi to, że wody denne równikowe pochodzą z wód powierzchownych polarnych). Ale ta „cyrkulacja termiczna" nie ma nic wspólnego z prawdziwemi obserwowanemi prądami.

Prócz tego przyczynę prądów upatrywano jeszcze w niejednakowem parowaniu, niejednakowej słoności, niejednakowym gatunkowym ciężarze wody morskiej w różnych okolicach. Ale parowanie w oceanie otwartym ogranicza się na bardzo powierzchownej warstwie i kompensuje się zaraz dopływem

http://rcin.org.pl

wody ze wszystkich stron. Przyczyna ta występuje silnie tylko w cieśninach, łączących morza śródziemne z oceanem. Tak np. ponieważ nasze morze Śródziemne traci więcej wody przez parowanie, niż otrzymuje od rzek i deszczów, więc poziom jego stoi niżej od poziomu Atlantyku i dlatego w cieśninie Gibraltarskiej płynie prąd z Atlantyku do morza Śródziemnego; prąd ten wskutek wirowego ruchu ziemi zbacza na prawo, przez co, naciskany ku wybrzeżom, obiega wzdłuż nich całe morze Śródziemne. W morzach zaś Czarnem i Baltyckiem dopływ wody przenosi ubytek przez parowanie i dlatego przez Bosfor i Dardanelle, oraz przez Sund i Bełty, płyną prądy nazewnątrz i t. d.

W najnowszych czasach uznano powyższe ogólne teorje za błędne (lub niedostateczne i lokalne) i *główną przyczynę panujących prądów morskich znaleziono w panujących wiatrach,* głównie w passatach okolic zwrotnikowych i w panujących przeważnie zachodnich wiatrach okolic umiarkowanych. Wprawdzie już i dawniej przyznawano wiatrom pewien wpływ na prądy, ale tylko powierzchowne; zaprzeczano zaś wpływu głębiej sięgającego. Ale Zöppritz dowiódł, że działanie wiatru, przy dostatecznie długim przeciągu czasu, jest w stanie sięgnąć daleko w głębie wód: albowiem, wprowadzona w ruch powierzchowna warstwa wody udziela tego ruchu, wskutek tarcia, kolejno coraz niżej leżącym warstwom aż do samego dna. Gdyby w danej chwili nad powierzchnią oceanu głębokiego na 4000 m. zaczął dąć wiatr o stałym kierunku i szybkości, to w 200000 lat ruch wody, przezeń wywołany, sięgnąłby aż do dna; przyczem szybkość prądu zmniejsza się ku dnu proporcjonalnie ze wzrostem głębokości.

Wprawdzie w rzeczywistości ani kierunek, ani szybkość wiatru nie pozostają stałemi; ale zmiany rozprzestrzeniają się wgłąb' nadzwyczaj powolnie, tak, iż jeżeli są chwilowe, to mają wpływ tylko na warstwę najwyższą, warstwy zaś głębsze zatrzymują stale tylko wpływ wiatrów przemagających. Tak więc prądy morskie obecne są produktem działania wszystkich wiatrów, jakie w ciągu niezliczonych stuleci wiały ponad danemi okolicami oceanu.

Prócz tego wiatry mogą się przyczynić do powstawania

http://rcin.org.pl

prądów, a raczej *pasów zimnej wody,* u wybrzeży jeszcze w sposób pośredni: wiejąc od lądu, zwiewają one wodę z powierzchni sąsiedniego morza, a na miejsce tej wody nietylko woda powierzchowna napływa z boków, wywołując rzeczywiste prądy, lecz i zimna woda wypływa z głębi *(prądy kompensacyjne).* Ta okoliczność przyczynia się w znacznej części do powstania znanych już zimnych prądów u zachodnich wybrzeży południowych części świata, oraz u wschodnich wybrzeży północnych części świata. Dowodem tego jest zaobserwowany fakt, że na wschodnich brzegach półwyspu Somal, w czasie mussonu

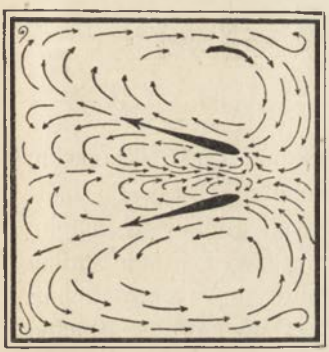


Fig. 91.

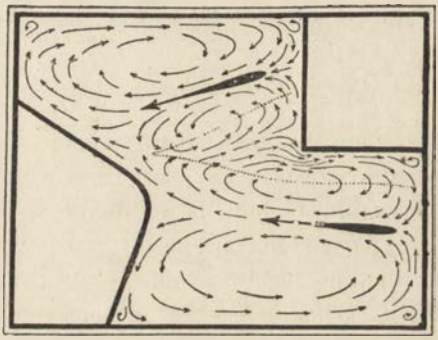


Fig. 92.

południowo-zachodniego powstaje pas wody zimnej, w czasie zaś mussonu północno-wschodniego pas ten znika.

Wirowy ruch ziemi, wywołujący zboczenie każdego ruchu na ziemi (na półkuli północnej na prawo, na południowej na lewo), oraz lądy i mielizny, stawiające tamę prądom i zmuszające je do zmiany kierunku, wywierają na prądy też pewien wpływ modyfikujący. Tak np. przez odbicie prądów równikowych od wschodnich brzegów Ameryki Południowej i wysp wschodnio azjatyckich, powstaje między niemi przeciwprąd równikowy.

Powyższą teorję stwierdził Krümmel za pomocą bardzo prostego doświadczenia. Jeżeli w czworokątnym naczyniu z wodą (fig. 91) wywołamy, np. zapomocą maszynki inhalacyjnej, silne prądy (przedstawione na figurze 91 zapomocą dwóch grubych strzałek), to powstanie w nim cały system

http://rcin.org.pl

prądów (można je uwidocznić zapomocą trocin), które wszystkie zmierzać będą do punktu, skąd wychodzą prądy pierwotne (skąd woda jest zwiewana): jedne w kierunku wprost przeciwnym między dwoma pierwotnemi prądami, inne drogami okolnemi.

Przez wstawienie do naczynia ścian blaszanych można odtworzyć pewne nieprawidłości brzegów, jakie zachodzą w na-

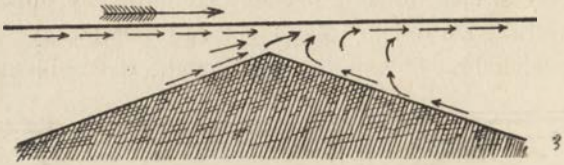


Fig. 93.

turze; np. fig. 92, odtwarza nam równikową część Atlantyku; widzimy tu, iż prądy, sztucznie wywołane, przedstawiają nadzwyczajne podobieństwo do rzeczywistych prądów na mapie.

W podobnyż sposób można stwierdzić doświadczeniem wypływanie wody z dna przy zwiewaniu jej z powierzchni; trzeba tylko pogrążyć w naczynie z wodą kawałek blachy, reprezentującej podwodną mieliznę i wywołać przez dmuchanie z jednej jej strony prądy powierzchowne, a po drugiej stronie nastąpi wypływ wody z dna, co można uwidocznić zapomocą kropli atramentu. Fig. 93.

IV). Zmiany oceanów i lądów.

Że obecnie linia brzegowa się zmienia, widzieliśmy wyżej (str. 70 — 73).

Że wzajemne stosunki rozkładu lądów i oceanów w dawnych epokach gieologicznych ulegały zmianom, to o tym przekonywają nas warstwy osadowe ze skamieniałościami morskiemi (osadzone więc na dnie morza), napotykane obecnie na lądzie, na znacznych wysokościach nad poziomem morza; odwrotnie: osady lądowe (jak osady wód słodkich i węgiel kamienny), napotykane głęboko pod powierzchnią morza (np. w kopalniach i głębokich studniach) i pod warstwami morskiemi. Je-

http://rcin.org.pl

żeli na obszarze jakimś występują warstwy morskie pewnej formacji, to dowód, że w odpowiednim perjodzie nastąpił zalew morski *(perjod transgresji)*; gdy jakiej formacji brak lub gdy występują osady lądowe, to dowód, że w odpowiednim czasie był *perjod lądowy;* wprawdzie formacja mogła ulec denudacji, ale i to dowodzi, że po jej osadzeniu znalazła się ona na lądzie. Niektórzy mimo to twierdzą, że lądy i głębiny oceaniczne są stałe, że (z małemi wyjątkami) nie zmieniły swego miejsca od chwili swego powstania. Naturalnie, iż pojmują oni ląd obszerniej, t. j. wraz z mielizną nadbrzeżną (mniej więcej do głębokości 200 m.), od której dopiero począwszy, dno spada stromiej ku znacznym głębinom. Postumenty te, wznoszące się ze znacznych głębin morskich, nie uległy zmianie, były zalewane tylko przez morze płytkie, gdyż osady morskie, spotykane na lądzie, są przeważnie płytkowodne. Wielka grubość warstw osadowych płytkowodnych da się wytłomaczyć tem, że w miarę gromadzenia się osadów, dno pod ich ciężarem obniżało się, dając miejsce nowym osadom.

Kwestja stałości lub zmienności kontynentów i głębin oceanicznych jest dotąd sporną. W każdym razie nawet zwolennicy stałości przyznają pewne obszary zmienne jako wyjątki: ocean Atlantycki jest świeższego pochodzenia, natomiast zagłębie oceanu Wielkiego jest bardzo stare.

Przez wszystkie prawie epoki gieologiczne istniały dwie masy lądowe (zalewane tylko płytkiem morzem): północna i południowa, rozdzielone długim równoleżnikowym pasem morza (Centralne morze śródziemne albo ocean Thetis); przez utworzenie się Atlantyku w trzeciorzędzie, oraz przez zrośnięcie się Eurazji z Afryką i Ameryki Północnej z Południową powstały dzisiejsze stosunki rozkładu lądów i wód.

http://rcin.org.pl

C) Powietrze (atmosfera).

I). Kształt i wysokość atmosfery.

Ocean powietrzny, otaczający ziemię przezroczystą błękitną powłoką, nie posiada kształtów poziomych w tem znaczeniu co ocean wodny; albowiem żadne wyniosłości skorupy ziemskiej nie wysterczają ponad górną powierzchnię powietrza i nie dzielą takowej na części. Co do kształtu pionowego to powietrze posiada kształt sferoidu, którego środek zajmuje ziemia. Dolna powierzchnia tego sferoidu powietrznego jest wyznaczona przez powierzchnię ziemi (bądź równiny wodne, bądź nierówności lądowe), której nierówności są jednak zbyt drobne w porównaniu z grubością (wysokością) atmosfery. Górna powierzchnia atmosfery jest wyznaczona przez równowagę między siłą odśrodkową, usiłującą oddzielić cząstki powietrza od ziemi i siłą ciężkości, usiłującą je zatrzymać: ponieważ siła odśrodkowa wraz z oddaleniem od środka ziemi (powiększeniem promienia obrotu) rośnie, a siła ciężkości maleje, więc w pewnej odległości od powierzchni ziemi (blisko 6 promieni ziemskich) musi istnieć gieometryczne miejsce takich punktów, w których siła odśrodkowa równa sie sile ciężkości. Miejsce to, t. j. ta powierzchnia będzie granicą górną atmosfery, albowiem każda cząstka powietrza, która dostanie się poza tą granicę, uwolni się od przyciągania ziemi i wejdzie w sferę przyciągania innych ciał niebieskich; przestanie należeć do ziemi. Powierzchnia ta musi mieć, jak wiadomo (ob. wyżej o teorji Laplace'a), kształt sferoidu. Prócz tej teoretycznej, *matematycznej granicy* (wysokości) atmo-

http://rcin.org.pl

sfery istnieje jeszcze *granica fizyczna*, t. j. granica, poza którą nie odbywają się już, dające się zaobserwować, zjawiska świetlne. Granicę tę znaleziono zapomocą mierzenia wysokości, w której zaczynają świecić, t. j. płonąć, gwiazdy spadające. Wysokość tę łatwo obliczyć, obserwując z dwóch punktów na ziemi, których odległość jest znana, kąt, pod którym widać gwiazdę w chwili, gdy zaczyna świecić. tym sposobem możemy narysować trójkąt, mając jego podstawę i dwa kąty przypodstawne; narysowawszy zaś trójkąt, można narysować i zmierzyć jego wysokość, a ta będzie (w zmniejszonej skali) wysokością, w której gwiazda zapłonęła. Taka granica atmosfery sięga 200 km.

II). Skład powietrza.

Powietrze atmosferyczne jest mieszaniną dwóch gazów: tlenu i azotu w stosunku 21 do 79 (co do objętości). Tlen łączy się chciwie z różnemi ciałami, utlenia je: pokrywa np. żelazo rdzą, wywołuje gnicie, palenie, podtrzymuje oddychanie (utlenianie krwi); bez tlenu nie byłoby życia zwierzęcego. Azot, rozrzedzając tlen, zmniejsza siłę jego działania.

Oprócz tych dwóch głównych części składowych znajdują się w powietrzu inne składniki podrzędne, jako to: para wodna, kwas węglany, amonjak, pył, dym i różne mikroskopowe organizmy (bakterje), sprowadzające choroby (zwłaszcza w krajach gorących i wilgotnych). Na wybrzeżach morza znajdują się prócz tego w powietrzu sól i jod (zakłady lecznicze nadmorskie dla dzieci skrofulicznych).

Te podrzędne części składowe występują w ilości małej, przytem zmiennej.

I tak ilość pary wodnej maleje wogóle od równika ku biegunom; naturalnie jednak, iż nad oceanem jest jej więcej niż nad pustynią, gdzie powietrze natomiast przepełnione jest pyłem, który wywołuje zamglenie atmosfery (przeciska się przez namioty, wywołuje zapalenie oczu i t. p.); dym zanieczyszcza atmosferę w okolicy fabryk, oraz w okolicach wypalania lasów i torfowisk. Amonjak wywiązuje się przy gniciu ciał organicznych, stąd wiele go znajduje się w miastach; ilość jego

http://rcin.org.pl

się zwiększa, jak pyłu zmniejsza, po każdym deszczu; bakterje są najliczniejsze w miastach, najmniej liczne w górach i nad morzem. Kwas węglany występuje w większej ilości w wielkich miastach i w okolicach wulkanicznych, gdzie wydobywa się z kraterów (np. Psia Grota pod Neapolem). Kwas węglany jest szkodliwy dla oddychania, stąd to ogrody i skwery w miastach mają zdrowotne znaczenie, gdyż zielone części roślin pochłaniają kwas węglany i wydzielają tlen, potrzebny do oddychania; stąd ogrody i skwery londyńskie nazwano „płucami Londynu."

III). Temperatura powietrza.

1. Ogrzewanie się powietrza.

Ponieważ skorupa ziemska jest bardzo złym przewodnikiem ciepła, więc wewnętrzne ciepło ziemi, wyjąwszy okolice wybuchających wulkanów i źródeł gorących, nie mają żadnego wpływu na stopień ciepła, czyli temperaturę powietrza. *Źródłem ciepła* na ziemi jest jedynie słońce, które wysyła jej corocznie tyle ciepła, iż mogłoby ono stopić warstwę lodu, pokrywającą ziemię na 40 m. grubości. Promienie słońca, przechodząc przez powietrze, nie wiele je ogrzewają i dopiero upadłszy na powierzchnię ziemi, ogrzewają takową; powietrze ogrzewa się dopiero od ogrzanej ziemi, niby od pieca.

Stąd wynika: 1) że stopień ciepła czyli temperatura ubywa, z powodu oddalenia się od owego „pieca", od dołu ku górze i 2) — od równika ku biegunom (bo, jak wiadomo, kąt padania promieni ku biegunom się zmniejsza).

Co do pierwszego, to mogłoby się wydawać, że ogrzanie dolnych warstw powietrza od powierzchni ziemi powinnoby się szybko udzielać warstwom górnym; albowiem rozgrzane powietrze, wskutek rozrzedzenia, staje się lżejszym i wznosi się w górę, powinnoby więc tam przynosić ciepło. Tak jednak nie jest, albowiem wznoszące się powietrze dostaje się pod coraz mniejsze ciśnienie i wskutek tego rozszerza się; na to rozszerzanie zużywa się znaczna ilość pracy mechanicznej, którą wykonywa ciepło: ciepło zużywa się na ruch cząsteczek, a wskutek tego temperatura się zniża; mianowicie w razie, gdy powie-

http://rcin.org.pl

trze jest zupełnie suche, to zniżenie temperatury w miarę wznoszenia się powietrza, odbywa się w stosunku 1° na 100 m. wzniesienia. Gdy powietrze jest wilgotne, to zniżenie temperatury odbywa się tak samo jak w powietrzu suchem tylko dotąd, dopóki wskutek oziębienia nie zacznie się skraplanie pary; od tego czasu obniżenie temperatury odbywa się powolniej, mianowicie tylko w stosunku $^1/_2$° na 100 m., albowiem przy skropleniu uwalnia się ciepło zawarte w parze (utrzymujące wodę w stanie pary) i wpływa na podniesienie temperatury powietrza, zmniejsza wielkość jego oziębienia się przy wznoszeniu (zwłaszcza w zimie).

Jak wzniesienie się powietrza wywołuje oziębienie, tak znów opadanie zimnego ciężkiego powietrza górnych warstw na dół wywołuje ogrzanie; albowiem powietrze, dostawszy się pod większe ciśnienie, zmniejsza swą objętość, przez co wywiązuje się ciepło (jak przy rozszerzeniu — zimno), jak to można stwierdzić doświadczeniem: gdy w rurce szklanej, z jednej strony zamkniętej, umieścimy hubkę i zapomocą stempla wepchniemy w rurkę nagle powietrze tak, iż objętość jego znacznie się zmniejszy, to hubka się zapali (wskutek podniesienia temperatury).

To ogrzewanie się powietrza przy zstępowaniu w dół, jest prawie takie samo, jak oziębianie się przy wstępowaniu powietrza suchego, to jest 1° na 100 m., gdyż przy zstępowaniu skroplenie nie ma miejsca, nie wywiera więc żadnego wpływu modyfikującego; raczej ulotnienie nieznacznej pozostałej ilości wody wywołuje nieznaczne oziębienie, t. j. nieznaczne zmniejszenie wielkości ogrzania.

Co do drugiego, to zmniejszanie się temperatury ku biegunom zależy, jak wspomnieliśmy, od zmniejszania w tym kierunku kąta podania promieni. Że rzeczywiście siła ogrzewająca powierzchnię zmniejsza się ze zmniejszeniem kąta podania, wiemy to z doświadczenia: rano lub wieczór, gdy słońce stoi nizko nad poziomem i promienie jego trafiają powierzchnię ziemi bardzo ukośnie, pod małemi kątami, wtedy niewiele ono ogrzewa; ku południowi zaś gdy słońce wznosi się wyżej i promienie padają pod większemi kątami, bliższemi prostego, słońce dogrzewa silniej. Na tem polega także znany fakt, że w zimie

http://rcin.org.pl

na dachach, zwróconych ku słońcu, śnieg prędzej topnieje niż na powierzchni ziemi; że winnice, potrzebujące silnego ciepła, zakładają się nie na gruncie poziomym, lecz na pochyłościach zwróconych ku słońcu: na dach i na zbocze pochyłe promienie słońca padają pod większemi kątami niż na powierzchnię poziomą.

Wpływ zmniejszania się kąta padania na zmniejszanie ogrzewania polega na tym, że przy mniejszym kącie padania, mniej promieni pada na powierzchnię tej samej wielkości, jak to widać z figury: powierzchnia *a b*, będąc zboczem zwróconym ku słońcu, otrzymuje taką samą ilość promieni jak powierzchnia pozioma *c b* większa od *a b*. Fig. 94.

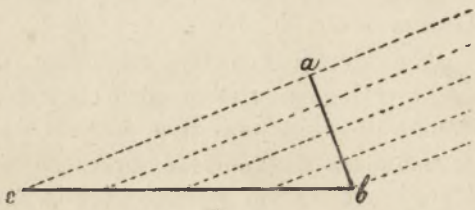


Fig. 94.

Prócz tego zmniejszanie się temperatury ku biegunom, zależy od zmniejszania się kąta padania nietylko dla powyższego względu, ale i dla tego, że im ukośniej promienie słońca przechodzą przez atmosferę, tym dłuższą drogę przez nią przebywają; tym więcej więc tracą ciepła po drodze, zanim dojdą do powierzchni ziemi, aby ją ogrzać. Figura 95 wskazuje, że im ukośniej padają promienie, tym większą drogę przebywają: $bc > ac$.

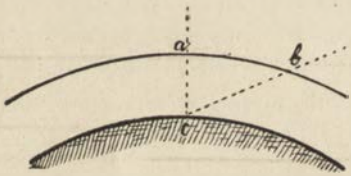


Fig. 95.

To zmniejszanie się temperatury ku biegunom ulega pewnym nieprawidłowościom, naprzód z tego powodu, że słońce, jak wiadomo, nie zawsze znajduje się na równiku, lecz, wskutek jego nachylenia do ekliptyki pod kątem $23\frac{1}{2}^{0}$, waha się w ciągu roku ruchem pozornym od jednego zwrotnika do drugiego tak, iż największy kąt padania (90^{0}), a stąd i największe ogrzanie, nie zawsze przypada na równik, lecz przechodzi od jednego zwrotnika do drugiego. (Stąd także ogrzewanie

http://rcin.org.pl

w różnych porach roku na tym samym równoleżniku jest niejednakowe, tymbardziej, że w lecie, przy większym kącie padania, powiększa się też i długość dnia, to jest długość przebywania słońca nad poziomem).

Ale gdybyśmy nawet uwzględnili wszystkie powyższe okoliczności, to i tak nie potrafilibyśmy na tej podstawie obliczyć, jaką temperaturę ma rzeczywiście pewien równoleżnik, albowiem nowe nieprawidłowości wynikają z wpływu rozmaitych warunków miejscowych.

2. Wpływ warunków miejscowych na temperaturę.

Jakkolwiek powyżej wymienione okoliczności już dość komplikują rozkład temperatury na ziemi, sprowadzają nieprawidłowość w jej ubywaniu ku biegunom, to jednak polegają na upraszczającem przypuszczeniu, że ziemia jest dokładną i jednorodną kulą, a choćby elipsoidem obrotowym. Przy takim warunku mielibyśmy przynajmniej tę prawidłowość, że wszystkie miejscowości, leżące na jednym równoleżniku, miałyby jednakową temperaturę (bo mają i kąt padania i długość dnia jednakową).

Ale ziemia nie jest ani kulą dokładną, ani jednorodną, albowiem co do pierwszego, to, pomijając niewiele tu znaczące spłaszczenie ku biegunom, ziemia posiada nierówności: wyżyny, góry, niziny, doliny. Co do drugiego, to składa się ona z różnorodnych materjałów: przedewszystkiem z wody i lądu, woda jest słona lub słodka, a ląd składa się ze skał różnego gatunku; przytem przedstawia różne warunki powierzchni w zależności od wilgoci i szaty roślinnej: obok suchych pustyń skalistych lub piaszczystych znajdują się moczary; obok stepów bezdrzewnych — nieprzebyte gąszcze leśne i t. d.

Wszystkie powyższe nieprawidłowości (urozmaicenia) w ukształtowaniu, składzie i stanie powierzchni ziemi, które zowiemy warunkami *miejscowemi (lokalnemi), gieograficznemi* lub *fizycznemi*, burzą jeszcze bardziej prawidłowość w rozkładzie ciepła na ziemi, i są przyczyną, że miejscowości, leżące na jednym równoleżniku, mają nieraz bardzo różne tempera-

http://rcin.org.pl

tury i odwrotnie: miejscowości, odległe od siebie na wiele stopni szerokości gieograficznej, mają nieraz temperaturę jednakową.

Wpływ tych warunków jest tak ważny, iż należy go rozważyć szczegółowo.

a) *Wpływ ukształtowania pjonowego (wzniesienia i kształtu powierzchni).* Ponieważ w wyższych warstwach powietrze jest, jak wiadomo, zimniejsze niż w niższych, więc na górach i wyżynach musi być zimniej niż na sąsiednich z niemi nizinach (przytym i tutaj ubytek temperatury ku górze jest znaczniejszy w lecie niż w zimie str. 169). Wprawdzie wyniosłości, sterczące śród atmosfery, ogrzewają się od słońca, jak wogóle powierzchnia ziemi; a nawet ogrzewają się silniej niż powierzchnia nizin, albowiem promienie słońca, padające na wyniosłości, przechodzą krótszą drogę przez atmosferę i przytym przez część jej rzadszą, mniej więc utracają w niej ciepła niż promienie, padające na niziny; ale wyniosłości te mają stosunkowo niewielką powierzchnię, nie są więc w stanie ogrzać otaczającej je zimnej atmosfery (tymbardziej, że przy znacznej wysokości są pokryte wiecznemi śniegami), podobnie jak mały piec nie jest w stanie ogrzać zbyt wielkiego pokoju.

Z uwag tych łatwo wyprowadzić wniosek, że ubytek temperatury z wysokością jest na wyniosłościach jednak nieco mniejszy niż w swobodnej atmosferze; przytem — że na górach odosobnionych jest większy niż na wyżynach (bo te ostatnie przedstawiają znaczniejszą powierzchnię ogrzewania; z tego też powodu na wyżynach ubytek temperatury w lecie jest, odwrotnie niż w swobodnej atmosferze i na górach, mniejszy niż w zimie); wreszcie na górach stromych większy niż na łagodnych (bo te przedstawiają pewne podobieństwo do wyżyn).

Najznaczniejszy też ubytek temperatury ku górze znaleziono na odosobnionej wyspie św. Heleny, gdzie przytem powietrze jest bardzo suche; mianowicie ubytek wynosi tam prawie 1^0 na 100 m., to jest prawie tyle, ile w zupełnie suchym powietrzu i swobodnej atmosferze.

Wstępując więc na wysoką górę, doznajemy pod względem temperatury takich samych zmian, jakbyśmy się zbliżali

http://rcin.org.pl

do bieguna; tylko zmiany zachodzą daleko szybciej, bo nawet na górach podrównikowych, już na wysokości niespełna mili, leżą wieczne śniegi, podczas gdy taka sama zmiana w kierunku poziomym, od równika ku biegunom, odbywa się na przestrzeni ćwierci południka, t. j. tysiąca kilkuset mil. Przytem, ponieważ oziębienie na górach szybciej następuje w lecie niż w zimie, więc na górach lata są chłodniejsze a zimy cieplejsze niż na nizinach wyższych szerokości gieograficznych z tą samą temperaturą roczną.

Drugą charakterystyczną cechą stosunków temperatury na górach jest bardzo wielka różnica między temperaturą na słońcu i w cieniu (z powodu silnego bezpośredniego działania promieni słońca, ob. str. 172). Różnica ta występuje szczególniej silnie w zimie; tak np. w Davos, stacji leczniczej w Graubündenie (1650 m. wysokości), podczas gdy w cieniu temperatura jest — 13°, na słońcu wznosi się do + 39° (więc 52° różnicy!); tym sposobem chorzy, chodząc na słońcu, mogą oddychać tam zdrowem zimnem powietrzem, a mimo to nie doznawać zimna, nie narażać się na zaziębienie.

Co do *wpływu* nie samego wzniesienia, lecz ukształtowania gruntu, *płaskiej*, to ważną jest szczególniej ta nieprawidłowość w rozkładzie pjonowym, którą wywołują kotliny, zewsząd otoczone wysokiemi górami, pozbawione swobodnego przewiewu: w zimie, w czasie silnych mrozów, warstwy powietrza, spoczywającego na górach, oziębiają się silnie od oziębionej przez promieniowanie ziemi; a wskutek braku przewiewu nie mieszają się z sąsiedniemi warstwami powietrza, lecz jako ciężkie, gromadzą się na miejscu, na dnie kotlin, które stanowią wtedy jakby jeziora zimnego powietrza; wówczas temperatura ku górze zamiast ubywać, wzrasta (lecz tylko do pewnej granicy, od której począwszy ubywa). Zjawisko to *(odwrócenie)* występuje często we wschodnich Alpach w dolinie Klagenfurtu, w Engadynie i t. d. Górale znają to zjawisko i dla tego nie budują się i nie uprawiają pól na dnie takich kotlin, lecz wyżej, na stokach wyniosłości. Podobneż stosunki spotykamy na otoczonej górami wyżynie Podalpejskiej, gdzie głębokie doliny rzek (Dunaju i jego dopływów) są w zimie zimniejsze niż dzielące je płaty

http://rcin.org.pl

wyżyny. Na wielką skalę stosunki takie występują we wschodniej Syberji, gdzie góry graniczne od południa i wschodu przeszkadzają odpływowi zimnego powietrza.

Dalej wpływ plastyki wyraża się we wspomnianym już powolniejszym ubytku temperatury na pochyłościach łagodnych niż na stromych; w silniejszym ogrzewaniu zboczy zwróconych ku słońcu niż powierzchni poziomej, a to z powodu, jak już wspomnieliśmy, większego kąta padania w pierwszym

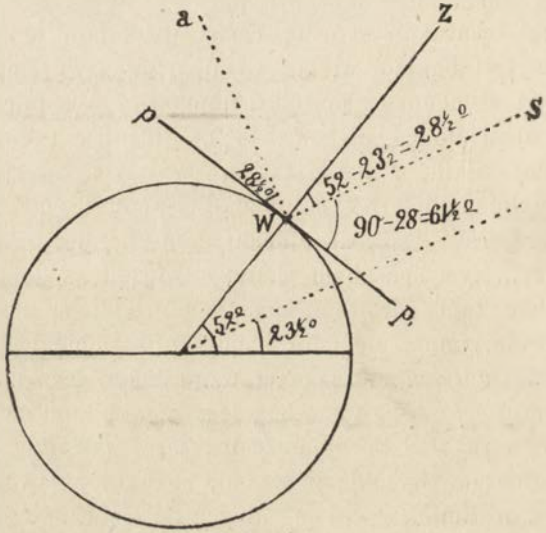


Fig. 96.

razie. Tak np. u nas promienie słońca na poziom nigdy nie padają pod kątem prostym, a na zbocza nachylone pod kątem $28^1/_2{}^0$ padają pod kątem prostym w dniu 21 Czerwca, jak to widać na fig. 96, przedstawiającej kulę ziemską. Na figurze tej W jest punktem, leżącym pod 52 szer. (np. Warszawa), p p_1 przedstawia jego poziom, W Z — pjon, linie S — promienie słońca w dniu 21 Czerwca (gdy słońce jest o $23^1/_2{}^0$ na północ równika). Jeżeli z punktu W wyprowadzimy prostopadłą W *a* (zbocze) do S W, to łatwo obliczyć, że kąt *a* W p, jako równy kątowi Z W S (ramiona ich są prostopadłe), ma $28^1/_2{}^0$. Na poziom promienie słońca padają tu pod kątem $61^1/_2{}^0$.

http://rcin.org.pl

Stosunki ogrzewania zboczy jeszcze się potęgują, gdy u stóp pochyłości rozciąga się zwierciadło wodne, odbijające silnie promienie słońca ku tej pochyłości. Takie stosunki napotykamy np. na północnym wybrzeżu jeziora Genewskiego i na wybrzeżu Genueńskiem („Riviera"); to też tam spotykamy wyjątkowo bujną roślinność i stacje dla chorych na piersi.

Dalej: przeciwne pochyłości gór, słoneczne i odsłoneczne, różnią się wskutek tego pod względem temperatury, nie tak jednak bardzo jak dawniej przypuszczano; albowiem w godzinach porannych i wieczornych północne zbocza gór (na naszej półkuli) są oświecane i ogrzewane też *bezpośrednio* przez promienie słońca.

Zależy to od tego, że słońce nie zawsze wschodzi i zachodzi w punktach prawdziwego wschodu i zachodu, lecz np. na naszej półkuli w lecie wschodzi i zachodzi w punktach, leżących na północ od prawdziwego wschodu i zachodu. Przy nizkiej szerokości gieograficznej może to wywierać znaczny wpływ na ogrzewanie stoków północnych. Tak np. północne stoki Himalajów (28° szerokości północnej) są przez trzy prawie miesiące silniej ogrzane niż południowe.

Wreszcie łańcuchy gór wywierają wpływ na temperaturę i przez to, że na jednym swym stoku mogą powstrzymywać wiatry ciepłe, a na drugim zimne; przeszkadzają mieszaniu się powietrza z różną temperaturą i stąd wielkie różnice temperatury powstają na niewielkich odległościach. Głównie mają tu wpływ góry równoleżnikowe jak Himalaje, Alpy, Karpaty, Bałkan, Taurydzkie i t. d., lecz niekiedy i góry południkowe np. Skandynawskie, które na swym zachodnim stoku powstrzymują ciepłe wiatry zachodnie, wiejące od Golfstromu.

b) *Wpływ lądu i morza.* Wiadomo, że różne ciała potrzebują różnej ilości ciepła, aby się ogrzać do jednakowej temperatury (mają różne ciepło gatunkowe): jeżeli na płytę woskową rzucimy dwie kule ogrzane do jednakowej temperatury, jedną żelazną, a drugą ołowianą, to pierwsza prędzej przetopi wosk i przebije się na wylot niż druga (pierwsza ma większe ciepło gatunkowe, większą ilość ciepła). Otóż woda

http://rcin.org.pl

ma ciepło gatunkowe około 2 razy większe niż grunt suchy, to znaczy, że woda potrzebuje około dwa razy większej niż ląd ilości ciepła, aby się ogrzać do tej samej co on temperatury; woda więc ogrzewa się trudniej i powolniej niż ląd, ale też zato trudniej i powolniej się oziębia. Procz tej przyczyny zasadniczej są także inne, uboczne, które ten stosunek ogrzewania się i oziębiania wody i lądu jeszcze potęgują. I tak, ogrzewanie wody w czasie lata zmniejsza się najprzód dlatego, że woda znaczna część padających na nią promieni odbija od swej gładkiej powierzchni. Dalej, znaczna część promieni, padających na wodę, zużywa się nie na jej ogrzewanie, lecz na jej zamianę w parę, a w wyższych szerokościach — na roztapianie lodów. W zimie znów oziębione cząstki wody stają się cięższe i opadają na dno (w wodzie słodkiej póki temperatura nie obniży się poniżej $+4^{\circ}$, a w wodzie słonej nawet poniżej 0°), a na ich miejsce wznoszą się z dołu lżejsze, cieplejsze. Dalej przy przejściu pary w wodę, a wody w lód, uwalniające się ciepło zmniejsza oziębienie. Wreszcie nad wodami powietrze jest wilgotne, często chmurne, i dla tego w lecie chroni wodę od zbytniego ogrzewania przez promienie słońca; w zimie znowu chroni od zbytecznego oziębienia, gdyż utrzymuje na dole, podobnie jak szkło inspektowe, ciemne promienie ciepła, uchodzące z ziemi.

Dla tego to, podczas gdy ląd na pustyniach rozgrzewa się na przeszło 70°, morze nie dosięga połowy tej temperatury (str. 144).

Stąd łatwo zrozumieć, że na jednym równoleżniku w zimie morze, a stąd i powietrze nad nim, jest cieplejsze, a w lecie zimniejsze niż ląd i powietrze nad nim; czyli — że morze wpływa miarkująco na skwary letnie i mrozy zimowe, zmniejsza różnicę między temperaturą lata i zimy (a naturalnie także — dnia i nocy). Przytem z powodu powolności ogrzewania i oziębiania wody, czas jej najwyższej i najniższej temperatury opóźnia się w porównaniu z lądem: gdy nad lądem (na naszej półkuli) najwyższa temperatura bywa w lipcu, a najniższa w styczniu, to nad morzem — w jesieni i na wiosnę.

Ten łagodzący wpływ morza udziela się wyspom i krajom nadbrzeżnym, które różnią się pod tym względem od

http://rcin.org.pl

krain, we wnętrzu lądu leżących: w pierwszych — dnie i lata nie są zbyt gorące, noce i zimy — zbyt zimne; w drugich odwrotnie. W pierwszych różnice między temperaturami dnia i nocy, oraz lata i zimy (albo lepiej — najcieplejszego i najzimniejszego miesiąca), czyli tak zwane *amplitudy* dzienne i roczne są nieznaczne; w drugich — znaczne.

Nie tylko jednak temperatury krańcowe, ale i średnie zależą od rozkładu lądów i wód, a to w rozmaity sposób w rozmaitych szerokościach gieograficznych: w niższych szerokościach powiększenie ogrzania letniego przez ląd jest większe niż powiększenie zimna w zimie, ogrzewający wpływ lądu przeważa nad oziębiającym; w wyższych szerokościach odwrotnie. Stąd w niższych szerokościach ląd podnosi średnią temperaturę roku, w wyższych obniżają.

c) *Wpływ natury gruntu i stanu powierzchni.* Jak woda i ląd, tak też i różne gatunki gruntu, a zarazem różne stany pokrywającej go szaty roślinnej, wywierają wpływ na zdolność ogrzewania się i oziębiania, a stąd i na temperaturę.

Piasek suchy posiada tę zdolność w najwyższym stopniu, to też grunty pustyń, jak wnętrze Australii, Sahara, a nawet dalej na północ leżące-Turan i Gobi, rozgrzewają się do przeszło 70° tak, iż można tu w piasku upiec jaja na twardo, a spadająca na ziemię hubka zapala się (zato w nocy powstaje tam lód). Grunt z barwą ciemną i chropowaty (lawowy, czarnoziemny) rozgrzewa się silniej niż biały i gładki (kredowy, wapienny, śnieżny), od którego promienie silnie się odbijają; to też nawet w wilgotnej i chłodnej Islandji ciemny wulkaniczny piasek rozgrzewa się tak silnie od słońca, że powstają na nim zjawiska podobne do zjawisk pustyniowych krain gorących, jak trąby powietrzne i miraże.

Grunt wilgotny, bagnisty naturalnie daleko trudniej się rozgrzewa niż suchy, albowiem znaczna część ciepła zużywa się na osuszanie jego, to jest ulatnianie wody w nim zawartej. Podobnaż różnica zachodzi między gruntem pokrytym lasami, a nagim: pierwszy mniej się ogrzewa, gdyż naprzód roślinność wstrzymuje bezpośrednie działanie promieni słonecznych na grunt, powtóre, część ciepła zużywa się na ulatnianie wilgoci z roślin i z gruntu, zwykle tu wilgotnego.

http://rcin.org.pl

Z drugiej znów strony las niejako otula ziemię, nie dozwala jej silnie oziębić się przez promieniowanie nocne i zimowe.

Tym sposobem las (i grunt bagnisty) oddziaływa na temperaturę podobnie jak morze: łagodzi ostateczności. Przykład tego widzimy w olbrzymich lasach dorzecza Amazonki, gdzie temperatura miejscowości, leżących o setki mil od morza, nie różni się od temperatury miejsc nadmorskich; to znaczy, że las znosi tu wpływ położenia lądowego, zastępuje wpływ morza.

3. Rozkład temperatury na ziemi, linje izotermiczne.

Z rozpatrywania powyższych przeróżnych wpływów, burzących prawidłowy rozkład temperatury, łatwo zrozumieć, jak dalece skomplikowane są stosunki tego rozkładu; jak muszą się różnić od rozkładu, któryby miał miejsce na prawidłowej i jednorodnej kuli; jak niepodobną byłoby rzeczą stosunki rzeczywiste obliczyć teoretycznie, matematycznie. Dla zdania więc sobie sprawy z tego rozkładu, trzeba bezpośrednich obserwacji w najliczniejszych o ile możności miejscowościach, i to — obserwacji wieloletnich, aby przez obliczenie średnich dziennych, miesięcznych i rocznych z lat wielu uwolnić wyrażenia temperatur w danym miejscu od nieprawidłowości chwilowych, przypadkowych; wiemy bowiem, że nie każdego roku temperatura jest w danym miejscu zupełnie jednakowa. Lecz nawet mając tak obliczone cyfry dla bardzo licznych miejscowości, jeszcze nie zdołalibyśmy wytworzyć sobie pojęcia o rozkładzie ciepła na ziemi, trudno bowiem zorjentować się w tak olbrzymiej ilości cyfr.

Dla tego, to jest dla ułatwienia objęcia za jednym rzutem oka, tego skomplikowanego obrazu, wprowadzono pewne linje (izotermiczne), ułatwiające orjentowanie się. Linje te łączą na mapie miejscowości, posiadające pod pewnym względem jednakowe stosunki temperatury (jednakową średnią miesięczną, roczną, jednakowe różnice w ciągu roku i t. d.); ale i tutaj dla uniknięcia nierozwikłanego chaosu, sprawianego przez nieskończoną rozmaitość nierówności gruntu, trzeba było wprowadzić pewne uproszczenie, mianowicie sprowadzić

http://rcin.org.pl

temperatury wszystkich miejsc do poziomu morza; t. j. każdą obserwowaną temperaturę powiększano o tyle razy 0,5°, ile razy wysokość miejsca nad poziomem jest większa od 100 m, (bo w takim stosunku temperatura ubywa ku górze). Tak naprzykład, jeżeli miejscowość jakaś, leżąca na wysokości 1000 m., ma temperaturę 8°, to na mapie dano jej temperaturę

$$8^0 + \frac{1000}{100} \times 0{,}5 = 8^0 + 5^0 = 13^0.$$

Taką bowiem temperaturę miałaby ta miejscowość, gdyby leżała na poziomie morza.

a) *Izotermy.* Z linji izotermicznych najważniejszemi są izotermy i izoamplitudy; pierwsze łączą punkta, mające jednakową średnią temperaturę roczną *(izotermy roczne)* lub miesięczną *(izotermy miesięczne)*, zwykle miesiąca lipca i stycznia, jako krańcowych co do temperatury. *Izoamplitudy* łączą punkta, mające jednakową różnicę *(amplitudę)* temperatury między lipcem i styczniem, wogóle między miesiącem najcieplejszym i najzimniejszym.

Z dołączonych tu trzech map izoterm (styczniowych, lipcowych i rocznych) łatwo możemy wyczytać i sprawdzić wiele tych uwag, któreśmy wyżej o stosunkach izotermicznych zrobili, oraz wyprowadzić wiele innych ważnych prawideł.

Najpierw więc ze wszystkich trzech map widać, że izotermy nie biegną wzdłuż równoleżników, ani nawet nie są względem siebie równoległe; pokazuje to naprzód, że miejscowości, leżące na jednym równoleżniku, nie mają jednakowej temperatury; dalej — że temperatura na różnych południkach ubywa nie jednakowo szybko ku biegunom: gdzie izotermy zbliżają się i cisną ku sobie, tam ubytek idzie szybciej i odwrotnie; w Europie np. izotermy rozchodzą się, biegną rzadko, to pokazuje, że ubytek temperatury jest powolny. Nie można więc powiedzieć wogóle, w jakim stosunku temperatura ubywa ku biegunom na każdy 1° południka (dla Europy ubytek na 1° t. j. 15 mil wynosi mniej więcej tylko tyle, co ubytek ku górze na 100 m.).

Rozpatrzymy bliżej naprzód izotermy miesięczne stycznia i lipca, gdyż one, jako przedstawiające stosunki krańcowe temperatury, daleko dobitniej wyrażają pewne prawa ogrzewania

http://rcin.org.pl

i oziębiania, niż izotermy roczne, przedstawiające stosunki przeciętne, średnie z całego roku, w których z tego powodu stosunki ogrzewania i oziębiania ulegają pewnemu zatarciu.

1) *Izotermy styczniowe.* Z mapy izoterm styczniowych (miesiąca najzimniejszego dla północnej półkuli, a najcieplejszego dla południowej) widzimy *wogóle,* iż na półkuli północnej izotermy wyginają się dwa razy ku biegunowi: raz silniej we wschodniej stronie oceanu Atlantyckiego, gdzie dosięgają znacznej stromości; na lądzie Europy biegną one wzdłuż południków, a nawet zwisają (przytem na półwyspie Skandynawskim cisną się bardzo ku sobie); drugi raz słabiej we wschodniej stronie oceanu Wielkiego; i dwa razy ku równikowi: raz silniej we wschodniej stronie Azji, drugi raz słabiej we wschodniej stronie Ameryki Północnej. Wygięcia te słabną ku południowi tak, iż w pobliżu równika izotermy biegną prawie wzdłuż równoleżników z lekką skłonnością nawet do wygięć odwrotnych, niż izotermy bardziej północne.

Taki przebieg izoterm styczniowych *pokazuje* nam, że w styczniu zachodnie wybrzeża lądów są cieplejsze od wschodnich (w wyższych szerokościach) i że w Europie (głównie na półwyspie Skandynawskim) temperatura ubywa nie z południa na północ, lecz z zachodu na wschód (wyjąwszy Europę południową); tak np. Warszawa, a nawet Odessa, ma taką samą temperaturę jak wyspy Lofoten.

Taki przebieg izoterm *wyjaśnia się* tym, że morze w zimie w wyższych szerokościach jest cieplejsze od lądu (na tym samym równoleżniku), a tymbardziej tam, gdzie wzdłuż wybrzeży lądu płyną prądy ciepłe, silniejszy w Atlantyku (Golfstrom), słabszy w oceanie Wielkim (Kuro Szio); panujące tu zaś wiatry zachodnie rozszerzają ten wpływ ogrzewający na zachodnie wybrzeża lądów.

W Skandynawji wpływ ten nie sięga daleko, gdyż przeszkadzają temu góry Skandynawskie. (Stąd wielkie ściśnienie izoterm w tym miejscu. Ob. wyżej o wpływie gór str. 175). Słabnięcie wygięć ku południowi objaśnia się tem, że Golfstrom i Kuro Szio, skręcając ku południowi, tracą swą

http://rcin.org.pl

siłę ogrzewającą; owszem występują nawet jako prądy oziębiające po zachodnich stronach lądów, tymbardziej, że panujące tu wiatry wschodnie wywołują wypływ wody zimnej z głębi (ob. prądy str. 163).

Na półkuli południowej, izotermy, wskutek przewagi ujednostajniającego oceanu, biegną zgodniej z równoleżnikami; wyginają się jednak ku równikowi we wschodniej stronie oceanów, czyli w zachodniej stronie lądów (wpływ prądów zimnych), a ku biegunowi po zachodniej stronie oceanów, czyli po wschodniej stronie lądów (wpływ prądów ciepłych), szczególniej zaś w dalszym ciągu we wnętrzu lądów (ogrzewający wpływ lądu w czasie lata południowej półkuli).

Po tym ogólnym poglądzie przypatrzmy się teraz ważniejszym izotermom *poszczególnym*.

Na półkuli północnej jedna z dwóch najcieplejszych izoterm + 25°, ograniczających wzdłuż równika pas największego ogrzania, leży cała na północ równika (mimo to, że słońce w styczniu znajduje się na półkuli południowej); dowodzi to ogrzewającego wpływu lądów (piasczysta Sahara!); tylko elipsy największego ogrzania + 30° leżą całkowicie na południe równika we wnętrzu trzech południowych lądów (największa w Australji, we wnętrzu której temperatura stycznia dosięga + 35°); bujna leśna roślinność (dolina Amazonki i Kongo), oraz rozdrobnienie wyspowe (archipelag Indji Wschodnich) odpychają te elipsy daleko od równika, w części nawet poza zwrotnik Koziorożca. 17/3 14.

Izoterma 0°, która na zachodzie półwyspu Skandynawskiego sięga poza koło biegunowe, do 70° szer. (wpływ Golfstromu), skręca stąd nagle ku południowi (stromo), a nawet południo-zachodowi (zwisa) i dopiero na południe Wiednia skręca na wschód, a raczej południowschód i na zimnem wschodniem wybrzeżu Azji dosięga morza Żółtego pod 34° szerokości północnej (więc różnica szerokości, którą przebiega, wynosi 36°; można to nazwać *amplitudą gieograficzną*, danej izotermy).

Izotermy najzimniejsze — 40° tworzą dwie elipsy: jedną zbliżoną do kształtu koła w północno-wschodniej Azji, drugą wydłużoną w Grenlandji. W miarę oddalania się od

http://rcin.org.pl

tych elips na wszystkie strony, a więc i na *północ*, temperatura wzrasta.

Pierwsza z elips obejmuje jeszcze drugą kołową elipsę — 45°, śród której w Werchojańsku średnia temperatura stycznia zniża się do — 53° (absolutne zaś minimum w tem mieście obserwowano raz — 68°; jest to najniższa temperatura na ziemi — *biegun zimna*). Ob. wyżej o odwróceniu temperatury str. 173.

Jak obserwowanie, przez jakie równoleżniki krańcowe przechodzą dane izotermy (cośmy uwzględnili, mówiąc o przebiegu izotermy 0°), tak również ciekawe jest zastanowienie się, przez jakie izotermy krańcowe przechodzi dany równoleżnik, czyli, jaka jest *amplituda termiczna* danego równoleżnika. Weźmy w tym celu koło biegunowe północne: na zachodnich brzegach Skandynawji przecina ono izotermę 0°, (a dalej nad Golfstromem nawet wyższą: + 2°), tymczasem w dorzeczu Jany przecina izotermę — 45°, koło Werchojańska z temperaturą — 53°. Tym sposobem na jednym i tym samym równoleżniku, gdzie temperatura powinna być jednakowa, spotykamy tu miejscowości z temperaturą różniącą się o 55°.

Oto wybitny dowód wpływu warunków miejscowych na temperaturę!

Obok izoterm styczniowych ciekawą jest linja, łącząca punkta, w których absolutne minimum spada do — 40°, od której więc począwszy ku północy, niemożliwe jest używanie termometru rtęciowego (gdyż rtęć zamarza przy — 40°), lecz tylko wyskokowego. Linja ta (nie naznaczona na mapie) idzie przez Laponję, Petersburg, dalej skręca ku południo-wschodowi, sięga okolicy Bałkaszu pod 47° szerokości, i w pobliżu wschodniego wybrzeża Azji spada do 40° szerokości, t. j. do szerokości Neapolu, gdzie, jak wiadomo, „pomarańcz blask majowe złoci drzewa.” Oto nowy dowód wpływu warunków miejscowych.

Na półkuli południowej, z poszczególnych izoterm styczniowych, druga izoterma + 25° biegnie cała na południe równika; w Australii sięga ona najdalej na południe, bo prawie do południowego krańca tego lądu. Elipsy największego

http://rcin.org.pl

ogrzania + 30° leżą tu wszystkie na południe równika, jak to już wyżej nadmieniliśmy.

Izoterma + 10° przechodzi przez najpołudniowszy róg lądu — Patagonji, zresztą biegnie śród oceanu dość zgodnie z równoleżnikiem 50°. Dalsze izotermy nie są dobrze znane.

2) *Izotermy lipcowe.* Wogóle przebieg izoterm lipcowych na *półkuli północnej* jest przeciwny przebiegowi styczniowych: izotermy lipcowe wyginają się ku biegunom nie nad morzami, lecz nad lądami, co się wyjaśnia ogrzewającym wpływem lądu w lecie. Wygięcia izoterm lipcowych są mniej silne niż styczniowych, jednakże na zachodniej stronie Ameryki Północnej występują wygięcia wyjątkowo bardzo silne: izotermy lipcowe biegną tu, podobnie jak styczniowe w Skandynawji, nietylko wzdłuż południków, t. j. nie tylko prostopadle do równoleżników, lecz ulegają przechyleniu ku zachodowi (zwisają); biegną przytem tak gęsto, że temperatura od brzegu ku wnętrzu wzrasta niezwykle szybko (o 1° na trzy mile). Wyjaśnia się to wpływem zimnego prądu, który spycha na morzu izotermy ku południowi, podczas gdy góry nadbrzeżne nie dopuszczają tego oziębiającego wpływu we wnętrze lądu (analogja ze Skandynawją; tylko że tam istnieje wpływ ogrzewający). W Europie Golfstrom nawet w lecie zachowuje jeszcze pewien wpływ ogrzewający: zachodnie wybrzeża Europy są i w lecie cieplejsze niż wschodnie wybrzeża Azji, (gdzie płynie przytym prąd zimny).

Izotermy lipca *półkuli południowej* biegną dość podobnie do styczniowych, gdyż wielka przewaga oceanu wywołuje tu ujednostajnienie. Niewielkie obszary lądów wywołują niewielkie tylko wygięcia izoterm ku równikowi; większy wpływ pod tym względem mają prądy zimne po zachodnich stronach lądów (wyjąwszy Australję), szczególniej Ameryki Południowej, której wybrzeże zachodnie jest znacznie zimniejsze od wschodniego.

Przypatrzmy się teraz niektórym *izotermom poszczególnym.*

Na półkuli północnej izotermy + 25, obejmujące pas największego ogrzania, przesuwają się daleko na północ — Północna z nich we wnętrzu lądów, azjatyckiego, a szcze-

http://rcin.org.pl

gólniej amerykańskiego, sięga prawie 50° szerokości, a południowa przekracza w zachodniej Ameryce i Afyce równik. Elipsy największego ogrzania + 30° leżą na półkuli północnej; jedna, mniejsza, obejmuje Meksyk i wyżynę na północ odeń, druga — Afrykę północną, Arabję, Iran, południowy Turan i południową część wyżyny Azji Wschodniej wraz z północno-zachodnim Indostanem (gdzie obserwowano najwyższą znaną temperaturę powietrza + 50°).

Najzimniejsza izoterma + 5 przechodzi wzdłuż północnego brzegu Syberji i Archipelagu Arktycznego, gdzie topniejące lody obniżają temperaturę lata; poza tą izotermą leży elipsa zimna 0° w Grenlandji, która dźwiga stałą skorupę lodową.

Na półkuli południowej izoterma + 25 jak wiemy, tylko w części tu wkracza i to niedaleko; za to izoterma 0° biegnie dopiero wzdłuż 55° równoleżnika, przechodząc przez południowy kraniec Ameryki (podczas gdy, odpowiadająca jej, izoterma styczniowa 0° na półkuli północnej miała amplitudę geograficzną 36° i we wschodniej Azji sięgała 34 szerokości; tutaj wyraża się różnica między wpływem oceanicznym półkuli południowej i lądowym półkuli północnej.

3) *Izotermy roczne.* W wyższych szerokościach wyginają się nad lądami ku równikowi, nad morzami ku biegunom; w niższych szerokościach odwrotnie; t. j. w wyższych szerokościach bieg izoterm rocznych jest podobny do zimowych (lecz wygięcia łagodniejsze), w niższych — do letnich.

To pokazuje, że w wyższych szerokościach lądy wpływają oziębiająco, w niższych ogrzewająco; inaczej: że w wyższych szerokościach oziębiający wpływ zimowy lądu przeważa nad ogrzewającym letnim; w niższych zaś odwrotnie: wpływ ogrzewający letni przeważa nad oziębiającym zimowym. Prawie w połowie między równikiem i biegunem, leży pas neutralny, gdzie morze i ląd mają mniej więcej jednakową temperaturę.

Z poszczególnych izoterm, izotermy + 25 zamykają pas przerwany na zachód Ameryki i leżący więcej na półkuli północnej niż południowej. Elipsa + 30 znajduje się tylko jedna, w Afryce północnej wraz z południową częścią morza

http://rcin.org.pl

Czerwonego: jest wązka i długa (po obu stronach 20° szerokości północnej); tu leżą miejsca słynne z gorąca, jak Massaua z temperaturą roczną najwyższą na ziemi (+32°).

Izoterma 0° na półkuli północnej najniższej szerokości (50°) dosięga w Ameryce Północnej, zepchnięta przez lody zatoki Hudsońskiej; najwyższej szerokości (poza 70°) — na północ Norwegji, dzięki Golfstromowi. Tylko północno-wschodni kąt Europy leży poza nią.

Izoterma ta jest ważna z tego względu, że poza nią leży lód gruntowy. Zresztą granica jego nie zgadza się dokładnie z izotermą 0°: gdzie śnieg obfity chroni ziemię od silnego oziębienia, tam *granica lodu gruntowego* leży dalej na północ; gdzie zaś zimy są małośnieżne a mroźne (Azja środkowa), tam granica lodu gruntowego sięga daleko na południe od izotermy 0° (np. na południe Bajkału).

Izoterma najzimniejsza — 20° leży w Grenlandji (znaczne zimno w zimie z powodu pokrywy lodowej na lądzie i okolicznych morzach, w lecie z powodu topnienia tej pokrywy).

Na półkuli południowej najniższa znana jest tylko izoterma 0° mniej więcej wzdłuż 60° szerokości południowej. Tak więc i najwyższa izoterma (+ 30°) i najniższa (— 20°) leżą na półkuli północnej; dowód to jej kontynentalności, gdyż ląd tu w wyższych szerokościach wpływa oziębiająco, w niższych ogrzewająco.

b) *Pasy termiczne.* Wielka różnica między przebiegiem izoterm i równoleżników przekonywa nas, że, podawany zwykle, matematyczny podział ziemi na pasy klimatyczne (rozdzielone kołami biegunowemi i zwrotnikami) nie odpowiada stosunkom termicznym (lecz tylko stosunkom oświetlenia, to jest: stanowisku słońca względem zenitu i długości dnia); podział ziemi na pasy termiczne nie może być dokonany na podstawie równoleżników, lecz na podstawie izoterm.

Podziału takiego dokonał Supan. Za podstawę tego podziału obrał on izotermy roczne + 20° i izotermy najcieplejszego miesiąca + 10°. Pas, leżący między izotermami rocznemi + 20°, zowie się pasem gorącym, gdyż izotermy te są granicami palm, zamykają obszar z klimatem i roślinnością zwrotnikową. Pasy wewnątrz izoterm letnich + 10°, zowią

http://rcin.org.pl

się pasami zimnemi, gdyż izotermy te stanowią granicę drzew i uprawy zbóż. Dwa pasy pozostałe, między izotermami + 10° i + 20°, zowią się umiarkowanemi.

c) *Izoamplitudy.* Już porównywając mapy izoterm styczniowych z lipcowemi, można wyczytać, że w jednych miejscowościach różnice między temperaturą stycznia i lipca, czyli amplitudy termiczne roczne, są znaczne, w innych nieznaczne; stosunki te jednak uwydatniają się daleko wyraźniej, jeżeli wprowadzimy nowe linje, łączące miejsca z jednakową *amplitudą*—linje te zowią się *izoamplitudami.*

Z mapy tej widać, że *wogóle* amplituda roczna wzrasta w dwóch kierunkach: od równika ku biegunom i od wybrzeży (głównie zachodnich) ku lądowi. Albowiem po pierwsze: zmiany wielkości kąta padania promieni słońca w ciągu roku (i różnica między długością dni) zwiększają się od równika ku biegunom. Powtóre: ląd silniej się ogrzewa w lecie i silniej oziębia w zimie niż woda. (Co do amplitud dziennych, to odwrotnie: są one większe w okolicach równikowych niż w wyższych szerokościach, bo w pierwszych są większe różnice dzienne w wysokości słońca).

Z *poszczególnych izoamplitud* weźmy na uwagę najmniejsze i największe.

Najmniejsza 5° obejmuje pas w pobliżu równika: pas ten naturalnie rozszerza się nad oceanami, a zwęża nad lądami. Najwyższej szerokości gieograficznej (40°) izoamplituda ta dosięga na zachodnich wybrzeżach Ameryki Północnej (łagodny klimat St. Francisko). Naturalnie, że pośród tego pasa są miejscowości, które z powodu podwójnego położenia, i podrównikowego i nadmorskiego, mają jeszcze mniejsze amplitudy, nawet poniżej 1° (np. Batawja).

Wielka izoamplituda 40° obejmuje Amerykę Północną na zachód zatoki Hudsońskiej, oraz północno-wschodnią Azję; tutaj obejmuje ona elipsy jeszcze większych izoamplitud: 50°, a nawet 60°; ta ostatnia leży w okolicy bieguna zimna, Wierchojańska, który sam ma amplitudę średnią 67° (styczeń — 53°, lipiec + 14°), amplituda zaś absolutna, między absolutnym minimum (— 68°) i absolutnym maximum (+ 30°) wynosi tu blizko 100°.

http://rcin.org.pl

IV. Ciśnienie i ruch powietrza.

1. Ciśnienie powietrza, izobary.

Powietrze wywiera ciśnienie na powierzchnię ziemi; ciśnienie to mierzy się, jak wiadomo, wysokością słupa rtęci w barometrze. Na powierzchni morza, t. j. na wysokości 0, ciśnienie powietrza wynosi średnio 760 mm., to jest wyrównywa ciśnieniu słupa rtęci, o tej samej podstawie, na 760 mm. wysokiego.

Z powodu tego ciśnienia dolne warstwy powietrza są gęstsze niż górne, *ciśnienie więc ku górze zmniejsza się;* nie tylko dlatego, że słup powietrza cisnący, staje się krótszy, ale i dlatego, że składające go powietrze jest rzadsze. Jeżeli będziemy wstępowali na górę z barometrem, to słup rtęci będzie opadał i wielkość tego opadnięcia służy za podstawę do obliczenia wysokości gór.

Zmniejszanie się ciśnienia powietrza ku górze, rozrzedzanie się jego (a zarazem i zmniejszanie się ilości zawartego w niem tlenu), utrudnia oddychanie, wywołuje krwotoki (albowiem wskutek zmniejszenia się ciśnienia zewnętrznego powietrze wewnętrzne zawarte w ciele wydostaje się gwałtownie na zewnątrz i rozrywa naczynia krwionośne); jestto tak zwana „choroba górska". Stopniowo człowiek przywyka do powietrza rozrzedzonego, ale tylko do pewnej wysokości: najwyższe stałe siedziby znajdują się w Tybecie i na wyżynach Andów na wysokości 5000 metrów, a w kraterze wulkanu Popokatepetl górnicy wydobywają siarkę jeszcze na wysokości 5400 metrów. Śmiali podróżnicy wstępują na góry do jeszcze większych wysokości (Schlagintweit w Himalajach przeszło do 6500 m.), w balonie zaś wzniesiono się na 10500 metrów. Małe ciśnienie na górach jest i z tego powodu dla człowieka niedogodne, że zmniejsza temperaturę wrzenia; tak np. na Mont Blancu, na wysokości 4800 m., woda wre już przy temperaturze 84° (wskutek tego temperatura wrzenia daje sposób mierzenia wysokości gór). To utrudnia gotowanie pokarmów tak, iż trzeba tam używać do tego albo garnków szczelnie za-

http://rcin.org.pl

mykanych („garnki Papina"), albo zadawalać się potrawami pieczonemi.

Ale i na powierzchni ziemi ciśnienie nie jest, ani zawsze, ani wszędzie, jednakowe, albowiem zależy ono od różnych przyczyn, szczególnie od temperatury i zawartości pary wodnej, oraz przyczyn mechanicznych. Im wyższa jest temperatura, tym rzadsze i lżejsze jest powietrze; im więcej zawiera pary wodnej, tym też jest lżejsze, albowiem para wodna jest lżejsza od powietrza; wreszcie naturalnie nagromadzenie się powietrza zwiększa ciśnienie, a ubytek zmniejsza je.

Wszystkie te zmiany ciśnienia dają się poznać ze stanu barometru. *Chwilowy* stan barometru wyraża więc *chwilowy stan* ciśnienia, z którym w związku jest chwilowy stan wiatru, temperatury, wilgoci — wogóle chwilowy stan powietrza, zwany *pogodą*. Ważniejszemi w gieografji są *średnie stany barometru miesięczne*, oznaczane jako średnie z wielu lat obserwacji (szczególniej w styczniu i lipcu); one bowiem są wyrazem pewnego *średniego*, *dość stałego stanu powietrza*, który nazywamy *klimatem*. Ażeby te średnie stany barometru, znalezione w różnych miejscach, nadawały się do porównania, sprowadzono je wszystkie (podobnie jak temperaturę) do powierzchni morza.

Dla uzmysłowienia tak zredukowanego rozkładu ciśnienia, oznaczono je na mapach w ten sposób (podobnie jak temperaturę izotermami), że punkty z jednakowym ciśnieniem połączono linjami, tak zwanemi *izobarami*. Mapy z izobarami chwilowemi (dla danego dnia, godziny), zwane *synoptycznemi*, mają ważne znaczenie (jak niżej zobaczymy) dla *przepowiadania chwilowego kierunku wiatrów i stanu pogody*. Ważniejsze w gieografji są mapy z izobarami miesięcznemi (głównie stycznia i lipca), gdyż one wyrażają nam średni rozkład wiatrów na ziemi. Rozpatrując mapy izobar, przekonywamy się, że wogóle *rozkład poziomy ciśnienia* na ziemi jest pasowy: za pasem nizkiego ciśnienia zwrotnikowego idą pasy wysokiego ciśnienia podzwrotnikowego (około 35° szer.), dalej znów pasy ciśnienia nizkiego, a pod biegunami znów ciśnienie wysokie. Pasy te w ciągu roku ulegają pewnym przesunięciom i przerwom tak, iż miejscami zamiast *pa-*

http://rcin.org.pl

sów ciśnienia, powstają *centra ciśnienia*. Za zmianami ciśnienia idą zmiany kierunku wiatrów.

2. Wiatry.

a) *Powstanie wiatru, kierunek i siła.* Ponieważ ciśnienie powietrza, jak wyżej widzieliśmy, jest niejednakowe w różnych miejscach, więc powietrze nie znajduje się w równowadze, lecz porusza się, płynie od miejsc z ciśnieniem większym *(wyższym)*, do miejsc z ciśnieniem mniejszym (*niższym);* te poziome prądy powietrza nazywamy *wiatrami*.

Ażeby bliżej poznać mechanizm tego ruchu powietrza, wyobraźmy sobie dwie sąsiednie kolumny powietrza (fig. 97); jeżeli ciśnienie ich jest jednakowe i jednakowo ubywa ku górze, to warstwy obu kolumn, leżące na jednakowej wysokości, mają jednakowe ciśnienie, jednakową gęstość; pozostaną więc w równowadze.

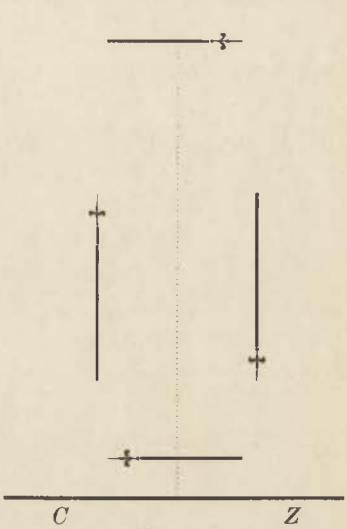


Fig. 97.

Jeżeli jednak powierzchnia ziemi, służąca za podstawę pierwszej z tych kolumn (C), zostanie silniej ogrzana niż sąsiednia (Z), w takim razie ogrzanie to udzieli się dolnej warstwie powietrza kolumny pierwszej; warstwa ta rozszerzy się głównie ku górze (bo tam powietrze rzadsze, po bokach zaś gęstsze) i wskutek tego cała pierwsza kolumna ulegnie podniesieniu; teraz równowaga między obu kolumnami została naruszona: warstwy jednakowo gęste nie będą już leżeć w obu kolumnach na jednej wysokości, lecz w górze warstwy gęstsze pierwszej kolumny znajdują się obok warstw rzadszych drugiej.

Wskutek tego *w górze* powstanie prąd powietrza od kolumny nad miejscowością ogrzaną ku kolumnie nad miej-

http://rcin.org.pl

scowością zimną; w dalszym ciągu na dole, ciśnienie nad miejscowością ogrzaną zostanie zmniejszone, nad miejscowością zimną — zwiększone; wskutek tego *na dole* powstanie prąd od miejscowości zimnej ku ogrzanej. Tym sposobem widzimy, że każdemu prądowi dolnemu odpowiada przeciwprąd górny; ten ostatni jest przytem pierwotnym, prąd dolny — wtórnym. Po pewnym czasie nad miejscem zimnem powstanie prąd *zstępujący,* nad ciepłym — *wstępujący* i nastąpi zupełna cyrkulacja w powietrzu.

Wiatry wieją w pewnym *kierunku* i *z pewną siłą.*

Kierunek wiatru, oznaczany praktycznie zapomocą chorągiewki, nosi nazwę od tej strony świata, od której wieje (nie — ku której wieje); tak np. wiatr, wiejący od północy ku południowi, nazywa się północnym i t. d.

Nazwy wiatrów *oznaczają się na piśmie* zwykle skróceniami.

Północny	=	Pn.	=	N.
Północn. wschod.	=	PnW.	=	N0.
Wschodni	=	W.	=	0.
Południ. wschod.	=	PdW.	=	S0.
Południowy	=	Pd.	=	S.
Południ. zachod.	=	PdZ.	=	SW.
Zachodni	=	Z.	=	W.
Północn. zachod.	=	PnZ.	=	NW.

Co do *siły*, to brak wszelkiego prądu lub prąd tak słaby, że nie jest wstanie poruszyć liści na drzewie, ani skrzywić pjonowego słupa dymu, zowiemy *ciszą.* Gdy siła wiatru staje się tak wielką, że łamie gałęzie i nachyla drzewa, wówczas nazywamy go *burzą*; a gdy wyrywa drzewa z korzeniami i zrywa dachy, to oznaczamy go mianem *orkanu.*

b) *Związek wiatrów z izobarami. Gradient. Zboczenie wiatrów. Cyklon, antycyklon.*

Wiadomo, że ciśnienie barometryczne wyraża się izobarami, można więc powiedzieć, że wiatr wieje zawsze (przy powierzchni ziemi) od izobary z wyższym ciśnieniem do izobary z niższym ciśnieniem; przytem kierunek prądu powinien iść po prostopadłej do izobary, gdyż w kierunku tym odle-

http://rcin.org.pl

głość między sąsiedniemi izobarami, t. j. dwoma danemi ciśnieniami, jest najmniejsza, a zatem różnica ciśnienia na jednostkę odległości jest największa; ciśnienie więc w tym kierunku maleje najszybciej.

Jest to kierunek tak zwanego *gradientu*. Wielkość gradientu wyraża się liczbą milimetrów, o którą ciśnienie zmniejsza się w kierunku gradientu na jednostkę odległości; za tę jednostkę zaś przyjęto 1° równika, t. j. 111 km.. Im większy gradient, tym większa siła wiatru.

Jednakże na kierunek i siłę wiatru mają *wpływ różne warunki miejscowe*. Tak np. wiatr, natrafiwszy na dolinę, wpada doń i przyjmuje jej kierunek (podobnie jak w ulicach miasta); stąd do w dolinie Ebro wieją wiatry południowo wschodnie, w dolinie Amazonki wschodnie. W dolinie Jordanu tylko północne i południowe. W zatoce Koryńckiej tylko wschodnie i zachodnie, „niby miarowe oddychanie potworu.“ Natrafiwszy na łańcuch gór, wiatr wznosi się po jego stokach i z poziomego zmienia się na ukośny względem poziomu i t. d. Siła wiatru jest większa na morzach, stepach, pustyniach, szczytach gór, w zwężeniach wąwozów (podobnie jak prąd rzeki); zmniejsza się od wybrzeża ku wnętrzu lądu w miarę jak rosną przeszkody; szczególniej mała jest w krajach lesistych (na Polesiu: „woda stoi, wiatr wieje“) i w kotlinach otoczonych górami.

Oprócz tych wpływów lokalnych, *kierunek wiatru ulega zmianie ogólnej, zbacza od kierunku gradientu wskutek wirowego ruchu ziemi.*

Wirowanie ziemi wpływa przytem *w dwojaki sposób* na zboczenie kierunku wiatru.

Naprzód zmiana kierunku względnie do punktów powierzchni ziemi musi nastąpić na skutek bezwładności, t. j. dlatego, że kierunek ruchu wogóle w przestrzeni nie ulega zmianie, a położenie punktów powierzchni ziemi wskutek jej ruchu wirowego ulega zmianie.

Zrozumiemy to lepiej na figurze 98, przedstawiającej północną półkulę ziemi. Niech jakieś ciało w pewnym czasie porusza się od *a* do *b;* w tym samym czasie jednak, wskutek wirowego ruchu ziemi, punkt *A* dojdzie do punktu *B*,

http://rcin.org.pl

a ponieważ kierunek ruchu *a b* nie może ulec zmianie, więc ulegnie przemieszczeniu równoległemu do siebie, t. j. przyjmie położenie *a' b';* przez to pierwotny kąt *x*, jaki kierunek ruchu tworzył z południkiem, uległ zmianie: nowy kąt *y* jest widocznie większy od *x* tak, iż w *stosunku do południka* kierunek ruchu uległ zmianie, zboczył na prawo (niezależnie od tego, jaki był pierwotny kąt *x*, t. j. niezależnie od tego, jaki był pierwotny kierunek ruchu).

Powtóre zmiana kierunku ruchu musi nastąpić, gdy punkt, zmieniający położenie, przechodzi przez różne szerokości gieograficzne, a więc przez miejsca z różną szybkością wirowania (wiadomo z gieografji astronomicznej, że szybkość wirowania jest największą na równiku, zmniejsza się ku biegunom i na biegunach jest równą 0), przynosząc ze sobą tę szybkość wirowania, jaką miał pierwotnie. Przypuśćmy, że jakieś ciało porusza się w kierunku południka z południa na północ; przychodząc do wyższych szerokości, przynosi ono ze sobą większą szybkość wirowania ku wschodowi niż ta, jaką posiadają punkta, do których przychodzi; musi więc ono wyprzedzić te punkta w ruchu ku wschodowi, czyli zboczyć ku wschodowi, t. j. na prawo. Podobnież, gdy ciało porusza się po południku na południe, to przynosi ze sobą mniejszą szybkość ku wschodowi, jest więc wyprzedzane w ruchu ku wschodowi przez punkta, do których przychodzi; przyzostaje ku zachodowi, t. j. też zbacza na prawo. Wielkość tego zboczenia jest największa, gdy ruch odbywa się w kierunku południka (albowiem w tym kierunku szybkość wirowania zmienia się najprędzej), staje się zaś 0 dla ruchu w kierunku równoleżnikowym.

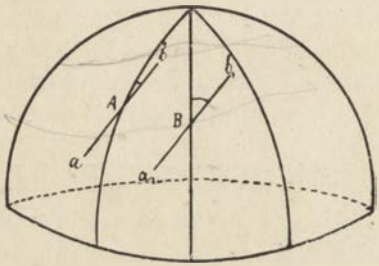


Fig. 98.

Tym sposobem z dwóch powodów każdy ruch na ziemi ulega zboczeniu: na półkuli północnej na prawo, na południowej na lewo (co za pomocą podobnego wykreślenia dla

http://rcin.org.pl

południowej półkuli oraz rozumowania łatwo wykazać). Zboczenie to najbardziej ujawnia się na prądach powietrznych, oraz morskich (rzeki też atakują na północnej półkuli swe brzegi prawe, na południowej — lewe; być może iż od tego zależy, często napotykana, większa stromość tych brzegów).

Zboczenie wiatrów wywołuje więc w ich kierunku takie zmiany, jakie wskazują strzałki:

Półkula północna.

N. NO. O. SO. S. SW. W. NW. N.

Półkula południowa.

To znaczy, że na półkuli północnej, wskutek zboczenia na prawo, wiatr N. zamienia się na NO., NO. na O. i t. d.

Na półkuli zaś południowej, wskutek zboczenia na lewo, wiatr N. zamienia się na NW., NW. na W i t. d.

Zboczenie wiatru od kierunku gradientu wywołuje znaczną komplikację w takich razach, gdy izobary zamykają nie pasy, lecz centra ciśnienia — tworzą linje zamknięte, zbliżone do koła, przyczem ciśnienie może ku środkowi maleć lub też rosnąć. W pierwszym razie wiatr wieje ze wszystkich stron ku środkowi, jako ku *minimum ciśnienia;* w drugim — we wszystkie strony od środka, jako od *maximum ciśnienia.*

W obu razach wskutek zboczenia powstaje ruch wirowy powietrza, zwany w pierwszym razie *cyklonem,* w drugim — *antycyklonem.* Ruch ten (dla półkuli północnej) uzmysławiają następujące figury 99, 100 (linje dośrodkowe wskazują kierunek gradientu, strzałki zaś kierunek wiatru; porównaj zboczenie tych dwóch kierunków z schematem powyższym dla półkuli północnej w przypuszczeniu, że figura jest zorjentowana ze stronami świata tak, iż w górze jest północ u dołu południe).

Widzimy z tych figur, że w cyklonie ruch wirowy odbywa się w kierunku odwrotnym wskazówki zegara, w antycyklonie w kierunku wskazówki zegara. (Na półkuli południowej, gdzie wiatry zbaczają na lewo, kierunki ruchu będą tu przeciwne).

http://rcin.org.pl

W cyklonie izobary idą zwykle gęściej, gradienty więc są większe, ruch jest szybszy; w antycyklonie — rzadziej i ruch jest bardzo powolny. We wschodniej Syberji w czasie zimowych mrozów (biegun zimna) powstaje antycyklon i powietrze jest wtedy tak spokojne, że można chodzić po dworze z zapaloną świecą, a płomień ani się poruszy.

c) *Rozkład wiatrów na ziemi.*

1) *Rozkład teoretyczny.*

Ponieważ ciśnienie, jako zależne od ogrzewania, ulega ciągłym zmianom w zależności od pozornego ruchu słońca, od niejednakowego ogrzewania się morza i lądów, oraz różnych

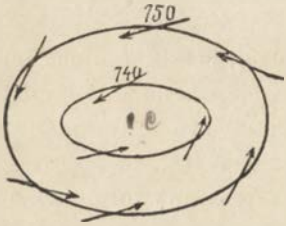


Fig. 99. Cyklon

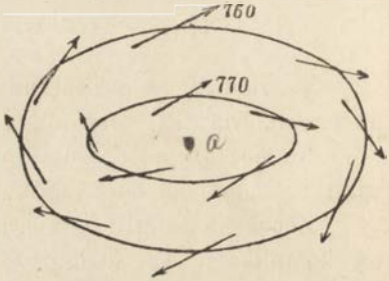


Fig. 100. Antycyklon.

okolic zwłaszcza tego ostatniego; ponieważ nadto ulega ono zmianom w zależności od zmian ciśnienia pary wodnej, wreszcie od gromadzenia się powietrza przynoszonego prądami; ponieważ dalej na kierunek wiatrów wpływają jeszcze warunki topograficzne; łatwo więc zrozumieć jak zmienny, skomplikowany i chaotyczny musi być rozkład wiatrów na ziemi. Nie dziw też, że wiatr stał się dla nas synonimem zmienności.

Ażeby w tej pozornej nieprawidłowości pochwycić pewne prawidła, ułatwiające orjentowanie się śród *chaosu zjawisk rzeczywistych,* przypuśćmy naprzód, podobnie jak przy badaniu rozkładu stosunków termicznych, pewne uproszczenia. Przypuśćmy naprzód, że ziemia jest jednorodna i gładka, a przytem ma wszędzie obwód jednakowy, to jest, że ma kształt cylindra (bo wtedy tylko wiatry mogą płynąć ku biegunom swobodnie bez ścieśnienia). Przypuśćmy dalej, że ziemia nie posiada ruchu wirowego (lecz że słońce obiega koło

http://rcin.org.pl

niej wciągu doby) i że oś jej stoi prostopadle do ekliptyki tak, iż położenie słońca nie ulega zmianom rocznym, że znajduje się ono zawsze na równiku.

W tem uproszczonem przypuszczeniu zastanowimy się, jaki powinienby być *teoretyczny rozkład wiatrów*, a potem, komplikując coraz bardziej rzecz przez wprowadzanie stopniowe warunków rzeczywistych, dojdziemy w końcu do zrozumienia *rozkładu rzeczywistego*. Zresztą teoretyczne wywody ogólnej cyrkulacji powietrza nie odpowiadają dokładnie rzeczywistemu rozkładowi wiatrów i napotykają nieraz na trudne do pogodzenia sprzeczności.

Przy powyższych przypuszczeniach pas największego ogrzania ciągnąć się będzie dokoła ziemi wzdłuż równika; górne warstwy powietrzne jednakowego ciśnienia będą leżały na równiku wyżej niż w szerokościach wyższych, wskutek tego powietrze odpływać będzie górą z pod równika ku biegunom *(prądy równikowe)*; ciśnienie pod równikiem będzie się wskutek tego zmniejszać, powstanie tam *prąd wstępujący;* ku biegunom będzie sie zwiększać, tak iż powstanie tam *prąd zstępujący* i wskutek tego dołem płynąć będzie powietrze odwrotnie ku równikowi *(prądy biegunowe)*. Tym sposobem przy powyższych upraszczających przypuszczeniach powstałyby na powierzchni ziemi dwia wiatry biegunowe: północny na półkuli północnej i południowy na południowej, którym w górze odpowiadałyby dwa wiatry równikowe: południowy na półkuli północnej i północny na półkuli południowej. Te systematy wiatrów obu półkul byłyby oddzielone od siebie pasem równikowym, w którym powolny ruch powietrza byłby skierowany ku górze i nie dawałby się uczuwać jako wiatr *(pas ciszy)*.

Usuwajmy teraz stopniowo powyższe przypuszczalne uproszczenia; wprowadzajmy kolejno warunki komplikujące, rzeczywiste i zobaczmy, jak pod ich wpływem zmieniać, komplikować się będą stosunki wiatrów na ziemi i jaki będzie w końcu ich rozkład rzeczywisty.

aa) *Zmiany pod wpływem kulistości ziemi.*

Górny prąd równikowy wskutek kulistego kształtu ziemi, wstępując na coraz mniejsze równoleżniki, doznaje ściśnienia

http://rcin.org.pl

bocznego w kierunku poziomym, musi się więc rozprzestrzenić w kierunku pionowym, a że nie może się rozprzestrzenić (po za pewną granicę) ku górze, gdyż przeszkadza mu w tem przyciąganie ziemi, więc rozprzestrzenia się ku dołowi, t. j. zstępuje poczęści ną powierzchnię ziemi, już w dość nizkich szerokościach, mianowicie mniej więcej 35°, powodując tu pas wysokiego ciśnienia. (Według nowszych poglądów, na zjawisko to ma też wpływ wirowanie ziemi: ob. niżej str. 197).

Na powierzchni ziemi prąd ten rozdziela się na dwie części: jedna powraca do równika, jako prąd biegunowy; druga płynie dalej ku biegunowi, jako prąd równikowy dolny w kierunku przeciwnym prądowi biegunowemu, wypierając go, i komplikując się nowemi napływami coraz bardziej ściskanego prądu górnego. Wszystko to powoduje nadzwyczaj zmienne stosunki ciśnienia i wiatrów w wyższych szerokościach.

Z tego wynika, że tylko w okolicach między 35° szerokości pn. i pd. mogą wiać prawidłowo wiatry stałe *(passaty)*, mianowicie prądy biegunowe: północny na półkuli północnej i południowy na — południowej (u góry zaś wiatry przeciwne *antypassaty)*; w wyższych zaś szerokościach na powierzchni ziemi powinnyby wiać obok siebie dwa główne prądy: równikowy (południowy na półkuli północnej, a północny na półkuli południowej) i biegunowy (północny na półkuli północnej i południowy na półkuli południowej), powodując ciągłe zmiany kierunku (wiatry zmienne). Zresztą wiatry równikowe, ulegające ścieśnieniu, a więc silniejsze, powinny zapanować tu nad biegunowemi.

bb) *Zmiany pod wpływem wirowania.* Wiadomo, że pod wpływem wirowania wiatry na północnej półkuli zbaczają na prawo, na południowej — na lewo; a zatem na północnej półkuli wiatr Pn. zmienia się na PnW., wiatr Pd. — na PdZ. Na południowej półkuli wiatr Pn. zmienia się na PnZ, wiatr Pd. — na PdW.. Zamiast więc rozkładu powyższego powinienby być następujący: między 35° szer. na półkuli półn. passat PnW., na półkuli południ. passat PdW. (nad nimi antypassaty w kierunkach przeciwnych, jak to stwierdzono na szczycie Teneryffy). Zewnątrz zaś 35° na półkuli półn. wia-

http://rcin.org.pl

try PdZ. i PnW., na półkuli południowej, wiatry PnZ. i PdW. Zresztą, jak wspomniano, prądy równikowe wypierają tu biegunowe i panują. Przytem wiatry: PdZ. półkuli północnej i PnZ. półkuli południowej w miarę rosnących szerokości gieograficznych i coraz większego zbaczania, przechodzą w pobliżu bieguna w wiatry zachodnie; znaczne zboczenie od gradientów sprzyja w tym pasie wytworzeniu się centrów wirowania (cyklonów i antycyklonów). Na każdym z biegunów tworzy się wir z wiatrów zachodnich, niby cyklon, z tą różnicą, że powietrze w tym wirze zstępuje (nie wstępuje jak w zwykłym cyklonie); a przytem dążenie ku środkowi wiru jest tylko w górnych warstwach znaczniejsze, ku dołowi maleje, gdyż na biegunach jest zimno, powietrze więc jest tam zgęszczone.

Z powyższego widać, że po za 35° szer., tak na górze, jak na dole, panują wiatry równikowe, powietrze płynie wciąż ku biegunom; musiałoby się więc tam nagromadzać bez końca, gdyby nie było jakiejś kompensaty, jakiegoś odpływu; według wszelkiego prawdopodobieństwa te nieodzowne powrotne prądy biegunowe, odprowadzające nadmiar powietrza od biegunów ku równikowi, muszą płynąć w średnich wysokościach atmosfery między prądami równikowemi, górnym i dolnym.

Wirowanie ziemi, według nowszych poglądów, wpływa też, jak wspomnieliśmy, na powstanie wyżej oznaczonego pasa wysokiego ciśnienia wzdłuż 35° szerokości. Mianowicie prąd górny równikowy, zbaczając wskutek wirowania ziemi ku wschodowi, staje się w swej niższej części już pod 35° szer. wiatrem zachodnim (podczas gdy część jego górna płynie dalej ku biegunom), który tu opasuje ziemię dokoła, tworzy jakby ścianę, o którą opiera się powietrze napływające wciąż górą; stąd powstaje tu pas wysokiego ciśnienia, powietrze zstępuje na powierzchnię ziemi i tu rozpływa się w dwie strony, jak wyżej wspomniano.

cc) *Zmiany pod wpływem pochyłości ekliptyki.* Teraz uwzględnimy ten warunek, że słońce nie pozostaje wciąż na równiku, albowiem równik tworzy z ekliptyką jak wiadomo kąt $23^1/_2{}^0$; wskutek tego słońce w ciągu roku przechodzi ruchem pozornym od jednego zwrotnika do drugiego, a za

http://rcin.org.pl

słońcem *przesuwa się też pas największego ogrzania czyli pas ciszy.* Przesuwanie się to jednak nie jest tak znaczne jak przesuwanie się słońca, nie dosięga zwrotników; albowiem pas ciszy nie zależy przedewszystkim od największego ogrzania *powierzchni* ziemi, lecz od najwyższej średniej temperatury *całego słupa* powietrza, a ta temperatura tylko bardzo powoli zdąża za temperaturą powierzchni ziemi. Wskutek przesuwania się pasa ciszy przesuwają się i pasy passatów tak, iż ich granica równikowa w części przekracza równik (w czasie więc lata danej półkuli wkracza w nią passat półkuli przeciwnej), granica zaś biegunowa dochodzi w czasie lata każdej półkuli do 40°, w czasie zaś zimy cofa się do 30°.

Tym sposobem pas między 30° i 40° szerokości ma w lecie passaty, w zimie zaś wiatry zmienne *(pas podzwrotnikowy).*

Figura 101 uzmysławia te stosunki dla półkuli północnej.

dd) *Zmiany pod wpływem warunków miejscowych.* Zmiany kierunku wiatru pod wpływem nierówności gruntu są mniej ważne (wspominaliśmy o nich już wyżej), dlatego zajmiemy się tutaj wpływem morza i lądu; wprowadzimy z kolei warunek niejednorodności powierzchni ziemi. Ląd i woda przedstawiają, jak wiemy, różne warunki ogrzewania i oziębiania, a więc też i różne warunki ciśnienia (tymbardziej, że i na zawartość pary wodnej morze i ląd wywierają wpływ). Ląd w dzień i w lecie silniej się ogrzewa niż morze; w nocy i w zimie odwrotnie: ląd silniej się oziębia. Stąd w pierwszym razie powstają wiatry od morza ku lądowi, w drugim odwrotnie: od lądu ku morzu *(wiatry peryodyczne).* W dzień więc wieje wiatr od morza ku lądowi *(wiatr morski),* w nocy od lądu ku morzu *(wiatr brzegowy);* podobnież w lecie — wiatr od morza *(musson letni),* w zimie — od lądu *(musson zimowy).*

Wiatry brzegowe i morskie, jako krótkotrwałe i obejmujące niewielki tylko pas wybrzeżowy, nie mają takiego znaczenia, jak zmieniające się co pół roku mussony (albo monsuny).

Poznawszy zasadę ogólną, przyjrzyjmy się teraz nieco szczegółowiej zmianom, jakie rozkład lądów i wód wywołuje w skreślonym wyżej rozkładzie wiatrów.

Passaty ulegają zmianom stosunkowo najmniej, gdyż na

http://rcin.org.pl

znacznej przestrzeni wieją one (szczególniej na półkuli południowej) ponad wielkiemi obszarami oceanów; tylko więc w pobliżu lądów ulegają zboczeniu i to głównie w czasie lata, gdy lądy silnie się rozgrzewają. Przytem passat PdW. półkuli południowej, dzięki większemu nagromadzeniu lądów na półkuli północnej, niż na południowej, wkracza też na półkulę pół-

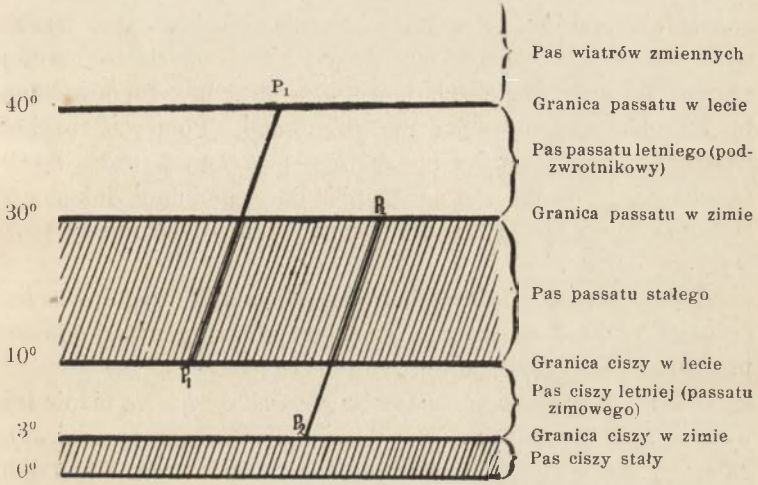


Fig. 101. $P_1 - P_1$ i $P_2 - P_2$ — przesuwający się passat; pierwszy wieje w lecie, drugi w zimie.

nocną w czasie jej lata daleko dalej, niż passat PnW. półkuli północnej — na półkulę południową w czasie lata tej ostatniej.

Największym jednak zmianom i komplikacjom ulegają wiatry wyższych szerokości gieograficznych półkuli północnej, gdzie ląd i woda wciąż się przeplatają wzajemnie. Tutaj, wskutek znacznego oziębienia się lądu w zimie, a znacznego ogrzania w lecie, tworzą się w pierwszym razie nad lądami maxima ciśnienia i dokoła nich antycyklony, w drugim — minima ciśnienia i dokoła nich cyklony.

Nad morzami ciśnienie zachowuje się odwrotnie niż nad lądami: w zimie tworzą się tam minima i cyklony, w lecie — maxima i antycyklony; przyczym na położenie minimów zimowych znaczny wpływ wywierają prądy morskie ciepłe, na położenie maximów letnich — prądy morskie zimne.

http://rcin.org.pl

W rezultacie w zimie muszą przeważać wiatry od lądu ku morzu, w lecie — odwrotnie.

2) *Rozkład rzeczywisty, mapy izobar i wiatrów.*

Wskutek tych wszystkich warunków, stosunki rozkładu wiatrów są bardzo zawikłane; stosunki te najlepiej można poznać z map, zawierających izobary (nakreślone według wieloletnich obserwacji ciśnień, podobnie jak izotermy z obserwacji temperatur. Zresztą wiele luk w obserwacjach trzeba było zastępować konstrukcją hipotetyczną, opartą na wyżej rozpatrywanych względach teoretycznych), oraz odpowiednie im kierunki wiatrów wskazane strzałkami. Ponieważ rozkład wiatrów w zimie i w lecie, jak to z powyższych uwag łatwo zrozumieć, jest różny, więc mapy takie, podobnie jak mapy izoterm, sporządzają się dla dwóch krańcowych miesięcy — stycznia i lipca.

Przypatrując się tym mapom, poznamy szczegółowo rzeczywisty rozkład wiatrów; a stosując powyższe uwagi ogólne, potrafimy sobie rozkład ten wytłomaczyć.

aa) *Mapa izobar i wiatrów styczniowych.* Na mapie tej widzimy, że równikowy pas nizkiego ciśnienia (pas ciszy), nawet w zimie leży przeważnie na północ równika; tylko w oceanie Indyjskim i w zachodniej części oceanu Wielkiego wkracza on na południe równika; w tych miejscach passat północnej półkuli, wzmocniony oziębieniem lądu Azji, wkracza na południową, przyczym ulega zboczeniu na lewo: z PnW. zmienia się na Pn. i PnZ. Wkroczenie passatu na południową półkulę jest znaczne szczególniej tam, gdzie go przyciąga minimum lądowe rozpalonej Australji tak, iż gdzie w lipcu (jak zobaczymy niżej) wieje passat PdW. tam w styczniu — wiatr PnZ. (zmiany co pół roku: mussony). Na wschodnich brzegach Afryki ten wkraczający passat północnej półkuli nie ulega zboczeniu na lewo, gdyż przyciąga go na prawo rozpalone wnętrze Afryki południowej.

Z dwóch podzwrotnikowych pasów wysokiego ciśnienia, tylko północny posiada wielką zwartość, mniej więcej wzdłuż 30° szerokości; występuje jednak szczególniej silnie na Atlantyku na południe wysp Azorskich i w oceanie Wielkim na północowschód wysp Hawajskich (zlewa się przytym na pół-

http://rcin.org.pl

noc z antycyklonami wnętrza lądów Półn. Ameryki i Wschodn. Azji, wywołanemi przez silne oziębienie lądów). Południowy pas podzwrotnikowy wysokiego ciśnienia ulega przerwom (wskutek rozgrzania się lądów w czasie lata południowej półkuli), rozpada się na obszary eliptyczne z charakterem antycyklonów (passat PdW. na zachodnich brzegach Afryki zamienia się na PdZ. wskutek powstania minimum na rozgrzanym lądzie). Wiejący zaś od nich passat południowej półkuli, zgodnie z położeniem pasa ciszy (ob. wyżej), wkracza we wschodnią część oceanu Wielkiego i wschodnią stronę Atlantyku na półkulę północną.

W wyższych szerokościach półkuli północnej, oprócz wspomnianych już wyżej dwóch lądowych antycyklonów (Pn. Amer. i Wschod. Azjatyck.), wywołanych nagromadzeniem się tam silnie oziębionego ciężkiego powietrza (silniej oziębiający się ląd Azji z biegunem zimna ma też większe maximum mianowicie 780 mm.), spotykamy dwa cyklony: Pn. Atlantycki czyli Islandzki i Pn. Pacyficzny czyli Aleucki, wywołane słabszem oziębieniem się wody, oraz dosięgającemi tu ciepłemi prądami morskiemi — Golfstromem i Kuro Szio. Silniej ogrzany Atlantyk posiada tu większe minimum (740 mm.) niż Pacyfik. Te cztery maxima i minima wyższych szerokości półkuli północnej wywołują system wiatrów skomplikowany, wskazany strzałkami: widać np. że w Europie w styczniu panują wiatry południowo-zachodnie, sięgające aż do zachodniej Syberji. Taki kierunek wiatrów jest wynikiem położenia Europy na wschód Islandzkiego minimum, oraz na północ podzwrotnikowego Atlantyckiego maximum: powietrze dąży od tego maximum do islandzkiego minimum i zbaczając na prawo, tworzy wiatry południowo-zachodnie (morskie wilgotne i ciepłe). W takim samym położeniu względem Aleuckiego minimum i Pacyficznego maximum znajduje się Ameryka Północna: otrzymuje ona też wiatry południowo-zachodnie, ale te ograniczają się tutaj tylko do zachodniego pasa nadbrzeżnego; albowiem z jednej strony minimum Aleuckie jest słabsze od Islandzkiego, a z drugiej ściana Kordyljerów nie dopuszcza wiatrów południowo-zachodnich do wnętrza lądu. Wschodnia część Azji i wschodnia część Ameryki Północnej leżą odwrot-

http://rcin.org.pl

nie: po zachodniej stronie obu oceanicznych minimów (aleuckiego i islandzkiego), a na wschód od obu lądowych maximów; powietrze płynąc od tych maximów ku minimom i zbaczając na prawo, wywołuje w tych okolicach wiatry północno-zachodnie (lądowe, suche i zimne).

To panowanie wiatrów PdZ. wilgotnych i ciepłych w zachodnich częściach Eurazji i Ameryki Północnej, a wiatrów PnZ. suchych i zimnych we wschodnich częściach tych lądów tłómaczy nam dostatecznie, wyżej wspomnianą, wyższą temperaturę pierwszych nad drugiemi, oraz skręcanie się izoterm ku południowi w miarę posuwania się na wschód na każdym z tych lądów.

Stosunki ciśnień i wiatrów wyższych szerokości półkuli południowej są mało znane; przeważają tam jak się zdaje wiatry północno-zachodnie i zachodnie.

bb) *Mapa izobar i wiatrów lipcowych.*

Pas ciszy przesunął się całkowicie na półkulę północną, z nim posunęły się na północ podzwrotnikowe pasy wysokiego ciśnienia i system passatów. Podzwrotnikowe maximum południowej półkuli stało się bardziej zwarte i przesunęło się ku zwrotnikowi. Podzwrotnikowe maximum północnej półkuli przesunęło się ku 40° szerok. i rozpadło się, poprzerywane minimami na rozpalonych lądach, szczególniej azjatyckim. Passat południowej półkuli wkroczył na północną, szczególniej u wybrzeży lądów, przyciągnięty minimami na nich, a ulegając zboczeniu na prawo, wytworzył u południowych wybrzeży Azji, zachodnich Afryki (Sahara) i zachodnich Ameryki (Meksyk) wiatry PdZ. tam, gdzie w zimie wiały passaty PnW.; t. j. zamiast wiatrów stałych — perjodyczne (mussony).

W wyższych szerokościach maxima lądowe znikły, na lądach panuje ciśnienie nizkie, szczególniej w Azji, gdzie antycyklon z maximum 780 zmienił się w cyklon z minimum 748 (przytym przesunął się daleko na południe, przerywając, jak wspomnieliśmy, podzwrotnikowe maximum).

Wiatry tych szerokości uległy naturalnie zmianie, lecz w zachodnich stronach lądów — mniejszej niż we wschodnich. Zmiany w zachodnich wynikają z przesunięcia się ku północy

http://rcin.org.pl

podzwrotnikowych maximów atlantyckiego i pacyficznego, lecz ponieważ one nie wiele się przesunęły na północ, więc wiatry nie wielkiej uległy zmianie: z PdZ. stały się Z. i PnZ. (wskutek przyciągania przez minima lądowe, szczególniej azjatyckie). Ale we wschodniej części Ameryki i Azji stosunki wiatrów ulegają zupełnej zmianie; ponieważ bowiem miejsce lądowych maximów zimowych zajmują teraz minima, więc zamiast wiatrów lądowych PnZ. wieją teraz morskie PdW. i Pd. (więc i tu we wschodniej Ameryce Północnej i wschodniej Azji powstają mussony). Tym sposobem te kraje, które miały suchą zimę, mają teraz wilgotne lato.

Co do Ameryki Południowej, to ponieważ poza 30° nie sięga większy obszar lądowy, któryby wywoływał zmiany, więc tam przeważają prawidłowo wiatry północno-zachodnie i zachodnie.

d) *Minima wędrowne. Zmiany pogody.* Powyższe stosunki wiatrów są, średnio biorąc, stałe jako zależne od położenia maximów i minimów, które w ciągu danej pory roku nie ulegają znacznym zmianom.

Prócz jednak minimów, mniej więcej stałych, powstają *minima wędrowne,* które swą szybką zmianą miejsca wywołują nagłe chwilowe zmiany kierunku wiatrów (fig. 102); stąd nagle zmiany pogody oraz burze.

Minima wędrują głównie z zachodu na wschód, przez Amerykę Północną, Atlantyk, Europę północną, przytym najważniejsze z nich, najniższe, trzymają się zwykle jednych dróg.

Za zmianami kierunku wiatrów idą zmiany pogody (częstsze w Ameryce Północnej niż u nas, gdyż tam minima wędrują szybciej); ważne w życiu praktycznem, szczególniej dla żeglarzy i rolników.

Badanie tych zmian chwilowych jest zadaniem *meteorologji* właściwej albo *synoptycznej,* która na ich podstawie stara się przepowiadać przyszły stan pogody, stawiać *meteorologiczną prognozę.* Przepowiednie dla miejscowości, wewnątrz lądu leżących, są daleko mniej pewne niż dla nadbrzeżnych, albowiem w pierwszych wchodzą w grę rozmaite wpływy miejscowe (góry, lasy i t. p.), które wywołują znacz-

http://rcin.org.pl

ne modyfikacje. Z tego powodu śród nieukształconego ludu tych okolic istnieją w pojęciach o pogodzie liczne zabobony, przypominające wierzenia ludów pierwotnych, które nie wyszły jeszcze ze stanu animizmu (ob. wstęp str. 1) i które posiadają swych zaklinaczy deszczowych, udających, iż mają siłę swemi zaklinaniami sprowadzić deszcz lub posuchę.

e) *Burze. Orkany.* Burze i orkany są to wiatry bardzo silne (od 10 m. do 40 m., a nawet 60 m. na sekundę);

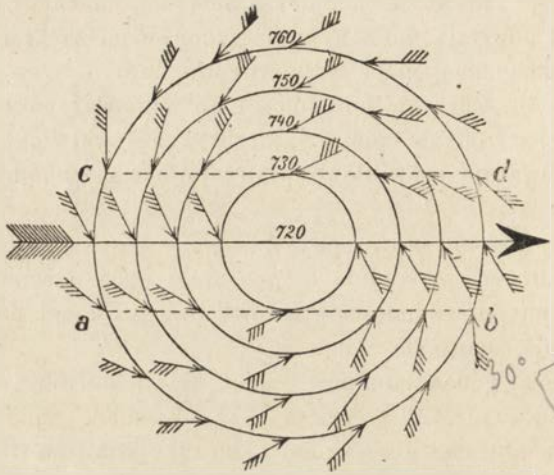


Fig. 102. Minimum wędrowne.

Wielka strzałka oznacza kierunek wędrówki minimum, małe strzałki — kierunki wiatrów, zmieniające się podczas wędrówki.

powstają naturalnie przy izobarach z wielkiemi gradientami (największemi w orkanach).

Jak wiatry zmienne tak i burze mają swą przyczynę w minimach czyli cyklonach wędrownych. U nas burze przychodzą zwykle z wiatrami południowo-zachodniemi.

Daleko rzadsze ale i daleko gwałtowniejsze są cyklony międzyzwrotnikowe; mają one średnicę małą, ale gradienty daleko większe niż burze nasze; ruch wirowy w nich jest nadzwyczaj bystry i niszczący, ale ruch postępowy — powolniejszy niż w naszych burzach.

Drogi tych międzyzwrotnikowych cyklonów na półkuli północnej ciągną się naprzód z PdW. na PnZ., a następ-

http://rcin.org.pl

nie już pod 30° szerokości skręcają nagle na PnW. Na półkuli południowej zaś ciągną się naprzód z PnW. na PdZ., a potem skręcają nagle na PdW. Cyklony te, im dalej postępują w wyższe szerokości, tym zwiększają swą średnicę, a zmniejszają siłę i wreszcie znikają.

Do takich cyklonów należą: na półkuli północnej Zachodnio-Indyjski (koło wysp tejże nazwy), Bengalski (w zatoce t. n.), oraz w morzu Chińskim (*Tajfun*). Na półkuli południowej koło wyspy Mauritius. Drogi tych cyklonów idą wzdłuż ciepłych prądów morskich; dlatego to Golfstrom, wzdłuż którego postępuje cyklon Zachodnio-Indyjski, przezwano „królem burz."

Burzom zwrotnikowym towarzyszy nadzwyczaj wielkie obniżenie ciśnienia (do 700 mm.), do tego stopnia, iż okna domów mają być podczas cyklonu wypychane na zewnątrz. Z powodu wielkiego obniżenia się ciśnienia w centrum cyklonu, większe ciśnienie okoliczne wciska w środek cyklonu postępującego nad morzem, wodę; tworzy się postępujący słup wody (*trąba morska*) kształtu lejka lub węża fig. 103; słup ten wstępując na ląd, traci równowagę, wywraca się i sprawia niszczące powodzie. Na pustyni w środku cyklonu tworzy się z tego samego powodu słup piasku (*trąba piaszczysta*), który zasypuje karawany. Na małą skalę zjawisko takie przedstawiają znane nam młynki powietrzne, powstające w czasie spokojnych gorących dni letnich na silnie rozgrzanych ulicach i drogach piaszczystych: porywają one w górę piasek, zeschłe liście, kawałki papieru i t. p.

Ruch wirowy powietrza w pobliżu centrum cyklonu jest tak gwałtowny, że nic prawie nie może mu się oprzeć; wszelka roślinność ulega zupełnemu zniszczeniu, budynki — zburzeniu; tylko trzęsienie ziemi pozostawia po sobie równie straszne spustoszenie. Cyklony zatoki Bengalskiej w okolicach delty Gangesu, wstępując jako trąby wodne na nizki ląd, pozbawiały życia po 50 a nawet 100 tysięcy ludzi. Potop biblijny był zjawiskiem analogicznym, mianowicie — działaniem cyklonu, który wstąpił z zatoki Perskiej na nizinę Mezopotamji; działanie jego było tu przytym skombinowane z falą sejsmiczną.

http://rcin.org.pl

Charakterystycznym zjawiskiem przy zwrotnikowych cyklonach jest grozą przejmująca cisza w centrum burzy (w naszych burzach kontrast między ciszą w centrum i ruchem wirowym w jego pobliżu nie jest tak wybitny). Gdy więc jakieś miejsce leży na drodze centrum, to ulega niszczącemu działaniu dwóch burz rozdzielonych chwilową ciszą.

Wszystkie opisy cyklonów zwrotnikowych oznaczają jako najstraszniejszą, budzącą najsilniejsze wrażenie, tę chwilę,

Fig. 103. Trąby morskie.

gdy po przerażającym ryku burzy, który zagłusza grzmot piorunów i walenie się budowli, nagle nastaje cisza grobowa.

Każdy czuje, że groza jeszcze nie minęła i bojaźń oczekiwania powiększa wrażenie niebezpieczeństwa.

Podobne do cyklonów zwrotnikowych swą siłą są tak zwane *tornados* w Ameryce Północnej, srożące się około 40° szerokości.

f) *Wiatry lokalne.* Wiatry lokalne dadzą się podzielić na dwa rodzaje:

Wiatry czysto lokalne, to jest niezależne od ogól-

http://rcin.org.pl

nej cyrkulacji powietrza, lecz jedynie od miejscowych różnic ciśnienia (ogrzewania) sąsiednich okolic. Ogólna cyrkulacja często zaciera te wiatry lokalne.

Wiatry, stanowiące część ogólnej cyrkulacji i ulegające tylko pewnym modyfikacjom (co do temperatury, wilgotności i t. d.) pod wpływem warunków miejscowych, głównie ukształtowania powierzchni.

1) *Wiatry czysto lokalne.* Do wiatrów tego rodzaju należą wiatry *brzegowe i morskie*, oraz *dolinowe i górskie;* oba te gatunki wiatrów zmieniają się perjodycznie w ciągu dnia (doby), jak mussony w ciągu roku, zasługują więc na miano *dziennych mussonów.*

aa) *Wiatry brzegowe i morskie* powstają na wybrzeżach mórz (a na małą skalę także na wybrzeżach jezior): w dzień ląd silniej się ogrzewa niż morze, wskutek tego dolne warstwy powietrza nad pierwszym silniej się rozszerzają i podnoszą cały słup powietrza nad lądem, więc w górze warstwy powietrza będą miały większą gęstość niż warstwy na tej samej wysokości nad morzem: wskutek tego w górze powstaje w dzień prąd od lądu ku morzu, a za to w dole prąd od morza ku lądowi *(wiatr morski);* w nocy odwrotnie: wskutek silniejszego oziębiania się lądu powstaje w górze wiatr od morza ku lądowi, a zato w dole — od lądu ku morzu (*wiatr lądowy*).

bb) *Wiatry dolinowe i górskie* mają przyczynę podobną do poprzednich: w dzień nad silnie ogrzanemi dolinami warstwy jednakowej gęstości (jednakowego ciśnienia) leżą wyżej niż nad stokami gór; powstaje więc prąd od wolnej atmosfery ku stokom gór i po takowych w górę, co pociąga za sobą prąd od dolin ku górom (*wiatr dolinowy*); w nocy kolumna powietrza nad równinami obniża się i powstaje prąd od gór ku dolinom (*wiatr górski*).

Gdzie góry są pokryte śniegami i lodami, które oziębiają spoczywające nad niemi powietrze, tam i w dzień wieją wiatry zimne z gór na doliny; do takich wiatrów należą *nerados*, burze śniegowe na wyżynie Quito otoczonej wysokiemi górami. Zamknięte wysokiemi górami wązkie doliny poboczne, które tylko na krótko bywają ogrzewane przez promienie słońca,

http://rcin.org.pl

wysyłają także, szczególniej w lecie, prądy zimnego powietrza do lepiej ogrzewanych szerszych i niższych dolin głównych (podobnie zimne powietrze wieje przez bramy wysokich kamienic z zacienionych podwórzy na ogrzaną ulicę). Potoki górskie, spływające z takich dolin do rzeki głównej, wytwarzają przy swych ujściach pasy mgły (np. uralskie dopływy Peczory).

Podobny wpływ ma kontrastowe sąsiedztwo wysokich gór i równin szczególniej na wiosnę i w jesieni: klimaty wyżyny Bawarskiej i niziny Po, są poczęści uwarunkowane przez ten kontrast.

2) *Wiatry zmodyfikowane.* Co do modyfikacji lokalnych, jakim ulegają prądy, należące do ogólnej cyrkulacji powietrza, to naprzód *kierunek* wiatrów ogólnych ulega zmianom pod wpływem warunków orograficznych, tak np. w głębokiej dolinie Ebro, ciągnącej się z północo-zach. na połud.-wsch., znane są tylko dwa wiatry: Pn.Z. i Pd.W. W równoleżnikowej dolinie Amazonki passaty zmieniają się na wiatry czysto wschodnie. Po wschodniej stronie Karpat ciągnących się na połud.-wsch. wiatry na przestrzeni od Bessarabji aż do okolic Lwowa wieją tylko w dwóch kierunkach Pn.Z. i Pd.W., niby prądy morskie, płynące wzdłuż brzegu.

Bardziej dotykalnemi są modyfikacje wiatrów *pod względem siły, temperatury i wilgotności;* do takich zmodyfikowanych wiatrów ogólnych należą: *Föhn*, *Mistral, Bora*, *wiatry pustyń.*

aa) *Föhn* jest to wiatr południowy, wiejący w północnych dolinach Alp Centralnych i Wschodnich od Besançon do Salzburga. Wieje on wtedy, gdy na północo-zachód od Europy panuje bardzo nizkie ciśnienie (więc w zimie); lokalna jego modyfikacja wyraża się w niezwykłej gwałtowności, wysokiej temperaturze i wielkiej suchości. Föhn wywołuje topnienie śniegów („Schneefresser") i wylewy rzek, ale wpływa też na przyśpieszenie wegetacji.

Nizkie ciśnienie na północy Europy wypompowuje niejako powietrze z północnych dolin Alp; dla skompensowania tego ubytku napływa powietrze z grzbietów gór, a w następstwie — z południowych stoków i okolic dalszych na południe, gdzie ciśnienie jest wyższe, a swobodne spokojne wyrównanie

http://rcin.org.pl

utrudnione przez ścianę alpejską. Ten wiatr południowy, spinając się po południowych stokach Alp w górę, oziębia się i skrapla swą wilgoć; a opadając napowrót na północnych stokach w doliny, ogrzewa się, nietylko odzyskując swą pierwotną temperaturę, ale prócz tego zachowując nadwyżkę ciepła, otrzymaną ze skroplenia się pary wodnej: przy skropleniu pary uwalnia się, jak wiadomo, ciepło, w niej zawarte. Tym sposobem wiatr ten zjawia się w północnych dolinach Alp jako gorący i suchy.

Niekiedy, gdy ciśnienie na południu Alp jest niższe niż na północy, powstaje Föhn północny.

W nowszych czasach przekonano się, że wiatry z własnościami Föhnu są dość rozpowszechnione i w innych górach. Znany on jest w Tatrach pod nazwą *wiatru halnego;* nad morzem Ochockiem wiatr północno zachodni, wiejący od sybirskiego bieguna zimna, w miejscach, gdzie przechodzi przez wyższe części gór nadbrzeżnych, przyjmuje föhnowy charakter; tak np. Ajan ma w styczniu temperaturę blizko o 3° wyższą niż dalej na południu leżący Nikołajewsk.

Szczególniej zasługuje na uwagę zjawisko Föhnu na zachodnich brzegach Grenlandji, gdyż ten wiatr ciepły wieje tam z wnętrza, pokrytego wiecznemi lodami. Jak Föhn alpejski, przed wyżej przytoczonem objaśnieniem Hanna, objaśniano pochodzeniem z Sahary, tak grenlandzki—istnieniem we wnętrzu Grenlandji wybuchających wulkanów!

2) *Wiatry pustyń* posiadają własności Föhnu, lecz w daleko wyższym stopniu. Do takich palących suchych wiatrów należy, pochodzący z Sahary, *Harmattan* na wybrzeżu Wyższej Gwinei i *Chamsin* w Egipcie. Podobny do nich jest *Samum* we wnętrzu Arabji. Ale wszystkie przenosi swą temperaturą (do 55° w cieniu) wiatr, wiejący z wnętrza Australji na jej wschodniem i południowem wybrzeżu, zwany *Ceglarzem* z powodu czerwonego pyłu, którym wszystko pokrywa. Niszczy on w jednej chwili niwy zbożowe, a owoce na drzewach literalnie piecze.

3) *Mistral* i *Bora* są to wiatry, odznaczające się wielką gwałtownością (wagony bywają wykolejane), oraz zimnem. Mistral wieje z północo-zachodu i północy na wybrzeżach morza

http://rcin.org.pl

Śródziemnego od ujścia Ebro do zatoki Genueńskiej, szczególnie w dolinie Rodanu, niby w kanale. Bora wieje z północy, północo-wschodu i wschodu na wybrzeżach morza Adrjatyckiego (Istrji, Dalmacji i Albanji). Oba wieją wtedy, gdy na morzu Śródziemnem i Adrjatyckiem ciśnienie jest nizkie, a na północy po za górami nadbrzeżnemi (Sewenny, Karst) gromadzi się zimne ciężkie powietrze, które wreszcie przelewa się niejako przez niższe części gór, niby woda przez szczerbę w naczyniu, i spada jako lodowato zimna kaskada na cieplejsze wybrzeża. Podobny wiatr występuje też na północno-wschodnich wybrzeżach morza Czarnego w miejscach, gdzie góry Kaukaskie są niezbyt wysokie; wywołuje on silne falowanie morza i zamienia bryzgi wody w lód. Dalej na wschód, gdzie góry stają się wyższe, wiatr północny traci już charakter Bory, a przyjmuje charakter Föhnu (ogrzewa się znacznie przy przejściu przez wysokie góry).

V) Wilgotność powietrza i opady.

1. Para wodna i wilgotność.

W powietrzu znajduje się zawsze pewna ilość pary wodnej, albowiem woda pod wpływem ciepła zamienia się w parę. Najwięcej pary wodnej dostarczają naturalnie oceany i morza, lecz znaczny też udział w jej dostarczaniu mają jeziora i rzeki, a nawet wilgotna ziemia i szata roślinna, zwłaszcza leśna. Odpowiednio do przyczyny, wywołującej parowanie (ciepło) i materjału, dostarczającego pary (woda), *ilość pary wodnej* w powietrzu musi wogóle maleć od równika ku biegunom (i od dołu ku górze), oraz od wybrzeży mórz ku wnętrzu lądów. Naturalnie, iż od tego ogólnego prawa są liczne wyjątki, wywołane przyczynami lokalnemi; tak np. nad lasami i bagnami jest więcej pary, niż nad pustyniami i t. p.

Od ilości pary wodnej należy odróżnić *wilgotność* (pierwsza zowie się inaczej *wilgotnością bezwzględną*, druga *względną*): wilgotność jestto stosunek tej ilości pary wodnej, jaka się w danej chwili w powietrzu znajduje do maksymalnej ilości, jaka przy tej samej temperaturze znajdować się może, czyli —

http://rcin.org.pl

jaka przy tej samej temperaturze *nasyca* powietrze tak, iż więcej pary przyjąć ono już nie może. Inaczej mówiąc: wilgotność jest ułamkiem, którego licznik przedstawia rzeczywistą ilość pary wodnej, znajdującej się w danej chwili w powietrzu, mianownik zaś — tę ilość pary wodnej, jaka znajdowałaby się przy tej samej temperaturze, gdyby powietrze było nasycone.

Wilgotność więc zależy od dwóch warunków: od ilości pary wodnej i od temperatury, ale w różnym sensie: im większa jest ilość pary wodnej, tym większa jest wilgotność; ale im wyższa jest temperatura, tym mniejsza jest wilgotność; albowiem w pierwszym razie zwiększa się licznik ułamka, a w drugim — jego mianownik (gdyż im wyższą jest temperatura, tym więcej pary potrzebuje powietrze do swego nasycenia). Przy wielkiej więc ilości pary wodnej wilgotność może być mała (gdy temperatura jest wysoka) i odwrotnie: przy małej ilości pary wodnej wilgotność może być znaczna (gdy temperatura jest nizka). Tak np. nad morzem Czerwonym najgorętszym z mórz, ilość pary wodnej jest bardzo znaczna, a wilgotność z powodu wysokiej temperatury powietrza — bardzo mała. Na Syberji zaś, np. w Barnaule, ilość pary wodnej tak z powodu nizkiej temperatury, jak i wielkiego oddalenia od morza, jest bardzo mała, a wilgotność w styczniu dochodzi prawie do stanu nasycenia.

Co do rozkładu wilgotności wogóle, to zachowuje się ona odwrotnie, niż ilość pary wodnej: wilgotność mianowicie nie maleje, lecz wzrasta, od równika ku biegunom, oraz od dołu ku górze; w tym ostatnim kierunku jednak wilgotność wzrasta tylko do pewnej granicy, po za którą maleje z powodu szybkiego ubywania ilości pary. W kierunku od wybrzeży ku wnętrzu lądu wilgotność tylko w lecie zachowuje się tak samo jak ilość pary wodnej, w zimie zaś wilgotność ku wnętrzu lądu zwykle wzrasta z powodu nizkiej temperatury lądowej, oraz ulatniania się śniegu.

Oprócz ilości pary i wilgotności zaczęto w ostatnich czasach zwracać uwagę na tak zwany *deficyt nasycenia,* to jest ilość pary wodnej, której brakuje do tego, aby powietrze było nasycone.

http://rcin.org.pl

2. Skroplenie. Opady atmosferyczne. Lodowce.

a) *Skroplenie.* Skroplenie jest to zjawisko odwrotne ulatnianiu: jak ciepło wywołuje zamianę wody w parę czyli *ulatnianie,* tak zimno — zamianę pary w wodę czyli *skroplenie.* Skroplenie następuje wtedy mianowicie, gdy temperatura powietrza, zawierającego pewną ilość pary, obniży się do tego stopnia, iż ta ilość pary stanie się większą, niż potrzeba do nasycenia; naówczas przewyżka musi się wydzielić w postaci płynnej (a przy temperaturze niższej od 0° — w postaci stałej) czyli skroplić. Temperatura, przy której następuje skroplenie, zowie się *punktem rosy.*

Skroplenie więc powstaje: 1) przy zetknięciu się ciepłego, obfitego w parę, powietrza z silnie oziębionemi ciałami (np. na szybach okien w zimie, na karafce z zimną wodą wniesionej do ciepłego pokoju i t. p.); 2) przy prądzie, wznoszącym się w górę, gdzie się oziębia; najprostszy przykład przedstawiają kłęby tak zwanej „pary", wznoszące się w górę nad garnkiem z gotującą się wodą: nie jest to już para właściwa lecz skroplona. 3) Wogóle przy prądach ciepłych, przychodzących do okolic zimnych (więc np. przy prądach równikowych). 4) Przy prądach zimnych, przychodzących do okolic cieplejszych, bardzo obfitych w parę.

b) *Rosa, szron.* Skroplenie na zimnej powierzchni ciał ma miejsce w czasie pogodnych nocy, gdy powierzchnia ziemi po ciepłym, obfitym w parę, dniu znacznie się oziębi; niebo zachmurzone zaś powstrzymuje promienie ciepła, działa podobnie jak szyby inspektowe: nie pozwala na znaczne oziębienie ziemi. Gdy temperatura jest wyższa od 0°, to skroplenie pozostaje w stanie płynnym, tworzy *rosę*; gdy zaś temperatura jest niższa od 0°, to skroplenie wydziela się w stanie stałym — tworzy *szron.*

Najobfitsza rosa tworzy się w pobliżu mórz i jezior krain gorących i pogodnych (np. w pobliżu jeziora Tsad, na przesmyku Suezkim, w pustyni Atakama i t. d.); jest ona tam tak obfita, że zastępuje deszcz. Natomiast na otwartym morzu (na małych wysepkach i okrętach) rosy nie bywa, gdyż oziębienie w nocy jest tam słabe.

http://rcin.org.pl

c) *Mgła, obłoki.* Skroplenie w atmosferze tworzy mgłę, gdy ma miejsce w pobliżu powierzchni ziemi, i obłoki, gdy ma miejsce w wyższych warstwach atmosfery; obłok więc jest to mgła, znajdująca się wysoko; mgła zaś jest to obłok znajdujący się przy ziemi. O prawdzie tej można się naocznie przekonać, wstępując na wysokie góry: gdy znajdujemy się u stóp góry, szczyt jej jest pogrążony w obłokach; gdy wstąpimy na górę, znajdziemy się wśród mgły.

Mgła powstaje wtedy, gdy, przy dostatecznej ilości pary wodnej, zachodzi różnica między temperaturą ziemi (gruntu lub wody) i powietrza; stąd wynika, że mgła może powstać w dwojaki sposób: 1) gdy wiatr zimny wieje (lub powietrze zimne spoczywa) nad cieplejszą powierzchnią morza, jeziora, bagna i t. p., ciepła bowiem woda lub wilgotna ziemia wydziela dużo pary, a zimne powietrze ją skrapla. Do tego rodzaju należą mgły nad prądami ciepłemi przy ich spotkaniu się z zimnemi, gdy wiatr wieje od tych ostatnich; mgły nad ciepłemi fjordami Norwegji, gdy w zimie wieje wiatr od lądu; mgły w ciepłych i wilgotnych dolinach, otoczonych wysokiemi górami, z których stacza się zimne powietrze (np. w dolinie Caracas na gorącym wilgotnym pobrzeżu Venezueli); mgły jesienne nad wodami lądowemi (które wtedy są cieplejsze od powietrza), szczególniej nad wielkiemi i głębokiemi jeziorami (Ładoga, Bajkał), które późno zamarzają, gdy już długo panują mrozy; mgły nad szparami, powstającemi w lodach mórz polarnych podczas silnych mrozów i t. d. 2) Gdy wiatr wilgotny wieje nad zimniejszą od niego powierzchnią ziemi lub wody; mgły takie zalegają zwykle cienką warstwą. Do tego rodzaju należą mgły nad prądami zimnemi w pobliżu ich spotkania się z ciepłemi, gdy wiatr wieje od tych ostatnich (szczyty masztów wysterczają po nad tą mgłą); mgły nad lodami krain polarnych, gdy nad niemi powieje wiatr ciepły, oraz nad górami lodowemi, zagnanemi w okolice cieplejsze; mgły na górach (od prądów wstępujących), które dla stojącego u dołu przedstawiają się jako obłoki. Obłok taki na szczycie góry nieraz bardzo długo nie zmienia swego miejsca i kształtu, mimo najsilniejszego wiatru; nie znaczy to jednak, że kropelki wody, tworzące go, pozostają na swych miejscach, lecz

http://rcin.org.pl

tylko, że przyczyna skroplenia jest trwałą; mianowicie kształt i położenie obłoku są uwarunkowane kształtem i położeniem góry; kropelki, które, uniesione wiatrem, oddalą się od przyczyny oziębiającej, zmieniają się znów w niewidzialną parę, ale na ich miejsce przybywają nowe masy pary i ulegają w tych samych miejscach skropleniu (podobnież słup „ognisty" nad wulkanami nie ulega zmianie od wiatru, gdyż nie jest on rzeczywistym płomieniem, lecz tylko odbiciem ognistego wnętrza krateru w kropelkach pary wodnej). Pięknem zjawiskiem tego rodzaju jest tak zwany „obrus" na górze Stołowej koło Kapsztadu: jest to mgła albo obłok, powstający na tej górze przeważnie przy wiatrach z oceanu Indyjskiego, które skraplają parę na płaskim szczycie góry; na odwietrznej stronie góry mgła ta rzuca się w dół niby biała kaskada, ale wrótce znika w znacznej jeszcze wysokości, tworząc malowniczą draperję. Interesującym jest też zjawisko mgły na nadbrzeżnych górach Jemenu: morze Czerwone w najgorętszej porze roku silnie paruje; para ta wznosi się i powleka góry mgłą, która je zwilża i przez to umożliwia plantacje kawy (moka). Na wschodnią stronę gór mgła ta nie przechodzi, niema też tam kawy.

Obłoki albo chmury powstają, jak już wiemy z powyższego, wskutek prądu wstępującego, który w górze skrapla swą parę, a także wskutek zmieszania się mas powietrza o różnych temperaturach; w pierwszym razie są one „kapitelami kolumn, wznoszącego się powietrza" i zależą od stanu powierzchni ziemi, a mianowicie od jej zdolności rozgrzewania się i wydzielania pary; są więc niejako „rzutami obrazu gruntu na sklepienie nieba".

To też bystre oko Indjanina z położenia obłoków na niebie odgaduje kierunek rzek, a oko żeglarza na morzu — obecność wysp: wyspa rozgrzewa się silniej, niż okoliczne morze, wskutek tego tworzy się nad nią prąd wstępujący, który porywa coraz nowe masy pary, przynoszone przez wiatry morskie, i skrapla je w górze.

Przy rozważaniu obłoków dwie rzeczy trzeba wziąć pod uwagę: *kształt* obłoków i stosunkową wielkość obszaru,

http://rcin.org.pl

jaki zajmują na niebie, t. j. tak zwaną obłoczność albo *zachmurzenie.*

1) Pod względem kształtu rozróżniają zwykle cztery główne typy obłoków (i wiele mieszanych):

aa) *Pierzaste (cirrus)*, mające postać białych, siatkowato ułożonych włókien. Sięgają one ponad najwyższe szczyty gór i składają się z kryształków śniegu, jak to wykazały podróże balonem.

bb) *Kłębowe (cumulus)*, mające kształt półkulistych mas, lśniących na obwodzie, nagromadzonych na ciemniejszej poziomej podstawie. Powstają one wskutek silnego prądu wstępującego i dlatego mają podstawę poziomą, gdyż oznacza ona powierzchnię, na której zaczyna się skroplenie, a ta na znacznym obszarze leży w jednakowej wysokości; dlatego również występują one głównie w pasie międzyzwrotnikowym, a u nas tylko w lecie, w dnie spokojne.

cc) *Warstwowe (stratus)* wązkie i długie, występują niewysoko nad poziomem przy zachodzie słońca; kształt ich warstwowy pochodzi stąd, że wiatry w wyższych warstwach atmosfery mają wtedy inny kierunek niż w dolnych.

dd) *Deszczowe (nimbus)* — ciemne masy, powlekające nieraz całe niebo.

2) *Zachmurzenie* oznacza się zapomocą skali, w której 0 znaczy niebo zupełnie czyste, bezchmurne, 100 zaś (według innej skali — 10) — niebo zupełnie zaciągnięte chmurami. Nad Saharą i w krajach śródziemnomorskich niebo prawie zawsze (szczególniej w lecie) jest pogodne (w Kairze zachmurzenie roczne wynosi 20); nad północno-zachodnią Europą—prawie zawsze zachmurzone (na wyspach Faroer zachmurzenie roczne przeszło 70).

Rozkład zachmurzenia przedstawia się na mapie za pomocą linji, łączących miejsca jednakowego zachmurzenia *(Izonefy);* tak np. stepy południowej Rosji leżą na tej samej izonefie, co pogodna pustynna Kastylja.

Zachmurzenie wpływa na temperaturę (w lecie obniżają, w zimie podwyższa), a w następstwie i na rozprzestrzenienie pewnych roślin, np. palmy daktylowej, która unika nieba chmurnego.

http://rcin.org.pl

d) *Deszcz, śnieg, lodowce.* Gdy w obłokach kropelki wody, lub kryształki śniegu stają się tak wielkie, że nie mogą już utrzymać się w powietrzu, natenczas spadają na powierzchnię ziemi jako *deszcz* lub *śnieg* (śnieg zbity w bryłki tworzy *krupy*, a bryłki z powłoką lodową — *grad*). Zjawisko to zowiemy *opadem atmosferycznym*.

Przy rozważaniu opadów atmosferycznych bierzemy pod uwagę, prócz wyżej wymienionej *formy*, głównie ich *ilość*, oraz *czas* (*porę*).

1) *Rozkład opadów atmosferycznych.* Ilość opadu atmosferycznego mierzy się za pomocą przyrządu, zwanego *deszczomierzem* (*ombrometrem*, *pluviometrem*), na którym odczytuje się co dnia wysokość (w milimetrach) spadłej wody, bądź bezpośrednio z deszczu, bądź z rostajałego śniegu, krup i gradu. Tym sposobem po kilkoletnich obserwacjach w danem miejscu można obliczyć średnią ilość opadu, dla danego miesiąca i roku. Co do czasu, to opady mogą wydarzać się albo w ciągu całego roku, albo ograniczać się do jednej pory roku, zimowej lub letniej, podczas gdy druga doznaje suszy (*opady perjodyczne*).

Rozkład opadów na ziemi co do ilości, czasu i formy jest niezmiernie ważny, albowiem wszystkie te okoliczności wywierają wielki wpływ na roślinność, a przez to na życie człowieka, wyrokują o zamieszkalności i pomyślności lub też o pustynności i ubóstwie danego kraju.

aa) *Rozkład rocznej ilości opadów.* Ilość opadów zależy od dwóch warunków: od oziębienia i od ilości pary wodnej.

Ponieważ zależy od oziębienia, więc musi się wzmagać przy wiatrach równikowych i wstępujących, a zmniejszać przy biegunowych i zstępujących. Ponieważ zależy też od ilości pary wodnej, więc musi się wzmagać od wnętrza lądu ku wybrzeżom i od biegunów ku równikowi. Wprawdzie w tym kierunku wzmaga się ciepło, co powinno wpłynąć na zmniejszenie ilości deszczu, ale to niema miejsca, ponieważ ciepło wywołuje prądy wstępujące. Prócz tego ilość opadów musi się też wzmagać ku górze, to jest musi być na górach większa niż na nizinach, ale tylko do pewnej granicy: na pewnej wysokości ma miejsce maximum opadów, stąd począwszy, ilość maleje,

http://rcin.org.pl

gdyż wskutek znacznego zmalenia ilości pary wodnej, oziębienie, choć znaczne, nie jest już w stanie wywołać zwiększenia opadów. Mimo tego ograniczenia, prąd wstępujący na góry jest najważniejszym warunkiem opadów (*deszcze elewacyjne*): nawet wiatr lądowy i biegunowy przy wznoszeniu się na góry jest w stanie sprowadzić opad, czego dowodem są deszcze na górach Sahary (Ahaggar, Tibesti). Odwrotnie: wiatr zstępujący, chociażby równikowy i od morza wiejący, sprowadza posuchę, jakeśmy to widzieli na Föhnie. Podobnież — wiatr, który przeszedł przez zimny prąd morski.

Najkorzystniejszym warunkiem opadu jest wiatr równikowy w pasie gorącym, od morza wiejący i trafiający prostopadle na góry nadbrzeżne, po stoku których wstępuje: stok ten, ku wiatrowi zwrócony (dowietrzny), będzie miał obfite opady; stok zaś przeciwny (odwietrzny) będzie suchy.

Stąd widzimy, że góry, stojące na drodze wiatrów wilgotnych, wywierają wielki wpływ na rozkład ilości opadów: strona gór dowietrzna będzie obfita w opady, odwietrzna uboga. Kraje więc otoczone górami (kotliny), a przynajmniej zasłonięte górami od morza, będą ubogie w opady. Kontrast między stroną gór deszczową i suchą będzie tym większy, im góry są wyższe. W niższych szerokościach gieograficznych, gdzie panują wiatry wschodnie (passaty), wschodnie stoki gór są bogatsze w opady, niż zachodnie; w wyższych szerokościach (gdzie przeważają wiatry zachodnie) — odwrotnie. W krajach z wiatrami mussonowemi obie strony gór posiadają opady, tylko w różnych porach.

Na podstawie powyższych uwag ogólnych zrozumiemy rozkład opadów, jaki nam przedstawia mapa.

Najobfitsze opady, wynoszące kilka tysięcy milimetrów, spotykamy prawie jedynie w pasie gorącym i to głównie w pobliżu równika. (Ameryka i Afryka równikowa, wyspy archipelagu Malajskiego). Wyjątkowo wielkie opady, i to nawet daleko od równika sięgające, spotykamy tu na dowietrznych stokach gór, mianowicie na wschodnich stokach Kordyljerów, oraz wyżyn Guyany i Brazylji (deszcze elewacyjne passatowe); dalej — na południowych stokach Wysokiego Sudanu (Musson letni od zatoki Gwinejskiej i passat południo-

http://rcin.org.pl

wej półkuli, przekraczający równik), na zachodnich stokach Gathesów, oraz Indochin i na południowych stokach Himalajów (musson letni); tutaj w górach Khassia wysokość opadów jest największa na ziemi, przenosi 12000 mm.

Po za tym pasem obfitych opadów zwrotnikowych ciągną się dwa pasy pustyń, wywołanych po części przez passaty, które jako wiatry biegunowe wywierają wpływ osuszający (jeżeli nie są zmuszone do wzniesienia się na góry), poczęści zaś przez stosunki topograficzne (otoczenie górami), oraz zimne prądy morskie. Na półkuli północnej spotykamy tu Saharę z Arabją; pustynia ta przedłuża się dalej na północo-wschód, (ze względów topograficznych) na Azję centralną i dopiero na południo-wschodzie Azji stawiają jej kres obfite deszcze mussonowe. W Ameryce Północnej spotykamy tylko miniaturę pustyni na półwyspie Kalifornijskim (prąd zimny), która przedłuża się też ze względów topograficznych na północo-wschód na wyżynę Stanów Zjednoczonych. Dalej na wschód pustyni tej stawiają dość szybko kres deszcze mussonowe (od zatoki Meksykańskiej). Na półkuli południowej w tym pasie pustyń spotykamy przedewszystkiem wnętrze Australji, które może się mierzyć z Saharą. Góry, ciągnące się po wschodniej stronie Australji, odbierające wilgoć passatowi, który na ich wschodnim stoku sprowadza obfite deszcze elewacyjne, przyczyniają się głównie do zubożenia opadów wnętrza. Podobny stosunek zachodzi w Afryce południowej, gdzie spotykamy pustynię Kalahari; pustynność jej wzmaga się przy tem na zachodnim wybrzeżu, z powodu prądu zimnego. W Ameryce, bardziej odkrytej od strony wschodniej, spotykamy naprzód tylko stepy (Campos, Pampas) i dopiero po drugiej stronie Kordyljerów, z powodu osuszenia się na nich passatu, oraz z powodu zimnego prądu Peruwiańskiego, spotykamy wązki pas pustynny (Atakama).

Za temi pasami pustyń, w pasie panowania wiatrów zachodnich, spotykamy znów obfite opady; najobficiej występują one na górach nadbrzeżnych wybrzeży zachodnich, ku wschodowi maleją. Na półkuli północnej najobfitsze deszcze spotykamy tu na zachodnich wybrzeżach Ameryki Północnej (po za 40° szer.); ku wschodowi maleją one szybko, ale następ-

http://rcin.org.pl

nie znów wzrastają, gdyż tu wkraczają, wyżej wspomniane, deszcze mussonowe od zatoki Meksykańskiej. Podobnież obfite opady spotykamy w Europie zachodniej (szczególniej na zachodnich stokach gór Skandynawskich, Brytańskich i wyżyny Iberyjskiej), lecz tutaj maleją one stale ku wschodowi, aż dopiero na samym rąbku wybrzeża Azji wschodniej ilość opadów wzrasta, gdyż tu sięga północna odnoga deszczów mussonowych. Na półkuli południowej pas odpowiedni zajmuje małe obszary: południowa Afryka i Australja wkraczają weń tylko małemi skrawkami (Kaplandja, Wiktorja) i tylko Ameryka południowa (Patagonja) i Nowa Zelandja stanowią znaczniejsze krainy tego pasa; wszędzie widać tu malenie opadów ku wschodowi, a w dwóch ostatnich krainach występuje ono w formie silnego kontrastu, wywołanego przez góry południkowe: zachodnie strony Patagonji i Nowej Zelandji mają bardzo obfite opady, wschodnie są pod tym względem ubogie, stepowe; a Patagonja wschodnia przyjmuje prawie pustynny charakter.

Na półkuli północnej istnieje wreszcie dalej na północ pas arktyczny, z opadami bardzo ubogiemi (ubóstwo pary wodnej), szczególniej w północno-wschodniej Syberji i w Ameryce arktycznej na zachodzie zatoki Hudsońskiej.

bb) *Rozkład opadów co do pory.* Całkowita roczna ilość opadu, jaką otrzymuje dana okolica, może albo być rozłożona mniej-więcej równomiernie na wszystkie miesiące, albo też być ograniczona tylko do pewnych miesięcy, podczas gdy w pozostałych panuje susza. Stąd wynika, że pod względem pory opady można podzielić na *opady w każdej porze roku* i *opady w jednej porze,* t. j. *opady perjodyczne,* które znów dzielą się na *letnie* i *zimowe.* Równomierność opadów w każdej porze roku nie jest naturalnie zupełnie dokładna tak, iż jedna pora przeważa, t. j. może być *maximum letnie*, albo *zimowe.*

Co do gieograficznego rozprzestrzenienia tych różnych opadów, to, pomijając względy lokalne, z góry można wywnioskować, że w okolicach zwrotnikowych, gdzie w czasie zbliżenia się słońca do zenitu powstają silne prądy wstępujące, powinny wtedy padać silne deszcze, podczas gdy w innej po-

http://rcin.org.pl

rze, gdy panują osuszające passaty, powinny być susze; t. j., że w okolicach zwrotnikowych powinny panować deszcze *perjodyczne letnie* (*zwrotnikowe, zenitalne)*, Ponieważ słońce w ciągu roku przechodzi tam, jak wiadomo, dwa razy przez zenit, więc właściwie powinny tam być w ciągu roku dwie pory deszczowe; dzieląca je pora suszy jest coraz krótsza w miarę zbliżania się do zwrotników, gdzie obie pory deszczowe zlewają się w jedną. W pobliżu równika w pasie ciszy, gdzie wciąż panują prądy wstępujące, deszcze też przez cały rok padają (*deszcze równikowe*). Po za pasem deszczów zwrotnikowych leżą *dwa pasy deszczów perjodycznych zimowych,* albowiem tutaj, mniej-więcej między 30° i 40 szerokości, w lecie panuje osuszający passat, w zimie zaś—wiatry zmienne, sprowadzające opady. Za temi pasami, t. j. w pasach wiatrów zmiennych, muszą panować *opady w każdej porze roku*, przyczym we wnętrzu lądów maximum musi przypadać na lato (bo wtedy panują tu prądy wstępujące); w okolicach zaś nadbrzeżnych i morskich — na zimę, a głównie na jesień (bo wtedy morze jest najcieplejsze i wtedy też panują na morzu prądy wstępujące). Naturalnie, że wskutek różnych przyczyn lokalnych rozkład nie jest tak zupełnie prawidłowy.

Na mapie widzimy, że pas deszczów zwrotnikowych, t. j. perjodycznych letnich, sięga nieco po za zwrotniki mniej-więcej do 30° szerokości; na wschodnich zaś brzegach Azji, dzięki mussonom, pas opadów perjodycznych letnich sięga daleko na północ, aż po za ujście Amuru. We wschodniej Ameryce Północnej, mimo mussonu letniego od zatoki Meksykańskiej, niema takiej perjodyczności, albowiem antycyklon zimowy nie dosięga tej siły, co na lądzie Azji, a wskutek tego susza zimowa w Ameryce nie jest tak wybitna.

Pasy deszczów perjodycznych zimowych *(pasy podzwrotnikowe)* nie opasują całej ziemi; ograniczają się do wybrzeży zachodnich, gdyż w rozprzestrzenieniu na wschód przeszkadzają im letnie mussony. Najdalej na wschód, aż do granic Indji, sięga ten pas wzdłuż okolic morza Śródziemnego. Na przejściu między temi pasami i pasem deszczów zwrotnikowych leżą podzwrotnikowe pustynie.

http://rcin.org.pl

Pas deszczów w każdej porze roku dzieli się na dwie części: część lądową z maximum letniem i nadbrzeżną z maximum zimowem (jesiennym). Typ nadbrzeżny występuje tylko na wybrzeżach zachodnich, stanowiąc tu niejako przedłużenie pasa podzwrotnikowego; podczas gdy na wybrzeżach wschodnich z powodu letnich mussonów typ ten znika, w jego miejsce występuje, nawet nad samym morzem, typ kontynentalny, a na wybrzeżu wschodnim Azji nawet (jak wiadomo) typ perjodyczny letni.

cc) *Rozkład opadów co do formy. Śniegi i lodowce.* Ze względu na *poziomy rozkład* formy opadów można ziemię podzielić na trzy pasy; *pas opadów wyłącznie deszczowych*, *pas opadów mieszanych* i *pas opadów wyłącznie śnieżnych*. Ostatni z nich ma tylko teoretyczne znaczenie, albowiem dotąd nie znaleziono nigdzie kraju (ani pod biegunami, ani w górach), gdzieby w lecie nie zdarzały się opady płynne.

Co do pasa pierwszego i drugiego, a mianowicie co do granicy, od której począwszy, śnieg pada na nizinach, to nie jest ona ściśle wyznaczona. H. Fischer przeprowadził wprawdzie taką granicę, ale z uwzględnieniem opadów śnieżnych na górach i wyżynach. Rozróżnia on dwie granice: *granicę opadów śnieżnych stałych* (zdarzających się każdej zimy) i *opadów śnieżnych przypadkowych*. Ta ostatnia przekracza, nawet na nizinach, w paru miejscach zwrotniki; mianowicie na wschodnich wybrzeżach Chin (okolice Kantonu), na wschodnich wybrzeżach Meksyku (okolice Tampiko) i na wschodnich wybrzeżach Brazylji (okolice Rio Janejro). Z drugiej strony nawet pośród pasa opadów śnieżnych stałych zdarzają się okolice z opadami tylko przypadkowemi, a to nawet przy silnych mrozach: z powodu wielkiej suchości (około Tarimu i jeziora Lobnor).

Pas opadów mieszanych można podzielić jeszcze na dwa podrzędne, z których jeden (leżący w wyższych szerokościach) odznacza się tym od drugiego, że w nim opady śnieżne występują nie tylko podczas zimy, ale i podczas lata. Granica, od której począwszy, zdarza się śnieg i w lecie, trzyma się na półkuli północnej koła biegunowego, wyjąwszy Norwegję, gdzie posuwa się dalej na północ. Dla półkuli południowej z chłod-

http://rcin.org.pl

nym latem, granica opadów śnieżnych letnich zaczyna się już pod 50° szer.

W pasie opadów śnieżnych stałych powstaje w zimie *pokrycie śnieżne*, mające, w razie dłuższej trwałości, ważne znaczenie klimatyczne i ekonomiczne: chroni ono, jako zły przewodnik ciepła, grunt od silnego oziębienia i tym sposobem wywiera korzystny wpływ na oziminy (które w czasie zim małośnieżnych wymarzają); ułatwia komunikację (sanna), zwłaszcza w krajach bagnistych (jeżeli śnieg spadł po zamarznięciu bagien, w przeciwnym bowiem razie chroni bagna od zamarznięcia). Na wiosnę, topniejąc, wywiera wprawdzie oziębienie, ale za to napawa grunt dobroczynną wilgocią.

Podobne pasy opadów można rozróżnić i *w kierunku pjonowym*, na górach, z tą jednak różnicą, że podczas gdy na nizinach pokrycie śnieżne w lecie znika (wyjąwszy być może okolice antarktyczne), to na górach, w wyższych ich częściach, utrzymuje się ono. To stałe pokrycie śnieżne wyższych części gór zowiemy *wiecznym śniegiem*, a jego dolną granicę — *linją śnieżną*.

dd) *Wieczne śniegi, linja śnieżna, lawiny. Wysokość linji śnieżnej* zależy od czynników klimatycznych i orograficznych, mianowicie od temperatury lata i ilości opadów śnieżnych, oraz od ukształtowania powierzchni gór: albowiem podczas gdy na wyżej leżących, stromych stokach śnieg nie jest się w stanie utrzymać, to w niżej leżących zagłębieniach (zwłaszcza zacienionych) utrzymuje się. Z powodu tego orograficznego czynnika szczegółowy przebieg linji śnieżnej na danych górach jest bardzo nieprawidłowy i trudny do oznaczenia (wyjąwszy prawidłowo stożkowe wulkany); dlatego niektórzy rozróżniają dwie różne linje śnieżne: *klimatyczną* i *orograficzną*; ale rozróżnienie to jest w praktyce zwykle trudne do przeprowadzenia.

W ogólnych zarysach wysokość linji śnieżnej zniża się od równika ku biegunom; przytym zniżanie to na południowej półkuli następuje szybciej (dosięga zdaje się poziomu morza), z powodu chłodnego tamtejszego lata. Wogóle też na stokach kusłonecznych leży wyżej niż na odsłonecznych. W szczegółach jednak spotykamy wiele nieprawidłowości, za-

http://rcin.org.pl

leżnych od ilości opadów i stosunków orograficznych. Tak więc najwyżej (6000 m.) linja śnieżna sięga nie na samym równiku, lecz na północ odeń w Kordyljerach zachodnio-Peruwjańskich i w górach Karakorum; wzniesienie to jest wywołane wielką suchością tych okolic. W Himalajach na stoku kusłonecznym, t. j. południowym, linja śnieżna leży niżej niż na północnym, co wynika z obfitości opadów na pierwszym, a ubóstwa ich na drugim. Podobnież na cieplejszym, zachodnim, stoku gór Skandynawskich leży niżej niż na wschodnim (gdyż pierwszy jest wilgotniejszy od drugiego).

Zdawałoby się na pozór, że ilość wiecznych śniegów na górach powinna się z roku na rok powiększać od nowych opadów i że tym sposobem góry powinny by rosnąć aż do tych warstw atmosfery, gdzie już niema pary wodnej, a więc i opadów. Tak jednak nie jest: góry nie rosną, ilość wiecznych śniegów utrzymuje się ciągle mniej-więcej w jednej mierze, pomimo corocznych nowych opadów; a to dlatego, że nadmiar śniegu ubywa i to, pomijając nieznaczne ubytnianie śniegu, dwoma sposobami: gwałtownym przez *lawiny* i powolnym przez *lodowce*.

Lawiny są to wielkie masy śniegu, spadające od czasu do czasu z gór na doliny i tam topniejące. Drobne wstrząśnienia powietrza jak huk strzału, skok gemzy, odgłos kroków człowieka, t t. p. są w stanie wywołać spadnięcie, nagromadzonego w górze, śniegu.

Lawiny można podzielić na trzy rodzaje: pylne (Staublawinen), ześlizgujące się (Grundlawinen) i staczające się (Rollawinen).

Pierwszy rodzaj lawin powstaje w zimie podczas silnych mrozów, gdy padający śnieg jest suchy, drobny, nie zlepia się, nie zbija, lecz układa luźnie, jak piasek, na dawnym zeskorupiałym śniegu. Gdy pochyłość tej podstawy jest znaczna, a śniegu nowego nagromadziło się dużo, wtedy spada on, roztrącając się w obłok pyłu, przyczym powstaje silny prąd powietrza w kierunku spadku lawiny; tym sposobem lawina pylna przypomina naszą zamieć śnieżną.

Drugi rodzaj lawin powstaje na wiosnę, gdy nastanie odwilż: wówczas całe płaty śniegu, podmyte od spodu, ześliz-

http://rcin.org.pl

gują się ze znacznych pochyłości, podobnie, jak u nas śnieg z dachów.

Ruch ślizgający się może przejść w staczający się i wtedy śnieg zbija się w kule, które w miarę staczania urastają podobnie, jak przy znanym budowaniu bałwana ze śniegu.

Lawiny tego rodzaju spadają zwykle perjodycznie temi samemi drogami, niszcząc wszystko po drodze; tylko części drogi, leżące u stóp stromych pochyłości, bywają oszczędzane, gdyż lawiny przeskakują ponad niemi łukowato; temu zawdzięcza np. czasem las swoje istnienie.

2) *Lodowce (lodniki, gleczery).*

aa) *Powstawanie lodowców i zjawiska lodowcowe.* Wiadomo, że ścisnąwszy w ręku nieco śniegu, możemy zamienić go w bryłkę lodu; śnieg udeptany na ścieżkach też lodowacieje tak, iż na wiosnę, po stopnieniu śniegu, na ścieżkach jeszcze długo utrzymuje się on w kształcie skorupy lodowej.

Widzimy więc wogóle, *że śnieg pod wpływem ciśnienia zamienia się w lód.* Wynika to stąd, że ciśnienie wywołuje topnienie śniegu (albowiem woda, zamarzając, powiększa swą objętość), a woda, stąd powstała, przenika między cząstki śniegu w miejsca puste i uwolniwszy się od ciśnienia, zamarza na nowo; tym sposobem śnieg lodowacieje i, przy dostatecznie wielkim ciśnieniu, w zupełnie przezroczysty (pozbawiony powietrza) lód zamieniony być może. Proces ten szczególnie łatwo odbywa się na śniegu wiosennym, który, z powodu kolejnego topnienia w dzień i zamarzania w nocy, nabiera ziarnistej, nawpół lodowej, budowy.

Ten sam proces odbywa się w sposób naturalny na wielką skalę w krainie wiecznych śniegów: u jej dolnej granicy śnieg, wskutek kolejnego tajania w dzień i zamarzania w nocy, nabiera, podobnie jak nasz śnieg wiosenny, ziarnistej, nawpół lodowej, budowy; tworzy tak zwany *firn.* Firn ten w swych dolnych warstwach, wskutek ciśnienia górnych, przechodzi w lód. Na linji śnieżnej, to jest dolnej linji firnu, te jego dolne zlodowaciałe warstwy wychodzą na jaw i dają początek lodowcom, które płyną w dół, niby rzeki, wypełniając doliny, przyjmują uboczne lodowce, niby dopływy, aż dojdą nakoniec tak nizko, że ilość napływającego lodu równa się

http://rcin.org.pl

ilości roztopionego; tu jest koniec lodowca, podobnie jak koniec rzek pustynnych jest tam, gdzie ilość napływającej wody równa się ilości ulotnionej.

Lodowiec kończy się stromą, a nawet wklęsłą, ścianą nakształt „przysionka katedry gotyckiej"; jest to tak zwana *brama lodowcowa*, z pod której wypływa mętny strumień, powstały z topniejącego lodu. Gdzie, jak w okolicach biegunowych, ciepło letnie jest zbyt małe, aby położyć kres posuwaniu się lodowców, tam dochodzą one aż do wybrzeża morskiego i tu, odłamując się, tworzą owe pływające góry lodowe.

Lodowiec, pod wpływem ciężkości, *płynie* (podobnie jak rzeka, choć znacznie wolniej), t. j. cząstki jego zmieniają położenie względem siebie; choć zresztą i ześlizgiwanie nie jest całkiem wykluczone. Płynąc, wypełnia on dokładnie doliny, przyjmuje ich kształty. To dziwne zjawisko, że ciało, na pozór kruche, jak lód, zachowuje się plastycznie, jakby jakiś gęsty płyn, np. ogrzany lak lub smoła szewcka, albo ciasto, tłómaczy się tym, że lód pod wpływem ciśnienia (masy lodowca) topnieje, a woda, stąd powstała, dostawszy się do szpar lodowych i uwolniwszy się od ciśnienia, znów zamarza i spaja rozkruszone części; prócz tego wiadomo, że kawałki topniejącego lodu, przytknięte do siebie, zaraz przymarzają. Włożywszy, potłuczony na kawałki, lód między dwie deski, w których wyżłobione są rozmaite formy, i ścisnąwszy deski mocno, otrzymamy jednolite bryły lodu rozmaitych kształtów. To też nawet w takim razie, gdy płynący lodowiec natrafi na tak nagły spadek dna, że łamie się i spada na niższy taras, to tutaj, potrzaskany w kawały, lód spaja się na nowo w jednolitą masę, która płynie dalej *(lodowiec odrodzony)*.

Lodowiec taki może z biegiem czasu, wskutek różnych przyczyn, utracić zasiłek i wtedy staje się lodowcem *„martwym"*, który podlega niszczącemu działaniu promieni słonecznych. Do tego rodzaju lodowców zdają się należyć tak zwane *nieve penitente;* jest to pole śnieżne czy lodowe (w Argentyńskich Kordyljerach), które pod wpływem słońca i wiatrów zostało wymodelowane na grupę dziwacznych figur: „zdala wydają się one grupą, stojących lub klęczących, postaci kobiecych, przybranych w białe zasłony. Każda postać jest sztyw-

http://rcin.org.pl

no wyprostowana, nadludzko wielka, a wszystkie wyglądają niby skamieniałe grzesznice, wyczekujące na czarodziejskie słowo wybawienia."

Lodowiec, będąc plastyczny na ciśnienie, jest kruchy na ciągnienie (gdyż w tym ostatnim razie nie następuje topnienie) i dlatego, mimo plastyczności, w lodowcu tworzą się liczne *szpary*. Szpary są trojakie: poprzeczne, boczne i podłużne.

Szpary poprzeczne powstają wskutek nierówności dna; szparą poprzeczną na wielką skalę jest, wspomniane wyżej, obrywanie się lodowca na stromej krawędzi. *Szpary boczne* tworzą się wskutek szybszego ruchu lodowca pośrodku, niż na bokach (jak w rzece). *Szpary podłużne* wreszcie tworzą się tam, gdzie lodowiec z wązkiego łożyska przechodzi w szerokie i rozlewa się niejako.

Potoki z roztopionego przez słońce lodu, płynące po powierzchni lodowca, natrafiwszy na szparę poprzeczną, wpadają w nią, tworząc kaskady; są to tak zwane *młyny lodowcowe*. Jeżeli w taki „młyn" wpadnie kamień, to spadająca woda wprawia go w ruch wirowy, zaokrągla go i wyżłabia nim cylindryczny otwór w lodzie, a następnie i w dnie lodowca. Wprawdzie lodowiec wciąż płynie, ale szpara tworzy się wciąż w tym samym miejscu jako uwarunkowana nierównością dna. Gdy lodowiec zniknie, to śladem jego pozostają cylindryczne doły z okrągłemi kamieniami na dnie; tak zwane *garnki* lub *kotły olbrzymie*. (Ob. str. 126 fig. 83).

Na powierzchni lodowca znajdują się rumowiska skalne, stoczone ze zboczy doliny *(moreny)*. Rumowiska te, wskutek ruchu lodowca, tworzą na nim wały, ciągnące się wzdłuż brzegów (*moreny boczne*); gdy jednak dwa lodowce się połączą, to z połączenia dwóch moren bocznych powstaje *morena środkowa;* gdy połączy się kilka lodowców, to powstaje kilka moren środkowych. Zawsze liczba moren środkowych jest o 1 mniejsza od liczby połączonych lodowców. (Ob. str. 40 fig. 34). Gdy główny lodowiec jest wązki, a przyjmuje liczne lodowce boczne, to moreny mogą go pokryć całkowicie; lodu wtedy nie widać, a lodowiec wygląda jak kamienista pustynia (np. lodowiec Zarawszanu). Oprócz tych *moren powierzchownych* lodowiec posuwa po swem dnie rozkruszony materjał skalny;

http://rcin.org.pl

jest to *morena denna;* w części może ona pochodzić z materjału moren powierzchownych, które przez szczeliny w lodzie dostały się na dno, ale w części musi pochodzić z odrywanego przez lodowiec materjału dna, albowiem lodowce polarne, nie mające prawie moren powierzchownych, posiadają denne. Głazy, w skład moreny dennej wchodzące, odznaczają się od głazów moren powierzchownych zaokrągleniem kantów. Przy końcu lodowca, gdzie on topnieje, wszystkie moreny osadzają się przed nim, tworząc łukowaty wał

Fig. 104. Widok lodowca z morenami i stołami.

lub kilka wałów w kształcie amfiteatru; jest to *morena końcowa.*

Moreny powierzchowne chronią pokryte części lodowca od promieni słońca; lodowiec w częściach odkrytych topnieje na powierzchni, a pod morenami nie, wskutek tego wały morenowe wznoszą się na wyniosłościach, postumentach lodowych. Ten sam wpływ chroniący mają pojedyńcze wielkie głazy, leżące na lodowcu; wskutek tego z biegiem czasu każdy z nich znajdzie się na kolumnie lodowej, niby grzyb (analogja z piramidami ziemnemi fig. 64); są to tak zwane *stoły*

http://rcin.org.pl

lodowcowe. Ponieważ jednak kusłoneczna strona takiego głazu rozgrzewa się, więc z tej strony postument lodowy topnieje, a głaz pochyla się coraz bardziej, wreszcie spada i wytwarza sobie nowy postument (podczas gdy dawny topnieje); tym sposobem głaz wędruje (fig. 104).

Na lodowcach krain polarnych, gdzie słońce w czasie najwyższego stanowiska krąży po całych tygodniach nad poziomem, niema stołów lodowcowych, albowiem słońce pada na powierzchnię lodowca pod bardzo małym kątem i nie wiele go roztapia; natomiast głazy, ogrzewane ze wszystkich stron, nie tylko nie chronią lodu, pod nimi będącego, lecz go silniej roztapiają tak, iż zamiast leżeć na wzniesieniach, zagłębiają się w lód.

bb) *Zależność lodowców od gieograficznych warunków i rozkład lodowców na ziemi.* Na większy lub mniejszy rozwój lodowców mają wpływ te same czynniki, co i na wysokość linji śnieżnej, t. j. stosunki temperatury i opadów, oraz stosunki orograficzne; albowiem tylko w takich górach wielkie lodowce rozwinąć się mogą, gdzie znajdują się obszerne zagłębienia, w których może się nagromadzić wiele śniegu, podczas gdy góry nawet wyższe, ale składające się z ostrych stromych szczytów, nie posiadające obszernych zagłębień, nie są korzystne dla rozwoju lodowców; stosuje się to szczególniej do odosobnionych stożkowych gór wulkanicznych.

Zależność lodowców od gieograficznych warunków najlepiej da się zilustrować przeglądem gieograficznego rozmieszczenia lodowców.

W pasie międzyzwrotnikowym spotykamy lodowce na wysokich wulkanach Ameryki zachodniej i Afryki wschodniej. Lodowce te są naturalnie nieznaczne, leżą wysoko i występują przeważnie tylko w zarodkowej formie, jako zlodowaciałe krawędzie firnu.

W pasie umiarkowanym północnym spotykamy obfite lodowce w wysokich i urozmaiconych górach: w Alpach, Kaukazie, Himalajach (i Karakorum), i górach zachodniej krawędzi wyżyny Wschodnio-Azjatyckiej (szczególniej w Thian-Szanie); natomiast w jednostajnych Pirenejach lodowce są drobne. Największego jednak rozwoju w pasie tym docho-

http://rcin.org.pl

dzą lodowce tam, gdzie na góry nadbrzeżne wieją wiatry wilgotne i gdzie wahania temperatury są małe; mianowicie na zachodnich wybrzeżach Skandynawji i Alaski. Jeszcze większy rozwój lodowców spotykamy w analogicznych krainach wilgotnej południowej półkuli, mianowicie w zachodniej Patagonji i zachodniej Nowej Zelandji: w pierwszej lodowce schodzą aż do morza pod szerokością gieograficzną Triestu, w drugiej sięgają 200 m. nad powierzchnią morza pod

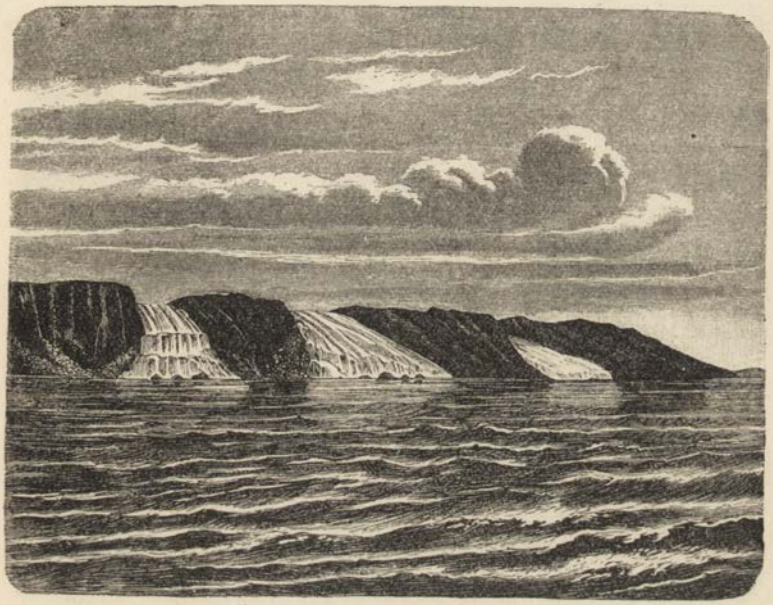


Fig. 105. Lodowiec, zstępujący do morza, na wyspie Jan Mayen.

szerokością Florencji. W obu tych krajach lodowce wkraczają w pas bujnej roślinności leśnej i temperatury średniej rocznej wyższej niż w Warszawie (bo opady obfite, a lato chłodne). Odwrotnie: kraje z zimami bardzo surowemi, ale opadami skąpemi nie posiadają lodowców, gdyż jest tam na nie „za zimno" (zimy surowe jako cecha klimatu kontynentalnego łączą się z ubóstwem opadów); przykładem wschodnia Syberja i wyspy archipelagu Arktycznego.

W krajach biegunowych lodowce, jeżeli tylko jest do-

http://rcin.org.pl

stateczna wilgoć (jak w okolicach, przytykających do północnego Atlantyku), przybierają olbrzymie rozmiary i zupełnie inny typ *(typ polarny)*, niż lodowce pasa umiarkowanego *(typu alpejskiego)*: wskutek nizkiego położenia linji śnieżnej wieczny śnieg i firn nie gromadzi się tam lokalnie w zagłębieniach gór (jak w typie alpejskim), lecz tworzy nieprzerwaną *pokrywę* (*Inlandeis*), śród której tylko gdzieniegdzie wysterczają szczyty gór, zwane *nunatak* (stąd ubóstwo moren

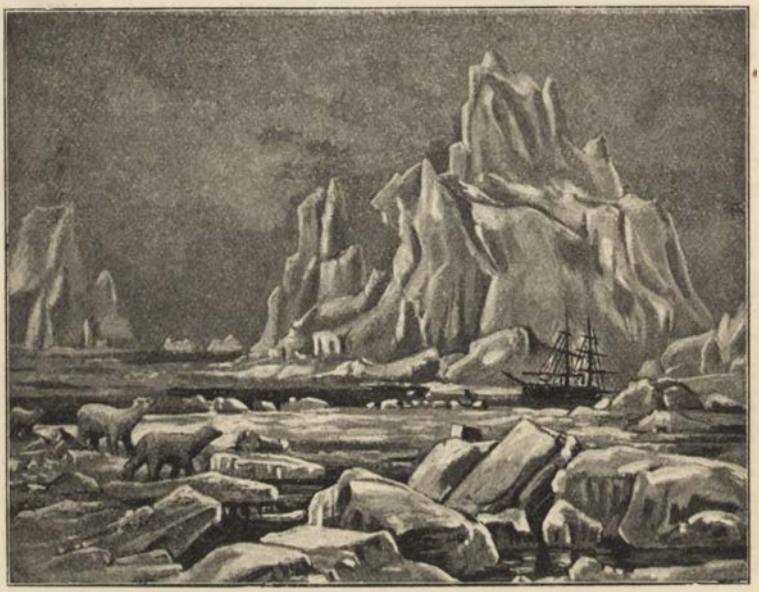


Fig. 106. Góry lodowe.

powierzchownych). Ten nieprzerwany całun lodowy wysyła na wszystkie strony w doliny nadbrzeżne oddzielne odnogi lodowe „niby ramiona polipa", które dosięgają morza i tworzą góry lodowe. Gdy zaś dolin nie ma, to lód spływa po płaszczyźnie całą masą do morza i tam urywa się nieprzerwaną ścianą.

Zlodowacenie polarnego typu spotykamy już w niektórych częściach wyżyny Skandynawskiej i Islandji, a na większą skalę, w ziemi Franciszka Józefa, Szpicbergu, szczegól-

http://rcin.org.pl

niej zaś w Grenlandji, oraz dokoła bieguna Antarktycznego (nieprzerwana ściana lodowa). Niedawno odkryto na górze Eliasberg lodowiec typu pośredniego między alpejskim i polarnym; jest to *lodowiec podgórski:* powstaje on w ten sposób, że pojedyńcze lodowce typu alpejskiego, zeszedszy do stóp gór, zlewają się ze sobą w jednolitą pokrywę typu polarnego.

VI) Klimat.

Klimatem nazywamy ogół wszystkich zjawisk powietrznych i to w ich stanie średnim, jaki wypada z wieloletnich obserwacji (podczas gdy stan chwilowy nazywamy *pogodą*); tu więc należą: średnia temperatura i jej wahania, średnia ilość opadów, wogóle zjawiska wilgotności, średni, czyli panujący, kierunek wiatru i t. d.

Najważniejszemi z tych zjawisk są temperatura i wilgotność; na ich też podstawie rozróżniamy klimat *gorący, umiarkowany i zimny*, oraz *suchy* i *wilgotny*. Ze skombinowania temperatury (jej wahań) z wilgotnością otrzymujemy nowy podział klimatu *na morski (oceaniczny)* i *lądowy* (*kontynentalny);* pierwszy odznacza się małemi wahaniami temperatury i znaczną wilgotnością; drugi odwrotnie—znacznemi wahaniami temperatury i małą wilgotnością. Gdyby ziemia była gładką i jednorodną kulą (czy elipsoidem), to klimat zależałby jedynie od szerokości gieograficznej, czyli od wielkości kąta padania promieni słonecznych (*klimat teoretyczny, czyli matematyczny*); ale że tak nie jest, więc klimat prócz tego zależy jeszcze od rozkładu lądów i wód, kształtu i wzniesienia powierzchni, stanu szaty roślinnej i natury gruntu; wreszcie od prądów morskich i powietrznych (*klimat rzeczywisty albo fizyczny*).

Mimo tych wszystkich wpływów, wpływ szerokości geograficznej jest przeważający, dla tego główne typy klimatyczne ciągną się dokoła ziemi mniej-więcej równoleżnikowemi pasami; rozróżniamy mianowicie trzy główne pasy klimatyczne, nie posiadające zresztą wybitnych granic i przechodzące w siebie stopniowo.

http://rcin.org.pl

a) *Klimat zwrotnikowy.* Odznacza się wielką prawidłowością i jednostajnością, tak w przestrzeni, jak i w czasie. Z powodu przebywania słońca w zenicie lub jego pobliżu, temperatura jest jednostajnie wysoką: wahania roczne są nieznaczne, mniejsze od dziennych. Opady są obfite, perjodyczne (zenitalne) tak, iż rok dzieli się na porę deszczową i suchą. W porze deszczowej srożą się częste burze z grzmotami i piorunami.

b) *Klimat średnich szerokości.* Klimat średnich szerokości jest umiarkowany, lecz tylko ze względu na średnią roczną temperaturę; po za tem jednak odznacza się wielkiemi wahaniami, tak lokalnemi jako też czasowemi (rocznemi). Południowa półkula stanowi z tego wyjątek, albowiem tam znaczna przewaga morza wywołuje wszędzie prawie klimat jednostajny i umiarkowany, morski. Na północnej półkuli, gdzie obszary morza i lądu są prawie jednakowe, powstaje kontrast między klimatem morskim wybrzeży (zachodnich) i wybitnie kontynentalnym, krańcowym, klimatem wnętrza lądów (a poczęści i ich wschodnich wybrzeży). W Ameryce Kordyljery ścieśniają pas morskiego klimatu tylko do wązkiego pasa nadbrzeżnego, w Europie przy braku gór południkowych (wyjąwszy Skandynawskie), klimat morski sięga dalej na wschód we wnętrze lądu. Południowa część tego pasa na przejściu do zwrotnikowego odznacza się opadami perjodycznemi zimowemi, lata są suche (*pas podzwrotnikowy*, najlepiej rozwinięty nad morzem Śródziemnem).

c) *Klimat polarny.* Odróżnia się od poprzedniego nie tyle zimnemi zimami ile zimnemi latami, albowiem słabe ciepło słoneczne zużywa się tu na topienie śniegów i lodów, które się nagromadzają obficie podczas długiej zimy, jakkolwiek odznacza się ona suchością. Również i mgły, mimo małej ilości pary wodnej, są obfite; występują często w postaci drobnych igiełek lodu, napełniających powietrze i wywołujących, wskutek załamania promieni światła, różne złudzenia optyczne. Długie noce zimowe oświeca tu zorza polarna światłem czarodziejskiem.

d) *Klimat górski i wyżynowy.* Podobne pasy klimatyczne, tylko daleko prędzej następujące po sobie, spotykamy,

http://rcin.org.pl

wstępując na góry. Klimat wysokich gór, *klimat górski*, jest podobny do polarnego, różni się jednak tym, że lata ma chłodniejsze a zimy łagodniejsze (temperatura ku górze ubywa w lecie szybciej, niż w zimie), tak iż zbliża się charakterem do klimatu morskiego. Od klimatu górskiego należy odróżnić *klimat wyżynowy*: ma on charakter kontynentalny, albowiem wyżyny, szczególniej obszerne, silnie się ogrzewają i silnie oziębiają, a przytym wiatry, od morza wiejące, przychodzą tu już osuszone na krawędziach wyżyny. Swoistą cechą klimatu, tak górskiego jak wyżynowego, jest bardzo silne działanie promieni słonecznych, z powodu większej blizkości słońca, oraz rozrzedzenia powietrza i skrócenia drogi, jaką promienie przebywają w atmosferze.

VII) Zmiany klimatu. (Perjod lodowy).

Kwestja, czy klimat w czasach historycznych uległ zmianom, czy nie, jest trudna do rozstrzygnięcia, albowiem dla bezpośredniego wykazania tego potrzebaby mieć dokładne pomiary temperatury i opadów z bardzo długiego szeregu lat. Sposoby pośrednie, mianowicie wnioski na podstawie zmian w granicach rozprzestrzenienia roślin uprawnych, okazały się zwodniczemi, albowiem uprawa pewnej rośliny zależy nie tylko od warunków klimatycznych, ale i ekonomicznych. Tak np. z faktu, że granica wina w czasach historycznych przesunęła się ku południowi, wnioskowano o oziębieniu się klimatu, tymczasem przesunięcie to wynikło z udoskonalenia środków komunikacji, wobec którego korzystniej jest sprowadzać lepsze wino z południa, a w krajach bardziej północnych uprawiać inne rośliny, dające lepsze rezultaty (np. jabłka, gruszki).

W ostatnich czasach z zestawienia długich obserwacji zdaje się wynikać, że zmiany klimatu w czasach historycznych zachodzą wprawdzie, ale są *wahadłowe* o perjodzie około 35-letnim: po perjodach zimnych i wilgotnych następują ciepłe i suche. Istnienie tych perjodów zdają się także potwierdzać obserwacje nad wahaniami poziomu wody w je-

http://rcin.org.pl

ziorach zamkniętych, oraz nad wahaniami w stanie lodowców: po perjodzie przyrostu lodowca następuje perjod ubywania; w pierwszym koniec lodowców postępuje naprzód, niszczy lasy, pola orne i domostwa; w drugim cofa się, pozostawiając obnażone dno, usiane morenami.

Być może, iż obok tych krótkich perjodów istnieją dłuższe *wielowe* o większych wahaniach; iż na tem właśnie polegało zjawisko *perjodu lodowego* lub *epoki lodowej* na początku diluwium. Klimat był podówczas o parę stopni chłodniejszy, a zwłaszcza znacznie wilgotniejszy, niż dzisiaj, co wywołało obniżenie wysokości linji śnieżnej (np. w Tatrach obecna wysokość jest 2200 m., a w czasie perjodu lodowego była tylko 1500 m.), a stąd wielki rozwój lodowców, którego świadectwa w morenach, rysach i oszlifowaniach skał, jak również w licznych jeziorach, poznaliśmy wyżej. Zresztą w niektórych miejscach (wyspy Nowej Syberji, Alaska) pozostały nawet stare martwe lodowce z owych czasów, uchronione od stopnienia grubą warstwą, pokrywającej je ziemi („*lodowce kopalne*").

W niższych szerokościach gieograficznych, gdzie nie było zlodowacenia, spotykamy przynajmniej ślady *klimatu wilgotnego* w daleko większym wówczas obszarze jezior, oraz śladach działania wód płynących. Tak np. morze Martwe zalewało całą długą dolinę Jordanu, morze Kaspijskie sięgało doliną Wołgi aż do Kamy, na wyżynie między górami Skalistemi i Sierra Nevada rozlewało się wielkie jezioro, którego dzisiejsze jezioro Słone jest tylko miniaturą. W pozbawionej obecnie wody Saharze płynęły wielkie rzeki, których łożyska widne są dotąd i t. p.

W samym perjodzie lodowym, w wielkości zlodowacenia, były wahania: perjody wielkiego rozprzestrzenienia lodowców były rozdzielone perjodami ustępowania, czyli tak zwanemi perjodami *interglacjalnemi*, które odznaczały się klimatem suchym i sprzyjały rozwojowi stepów.

Co do *przyczyny* takiej zmiany klimatu niema nic pewnego; jedni przypisują to wpływom *kosmicznym*, czyli *astronomicznym* (zmiany położenia ziemi względem słońca, lub zmiany temperatury słońca), inni przyczynom *tellurycznym*,

http://rcin.org.pl

czyli *ziemskim* (zmiany rozkładu lądów i wód, oraz kierunku prądów morskich). Trudność wyjaśnienia jest tym większa, że same fakta nie są dostatecznie ustalone: nie wiadomo np. czy epoka lodowa powtarzała się perjodycznie czy, nie; a także, czy występowała równocześnie na obu półkulach, czy kolejno.

D) Organizmy (biosfera).

I. Poziome i pionowe rozpostarcie biosfery.

Biosfera, t. j. obszar rozprzestrzenienia istot żyjących, przenika niby luźna tkanina trzy sfery nieorganiczne (lito — hydro—i atmosferę), w pobliżu powierzchni ich zetknięcia się. Najdalej przenika ona w górę atmosfery i wgłąb hydrosfery, podczas gdy wgłąb litosfery sięga tylko w powierzchowne warstwy luźnego gruntu, w szczeliny i jaskinie.

Twarde dno atmosfery, ląd, jest dziedziną najobfitszego życia. Sama atmosfera jest mniej więcej chwilowo dziedziną tworów latających: ptaki przelotne wznoszą się do 5000 m., kondor krąży po nad najwyższymi szczytami Kordyljerów, wzbijając się do 8000 m., człowiek w balonie wzniósł się do 10500 m. Wgłąb gruntu życie nie sięga głębiej paru metrów, wyjąwszy jaskinie i kopalnie. Wgłąb hydrosfery przeciwnie: wprawdzie, życie roślinne sięga tylko tak głęboko, jak wpływ swiatła, t. j. około 400 m., ale życie zwierzęce znaleziono daleko głębiej, bo na 6000 m. i zdaje się, iż sięga ono do największych głębin, zastępując sobie brak światła słonecznego światłem własnym: zwierzęta ciemnych głębin przyświecają sobie niby latarkami. Olbrzymie ciśnienie wody na tych głębokościach jest zrównoważone ciśnieniem gazów we wnętrzu ciała organizmów.

W kierunku poziomym biosfera w morzu też nie napotyka granicy, gdyż lód w wysokich szerokościach pokrywa tylko wierzchnią warstwę wody, a w głębi temperatura nie spada poniżej—2° lub—3°, przy których woda morska jeszcze tam nie zamarza. Natomiast na lądzie wieczne śniegi w krajach polarnych (i w górach) stawiają biosferze zdaje się ostrzejsze granice; jednakże na dalekiej północy, nawet

http://rcin.org.pl

po za 82° szer. znaleziono w Grenlandyi jeszcze dość bogatą roślinność, służącą za pożywienie wołom piżmowym. Piaski pustyń nie stanowią absolutnej granicy, przerwy, lecz raczej rozrzedzenie „tkanek" biosfery, podobnie jak wilgotne i gorące niziny zwrotnikowe stanowią jej wielkie zgęszczenie (lasy wielopiętrowe, pełne roślin pasorzytnych, splątane ljanam). Tym sposobem biosfera na lądzie przedstawia jakby fale kolejnego wzmożenia i słabnięcia: po wzmożeniu zwrotnikowem następuje osłabienie w pasie pustyń, a po nowem wzmożeniu w pasie umiarkowanym—nowe osłabienie w pasie zimnym.

II. Rozwój organizmów.

Organizmy z biegiem czasu, w ciągu dziejów ziemi, ulegają zmianom. Powiedzieliśmy wyżej, że na miejsce dawnej *teorji katastrof* (*teorji Cuviera*), to jest nagłych *przewrotów*, przyjmowanych dla objaśnienia dziejów ziemi, postawiono w nowszych czasach *teorję ewolucji,* to jest *powolnego rozwoju.*

Organizmy są więc produktem ewolucji, ewolucja zaś polega na ciągłym *przystosowywaniu się* organizmow do warunków otaczających, a to głównie pod wpływem *walki o byt*, która usuwa jednostki nieodpowiednie, nieprzystosowane, a pozostawia przy życiu odpowiednie, przystosowane— przeprowadza tak zwany *dobór naturalny.*

Przytym, prócz tego *wpływu za pośrednictwem walki o byt*—wpływu, wywołującego przystosowanie, to jest posiadanie *cech korzystnych* dla życia organizmów w danym otoczeniu (*teorja Darwina*), otoczenie to wywiera też *wpływ bezpośredni (teorja Lamarcka)*, wywołujący nabywanie przez organizm w ciągu życia osobnika cech, nie mających koniecznie związku z korzyścią,—nieraz nawet szkodliwych.

Z tego powodu dla zrozumienia zjawisk życia na ziemi, dla zrozumienia form, sposobu życia i gieograficznego rozkładu organizmów musimy poznać ich zależność od otaczających (*gieograficznych*) warunków.

http://rcin.org.pl

III. Zależność organizmów od gieograficznych warunków ich kraju.

Warunki gieograficzne danego kraju określają, choć nie zupełnie (jak to niżej zobaczymy), jego *roślinność* i *zwierzęta* oraz jego *florę* i *faunę*. *)

Najsilniejszy wpływ na organizmy wywiera klimat, grunt i inne organizmy. Zastanowimy się z kolei nad zależnością organizmów od tych trzech czynników.

a) *Zależność flory i roślinności od klimatu.* Roślina jest przedewszystkim tak silnie związana z *temperaturą*, że otrzymała miano „żywego termometru." Stąd to ubożenie flory ku biegunom i ku górze, albowiem wiele gatunków roślin nie przekracza pewnej szerokości gieograficznej (a dokładniej — pewnej izotermy), oraz pewnej wysokości. Przytym ważny wpływ ma nie tylko średnia temperatura roczna, ale i wielkość rocznych wahań temperatury; stąd wczęści różnica między florami krain kontynentalnych i nadmorskich, mimo nawet jednakowej średniej temperatury rocznej.

Jeżeli nawet pewna roślina udaje się w krajach, mających różne stosunki temperatury, to czas jej wegetacji: kwitnienia, dojrzewania i t. d., jest wtedy różny: opóźnia się w krajach zimniejszych. Odwrotnie: różne gatunki roślin w danym kraju mają różny czas wegetacji.

Niemniej silnie wpływają na rośliny stosunki *wilgotności;* przytym nie tyle absolutna ilość opadów w ciągu roku, ile ich rozkład na pory roku ma tutaj wpływ przeważający (szczególniej w klimatach gorących). Nierówny rozkład opadów, mianowicie długość pory bezdeszczowej, utrudnia rozwój roślinności drzewnej, sprzyja tylko trawiastej; stąd pochodzi w znacznej części zjawisko stepów, które przy zwiększonej posusze przechodzą w pustynie.

Przytym rośliny krajów suchych odznaczają się szczególnemi organami lub własnościami, służącemi do obrony przeciw posusze. Są to najprzód organy, służące jako rezer-

---

*) Nie są to pojęcia równoznaczne: roślinność np. jest to zbiór indywiduów, flora zaś to zbiór gatunków.

http://rcin.org.pl

woary wilgoci podczas suszy, a mianowicie wielkie korzenie (rośliny cebulkowe), w których przechowuje się tyle wilgoci, iż nieraz służą one ludziom w pustyniach jako „źródła roślinne" (np. Buszmanom w pustyni Kalahari). Powtóre wielkie, mięsiste, obfite w sok, liście (agawa, aloes), lub łodygi, przyczym liście przechodzą w kolce (kaktusy); bombiaste zgrubienie pni drzewnych (drzewo baniowate Australji). Dalej własność wciągania soli do swych soków, co utrudnia ulatnianie (rośliny solne); pokrywanie się kryształkami soli, które wciągają wilgoć z powietrza, oraz pokrywanie się materjałami woskowatemi lub żywicznemi, które też utrudniają ulatnianie.

Wszystkie te zadziwiające, jakby świadome, urządzenia tłómaczą się doskonale teorją doboru naturalnego: osobniki, nie obdarzone temi własnościami (lub tylko w małym stopniu), ginęły od wieków w klimatach suchych, z czasem więc musiały się w takich klimatach rozwinąć rośliny, posiadające te własności w wysokim stopniu, doskonale „przystosowane".

Wreszcie ogólną cechą roślinności klimatów suchych jest ubóstwo, to jest mała ilość osobników. Zupełnie co innego w krajach wilgotnych, z opadami obfitemi i całorocznemi: roślinność, szczególniej przy współudziale wysokiego ciepła odznacza się nadzwyczajną bujnością; przykładem tego są nieprzebyte „dziewicze" lasy dorzecza Amazonki, Kongo i archipelagu Malajskiego.

Wiatr też wywiera wpływ na rośliny i to nie tylko pośrednio, jako roznosiciel temperatury i wilgoci, lub jako pochłaniacz tej ostatniej, ale i bezpośrednio, mechanicznie. W ostatnim razie wpływ wiatru jest zwykle szkodliwy (wyjąwszy przenoszenie pyłku kwiatowego, oraz nasion). Silne wiatry niszczą drzewa (łamiąc je lub wyrywając z korzeniem), czynią wiele krain bezleśnemi (pomimo dostatecznej wilgoci); stosuje się to szczególniej do krain nadmorskich, gdzie siła wiatrów jest bardzo wielka (brak przeszkód), np. wyspy Hebrydzkie, Faroer, Falklandzkie i t. d. Podobnież, wyjątkowo silny wiatr, bora, utrzymuje bezleśność Karstu. Wielką pomocą w tym niszczącym wpływie wiatru na roślinność są, unoszone przezeń, ziarnka piasku (a nawet całe

http://rcin.org.pl

jego masy — diuny), oraz bryzgi słonej wody morskiej. Różne natężenie *światła* też wywiera wpływ na florę: tak np. w lasach zwrotnikowych, wskutek braku światła wdole, niema traw (a stąd i zwierząt trawożernych).

b) *Zależność flory i roślinności od gruntu.* Wiadomo, że różne rodzaje gruntu, jak skalisty, piaszczysty, wapienny, gliniasty, solny i t. d. mają właściwą sobie florę; nawet flora wód bywa różną stosownie do zawartych w nich różnych części mineralnych.

Stosunki wilgotności gruntu mają też ważny wpływ w tym względzie: inną jest np. flora łąk, a inną pól, wyżej wzniesionych i wskutek tego suchszych.

Charakterystyczną jest rzeczą, że grunta szczelinowate, przepuszczające szybko wodę, oraz grunta złożone ze zbyt drobnych luźnych cząsteczek, nie sprzyjają wzrostowi lasów: bezleśność Karstu należy przynajmniej w części przypisać znikaniu wody w szczelinach wapienia; grunta lössowe w Azji i innych miejscach są, mimo klimatu dostatecznie wilgotnego, zwykle bezleśne, choć w ich okolicach na innych gruntach lasy rosną bujnie. Stąd widać, że nie wszystkie stepy są zjawiskiem klimatycznym.

Zależność roślin od gruntu nie stanowi zresztą po większej części praw powszechnych, lecz tylko lokalne, uwarunkowane stosunkami klimatycznemi: na takich samych gruntach, lecz w klimatach różnych, rosną rośliny różne.

Wreszcie zależność roślin, tak od klimatu jak i od gruntu, komplikuje się jeszcze stosunkami walki o byt: czasem pewna forma roślinna nie występuje w danej okolicy nie dlatego, żeby klimat i grunt były tam dlań nieodpowiednie, lecz dla tego, że dla innej formy roślinnej są one jeszcze odpowiedniejsze i z tego powodu pierwsza w walce o byt z drugą nie zdoła się utrzymać. Bezdrzewność stepów np. może być między innemi skutkiem i tej okoliczności. Że od gruntu, mianowicie od jego żyzności, zależy ilość i bujność roślin, to powszechnie wiadome.

c) *Zależność fauny od klimatu.* Zwierzęta, jakkolwiek w mniejszym stopniu, niż rośliny, zależą też od klimatu. Wielkie zimna lub wielkie gorąca, susza lub wilgoć, szkodzą wie-

http://rcin.org.pl

lu formom zwierzęcym i uniemożliwiają ich egzystencję w wielu krajach. Tak np. małpy, większość węży, korale nie znoszą klimatu zimnego; renifery i niedźwiedzie białe — gorącego; słonie nie znoszą suszy, wielbłądy — wilgoci i t. d. Zależność ta jest często tak ścisła, że niektóre zwierzęta wskutek tego wykluczają się wzajemnie: renifer z małpą; słoń z wielbłądem i t. p. Wilgoć w połączeniu z gorącem sprzyja szczególniej rozwojowi gadów i owadów (dorzecze Amazonki, Nilu Białego). Przytym klimat wywiera też wpływ na różne cechy zwierząt, szczególniej na uwłosienie. Zwierzęta polarne i górskie mają uwłosienie (i upierzenie) bujne (zwierzęta Syberji i Ameryki Arkycznej, dostarczające cennych futer; dalej: edredon, kozy tybetańskie).

Odwrotnie: zwierzęta krain gorących są często pozbawione uwłosienia, np. wielkie gruboskórne Afryki równikowej. Jakkolwiek posucha zwierzętom bezpośrednio mniej szkodzi niż roślinom, to jednak dla niektórych, zwłaszcza dla ryb, jest zabójcza; i tutaj jednak spotykamy, podobnie jak u roślin, objaw wytwarzania specyalnych ochronnych organów: w krajach, gdzie w pewnej porze wody wysychaja, jak w Australji i Afryce, spotykamy *ryby lądowe*, które wyrobiły sobie płuca do oddychania powietrzem.

d) *Zależność fauny od gruntu.* Zależność fauny od gruntu jest mniejsza, niż zależność flory, daje się jednak dostrzegać, np. u ślimaków, budujących swe muszle z wapienia. Tak np. wyspa Dominika w Antyllach, złożona ze skał wulkanicznych, jest bardzo uboga w ślimaki, które przytym są tu bardzo drobne; tymczasem sąsiednie wyspy, złożone ze skał wapiennych, obfitują w ślimaki. Na wapiennej Jurze Krakowskiej grunt w wielu miejscach jest literalnie usiany muszlami. W Lesie Czeskim, granitowym i gnejsowym, bydło na pastwiskach, pozbawionych wapna, ma kości nadzwyczaj słabe i drobne.

Do zależności zwierząt od gruntu można zaliczyć też zależność ich od wody: fauna wód słodkich jest inna niż słonych; ryby, które rzekami dostają się do jezior bardzo słonych (Martwe, Ab-Istada, Kara-Bugas), giną tam. Tylko po-

http://rcin.org.pl

wolne przystosowanie, np. w powolnie wysładzających się jeziorach szczątkowych, jest możebne.

Barwa gruntu ma pewien wpływ na ubarwienie zwierząt: przystosowują się one do niej przez dobór naturalny, albowiem w walce o byt, tak dla prześladowcy, jak i dla prześladowanego, korzystną jest rzeczą nie być dostrzegalnym. Wskutek tego, zwierzęta pustyń są często płowe (lew, szakal, gazella); wielu naszych ptaków, np. wróbli, jak również „szaraka", trudno odróżnić od szarej roli. Koniki polne na naszych łąkach są zielone, tymczasem na sąsiednich wzgórzach wrzosowych — brunatne i t. d.

Zwierzęta polarne są często białe, a jeżeli wół piżmowy stanowi wyjątek, to dlatego, że, jako posiadający wielką siłę, nie ma prześladowców, a jako żywiący się roślinami, nie potrzebuje prześladować.

IV. Zależność organizmów od organizmów.

a) *O zależności roślin od roślin,* wspominaliśmy już: wiemy, że niektóre rośliny, mimo odpowiednich warunków klimatu i gruntu, nie mogą żyć w pewnej okolicy dla tego, że nie są w stanie wytrzymać walki o byt z innemi roślinami, dla których warunki te są jeszcze dogodniejsze. Tak np. wiele nizkich roślin nie może żyć w lasach, poczęści dlatego, że drzewa swemi długiemi korzeniami odbierają im wilgoć (np. brak traw w lasach Australji); poczęści dla tego, że swemi rozłożystemi gęstemi koronami pozbawiają ich światła (ubóstwo podszycia leśnego w bujnych selwasach). Dla tego to wiele drobnych roślin leśnych u nas kończy bardzo wcześnie cały prawie perjod swej wegetacji, mianowicie przedtym, zanim bujny rozwój liści w lesie pozbawi je światła (pierwiosnki, sasanki). Z drugiej strony wiele roślin w życiu swym jest przywiązanych do innych roślin, mianowicie do drzew (np. jemioła).

b) *Zależność roślin od zwierząt,* wyraża się najczęściej niszczeniem roślin, które służą zwierzętom za pokarm. Stada bydła, wypasając, a przytym tratując okolice stepowe, zmieniają je często w pylne pustynie. Kozy, zjadając młode drzew-

http://rcin.org.pl

ka, niszczą lasy, np. w Karście. Słonie w lasach Afryki obalają wielkie drzewa i torują drogi.

Ze zwierząt, sprowadzających wielkie zniszczenie w roślinach, wymienić należy szarańczę, niszczącą zboża; filokserę — winnice; żuka kolorado — kartofle.

Jednak z drugiej strony zwierzęta wpływają korzystnie na rośliny: przez przenoszenie pyłku kwiatowego ułatwiają zapłodnianie roślin (owady, kolibry), a prócz tego przyczyniają się do rozpowszechnienia roślin, przenosząc ich nasiona: ptaki przenoszą je w mule przylepionym do łap, w pierzu, w żołądku niestrawione. Nasiona wielkich owoców są przenoszone przez małpy i niedźwiedzie; nasiona orzechowate z twardą pokrywą — przez gryzonie (wiewiórka).

c) *Zależność zwierząt od roślin.* Zależność zwierząt od roślin jest przeważnie zależnością od pożywienia (np. na stepach trawożerne, oraz gryzonie z powodu rozwoju korzeni w suchym klimacie), a poczęści i od schronienia. Widzimy to np. na zwierzętach leśnych, które kryją się w gąszczach od prześladowania. lub czatują tam na zdobycz (drapieżce zamiast trawożernych); wielkie zwierzęta stepowe, w braku takiej kryjówki, rozwinęły wielką bystrość biegu: konie, antylopy, strusie.

Tu należy też przystosowanie barw i kształtów zwierząt do roślin, śród których żyją (podobnie jak wyżej — do gruntu) dla osiągnięcia niedostrzegalności. Wiele owadów np. naśladuje kształt i barwę liścia, kwiatu, patyka i t. p. „z dokładnością wybornego kopisty."

Ubóstwo świata roślinnego sprowadza ubóstwo zwierzęcego w danym kraju, albowiem jedna część zwierząt żywi się roślinami, a druga—zwierzętami roślinożernemi. Dlatego świat zwierzęcy, podobnie jak roślinny, ubożeje ku biegunom, ku górze i ku pustyniom.

d) *Zależność zwierząt od zwierząt.* Zwierzęta mięsożerne zależą w swej egzystencji od roślinożernych, ale zarazem przez tępienie tych ostatnich ograniczają ich ilość. Zresztą i w każdej z tych grup oddzielnie osobniki prowadzą ze sobą walkę o byt, przyczym naturalnie silniejsze (t. j. lepiej przystosowane) odnoszą zwycięztwo, słabsze giną bądź

http://rcin.org.pl

w bezpośrednich zapasach, bądź wskutek niedostateczności pożywienia, zagarniętego przez silniejsze. Jak wielką jest ta zależność słabszych od silniejszych, to w sposób poglądowy okazują nam ptaki drapieżne na Wschodzie, odgrywające tam rolę policji sanitarnej w miastach przez usuwanie padliny, która im służy za pożywienie: do każdej świeżej uczty zasiadają one gromadnie, ale zawsze we wzorowym porządku podług wielkości i siły, „niby biesiadnicy przy etykietalnym stole magnata."

Warunki walki o byt między zwierzętami, a mianowicie jej natężenie, zależy w znacznej części, jak już wiemy, (ob. fauna wysp) od wielkości obszaru walki, a stąd ukształtowania poziomego i wyspowości.

Na obszernych lądach, szczególniej posiadających znaczną rozciągłość równoleżnikową, jak Stary Świat, walka o byt odbywa się z wielkim natężeniem, albowiem tam liczba osobników tego samego gatunku może być bardzo znaczna (dany gatunek zamieszkuje zwykle pas równoleżnikowy, jako przedstawiający mniej różnic klimatycznych niż południkowy), a walka o byt odbywa się najsilniej między osobnikami tego samego gatunku, jako wymagającemi tych samych środków do utrzymania życia. Na lądach południkowych, jak Nowy Świat, oraz na wyspach, walka o byt odbywa się słabo. Wskutek tego w Świecie Starym spotykamy zwierzęta silniejsze, lepiej rozwinięte, niż w Świecie Nowym i na wyspach (szczególniej dawno oderwanych od lądu lub pierwotnych, obacz wyżej str. 62).

V. Zależność organizmów danego kraju od warunków gieograficznych linji wędrówek.

Jakkolwiek organizmy są w tak ścisłej zależności od warunków gieograficznych, to jednak często kraje, posiadające jednakowe warunki gieograficzne, mają organizmy dość różne; nieraz np. kraj nie posiada takich organizmów, dla których jego warunki gieograficzne są przyjazne. Zwróciliśmy już uwagę, iż może to wynikać stąd, że dla innych organizmów warunki te są jeszcze przyjaźniejsze; ale i to wyjaś-

http://rcin.org.pl

Zresztą w wyższych szerokościach gieograficznych zapory wodne tracą zwykle swój dzielący charakter przez zamarzanie. Tak np. leśne zwierzęta Kaukazu, sarna i jeleń, dostały się po lodzie cieśniny Kierczeńskiej do Krymu; wiewiórka zaś kaukazka nie mogła się tam przedostać, ponieważ zimą nie odbywa wędrówek.

Przesmyki lądowe dzielą fauny morskie; nawet cieśnina nie dość głęboka może stanowić zaporę dla wędrówek, mianowicie fauny głębokowodnej; tak np. fauna głębokowodna morza Śródziemnego nie mogła się dostać do morza Czarnego, z powodu płytkości Bosforu. Pasy wody słodkiej z rzek, uchodzących do morza, stanowią zaporę dla fauny słonowodnej. Działy wodne między rzekami stanowią kres dla fauny słodkowodnej; czasami zresztą tracą one swe dzielące znaczenie, wskutek czasowej bifurkacji.

Podobne znaczenie jak działy wodne mają wodospady, jednakże niektóre ryby przedostają się przez nie: łosoś je przeskakuje, a węgorz obchodzi lądem. Wysokie łańcuchy gór stanowią kres dla wielu zwierząt, bądź z powodu klimatycznego (zimno na szczytach), bądź mechanicznego (trudno się przedostać); pustynie stanowią nieprzebytą tamę dla niektórych zwierząt (a jeszcze bardziej dla roślin), szczególniej dla ślimaków, wolno wędrujących i nie znoszących suszy, (np. ślimaków sudańskich niema w Berberji). Nawet stepy są trudne do przebycia dla zwierząt leśnych; dlatego np. wiewiórka z lasów Rosji środkowej nie mogła się dostać do lasów Krymu. Prądy ciepłe powstrzymują ryby mórz polarnych w wędrówce ku równikowi, prądy zimne powstrzymują rozprzestrzenienie się korali (brak ich na zachodnich wybrzeżach Ameryki Południowej i Afryki). Prócz tego zwierzęta wrogie danemu gatunkowi, przebywające na linji wędrówek lub w krainie, stanowiącej cel wędrówek, stanowią tamę dla jego rozprzestrzenienia.

Wreszcie prócz warunków gieograficznych istnieje jeszcze jedna okoliczność, warunkująca florę i faunę danego kraju, mianowicie jego przeszłość gieologiczna: *organizmy danego kraju zależą między innemi i od tego, jakie formy kraj ten otrzymał w spadku po ubiegłej epoce gieologicznej*:

http://rcin.org.pl

otóż kraje z jednakowemi obecnemi warunkami gieograficznemi mogły otrzymać nie jednakowe dziedzictwo.

VI. Rozkład gieograficzny organizmów.

Wszystkie powyżej wymienione warunki danego kraju, a mianowicie: jego obecne warunki gieograficzne, jego stosunek do linji wędrówek, wreszcie jego przeszłość gieologiczna, razem wzięte, określają dopiero florę i faunę danego kraju.

Wskutek tego *rozkład organizmów na ziemi w szczegółach* jest kwestją skomplikowaną i podział ziemi na obszary florystyczne i faunistyczne jest przedmiotem wielu sporów między uczonemi.

Ponieważ jednak najważniejszym warunkiem bytu organizmów jest klimat, a zwłaszcza temperatura, więc, nie uwzględniając szczegółów, lecz biorąc na uwagę tylko *najogólniejsze rysy rozkładu organizmów*, możemy ziemię podzielić pod tym względem na pewne pasy równoleżnikowe.

W pasie międzyzwrotnikowym, albo dokładniej w pasie między izotermami rocznemi $+ 15^0$, roślinami charakterystycznemi są różne gatunki palm. W pasie podzwrotnikowym drzewa z liściem wiecznie zielonym—a śród nich, szczególniej charakterystycznym jest drzewo oliwne tak, iż nazwano je z tego powodu rośliną „przewodnią" dla tego pasa. W naszych szerokościach występują drzewa z liściem opadającym; im dalej na północ, tymbardziej mieszają się z niemi drzewa iglaste, które wreszcie na dalekiej północy zyskują prawie wyłączne panowanie, („tajgi"), gdyż z liściastych towarzyszą im tylko brzoza i wierzba. Wreszcie drzewa znikają zupełnie mniej więcej na izotermie najcieplejszego miesiąca $+ 10^0$. Dalej rozciągają się obszary porosłe mchem — tundry.

Pasy powyższe rozwinięte są głównie na pół kuli północnej; na południowej, wobec małego obszaru lądu, są one szczuplejsze, a pas tundr prawie nie istnieje wobec nieprzerwanego całunu śnieżno lodowego okolic Antarktycznych.

Podobne pasy roślinne spotykamy, wstępując na wyso-

http://rcin.org.pl

kie góry pasa zwrotnikowego (na górach wyższych szerokości gieograficznych brak naturalnie pasów, odpowiadających niższym szerokościom), tylko tutaj pasy roślinne zmieniają się daleko szybciej. Te same zmiany, jakie w kierunku poziomym spotykamy na przestrzeni od 0° szer. do 90° szer., to jest na przestrzeni tysiąc kilkaset mil, na górach zmieniają się na przestrzeni niespełna jednej mili.

W tym ogólnym rozkładzie, zależnym od temperatury, spotykamy w szczegółach znaczne różnice, zależne w części od innych elementów klimatycznych, szczególniej od stosunków wilgotności, oraz towarzyszących im różnych wahań temperatury (amplitud rocznych); jednym słowem od stosunków klimatu lądowego i morskiego. W części zaś — od innych czynników, które wymieniliśmy wyżej (linie wędrówek, dziedzictwo geologiczne).

Co do fauny, to jakkolwiek mniej jest ona zależną od klimatu, niż flora, jednak w ogólnym rozkładzie fauny na ziemi klimat gra też ważną rolę, albowiem prócz wpływu bezpośredniego oddziaływa on na faunę pośrednio, przez wpływ na florę.

W pasie międzyzwrotnikowym w towarzystwie palm spotykamy małpy, wielkie zwierzęta drapieżne, wielkie gruboskórne (jak wiadomo w klimacie wilgotnym), wielbląda jednogarbnego w Świecie Starym, a pokrewną mu mniejszą lamę w Nowym (w klimacie suchym); krokodyle, ptaki o świetnym upierzeniu (papugi, kolibry), owady pięknie ubarwione (wielkie motyle), i wielce szkodliwe (moskity, termity); w morzu korale (które z ciepłemi prądami zachodzą aż do 32° szer.).

Inny zupełnie charakter nosi, dobrze nam znana, fauna pasa umiarkowanego, pozostająca pod silnym wpływem człowieka, a jeszcze inny — pasa zimnego, gdzie, jak wiadomo, występują zwierzęta o gęstem uwłosieniu i upierzeniu (często białym); gdzie renifer na lądzie, a niedźwiedź biały wraz z foką na morzu są zwierzętami przewodniemi.

W wielkich *głębiach oceanu*, z powodu jednostajnie nizkiej temperatury, nie widać wielkich różnic fauny w różnych pasach poziomych; różnice występują raczej w różnych pa-

http://rcin.org.pl

sach pionowych, t. j. w różnych głębiach; analogicznie do różnic fauny lądowej na górach, tylko w kierunku ujemnym; bo w morzu im głębiej tym zimniej. Stąd np. wiele mięczaków żyje w morzach wszystkich szerokości gieograficznych, tylko na różnych głębokościach: w morzach polarnych płyciej, w równikowych głębiej. Ta jednostajność warunków głębin oceanicznych w przestrzeni idzie w parze z ich jednostajnością w czasie tak, iż dzisiejsza fauna głębin jest podobniejsza do fauny dawnych epok gieologicznych, niż fauna lądowa.

Więcej urozmaicona, zróżniczkowana, jest fauna płytkowodna, nadbrzeżna, albowiem znajduje ona szranki rozprzestrzenienia w panujących już tutaj (pod wpływem lądu) różnicach klimatycznych (temperatury wody), oraz topograficznych (przerwy głębokie w pasach mielizn); w różnej słoności wód, spowodowanej napływem wody lądowej; w rozmaitej naturze dna (skaliste, piaszczyste, muliste) i t. d.

VII. Organizmy jako wskazówki gieograficzne.

Widzieliśmy, że organizmy znajdują się w ścisłej zależności od warunków gieograficznych, tak danego kraju jak i linji wędrówek, tak obecnych jak i dawnych. Tak więc obecność w pewnym kraju pewnej formy roślinnej lub zwierzęcej musi być uważana jako wynik warunków gieograficznych tego kraju lub krajów sąsiednich, warunków bądź istniejących jeszcze obecnie, bądź—w przeszłości gieologicznej.

Odwrotnie więc: z organizmów można wnioskować o gieograficznych warunkach, organizmy mogą nam posłużyć jako *wskazówki* do poznania gieograficznych warunków. Wskazówki te są szczególniej ważne, gdy chodzi o kraje mało znane lub warunki gieograficzne dawne, których bezpośrednio nie możemy poznać; gdy chodzi o zmiany gieograficznych warunków (klimatu, rozkładu lądów, wód i t. d.). Tak np. z faktu, że w osadach czwartorzędowych Sahary znaleziono liście dębowe, oraz, że już w czasach historycznych żyły tam konie i woły; że obecnie zaś ani dąb tam nie rośnie, ani żyją konie i woły, zamiast nich zaś znajduje się wielbląd, którego

http://rcin.org.pl

tam dawniej nie było,—możemy wnosić, że klimat Sahary uległ zmianie, stał się suchszy.

Z kości hipopotama na Malcie i Sycylji wnosimy, że między temi wyspami i Afryką było połączenie lądowe i to szerokie, na któremby mogły płynąć wielkie rzeki, dające schronienie hipopotamom. Widzieliśmy też wyżej jak z cech fauny można wnioskować o powstaniu wyspy. Podobnież fauna morska jeziora („fauna szczątkowa") może nas naprowadzić na wniosek o dawnym połączeniu tego jeziora z morzem i t. d.

We wnioskach tych jednak należy zachować wielką ostrożność, a to dla tego, że istnieje tu szerokie pole dla przypadkowości; albowiem np. chwilowe zamarznięcie wody może ułatwić zwierzętom lądowym wędrówkę, przez tamę przedtym nieprzebytą (stąd np. trudność zbadania pochodzenia wysp polarnych), chwilowa bifurkacja rzeki może ułatwić wędrówkę zwierzętom wodnym. Zwierzęta morskie mogą czasem przedostawać się rzekami do jezior, które nigdy z morzem nie były połączone (tak np. foka zawędrowała rzekami do jeziora Bajkał i t. d.).

VIII. Wpływ organizmów na warunki gieograficzne.

Flora i fauna, zależąc od warunków gieograficznych, same wywierają na nie wpływ, bądź bierny (krajobrazowy) bądź czynny.

Rośliny, szczególniej występując gromadnie, jako t. zw. formacje roślinne, wpływają na charakter krajobrazu, nadają mu właściwą *fizjognomję;* inaczej wyglądają urozmaicone, różnobarwne lasy zwrotnikowe, inaczej rzadkie parkowe lasy krain suchych lub ciemne posępne iglaste bory północy, inaczej stepy, falujące trawami, inaczej szachownice „pól malowanych zbożem rozmaitem", lub wdzięczne wzgórza zieleniejące winnicami i t. d. i t. d.

Zwierzęta, występujące mniej gromadnie, przytym kryjące się przed człowiekiem, mniej też wpływają bezpośrednio na charakter krajobrazu (np. „ptasie góry" krain polarnych, renifery, pasące się na tundrach, stada antylop, przebiegających

http://rcin.org.pl

stepy, bociany, poważnie kroczące na zielonym kobiercu naszych łąk).

Co do czynnego wpływu organizmów, to u roślin wyraża on się rozkruszaniem skał przez korzenie drzew, to znów wpływem ochronnym przez powstrzymywanie denudacji, tak wodnej jak wietrzanej. Bujna roślinność nadmorska okolic zwrotnikowych (lasy mangrowiowe) powstrzymuje falowanie wody, a przez to sprzyja osadzaniu mułu i stąd przyrostowi wybrzeży. Śród lądu roślinność wpływa, jak wiemy, na „wygasanie" jezior, zamieniając je w bagna.

Zwierzęta wywierają nieraz ważny wpływ na krajobraz swoją działalnością budowlaną (kretowiska, stożkowe gniazda termitów, budowle wodne bobrów, budowle koralowe), lub burzącą; o niszczeniu roślinności przez zwierzęta ob. wyżej.

Naturalnie, że ten czynny wpływ organizmów na wygląd ziemi najwyższego stopnia rozwoju dosięga w działalności człowieka, ale dla tego właśnie człowiek stał się przedmiotem oddzielnej części gieografji, antropogieografji.

IX. Zmiany organizmów.

Flora i fauna, jako produkt ewolucji, ulega zmianom, zmiany te, widoczne wyraźnie przy rozpatrywaniu ubiegłych epok gieologicznych, dadzą się jednak dostrzegać i w ciągu czasów „obecnych", to jest historycznych. Zmiany te wynikają poczęści wskutek zmian warunków gieograficznych, wyczerpania się gruntu (dla roślin), morderczej walki o byt, wreszcie pod wpływem, tak niszczącej, jak hodowlanej, pracy człowieka; tutaj znów przychodzimy do kresu gałęzi gieografji, objętej tytułem naszej pracy: zmiany, wywołane przez człowieka, należą już do antropogieografji.

KONIEC.

INSTYTUT GEOGRAFII P. A. N. BIBLIOTEKA
http://rcin.org.pl

SPIS RZECZY.

Str.

Przedmowa V

I. CZĘŚĆ OGÓLNA.

WSTĘP (Powstanie ziemi i jej dzieje) 1

A) MATERJAŁY.

I) Pochodzenie i podział skał (Petrografja) . . 10

1. Skały osadowe 11
2. Skały wybuchowe 20

II) Układ skał (tektonika) 23

1. Układ skał osadowych 23
2. Układ skał wybuchowych 29

B) SIŁY (dynamika) 31

1. Siły wewnętrzne 32
a) Kurczenie 32
b) Wulkanizm 33
2. Siły zewnętrzne 34
a) Wietrzenie 34
b) Erozja i denudacja 35
c) Transport i akumulacja 38

C) FORMACJE (stratigrafja) 42

II. CZĘŚĆ SZCZEGÓŁOWA.

A) LĄD (litosfera) 51

I) Rozkład i poziome ukształtowanie lądu . . 51

1. Lądy stałe 52
2. Półwyspy 54
3. Wyspy 55
a) Wyspy kontynentalne 56
b) Wyspy pierwotne 57
aa) Wyspy wulkaniczne 57
bb) Wyspy koralowe 58
4. Flora i fauna wysp 61
5. Linja brzegowa, brzeg, wybrzeże 63
a) Kształt linji brzegowej 63
b) Wybrzeże 66

http://rcin.org.pl

Str.

II) Zmiany linji brzegowej 70

III) Pionowe ukształtowanie lądu . . . 73

1. Równiny 75
a) Równiny akumulacji 75
b) Równiny denudacji 76
2. Tarasy 78
3. Góry 79
a) Plastyka albo morfologja gór (orografja i hipsometrja) 79
b) Powstawanie gór (orogieneza) 83
1) Góry tektoniczne 83
aa) Góry uskokowe 83
bb) Góry fałdowe 84
2) Góry akumulacyjne 86
aa) Diuny 86
bb) Wulkany 86
3) Góry erozyjne. 87
4) Góry denudacyjne 88
4. Doliny 89
a) Plastyka albo morfologja dolin 89
b) Powstawanie albo geneza dolin 91
1) Doliny tektoniczne 92
2) Doliny erozyjne 92
5. Jaskinie 98

IV) Zmiany w pionowym ukształtowaniu lądu . . 100

1. Zmiany równin 100
2. Zmiany gór 101
3. Zmiany dolin. 105

B) WODA (hydrosfera). 106

I) Woda lądowa 106

1. Woda gruntowa, źródła 106
2. Rzeki 112
a) Ogólna charakterystyka rzeki. Systemat. Dorzecze. . 112
b) Źródła rzeki 114
c) Brzeg rzeki, podział rzek. 115
d) Ujście rzeki 120
e) Ilość wody w rzece 122
3. Jeziora. 122
a) Morfologja jezior. 122
b) Powstawanie albo geneza jezior 125
1) Jeziora tektoniczne 125
2) Jeziora akumulacyjne 125
3) Jeziora erozyjne 126
4) Jeziora tamowe 127

http://rcin.org.pl

Str.

II) Zmiany wód lądowych 128

1. Zmiany źródeł 128
2. Zmiany rzek 128
3. Zmiany jezior 132

III) Woda morska 133

1. Rozkład i poziome ukształtowanie morza 133
2. Pjonowe ukształtowanie morza 135
a) Poziom morza 135
b) Dno morza 136
1) Plastyka dna 136
2) Osady dna 138
3. Własności wody morskiej 140
a) Skład i smak wody morskiej 140
b) Ciężar gatunkowy 142
c) Barwa 142
4. Temperatura wody morskiej, zamarzanie 144
5. Ruchy wody morskiej 147
a) Fale 148
b) Przypływy i odpływy 150
c) Prądy morskie 155
a) Rozkład prądów morskich 155
1) Prądy równikowe i ich gałęzie 156
aa) W oceanie Atlantyckim 156
α) Prąd Południowo-Równikowy 156
β) Prąd Północno-Równikowy 158
bb) W oceanie Wielkim 158
α) Prąd Południowo-Równikowy 158
β) Prąd Północno-Równikowy 158
cc) W oceanie Indyjskim 159
2) Prądy polarne i ich gałęzie 159
aa) Prąd Arktyczny 159
bb) Prąd Antarktyczny 160
b) Teorja prądów morskich 160

IV) Zmiany oceanów i lądów 164

C) POWIETRZE (atmosfera) 166

I) Kształt i wysokość atmosfery 166

II) Skład powietrza 167

III) Temperatura powietrza 168

1. Ogrzewanie się powietrza 168
2. Wpływ warunków miejscowych na temperaturę . . 171
a) Wpływ ukszałtowania pjonowego 172
b) Wpływ lądu i morza 175
c) Wpływ natury gruntu i stanu powierzchni 177

http://rcin.org.pl

Str.
3. Rozkład temperatury na ziemi, linje izotermiczne . 178
a) Izotermy 179
1) Izotermy styczniowe 180
2) Izotermy lipcowe 183
3) Izotermy roczne 184
b) Pasy termiczne 185
c) Izoamplitudy 186

IV) Ciśnienie i ruch powietrza 187

1. Ciśnienie powietrza, izobary 187
2. Wiatry 189
a) Powstanie wiatru, kierunek i siła 189
b) Związek wiatrów z izobarami. Gradient. Zboczenie wiatrów. Cyklon, antycyklon 190
c) Rozkład wiatrów na ziemi 194
1) Rozkład teoretyczny. 194
aa) Zmiany pod wpływem kulistości ziemi 195
bb) Zmiany pod wpływem wirowania 196
cc) Zmiany pod wpływem pochyłości ekliptyki 197
dd) Zmiany pod wpływem warunków miejscowych . . . 198
2) Rozkład rzeczywisty, mapy izobar i wiatrów 200
aa) Mapa izobar i wiatrów styczniowych 200
bb) Mapa izobar i wiatrów lipcowych 202
d) Minima wędrowne. Zmiany pogody 203
e) Burze. Orkany 204
f) Wiatry lokalne 206
1) Wiatry czysto lokalne 207
aa) Wiatry brzegowe i morskie 207
bb) Wiatry dolinowe i górskie. 207
2) Wiatry zmodyfikowane 208
aa) Föhn 208
2) Wiatry pustyń 209
3) Mistral i Bora 209

V) Wilgotność powietrza i opady 210

1. Para wodna i wilgotność 210
2. Skroplenie. Opady atmosferyczne. Lodowce . . . 212
a) Skroplenie 212
b) Rosa, szron 212
c) Mgła, obłoki 213
1) Typy obłoków 215
aa) Obłoki pierzaste 215
bb) Obłoki kłębowe 215
cc) Obłoki warstwowe 215
dd) Obłoki deszczowe 215
2) Zachmurzenie 215

http://rcin.org.pl

Str.
d) Deszcz, śnieg, lodowce 216
1) Rozkład opadów atmosferycznych 216
aa) Rozkład rocznej ilości opadów 216
bb) Rozkład opadów co do pory 219
cc) Rozkład opadów co do formy 221
dd) Wieczne śniegi, linja śnieżna, lawiny 222
2) Lodowce (lodniki, gleczery) 224
aa) Powstawanie lodowców i zjawiska lodowcowe 224
bb) Zależność lodowców od gieograficznych warunków i rozkład lodowców na ziemi 228

VI) Klimat 231
a) Klimat zwrotnikowy 232
b) Klimat średnich szerokości. 232
c) Klimat polarny 232
d) Klimat górski i wyżynowy. 232

VII) Zmiany klimatu. (Perjod lodowy) . . . 233

D) ORGANIZMY (biosfera) 235

I. Poziome i pionowe rozpostarcie biosfery . . . 235

II. Rozwój organizmów 236

III. Zależność organizmów od gieograficznych warunków ich kraju. 237
a) Zależność flory i roślinności od klimatu 237
b) Zależność flory i roślinności od gruntu 239
c) Zależność fauny od klimatu 239
d) Zależność fauny od gruntu 240

IV. Zależność organizmów od organizmów . . 241
a) O zależności roślin od roślin 241
b) Zależność roślin od zwierząt 241
c) Zależność zwierząt od roślin 242
d) Zależność zwierząt od zwierząt 242

V. Zależność organizmów danego kraju od warunków gieograficznych linji wędrówek 243

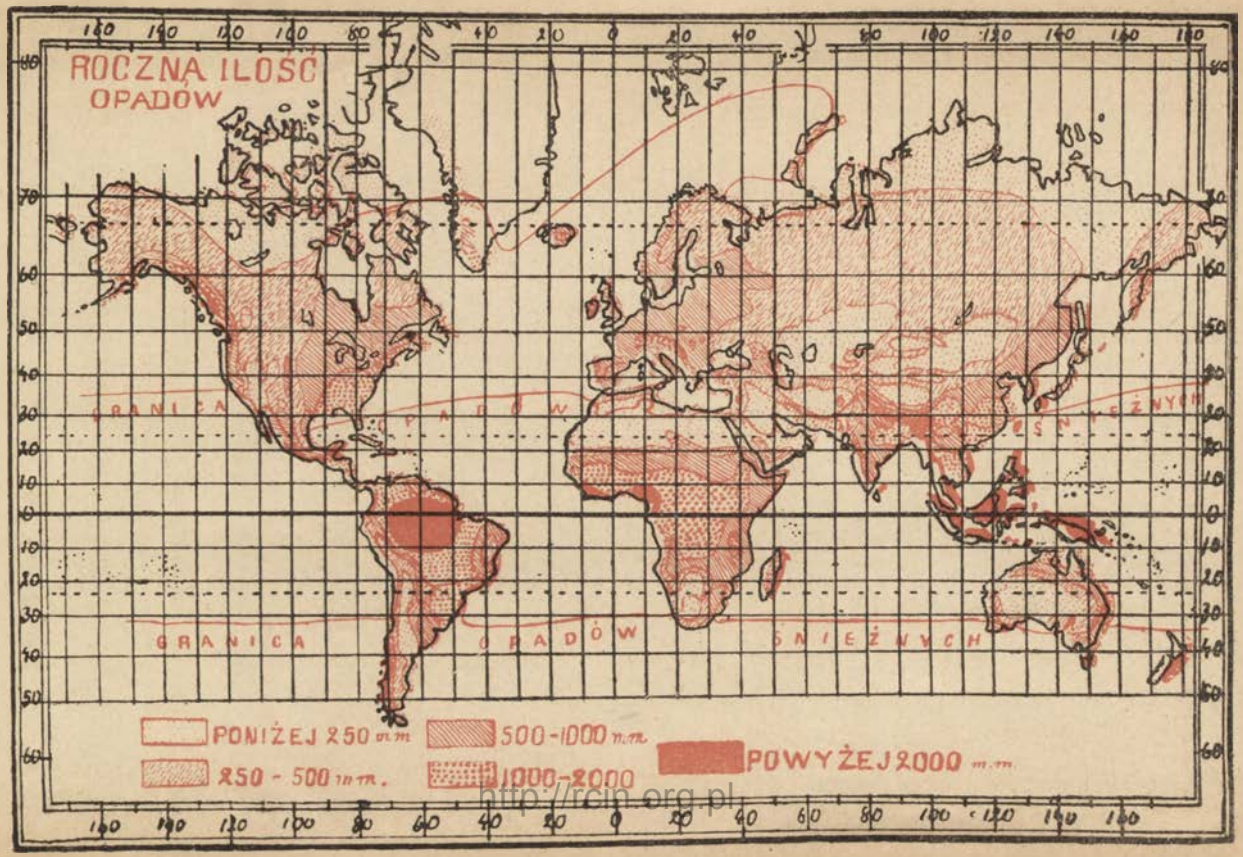
VI. Rozkład gieograficzny organizmów 247

VII. Organizmy jako wskazówki gieograficzne . . . 249

VIII. Wpływ organizmów na warunki gieograficzne . . 250

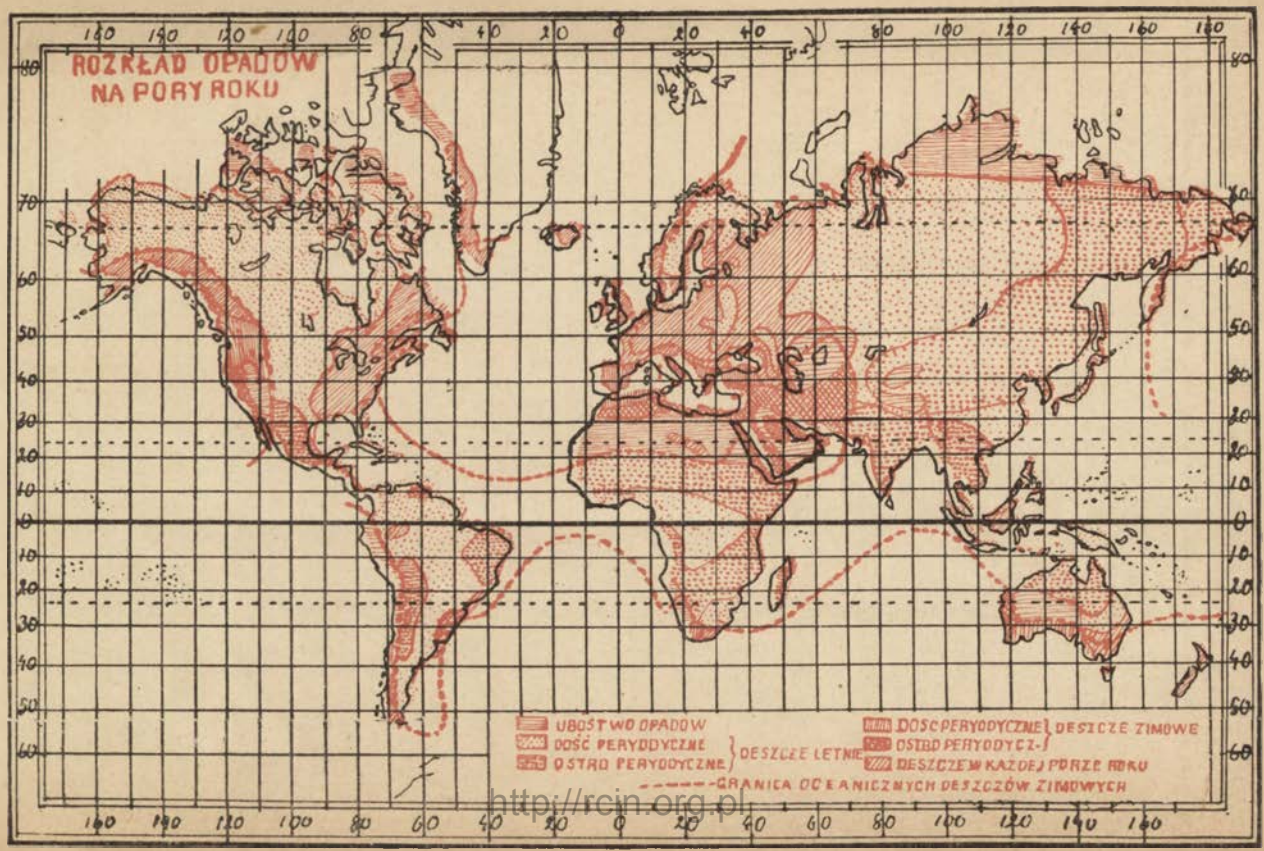
IX. Zmiany organizmów 251

http://rcin.org.pl



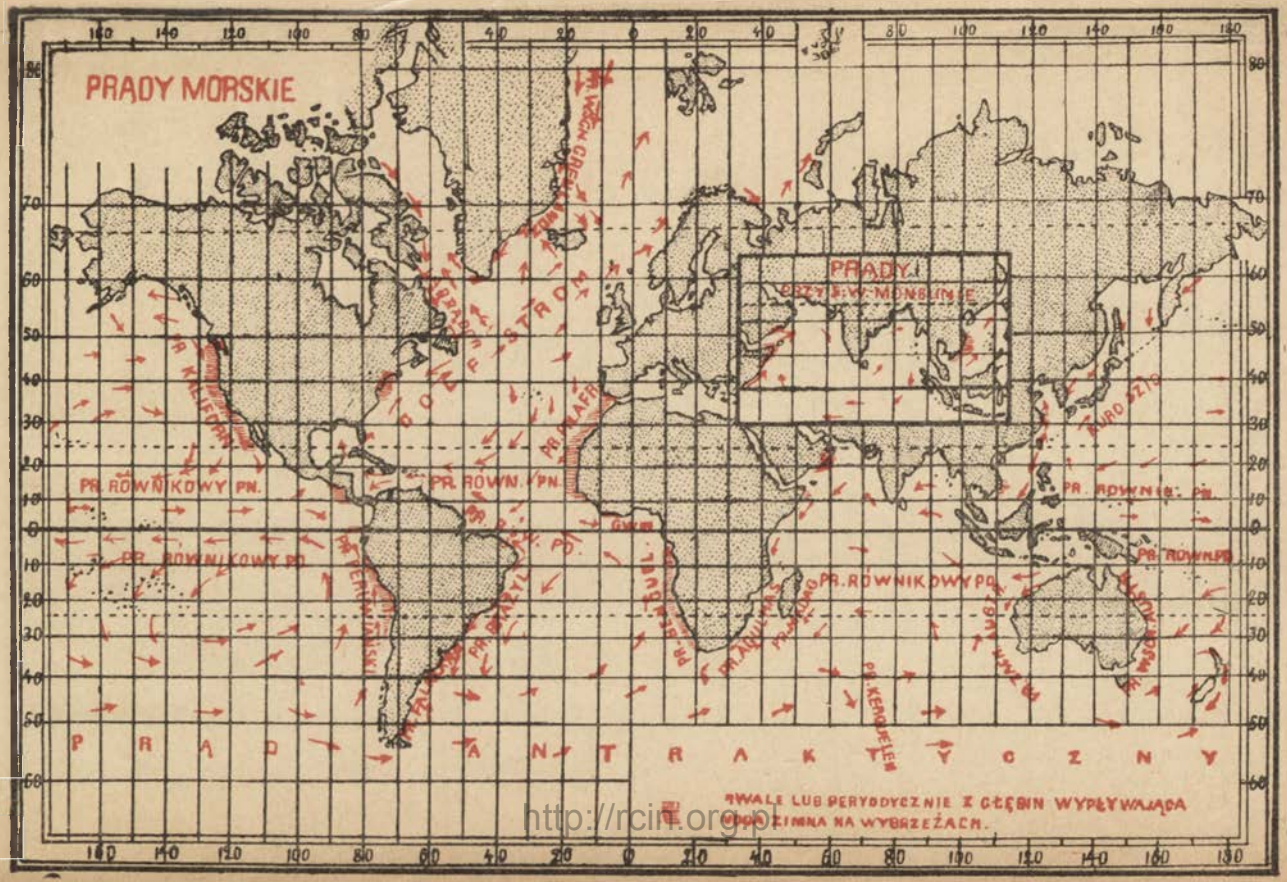
http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl



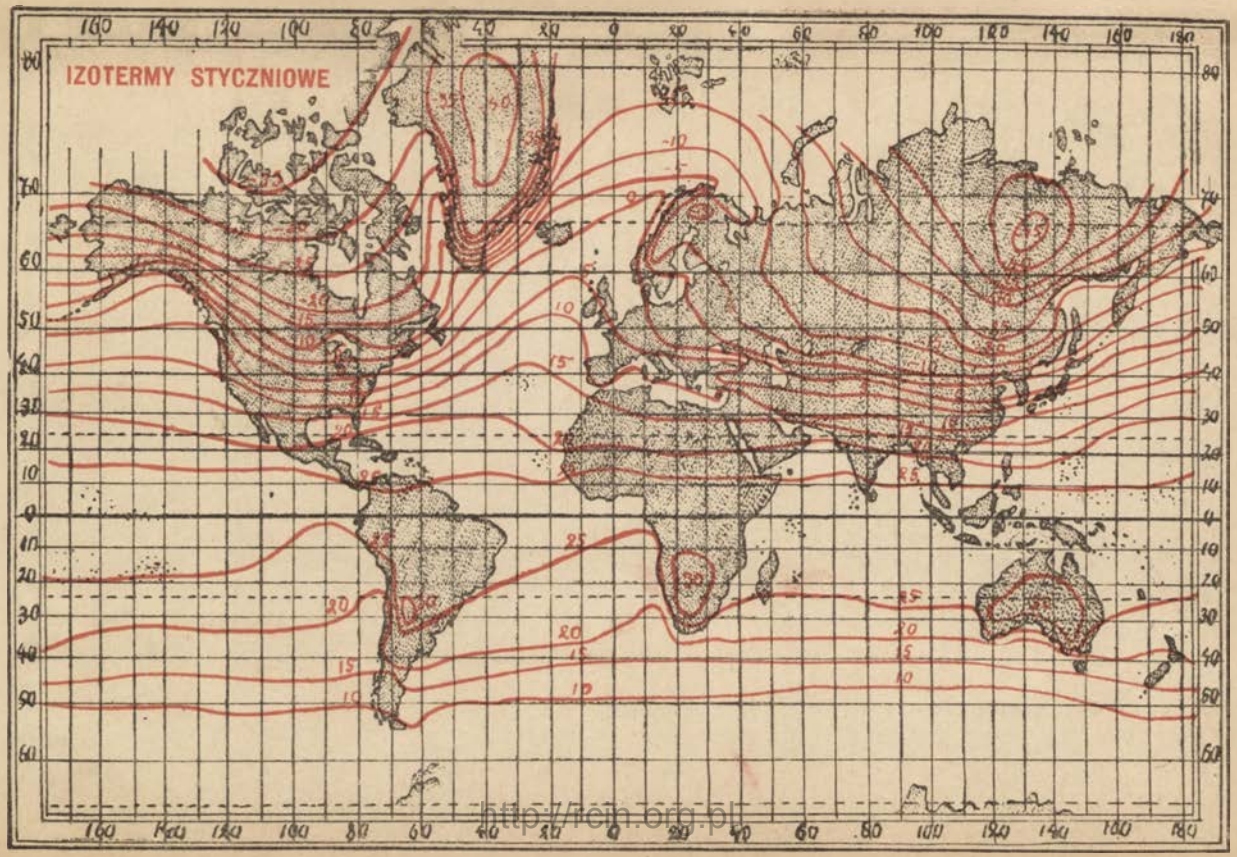
http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl



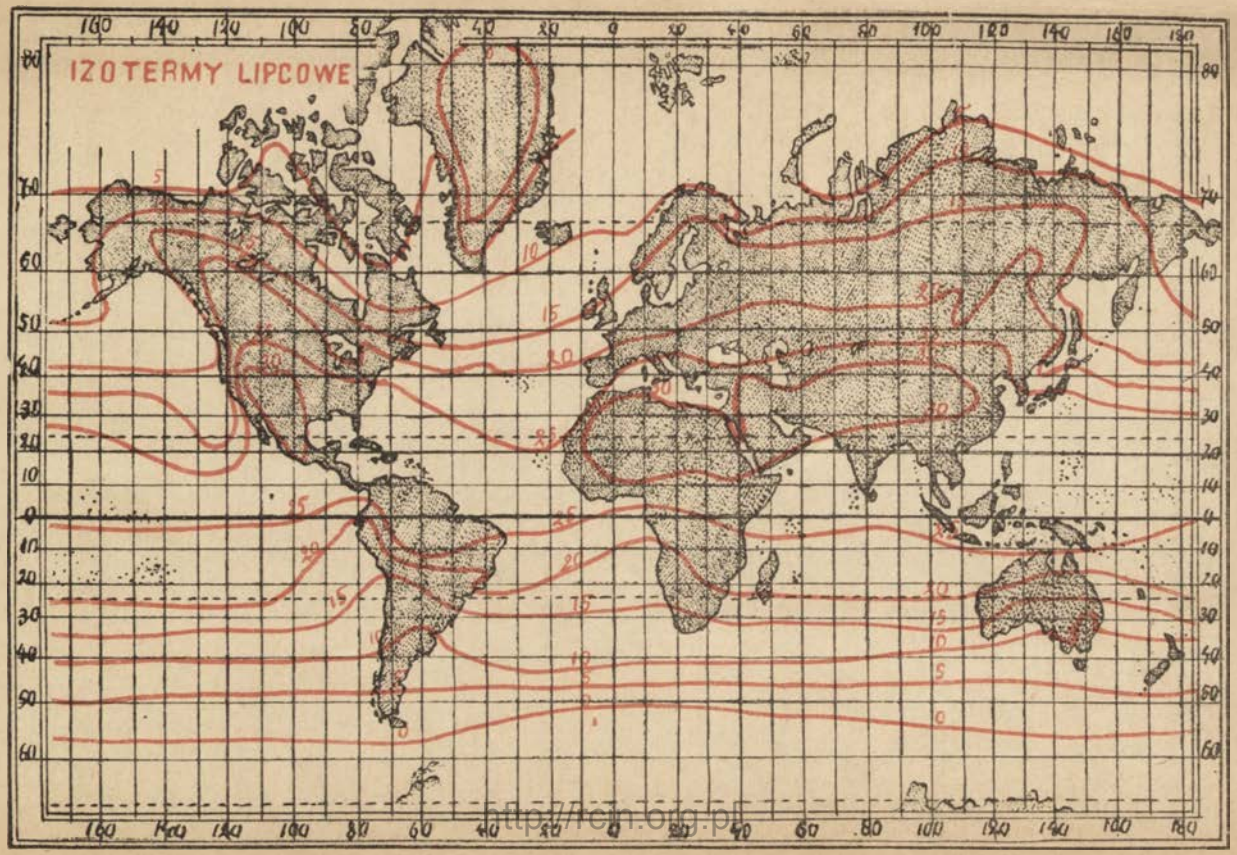
http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl



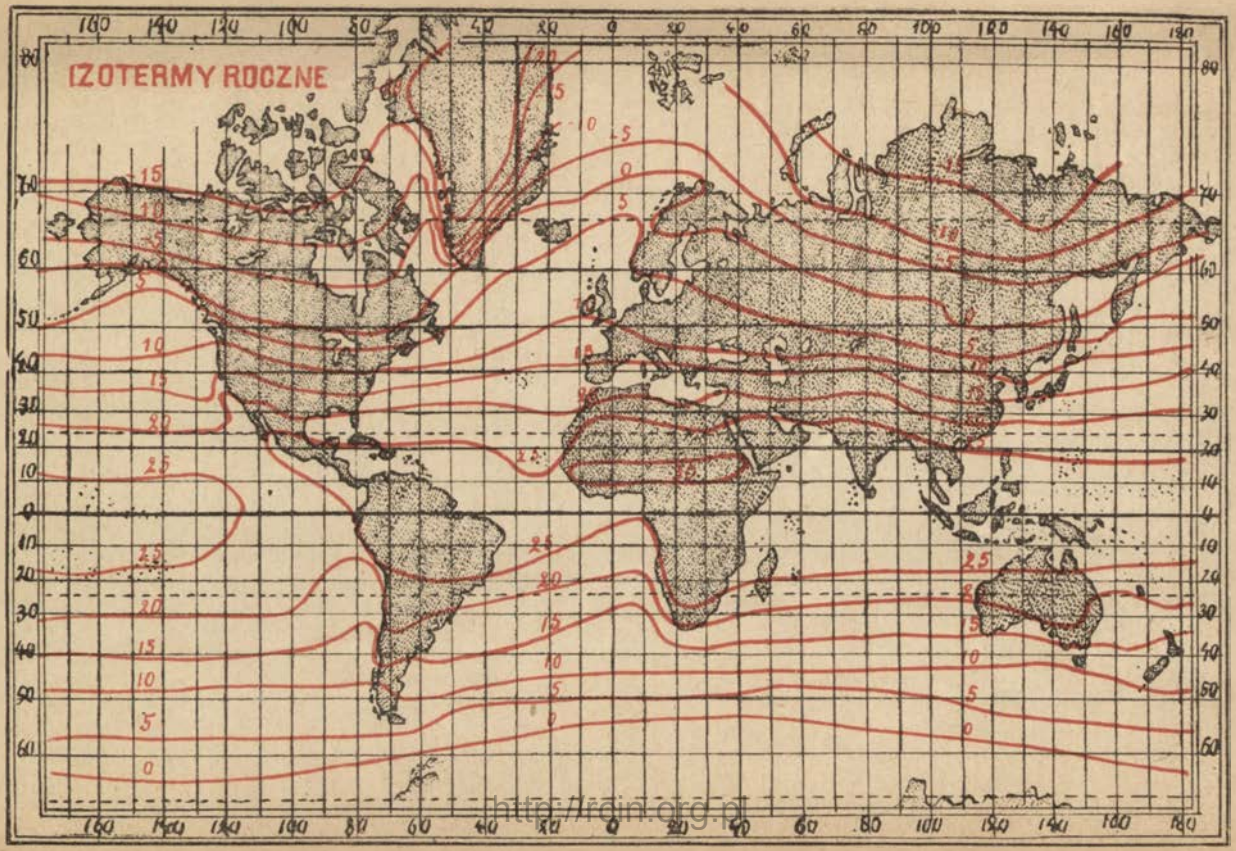
http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl



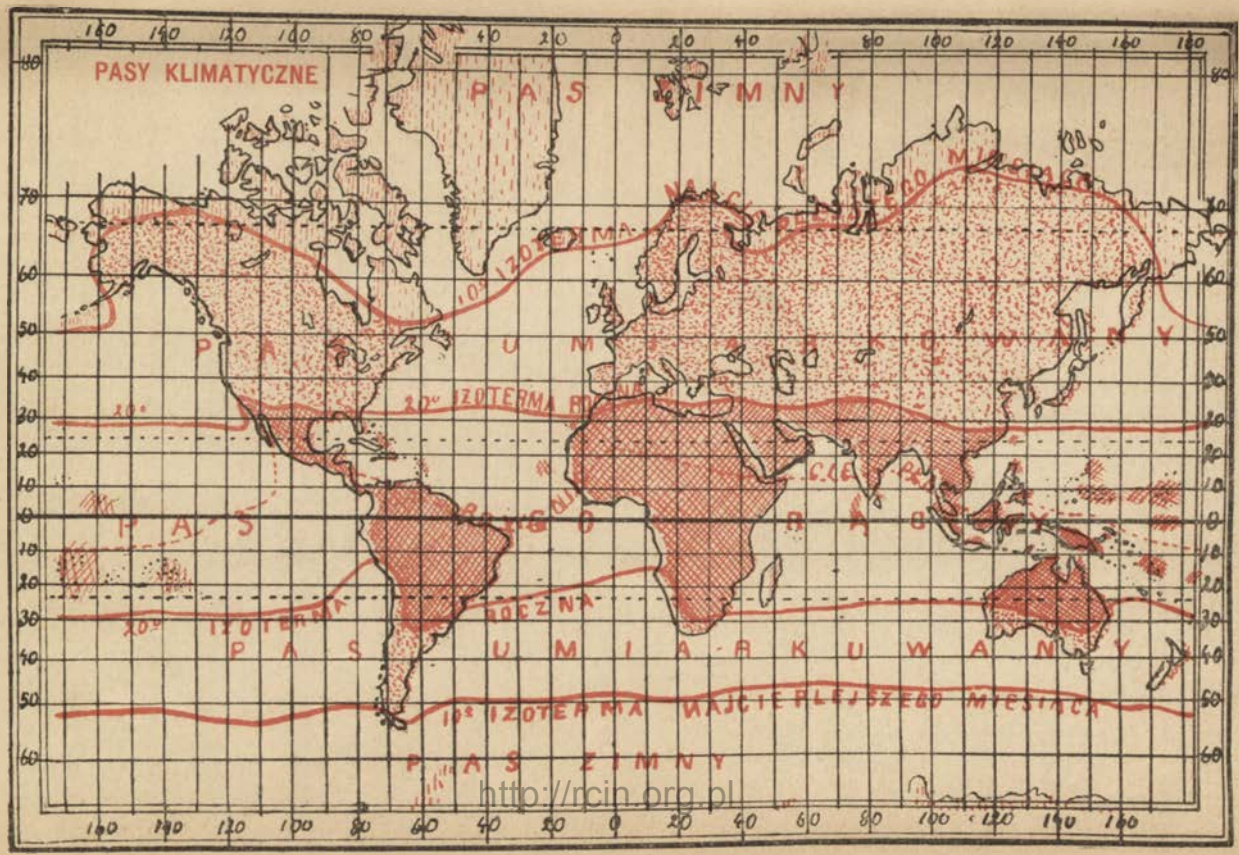
http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl



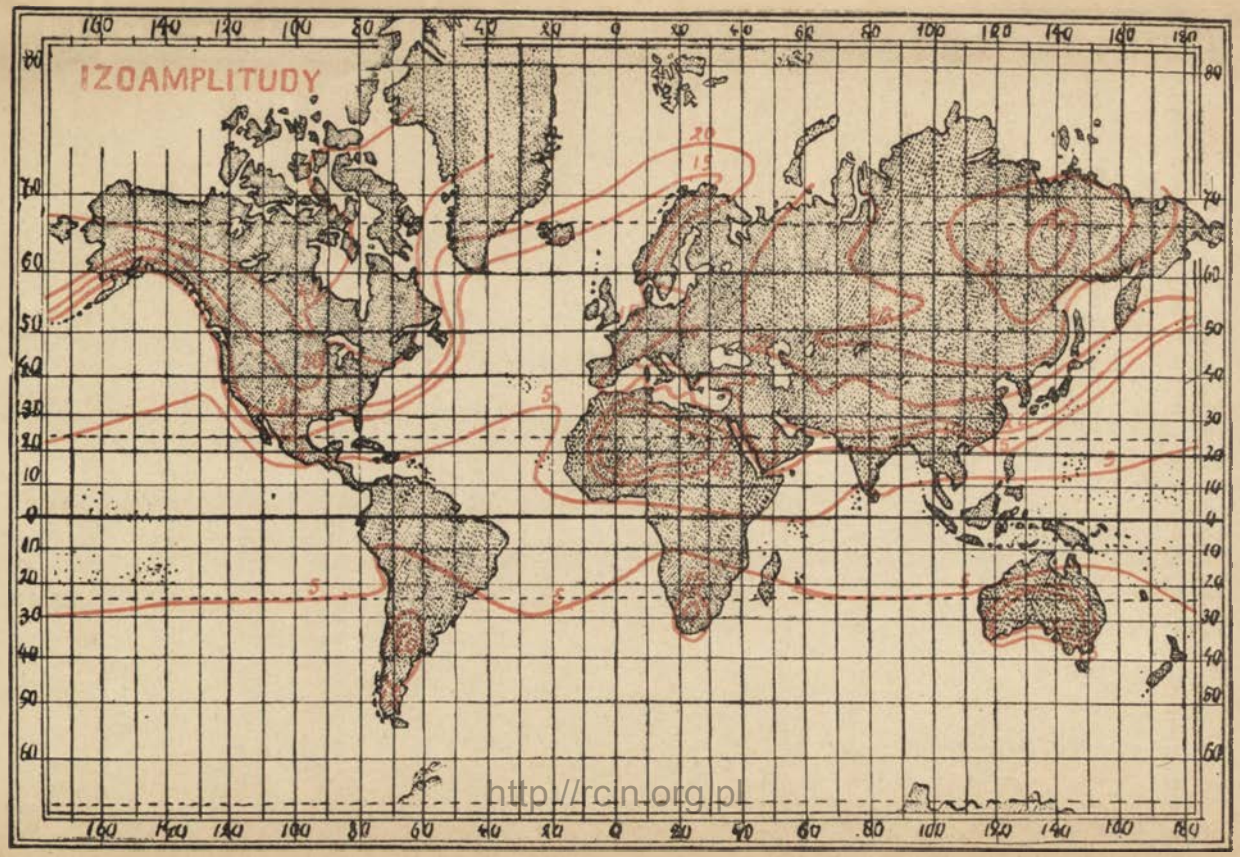
http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl



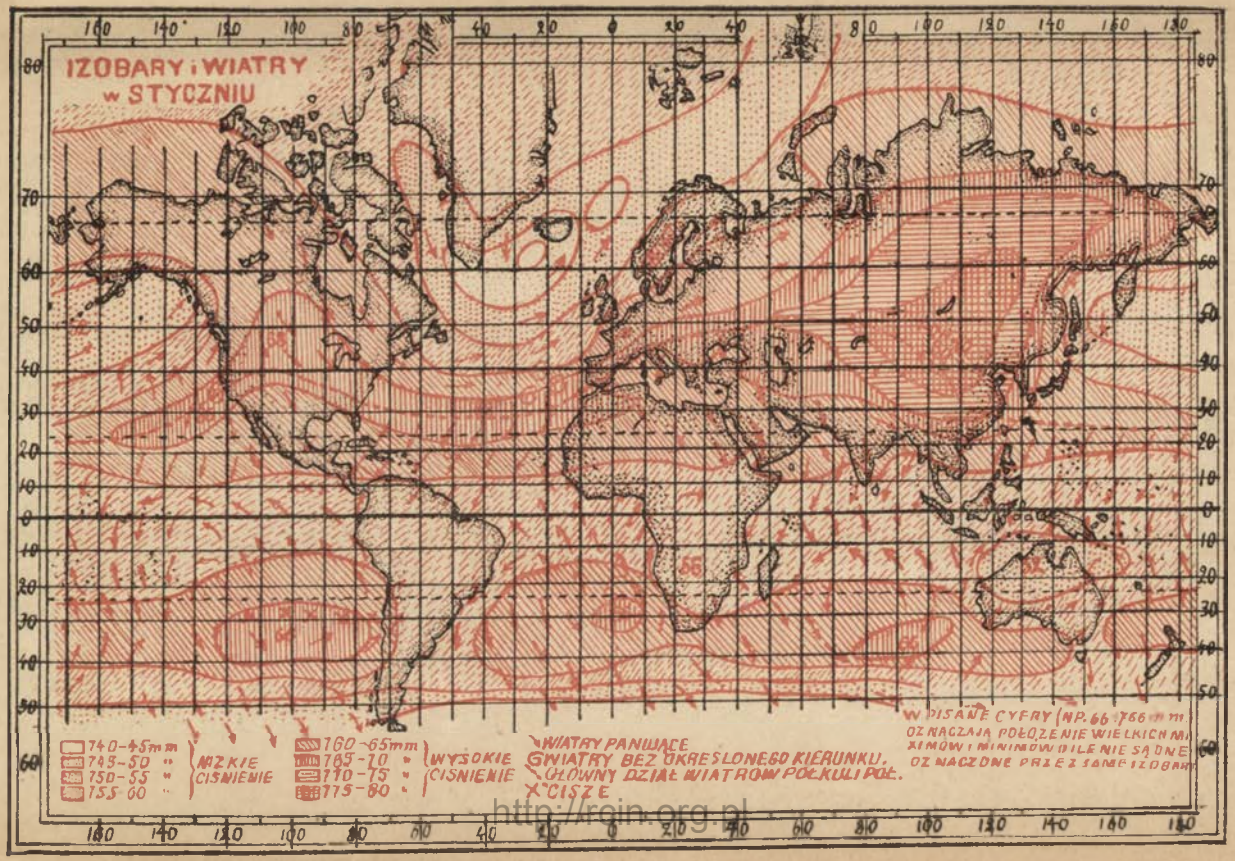
http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl



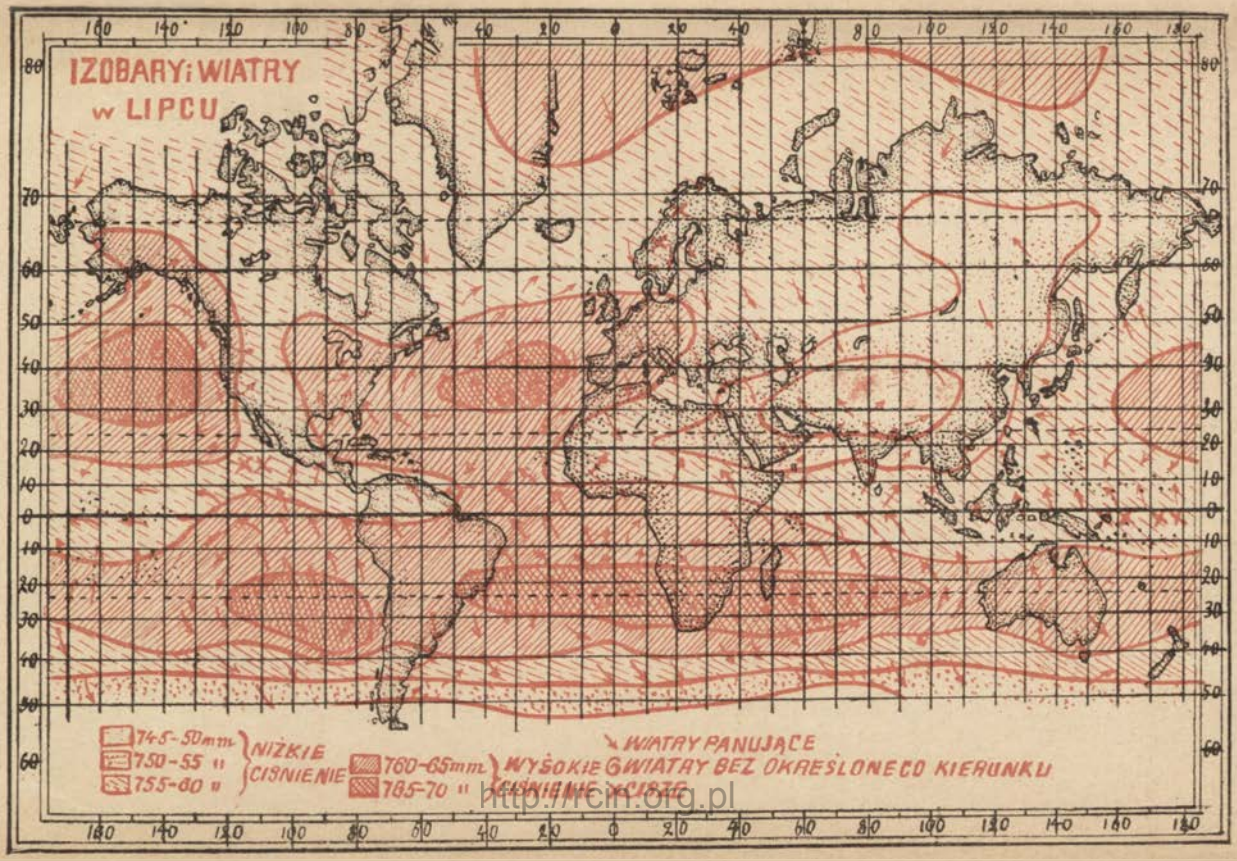
http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl



http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl



http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

13123