

p.5708

02469  
268

DR. TADEUSZ WIŚNIEWSKI i DR. WILHELM POKORNY

# NAUKA O ZIEMI

ZASADY GEOLOGJI I GEOGRAFJI FIZYCZNEJ

ZE SZCZEGÓLNEM UWZGLĘDNIENIEM ZIEM RZECZYPOSPOLITEJ

PODRĘCZNIK SZKOLNY

WIŚNIEWSKI i POKORNY: NAUKA O ZIEMI



NAKŁAD I WŁASNOŚĆ  
K. S. JAKUBOWSKIEGO WE LWOWIE

DR. TADEUSZ WIŚNIEWSKI i DR. WILHELM POKORNY

# NAUKA O ZIEMI

ZASADY GEOLOGJI I GEOGRAFJI FIZYCZNEJ

ZE SZCZEGÓLNEM UWZGLĘDNIENIEM ZIEM RZECZYPOSPOLITEJ

PODRĘCZNIK SZKOLNY



NAKŁAD I WŁASNOŚĆ  
K. S. JAKUBOWSKIEGO WE LWOWIE



WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

## TREŚĆ.

	Str.		Str.
CZĘŚĆ I.			
I. Powstanie i kształtowanie się ziemi. Geografia fizyczna a geologia . . . . .	1	b) Właściwości wody morskiej . . . . .	55
II. Kształt i fizyczne własności ziemi:		c) O ruchach wody morskiej . . . . .	58
1. Postać i wielkość kuli ziemskiej . . . . .	5	2. Wody lądowe:	
2. Zjawiska ciężkości (grawitacyjne) na ziemi . . . . .	6	a) Jeziora, torfowiska . . . . .	62
3. Własności magnetyczne kuli ziemskiej i związane z nimi zjawiska elektryczne . . . . .	7	b) Rzeki . . . . .	66
4. Ciepło ziemi . . . . .	9	VI. Biosfera:	
III. Litosfera:		1. Granice zasięgu biosfery . . . . .	69
1. O najważniejszych skałach jako materiale budulcowym litosfery (petrografia):		2. O wpływie czynników zewnętrznych na rozmieszczenie roślin i zwierząt . . . . .	69
a) Skały wybuchowe . . . . .	11	3. O podziale ziemi na krainy biogeograficzne . . . . .	72
b) Skały osadowe . . . . .	17	VII. Skorupa ziemska a hydrosfera, powietrze i świat organiczny (Geologia dynamiczna A):	
c) Łupki krystaliczne . . . . .	23	1. O wietrzeniu . . . . .	74
2. O ułożeniu skał w litosferze (geologia tektoniczna) . . . . .	24	2. O wodach podziemnych, tworzeniu się i rodzajach źródeł . . . . .	79
3. O ukształtowaniu litosfery . . . . .	30	3. Zjawiska krasowe . . . . .	84
IV. Atmosfera:		4. Praca twórcza wód podziemnych . . . . .	86
1. Wysokość i własności chemiczne powietrza. Pogoda. Klimat . . . . .	31	5. Wody płynące i litosfera . . . . .	87
2. Temperatura powietrza . . . . .	33	6. Denudacja i jej znaczenie . . . . .	91
3. Wiatry . . . . .	37	7. O lodowcach jako czynnika geologicznym . . . . .	92
4. O opadach atmosferycznych . . . . .	41	8. Morze a litosfera . . . . .	97
5. Przepowiadanie pogody . . . . .	46	9. O jeziorach . . . . .	100
6. Klimat i jego rozmieszczenie . . . . .	49	10. Powietrze a skorupa ziemi . . . . .	103
7. Zmiany klimatu . . . . .	51	11. Biosfera jako czynnik geologiczny . . . . .	106
V. Hydrosfera:		VIII. Skorupa ziemska a wnętrze ziemi (Geologia dynamiczna B):	
1. Morze:		1. Ruchy litosfery i procesy z nimi związane . . . . .	111
a) Wielkość i rozmieszczenie mórz; ukształtowanie dna morskiego . . . . .	53	2. O trzęsieniach ziemi . . . . .	116

	Str.		Str.
IX. O wulkanach i zjawiskach wulkanicznych . . . . .	117	4. Zwięzły szkic stratygrafji skorupy ziemskiej w związku z dziejami geologicznymi ziemi:	
X. Ukształtowanie powierzchni ziemi (Geomorfologia):		a) Grupa archaiczna . . . . .	159
1. Powstanie form . . . . .	123	b) Grupa eozoiczna albo algonkjańska lub hurońska . . . . .	159
2. O ukształtowaniu poziomem lądu:		c) Grupa paleozoiczna . . . . .	160
a) Wiadomości ogólne . . . . .	124	d) Grupa mezozoiczna . . . . .	169
b) Półwyspy i wyspy . . . . .	124	e) Grupa kenozoiczna . . . . .	177
c) O rozwoju linii brzo- wej i wybrzeża . . . . .	126	II. Co to jest mapageologiczna	186
3. O ukształtowaniu piono- wym lądu:		CZEŚĆ III.	
a) Wiadomości ogólne . . . . .	128	Krótki zarys geologii i fizycznej geografji Rzeczypospolitej.	
b) Równiny . . . . .	129	I. O ukształtowaniu powierz- chni i geologicznej budo- wie Polski wogóle . . . . .	190
c) Góry . . . . .	132	II. Geologia:	
d) Doliny . . . . .	141	1. Wiadomości wstępne . . . . .	192
e) O cyklu erozyjnym . . . . .	146	2. Wyżyna małopolska . . . . .	194
4. Krajobraz . . . . .	147	3. Karpaty . . . . .	199
XI. Rzut oka na procesy geo- logiczne i zmiany, jakie zachodzą na powierzchni ziemi . . . . .	152	4. Wyżyna podolska, lubelska, Wołyń i obszary przyległe . . . . .	202
CZEŚĆ II.		5. Niż polski, ziemia wileńska i pojezierze Bałtyckie . . . . .	204
I. Najważniejsze wiadomo- ści z geologii historycznej:		III. Geografia fizyczna Polski:	
1. Co to jest stratygrafja, pa- leogeografja i paleontologia . . . . .	154	1. Nieco z historii badań geogra- ficznych u nas . . . . .	207
2. O skamieniałościach i ich znaczeniu . . . . .	155	2. Wiadomości z geografji fi- zycznej ziem polskich:	
3. Podział warstw skorupy ziemskiej według chrono- logji geologicznej . . . . .	157	a) Ukształtowanie pionowe . . . . .	208
Dodatek (Poradnik bibliograficzny)	229	b) Klimat . . . . .	217
		c) Wody . . . . .	220
		d) Świat roślinny i zwierzęcy . . . . .	223
			229

Mapka opadów atmosferycznych (ryc. 201), wklejona przy str. 218.

## CZEŚĆ I.

### I. Powstanie i kształtowanie się ziemi. Geografia fizyczna a geologia.

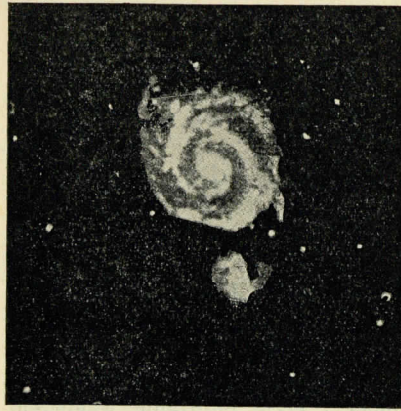
**Pytania.** 1. Jak się przedstawia budowa naszego systemu planetarnego? 2. Po jakiej drodze krąży ziemia dokoła słońca i jakie położenie względem tej drogi zajmuje słońce? 3. Jakie jest położenie osi ziemskiej podczas ruchu obiegowego naszej planety dokoła słońca? 4. W której porze roku na naszej półkuli ziemia jest najbliżej słońca, a kiedy najdalej? 5. Jakie jeszcze ruchy wykonywa ziemia prócz ruchu obiegowego i jakie zjawiska pozostają w związku z temi ruchami?

Podług *teorii kosmogonicznej Kanta i Laplace'a*<sup>1)</sup> cały układ słoneczny przedstawiał pierwotnie olbrzymią mgławicę, podobną do dostrzeżonych dzisiaj na niebie, a złożoną z materji w stanie gazowym o wysokiej temperaturze. Słońce dzisiejsze odpowiada jądro owej mgławicy kosmicznej. Wszystkie zaś planety wytworzyły się kolejno z części, oderwanych od niej działaniem siły odśrodkowej wskutek jej ruchu obrotowego; części te, również wirując, miały zrazu kształt pierścieni. Najdalszą od słońca i najstarszą z planet jest Neptun, potem następuje Uran, Saturn, Jowisz, Mars, Ziemia, Wenera i nakoniec najbliższy słońca Merkury; prócz tego całe mnóstwo mniejszych ciał niebieskich, zwanych planetoidami, krąży dokoła słońca między Jowiszem a Marsem. Z planet, gdy były jeszcze w stanie gazowym, powstały w sposób analogiczny księżyce.

Wiele faktów przemawia na korzyść tej teorii. I tak wszystkie planety poruszają się dokoła słońca w tym samym kierunku i nie mniej zgodnie obracają się także dokoła swych osi; tak samo ich księżyce, z wyjątkiem jedynie księżyców Urana i Neptuna. Również drogi obiegowe wszystkich planet leżą prawie w jednej płaszczyźnie równikowej słońca i w tej samej płaszczyźnie krążą ich satelici, chociaż i tu stanowią wyjątek towarzysze obu planet najdalszych. A przytem mgławice kosmiczne, podobne do pramgławicy, z której miał powstać nasz system słoneczny, można i dzisiaj, jak już wspomniano, obserwować w wielu

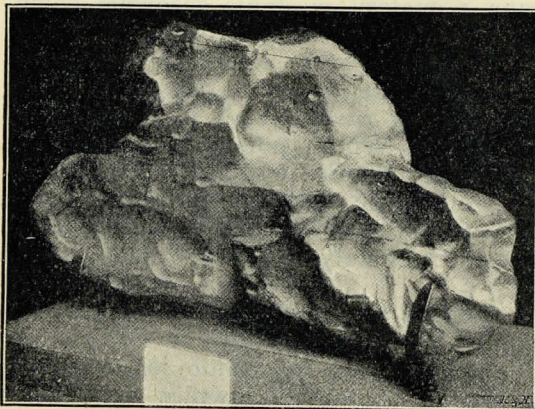
<sup>1)</sup> Emanuel Kant (1724—1804), jeden z największych myślicieli, całe życie spędził w Królewcu, gdzie był profesorem Uniwersytetu. Wykładał najpierw astronomję i matematykę, później filozofję. Swoją teorię kosmogoniczną ogłosił w r. 1755. W 40 lat potem znakomity astronom francuski, Piotr Szymon Laplace (1749—1827) doszedł zupełnie niezależnie od Kanta do poglądów mniej więcej takich samych.

punktach na firmamencie. Charakterystyczne widmo, jakie dają w spektroskopie (porównaj odpowiedni rozdział w fizyce), dowodzi, że tworzą je rzeczywiście gazy rozżarzone o bardzo wysokiej temperaturze; niektóre z nich przedstawiają się w postaci pierścieni lub smug spiralnie skręconych, jakby w dowód ruchów obrotowych, którym ulegają (ryc. 1). Meteoryty, okazując jedność materji w całym układzie słonecznym, mogą być uważane niejako za bezpośredni dowód wspólnego pochodzenia wszystkich ciał niebieskich, które wchodzą w skład naszego systemu planetarnego.



Ryc. 1. Mgławica spiralna w konstelacji Psów Gończych.

znaczną: spadają mianowicie te, które ulegną sile przyciągania ziemskiego. Co do pochodzenia swego, są to prawdopodobnie okruchy jakiejś planety, a wskazuje na to ich budowa i złożenie mineralogiczne. Pod tym względem jedne z nich bardzo przypominają pewne ziemskie skały wybuchowe (t. zw. meteoryty ka-



Ryc. 2. Bryła meteorytu żelaznego (ciężar 5360 kg), znaleziona w Bendego w Brazylii.

mienne), inne są złożone w znacznej części lub prawie wyłącznie z żelaza rodzimego z dodatkiem niklu (meteoryty żelazne; porównaj ryc. 2).

Naturalnie *ziemia* po tym pierwszym okresie w historii swego rozwoju, w którym przedstawia się jeszcze jako ciało gazowe, przeobraziła się zwolna w kulę ognistociekłą, a wreszcie wytworzyła się na niej skorupa stała pod potężną pokrywą atmosfery. Atmosfera pierwotnie była znacznie gęstsza niż dzisiaj, bo zawierała wiele rozmaitych ciał łatwo ulatniających się, przede-

wszystkiem całą wodę,  $H_2O$ , późniejszej hydrosfery.

Atmosfera<sup>1)</sup> posiada grubość, idącą jeszcze dzisiaj, przy nadzwyczajnym rozrzedzeniu, w setki kilometrów. Stała skorupa, znajdująca się pod nią, nosi nazwę litosfery<sup>2)</sup>, na której morza, zajmując bezmała  $\frac{3}{4}$  jej powierzchni, przedstawiają z wszystkimi innymi wodami t. zw. hy-

<sup>1)</sup> atmós (gr.), para, gaz; sfaira (gr.), kula. <sup>2)</sup> litos (gr.), kamień.

drostferę<sup>1)</sup>. Gdzie litosfera, atmosfera i hydrosfera graniczą z sobą i poniekąd przenikają się wzajemnie, rozwinął się zczasem świat organiczny, rośliny i zwierzęta, czyli biosfera<sup>2)</sup>. Wnętrze ziemi, ponieważ posiada jeszcze ciągle bardzo wysoką temperaturę, wyróżnia się zwykle jako t. zw. pirostferę<sup>3)</sup>, która w części środkowej z powodu nagromadzonych tam metali ciężkich nosi nazwę barysfery<sup>4)</sup> albo metalosfery.

Skorupę ziemi tworzą rozliczne skały i minerały, których wygląd i sposób powstania przedstawia się nader rozmaicie.

Prawdopodobnie nie widzimy dzisiaj nigdzie litosfery pierwotnej, która powstała wprost przez skrzepnięcie części powierzchniowych ognisto ciekłej masy, tworzącej zrazu całą kulę ziemską; z biegiem czasu, który niewątpliwie należy liczyć na miliony lat, musiała ona ulec zasadniczym przemianom. Wiemy tylko, że wogóle skorupa ziemska — tak dziś, jak i w owych odległych epokach dziejów ziemi — fałduje się, pęka, pewne części jej obniżają się, a inne podnoszą, w związku zaś z tem powstają w niej głębokie i rozległe szczeliny. W ten sposób tworzyły się na ziemi od najdawniejszych czasów miejsca, któremi dobywały się z wewnątrz, przebijając skrzepłą powłokę, masy wybuchowe, zwane magmą, a ponieważ powtarzało się to ciągle i powtarza się obecnie, czego dowodem wulkany, więc nie dziwnego, że rozmaite „skały wybuchowe“, którym magma daje początek, odgrywają ważną rolę w budowie litosfery na naszej planecie.

Zczasem wszakże temperatura obniżyła się na ziemi niżej punktu wrzenia wody, a wówczas para wodna, znajdująca się w atmosferze, skropliła się i opadła, tworząc morza, jeziora, rzeki i strumienie. Rozpoczęło się zatem działanie wody na kulę ziemską i to w dwojaki sposób: na drodze chemicznej i mechanicznej. Woda ciągle rozkłada, przeobraża i częściowo rozpuszcza rozmaite składniki litosfery, a następnie osadza z nich napowrót nowe ciała mineralne — i to jest jej praca chemiczna; prócz tego działa ona jeszcze mechanicznie — jako fale morskie, które kruszą brzegi lądu, lub rzeki i strumienie, unoszące żwir, piasek, muł, i w ten sposób dostarcza materiału na rozmaite zlepieńce, piaskowce i t. d. Podobna, chociaż o znaczeniu mniejszem, jest rola powietrza.

Wreszcie z chwilą, kiedy świat zwierzęcy i roślinny zjawił się na ziemi, zaznacza się nowy czynnik w rozwoju stosunków na kuli ziemskiej i w budowie jej litosfery. Rozmaite rośliny dawnych okresów w dziejach ziemi wytworzyły pokłady węgla kamiennego; z wapiennych skorupiek mikroskopijnie drobnych zwierzątek, t. zw. otwornic, które miljardami żyją w morzach, powstają wapienne skały otwornicowe, podobne do kredy; gdzie indziej tworzą się rafy koralowe. Skały, które powstanie swoje zawdzięczają pracy wody, powietrza lub organizmom, nazywamy „osadowemi“.

W ten sposób tworzy się zwolna litosfera. Równocześnie zachodzą jednak ciągle zmiany na naszej planecie zarówno w samej budowie skorupy ziemi, jak i na jej powierzchni, np. w rozmieszczeniu mórz i lądów; zostawiają one ślady po sobie w właściwościach skał, które powstają w tym czasie, w sposobie ułożenia materiału skalnego i w resztkach świata roślinnego i zwierzęcego.

Własnościami ziemi jako całości, jej budową, zjawiskami w hydrosferze i atmosferze, skorupą ziemi i siłami, które na nią działają i t. d.,

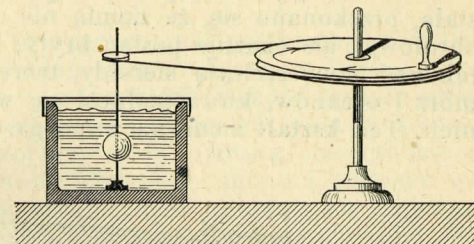
<sup>1)</sup> hýdor (gr.), woda. <sup>2)</sup> bios (gr.), życie. <sup>3)</sup> pyr (gr.), ogień. <sup>4)</sup> barys (gr.), ciężki.

w związku zaś z tem nawet biosferą, przedewszystkiem jej rozmieszczeniem, zajmuje się *geografia fizyczna*; celem jej jest wyjaśnienie przyrodzonych stosunków, obecnie panujących na powierzchni naszej planety. Historia zmian, którym ziemia i te stosunki ulegały w rozwoju swoim aż do chwili dzisiejszej, jest główną treścią *geologii*<sup>1)</sup>.

Dzieje ziemi przedstawiają w pewnym następstwie rozmaite zjawiska i procesy w przyrodzie, podobne zasadniczo do tych, które widzimy obecnie; danych do nakreślenia historii naszej planety dostarcza litosfera. To też poznanie dokładne skorupy ziemskiej i procesów, które obecnie zachodzą w niej i na niej, jest koniecznie potrzebne, tak dla geografa, chcącego rozumieć dzisiejsze stosunki na ziemi, jak i dla geologa, jako jej historyka. W ten sposób już wspólny przedmiot badań wiąże z sobą jak najściślej geografję fizyczną z geologją; prócz tego obie nauki oddają sobie wzajemnie ogromne usługi. Geologja bowiem, odtwarzając dzieje ziemi na podstawie śladów, jakie pozostały po nich przedewszystkiem w litosferze, czerpie wskazówki do zrozumienia tych śladów w zjawiskach obecnych; geograf znowu, chcąc całkowicie rozumieć kształty i inne własności powierzchni ziemi, na które patrzy, zawsze musi sięgnąć do jej przeszłości geologicznej. Określa ten stosunek, zaznaczający się dzisiaj coraz wyraźniej, jeden z geografów angielskich, mówiąc, że z rozwojem nauki musiał przyjść moment, w którym „geologja zaczęła rozważać przeszłość w świetle teraźniejszości, a geografia teraźniejszość w świetle przeszłości“<sup>2)</sup>. Część „nauki o ziemi“ wspólna geografji fizycznej i geologii, a będąca niejako wstępem do właściwej historycznej geologii, nosi nazwę geologii ogólnej; przedmiotem jej przedewszystkiem budowa skorupy ziemskiej, siły, które litosferę kształtują i zjawiska, które temu towarzyszą. Stąd te siły i zjawiska, któremi się zajmuje geologja ogólna, noszą zazwyczaj nazwę „sił i zjawisk geologicznych“.

<sup>1)</sup> ge (gr.), ziemia; lógos (gr.), słowo, nauka. <sup>2)</sup> Jak wogóle nasza kultura umysłowa, tak i nauka o ziemi, t. j. geografia fizyczna i geologja razem wzięte, korzeniami sięga do wiedzy wielkiego narodu Greków starożytnych. I tak już w III w. przed Chr. uczonego aleksandryjskiego, Eratostenesa (275—195), poprzednik znakomitego astronoma i geografa Ptolomeusza (II wiek po Chr.) i twórca nazwy geografji, pierwszy przeprowadza ścisły pomiar ziemi. Później między innymi Strabon (ur. ok. 60 przed Chr., zm. 20 r. po Chr.), chociaż przedstawia w geografji kierunek przedewszystkiem opisowy, jednak interesuje się żywo także przyczynami kształtowania się powierzchni naszej planety i np., opierając się na skamieniałościach, zdaje sobie sprawę nawet z niestałości granic między morzem i lądami, powodowanej podnoszeniem się i opadaniem kontynentów; w ten sposób wskazuje pośrednio, że ziemia ma swoje dzieje, których treścią rozmaite procesy, jak powiedzielibyśmy dzisiaj, geologiczne. Tak więc geografia jako całość, przeto razem z geografją fizyczną, już w czasach starożytnych staje się odrębną gałęzią wiedzy, która później wiele zawdzięcza Arabom, a w erze wielkich odkryć podróżnikom, jak Kolumb, Vasco de Gama, Magellan i inni. W czasach następných zasługuje na uwagę Varenius (1622—1650), jest on bowiem poprzednikiem geografów nowoczesnych, których celem dzisiaj nie sam opis ziemi i zjawisk zachodzących na niej, ale ich ścisłe wytłumaczenie; to też książka Vareniusa „Geographia generalis“ jest dziełem bardzo ważnem w rozwoju geografji fizycznej i wogóle nauki o ziemi. Znacznie później od geografji zaczyna się kształtować geologja, która jako oddzielna umiejętność wyodrębnia się z pośród innych nauk przyrodniczych właściwie dopiero pod koniec XVIII stulecia. Zasługa to między innymi Wernera (1749—1847), profesora Akademji Górniczej we Fryburgu, inżyniera angielskiego Smitha (1769—1839), badającego szczegółowo następstwo skał, z których jest zbudowana Anglja, i skamieniałości, w nich się znajdujące, tudzież francuskiego uczonego Brongniarda (1770—1847), któremu zawdzięczamy poznanie budowy geologicznej okolic Paryża. Później wielcy geografowie, którzy równocześnie są przyrodnikami i geologami, jak twórca geografji dzisiejszej Humboldt (1769—1859), dalej Richthofen (1833—1905) lub współczesny nam profesor amerykański, Davis, łączą geografję fizyczną z geologją węzłami, zacieśniającemi się coraz bardziej.

**Doświadczenia i pytania.** 1. Teorja Laplace'a i Kanta znajduje poniekiąd potwierdzenie także w eksperymencie. Naczynie szklane wypełnia się mieszaniną wody i spirytusu, sporządzoną w ten sposób, aby miała ciężar właściwy dokładnie równy ciężarowi oliwy; potem wpuszcza się do naczynia oliwę w niezbyt wielkiej ilości. Oliwa przybiera kształt kuli, pływającej swobodnie wśród cieczy. W naczyniu znajduje się pręcik metalowy, który dolnym końcem opiera się w panewce na dnie, górnym przechodzi przez otwór w deseczce, umocowanej na wierzchu (ryc. 3). Na górnym końcu pręcika jest kółko, stale nasadzone, z rowkiem na obwodzie; pośrodku części zanurzonej umieszcza się małe krążek żelazny. Pręcik daje się wysuwać i wsuwać; przebiega się nim przeto pływającą kulę oliwy tak, aby krążek znalazł się w jej środku, i łączy się sznurkiem kółko na pręciku z kołem wirownicy, którą wprawia się w szybki ruch obrotowy. Kulka oliwy natychmiast zaczyna się spłaszczać, poczem przeobraża się w pierścień, który, odłączywszy się od krążka, swobodnie wiruje w cieczy. Jeżeli doświadczenie robi się ostrożnie, to tylko część oliwy odrywa się jako pierścień, a reszta, dalej wirując, pozostaje na krążku. Pierścień rozrywa się potem na części, które zlewają się w jedną lub kilka mniejszych kulek. Przeprowadź porównanie przebiegiem tego doświadczenia i tworzeniem się naszego systemu planetarnego podług teorji Kanta i Laplace'a. 2. Jaka prawidłowość zaznacza się w następstwie sfer kuli ziemskiej — od barysfery do atmosfery? 3. Co może być przyczyną nagromadzenia się ciężkich pierwiastków metalicznych przedewszystkiem we wnętrzu ziemi? 4. Jakie zjawiska możemy uważać za następstwo tego, że we wnętrzu ziemi panuje wysoka temperatura, i co wogóle przemawia za tem przypuszczeniem?



Ryc. 3. Przyrząd do doświadczalnego stwierdzenia teorji Laplace'a i Kanta.

## II. Kształt i fizyczne własności ziemi.

### 1. Postać i wielkość kuli ziemskiej.

**Pytania.** 1. Wymień najważniejsze dowody kulistości ziemi. 2. Jaki kształt przybiera kula sprężysta, wprawiona w ruch obrotowy na wirownicy i co jest przyczyną tego?

W odległej już starożytności ugruntowała się nauka o kulistym kształcie ziemi. W tym też czasie powstały usiłowania, aby określić wielkość naszej planety. Pierwsze racjonalne pomiary ziemi łączy się z nazwiskiem aleksandryjskiego uczonego Eratostenesa (porówn. str. 4, uwaga 2). Wyniki, do jakich doszedł on i późniejsi jego naśladowcy, kryły w sobie znaczne błędy z powodu metody, którą się posługiwali. Udoskonalenie jej wprowadziła dopiero wynaleziona w 17 w. przez Snelliusa<sup>1)</sup> triangulacja, a rezultaty, przy jej pomocy otrzymane, nie tylko sprostowały błędy dawniejszych badaczy, lecz także stwierdziły, że ziemia nie jest dokładnie kulą, lecz okazuje spłaszczenie na biegunach a nabrzmienie na równiku, albowiem stopień południkowy w okolicy bieguna jest większy,

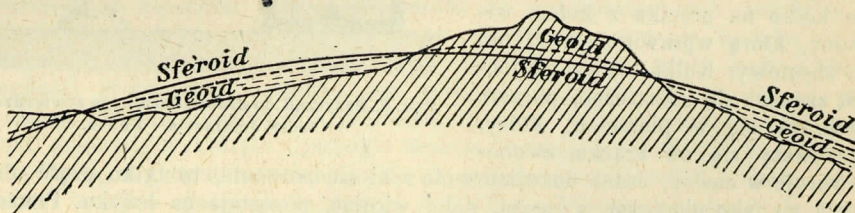
<sup>1)</sup> Snellius Willebrod (1591—1626), profesor matematyki w Lejden, w Holandji.

niż stopień w pobliżu równika. Zatem południk nie przedstawia koła, lecz elipsę, której oś wielka jest średnicą równika, a oś mniejsza osią obrotu. Ziemia jest elipsoidą obrotową czyli sferoidą.

Rozmiary tej sferoidy wynoszą:

promień równika ziemskiego	6.377.4 km
połowa osi ziemskiej	6.356 "
spłaszczenie	$\frac{1}{299}$
powierzchnia	510 milionów km <sup>2</sup> .

W miarę jednak, jak ilość pomiarów na różnych miejscach wzrastała, przekonano się, że ziemia nie ma kształtu prawidłowej elipsoidy obrotowej, ale okazuje postać bryły, której powierzchnia przechodzi pod lub nad powierzchnią sferoidy teoretycznej. Pokazuje to powierzchnia mórz i oceanów, która podnosi się w pobliżu lądów, a obniża zdala od nich. Ten kształt ziemi nazwano geoidą (ryc. 4).



Ryc. 4. Linia ciągła — sferoida (sferoid); grubsza linia kreskowana — geoida (geoid).

**Pytania.** 1. O ile w kształcie kuli ziemskiej możemy dopatrywać się potwierdzenia teorii Kanta-Laplace'a? 2. Wytłumacz działaniem masy kontynentów na wodę mórz podnoszenie się zwierciadła morskiego w pobliżu lądów.

## 2. Zjawiska ciężkości (grawitacyjne) na ziemi.

**Pytania.** 1. Jaka własność fizyczna ziemi znajduje swój wyraz w zjawiskach grawitacyjnych na naszej planecie? 2. Dlaczego wahadła można użyć do pomiarów siły ciężkości? 3. Jaki znasz bardzo prosty przyrząd, służący do wyznaczenia kierunku pionowego i poziomego, którego użycie opiera się na sile ciężkości, dzięki czemu także i ten przyrząd nadaje się do jej badania?

Przy określaniu prawdziwego kształtu ziemi pierwszorzędną rolę odgrywa *siła ciężkości*. Skutkiem jej działania ziemia przyciąga wszystkie ciała, znajdujące się na powierzchni, do swego środka. Gdyby nasza planeta była nieruchomą i dokładną kulą, natężenie siły ciężkości byłoby wszędzie na jej powierzchni jednakowe. W rzeczywistości ziemia odbywa ruch wirowy dokoła swej osi i od kuli różni się nieco swym kształtem. Przy ruchu obrotowym wytwarza się siła odśrodkowa, działająca w kierunku przeciwnym sile przyciągania. Wzrasta ona z odległością od osi obrotu, dlatego też na ziemi jest największa na równiku, a zmniejsza się ku biegunom, ale też wskutek tego natężenie siły ciężkości jest najmniejsze na równiku, a wzrasta ku biegunom. Oprócz tego siła ciężkości pozostaje w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do kwadratu odległości od środka ziemi czyli do promienia ziemskiego. Ponieważ promień ziemski, największy na równiku, zmniejsza się ku biegunom, przeto i z tego powodu natężenie siły ciężkości, najmniejsze na równiku, ku biegunom musi wzrastać.

Do pomiarów siły ciężkości służy wahadło sekundy, nazywane się tak dlatego, że odbywa jedno wachnięcie w jednej sekundzie. Jego długość w Europie środkowej (50° szer.) wynosi 994 mm. Wahadła takie, przeniesione w okolice równikowe, waha się powolniej, a w wyższych szerokościach geograficznych szybciej. Długość wahadła sekundy wzrasta od równika ku biegunom o przeszło 5 mm.

Przy pomocy wahadła i innymi metodami przychodzimy do poznania jeszcze innej własności fizycznej ziemi, a mianowicie jej *średniej gęstości*, która wynosi 5.5. Masa ziemi jest 5<sup>1/2</sup> razy większa, aniżeli masa wody tej samej objętości.

Ponieważ gęstość materiałów, tworzących powierzchnię część litosfery, dostępną dla bezpośrednich badań, jest mniejsza od liczby, wyrażającej średnią gęstość ziemi (woda 1, najważniejsze skały średnio około 2<sup>1/2</sup>), przeto we wnętrzu ziemi muszą się znajdować ciała o średniej gęstości znaczniejszej. Materiał, tworzący kulę ziemską, nie jest jednak rozmieszczony równomiernie. Badania odchylenia pionu i pomiary wahadłowe pouczają, że pod głębiami oceanicznymi znajdują się nagromadzenia większych mas w przeciwieństwie do lądów. Przypuszczalnie ciężkie metale wogóle, a przede wszystkim żelazo, stanowią główny składnik wnętrza ziemi.

Już stosunkowo płytko pod powierzchnią ziemi panują ogromne ciśnienia, skierowane do jej wnętrza. Są one przyczyną, że w głębszych partiach litosfery wszystkie skały posiadają pewnego rodzaju plastyczność, a w środkowej części ziemi przypisujemy materji, bez względu na jej stan skupienia, bardzo znaczną gęstość i sztywność mniej więcej stali.

**Pytania.** 1. W jaki sposób wzór na okres wachnięcia:  $t = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  jest podstawą, na której opieramy się, określając wielkość siły przyciągania przy pomocy wahadła sekundy? 2. O olbrzymich ciśnieniach, jakie panują w samym środku ziemi, daję pojęcie ciśnienie, wywierane na podstawie przez słup o przekroju 1 cm<sup>2</sup>, o ciężarze właściwym 5.5 (średnia gęstość ziemi) i wysokości równej promieniowi ziemskiemu. Oblicz i podaj to ciśnienie w kilogramach, a następnie przelicz na atmosfery. 3. Jeżeli meteoryty są — jak przypuszczają — częściami jakiejś planety, która się rozpadła, czy możemy widzieć w nich potwierdzenie teorii metalicznego, głównie żelaznego jądra ziemi i dlaczego?

## 3. Własności magnetyczne kuli ziemskiej i związane z niemi zjawiska elektryczne.

**Pytania.** 1. Co nazywamy biegunami magnesu? 2. Z czym możesz porównać kulę ziemską, biorąc na uwagę zachowanie się na niej igły magnesowej?

Z tem, że wewnątrz ziemi jest metaliczne, przeważnie żelazne, pozostaje w związku znane zjawisko magnetyzmu ziemskiego. Ziemia działa jak wielki magnes, ale nie wszędzie i nie zawsze przejawia się to jednakowo. Chwilowy stan magnetyczny jakiegoś miejsca na powierzchni ziemi określają trzy elementy: *zboczenie magnetyczne* (deklinacja), *nachylenie magnetyczne* (inklinacja) i *natężenie magnetyczne*.

Zboczenie i nachylenie magnetyczne objawia się tem, że igła magnesowa, umieszczona na osi pionowej, zbacza od kierunku południkowego, zaś nachyla się do płaszczyzny widnokregu, jeżeli może swobodnie obracać się na osi poziomej; wychylona ze swego właściwego położenia, wykonywa w pewnym czasie pewną ilość wachnięć zależnie od wielkości

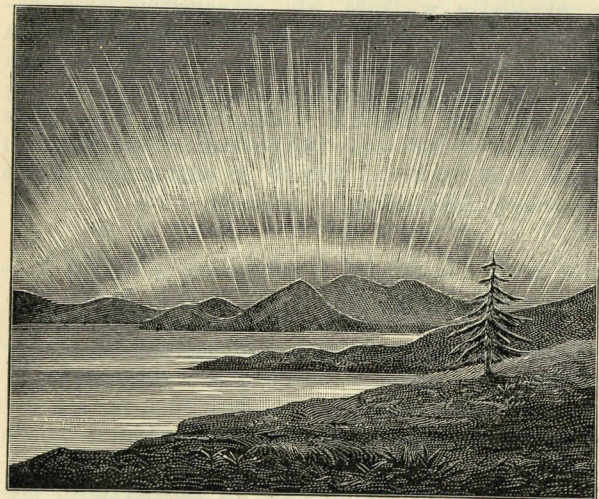
siły magnetycznej czyli od natężenia magnetycznego. Zachowanie się igły magnesowej w rozmaitych miejscach ziemi jest rozmaite. W Krakowie wynosi zboczenie przeszło  $5\frac{1}{2}^{\circ}$  na zachód, nachylenie  $64^{\circ}$ , a siła magnetyczna (składowa pozioma)  $0.202$  w t. zw. jednostkach Gaussa: Dane te dotyczą roku 1909.



Ryc. 5. Polarna zorza wstęgowa.

Rozmieszczenie elementów magnetycznych na ziemi przedstawia się na kartach geograficznych. Dostateczny materiał obserwacyjny daje możliwość wykreślenia linii, łączących miejscowości o równym zboczeniu, o równym nachyleniu i o równej sile magnetycznej. Pierwsze z nich nazywamy *izogonami*<sup>1)</sup>, drugie *izoklinami*<sup>2)</sup>, a trzecie *izodynamami*<sup>3)</sup>. Najważniejszą izokliną, opasującą ziemię w linii nieregularnej, jest t. zw. *równik magnetyczny*, na którym igła nachylenia zajmuje położenie poziome. Tam, gdzie nachylenie magnetyczne wynosi  $90^{\circ}$ , leżą bieguny magnetyczne, jeden na półkuli północnej, drugi na półkuli południowej. Bieguny magnetyczne są oddalone od biegunów ziemskich o kilkanaście stopni. Ponieważ elementy zmieniają się nie tylko ze zmianą miejsca na ziemi, lecz także z czasem, przeto karty, przedstawiające stosunki magnetyczne ziemi a obliczone dla określonego czasu, mają wartość tylko dla krótkiego okresu lat.

W okolicach, położonych w większych szerokościach geograficznych, a zwłaszcza blisko biegunów magnetycznych, zdarzają się w północnej stronie nieba wspaniałe zjawiska świetlne, znane pod nazwą *zórz polarnych*. Ukazują się one najczęściej w postaci promienistej lub w kształcie



Ryc. 6. Polarna zorza promienista.

W okolicach, położonych w większych szerokościach geograficznych, a zwłaszcza blisko biegunów magnetycznych, zdarzają się w północnej stronie nieba wspaniałe zjawiska świetlne, znane pod nazwą *zórz polarnych*. Ukazują się one najczęściej w postaci promienistej lub w kształcie

<sup>1)</sup> izos (gr.), równy; gonía (gr.), kąć. <sup>2)</sup> klino, (gr.) nachyłam się. <sup>3)</sup> dýnamis (gr.), siła.

wstęg, zmieniając zresztą ustawicznie swój zarys (ryc. 5 i 6). Co do barw przedstawiają się nader rozmaicie, chociaż najczęściej mienią się barwą czerwionawą i żółtą. Dawniej szukano przyczyny zórz polarnych w bezpośrednim działaniu magnetyzmu ziemskiego, gdyż towarzyszą im znaczne zaburzenia w zjawiskach magnetycznych ziemi, a nadto stwierdzono, że zorze polarne pojawiają się kolisto zgrupowane dokoła bieguna magnetycznego. Dzisiaj uważa się zorze polarne za zjawisko elektryczne, co wykazały badania spektroskopowe, a magnetyzm ziemski, względnie ruch wirowy tego wielkiego magnesu, jakim jest ziemia, dostarcza jedynie powietrzu znacznych zasobów elektryczności, która gromadzi się obficie w bliskości biegunów magnetycznych.

**Pytanie.** Czy u nas można czasem obserwować zorze polarne?

#### 4. Ciepło ziemi.

**Pytania.** 1. Czy różnica między najniższą temperaturą w zimie i najwyższą w lecie jest ta sama w piwnicy, co na powierzchni ziemi? 2. Dlaczego jarzyny zabezpieczamy przed mrozem, zakopując je w polu lub trzymając w piwnicy? 3. Jaką temperaturę posiada zwykła woda źródłana, tryskająca z głębi ziemi? Czy temperatura ta ulega wahaniom i jakim? 4. W jakiej piwnicy będzie mniejsza różnica między maksimum temperatury w lecie, a minimum w zimie — w płytkiej czy głębokiej? 5. Co wiemy o temperaturze panującej w głębokich kopalniach?

*Temperatura ziemi* na samej powierzchni zależy wyłącznie od słońca i ulega takim samym wahaniom, jak ciepłota powietrza. Ale już zaraz pod powierzchnią wahania te stają się coraz mniejsze i wreszcie znikają zupełnie w pewnej głębokości, w której panuje temperatura stała, równa średniej temperaturze za całego roku w danej miejscowości. Głębokość, w jakiej spotykamy pierwszą temperaturę stałą, zależy od stosunków klimatycznych. W klimacie umiarkowanym, ze znaczną różnicą między najwyższą i najniższą temperaturą roczną, odstęp między maksimum letniem i minimum zimowym, słabnąc w miarę głębokości, znika wreszcie zupełnie dopiero w 20 do 25 m pod powierzchnią; w klimacie polarnym lub tropikalnym wahania roczne temperatury powietrza są bardzo małe i nie przekraczają 6 m w głąb litosfery. Wahania miesięczne znikają jeszcze prędzej w głębi skorupy ziemskiej, aienne dają się zauważyć tylko zupełnie płytko pod powierzchnią.

Jeżeli od głębokości, w której panuje stale temperatura średnia roczna, będziemy się dalej w głąb zapuszczali, to stwierdzimy ciągły przyrost temperatury o  $1^{\circ}\text{C}$  mniej więcej co 33 do 35 m. Tę głębokość potrzebną, aby temperatura wzrosła o  $1^{\circ}\text{C}$ , nazywamy stopniem albo *gradjentem*<sup>1)</sup> *geotermicznym*. W okolicach wulkanicznych, np. w wielu miejscach w Japonji, bywa on znacznie mniejszy; niekiedy może być większy, np. wewnątrz wielkich mas górskich; w tunelu Gottharda wynosi około 45 m.

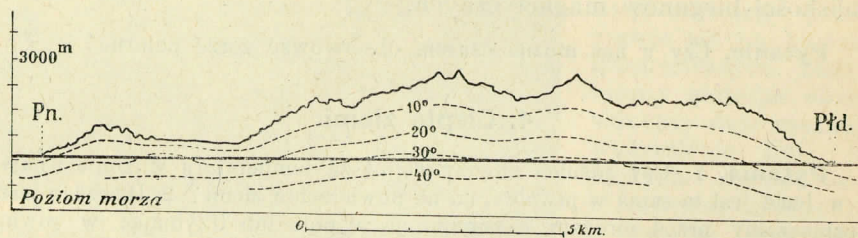
Oczywiście jest rzeczą zrozumiałą, że w krajach polarnych, o temperaturze średniej rocznej niżej  $0$ , ziemia rozmarza latem tylko płytko pod powierzchnią; poniżej jest stale zamrożona aż do tej głębokości, w której skutkiem ciągłego

<sup>1)</sup> gradior (łac.), ide, stąpam, postępuję.



przyrostu temperatury, zgodnie z wielkością gradientu, musimy dojść do temperatury 0° C.

Jeżeli wyobrazimy sobie przekrój przez litosferę w danym miejscu i połączymy na nim punkty o równej temperaturze linjami, to uzyskane w ten sposób linie noszą nazwę *geoizoterm*. Przebiegają one naogół w ten sposób, że mniej więcej stosują się do rzeźby powierzchni skorupy ziemskiej, podnosząc się wewnątrz wielkich mas górskich, przyczem zazwyczaj zwiększa się między nimi oddalenie (por. o gradientach), a wynajając się w głąb pod dolinami (ryc. 7).



Ryc. 7. Przekrój przez Gottharda z przebiegiem geoizoterm, zaznaczonych co 10° C; linia ciągła oznacza tunel. (Według Heima).

Przyrost temperatury ku środkowi ziemi stwierdzono doświadczalnie tylko do bardzo nieznacznej głębokości w porównaniu z promieniem kuli ziemskiej. Najgłębsze wiercenia — w Czuchowie na Śląsku i w Szubinie koło Bydgoszczy — stosunkowo nieznacznie przekroczyły 2000 m. Ale jeżeli przyrost ten istnieje i dalej w głąb, mniej więcej taki, jak w częściach powierzchniowych litosfery, to wewnątrz kuli ziemskiej musi panować temperatura niezmiernie wysoka. Stąd i *grubość skorupy ziemskiej* nie może być zbyt wielka i dochodzi, jak przypuszczają, co najwyżej paruset kilometrów, a samo wnętrze naszej planety znajduje się prawdopodobnie w stanie gazu, ale — jak wiemy — o bardzo wielkiej gęstości i sztywności ciał stałych z powodu olbrzymiego ciśnienia, jakie tam panuje.

**Pytania.** 1. W jakiej głębokości panuje w litosferze temperatura 100° C i 1000° C, jeżeli przyjmujemy normalny gradient i stale ten sam przyrost temperatury? 2. Jakiej temperatury możemy się spodziewać w tunelu, który przebiega znacznie górze, mimo, że biegnie mniej więcej poziomo? 3. Dlaczego we wnętrzu wysokich gór stopień geotermiczny zazwyczaj bywa większy, niż normalnie? 4. Jaki zachodzi związek między temperaturą topliwości a ciśnieniem i dlaczego można przyjmować grubość litosfery nawet większą, niż 100 kilometrów, mimo że już znacznie płycej panuje temperatura topliwości nawet takich ciał, jak np. platyna i t. d.? 5. Co to jest „temperatura krytyczna“ i na jakiej podstawie można przypuszczać, że we wnętrzu ziemi pomimo olbrzymich ciśnień, jakie tam panują, materia znajduje się w stanie gazowym? 6. Jakie jest źródło pierwotne tych ogromnych zasobów ciepła, które ziemia posiada w swym wnętrzu dzięki panującej tam niezmiernie wysokiej temperaturze? 7. Z jakich źródeł czerpie nasza planeta swoje ciepło, jeżeli weźmiemy pod uwagę wnętrze ziemi i jej powierzchnię?

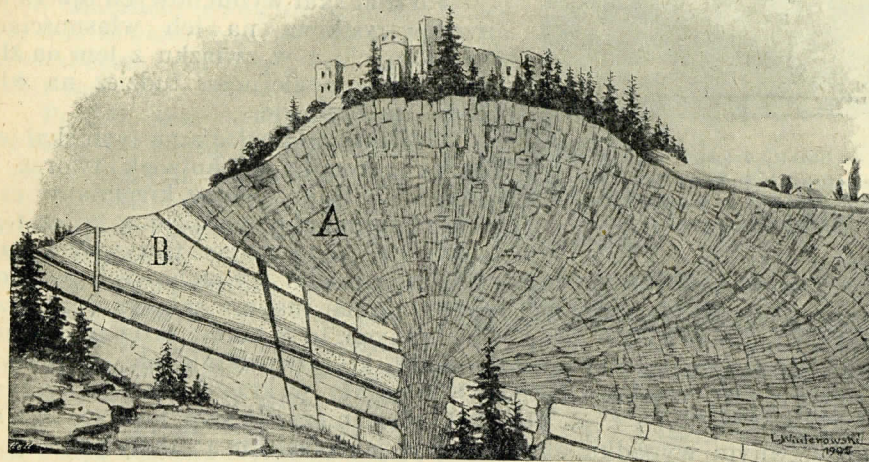
### III. Litosfera.

#### 1. O najważniejszych skałach jako materiale budulcowym litosfery<sup>1)</sup> (petrografia<sup>2)</sup>).

##### a) Skały wybuchowe.

**Pytanie.** Gdzie możemy obecnie widzieć tworzenie się skał wybuchowych?

Wiemy, że t. zw. skały wybuchowe są pierwotnym materiałem skorupy ziemskiej, z którego wszystkie inne powstały lub dzisiaj się tworzą (por. str. 3). Skałom wybuchowym daje początek masa, która dobywa się z głębi ziemi w stanie ognisto-ciekłym, mając temperaturę wyższą 1000° C; nosi ona, jak wiemy, nazwę „magma“. Dlatego też i skały, które z niej powstają, nazywają się inaczej *magmatycznymi*. Magma, dobywając się z głębi szczelinami w skorupie ziemskiej, tworzy „żyły

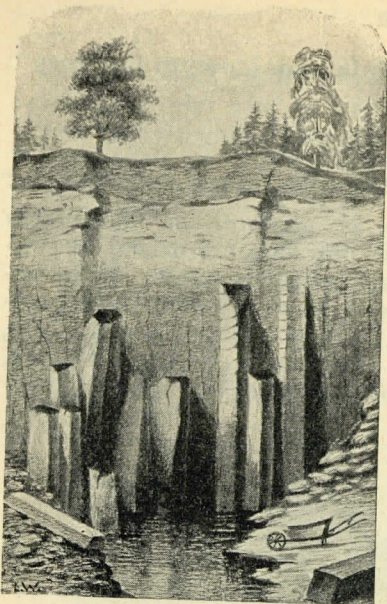


Ryc. 8. Przekrój przez górę z ruinami zamku Tenczyńskich w Rudnie pod Tenczynkiem. Żyłta skały wybuchowej (A), zwanej melafirem, przecinająca warstwy piaskowców i łupków ilastych (B) z wtrąconymi pokładami węgla kamiennego. (Według Fr. Bartoneca).

skalne“ lub większe skupienia, czyli „pnie“. Oczywiście nie okazują one takiego uwarstwienia, jakie widzimy na piaskowcach, wapieniach i t. p., osadzonych w wodzie (skały osadowe). Stąd również używana nazwa: *skały masywne* (por. ryc. 8).

Skały wybuchowe czasem dzielą się słupowo lub płytowo, jest to jednak zawsze następstwem dopiero późniejszych wpływów — stygnięcia,

<sup>1)</sup> Te wiadomości, dotyczące minerałów, które są konieczne potrzebne do nauki o skałach, można znaleźć w każdym podręczniku gimnazjalnym mineralogii (por. Dodatek na końcu książki). Przeglądniej także w II części książki tablicę podziału skał według wieku geologicznego. Przy ich opisie, przy używaniu mapy geologicznej i przy omawianiu później pewnych zjawisk i t. d., będziemy się posługiwali nazwami, określającymi ten wiek, np. wapień sylurski, marmur wieku dewońskiego, karboński, triasowy, jurajski, kredowy, trzeciorzędny, czasy dyluwjalne, mezozoiczne, paleozoiczne i t. p.; co one znaczą, objaśni ta tablica. <sup>2)</sup> pétra (gr.), skała; grápho (gr.), pisać, opisywać.



Ryc. 9. Bazalt, dzielący się słupowo, w Berestowcu koło Równa na Wołyniu. (Według rysunku w warszawskim Pamiętniku Fizjograficznym).

kurczenia się i t. p. Bazalty, tworzące t. zw. grotę Fingala na wyspie Staffa, przedstawiają powszechnie znany przykład słupowej „oddzielności“ skał wybuchowych; u nas można to widzieć np. na bazalcie w okolicy Równa (ryc. 9).

Skały wapienne, gliniaste i inne skutkiem zetknięcia się z wybuchową masą ognisto-ciekłą ulegają przepaleniu i wpływem chemicznym rozmaitych gazów, które magma zawiera w wielkiej ilości. Widzimy np., jak zwyczajne wapienie zmieniają się w takim razie w twarde i zbite „jaspisy porcelanowe“, przy czym „kontaktowi“<sup>1)</sup> tego rodzaju towarzyszy nieraz powstanie licznych i pięknych minerałów w pasie zetknięcia.

Podział skał wybuchowych opiera się przede wszystkim na ich własnościach chemicznych, a w związku z tem na złożeniu mineralogicznym, tudzież na właściwej im budowie.

Złożenie mineralogiczne tych skał jest bardzo rozmaite, jakkolwiek tworzą je przeważnie tylko pewne krzemiany, czasem z krzemionką wydzieloną prócz tego oddzielnie, jako kwarciec. Oczywiście przy-

czyną rozmaitego złożenia mineralogicznego skał wybuchowych jest rozmaite *złożenie chemiczne* samej magmy. Jeżeli magma zawiera dużo krzemionki, a mało związków żelaza i podobnych, to w takim razie nazywamy ją kwaśną i mogą z niej powstać skały, które zawierają nie tylko jasne krzemiany, jak ortoklaz ( $K_2Al_2Si_6O_{16}$ ) bogaty w krzemionkę, jasny łyszczyk ( $H_2KAl_3Si_3O_{12}$ ) i t. p., ale obok nich nieraz i sam kwarciec ( $SiO_2$ ). W przeciwnym wypadku określa się ją jako zasadową; skały powstające z takiej magmy nie posiadają krzemionki wolnej, zamiast ortoklazu zawierają uboższe w krzemionkę, a więc mniej kwaśne plagioklasy (np. labrador,  $mNaAlSi_3O_8 + nCaAl_2Si_2O_8$ ), a poza tem okazują wielką ilość ciemnych krzemianów żelaza i magnezu, np. amfibol [krzemian Mg, Fe, Ca, (Al, Na)], augit (złożenie chemiczne podobne, jak amfibolu), oliwin [ $(FeMg)_2SiO_4$ ], prócz tego często czarny magnetyt ( $Fe_3O_4$ ), a niekiedy nawet żelazo rodzime. Skały kwaśne i zasadowe, które powstają z magm takich, różnią się zatem nawet barwą już na pierwszy rzut oka, pierwsze bowiem są jasne, drugie ciemne; niemniej także charakteryzuje je ciężar właściwy, gdyż skały zasadowe są stosunkowo ciężkie (gęstość ich dochodzi, a nawet przekracza 3), podczas gdy kwaśne bywają znacznie lżejsze (gęstość około 2:6).

Budowa skał wybuchowych jest zazwyczaj mniej lub więcej krystaliczna, a składniki mineralne tych skał przedstawiają się jako oddzielne kryształy lepiej lub gorzej wykształcone. Należy wszakże pamiętać, że bardzo wiele zależy tu od warunków, wśród których dana

<sup>1)</sup> contactus (łac.), zetknięcie.

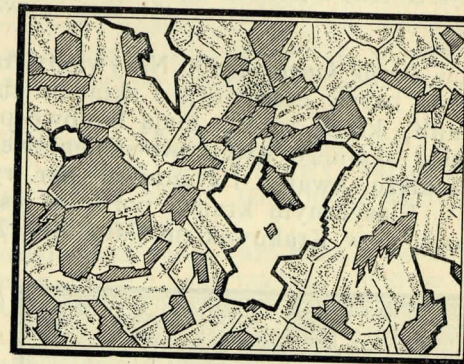
magma krzepła, w związku z tem od szybkości, z jaką ten proces postępował i t. p. Łatwo przekonać się na dzisiejszych „ławach“ (czyli skałach, które powstały z magmy wulkanów doby nam współczesnej), że, jeżeli stygną bardzo szybko, np. na powierzchni strumienia lawowego, kryształy nie mogą się wydzielić i skała przybiera budowę „szkliwą“. Z głębszych jednak partyj lawy, gdzie stygnięcie odbywa się znacznie wolniej, powstaje skała, która posiada bardzo drobno-krystaliczną, pozornie jednostajną czyli zbitą masę zasadniczą, a wśród niej rozrzucone większe kryształy. Widzimy taką budowę bardzo dobrze na porfirach i nazywamy ją dlatego „porfirową“ (por. ryc. 12). Widocznie owe dobrze wykształcone, t. zw. „prakryształy“ wytworzyły się, kiedy magma wybuchowa była jeszcze zupełnie ciekłą, a później dopiero, skutkiem szybszego krzepnięcia, przyczem już nie mogły wydzielać się kryształy większe, powstała drobnoziarnista, zbita masa zasadnicza skały, czyli t. zw. „ciasto skalne“. Zupełnie inaczej przedstawiają się skały, którym dała początek magma, stygnąca w głębi skorupy ziemskiej, zwolna i pod znacznym ciśnieniem; okazują one zawsze wyraźną budowę „krystalicznie ziarnistą“, jak np. granit (por. ryc. 10).

Pośród skał wybuchowych rozróżnia się szereg grup naturalnych, z których każda obejmuje skały o zbliżonych własnościach chemicznych i podobnym złożeniu mineralogicznym, bo wytworzone przez taką samą magmę. W obrębie poszczególnych grup określa się jedne skały jako „plutoniczne“, inne jako „wulkaniczne“. Pierwsze z nich powstały z magmy, krzepnącej w głębi skorupy ziemskiej, mają zatem budowę wyraźnie ziarnisto-krystaliczną; drugim dała początek magma, która dożyła się na powierzchnię, dlatego okazują one budowę porfirową, często z większą lub mniejszą ilością szkliwa w cieście skalnym, a niekiedy tworzą nawet całe masy szkliste. Skały tego rodzaju mogą także okazywać liczne, większe lub mniejsze próżnie, nieraz wypełnione rozmaitemi minerałami, a czasem przybierają budowę wprost gąbczastą (np. pumeksy); jest to następstwem działania gazów, zawartych w magmie.

**Grupa granitu.** *Granit*<sup>1)</sup>. Miano to noszą skały wybuchowe plutoniczne, a więc o budowie krystalicznie ziarnistej, złożone z ziarn kwarcu, różowego lub białego ortoklazu, tudzież z blaszek łyszczyków — muskowitu i ciemnego biotyту (por. ryc. 10). Są to skały bardzo kwaśne, zwykle barwy mniej lub więcej jasnej, szarej lub czerwonej; dostarczają wybornego materiału ciosowego, brukowego i t. p.

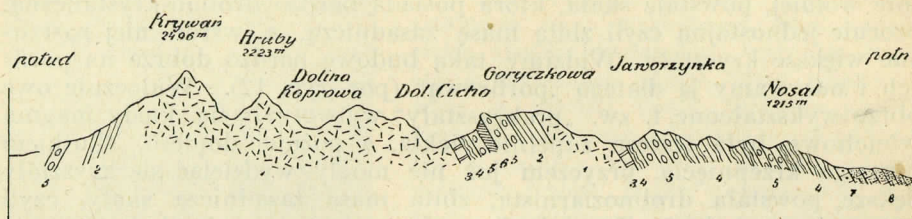
Prócz granitów, które krzepły w głębi skorupy ziemskiej w potężnych pniach lub żyłach, widzimy je nieraz niby fundament pod skałami osadowymi na przestrzeni wielu tysięcy kilometrów kwadratowych lub.

<sup>1)</sup> granum (łac.), ziarno.



Ryc. 10. Polerowany granit, oglądany w powiększeniu. Ziarna zmętniałe — skalenie; partje zupełnie czyste — kwarciec; miejsca zakreskowane — łyszczyk.

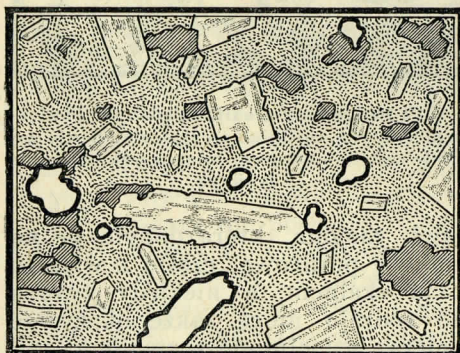
jako skały, wchodzące w skład jądra całych łańcuchów i systemów górskich. Rozległe obszary zajmują granity na półwyspie Skandynawskim, w Finlandji, w Czechach, na Wołyniu i Ukrainie (ukraińska płyta granitowa, „porohy“ dniewprowe); jak wiadomo — granitowy jest także środkowy trzon Tatr (por. ryc. 11), Alp i wielu innych systemów górskich.



Ryc. 11. Tatry w przekroju (profilu) geologicznym. 1 — granity; 2 — gnejsy; 3—8 — rozmaite skały osadowe. (Według Uhliga).

**Porfir kwarcowy**<sup>1)</sup>. Nazywamy tak wulkaniczne skały wybuchowe często barwy czerwonej, o składzie chemicznym i mineralogicznym, jak granit, które jednak mają budowę porfirową, składając się ze zbitego ciasta skalnego kwarcowo-skaleniowego i wydzielonych prakryształów ortoklaz, kwarcu i łuszczyku (por. ryc. 12).

Klasycznym krajem porfirów jest południowy Tyrol; u nas spotykamy je w Krakowskim (Miękinia, Zalas i t. d.), gdzie dostarczają materjału na kostki brukowe, np. dla Krakowa i Lwowa. Skałą pokrewną jest *liparyt*, zawierający w cieście skalnym nieraz dużo szkliwa.



Ryc. 12. Porfir kwarcowy, oglądany w cienkiej płytce przez mikroskop. Część delikatnie zakropkowana — ciasto skalne; w niem rozrzucone prakryształy: nieco zmętniałe — skalenie, bezbarwne — kwarc, zakreskowane — płytki biotyty.

kwaśny, niż granit; budowa jego ziarnista, jest bowiem skałą plutoniczną. Towarzyszy nieraz granitom, ale znajduje się zwykle w masach znacznie mniejszych, niż one.

**Trachit**<sup>3)</sup> przedstawia skały zazwyczaj barwy szarej i szorstkie w dotknięciu. Wśród skalnego ciasta głównie ortoklazowego, poczęści

<sup>1)</sup> Od czerwonej barwy, właściwej wielu porfirom; porphyra (gr.), purpura. <sup>2)</sup> Od miejscowości Syene (Assuan) w Egipcie. <sup>3)</sup> trachys (gr.), szorstki.

szklistego, widzimy wydzielone obficie prakryształy ortoklaz i rzadziej rozrzucony amfibol (tudzież drugorzędnie plagioklaz z łuszczykiem ciemnym).

Trachity są pospolitemi skałami wulkanicznymi, występują na znacznych przestrzeniach i w bardzo wielu miejscach, między innymi w północnych Węgrzech, w Owernji (Auvergne) i t. d.

**Trachitowe smołowce, obsydjany** i t. p. (słabo kwaśne) towarzyszą nieraz tej skale.

**Grupa diorytu.** Prócz plutonicznego *diorytu*, złożonego z ziarn przedewszystkiem plagioklaz i amfibolu, należy tu między innymi wulkaniczny *andezyt*<sup>1)</sup>, który składa się z prakryształów tych samych minerałów wśród amfibolowo-plagioklazowego ciasta skalnego z pewną zawartością szkliwa. Andezyty znajdują się w licznych punktach w Pieninach — koło Szczawnicy, Czorsztyna i t. d.

Razem z andezytami spotyka się *obsydjany*, *smołowce*, *pumeksy andezytowe*.

**Grupa skał gabrowych.** Skały plutoniczne tej rodziny przedstawia między innymi piękny, ciemny *labradoryt*, znajdujący się na Wołyniu w okolicy Żytomierza i t. d.; skaleniem jest w nim mieniący się labrador. Bazalt z melafirem i diabazem należą do gabrowych skał wulkanicznych.

**Bazalt** (w pewnych odmianach zwany *dolerytem* i *anamezytem*). Pod tą nazwą wyróżnia się młode, silnie zasadowe skały barwy czarniawej, o budowie porfirowej, na oko często prawie zbite. Głównymi składnikami bazaltu są labrador, augit, oliwin, magnetyt.

Bazalt jest to skała bardzo rozpowszechniona, używana często na kostki brukowe i wogóle do budowy dróg. U nas rzadki, znajduje się tylko tu i ówdzie na Śląsku i na Wołyniu, na północ od Równa. Bazalty okazują bardzo często własność słupowego dzielenia się, jak to widzimy właśnie na anamezytach wołyńskich (por. ryc. 9).

Zbliżone do bazaltu (tylko znacznie starsze co do czasu powstania czyli swego wieku geologicznego) *diabazy* i *melafiry* znajdują się u nas w ziemi krakowskiej koło Krzeszowic (Tenczynek, ryc. 8) i Alwernji; melafiry krzeszowickie są wykształcone często jako t. zw. *migdalo wce*, z licznymi próżniami, wypełnionymi przez pewne minerały, które osadziła tam woda, przesiąkająca wszystkie skały. Skałę diabazową, względnie bazaltową, znaleziono u nas w ostatnich latach także w Kieleckiem, we wsi Wieleki i między Bardem Dolnym a Czyżowem koło Łagowa.

**Zasadowe (bazaltowe) smołowce, obsydjany** i t. d. zamykają szereg skał, tworzących tę rodzinę.

Skałą wulkaniczną, pokrewną z grupą gabra, jest *cieszynit* w Karpatach śląskich i *limburgit* w Tatrach (między Osobitą a Bobrowcem).

**Grupa skał oliwinowych.** *Perydotyty*<sup>2)</sup> (plutoniczne skały oliwinowe) przedstawiają typ skał najbardziej zasadowych, albowiem składają się przeważnie tylko z oliwinu i minerałów pokrewnych augitowi. Są one dość rzadkie na powierzchni kuli ziemskiej, a podobieństwo ich do niektórych meteorytów zastępuje na uwagę (por. str. 2).

Produkty wybuchowe dzisiejszych wulkanów przedstawiają się przeważnie jako t. zw. *lawy*. Rozróżnia się zasadowe lawy bazaltowe, kwa-

<sup>1)</sup> Od gór Andów. <sup>2)</sup> Perydot jest jedną z nazw dla oliwinu.

śne — liparytowe lub trachitowe — i pośrednie pod tym względem lawy andezytowe, a często jeden i ten sam wulkan, w następujących po sobie okresach, wyrzucał najpierw jedno z nich, potem drugie. Wezwujsz np. zbudował sobie naprzód trachitową podstawę, ale później dostarczał już tylko law zbliżonych do bazaltu. Lawy wulkanów, stygnące na samej powierzchni, mają zwykle przy wielkiej obfitości szklawa strukturę bardzo bańczastą, a nawet gąbczastą.

W związku z magmą tworzą się czasem potężne złoża rud żelaznych pochodzenia magmatycznego, np. złoża magnetytu ( $Fe_3O_4$ ), które mogą powstawać wprost przez wydzielanie się tego minerału w samej magmie (w Gellivaara i Kiirunavaara w północnej Szwecji i t. d.).

Z magmy, rozpylonej podczas wybuchu, czyli z popiołów wulkanicznych powstają skały, zwane *tufami*. Stanowią one jakby przejście od skał wybuchowych do osadowych, materiał ich bowiem jest pochodzenia wybuchowego, ale powstają przez osadzanie się.

Od kilkudziesięciu lat wprowadzono *użycie mikroskopu do badania skał* rozmaitych. Pozwoliło to zapoznać się dokładnie z wielu szczegółami ich budowy i rzuciło światło na sposób tworzenia się ich składników mineralnych. Do oglądania pod mikroskopem szlifuje się ze skały płytkę tak cieką, aby była zupełnie przezroczysta; rozmaite szczegóły budowy danej skały i minerałów, które ją tworzą, można zauważyć w takich „szlifach“ bardzo wyraźnie. Ryc. 10 i 12 przedstawiają w rysunku schematycznym dwie skały, oglądane w ten sposób. Jednym z pierwszych i głównych twórców metody badania mikroskopowego skał był Ferdynand Zirkel<sup>1)</sup>.

Dokładne badania każdej ze skał, o których wyżej była mowa, pouczyły, że w większości wypadków tworzą je, prócz typowych i charakterystycznych składników, jeszcze rozmaite składniki drugorzędne albo dodatkowe. Takim bardzo ważnym składnikiem dodatkowym wielu skał wybuchowych jest np. apatyt,  $Ca_5(ClF) \cdot (PO_4)_3$ .

**Zadania i pytania.** 1. Ze skały sporządza się *petrograficzny preparat do badania mikroskopowego* w następujący sposób. Z większego okazu odbija się młotkiem stalowym kawałek takiej wielkości, aby po wyszlifowaniu powstała płytkę o powierzchni co najmniej jednego centymetra kwadratowego. Następnie na płycie piaskowca np. trembowelskiego, a jeszcze lepiej na taflie stalowej, szlifuje się grubszym szmirgłem jedną stronę odłupanego kawałka, trzymając go w palcach, dopóki nie powstanie powierzchnia zupełnie płaska. Wtedy gładzi się ją, najpierw na szkle matowym przy pomocy szmirglu zupełnie miękkiego, a następnie na matowej taflie samej; po wysuszeniu przykleja się szlifowany kawałek gładką powierzchnią do płytki szklanej. Do przyklejenia używa się balsamu kanadyjskiego, który podgrzewa się na lampce spirytusowej. Zkolei ujmuje się w palce szkiełko i szlifuje się drugą stronę preparatu, dopóki nie zrobi się zupełnie przezroczysty, tak że można przez niego czytać litery. Wtedy gładzi się tę stronę, jak już opisano, przenosi się płytkę, po podgrzaniu jej, na t. zw. szkiełko przedmiotowe i po zalaniu kroplą ogrzanego balsamu kanadyjskiego, przykrywa się ją z wierzchu cieniutkiem, t. zw. przykrywkowym szkiełkiem, uważając, aby nie powstały bańki powietrza. Preparat, w ten sposób przygotowany, jest gotowy do oglądania pod mikroskopem. 2. Wybierz u kamieniarza rozmaite próbki skał wybuchowych,

<sup>1)</sup> Zirkel Ferdynand (ur. w r. 1838 w Bonn, umarł tamże w r. 1912). W latach 60-tych ubiegłego stulecia zajmował katedrę profesorską we Lwowie, w uniwersytecie naówczas jeszcze niemieckim. Później był profesorem w Lipsku.

używanych np. na pomniki i zbadaj je pod mikroskopem, sporządziwszy z nich odpowiednie preparaty. 3. Postaraj się o okaz granitu i bazaltu, określ, która z tych skał posiada większy ciężar właściwy, i podaj przyczynę tej różnicy. 4. Skąd pochodzi barwa czarna bazaltu, a szara albo czerwona granitu? 5. Jakie znasz polskie wybuchowe skały plutoniczne i gdzie się znajdują? Jakie skały wulkaniczne posiadamy u siebie i gdzie? Wyszukaj jedne i drugie na mapie geologicznej Rzeczypospolitej. Na kartach tego rodzaju pewne barwy oznaczają skały wybuchowe, inne — skały pochodzenia osadowego; kolory tych ostatnich określają przede wszystkim t. zw. wiek geologiczny (sylurski, jurajski, kredowy i t. p.). 6. Która skała jest starsza, czy wybuchowa, która tworzy żyłę, czy np. wapień, który ta żyła przecina?

**b) Skały osadowe.**

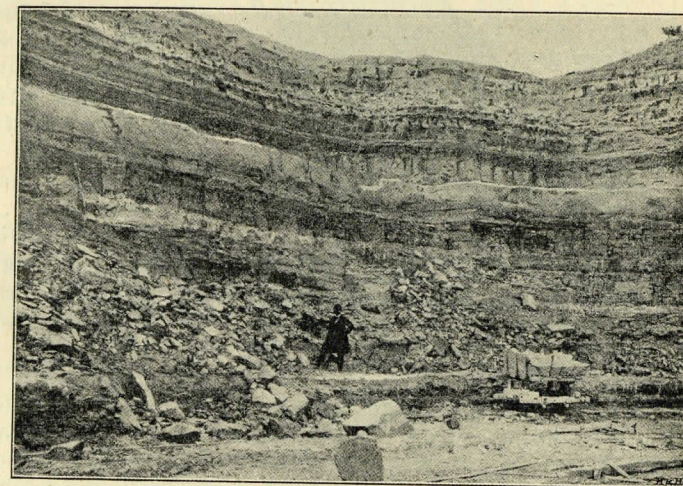
**Pytania.** 1. Jakie znasz skały osadowe, skąd ta ich nazwa, i co wiesz bliżej o sposobach ich powstania? 2. O ile skały osadowe różnią się od wybuchowych sposobem znajdowania się w przyrodzie?

Wszystkie piaskowce, zlepieńce, gliny i t. p., czyli skały złożone z mniejszych lub większych okruchów mineralnych, dalej takie skały, które osadziły się z ciał rozpuszczonych w wodzie (t. zw. osady chemiczne), np. gips, sól kamienna,

a wreszcie składniki litosfery pochodzenia organicznego, jak wapień, są to w przeciwstawieniu do utworów wybuchowych „skały osadowe“. Większość ich jest osadem na dnie wód rozmaitych, a dla przeważnej ich części jest cechą szczególnie charakterystyczną, prócz sposobu powstania, także właściwy sposób znajdowania się. Okazują one bowiem zazwyczaj mniej lub więcej wyraźne uwarstwienie (por. ryc. 13) i dlatego nazywają się także skałami warstwowymi, w odróżnieniu od skał masywnych (wybuchowych). Oczywiście przy normalnym ułożeniu warstwy starsze tych skał leżą zawsze głębiej, pod młodszymi.

W skałach, które powstają w taki sposób, znajdują się zwykle rozmaite resztki świata organicznego czyli t. zw. skamieniałości, odmienne w morskich utworach, a inne w takich, które się osadziły w jeziorach lub nawet na lądzie suchym.

Skały osadowe odgrywają dominującą rolę jako składniki powierzchniowych części litosfery. Między osadzonemi w dawnych okresach geo-



Ryc. 13. Łom kamienia w skałe osadowej o poziomem ułożeniu warstw.



logicznych spotyka się najczęściej *utwory morskie*, znacznie rzadziej *jeziorne*; osady *łądu suchego* należą pośród skał starszych skorupy ziemskiej do stosunkowo rzadkich wyjątków: jak dzisiaj bowiem, tak i w przeszłości były najbardziej narażone na niszczące działanie wód płynących i t. p. Takim utworem z czasów stosunkowo niedawnych jest glina żółta, zwana *lessem*, osadzana i dzisiaj przez wiatry na stepach Azji środkowej; podobnymi utworami z przeszłości bardziej odległej są pewne piaskowce pustyniowe, które charakteryzują się właściwym im, nieregularnym uwarstwieniem (nie osadzały się w wodzie), rzadkością resztek świata organicznego, czyli skamieniałości, zazwyczaj czerwoną barwą i nieraz obecnością wśród nich pokładów gipsu i soli. Występują czasem na znacznych przestrzeniach, a dowodzą, że i w dawnych epokach istniały pustynie.

Znajdujemy rozmaite skały osadowe prawie w każdej dolinie górskiej, na skalistych brzegach rzek i t. p. Często na jednej odsłoniętej

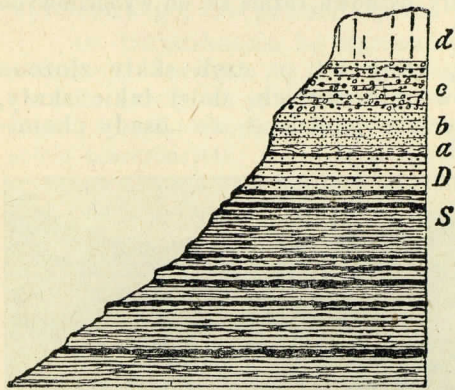
ścianie, czyli w jednej tego rodzaju „odkrywce“, pokazuje się cała serja kilku i więcej rozmaitego rodzaju pokładów np. ilastych, piaskowcowych lub wapieni. Odpowiadają one oczywiście rozmaitym okresom tworzenia się w tem miejscu skał osadowych i zmianom w warunkach, wśród których się to odbywało (por. ryc. 14). Jest to jakby księga, której karty, to poszczególne warstwy; sama przyroda zapisuje na nich pismem takim, jak skamieniałości roślinne lub zwierzęce, „dzieje geologiczne ziemi“, stanowiące, jak wiemy, główną treść nauki geologii.

Przejście od skał wybuchowych do osadowych stanowią *tufy wulkaniczne*, o których już wyżej była mowa (str. 16). Tworzą się one

z popiołów wulkanicznych, a więc z materiału wybuchowego, osadzone raz przy pomocy wody, dzięki czemu mogą okazywać wyraźne uwarstwienie, innym razem przez powietrze; czasem zawierają nawet skamieniałości, których nigdy nie ma w skałach wybuchowych.

Do skał osadowych zaliczamy skały okruchowe z grupami skał zlepnińcowo-piaskowcowych i skał ilowych, dalej grupę skał wapiennych, następnie kwarcowych, grupy skał gipsowych i soli kamiennej, a nakoniec pewne złoża rud żelaznych i węgla kopalne.

**Skały okruchowe (zlepnińcowo-piaskowcowe i ilaste).** Okruchowy materiał jeszcze luźny nosi jako skała nazwę ogólną *usypiska* i może się składać już to z większych okruchów o powierzchni wygładzonej i zaokrąglonej, jak to widzimy na rozmaitych „otoczkach“ i „żwirach“, już to z dużych kawałków ostrokrawędzistych i wówczas nosi nazwę „gruzu“, albo wreszcie przedstawia się w postaci zwykłego, mniej lub więcej drobnoziarnistego „piasku“. Oczywiście materiał, który tworzy otoczki, żwiry lub gruz, może być petrograficznie najrozmaitszy i zależy wyłąc-



Ryc. 14. Przekrój prawego zbocza doliny Dniestru pod Zaleszczykami. 1 : 2000. S — ilowe łupki (sylurskie); D — czerwony piaskowiec (dewoński); na nim (utwory mioceńskie): a — ły, b — piaskowiec wapienisty, c — wapień litotamnjowy, d — gips.

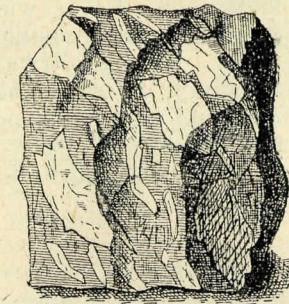
nie od tego, jakie skały dały mu początek. Piasek zwyczajny jest złożony przedewszystkiem z ziarn kwarcu (krzemionka, SiO<sub>2</sub>).

Zwykle luźny materiał tego rodzaju ulega jednak czasem mniej lub więcej zupełnemu spojeniu. Okruchy, z których składa się usypisko, spaja z wolna „lepiszcze“ czyli „spoiwo“ albo ilaste, albo marglowe, wapieniste lub krzemionkowe i w ten sposób powstaje wreszcie skała zupełnie zwięzła. Spoiwo osadza woda, która przenika skały skorupy ziemskiej.

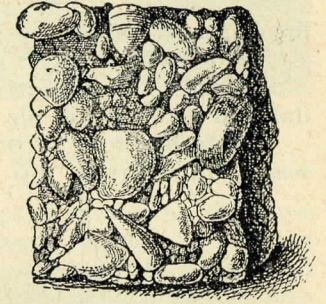
*Druzgoty* czyli *brekcje* (porównaj ryc. 15 a) przedstawiają spojony jakimś lepiszczem gruz ostrokrawędzisty, podczas gdy *zlepnińce* składają się z samych kawałków zaokrąglonych (por. ryc. 15 b), np. t. zw. „zygmuntówka“, skała, z której była zrobiona pierwotnie (dziś granitowa) kolumna Zygmunta na placu Zamkowym w Warszawie, a używana zamiast marmuru w budownictwie.

*Piaskowce* wreszcie odpowiadają swem złożeniem usypiskom piaskowym i — zależnie od swego spoiwa — noszą nazwę raz piaskowców wapienistych, to znów ilastych, jeżeli zaś mają lepiszcze krzemionkowe, nazywają się kwarcytowymi (ryc. 16).

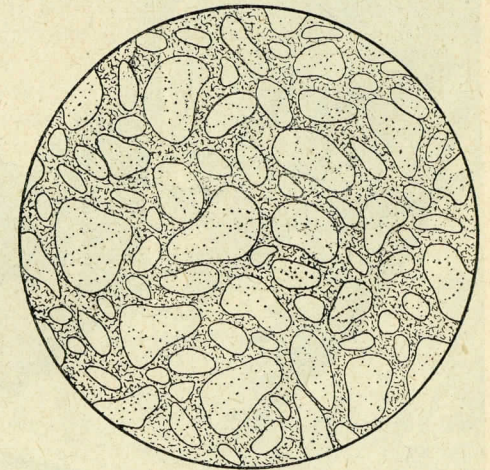
Skały okruchowe mogą powstawać jako t. zw. „mechaniczny osad“ zarówno morski, jak też w wodach słodkich lub nawet na lądzie suchym np. pod działaniem wiatrów (pustynie piaszczyste). W morzu druzgoty i zlepnińce osadzają się najbliżej wybrzeża z materiału, przynieszonego przez rzeki lub z kruszonych falami morskimi skał nadbrzeżnych, podczas gdy piaskowce, złożone z okruchów lżejszych, unoszonych skutkiem tego przez wodę na większą odległość, gromadzą się w przybrzeżnym pasie dalszym. Z najdrobniejszych i najlżejszych cząstek, przeważnie kaolinowych, osadzanych przez wodę w postaci delikatnego mułu, tworzą się w takim razie jeszcze dalej od brzegów najrozmaitsze *ilty*, *łupki ilowe* i t. p. Iły, zabarwione limonitem na żółto lub brunatno, wyróżniamy często pod nazwą *glin*. Szczególnym gatunkiem gliny jest znany nam już *less*, nazywany także gliną „mamutową“, od spotykanych w nim nierzadko kości mamuta. Nie okazuje on uwarstwienia,



Ryc. 15 a. Druzgoty.



Ryc. 15 b. Zlepnińiec.



Ryc. 16. Piaskowiec z zaokrąglonemi ziarnami kwarcu w powiększeniu mikroskop. (Z Rinnego).

a często znajdują się w nim muszelki ślimaków lądowych, brak zaś zupełny takich, które żyją w wodzie (por. ryc. 17); spotykane w lessie nieregularne skupienia wapniste noszą nazwę „laleczek lessowych“. Dzieląc się pionowo, tworzy less w ten sposób charakterystyczne, strome ścianki i zerwy (ryc. 18). W południowych ziemiach Polski znajduje się na wielkich przestrzeniach. Iły, zawierające bardzo mało domieszek poza cząstkami kaolinowemi, tworzą t. zw. iły ogniotrwałe. O iłach wapnistych mówimy, że są „marglowate“, a przy jeszcze

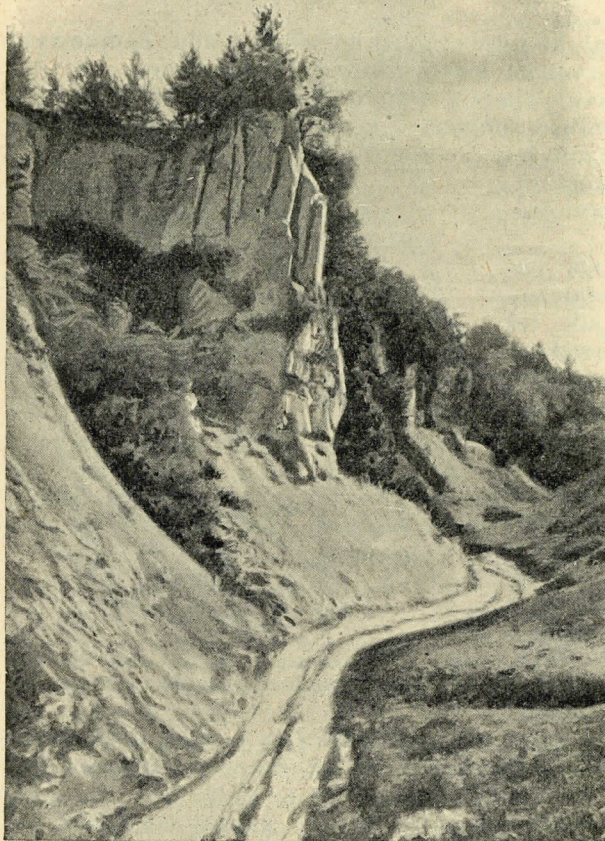


Ryc. 17. Ślimaki najpospolitsze w lessie; powiększone. (Z Neumayra).

dalszem zwiększeniu się domieszki wapiennej powstają *margle*, które są mieszaniną cząstek ilastych i wapiennych, z przewagą wapiennych, np. *margle* wieku górnokredowego w Lubelskiem, w okolicy Lwowa i t. d., zwane „opoką“. Stanowią one przejście do wapieni.

**Skąły wapienne.** Należą tu wapień i dolomit.

*Wapień* znamy rozmaite. Chemicznie są one węglanem wapnia,  $CaCO_3$ . Chociaż wygląd ich jest nieraz bardzo różny, wszystkie dają się łatwo poznać, dzięki temu, że rozpuszczają się w roztworze kwasów, np. solnego (HCl), z równoczesnym burzeniem się silnym. Geologicznie ważną własnością wapienia jest zdolność powolnego rozpuszczania się w wodzie, zawierającej bezwodnik węglowy,  $CO_2$ ; powstaje w takim razie rozpuszczalny, kwaśny węglan wapniowy,  $H_2Ca(CO_3)_2$ , który jednak już w zetknięciu z powietrzem lub po ogrzaniu łatwo traci  $CO_2$  i osadza się, w ten sposób tworząc w naturze wapień naciekowy i t. p. Między wapieniami skała miękka, rozcieralna, barwy mniej lub więcej białej, która

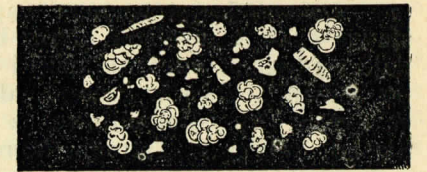


Ryc. 18. Ściana lessu w okolicy Lwowa. Z fot. dra Friedberga.

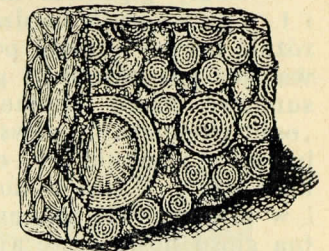
składa się zwykle w znacznej części ze skorupki drobnych otwornic (por. ryc. 19), nosi miano *kredy*. Gdzie niegdzie, np. w Tatrach u wejścia do doliny Kościeliskiej, znajdują się wapień wieku eoceneskiego<sup>1)</sup>, przepełnione skorupkami stosunkowo olbrzymich, dzisiaj już nieistniejących otwornic, zwanych numulitami (według górali ziarna zboża, złym ludziom za karę w kamień przemienione); są to t. zw. wapień numulitowy (ryc. 20). Inne wapień, złożone przeważnie z koralów i ich okruchów, noszą nazwę *koralowych*, utworzone zaś głównie przez nagromadzone muszle mięczaków, nazywają się *muszlowymi*. Zastępuje także na uwagę odmiana pospolita na Podolu, koło Lwowa, na południe od wyżyny kielecko-sandomierskiej i t. d., nosząca nazwę wapienia *litotamnijnego*; wietrzejąc na powierzchni, rozpada się ten wapień na mnóstwo bryłek zaokrąglonych lub krzaczkowatych, które są *litotamniami*, rodzajem wapieniących za życia glonów morskich (por. ryc. 89).

Jednak nie we wszystkich wapieniach, które są pochodzenia organicznego, równie łatwo można wykazać ślady np. koralów lub t. p. W znacznej części wypadków resztki te uległy podczas osadzania się tak dalece pokruszeniu, że wytworzyła się skała, złożona tylko z drobnych okruchów muszli, koralów lub litotamnów, zanieczyszczonych czasem nawet piaskiem i t. p. Są to t. zw. wapień drobnokruchowy, jak „wapień pińczowski“ (w ziemi kieleckiej) lub „kamień mikołajowski“ w okolicy Lwowa. Jeżeli czasem resztki zwierzęce lub roślinne ulegną rozpuszczającemu działaniu wody, to powstają zupełnie jednolite masy wapienne, często z ledwo dostrzegalnymi śladami organizmów, którym skała zawdzięcza powstanie. Jest to większa część wapieni zbitych, bardzo rozpowszechnionych (np. wapień jurajskie pasma krakowsko-wieluńskiego). Skały tego rodzaju, które uległy przekształceniu, zatem o budowie ziarnisto-kryształicznej, noszą nazwę *marmurów*; nazywają także w ten sposób wogóle wapień zbity, ładnie zabarwione, które dają się polerować, przyjmując piękny połysk, np. w Polsce marmury kieleckie lub czarny marmur dębnicki wieku dewońskiego<sup>1)</sup>. Wapień z pewną domieszką części ilastych noszą nazwę *marglowatych* i stanowią przejście do właściwych margli.

Wiemy wszakże, że w pewnych wyjątkowych przypadkach mogą powstawać skały wapienne w zamkniętych lagunach, jako osad mułu wapiennego i tej okoliczności w znacznej części zawdzięcza swą niezwykłą jednostajność wapień litograficzny w Solenhofen. Wody źródlane, które, dzięki znajdującemu się w nich  $CO_2$ , często zawierają rozpuszczony w większej ilości węglan wapniowy, nieraz osadzają go w po-



Ryc. 19. Skorupki otwornic z kredy. (50 razy powiększone).



Ryc. 20. Wapień numulitowy.

<sup>1)</sup> Porównaj w drugiej części książki tablicę podziału skał skorupy ziemskiej według ich wieku geologicznego.

każnych masach, w ten sposób tworząc porowatą i gąbczastą skałę, zwaną martwicą wapienną i trawertynem; skorupki ślimaków lądowych i odciski liści drzew jeszcze dzisiaj żyjących, dowodzą sposobu jej powstania.

**Dolomit** jest węglanem wapniowo-magnezowym,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Przedstawia skałę z wyglądu nieraz bardzo podobną do wapieni, od których daje się jednak odróżnić dzięki temu, że z kwasami burzy się dopiero po ogrzaniu. Tworzy czasem tak wielkie masy skalne, jak i wapienie, np. w Tyrolu (Alpy Dolomitowe), a w Polsce w okolicy Krakowa i dalej na Śląsku, tudzież w Tatrach (kominy w dolinie Strążysk).

**Skały kwarcowe.** Należą tu przede wszystkim *kwarcyty*, złożone z kwarcu ( $\text{SiO}_2$ ), o budowie ziarnistej, mniej lub więcej krystalicznej, dalej rozmaite t. zw. *rogowce*, które tworzy również krzemionka, ale odznaczające się budową zbitą, wreszcie *jaspisy*, skała kwarcowa, zbita, rozmaicie zabarwiona, na której nieraz można stwierdzić pod mikroskopem złożenie z mnóstwa krzemionkowych szkielecików, właściwych morskim pierwotniakom, zwanym radjolarjami; nagromadzeniu się ich zawdzięcza ona swoje powstanie. Wszystkie skały wymienione posiadają znaczną twardość, właściwą kwarcowi (7 stopnia) i odznaczają się tem, że nie działają na nie chemicznie żaden z pospolitych kwasów ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ).

**Skały gipsowe.** *Gips* ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), często zanieczyszczony iłem i t. p., z wyglądu bardzo przypomina wapienie, ale daje się od nich odróżnić między innymi po mniejszej twardości (czasem można go zarysować już paznokciem) i po tem, że nie burzy się z kwasami. Ulega stonkunkowo łatwo działaniu rozpuszczającemu wody. Znajduje się jako „osad chemiczny“, powstający skutkiem parowania wody jezior słonych lub mórz zamkniętych, często w masach nieuwarstwionych, t. zw. soczewkach i t. p. U nas w kotlinie nadnidziańskiej, na Podolu południowym i w towarzystwie soli na Podkarpaciu i na Kujawach. Odmiana szlachetna gipsu nosi nazwę alabastru.

**Anhydryt** ( $\text{CaSO}_4$ ) jest podobny do gipsu, od którego różni się brakiem wody i znacznie większą twardością. Często towarzyszy soli kamiennej. W zetknięciu z wilgocią znowa przeobraża się w gips, bardzo znacznie powiększając swoją objętość.

**Sól kamienna i inne sole.** Są to wszystko skały, będące także osadem chemicznym słonych jezior, zamkniętych mórz i t. p. Należą tu prócz *soli kamiennej* ( $\text{NaCl}$ ), ważne dla rolnictwa sole, zwane potasowemi, jak *syłwin* ( $\text{KCl}$ ), *karnalit* ( $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), *kainit* ( $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) i t. d. U nas złoża soli kamiennej mamy na Podkarpaciu, na Kujawach (Inowrocław i okolice), wreszcie na Śląsku koło Rybnika; sole potasowe znajdują się na Podkarpaciu, przede wszystkim w Kałuszu, a także na Kujawach.

**Rudy żelazne.** Zaliczamy tu złoża *hematytu* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), *limonitu* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) i *syderytu* ( $\text{FeCO}_3$ ). Znajdują się one w przyrodzie często w wielkich masach, zawdzięczających swoje powstanie działaniu wody. To też w takim razie przedstawiają również pewnego rodzaju skały osadowe (np. nasze kieleckie lub karpackie syderyty ilaste lub potężne złoża syderytu krystalicznego w Eisenerz w Styrii).

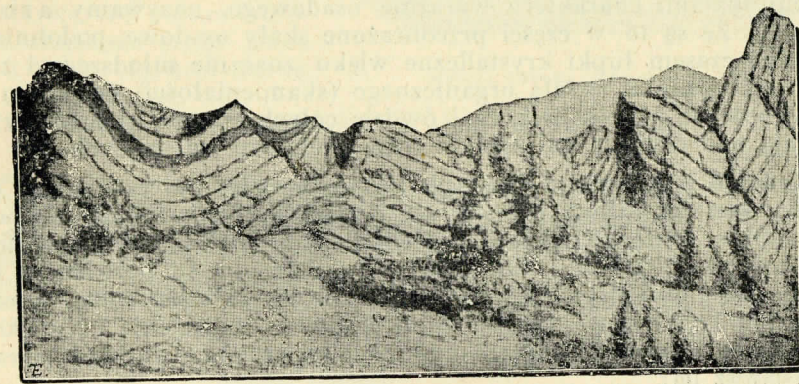
**Węgłe kopalne.** Ta grupa skał osadowych obejmuje *antracyt*, *węgiel kamienny*, *brunatny* i *torf*, ciała bardzo bogate w węgiel (C) jako pierwiastek (antracyt przeszło 90%, węgiel kamienny 75—90%). Pochodzenie węgla jest organiczne, powstają bowiem z nagromadzonych resztek roślinnych, a przedstawiają tak duże masy, że muszą być zaliczane rów-

niez do skał osadowych. Węgiel kamienny znajduje się przede wszystkim wśród warstw systemu karbońskiego, węgle brunatne pochodzą przede wszystkim z czasów trzeciorzędnych; torf jest utworem nam współczesnym.

**Pytania i zadania.** 1. Czem różni się okruczowa budowa skał od krystalicznej? 2. Zrób mikroskopowe preparaty petrograficzne z kilku rozmaitych piaskowców i porównaj je ze szlifami granitu lub innych skał krystalicznych. 3. Jak wytłumaczysz tę własność lessu, że nie okazuje on zupełnie uwarstwienia? 4. Jak odróżnisz margiel od iltu i od czystego wapienia? 5. Dlaczego głównym składnikiem zwykłych piaskowców jest kwarc? 6. W jaki sposób określisz spoiwo danego piaskowca? Po czem poznasz piaskowce kwarcytowe? 7. Jakie połączenia barwią nieraz piaskowce na czerwono lub na żółto? 8. Na jakich własnościach będziesz się opierał, chcąc odróżnić wapienie, dolomit i gips, skały często bardzo do siebie podobne? 9. Dolomity nieraz zawierają większą lub mniejszą domieszkę wapienia; po czem to poznasz? 10. Z jaką skałą wapienną można porównać jaspisy, zawierające radjolarje, ze względu na sposób powstania? 11. Jakiej natury jest barwik, któremu wapienie mniej lub więcej czarne (marmury) zawdzięczają swoją barwę, skoro bieleją one zupełnie po wypaleniu? 12. Jaką liczbę przyjąłbyś za średnią ciężaru właściwego rozmaitych skał osadowych? 13. Wyszukaj na geologicznej mapie Rzeczypospolitej krakowsko-wieluńskie pasmo wapieni jurajskich i dębnieckie warstwy dewońskie z marmurami tamtejszemi.

### c) Łupki krystaliczne.

**Pytanie.** Z jakich skał zbudowany jest trzon środkowy Alp i jaką dlatego nosi nazwę?



Ryc. 21. Hedelberg w górnym Palatynacie. (Według Gümbla).  
Skały utworzone przez pofałdowane warstwy łupku łyszczykowego.

W trzonach wysokich gór odsłaniają się często obok granitów najstarsze skały skorupy ziemskiej, t. zw. *łupki krystaliczne*. Okazują one złożenie skał wybuchowych, ale równocześnie łupkowatość i często jakby uwarstwienie (por. ryc. 21). Łupkowatość, której zawdzięczają swoją nazwę, jest następstwem rozmieszczenia w nich składników mineralnych w równoległych niby warstewkach. Łupki krystaliczne są uważane za zwykłe skały wybuchowe lub osadowe, przeobrażone jednak później skutkiem działania wysokiej temperatury i wielkich ciśnień. Stąd nazywamy je także skałami przeobrażonymi albo „metamorfii-

cznemi<sup>1)</sup>. Spiętrzanie się gór i towarzyszące temu ciśnienia, także zetknięcie się skały osadowej z magmą wybuchową mogą powodować tego rodzaju metamorfizm. Ale trzeba pamiętać, że wielkie ciśnienia, wysoka temperatura i t. d. wszędzie panują w pewnej głębokości pod powierzchnią litosfery i wszystkie skały w miarę, jak osadzają się na nich nowe warstwy, dostają się w strefę, gdzie te czynniki działają, skutkiem czego muszą w takim razie również ulegać przeobrażeniu.

To właśnie jest przyczyną, że najstarsze skały skorupy ziemskiej, które tworzą jakby fundament pod młodszymi częściami litosfery, są wszystkie mniej więcej zmetamorfizowane.

Główną rolę między łupkami krystalicznymi odgrywają następujące skały:

*Gnejs*, złożony — jak granit, do którego jest podobny — z kwarcu, skalenia i łyszczyku, ale z ułożeniem składników smugami, jakby w warstewki (niektóre gnejsy są tylko przeobrażeniami granitami).

*Łupek łyszczykowy* — z łyszczykiem i kwarcem jako głównymi składnikami.

*Łupek talkowy*, biały, często z zielonawym odcieniem, złożony głównie z samego talku.

*Fylit*, barwy rozmaitej, prawie zbity, łupiący się zazwyczaj łatwo, a złożony z mikroskopijnie małych ziarenek przedewszystkiem kwarcu i łyszczyków.

Wśród łupków krystalicznych często spotyka się marmury i grafit, tak samo większe złoża i soczewki kwarcytowe lub rozmaitych kruszców.

Prastare łupki krystaliczne, które znajdują się pod najdawniejszymi znanymi skałami charakteru wyraźnie osadowego, nazywamy *archaicznymi*. Że są to w części przeobrażone skały osadowe, podobnie jak spotykane czasem łupki krystaliczne wieku znacznie młodszego i z niewątpliwymi śladami świata organicznego (skamieniałości), dowodem tego znajdowanie się pośród nich tu i ówdzie całych warstw zlepieńców; nie zawierają one wszakże ani resztek roślinnych, ani zwierzęcych.

**Zadania i pytania.** 1. Sporządź płytkę do badań mikroskopowych (szlif) z gnejsu, prostopadle do jego łupliwości, oglądaj ją pod mikroskopem i porównaj ze szlifem granitu i piaskowca. Zrób taki sam preparat równolegle do kierunku łupliwości tej skały i tak samo zbadaj przy pomocy mikroskopu. O ile będą się różniły obie płytki? 2. Jaki jest, średnio biorąc, ciężar właściwy rozmaitych łupków krystalicznych? 3. Na jakiej podstawie obejmuje się i łupki krystaliczne i skały wybuchowe jedną nazwą „skał krystalicznych“? Jakie inne skały przeciwstawisz im?

## 2. O ułożeniu skał w litosferze (geologia tektoniczna)<sup>2)</sup>.

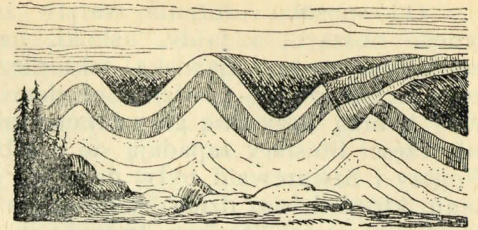
**Pytania.** 1. Jaką postać posiadają masy skalne rozmaitego rodzaju, wchodzące w skład skorupy ziemskiej? 2. Czy można odróżnić skałę wybuchową od osadowej już na podstawie samego sposobu znajdowania się w litosferze? 3. Czy znasz skały, które sposobem znajdowania się przypominają skały osadowe, a złożeniem mineralogicznym i budową skały natury wybuchowej? 4. Jak ułożone są warstwy skalne, które odsłaniają się w jarach rzek podolskich? 5. Jakie jest ułożenie warstw skalnych, tworzących Karpaty lub góry Świętokrzyskie?

<sup>1)</sup> *metá* (gr.), *po*; *morphé* (gr.), *postać*. <sup>2)</sup> *tektonikós* (gr.), *pozostający w związku z budową*.

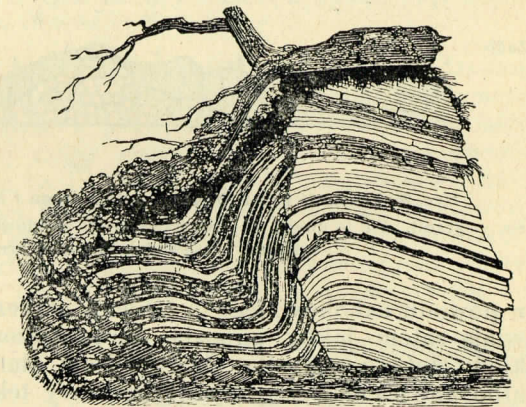
Skały osadowe w pierwotnym położeniu okazują z reguły uwarstwienie poziome, gdyż przy procesie osadzania się warstwy układają się w taki sposób (por. ryc. 13 i 14). Ale nieraz widzimy je także rozmaicie nachylone, lub ułożone w wyraźne fałdy, przede wszystkim zawsze w t. zw. górach łańcuchowych (por. ryc. 22). Również zdarza się, że skały skorupy ziemskiej mogą być poprzecinane rozległymi pęknięciami, wzdłuż których jedna część litosfery usunęła się w dół lub podniosła do góry. W takim razie, jeżeli warstwy zapadły się, mamy do czynienia z t. zw. *uskokiem* (ryc. 23); podniesienie się płatu litosfery wzdłuż płaszczyzny, która jest do poziomu nachylona, powoduje to, co nazywamy *nasunięciem*. Wygięcie się kolanowate warstw poziomo ułożonych, skutkiem czego jeden płat ich obniża się, nosi nazwę *fleksury* (por. ryc. 24).

Dla wielu gór łańcuchowych (np. Alpy, Karpaty) zostało stwierdzone niewątpliwie, że są zbudowane z olbrzymich fałdów powalonych, które nasunęły się jedne na

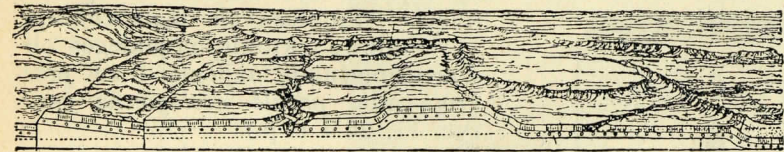
drugie na odległość całych dziesiątek kilometrów lub nawet i dalej, fałdując się drugorzędnie (ryc. 25). Są to t. zw. *płaszczyzny*, a warstwy, które tworzą ich część, zwróconą ku dołowi, uległy zwykle podczas przesuwania się znacznemu wygnieciu i zniszczeniu.



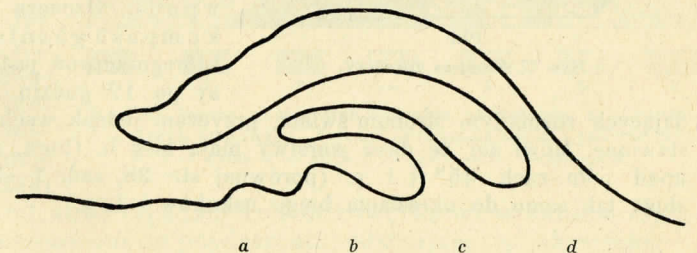
Ryc. 22. Widok części gór Jura w idealnym przekroju.



Ryc. 23. Uskok. (Z dzieła Neumayra).



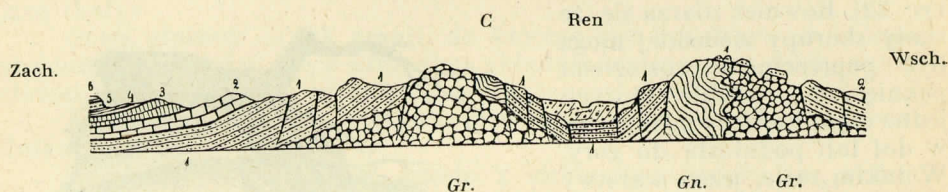
Ryc. 24. Płyta dorzecza Colorado z fleksurami, uskokami i kanjonem tej rzeki. (Według Powella).



Ryc. 25. a, b — fałdy miejscowe; c, d — płaszczyzny. (Według Lugeona).



Od sposobu ułożenia warstw zależy to, co nazywamy *tektoniką* danego obszaru, a fałdy, uskoki, nasunięcia i t. p. *dyzlokacje* są to szczególnie ważne zjawiska tektoniczne, które wpływają w wysokim stopniu na rzeźbę powierzchni ziemi. I tak fałdy warstw lub płaszczowiny tworzą wszystkie góry łańcuchowe, uskoki zaś mogą powodować, że całe części litosfery zapadają się o setki, a nawet tysiące metrów niżej. Wogezy i Szwarewald były dawniej jedną całością, a głęboka dolina Renu, która dzisiaj dzieli je, powstała skutkiem zapadnięcia się odpowiadającej jej części litosfery, tworząc w ten sposób t. zw. rów tektoniczny (por. ryc. 26). Sam Szwarewald i Wogezy zostały nie tylko rozdzielone

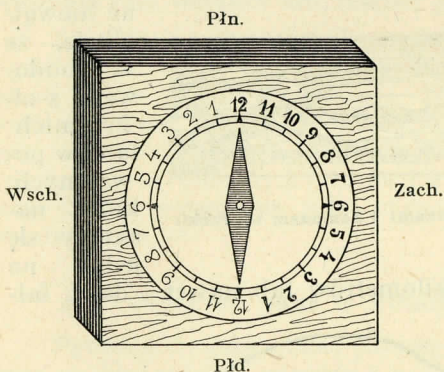


Ryc. 26. Przekrój przez Wogezy, dolinę Renu i Szwarewald na pld. od Strassburga. Gr. — granit, Gn. — gnejs, C — warstwy syst. węglowego, 1-6 — pstry piaskowiec (dolna część systemu triasowego). Pionowe kreski oznaczają uskoki.

z powodu uskoków, lecz są takimi samymi uskokami otoczone, przedstawiają zatem jakby gniazda, które pozostały w pierwotnym położeniu, kiedy dokoła wszystko się zapadło i dlatego nazywają się *horstami*<sup>1)</sup> albo *zrębami*. Najpotężniejsze rowy tektoniczne znajdują się w Afryce wschodniej i środkowej z jeziorami Njassa, Tanganika, Alberta-Edwarda, Alberta i Rudolfa, tudzież z wulkanami Kilimandżaro i Kenja; przedłużeniem ich jest rów tektoniczny, tworzący morze Czerwone i zapadłość doliny Jordanu. Jeziora i wulkany są częstym zjawiskiem w zapadłościach tektonicznych tego rodzaju.

Budowę tektoniczną jakiegoś obszaru objaśniają najlepiej t. zw. *przekroje* albo *profile geologiczne* (por. ryc. 11, 26 i t. p.).

Dla poznania tektoniki skorupy ziemi w danym miejscu jest bardzo ważną rzeczą określenie kierunku fałdów czyli biegu warstw sfałdowanych, tudzież kierunku i wielkości ich nachylenia czyli upadu. Oznacza się to przy pomocy kompasu górniczego (por. ryc. 27), którego obwód jest podzielony na 2 razy po 12 godzin górniczych, odpowia-

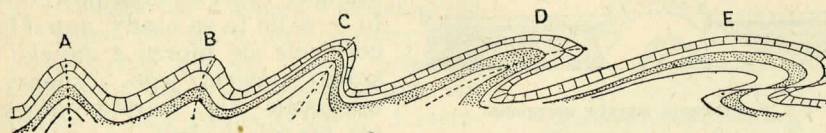


Ryc. 27. Kompas górniczy.

dających rozmaitym stronom świata, przyczem jednak wschód i zachód są przedstawione. Mówi się, że dane warstwy mają bieg h. (hora, godzina górnicza) 10, upad półn.-zach. 45° i t. p. (porównaj str. 28, zad. 1-3). Kompas górniczy służy tak samo do określania biegu uskoków i t. p.

<sup>1)</sup> horst (w języku staroniemieckim), gniazdo.

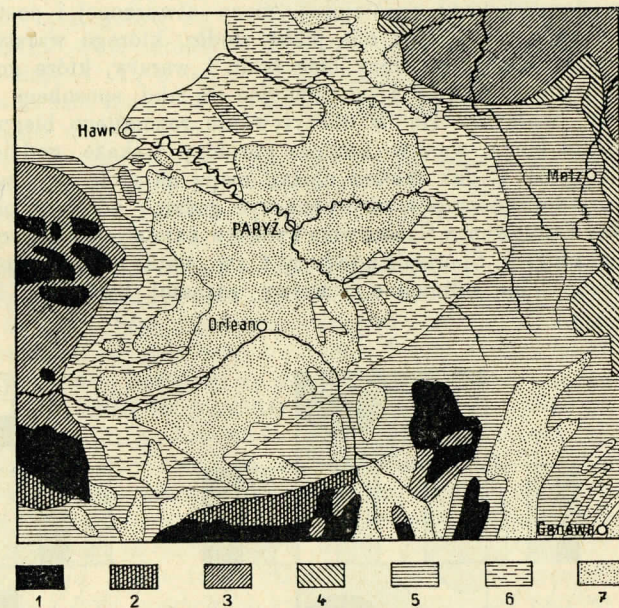
Fałd każdy składa się z siodła (antykliny), t. j. z części wzniesionej do góry i z łęku (synkliny) czyli tej części, w której warstwy wyginają się na dół. Zarówno na siodle, jak i na łęku rozróżniamy dwa skrzydła i t. zw. przegub, gdzie warstwy są wygięte i skutkiem tego często popękane. Fałdy mogą być proste lub mniej albo więcej pochylone, a nawet leżące (por. ryc. 28).



Ryc. 28. Fałdy: A — proste, B — pochylły, C — przewalony, D — leżący, E — leżący z pęknięciem i nasunięciem. (Według De Martonne'a).

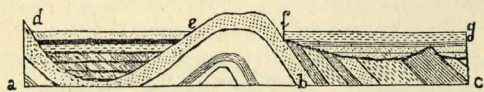
Tam, gdzie warstwy skorupy ziemskiej są pofałdowane, widzimy zawsze siodła i łęki w większej ilości, jeden za drugim (ryc. 22), a każdy z nich może się ciągnąć nawet na znaczną odległość w pewnym kierunku. Oczywiście fałdy litosfery są z reguły w górnej swej części rozmyte skutkiem działania czynników, które niszczą skorupę ziemską na jej powierzchni. W takim razie widzimy, np. wzdłuż jakiejś rzeki górskiej, na przestrzeni kilku i kilkunastu kilometrów, tylko szereg warstw nachylonych, nieraz nawet jednakowo, a często powtarzających się kilkakrotnie; siodła i łęki trzeba dopiero zestawiać z następstwa warstw poszczególnych. Daje się to zrobić, jeżeli uwzględnimy, że w każdym siodle ku środkowi odsłaniają się warstwy z coraz większej głębokości, a więc coraz starsze, przeciwnie w każdym łęku mamy warstwy do środka coraz młodsze.

Obszary, na których znajdują się warstwy tylko poziomo ułożone, nazywają się *płyto* wemi. Przykładem ich np. „płyta podolska“; jest ona częścią wielkiej płyty wschodnio-europejskiej, do której należy Polska swoją wschodnią połacią. Przeciwnie krain płytowych są obszary fałdowe, jak u nas np. Karpaty lub góry Kielecko-Sandomierskie. Zagłębieniem (geologicznym) nazywamy miejsce, gdzie na większej przestrzeni warstwy z wszystkich stron zapadają ku środkowi. To też w każdym zagłębieniu, rozmytem i zniszczonym na powierzchni, odsłaniają się, jak w łęku — ku brzegom warstwy coraz starsze, pośrodku coraz młodsze (por. ryc. 29).



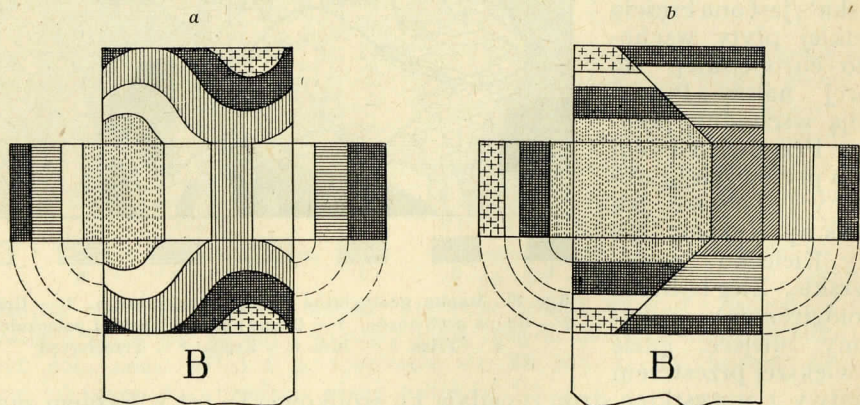
Ryc. 29. Mapa geologiczna zagłębienia paryskiego. 1 — Granit. 2 — Grupa archaiczna. 3 — Grupy: algonkjańska i paleozoiczna. 4 — Trias. 5 — Jura. 6 — Kreda. 7 — Trzeciorzęd.

Nieraz stwierdzamy, że na starszych warstwach pofałdowanych leżą młodsze mniej lub więcej poziomo; mówimy w takim razie o ułożeniu warstw niezgodnem (por. ryc. 30). Dowodzi ono zawsze przerwy w procesie osadzania się, podczas której warstwy starsze uległy dyzlokacji, zanim młodsze mogły się osadzić. Przerwę taką powodowało — o ile to są osady morskie — cofnięcie się morza z danego obszaru; powrót jego rozpoczynał osadzanie się warstw nowych, ale już niezgodnie.



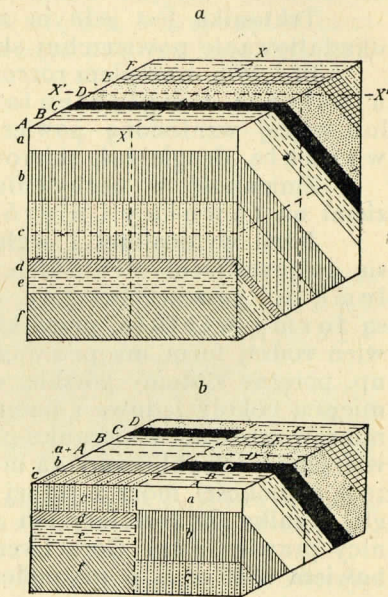
Ryc. 30. Ułożenie warstw niezgodne.

**Doświadczenia i zadania.** 1. Zwiedź w okolicy wszystkie miejsca, w których pokazują się skały osadowe, i stwierdź, gdzie warstwy leżą poziomo, a w których miejscach są nachylone lub pofałdowane. Określ dla warstw nachylonych, przy pomocy zwykłego kompasu ręcznego, w którą stronę zapadają, a w którą będą (jaki jest bieg ich). Oczywiście kierunek biegu i nachylenia stoją na sobie zawsze prostopadle; warstwy nachylone na zachód mają bieg północno-południowy, nachylone na północny wschód okazują bieg z południowego wschodu na północny zachód. 2. Oznacz bieg warstw przy pomocy kompasu górniczego. W tym celu do warstwy pochylonej przykładamy aparat dokładnie poziomo tą krawędzią, która jest równoległa do linii północno-południowej kompasu, poczem odczytuje się godzinę, jako wielkość zboczenia biegu od kierunku północno-południowego; część godzin określa się stopniami. Dla wprawy możesz w pierw użyć w domu książki oprawionej, nieco otworzonej i postawionej na stole grzbietem do góry. Przedstawi ona jakby siodło, którego warstwy opadają na dwie strony, jej zaś grzbiet zaznaczy bieg fałdu i warstw, które go tworzą. Obracając książkę w rozmaite strony i przykładając do niej sposobem wskazanym kompas górniczy, wprawisz się w odczytywaniu rozmaitego biegu warstw skalnych. 3. Przy jakim biegu warstw kompas górniczy wskaże godzinę 12? Kiedy pokaże godzinę 6? 4. Jak musisz ułożyć mapę na stole ze względu na strony świata (czyli zorientować mapę), aby oznaczyć godziną górniczą bieg brzegu karpackiego między Krakowem a Rzeszowem i warstw kambryjskich pasma Świętokrzyskiego? Określ ten bieg. 5. Sporządź z tektury t. zw. siatki równoległościaków, jak na ryc. 31 a i b, zaznaczając odmienne warstwy różnymi kolorami. Następnie złoż z tego dwa



Ryc. 31. a — Siatka modelu, przedstawiającego fałd. B — podstawa. b — Siatka modelu, przedstawiającego uskoki. B — podstawa.

równoległościaki, łącząc ściany odpowiednie. Pierwszy pokaże ci fałd w przekroju pionowym — poprzecznym i podłużnym i w przekroju poziomym, w drugim zobaczysz tak samo uskoki. 6. Rozróżniamy różne rodzaje uskokiów. Jak uskoki przedstawiają się dla warstw nachylonych w wypadkach bardzo prostych, bo przy pionowym położeniu „szczeliny czyli płaszczyzny uskokowej“, ale w przekrojach rozmaitych, pokaże nam model składany, ryc. 32 a. Sporządźmy go sami, robiąc z tektury lub z drzewa 8 jednakowych kostek, które, ułożone w dwie warstwy, tworzą nową kostkę większą. Zkolei jedną ze ścian bocznych kostki złożonej malujemy lub wyklejamy w pasy rozmaitej barwy i szerokości, silnie nachylone (por. ryc. 32 a), oznaczając w ten sposób różne warstwy; między nimi czarna niech będzie np. pokładem węgla kamiennego, a inne niech odpowiadają pewnym piaskowcom, łupkom ilowym i t. p. w przekroju poprzecznym t. j. prostopadłym do biegu warstw. Następnie tak samo malujemy lub naklejamy warstwy w ich przekroju poziomym na ścianie górnej, a potem na ścianie przedniej i na pozostałych, jak wynika z ich następstwa i nachylenia. Toż samo robimy na wszystkich ściankach kostek małych (dolne ścianki, jako niewidoczne, mogą być niemalowane), poczem model jest gotów do użycia. I tak: jeżeli usuniemy dwie dolne kostki tylne, równoległe do linii X' X', a na ich miejscu znajdą się kostki nad nimi leżące, to otrzymamy na ścianie, dającej przekrój poprzeczny, obraz uskoku z płaszczyzną uskoku równoległą do biegu warstw, czyli — jak mówimy — „uskoku podłużnego“. Złożymy zpowrotem wszystkich ośm kostek i usuniemy zkolei w prawej połowie kostki złożonej dwie małe kostki dolne równoległe do linii X X, to o ich wysokość opadną obie odpowiednie kostki górne i otrzymamy „uskok poprzeczny“ z płaszczyzną uskokową prostopadłą do biegu warstw; obraz jego w przekroju pionowym da nam ściana przednia i tylna sześciu kostek pozostałych. Jeżeli usuniemy wreszcie pozostałe na miejscu kostki górne w pierwszym wypadku i w drugim (ryc. 32 b), to przedstawi się nam obraz uskoku tego rodzaju zaznaczają się na powierzchni ziemi po jej wyrównaniu. 7. W jakim przekroju (względnie w jakim rzucie) przedstawia uskoki mapa geologiczna? Jak się na niej zaznacza uskoki podłużny, a w jaki sposób poprzeczny przy warstwach pochylonych? Znajdź uskoki na szczegółowej mapie geologicznej Śląsko-Krakowskiego zagłębia węglowego. Jakie to są uskoki? 8. Wyrysuj schematycznie przekrój poziomy siodła i łuku, oznaczając kolorami poszczególne warstwy. W ten sam sposób wykreśl fałd w przekroju poprzecznym ze szczytem siodła, zniszczonym przez rozmycie (t. zw. „siodło otwarte“). 9. Wykreśl przekrój poprzeczny płaszczyzny z poszczególnymi warstwami i wykaż, czy we wszystkich częściach tych utworów tektonicznych warstwy leżą normalnie — młodsze nad starszemi. 10. Czy niezgodność w ułożeniu warstw może się objawiać w taki sposób, że na warstwach leżących poziomo spoczywają warstwy pofałdowane?



Ryc. 32. a — Model składany dla pokazania uskokiów; b — uskoki poprzeczny w rzucie poziomym.

### 3. O ukształtowaniu litosfery.

**Pytania.** 1. Jak przedstawiałaby się powierzchnia ziemi ze względu na morze, gdyby litosfera nie posiadała tych wklęsłości, w których gromadzą się wody oceanów i miejsce wyniosłych, które tworzą lądy? 2. Jakie znasz zjawiska tektoniczne, które pozostają w najściślejszym związku z powstawaniem rozmaitych nierówności na powierzchni litosfery?

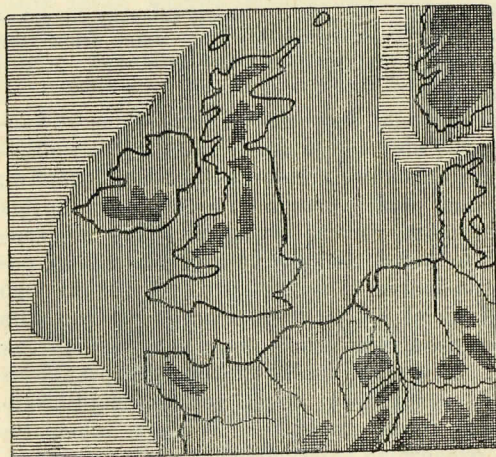
Tektonika jest jednym z głównych czynników, wpływających na ukształtowanie powierzchni skorupy ziemskiej.

Pod tym względem różniamy na litosferze przede wszystkim w wyniosłości i wgłębienia. Pierwsze z nich zwracają się swą mniej lub więcej wzniesioną powierzchnią nazewnątrz, tworzą przeto formy wypukłe, drugie zaś, skierowane przeciwnie, są formami wklęsłemi.

Zmienność w nachyleniu znajduje wyraz w podziale powierzchni ziemi na równiny i nierówności.

Jeżeli wyniosłości i wgłębienia, równiny i nierówności ograniczają się do przestrzeni niewielkich, to wówczas nazywamy je formami małymi, np. poszczególne góry, doliny rzeczne i t. p. Przeciwieństwem ich są formy wielkie, przez które rozumiemy większe obszary, gdzie pewien rodzaj form ma przewagę nad innymi. Do form wielkich należą np. potężne systemy górskie, rozległe wyżyny i niziny, ale na pierwszym miejscu cokoły lądowe i baseny morskie z powodu swych potężnych rozmiarów zarówno w kierunku poziomym, jak i pionowym. Wiadomo, że powierzchnię ich obliczamy na miliony kilometrów kwadratowych, a z pomiarów głębokości mórz z jednej strony, a wysokości kontynentów z drugiej wynika, że rozmiary ich w kierunku pionowym wahają się w granicy prawie 19 km. Góra Everest, najwyższa na lądzie stałym, wznosi się bowiem 8840 m n. p. m., podczas gdy największa głębina morska w rowie Filipinów, na płn.-wsch. od wyspy Mindanao, sięga 9788 m pod powierzchnią oceanu.

Z dna mórz cokoły lądowe wyrastają zwykle stromo, mniej więcej do 200 m pod powierzchnią morza. Potem dno podnosi się bardzo zwolna, tworząc węższy lub szerszy pas, zalany wodą, który właściwie należy już do masy kontynentu; jest to t. zw. „próg lądowy“ albo inaczej szelf, na którym gromadzą się rozmaite osady przybrzeżne. Szelf niekiedy, np. na zachodnich brzegach Francji lub u wschodnich wybrzeży Stanów Zjednoczonych, okazuje wąskie wgłębienia naksztalt rowów, skierowanych do morza; są to oczywiście zatopione doliny rzeczne. Cała Anglja i Irlandja leżą na obszarze szelfu europejskiego, który jednak nie dochodzi tu do Norwegji, oddzielony od niej t. z. rowem norweskim. Tak samo



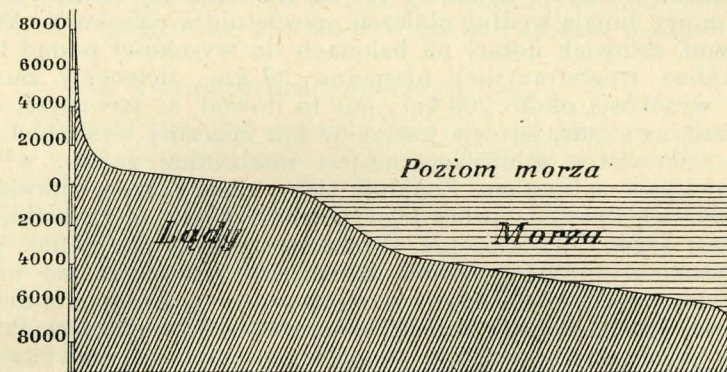
Ryc. 33. Szelf europejski, łączący Anglję i Irlandję z kontynentem. (Kreski pionowe oznaczają ląd suchy i szelf, zalany wodą, kreski poziome morze głębsze).

landja leżą na obszarze szelfu europejskiego, który jednak nie dochodzi tu do Norwegji, oddzielony od niej t. z. rowem norweskim. Tak samo

morza Niemieckie i Bałtyckie rozlewają się na szelfie i dopiero jego brzeg zewnętrzny jest istotnym brzegiem cokołu kontynentalnego Europy (por. ryc. 33). To też już nieznaczne podniesienie się lądu europejskiego wystarczyłoby, aby Anglja przestała być wyspą i zrosła się z lądem stałym.

Badania głębokości rozmaitych części mórz i pomiary wzniesienia poszczególnych punktów na kontynentach dają obraz różnic w ukształtowaniu się dna morskiego i powierzchni lądów stałych. Stosunki te uwidocznia t. zw. krzywa hipsograficzna, dla której rzędne oznaczają wysokość, względnie głębokość, a odcięte powierzchnię dna morskiego, odpowiadającą danej głębokości lub powierzchni lądu suchego w pewnej wysokości. Widać z tej krzywej, że w morzach panują duże głębie, na lądzie przeważają wzniesienia bez porównania

mniejsze (ryc. 34).



Ryc. 34. Krzywa hipsograficzna, pokazująca stosunek wszystkich mórz do lądów ze względu na powierzchnię i głębokość, względnie wysokość.

Gdybyśmy dno mórz sprowadzili do jednego poziomu, wyrównując zakłębłości materiałem z części dna bardziej wzniesionych, to otrzymalibyśmy t. zw. średnią głębokość basenów morskich; wynosi ona dla wszystkich mórz i oceanów razem wziętych 3650 m. Podobnie otrzymamy jako średnie wzniesienie lądów ponad powierzchnię morza 735 m. Widać z tego — a pokazuje to wprost krzywa hipsograficzna — że chociaż największe głębokości w morzach i najznaczniejsze wzniesienia na lądzie różnią się stosunkowo niewiele, to jednak średnia wysokość lądów jest znacznie mniejsza od średniej głębokości mórz.

Stosunki głębokości mórz i wysokości lądów stanowią o ukształtowaniu (rozwoju) pionowym dna morskiego i kontynentów; od przebiegu linii brzegowej, granicznej między morzem a kontynentami (obecność zatok, półwyspów i t. p.), zależy rozwój (ukształtowanie) poziomy mas lądowych.

**Zadanie.** Określ w przybliżeniu na podstawie krzywej hipsograficznej, ryc. 34, stosunek powierzchni zalanej przez morza do powierzchni lądu. Powiedz, jaka część mórz posiada głębokości od 0 do 2000 m, od 2000 m do 6000 m i od 6000 m niżej, tak samo, jaka część powierzchni lądu wznosi się od 0 do 200 m, od 200 m do 2000 m i ponad 2000 m.

### IV. Atmosfera.

#### 1. Wysokość i własności chemiczne powietrza. Pogoda. Klimat.

**Pytania.** 1. Co wiesz o złożeniu chemicznym i rozmaitych własnościach fizycznych powietrza? 2. Jakie znaczenie ma atmosfera wogóle dla zjawisk zacho-

dających na ziemi? 3. Jaka rolę odgrywają poszczególne składniki powietrza wobec pewnych zjawisk i procesów zachodzących na naszej planecie? 4. Dlaczego noce pogodne i bezchmurne są zwykle chłodne, a przy niebie zachmurzonym cieplejsze? 5. Czy złożenie powietrza zawsze było takie same, jak obecnie? Jakie procesy odbywające się na ziemi, mogą powodować zmiany w tem złożeniu? 6. Jakie znasz szczególnie ważne zjawiska fizyczne, które odbywają się w powietrzu? 7. Które przyrządy służą do badania tych zjawisk?

Zewnętrzną powłokę kuli ziemskiej tworzy powietrze (atmosfera), które bierze udział w jej dziennym ruchu dokoła osi i rocznym dokoła słońca. *Wysokość atmosfery* nie da się dokładnie oznaczyć. Najdrobniejsze chmury bują według obliczeń przeciętnie w wysokości około 10000 m od ziemi, człowiek dotarł na balonach do wysokości ponad 10 km, a balony próbne (regestracyjne) niespełna 30 km. Meteority zaczynają świecić w wysokości około 200 km; jest to dowód, że powietrze, choć w bardzo rzadkim stanie, istnieje jeszcze w tak znacznej wysokości.

Powietrze atmosferyczne jest mieszaniną gazów, w której  $\frac{4}{5}$  stanowi azot, a  $\frac{1}{5}$  tlen. Znajduje się w niem także w niewielkich ilościach kwas węglowy, a oprócz tego pewne rzadkie pierwiastki, przedewszystkiem argon. To złożenie atmosfery zmienia się jednak w znaczniejszej wysokości prawdopodobnie zasadniczo: zmniejsza się mianowicie ilość azotu, a przybywa wodór i w ten sposób — prawdopodobnie — już w wysokości 70 km rozpoczyna się lekka atmosfera wodorowa. Poza temi *częściami składowymi* powietrze w części przyziemnej zawiera jeszcze pewne domieszki pochodzenia obcego, przedewszystkiem: pył i parę wodną. Opady atmosferyczne zawdzięczają swe powstanie obecności w powietrzu nie tylko pary, lecz także i pyłu, bez którego nie mogłyby się tworzyć w atmosferze ani poszczególne krople wody ani całe chmury. Poza tem, że para, zawarta w powietrzu, daje początek opadom atmosferycznym, odgrywa ona jeszcze ważną rolę, utrudniając promieniowanie nazewnątr ciepła, które ziemia otrzymuje od słońca.

Jak wszystkie ciała, tak i powietrze ulega wpływowi ciepła. Źródłem ciepła na powierzchni ziemi jest słońce. Powietrze jednak ogrzewa się w bardzo małej mierze bezpośrednio od promieni słonecznych, a prze-ważnie od ogrzanej przez słońce podstawy czyto lądowej, czy wodnej. Stopień ogrzania czyli ciepłota lub temperatura powietrza nie jest zawsze na jednym i tem samym miejscu jednakowa, o czem wiemy z własnego, codziennego doświadczenia. Podobnie też ilość pary wodnej, mieszczącej się w powietrzu, nie jest stała a skutkiem tego powietrze może być suche lub wilgotne, niebo czyste lub zachmurzone, opady atmosferyczne — mniejsze lub większe. Inne jeszcze zmiany możemy zauważyć w atmosferze. Powietrze nie zawsze znajduje się w spokoju, gdyż różnica ciepłoty zakłóca często jego równowagę, wywołując ruchy powietrza, t. j. wiatry.

Powyżej wskazane zjawiska atmosferyczne (zmiany temperatury, wilgotności i wiatry) świadczą, że stan powietrza na tem samym miejscu bywa rozmaity; dla pewnego okresu czasu (jeden dzień, miesiąc lub rok) nazywamy go *pogodą*. Chociaż odczuwamy różnicę między upałem a mrozem, posuchą a deszczem, ciszą a wiatrem, to przecież dla uzyskania dokładnego obrazu pogody niezbędne są spostrzeżenia dokonywane z pomocą odpowiednich przyrządów.

Jeżeli w danym miejscu przez dostatecznie długi okres lat będziemy zapisywali przebieg ciepłoty, opadów atmosferycznych i wiatrów, co jest

zadaniem t. zw. stacyj meteorologicznych, a otrzymany materiał wyrazimy liczbami przeciętnymi czyli średniami, to będą one przedstawiały pewne znamiona charakterystyczne dla danej miejscowości. Otrzymany w ten sposób przeciętny, inaczej: średni stan atmosfery nazywamy *klimatem* tego miejsca. Ciepłota, opady atmosferyczne i wiatry są najważniejszymi czynnikami klimatycznymi.

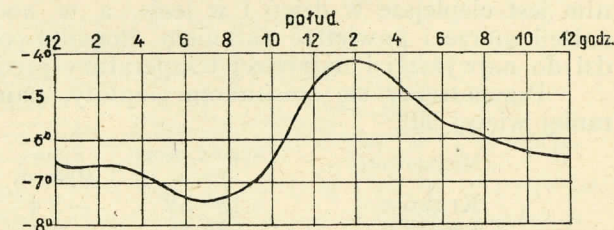
**Pytania.** 1. Dlaczego rozrzazanie się meteorytów w wysokościach bardzo znacznych jest dowodem, że powietrze jeszcze tam istnieje? 2. Co dowodzi, że słońce jest źródłem tego ciepła, jakie okazuje powietrze? Jakie jeszcze źródło ciepła posiada ziemia? 3. W jaki sposób wytłumaczysz zjawisko, że zimą słońce nieraz w południe silnie przygrzewa, chociaż powietrze jest zupełnie mroźne?

## 2. Temperatura powietrza.

**Pytania.** 1. W jakim stosunku pozostaje nachylenie płaszczyzny, ogrzewanej promieniami ciepła, do ilości ciepła odbieranego? 2. Co posiada większe ciepło właściwe i łatwiej się ogrzewa: woda czy skały (jak granity, piaskowce, wapienie i t. p.)? 3. Jaki stosunek zachodzi między zdolnością ogrzewania się i łatwością oddawania ciepła nabytego? Jak to fizyka określa? 4. Dlaczego w zimie opada temperatura na półkuli północnej, chociaż planeta nasza jest najbliżej słońca?

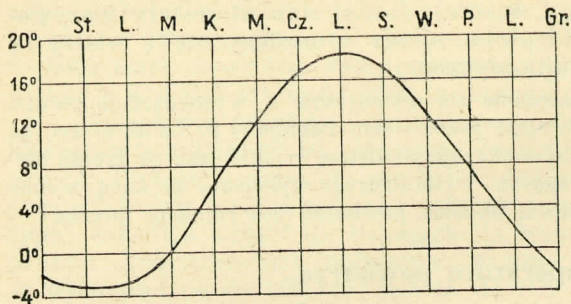
*Temperaturę powietrza* mierzymy termometrem, który ustawiamy w cieniu, a wyrażamy ją stopniami Celsjusza. Często nie idzie przytem o liczby z poszczególnych spostrzeżeń, lecz o liczby średnie. Takie średnie temperatury uzyskujemy w sposób następujący. Odczytujemy temperaturę w trzech porach dnia, odpowiednio dobranych (rano, po południu i wieczór), a temperatury te, dodane do siebie i podzielone przez trzy, dają średnią dzienną. Dodawszy wszystkie średnie dzienne z jednego miesiąca i podzieliwszy przez 30 lub 31, otrzymujemy średnią miesięczną, a w podobny sposób z 12 średnich miesięcznych średnią roczną. Ponieważ średnie uzyskane z obserwacyj w poszczególnych latach chwieją się, dlatego potrzeba szeregu od 20 do 30 lat i nawet więcej, żeby uzyskać wartość znamiennej dla temperatury średniej danego miejsca.

W ten sam sposób możemy obliczyć dla każdego miesiąca średnie temperatury w godzinach rannych, popołudniowych i wieczornych. Zobaczymy wówczas, że przeciętnie temperatura podnosi się począwszy od rana aż do popołudnia, poczem zaczyna spadać, by znowu rano następnego dnia przybrać wartość najniższą. Jeżeli czas przedstawimy na osi odciętych, a temperaturę na osi rzędnych i połączmy punkty odpowiadające poszczególnym obserwacjom, to uzyskana w ten sposób linja będzie wykresem temperatury w ciągu jednego dnia. W podobny sposób średnie wartości poszczególnych miesięcy z wielkiej liczby lat mówią o przebiegu rocznego okresu ciepłoty. Obraz dziennego i rocznego okresu temperatury Warszawy przedstawia ryc. 35 i 36.



Ryc. 35. Krzywa wahań dziennych temperatury w Warszawie.

Ciepłota powietrza w rozmaitych miejscach na ziemi jest różna, zależnie od wielu czynników. W pierwszym rzędzie szerokość geograficzna



Ryc. 36. Krzywa wahań rocznych temperatury w Warszawie.

wywiera wpływ na stan ciepłoty, od niej bowiem zależy kąt padania promieni słońca, a zatem także ogrzanie ziemi. Im większy jest ten kąt, tem więcej ciepła ziemia odbiera.

Promienie słońca padają prostopadle na ziemię między zwrotnikami, dlatego tam jest najgoręcej (klimatyczna strefa gorąca). W miarę, jak szerokość geograficzna rośnie, zmniejsza się kąt padania

promieni słońca, i dlatego obniża się temperatura (dwie klimatyczne strefy umiarkowane). Najskośniej padają promienie słoneczne w okolicach biegunów i tam jest najzimniej (dwie klimatyczne strefy zimne).

I u nas przejawia się naogół ubytek ciepłoty w kierunku północnym, a ilustruje go następujące zestawienie temperatury rocznej (średnie 20-letnie 1871—1890) miejscowości, mających zbliżoną do siebie długość geograficzną.

Nazwa miejscowości	Szer. geogr. pn.	Średnia roczna w °C
Poronin . . . . .	49° 20'	8·6
Kraków . . . . .	50° 4'	7·6
Warszawa . . . . .	52° 14'	7·2
Gdańsk . . . . .	54° 21'	7·6

Oczywiście, gdyby temperatura zależała jedynie od szerokości geograficznej, to w takim razie wszystkie miejscowości, leżące na tym samym równoleżniku, miałyby jednakową ciepłotę. Tak jednak nie jest, a wytłumaczenia tego szukać należy we wpływie łądów, mórz i wzniesienia (porównaj Gdańsk i Warszawę).

Na jednym i tym samym równoleżniku powietrze osiąga wyższą ciepłotę nad łądem, aniżeli nad morzem, przyczem łąd i powietrze nad nim jest cieplejsze w dzień i w lecie, a w nocy i w zimie zimniejsze, aniżeli morze i powietrze nad niem. Ponadto powietrze nad łądem dochodzi do najwyższej i najniższej temperatury pręcej, niż nad morzem.

Przypatrzmy się stosunkom ciepłoty, panującym na równoleżniku mniej więcej 50°.

Miejscowość	Długość geogr. wsch.	Zima (styczeń)	Lato (lipiec)	Średnia roczna
Kraków	19° 58'	—3·4	18·4	7·6
Lwów	24° 1'	—4·4	18·7	7·2
Żytomierz	28° 39'	—5·3	19·0	6·8
Kijów	30° 30'	—6·4	19·8	6·8
Charków	36° 9'	—7·9	20·9	6·7

Z obserwacji tych wynika, że im dalej ku wschodowi, tem niższa temperatura w zimie, a wyższa w lecie. Te nierównomierne temperatury na jednym równoleżniku tłumaczy wpływ morza od zachodu, a wielkich mas łądowych od wschodu.

Oprócz rozmieszczenia łądów i mórz wywołuje różnice temperatury na ziemi także ukształtowanie pionowe. Im wyżej nad poziomem morza leży jakaś miejscowość, tem niższą posiada ciepłotę. Obniżanie się temperatury w miarę podnoszenia się w górę jest zmienne; w powietrzu suchem odbywa się pręcej, aniżeli w wilgotnem. Obliczono, że przeciętnie powietrze oziębia się w środkowej Europie o 0·6° C co sto metrów w górę.

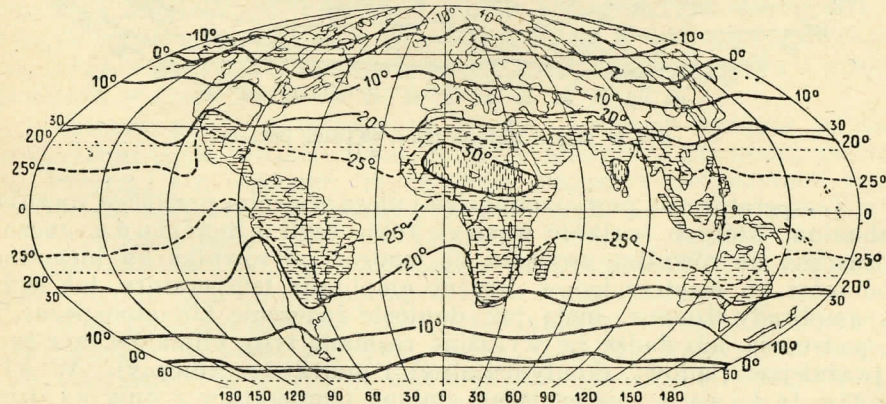
Jako przykład takiego ubytku temperatury ku górze, niech nam posłuży podana niżej tabelka dla kilku miejscowości południowo-zachodniej Polski.

Miejscowość	Wys. n. p. m. w metrach	Średnia roczna w °C
Raciborz . . . . .	196	8·1
Kraków . . . . .	220	7·6
Bielsko . . . . .	344	7·5
Nowy Targ . . . . .	560	5·7
Zakopane . . . . .	837	4·6

Znając wpływ wysokości bezwzględnej na stan ciepłoty i wzniesienie jakiejś miejscowości nad poziom morza, łatwo możemy obliczyć temperaturę, jaką posiadałaby ta miejscowość, gdyby leżała w poziomie morza. Czynność tę nazywamy sprowadzeniem czyli redukcją do poziomu morza. Redukcję taką musimy przeprowadzić, jeżeli porównujemy stosunki ciepłoty, a chcemy usunąć wpływ wzniesienia. Oba zestawienia na str. 34 mieszczą wartości, zredukowane w ten sposób.

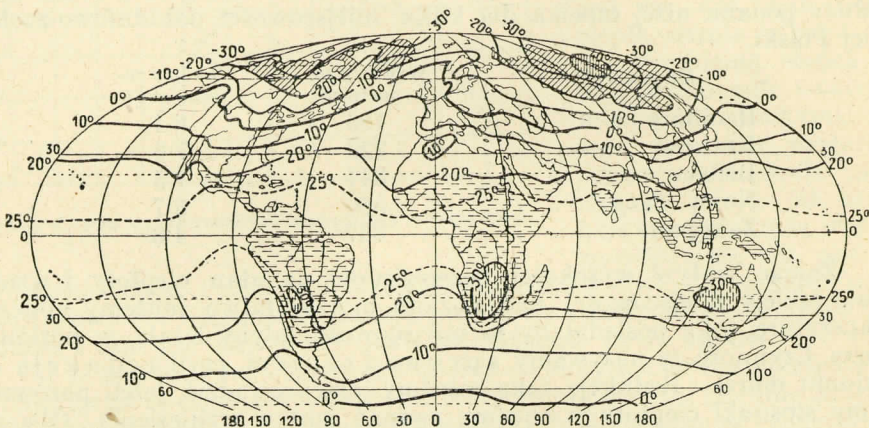
Ilość ciepła, jaką dany punkt na ziemi otrzymuje, zależy też od długości czasu nasłonecznienia czyli insolacji, t. j. działania ciepła słonecznego przy niebie zupełnie czystem i bezchmurnem (naturalnie w związku z kątem padania promieni). W Polsce nasłonecznienie trwa przeciętnie od 4·3 do 5·5 godzin dziennie lub od 1570—2000 godzin rocznie. Ziemie kresowe na południowym-wschodzie są pod tym względem w warunkach korzystniejszych.

Te wpływy powodują bardzo nieregularne rozmieszczenie temperatury na powierzchni ziemi. Chcąc stosunki ciepłoty na powierzchni naszej planety uzmysłwić sobie należy, posługujemy się izotermami, t. j. linjami, łączącymi na mapie miejscowości o równych temperaturach, zwykle zredukowanych do poziomu morza. Najczęściej kreśli się

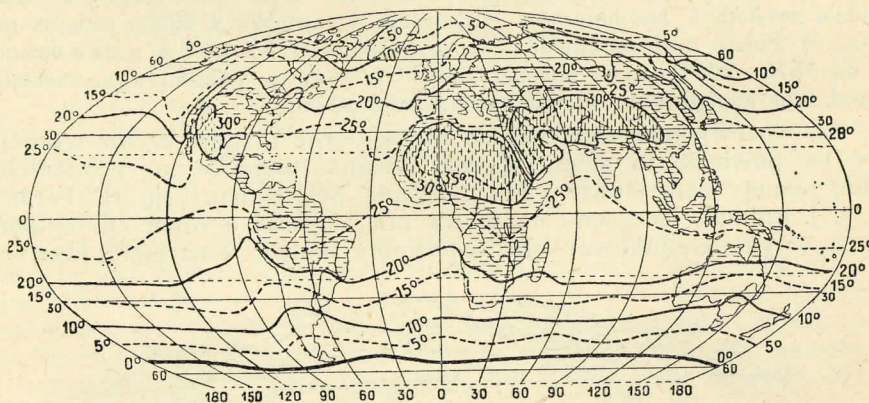


Ryc. 37. Mapa izoterm rocznych. (Według Davisa).

izotermi roczne i poszczególnych miesięcy; z izoterm miesięcznych najbardziej charakterystyczne dla półkuli północnej są izotermi stycznia i lipca, gdyż przedstawiają wartości krańcowe. Ryc. 37 pokazuje rozmieszczenie na ziemi punktów o tej samej temperaturze rocznej; na ryc. 38 widzimy izotermi stycznia, na ryc. 39 izotermi lipca. Dla wszystkich trzech map przeprowadzono redukcję temperatur do poziomu morza.



Ryc. 38. Mapa izoterm stycznia. (Według Davisa).



Ryc. 39. Mapa izoterm lipca. (Według Davisa).

Temperatura na powierzchni ziemi ulega w swoim przebiegu rocznym wahaniom, których wielkość w ciągu roku czyli amplituda roczna, nieznaczna na równiku, zwiększa się naogół od równika ku biegunom i od mórz ku wnętrzu lądów. Roczne amplitudy temperatury, tak samo jak amplitudy dzienne, mają tak doniosłe znaczenie klimatologiczne, że na podstawie ich dadzą się wyróżnić rozmaite typy klimatów, a z tych najważniejsze: lądowy (kontynentalny) i morski (oceaniczny). W klimacie lądowym nieregularne zmiany temperatury z dnia na dzień i w ciągu roku są znacznie większe; dzienne i roczne wahania są przytem

większe. Klimat morski odznacza się bardziej jednostajnym przebiegiem ciepłoty, jej roczna amplituda jest mała.

Te dwa rodzaje klimatów szczególnie jaskrawo występują w strefie umiarkowanej północnej. Klimat umiarkowanej strefy południowej charakteryzują po największej części temperatury niższe. Okolice położone w pasie równikowym mają temperaturę wysoką, lecz jej wahania są małe. Inaczej przedstawia się klimat obszarów polarnych z średnią temperaturą niską, a amplitudą roczną stosunkowo znacznie większą.

W klimacie górskim lata są chłodne, a zimy stosunkowo łagodne i dlatego wahania roczne niewielkie.

Rozmieszczenie ciepłoty u nas przedstawiają trzy mapki pomieszczone w części trzeciej.

**Pytania i zadania.** 1. Opisz dokładnie przebieg w ciągu doby temperatury średniej powietrza w styczniu i w lipcu w którymś z większych miast Polski, a następnie na podstawie średnich miesięcznych przebieg ten w ciągu roku. Danych dostarczy odpowiednia stacja meteorologiczna. 2. Dlaczego Kraków ma klimat łagodniejszy, a Lwów bardziej ostry? Czem tłumaczysz, że średnia temperatura roczna jest wyższa w Gdańsku, aniżeli w Warszawie? 3. Czem należy przypisać spadek ciepłoty w miarę, jak się wznosimy w górę i dlaczego zaznacza się on szybciej w powietrzu suchem, aniżeli w wilgotnym? 4. Znając wzniesienie nad poziom morza i średnią roczną temperaturę powietrza w Zakopanem, oblicz tę średnią dla schroniska przy Morskiem Oku (1384 m n. p. m.) i na szczycie Garłucha (2663 m n. p. m.). 5. Opisz przebieg izoterm rocznych i izoterm stycznia i lipca na obu półkulach i wytłumacz przyczynę takiego ukształtowania się tych linii. (Por. ryc. 37—39). 6. Określ ogólny kierunek izoterm rocznych, stycznia i lipca na ziemiach polskich (ryciny w części III). 7. Jaka jest przyczyna różnic między klimatem morskim a lądowym? 8. Jaki klimat mają nasze ziemie, morski czy lądowy? (Patrz część III). 9. Czy zachmurzenie i ilość opadów są większe w klimacie morskim, czy w lądowym i dlaczego?

### 3. Wiatry.

**Pytania.** 1. Dlaczego w miarę wznoszenia się ku górze stwierdzamy, że słup rtęci w barometrze staje się coraz krótszy? 2. Jaka jest przyczyna tego, że powietrze ogrzane ciśnienie słabiej, oziębione silniej? 3. Dlaczego mówimy, że po otworzeniu drzwi do pokoju zimnego „ciągnie po nogach”? 4. Zbadaj przy pomocy świecy płonącej, jakie prądy powietrza powstają w drzwiach otwartych między pokojem ogrzanim i zimnym. Jaka jest przyczyna tych prądów i z jakim zjawiskiem w przyrodzie można je porównać?

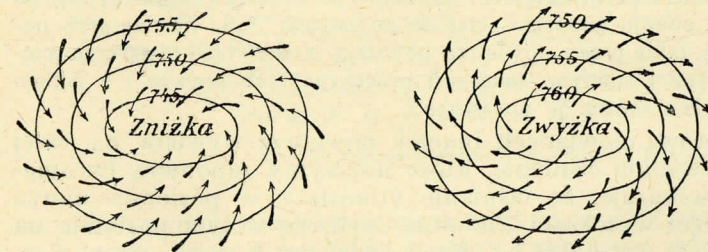
Pomimo pozorów, mówiących inaczej, powietrze wywiera na całej powierzchni ziemi wielkie ciśnienie, które mierzymy zapomocą barometru. Przyrząd ten wskazuje, że ciśnienie atmosfery w poziomie morza równoważy słup rtęci wysokości 760 mm, czyli, że w tym poziomie na 1 cm<sup>2</sup> powietrze ciśnię, jak 1·033 kg. Jeżeli będziemy wznosili się w górę, to w barometrze rtęć będzie opadała, a zatem ciśnienie będzie się zmniejszało. Na nizinach obniża się barometr o 1 mm co 11 m.

Stan ciśnienia atmosferycznego zależy też od temperatury powietrza, które ogrzane wywiera mniejszy nacisk (niższa barometryczna), natomiast oziębione powoduje ciśnienie barometryczne większe (wyższa barometryczna). Ponieważ powierzchnia ziemi w poszczególnych swych częściach w rozmaitym stopniu bywa ogrzewana, przeto ciśnienie

atmosferyczne na niej musi być nierówne. Rozmieszczenie ciśnienia na powierzchni ziemi można przedstawić zapomocą izobar, t. j. linii, łączących na mapie miejsca o jednakowym ciśnieniu, zredukowanem do poziomu morza, a nadto do temperatury 0° C.

Następstwem niejednakowego ciśnienia atmosferycznego w różnych miejscach na ziemi są ruchy powietrza, które zowiemy *wiatrami*. Powietrze bowiem, dążąc do wyrównania różnicy ciśnień, płynie dołem z okolic, mających wysokie ciśnienie, ku okolicom sąsiednim, gdzie panuje ciśnienie niskie. Wiatry powinny zatem poruszać się od miejsca ze zwyżką ku obszarom ze zniżką barometryczną drogą najkrótszą, po linii prostej. Tak jednak nie jest, gdyż kierunek ten ulega odchyleniu pod wpływem wirowania ziemi zarówno z powodu bezwładności cząstek powietrza, które starają się zachować swój kierunek pierwotny niezależnie od ruchu ziemi, jak i wskutek zmieniającej się z szerokością geograficzną prędkości ruchu obrotowego. Jak bowiem punkty powierzchni ziemi, tak i cząsteczki powietrza posiadają większą prędkość bliżej równika, a mniejszą bliżej biegunów. I dlatego to prądy powietrzne, zdążające od biegunów ku równikowi, nie poruszają się po południku, lecz zbaczą na zachód, gdyż pozostają zawsze w tyle w stosunku do prędzej poruszających się mas powietrza bliżej równika. Natomiast prądy, płynące od równika ku wyższym szerokościom geograficznym, wyprzedzają skutkiem swej większej prędkości masy powietrza bliższe biegunów i zbaczą od kierunku południkowego na wschód. Zboczeniu takiemu ulegają wiatry, nie tylko wiejące z południa na północ lub odwrotnie, lecz także wszystkie inne z wyjątkiem równoleżnikowych. Ta zmiana kierunku wiatrów wyraża się w prawie Buys-Ballota, które mówi, że wskutek obrotu ziemi dookoła osi wiatry ustawicznie muszą zbaczać ze swej drogi, na półkuli północnej na prawo, a na półkuli południowej na lewo. Na mocy tego prawa na półkuli północnej wiatr północny zamienia się na północno-wschodni, południowy na południowo-zachodni. Na półkuli południowej wiatr północny staje się północno-zachodnim, południowy południowo-wschodnim.

Jeżeli chcemy się dowiedzieć, gdzie w Europie znajduje się w danej chwili zwyżka i zniżka barometryczna, ustawiamy się plecami do wiatru i trzymamy



Ryc. 40. Obraz cyklonu i antycyklonu.

oba ramiona wyciągnięte poziomo w bok. Ręka prawa wskazuje obszary wysokiego, a ręka lewa obszary niskiego ciśnienia.

Wszystkie ruchy powietrza z pewnemi wyjątkami podporządkowują się pod dwa typy: antycyklonalny i cyklonalny. Ryc. 40 daje wyobrażenie o ich zasadniczych różnicach. W typie pierwszym mamy zwyżkę barometryczną, z której środka, zwanego *antycyklonem*<sup>1)</sup>, odpływa powietrze na wszystkie strony; w typie drugim napływa powie-

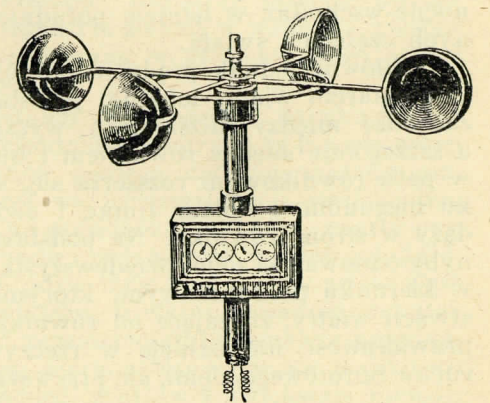
<sup>1)</sup> anti (gr.), przeciw; kýklos (gr.), koło.

trze zewsząd ku środkowi zniżki barometrycznej, zwanemu *cyklonem*. W obu wypadkach odbywa się ruch powietrza skutkiem obrotu ziemi po liniach spiralnych i wirowych.

Cyklony i antycyklony nie stoją zawsze na jednym i tem samym miejscu, lecz zmieniają swe położenie. Szczególnie szybko poruszają się cyklony, wędrując przez rozległe obszary ziemi. Odbywa się to najczęściej po pewnych określonych drogach, które są skierowane głównie z zachodu na wschód. I przez nasze dzielnice przechodzi tor jednego cyklonu.

Obserwując wiatry, zwracamy uwagę na to, w jakim kierunku i z jaką siłą wieją. Kierunek wiatru, który zawsze nosi nazwę od tej strony świata, skąd wieje, oznacza się zapomocą chorągiewki, umieszczonej na wyniesionem miejscu tak, żeby wiatr miał dostęp do niej ze wszystkich stron.

Pomiar siły wiatru uskutecznia się przez podanie jego prędkości w metrach na sekundę. Do tego służy przyrząd zwany *anemometrem*<sup>1)</sup> (wiatromierzem, ryc. 41). Składa się on z czterech półkul wydrążonych, ułożonych poziomo w krzyż. Półkule te obracają się zawsze wypukłościami naprzód, bez względu na kierunek wiatru. Ruch ich przenosi się na przyrząd, z którego odczytuje się liczbę obrotów. Im więcej obrotów, tem wiatr jest szybszy, a tem samem silniejszy. Wiatr słaby ma chyżość około 3 m na sekundę, umiarkowany do 7 m, silny przeszło 10 m, burza 18 m, a orkan 40—50 m. Wartości te odnoszą się do mórz otwartych; na lądzie nierówności powierzchni zmniejszają chyżość wiatrów.



Ryc. 41. Anemometr. (Według Davisa-Brauna).

Siła, względnie chyżość prądów powietrznych, powstających skutkiem różnicy ciśnienia, musi zależeć od wielkości tej różnicy, którą nazywamy *gradjentem barometrycznym*. Przez wyraz ten rozumiemy spadek barometru w mm, odpowiadający długości 111 km czyli 1 stopnia na równiku. Im większy jest gradjent, tem silniejsze wieją wiatry.

Wszystkie zakłócenia równowagi atmosfery (zmiana ciśnienia i wiatry) pochodzą ostatecznie od różnic w jej ogrzaniu. Najlepszym tego przykładem są dzienne wiatry o charakterze miejscowym, w górach i na wybrzeżach morskich. Ponieważ w górach słońce oświeca i ogrzewa przede wszystkim wyżej położone stoki gór, podczas gdy doliny pozostają w cieniu, więc wytwarza się prąd powietrza chłodniejszego z dolin w górę ku ogrzewanym zboczom (wiatr dolinny). Wieczorem i w nocy kierunek wiatru się zmienia. Z wyniosłości bardziej oziębionych spływa powietrze do cieplejszych dolin (wiatr górski).

W wielu górach wszystkich części świata poznano inne jeszcze wiatry, a ich typowym przedstawicielem jest t. zw. *Foehn* w Alpach. Wiatr ten odznacza się niezwykłą gwałtownością, wysoką ciepłotą, wielką suchością. Wiejąc z reguły w zimie, powoduje szybkie topnienie śniegów (stąd jego nazwa „Schneefresser“). Foehn powstaje wtedy, gdy u podnóży gór lub w dolinach nastąpi silne rozrzedzenie powietrza, ku któremu spływa zimne powietrze z grzbietów górskich.

<sup>1)</sup> ánemos (gr.), wiatr; métron (gr.), miara.

Zstępując po stokach w dół, ogrzewa się szybko z powodu swej suchości, co 100 m o 1° i uzyskuje dlatego w dolinie wysoką temperaturę. Wiatr zupełnie podobny do foehnu wieje u nas w Tatrach, a nosi nazwę wiatru halnego.

Wymiana powietrza podobna, jak w górach, istnieje na każdym wybrzeżu.

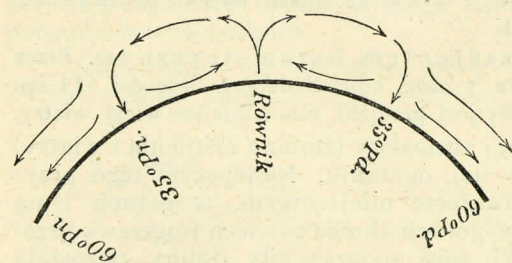
Nierówne ogrzewanie się lądów i mórz w ciągu roku powoduje powstawanie wiatrów zmiennych, które nazywamy monsunami. Znaczą się one szczególnie na półkuli północnej, na której widzimy pomiędzy morzami rozległe masy lądowe. Z powodu silnego rozgrzania się lądu stałego, tworzy się nad nim w lecie trwała niżka barometryczna, gdy nad oceanem ciśnienie jest większe, bo powietrze jest chłodne i ciężkie. Dlatego wieje wiatr wówczas z morza na lądy. W zimie wiatr się odwraca. Nad zimnymi przestrzeniami lądowymi panuje zwyżka barometryczna, a nad morzem powietrze jest cieplejsze i lżejsze; wiatr wieje zatem z lądu na morze. Najlepiej rozwinęły się monsuny w Azji południowej i południowo-wschodniej (w zimowym półroczu monsun północno-wschodni, w letnim południowo-zachodni). Nie brak ich i w innych częściach świata.

Główne jednak prądy w atmosferze, skutkiem których często ulegają zatarciu wiatry lokalne, powstają z powodu różnic ciepłoty, jakie zachodzą między niższymi i wyższymi szerokościami geograficznymi, a szczególnie między równikiem i biegunami. Powietrze silnie rozgrzane w pasie równikowym rozszerza się, wznosi się w górę i górą odpływa ku biegunom, a dołem zimne i ciężkie powietrze okolic biegunowych dąży w stronę równika. Na podstawie tego możnaby sądzić, że powinnyby panować na ziemi przedewszystkiem dwa wiatry, wiejące od biegunów w kierunku południkowym, którymby odpowiadały w wyższych warstwach wiatry, zdążające od równika na północ i południe. Jednak taka prawidłowość nie istnieje w rzeczywistości, a to nie tylko skutkiem ruchu obrotowego ziemi, ale przeważnie pod wpływem kulistości ziemskiej i rozmieszczenia lądów i mórz.

Rzeczywisty rozkład wiatrów przedstawia się następująco.

Na równiku i w jego pobliżu, gdzie ogrzanie stałe jest szczególnie silne, panuje cisza. Tworzą się tu ustawicznie prądy wstępujące, które wywołują niżkę barometryczną.

Powietrze tego pasa, unosząc się do góry, płynie w wyższych warstwach atmosfery w kierunku biegunów na pół-



Ryc. 42. Tworzenie się pasatów i antypasatów.

noc i na południe. Po drodze oziębia się jednak znacznie i doznaje nadto zgęszczenia skutkiem tego, że obwód kuli ziemskiej w miarę oddalenia od równika maleje. Dlatego tylko część powietrza może zdążać w dalszym ciągu górą ku biegunom, a część jego zostaje zepchnięta w dół na powierzchnię ziemi w szerokości północnej i południowej, wynoszącej około 35°. Powstaje tu ciśnienie wysokie z mniej wybitną ciszą niż na równiku, a nadmiar powietrza, zasilany stałe przez prądy wstępujące, odpływa ku niskiemu ciśnieniu w okolicach równikowych. Te wiatry, wiejące od 35° szer. geogr. ku równikowi, nazywamy pasatami. Są to wiatry

stałe, nie zmieniające swego kierunku, nie bardzo silne (6—8 m na sekundę); pod wpływem wirowania ziemi stają się one na półkuli naszej z północnych północno-wschodnimi, a na półkuli południowej z południowych południowo-wschodnimi. Odpowiadające im ruchy atmosferyczne o przeciwnym kierunku w górze noszą nazwę antypasatów (por. ryc. 42).

Dodać przytem należy, że tak pas ciszy równikowej, jak i północna, względnie południowa granica pasatów, ulegają pewnemu przesunięciu w ciągu roku więcej na północ lub na południe, w związku z przesuwaniem się prostopadłych promieni słońca między zwrotnikami. Pas ciszy równikowej zajmuje zmienne położenie pomiędzy 12° szer. geogr. północnej a 5° szer. geogr. południowej. Granica pasatów dochodzi w lecie na każdej półkuli do 40°, a podczas zimy cofa się do 30°. Pas między 30° a 40° szerokości ma w lecie pasaty, a w zimie wieją tam wiatry zmienne. Są to kraje podzwrotnikowe (np. morze Śródziemne). Ta wymiana powietrza, odbywająca się w strefie pasatowej, występuje szczególnie wyraźnie na oceanie Atlantyckim i Spokojnym. Regularny przebieg pasatów ulega zmianom i zbočeniom w pobliżu lądów i to głównie w czasie lata, a wpływ mas lądowych może nawet zatrzeć ich istnienie (np. w północnej części oceanu Indyjskiego w miejsce pasatów wieją monsuny).

Obszary ziemi, położone w średnich szerokościach na obu półkulach, znajdują się w strefie wiatrów zachodnich. Wiatry te są o wiele mniej regularne, aniżeli pasaty, gdyż ich ruch podlega częstym zakłóceniom. Na półkuli południowej, odznaczającej się jednostajnością swej wodnej powierzchni, tworzą one, szczególnie na południe od 45° szer., zwarty pas, gdzie 70—80% wiatrów wieje od zachodu i północnego, tudzież południowego zachodu. Na półkuli północnej, gdzie lądy i morza wciąż się wzajemnie przeplatają, ulega kierunek wiatrów wielkim zmianom wskutek wytwarzania się różnic ciśnienia nad przestrzeniami rozmaicie ogrzewanymi. Powstają antycyklony i cyklony, które, przesuając się szybko ku wschodowi, zakłócają regularny przebieg wiatrów i zwiększają rozmaitość ich kierunków i sił. Mimo wszystko wiatry zachodnie i tu stanowią przewagę, a zupełnie pod ich wpływem zostaje Europa środkowa.

Od biegunów i ich okolic wieją wiatry w skośnym kierunku w stronę równika. Zresztą mało jeszcze wiemy o stosunkach atmosferycznych, tam panujących.

**Zadania i pytania.** 1. Oblicz wysokość normalnego ciśnienia atmosferycznego dla kilku miast Polski, znając ich wzniesienie nad poziom morza. 2. Dlaczego różnica temperatury co 100 m jest przy prądach powietrza wstępujących mniejsza, a przy prądach zstępujących większa? 3. Jakie najogólniejsze prawo rządzi ruchami powietrza? 4. Jakie prądy powietrza, wstępujące czy zstępujące, panują w cyklonach i antycyklonach? 5. Jakie prądy powietrzne powstają w dzień, a jakie w nocy na każdym wybrzeżu morskiem, skutkiem różnicy między lądem a morzem w zdolności ogrzewania się ciepłem słonecznym? 6. Z których stron najczęściej wieją wiatry u nas? 7. Jakie znaczenie mają wiatry dla człowieka?

#### 4. O opadach atmosferycznych.

**Pytania.** 1. Co to są opady atmosferyczne i jakie opady rozróżniasz? 2. Jakie mają znaczenie opady atmosferyczne w przyrodzie wogóle i dla człowieka?

Powietrze zawiera zawsze pewną ilość niewidzialnej dla oka pary wodnej skutkiem ciągłego parowania wszystkich wód na powierzchni



ziemi, a przede wszystkim morza. Zawartość pary wodnej w powietrzu zmienia się jednak, a zależy w pierwszej linii od jego temperatury. Ze wzrostem temperatury zwiększa się także zdolność powietrza do wchłaniania w siebie wilgoci.

Stąd to ilość pary wodnej jest większa w dzień, niż w nocy, znaczniejsza w lecie, niż w zimie, maleje od równika ku obu biegunom, od wybrzeży mórz ku wnętrzu lądów i od dołu ku górze. Powietrze znajduje się w stanie nasycenia, jeżeli posiada największą ilość wilgoci, jaką może przyjąć przy danej temperaturze. Metr sześcienny powietrza może zawierać:

przy — 10 <sup>0</sup> . . . .	2.3 g	pary	wodnej
„ 0 <sup>0</sup> . . . .	4.9	„	„
„ 5 <sup>0</sup> . . . .	6.8	„	„
„ 10 <sup>0</sup> . . . .	9.4	„	„
„ 20 <sup>0</sup> . . . .	17.2	„	„

Ilość gramów pary, znalezioną w jednostce objętościowej powietrza, nazywamy wilgocia bezwzględną. Trzeba ją odróżniać od wilgoci względnej, która przedstawia stosunek ilości pary, jaką powietrze w danej chwili zawiera, do tej ilości, którą mogłoby pomieścić w temperaturze danej.

Jak ciepło powoduje zamianę wody w parę, tak pod wpływem zimna zamienia się para zpowrotem w wodę czyli skrapla się. Wydzielenie się pary wodnej następuje wtedy, gdy powietrze oziębi się tak, iż jego zawartość pary stanie się większą od tej ilości, którą przy obniżonej temperaturze pomieścić może, przekroczy zatem granicę nasycenia.

Powietrze może oziębić się w rozmaity sposób: przez zetknięcie się z zimniejszymi częściami powierzchni ziemi, przez wznoszenie się w górę, a wreszcie przez mieszanie się ciepłych i zimnych prądów powietrznych.

Jeżeli w nocy, przez wypromieniowanie ciepła, ziemia silnie się oziębi, to przez zetknięcie się z nią cieplejszego i wilgotnego powietrza wydziela się z niego woda jako rosa. Gdy temperatura opadnie poniżej 0<sup>0</sup>, to para przejdzie w stan stały, tworząc szron.

Skoro powietrze z jakichś przyczyn wzniesie się do góry i oziębi, wówczas para wodna wydziela się w postaci drobnych kropelek lub kryształków lodu, a ich skupienie widzimy jako chmury (tuż nad ziemią: mgły). Chmury mają rozmaity kształt, a rozróżnia się wśród nich cztery główne rodzaje: pierzaste (drobne i białe), warstwowe (wąskie i długie), kłębiaste (zaokrąglone) i deszczowe (jednostajne, ciemne).

Chmury mają wielkie znaczenie klimatyczne. Zakrywając często całymi dniami niebo nad naszym widnokregiem, zmniejszają ogrzewający wpływ promieni słońca, ale z drugiej strony wstrzymują wypromieniowanie ciepła z ziemi. U nas, w Polsce, zachmurzenie nieba jest wcale znaczne. Przez cały rok przeciętnie 6.6 do 7 dziesiątych części nieba pokrywają chmury. W lecie zachmurzenie jest mniejsze, niż w zimie.

Gdy kropelki wody lub kryształki śniegu stają się tak wielkie, że już nie mogą utrzymać się w powietrzu, wówczas spadają na ziemię, tworząc opady atmosferyczne, już to w stanie płynnym (deszcz), już to stałym (śnieg, grad, krupy). Pomiar ilości opadów uskuteczniamy przez podanie w *cm* lub *mm* grubości warstwy wody, jaka pokryłaby ziemię w pewnej okolicy, gdyby woda nie spływała, nie wsiąkała w ziemię i nie parowała.

Do pomiaru opadów atmosferycznych służy ombrometr<sup>1)</sup> (deszczomierz) por. ryc. 43. Jest to naczynie kształtu walca, u góry otwarte i opatrzone w podziałkę, do którego wpadają krople deszczu. Ażeby woda z niego nie parowała, umieszcza się w dolnej części lejek. Jeżeli opad jest śnieżny, to należy stopić śnieg, który spadł do ombrometru.

Z obserwacji, dokonanych w ciągu dłuższego okresu lat, obliczamy średnie ilości wszystkich opadów dla poszczególnych miesięcy i dla całego roku. Nie tylko sama suma opadów odgrywa wielką rolę, lecz nie mniej ważnym jest ich rozkład w poszczególnych porach roku, a zatem: czy deszcze padają równomiernie przez cały rok, czy też ograniczają się do jednej pory roku. Stosunki rozmieszczenia opadów atmosferycznych na ziemi przedstawia się na mapie zapomocą izohiet<sup>2)</sup>, t. j. linii, łączących miejscowości o równych ilościach deszczów i innych opadów.

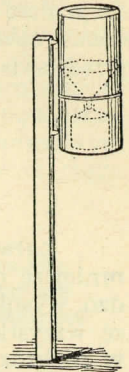
Ilość opadów atmosferycznych, jaką rozmaite miejsca na ziemi otrzymują, zależy od wielu warunków miejscowych. Jednym z nich jest oddalenie od morza, które działa wogóle swym wpływem klimatycznie, przyczem mogą odgrywać szczególną rolę ciepłe prądy morskie. W bliskości morza wytwarzają się bowiem przeciwieństwa temperatury, które ułatwiają skroplenie się wilgoci powietrza i w następstwie tego produkują wzrost ilości deszczów. Najlepiej widać to w Europie. Jej zachodnie obszary, stykając się z Atlantykiem i jego ciepłym prądem Zatokowym, otrzymują w ciągu roku znacznie więcej deszczów, niż jej wschodnia część (Bergen 1840 *mm*, Oporto 1520 *mm*, Kazań 350 *mm*, Astrachan 120 *mm*).

Na zwiększenie się opadów wpływa też wysokość bezwzględna. Typowego przykładu dostarcza nam na ziemiach naszych okolica góry Sobotki na Śląsku, co widać w następującym zestawieniu:

Miejscowość	Wysokość bezwzgl.	Suma roczn. opadów
Canth	114 <i>m</i>	610 <i>mm</i>
Sobota	200 „	722 „
Sobótka	708 „	882 „

Liczby te dowodzą, że im wyżej nad poziomem morza, tem obfitsze padają deszcze.

Dlatego to mapa rozmieszczenia opadów wykazuje ogromne podobieństwo z mapą warstwicową (wzniesień nad powierzchnią morza), a wysokie góry są najobficiej przez deszcze zraszane. Na ich stokach bowiem wiatry muszą wznosić się, skutkiem czego następuje oziębienie powietrza i tworzą się deszcze. Jednakowoż w górach opady zwiększają się tylko do pewnej granicy, a potem ilość ich maleje. W Karpatach maksimum opadów leży w wysokości 1500 *m*. Przytem należy zawsze brać w rachubę prócz wysokości jeszcze kierunek gór względem wiatrów deszczowych. Oczywiście zwrócone ku nim stoki otrzymują bogate opady, podczas gdy po przeciwnej stronie wiatry, opuszczając się wdół, są ciepłe i suche, ponieważ już straciły po drodze swą wilgoć. Najwyraźniej występują te przeciwieństwa w górach, ciągnących się wzdłuż wybrzeży, gdzie wiatry działają bezpośrednio.



Ryc. 43.  
Ombrometr.  
(Z Davisa-Brauna).

<sup>1)</sup> ómbros (gr.) deszcz, métron (gr.) miara. <sup>2)</sup> izos (gr.) równy, hyetós (gr.) deszcz.

Karpaty nasze, choć nie przedstawiają pod tym względem szczególnego przykładu, gdyż ich kierunek jest przeważnie równoleżnikowy a najważniejsze wiatry wilgotne przychodzą od zachodu, są bardziej uprzywilejowane, o ile chodzi o ilość deszczów, na stokach południowych, niż na północnych. Rozmieszczenie opadów w części Karpat od Laboreczy nieco poza przełęcz Przystopiecką przedstawia się następująco:

Poziom	Stoki pd.	Stoki pn.
200—300	969 mm	652 mm
300—500	1076 "	716 "
500—700	1195 "	768 "
700—900	1260 "	852 "

Łatwo zrozumieć, że kraje, zewsząd zamknięte górami, otrzymują mniejsze opady, a nawet cierpią posuchę, o ile otaczające je góry są bardzo wysokie (Mongolja, Tybet). W kotlinie siedmiogrodzkiej, otoczonej ze wszystkich stron łańcuchami karpackimi, ilość opadów zmniejsza się w niektórych dolinach nawet poniżej 700 mm. Jeszcze jaskrawiej występuje to w dolinie górnego Popradu. Kiezmak, miejscowość położona w wysokości 631 m nad poziomem morza, ma tyle rocznych opadów, co na nizinie leżąca Warszawa (585 mm). Widać z tego, że na rozkład ilości opadów wielki wpływ wywiera także rzeźba powierzchni ziemi.

Opady atmosferyczne w postaci śniegu spadają tylko w tych okolicach, gdzie temperatura obniża się poniżej zera. Zdarza się to bądź na wysokich górach, bądź w większych szerokościach geograficznych. Dlatego pas międzyzwrotnikowy — wyjąwszy bardzo znaczne wzniesienia — nie otrzymuje opadów śnieżnych. Do rzadkich zjawisk należy śnieg na niższych miejscach w szerokości między 25° a 35°. Dalej ku biegunom śnieg pojawia się coraz to regularniej, mniej więcej od 40° szer., początkowo jedynie w zimie, a w krajach polarnych często nawet w lecie. Klimatyczne znaczenie posiada śnieg tylko tam, gdzie spada w większych ilościach i tworzy pokrywą śnieżną, dłużej trwającą. Jej trwałość zależy przede wszystkim od ciepłoty powietrza. Tam, gdzie ciepło lata nie wystarcza, ażeby stopić masy śniegowe, nagromadzone w zimniejszej porze roku, mamy krainę wiecznego śniegu. Granica, od której zaczynają się te obszary, nazywa się granicą lub linią wiecznych śniegów. W górach wysokość jej zależy nie tylko od temperatury lata, lecz także od ilości śniegu spadającego.

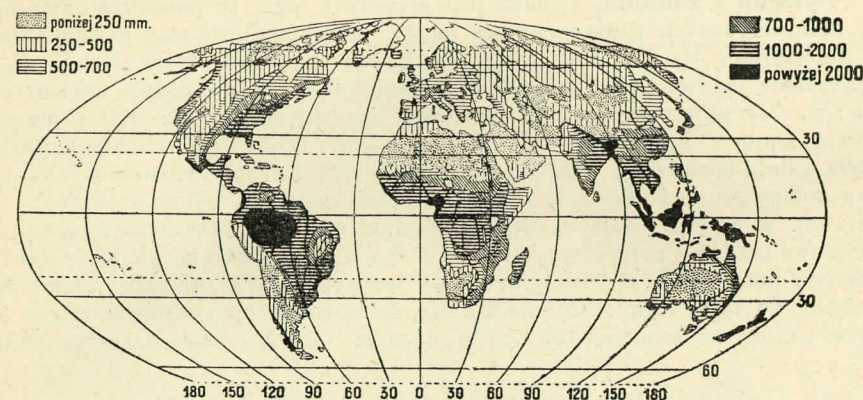
W wielu górach śniegi leżą niżej po cieplejszej, ale bogatszej w opady stronie południowej, niż po zimniejszej stronie północnej, np. w Kaukazie zachodnim (2920 m i 3400 m) lub w Himalajach (4900 m i 5600 m). W ogólnych zarysach obniża się wysokość linii śnieżnej od okolic naje cieplejszych ku biegunom. W suchych, międzyzwrotnikowych okolicach wieczny śnieg zaczyna się w poziomie 5000—6000 m, na równiku 4000—5000 m, w Alpach 2600—2900 m, w Norwegji 1500 m, w kraju Franciszka Józefa 200 m, a we wschodniej Grenlandji (szer. 81°) 0 m.

Rozmieszczenie opadów atmosferycznych na ziemi przedstawia w najogólniejszych zarysach mapa (ryc. 44), z której uderza w oczy wielka zgodność z rozmieszczeniem prądów powietrza.

Obszary obfitych opadów spotykamy przeważnie między zwrotnikami. W pasie ciszy, gdzie panuje silny, wstępujący ruch ciepłego i wilgotnego powietrza, padają w ciągu roku wielkie ilości deszczu, dochodzące nieraz do 5 metrów rocznie. Okresy deszczowe następują tu wów-

czas, gdy słońce znajduje się w zenicie. Dlatego to w krajach międzyzwrotnikowych, odpowiednio do stanowiska słońca, są dwie pory deszczowe, rozdzielone dwiema porami suchymi. Przeciąg czasu między porami deszczowymi staje się coraz krótszy, im bliżej ku zwrotnikom, gdzie panuje jedna krótka pora deszczowa i jedna długa pora sucha. W pasie ciszy deszcze padają we wszystkich porach roku.

Okolice najobficiej na całej ziemi zroszone leżą poza zwrotnikiem Raka, w monsunowym obszarze azjatyckim. Wilgotne masy powietrza, napływające z zatoki Bengalskiej (monsun letni), oddają południowym stokom Himalajów (Kharia) tyle deszczu, że wysokość opadów w ciągu roku wynosi tam 12 m.



Ryc. 44. Mapa rozmieszczenia opadów atmosferycznych na ziemi. (Według Davisa).

Poza tym pasem obfitych deszczów międzyzwrotnikowych rozciąga się w obrębie pasatów, zarówno na półkuli północnej, jak i południowej, strefa ubogich w deszcze obszarów, ponieważ więcej tu na powierzchni ziemi prądy powietrzne z okolic zimniejszych ku cieplejszym i nie mogą się oziębic, o ile nie zostaną zmuszone do wzniesienia się przez góry. Ilość opadów nie dochodzi tu zatem nawet 250 mm rocznie, a wielkie przestrzenie są prawie zupełnie bezdeszczowe, zamieniając się w stepy lub pustynie.

Obszary ziemi między 30° a 40° szerokości geograficznej mają deszcze powyżej 250 mm. Wprawdzie lata odznaczają się tam wielką posuszą, gdyż więcej wówczas pasaty, lecz w zimie, gdy granica tych osuszających wiatrów przenosi się wraz ze stanem słońca bliżej równika, wiatry zmienne sprowadzają opady. Jest to kraina podzwrotnikowych deszczów zimowych. Takim rozmieszczeniem opadów odznaczają się szczególnie kraje, grupujące się dokoła morza Śródziemnego (aż po Iran) i stąd pochodzi nazwa klimatu śródziemnomorskiego. Podobne stosunki panują także w zachodnich stronach innych części świata, tak na półkuli północnej, jak i południowej (Australja, południowo-zachodnia Afryka, Kalifornia, Chile). W średnich i wyższych szerokościach opady wzrastają, a ilość ich waha się najczęściej między 500 a 1000 mm. Choć padają one tutaj we wszystkich porach roku, to jednak największa ilość deszczów przypada w okolicach blisko morza położonych na jesień i zimę, a we wnętrzu lądów na lato.

Ku biegunom ilość opadów znowu maleje (około 250 mm), albowiem zimne powietrze tych stron zawiera mało pary wodnej i dlatego rzadko następuje jej skroplenie. Rozmieszczenie opadów na ziemiach polskich przedstawia rycina pomieszczona w części trzeciej.

Ze względu na ilość i jakość opadów atmosferycznych rozróżniamy trzy typy klimatów: 1) klimat wilgotny, w którym deszcz przynosi więcej wody, niż jej może wyparować, tak że jej nadwyżka odpływa w postaci rzek; 2) klimat śnieżysty, w którym więcej pada śniegu, niż może się na miejscu stopić, skutkiem czego tworzą się lodowce; 3) klimat suchy, w którym parowanie pochłania wszystkich opad, tak, że kraj jest bezwodny.

**Pytania i zadania.** 1. Jaka jest przyczyna tego, że powietrze mimo opadów atmosferycznych zawsze zawiera naogół taką samą ilość pary wodnej? Jakie jest pochodzenie tej pary i co dzieje się z wodą opadową, która dostaje się na powierzchnię lądów? Jakie zatem koleje przechodzi woda opadów atmosferycznych? 2. Czy pasaty są wiatrami suchymi, czy wilgotnymi? 3. Który monsun, letni czy zimowy, sprowadza wiele deszczów? 4. Określ stosunki wilgotności powietrza i ilość opadów we wszystkich typach klimatycznych, wyróżnionych na podstawie temperatury. 5. Wymień pustynie w pasie pasatów półkuli północnej i południowej, w Starym i Nowym Świecie. 6. Jaka może być przyczyna tego, że pasy pustyniowe zarówno północnej, jak południowej półkuli okazują wielkie przerwy? 7. Zmierz ilość opadu atmosferycznego po jednym obfitym deszczu; ombrometr, potrzebny do tego, łatwo sam sporządzisz. 8. Stwierdź na podstawie mapki (rycina w cz. III) związek między ilością opadów i rzeźbą ziem Rzeczypospolitej.

### 5. Przepowiadanie pogody.

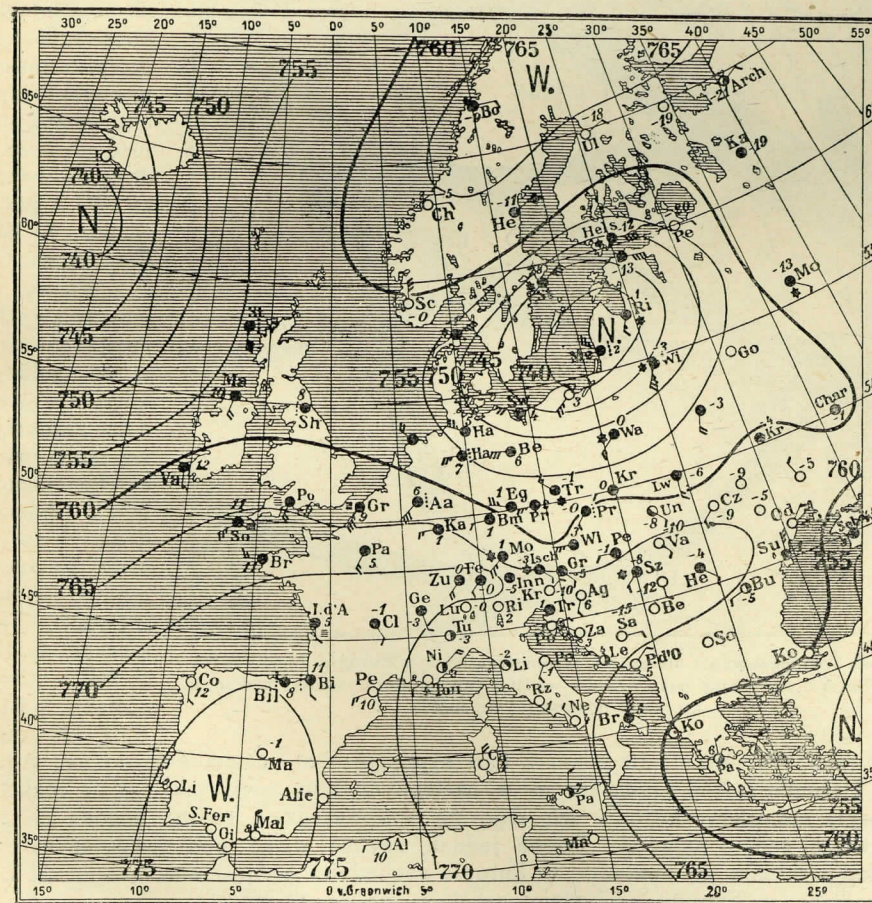
**Pytania.** 1. Co rozumiemy przez pogodę? 2. Jakie jest znaczenie pogody dla człowieka?

Z własnego doświadczenia wiemy o tem, że stan pogody ulega częstym zmianom i to zarówno w dłuższych okresach czasu, jak i w ciągu jednego dnia; dzieje się to skutkiem wiatrów. Ponieważ zaś wiatry są bezpośrednim następstwem różnic ciśnienia atmosferycznego, przeto można powiedzieć, że pogoda zależy u nas przede wszystkim od ciśnienia powietrza.

Rodzaj pogody, panującej przy niżce barometrycznej, jest odmienny od tej pogody, którą sprowadza wyżka. W środku niżki, ku któremu napływa ze wszystkich stron powietrze, powstaje prąd wstępujący; powietrze, unosząc się w górę, oziębia się, a przytem następuje skroplenie się zawartej w niem pary wodnej, tworzą się zatem chmury i opady. Dlatego to obszary, leżące w obrębie niżki, mają najczęściej pogodę zmienną, pochmurną, słotną, a czasem nawet burzliwą, czyli krótko mówiąc „niepogodę“. Natomiast w środku wyżki, z którego powietrze odpływa na wszystkie strony, powstaje prąd zstępujący, powietrze, opadając z góry, ociepla się, jego wilgotność względna staje się coraz to mniejszą i dlatego nie może dojść do wytworzenia się chmur i opadów. Obszary zatem, położone w dziedzinie wyżki, mają przeważnie pogodę stałą, bezchmurną i bezdeszczową, w lecie gorącą, a w zimie mroźną, inaczej mówiąc „pogodę piękną“.

Na podstawie zasady powyższej wydawałoby się zupełnie usprawiedliwionem sądzić — jak to się zresztą dzieje dość powszechnie — że ilekroć w jakiejś miejscowości barometr opada, należy tam oczekiwać deszczu, a gdy barometr się podnosi, wypada uważać to jako zapowiedź zmiany pogody na lepsze. Jednakowoż przepowiednie uzyskane w ten sposób, bezpośrednio z barometru,

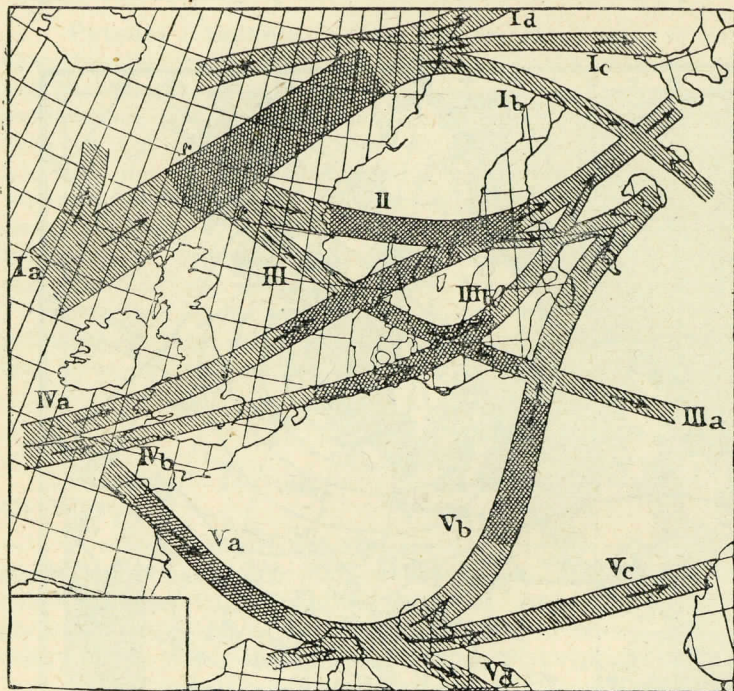
sprawdzają się nie zawsze, głównie dlatego, że zazwyczaj nie jesteśmy w możności określić, czy dana miejscowość znajduje się w obrębie wyżki czy niżki, w obydwu bowiem wypadkach może się barometr podnosić lub opadać. Jeżeli miejscowość leży w obrębie wyżki, to barometr tak długo się podnosi, dopokąd nie przejdzie przez tę miejscowość środek wyżki, poczem barometr zaczyna opadać; przeciwnie jest przy niżce, bo za zbliżaniem się jej środka do danej miejscowości najpierw barometr opada, a potem się podnosi. To też tylko wtedy, gdy barometr wskaże ciśnienie bardzo niskie lub bardzo wysokie, albo gdy się podniesie lub opadnie szybko i znacznie, można należycie ocenić stan ciśnienia atmosferycznego i z większą pewnością przewidywać odpowiednią pogodę. I w takim wypadku jednak przepowiednia może mieć wartość jedynie dla bardzo ograniczonego czasu.



Ryc. 45. Mapa synoptyczna zachodniej i środkowej Europy z 9 stycznia r. 1914.

Do przewidywania pogody na dłuższy okres służą obecnie w naszych szerokościach geograficznych karty synoptyczne (ryc. 45), które wydają codziennie dla pewnej godziny centralne biura meteorologiczne, znajdujące się w niektórych wielkich miastach Europy; u nas Państwowy Instytut Meteorolo-

giczny w Warszawie. Karty te pokazują na dużych obszarach zapomocą odpowiednich znaków stan pogody na podstawie spostrzeżeń, które stacja centralna otrzymuje drogą telegraficzną z rozmaitych miejscowości. Stopień zachmurzenia wyraża się ilością czarnej barwy, wypełniającej kółko, które oznacza miejsce obserwacji (całe kółko czarne oznacza niebo zupełnie zachmurzone, kółko jasne niebo pogodne), liczby, umieszczone obok miejsc obserwacji, podają temperaturę w stopniach Celsjusza, punkty uzmysławiają opady deszczowe, a gwiazdka opady śniegowe; kierunek wiatru wskazuje strzałka, a jej upierzenie określa siłę wiatru w ten sposób, że im więcej kresek poprzecznych, tem wiatr jest silniejszy. Atoli największe znaczenie mają wykreślone na kartach izobary, które dają wyra-



Ryc. 46. Tory posuwania się niżek barometrycznych w Europie. Liczby rzymskie Ia—Vc oznaczają nazwy torów według van Bebera, strzałki wskazują kierunek posuwania się niżek.

źny obraz, jak w danym dniu jest rozmieszczone ciśnienie atmosferyczne, dzięki czemu na pierwszy rzut oka można poznać, gdzie znajduje się wyżka (W), a gdzie niżka (N) barometryczna.

Wiemy o tem, że wyżki i niżki nie stoją na jednym miejscu, lecz u nas poruszają się mniej więcej ku wschodowi. Choć ich drogi nie są stałe, to przecież dadzą się wytyczyć — szczególnie dla niżek — tory, którymi posuwają się czę-

ściej (zob. ryc. 46). O ile zatem z kart synoptycznych można przewidzieć, w jakim kierunku niżka przesunie się w następnym dniu, czyli jaki będzie rozkład ciśnienia atmosferycznego, o tyle daje się przepowiedzieć rodzaj pogody na 24 lub więcej godzin naprzód. Trzeba jednak zawsze wziąć pod uwagę szybkość, z jaką poruszają się cyklony; w Europie zachodniej wynosi ona średnio 27 km na godzinę, w Europie wschodniej zwiększa się do 34 km.

Na takich podstawach oparte przepowiednie pogody nie są wprawdzie zupełnie pewne, ale sprawdzają się prawie w trzech czwartych wypadków. Znaczenie mają jednak najwyżej na 30 godzin naprzód. Trudność bowiem tkwi w tem, że obecnie nie potrafimy jeszcze całkiem dokładnie i na dłuższy okres czasu przewidzieć kierunku posuwania się cyklonów i antycyklonów, gdyż za mało

znamy stosunki górnych warstw powietrza, których wpływ pod tym względem coraz bardziej nie ulega wątpliwości.

znany stosunki górnych warstw powietrza, których wpływ pod tym względem coraz bardziej nie ulega wątpliwości.

znany stosunki górnych warstw powietrza, których wpływ pod tym względem coraz bardziej nie ulega wątpliwości.

**Pytania.** 1. W których okolicach na ziemi zmiany pogody następują z wielką prawidłowością i dlaczego? 2. Czy i o ile są uzasadnione napisy na barometrach i aneroidach: burza, deszcz, pogoda i t. d.?

## 6. Klimat i jego rozmieszczenie.

**Pytania.** 1. Co nazywamy klimatem? 2. Jakie rodzaje klimatu rozróżniliśmy ze względu na ilość i jakość opadów? 3. Jaki jest przebieg temperatury w klimacie lądowym, morskim i górskim?

Różnorodność klimatu pozostaje w zależności 1) od szerokości geograficznej czyli wielkości kąta padania promieni słonecznych, 2) od rozkładu lądów i mórz czyli położenia względem morza, głównie względem jego prądów, 3) od wzniesienia ponad poziom morza i 4) od kształtów powierzchni ziemi.

Wpływ warunków naturalnych rozciąga się nie tylko na średnie i skrajne temperatury, lecz także na inne przejawy klimatyczne. I tak w miarę oddalania się od morza rosną wahania dzienne ciepłoty i zmniejsza się ilość opadów atmosferycznych. Ze wzrostem wzniesienia na powierzchni ziemi ciepłota się obniża, ale zwiększają się opady. Śnieg staje się zjawiskiem coraz częstszym, w miarę zbliżania się do biegunów, lub posuwania się głębiej we wnętrze lądu, albo wreszcie w miarę wznoszenia się wyżej ponad poziom morza.

Z ogólnego ujęcia związku, zachodzącego między klimatem a stosunkami położenia na ziemi, wynika podział na trzy *typy klimatyczne*: 1) klimat morski, odznaczający się małymi dziennymi i rocznymi wahaniami temperatury, znacznie większą wilgotnością, większym zachmurzeniem i obfitszymi deszczami, padającymi mniej więcej równomiernie w ciągu roku, choć z pewną nadwyżką w jesieni i w zimie; 2) klimat lądowy, który cechują znaczniejsze wahania temperatury w ciągu dnia i roku, mała wilgotność, pogodniejsze niebo i skąpsze opady atmosferyczne z przewagą w miesiącach letnich; wreszcie 3) klimat górski, podobny swymi małymi dziennymi i rocznymi wahaniami temperatury do klimatu morskiego, o wielkiej ilości opadów, które jednak rosną do pewnej wysokości, a potem powoli maleją, i z częstym śniegiem.

Z pomiędzy wszystkich *czynników klimatycznych* najważniejsza jest temperatura i dlatego służy jako podstawa do podziału ziemi na strefy klimatyczne. A ponieważ jej stopień zależy w pierwszym rzędzie od szerokości geograficznej, przeto strefy klimatyczne ciągną się na ziemi mniej więcej równoleżnikami pasami. Oczywiście, że obok ciepłoty uwzględnia się i inne czynniki, a zwłaszcza opady atmosferyczne.

Powszechnie jest przyjęty *podział na strefy klimatyczne*: gorąca, dwie strefy umiarkowane i dwie zimne. W obrębie każdej strefy można wydzielić ściślejsze obszary klimatyczne o odmiennych cechach, nie posiadające ściślejszych granic, lecz przechodzące stopniowo jedne w drugie.

Klimat strefy gorącej, ograniczony nie tyle oboma zwrotnikami, ile raczej rocznymi izotermami 20° C (zob. ryc. 37, mapka izoterm rocznych), odznacza się w szerokim pasie środkowym tej strefy (klimat tropikalny) z jednej strony wysoką ciepłotą, a z drugiej strony wielką jej jednostajnością. Roczna amplituda chwieje się w granicach ledwie

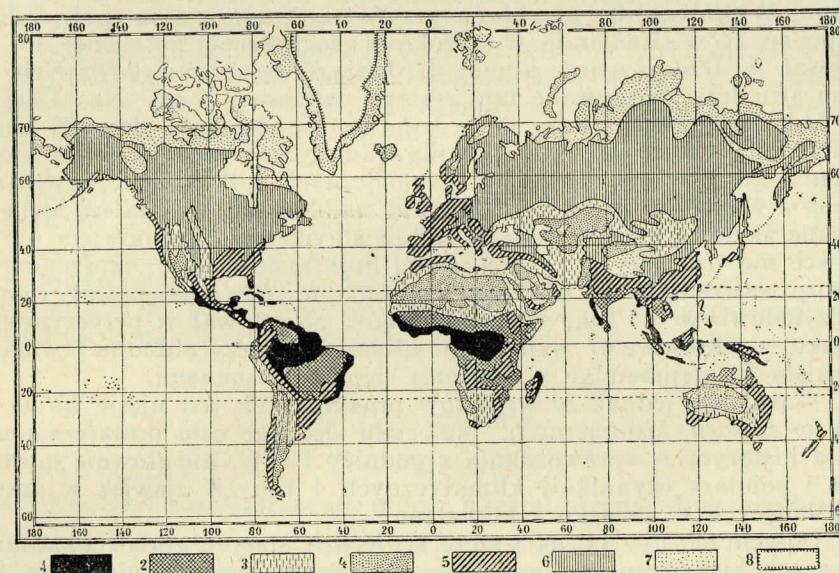
1<sup>0</sup>—5<sup>0</sup> C, przyczem większe są wahania temperatury dziennej, rosnąc z oddaleniem od równika. Te stosunki termiczne są następstwem wysokiego stanowiska słońca i jego małych wahań w pasie międzyzwrotnikowym. Większa różnorodność panuje pod względem deszczów. Powietrze objawia dążność w odpowiednich warunkach do osiągnięcia znacznej wilgotności bezwzględnej i względnej. Zachmurzenie wprawdzie nie jest wielkie, ale zato niebo przyjmuje skutkiem obfitości pary wodnej w powietrzu barwę białawą. Deszcze padają w czasie zenitalnego położenia słońca, stąd też mamy tutaj charakterystyczną zmianę pór mokrych i suchych. Jedynie w okolicach równikowych padają obfite deszcze we wszystkich porach roku, chociaż z pewną nadwyżką na wiosnę i w jesieni, kiedy słońce świeci tam prostopadle. Kresowe obszary strefy gorącej cechuje wielkie ubóstwo opadów atmosferycznych. Dlatego ścielą się tam nagie skały pustyni. Z powodu silnego promieniowania ciepła, powodowanego małą ilością pary wodnej w atmosferze, ulega temperatura na pustyniach bardzo znacznym wahaniom (klimat pustyniowy).

Klimat stref umiarkowanych, których granice wyznacza od strony równika izoterma roczna 20<sup>0</sup> (zob. mapkę izoterm), a od bieguna izoterma 10<sup>0</sup> najcieplejszego miesiąca, znamionuje bardzo wielką różnorodność, szczególnie na półkuli północnej, albowiem przewaga mórz na półkuli południowej osłabia i wyrównywa przeciwieństwa klimatyczne. Nazwa tej strefy jest wyrazem tylko średniej temperatury rocznej, chociaż i ta zmienia się w kierunku południkowym. Najwyższą ciepłotę posiada pas, przylegający do strefy gorącej, a odznaczający się gorącym a suchym latem i łagodną a deszczową zimą. Jest to t. zw. sfera podzwrotnikowa, która najtypowiej wykształciła się nad morzem Śródziemnym (klimat śródziemnomorski). Stosunki klimatyczne w północnej części strefy umiarkowanej ułożyły się nie tylko ilościowo, ale i jakościowo odmiennie. Tutaj zarysowuje się szczególnie ostro przeciwieństwo między temperaturą wnętrza lądów i obszarów nad morzem leżących (klimat lądowy i morski). Co do opadów, to skąpe w nie wnętrza lądów posiadają deszcze letnie, wybrzeża we wszystkich porach roku mają maksimum opadów w jesieni albo w zimie. Wybrzeża zachodnie są lepiej zraszone, niż wschodnie.

Klimat stref zimnych czyli polarnych, obejmujący okolice dokoła biegunów, wyróżnia się od poprzednich niską ciepłotą, szczególnie w czasie krótkiego lata. Wahania temperatury są małe, zwłaszcza w zimie, która jednak nie jest zimniejsza, aniżeli w klimacie skrajnie lądowym. Inną właściwość tej strefy stanowi ubóstwo w parę wodną. Opady, najczęściej śniegowe, są rzadkie, a zato mgły należą do częstych zjawisk. Zresztą obraz klimatu polarnego, poznanego dotąd tylko przygodnie, ulegać musi znacznym zmianom od koła podbiegunowego ku biegunowi, jeżeli zważymy, jak się zmieniają w tym samym kierunku stosunki ogrzewania i oświetlenia przez słońce.

Podział głównych stref klimatycznych na podstawie temperatury i opadów, przedstawia mapka na ryc. 47. Widać na niej, że poszczególne obszary naturalne ciągną się mniej więcej równoleżnikowo, chociaż z wielkimi przerwami i odchyleniami, które są następstwem stosunków miejscowych. Charakteryzuje je w wielu wypadkach obok własności klimatycznych także właściwa im flora i t. p. Przykładem tego „sawanny“ z dwoma lub więcej w ciągu roku okresami suchymi, ale otrzymujące przynajmniej przez krótki czas w roku 90—150 cm opadu, z wegetacją

głównie traw a ubóstwem w drzewa, dalej „step“ wogóle o małej ilości opadów atmosferycznych, z tak charakterystyczną florą traw i roślin cebulkowych, lub „tundra“, należąca już do strefy zimnej, porośnięta przede wszystkim mchami, a z drzew posiadająca tylko formy karłowate.



Ryc. 47. Mapa głównych obszarów klimatycznych na ziemi. (Według Köppena).

1 — Klimat pierwotny lasów międzyzwrotnikowych; 2 — klimat sawannów; 3 — klimat stepów; 4 — klimat pustyniowy; 5 — klimat śródziemnomorski; 6 — klimat chłodny; 7 — klimat zimny albo tundra; 8 — klimat mroźny albo wiecznych śniegów. 1 i 2 — klimat gorący i wilgotny; 3 i 4 — gorący i suchy; 5 i 6 — klimat umiarkowany; 7 i 8 — klimat zimny albo polarny.

**Pytania i zadania.** 1. Czy jedynie kraje we wnętrzu kontynentów mają klimat lądowy? 2. Czy zawsze kraje, położone nad morzem, posiadają klimat morski? 3. Jakie przyczyny powodują ubóstwo w opady obu stref klimatu pustyniowego? 4. Oblicz wahanie kąta promieni słonecznych w rozmaitych szerokościach geograficznych. 5. Do jakiego typu klimatycznego zbliża się klimat gorący, a do jakiego klimat zimny? 6. Opisz według mapek odpowiednich (str. 36) przebieg izotermy rocznej 20<sup>0</sup> i izotermy 10<sup>0</sup> w lipcu. 7. Jakie części ziemi należą do poszczególnych stref klimatycznych? 8. Co prócz szerokości geogr. wpływa na niską ciepłotę lata w klimacie polarnym?

## 7. Zmiany klimatu.

**Pytanie.** Jakie znasz zjawiska zarówno w zakresie przyrody martwej, jak i żywej, dowodzące wielkich zmian klimatycznych, których widownią była ziemia?

Wobec wahań, jakim ulegają często poszczególne czynniki klimatyczne z roku na rok, nasuwa się mimowoli pytanie, czy klimat w rozmaitych miejscowościach na ziemi jest stały, czy też się zmienia. Jeżeli zachodzi ostatni wypadek, to możemy mówić o dwójakiego rodzaju zmianach klimatu: stałych w jednym kierunku lub o wahaniami okresowych. Zagadnienie to nastęrcza wiele trudności i nie zostało z całą

pewnością wyświetlone zarówno w swych przejawach, jak i w przyczynach, które je wywołują. Jedno tylko jest zupełnie niewątpliwe, że klimat ulega zmianom.

*Dowodów zmian klimatu* dostarcza nam przede wszystkim geologia, a więc historia ziemi, której dokumentami są skamieniałości zwierząt i roślin. Wystarczy dla przykładu przypomnieć dyluwjalną epokę lodową lub podać, że w Grenlandji, w szerokości geograficznej północnej 70—80°, panował w trzeciorzędzie klimat dzisiejszych stref umiarkowanych, jak o tem świadczą znajduwane tam resztki ówczesnej flory. Na takiej samej podstawie stwierdzono, że i Antarktyda posiadała dawniej klimat cieplejszy. Wiele światła na wahania klimatyczne rzucają okresy zlodowacenia, które w ciągu dziejów geologicznych kilkakrotnie nawiedzały ziemię, a z nich w pierwszym rzędzie najbliższe nas i dlatego najlepiej poznane zlodowacenie w czasach dyluwjalnych. W tym bowiem okresie lodowce nie trzymały się jednej, stałej linii zasięgu, lecz naprzemiennie to się rozprzestrzeniały na wielkich obszarach, to znowu ustępowały (okresy międzylodowcowe). Taki ruch lodowców pozostawał w przyczynowym związku z okresowymi wahaniami klimatu: okresy chłodne i wilgotne zmieniały się naprzemiennie z okresami ciepłymi i suchymi.

Ważniejsze jednak ze względów praktycznych jest ujęcie *zmian klimatu w czasach historycznych*. Materiału do tego celu dostarczają nam źródła historyczne, sprawozdania z podróży i t. p., ale głównie spostrzeżenia i pomiary czynników klimatycznych i innych zjawisk w przyrodzie, stojących w związku z klimatem.

Dotychczas nie można jeszcze stwierdzić stałych zmian w klimacie w czasach historycznych, ponieważ obserwacje meteorologiczne, w którychby się zaznaczały, są zbyt krótkie: najdawniejsze pomiary temperatury tudzież opadów atmosferycznych sięgają swym początkiem ledwie pierwszej połowy 18 stulecia. Owszem — odznaczają się te zmiany okresowością. Krytyczne zestawienia i porównania spostrzeżeń nad czynnikami klimatycznymi z wahaniami lodowców górskich (t. zn. posuwaniem się i następnie cofaniem się ich końców), z okresami podnoszenia się i opadania poziomu jezior bezodpływowych, z długością trwania pokrywy lodowej na rzekach, wreszcie z terminem zbioru winnej latorośli w ostatnich 400 latach, doprowadziły do wyniku, że wahania klimatu odbywają się równocześnie na wszystkich lądach w okresach mniej więcej 35-letnich; ponadto wykryto jeszcze okresy 11-letnie. Wahania te pozostają w łączności z okresami występowania plam, protuberancji i t. p. na słońcu.

Powyższe wahania klimatu odbywają się w okresach bardzo krótkich, nie mogą przeto spowodować widoczniejszych skutków na powierzchni ziemi. Inaczej ze zmianami wiekowymi, które występowały w czasach geologicznych; obejmowały one dłuższe okresy czasu, stąd też pozostały po sobie ślady trwałe i dlatego posiadały większe znaczenie w rozwoju ziemi.

*Wiekowe wahania klimatu* próbowano przypisywać rozmaitym przyczynom, z których weźmiemy pod uwagę tylko najważniejsze. Ponieważ słońce jest dla ziemi źródłem ciepła, przeto zmianę klimatu spowodować może wszelka zmiana stosunku ziemi do słońca, wynikająca ze zmian w położeniu biegunów, z wahań w nachyleniu osi ziemskiej do ekliptyki, wreszcie z periodycznie zmieniającego się mimośrodowi, a więc spłaszczenia drogi ziemi dokoła słońca. Niektórzy znowu dopatrywali się przyczyny zmian klimatycznych w zmieniających się stosunkach geograficznych,

np. w rozmieszczeniu prądów morskich, inni w zmiennym składzie atmosfery ziemskiej, przede wszystkim w zmieniającej się zawartości bezwodnika węglowego. Zwiększenie się jego ilości, np. skutkiem wybuchów wulkanicznych, może powodować podniesienie się ciepłoty, a naodwrot zmniejszenie się zawartości tego składnika wywiera skutek przeciwny, przeszkadza on bowiem zbyt silnemu promieniowaniu przez ziemię ciepła nazewnątrza, pochłaniając, jak para, promienie termiczne. Wszystkie te przypuszczenia nie utrzymały się jednak albo dlatego, że skutek, jaki może wywołać dana przyczyna, jest za mały w porównaniu ze zjawiskiem, które chcemy tłumaczyć (np. zmiany ilości CO<sub>2</sub> w atmosferze), albo z innych powodów.

**Pytania.** 1. Wykaż, o ile zmiany nachylenia ekliptyki, położenia biegunów i mimośrodu drogi ziemskiej muszą spowodować pewne zmiany w stosunkach rozmieszczenia temperatury na powierzchni ziemi. 2. Czy fakt, że niewątpliwe ślady dyluwjalnej epoki lodowej znamy zarówno z półkuli północnej, jak i południowej, daje się pogodzić z teorią, która tłumaczy tę epokę zmianami w nachyleniu osi ziemskiej lub spłaszczeniu drogi ziemi dokoła słońca?

## V. Hydrosfera.

### 1. Morze.

#### a) Wielkość i rozmieszczenie mórz; ukształtowanie dna morskiego.

**Pytania i zadania.** 1. Znajdź na mapie największe oceany i morza naszej hydrosfery. 2. Stwierdź na podstawie odpowiedniej mapy, które morza w Europie leżą w całości lub przeważnie na szelfie.

Hydrosfera pokrywa przeważną część powierzchni skorupy ziemskiej. Woda jej gromadzi się przytem przede wszystkim w morzach, a tylko mała część hydrosfery tworzy jeziora, wody płynące i t. d., o których będzie mowa później.

Z 510 milionów km<sup>2</sup>, jakie przedstawia powierzchnia całej ziemi, przypada na *powierzchnię mórz* 361·3 milionów km<sup>2</sup> czyli stosunek mórz do lądów przedstawia się jak 71 : 29. Cyfry te jednak nie wyrażają zupełnie dokładnie stanu rzeczy, gdyż nie znamy jeszcze dostatecznie rozmiarów mórz w okolicach bieguna północnego i południowego.

Obszary wody morskiej są wprawdzie wszystkie z sobą połączone, atoli lądy rozdzielają je na części większe, t. zw. oceany i mniejsze w postaci mórz śródziemnych, przybrzeżnych i zatok morskich.

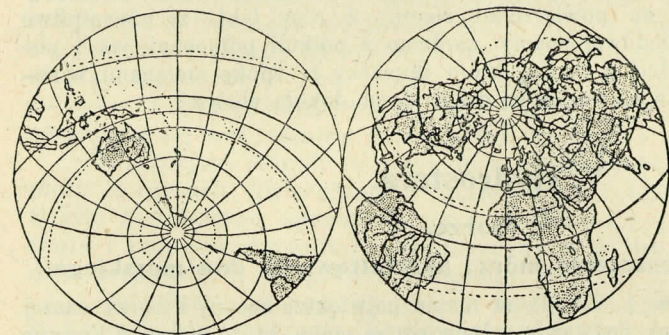
Wielkość oceanów i mórz przedstawia się następująco:

ocean Wielki . . . . .	165·7	milionów km <sup>2</sup>
„ Atlantycki . . . . .	81·7	„ „
„ Indyjski . . . . .	73·4	„ „
morza śródziemne . . . . .	32·3	„ „
„ przybrzeżne . . . . .	8·1	„ „

Rozdział powierzchni wodnych na ziemi nie jest równomierny. Wschodnia półkula jest o wiele uboższa w wodę, aniżeli zachodnia; jeszcze większa różnica w tym kierunku panuje między półkulą południową i północną, gdyż wody nagromadziły się przeważnie na południe od równika, podczas gdy na północ od niego przewagę mają masy lądowe.

Taka nierównomierność rozmieszczenia mórz i lądów wystąpi w stopniu jeszcze wyższym, jeżeli podzielimy ziemię na dwie półkule w ten sposób, że jedna z nich obejmie najwięcej lądów, a druga najwięcej mórz. Otrzymamy wówczas półkulę lądową, której środek leży w zachodniej Francji, i półkulę morską ze środkiem koło Nowej Zelandji (ryc. 48). Na półkuli lądowej morza zajmują 52<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, lądy 48<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, a na półkuli morskiej morza 91<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, a lądy tylko 9<sup>o</sup>/<sub>o</sub> powierzchni.

Ukształtowanie dna morskiego poznajemy zapomocą pomiarów głębokości. Systematycznie zaczęto badać głębiny morskie dopiero od połowy 19 wieku, a to w celach praktycznych dla przeprowadzenia linii kablowych. Ale nawet dzisiaj jeszcze wiadomości, dotyczące się dna mórz, są skąpe; wystarczają one jedynie do ujęcia w bardzo ogólnych rysach obrazu tych stosunków.



Ryc. 48. Półkula morska i lądowa.

Największa głębokość stwierdzona do dzisiaj w oceanie Wielkim na wschód od wysp Filipinów, wynosi 9788 m, w oceanie Atlantyckim znaleziono na północ od Porto-Rico głębokość 8526 m, a w oceanie Indyjskim między Australją i archipelagiem

wysp Sundajskich — 7000 m; oceany: Lodowaty północny i południowy nie przekraczają w największych swych głębokościach 4000 m. Morze Bałtyckie należy do bardzo płytkich, gdyż osiąga najwyżej 463 m, a jego średnia głębokość wynosi ledwie 55 m. Krzywa hipsograficzna wykazuje, że zarówno morza płytkie (do 2000 m), jak i wielkie głębiny morskie zajmują stosunkowo niewiele miejsca, a natomiast na rozległych przestrzeniach mórz i oceanów przeważają głębokości od 2000—6000 m.

Wogóle dla plastyki dna morskiego właściwością szczególnie znamienne jest ogromna jednostajność. Po największej części ścielą się tu rozległe płaszczyny, albo zupełnie równe, albo też podnoszące się lub opadające tak łagodnie, że oko ludzkie nie byłoby w stanie tego zauważyć. Niekiedy dno morskie podnosi się w położe wały lub progi, które rozdzielają oceany na mniejsze kotliny. (Potężny taki wał widzimy w oceanie Atlantyckim od Islandji na południe w kształcie zbliżonym do litery S; dzieli on ten ocean na kotlinę wschodnią i zachodnią). Większe różnice poziomu spotkać można w okolicy największych głębiny morskich, które, ciągnąc się w postaci rowów, znachodzą się najczęściej w niewielkiej odległości od lądów (obfituje w nie głównie ocean Wielki). Zdarzają się nawet, chociaż rzadko, nierówności o stromych nachyleniach, jak rafy koralowe lub stożki wulkaniczne. Tę jednostajność, z jaką spotykamy się na dnie mórz, przypisać należy nieobecności wielu tych czynników, które modelują powierzchnię lądów, tudzież powolnemu, ale statecznemu osadzaniu się materjałów skalnych na olbrzymich przestrzeniach dna oceanów.

**Zadania.** 1. Znając powierzchnię mórz i stosunek jej do powierzchni lądu suchego, tudzież średnią głębokość basenów morskich i średnie wzniesienie kontynentów nad powierzchnią morza, oblicz objętość całej masy lądów ponad zwierciadłem morskim i objętość wody wszystkich mórz. Ile razy jedna z nich większa jest od drugiej? 2. Oblicz, jak głęboką warstwą pokryłyby wody morskie powierzchnię całej ziemi, gdyby powierzchnia ta była zupełnie równa. 3. Wymień rozmaite skały, które tworzą się jako osad morski, i wskaż, w jaki sposób one powstają. 4. Jakich czynników, modelujących powierzchnię lądów, brak w głębi mórz? 5. Czy granice mórz zmieniają się, czy też pozostają stale te same? Jakich wskazówek pod tym względem i w jaki sposób dostarczają nam skały osadowe litosfery?

### b) Właściwości wody morskiej.

**Pytania.** 1. Jaka woda posiada większy ciężar właściwy — morska czy rzeczna i dlaczego? 2. W jaki sposób zawartość ciał, rozpuszczonych w wodzie, wpływa na jej temperaturę wrzenia i zamarzania? 3. Jaki jest ciężar właściwy wody zamarzniętej czyli lodu?

Woda morska ma smak gorzkawo-słony dzięki swoim *własnościom chemicznym*, mianowicie pewnym związkom w niej rozpuszczonym. Wśród nich najważniejsze są: sól kuchenna, sól gorzka i chlorek magnezu. Przeciętnie znajdujemy w 1 l wody morskiej 35 g czyli 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>o</sup>/<sub>o</sub> rozmaitych soli. W tem:

NaCl . . . . .	27.18 g
MgCl <sub>2</sub> . . . . .	3.35 „
MgSO <sub>4</sub> . . . . .	2.27 „
CaSO <sub>4</sub> . . . . .	1.27 „
KCl . . . . .	0.61 „

reszta przypada na CaCO<sub>3</sub>, bromki i jodki. Prócz tego woda morska zawiera jeszcze pewne gazy, przedewszystkiem O, N i CO<sub>2</sub>. Ilość soli rozpuszczonych w wodzie morskiej ulega jednak w poszczególnych wypadkach znacznym wahaniom pod wpływem stosunków miejscowych, najczęściej klimatycznych. Tyczy się to oczywiście przedewszystkiem warstw powierzchniowych wody, gdyż w głębinach morskich zawartość tych soli pozostaje prawie jednakowa (około 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>o</sup>/<sub>o</sub>).

Oczywiście, gdzie parowanie jest słabe, a dopływ wody słodkiej obfity, tam woda w warstwach powierzchniowych jest mniej słona, i naodwrot, jeżeli parowanie jest silne, a mniej wody słodkiej dopływa, to procent soli się zwiększa. W pasie ciszy równikowej ilość soli spada poniżej przeciętnej z powodu codziennych, ulewnych deszczów. Przeciwnie w strefie pasatów słoność mórz zwiększa się z powodu silnego parowania, a maleje znowu w wyższych szerokościach geograficznych z powodu słabego parowania wód, dopływających rzekami.

W okolicach podbiegunowych zmniejsza nadto zasolenie mórz woda, pochodząca z topienia się lodów. Zawartość soli jest największa na morzu otwartym, staje się coraz to mniejsza w miarę zbliżania się ku wybrzeżom, gdzie uchodzą wielkie rzeki, które wodę morską osładzają.

W słoności mórz drugorzędnych dają się zauważyć przedewszystkiem wpływy klimatyczne. Jako przykład niech nam posłużą dwa morza śródziemne w Europie: Romańskie na południu i Bałtyckie na północy. Znaczne zasolenie morza Romańskiego (Śródziemnego), przekraczające 3.7<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, pochodzi stąd, że leży ono w pasie pasatu letniego, a suche, zstępujące powietrze pochłania wiele wody, której nie mogą uzupełnić deszcze i nieliczne rzeki doń uchodzące. Ten ubytek

wyrównywa słona woda, płynąca z Atlantyku przez cieśninę Gibraltarską; powoduje ona jednak zwiększenie się zasobów soli tego morza. Inaczej przedstawiają się stosunki morza Bałtyckiego. Tu parowanie jest słabe, a dopływ wody rzekami przewyższa ubytek wywołany parowaniem. Dlatego to przez cieśniny Sund i Belty płyną prądy na zewnątrz, a słoność Bałtyku jest bardzo mała; naogół wynosi 0·8‰, w zatoce Fińskiej obniża się nawet do 0·1‰, a u naszych wybrzeży spada jeszcze bardziej. Największy procent soli ma morze Czerwone (4·1‰).

Zasolenie wody morskiej wpływa także na jej zamarzanie. Gdy słabo słony Bałtyk pokrywa się lodem już przy temperaturze — 1° C, to ocean ulega temu procesowi dopiero przy — 2·5°.

Woda morską jest nawet w większych masach bardzo przezroczysta, o ile jej nie mącą obce domieszki. Miarę tej własności stanowi głębokość, do jakiej dochodzą jeszcze promienie słońca. *Przezroczystość mórz* nie jest wszędzie jednako, jak stwierdzono doświadczalnie. Jako głębokość, do której jeszcze przenikają promienie słońca, można przyjąć mniej więcej 400 m. Szczególnie morza międzyzwrotnikowe odznaczają się wodą bardzo przezroczystą.

W ścisłej łączności z przezroczystością pozostaje *barwa morza*, która także bywa rozmaita; przybiera ona odcienie między kolorem niebieskim a zielonym. Barwa błękitna przeważa w morzach ciepłych i słonych, zwyczajnie dalej od lądów, natomiast zielona cechuje morza zimne, ubogie w sól, niezbyt głębokie i leżące koło wybrzeży, gdzie rzeki przynoszą dużo osadów. I miejscowe wpływy mogą tu działać. Morze Żółte zawdzięcza swą barwę glinie nawianej (less), którą rzeka Hoangho ze sobą przynosi. Nazwa morza Białego pochodzi od wapiennego dna. Prócz tego odmienne, miejscowe zabarwienie występuje pod wpływem płynących po morzu w wielkich ilościach organizmów, t. zw. planktonu. Właściwa barwa ulega jednak znacznym zmianom okresowym w czasie deszczów i burz.

W okolicach międzyzwrotnikowych można obserwować bardzo interesujące zjawisko *świecenia morza*. Wywołują je mikroskopijnie małe organizmy, gromadnie żyjące, które, podobnie jak nasze robaczki świętojańskie, mają własność świecenia.

Co się tyczy *temperatury mórz*, to ważne jest jej rozmieszczenie zarówno w kierunku poziomym, czyli na powierzchni mas wodnych, jak w kierunku pionowym czyli w rozmaitych głębokościach. Pamiętać przytem należy, że jedynym źródłem ciepła wody morskiej jest słońce, a przejawia się to przede wszystkim w warstwach powierzchniowych, które zostają pod bezpośrednim działaniem promieni słonecznych.

Rozkład temperatury na powierzchni mórz jest podobny do rozkładu temperatury powietrza, to znaczy, że od równika ku biegunom temperatura wogóle obniża się, ulegając przesunięciom w poszczególnych porach roku, stosownie do położenia słońca. Przytem jednak morza są zawsze cieplejsze od warstw powietrza do nich przytykających, a wahania ich ciepłoty są mniejsze.

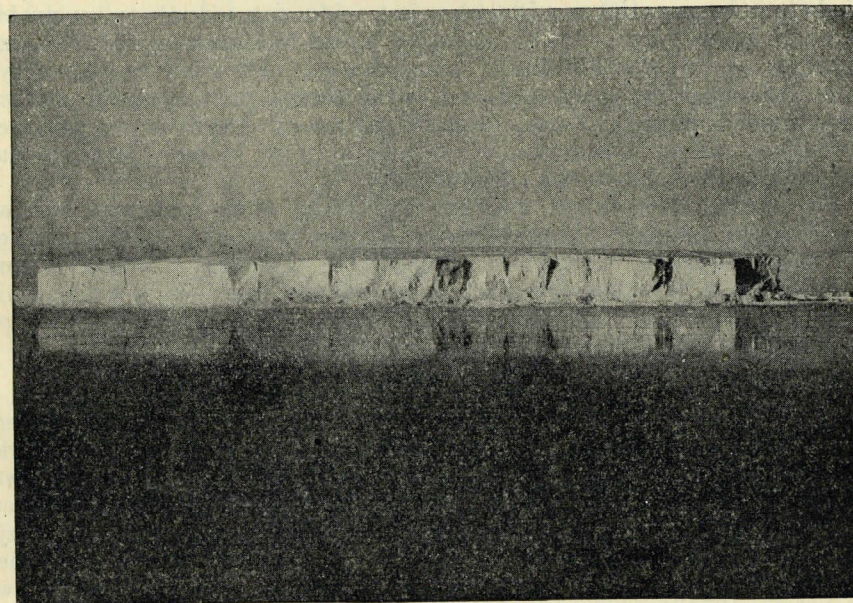
Najsilniej ogrzane morza spotyka się zatem w pasie międzyzwrotnikowym; otwarte oceany okazują tam do 30°, zaś morza śródziemne, zamknięte zewsząd lądami, jeszcze więcej (morze Czerwone 32°, zatoka Perska 35°). Najniższa temperatura, jaką zaobserwowano na powierzchni wód podbiegunowych, wynosi — 3·3°.

Począwszy od powierzchni temperatura obniża się w głąb z reguły. Ciepło słońca działa jeszcze w głębokości 200 m. W obrębie tej górnej warstwy temperatura opada w dół szybko (1° na 25 m). W dalszym

ciągu jej spadek jest powolniejszy, choć jeszcze znaczny, aż do poziomu 1000 m, gdzie woda dochodzi 4°. Następnie ciepłota zmniejsza się bardzo zwolna aż do dna samego (od 0·1 do 1° na 1000 m).

Woda na dnie głębokich mórz otwartych jest wszędzie zimna, a temperatura jej waha się między 2° (w strefie gorącej), a — 2° (w strefach zimnych).

Odmienne stosunki ciepłoty panują na dnie mórz śródziemnych i przybrzeżnych. Morza śródziemne odcięte od otwartego oceanu podmorskimi wałami, nie dopuszczającymi zimnej wody głębinowej, mają na dnie wodę cieplejszą, o mniej więcej stałej temperaturze, która odpowiada średniej ciepłocie zimy dotyczącej okolicy. W morzu Śródziemnym nawet w największych głębokościach (przeszło 4000 m) panuje temperatura + 13° do 14° C.



Ryc. 49. Góra lodowa oceanu Antarktycznego.

Na powierzchni mórz w wyższych szerokościach geograficznych spotyka się *lód* i to tem częściej, im bliżej biegunów. Pochodzenie jego może być różnorakie.

Mniejsze kry lodowe spływają do morza z potoków i rzek w czasie roztopów wiosennych, lecz ten rodzaj ich jest ograniczony naogół do niewielkich przestrzeni. Znaczniejsze obszary zajmuje lód pochodzenia morskiego. Tworzy się on przy niskiej temperaturze w morzach polarnych jako rozległa pokrywa lodowa, najpierw u wybrzeży i wysp, gdzie płytka woda oziębia się najszybciej, a potem obejmując coraz rozleglejsze płaszczyzny. Są to t. zw. pola lodowe; ich grubość w czasie jednej zimy może osiągnąć najwyżej 2½ m.

Na szczególną uwagę zasługują lody pochodzenia kontynentalnego. Lodowce, zalegające w krajach polarnych, a szczególnie na Antarktydzie



i w Grenlandji, rozległe obszary, zstępują aż do poziomu morza, gdzie odrywają się końcowe ich części i płyną z prądami morskimi, jako góry lodowe, w stronę równika. Góry lodowe kończą swój byt w bardzo niskich szerokościach geograficznych: na półkuli północnej przekraczają niekiedy nawet 40° szer. pn., a na półkuli południowej sięgają jeszcze bliżej równika (35° szer. pd.). Kształt i wielkość ich bywa rozmaita. Góry lodowe z oceanu Antarktycznego mają wygląd podobny do gór stołowych, o powierzchni płaskiej i stromych krawędziach (por. ryc. 49), ponieważ są częściami potężnej, nieprzerwanej czaszy lodowej, która ma pokrywać przypuszczalny ląd, znajdujący się dokoła bieguna południowego. Długość ich wynosi 1 do 2 km, a wysokość dochodzi nawet 400 m. Na północnej półkuli przybierają te pływające odłamy lodowcowe postać nieraz bardzo dziwną. Największych gór lodowych na północy dostarczają zachodnie wybrzeża Grenlandji; ich wysokość nad zwierciadłem morza niekiedy przekracza 100 m. Dla oka jest widoczna jednak tylko drobna część całej masy góry lodowej, gdyż jej  $\frac{5}{6}$  do  $\frac{6}{7}$  zanurza się w wodzie. Szczególnie zainteresowanie budzi zjawisko gór lodowych w północnym oceanie Atlantyckim, gdyż nie jest wykluczony przyczynowy związek między niemi a pogodą u nas. Ponadto północny Atlantyk jest obszarem najżywszego ruchu komunikacji wodnej, a góry lodowe przedstawiają groźne niebezpieczeństwo dla okrętów.

Na morzu Bałtyckim tworzy się każdej zimy pokrywa lodowa, a to obficie na północy i bliżej brzegów. Zatoka Botnicka jest zamrznięta od listopada do maja. Niżej na południu, u wybrzeży Szwecji, Estonji i Kurlandji, zamarza Bałtyk na przeciąg jednego miesiąca, a w południowej jego części widać lód tylko podczas zim ostrzejszych, przedewszystkiem w spokojnych zatokach, jak np. Pucka.

**Pytania.** 1. Jak wytłumaczysz zjawisko, że woda mórz jest cieplejsza od powietrza z nią stykającego się i wogóle ulega mniejszym wahaniom temperatury? 2. Czy z ciał rozpuszczonych w wodzie morskiej tworzą się gdziekolwiek w morzach osady? W jakich tylko szczególnych warunkach jest to możliwe? 3. Czy można tłumaczyć niską temperaturę u dna wielkich głębin morskich tem, że nie dochodzą tam promienie słoneczne? W jaki sposób wyjaśnisz to zjawisko ruchem mas wodnych podobnym, jak w powietrzu między równikiem i biegunami? 4. Dlaczego t. zw. góry lodowe wznoszą się tylko małą częścią swej wysokości ponad zwierciadło morza?

### c) O ruchach wody morskiej.

**Pytania.** 1. Czy poziom morza jest zawsze stały? 2. Jakim wahaniom perjodycznym ulega granica między lądem a morzem? 3. Czemu zawdzięcza swój klimat stosunkowo łagodny Europa północno-zachodnia?

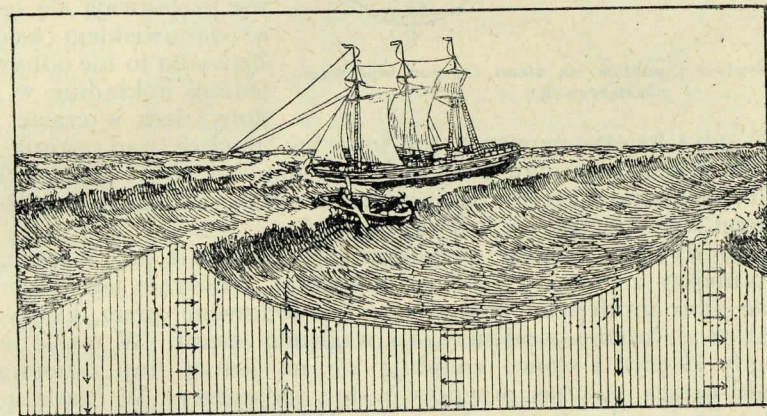
Równowagę powierzchni wód zakłócają ruchy trojakiego rodzaju: falowanie, przypływ i odpływ, wreszcie prądy morskie.

Falowanie jest to ruch nieokresowy, powstający przeważnie skutkiem działania wiatrów. Wiatr, który wieje nad morzem, nawet słabym powiewem, wprawia wodę w pewien rodzaj ruchu, przejawiający się na zewnątrz w postaci fal. Chociaż fale postępują w kierunku wiatru po płaszczyźnie wodnej, jednak cząstki wody prawie że nie zmieniają swego miejsca w kierunku poziomym, jak to można poznać na przedmiotach, znajdujących się w wodzie, które w takim razie odbywają ruch tylko

w górę i na dół, po linii zbliżonej kształtem do koła (orbita) (ryc. 50). Im wiatr jest silniejszy, tem większa jest wysokość fal, to znaczy odległość pionowa między jej najwyższym i najniższym punktem.

Terenem rozwoju najpotężniejszych fal są rozległe płaszczyzny wodne oceanów; pośród nich pierwsze miejsce pod tym względem zajmuje ocean Indyjski. Największa wysokość fal rzadko przekracza 15 m, lecz już fale wysokości 8 m należą do zjawisk niezwykłych.

Nie tak regularnie, jak na otwartym morzu, kształtują się fale na wybrzeżach. Na wybrzeżu stromym uderzają z niezmierną siłą, a stłaczając się nawzajem, osiągają wysokość do 40 m. Inaczej na wybrzeżu płaskim. Tutaj dolne cząstki wody, wskutek tarcia o dno morza płytkiego, doznają opóźnienia w swym ruchu w stosunku do cząstek górnych i dlatego fale przelewają się z szumem i hukiem w stronę wybrzeża lub też na samo wybrzeże. Zjawisko to nosi nazwę „kalemy“. Wybrzeża, na których ono się zdarza, są często trudno dostępne. Typowym przykładem takiego wybrzeża jest Gwinea.



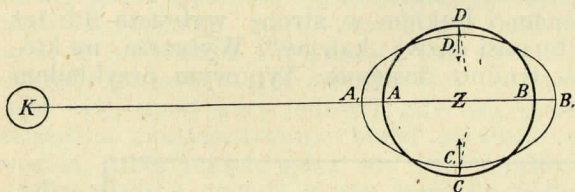
Ryc. 50. Obraz ruchu cząstek wody w falach morskich. (Według Davisa-Brauna).

Powierzchnia morza nie jest równa i spokojna nawet podczas zupełnej ciszy powietrza, gdyż i wtedy fale za falami — wprawdzie małej wysokości — toczą się bez ustanku. Te drobne ruchy wody morskiej należy uważać za pośredni skutek wiatrów, wiejących w odległych stronach, skąd fale rozchodzą się przez ocean, tracąc powoli na swej wysokości. Odgrywa przytem i to także pewną rolę, że po ustaniu wiatru, fale, wywołane nim, wprawdzie słabną coraz bardziej, ale nierychło znikają całkowicie.

Na wszystkich oceanicznych wybrzeżach daje się zauważyć perjodyczny ruch poziomu morza. W okresie nieco dłuższym od doby, w odstępach przeszło 6-godzinnych woda podnosi się dwa razy i dwa razy opada. Takie wznoszenie się zwierciadła morza nazywamy *przypływem*, a jego opadanie *odpływem*.

Zjawisko przypływu i odpływu morza tłumaczy nam prawo powszechnego ciążenia. Nietylko ziemia przyciąga księżyc, lecz i naodwrot księżyc przyciąga ziemię i skutkiem tego właśnie powstaje przypływ i odpływ wód w morzach.

Wyobraźmy sobie to zjawisko w warunkach najprostszych, t. zn. gdyby cała ziemia pokryta była jednostajną warstwą wody (ryc. 51). Księżyc (*K*) przyciąga najsilniej najbliższy sobie punkt ziemi (*A*), a więc ten, nad którym ukazuje się w zenicie. Wskutek tego cząstki wody, oddalając się w tem miejscu od środka ziemi, utworzą nabrzmienie wodne. Drugie takie nabrzmienie tworzy się równocześnie po przeciwległej stronie ziemi. Tu podnosi się także powierzchnia morza, gdyż cząstki wody oddalają się od środka ziemi (*Z*), który ulega silniejszemu niż one przyciągnięciu przez księżyc. W punktach *A* i *B* następuje tedy przyptyw. Większe nagromadzenie się wody, jakie tu powstaje, powoduje obniżenie się poziomu morza w innych miejscach, szczególnie w punktach *C* i *D*, od-



Ryc. 51. Przyptyw i odpływ na ziemi (*Z*) pod wpływem księżycy (*K*).

ległych od miejsc przyptywu o 90°. W punktach tych zaznacza się zatem odpływ. Ponieważ ziemia obraca się dokoła swej osi, przeto przyptywy i odpływy przesuwają się zgodnie ze stanowiskiem księżycy. Zjawisko to nie odbywa się jednak dokładnie w ciągu doby, lecz w czasie nieco

dłuższym, gdyż księżyc powraca na to samo miejsce nad ziemią skutkiem swego własnego ruchu i ruchu ziemi dopiero po 24 godzinach i 48 minutach. W tym okresie czasu mamy zatem na każdym wybrzeżu oceanicznym dwa przyptywy i dwa odpływy. Słońce wywiera wpływ przyciągający, podobnie jak księżyc, lecz o wiele mniejszy z powodu wielkiej odległości. Działanie jego może albo potęgować albo zmniejszać przyptywy, spowodowane przez księżyc, zależnie od ich położenia wzajemnego i względem ziemi. W czasie nowiu i pełni, gdy księżyc i słońce znajdują się na jednej linii z ziemią, poziom wody osiąga podczas przyptywu stan najwyższy. W czasie pierwszej i ostatniej kwadry tworzą księżyc i słońce z ziemią kąt prosty. Wówczas przyptyw osiąga mniejszą wysokość, gdyż słońce zmniejsza napływ wód z miejsc odpływu.

Są zresztą jeszcze inne przyczyny, które wywołują wahania przyptywów i odpływów, a pochodzą stąd, że słońce i księżyc nie zajmują zenitalnego stanowiska przez cały rok w tej samej szerokości geograficznej i że odległość obu tych ciał od ziemi zmienia się w ciągu roku.

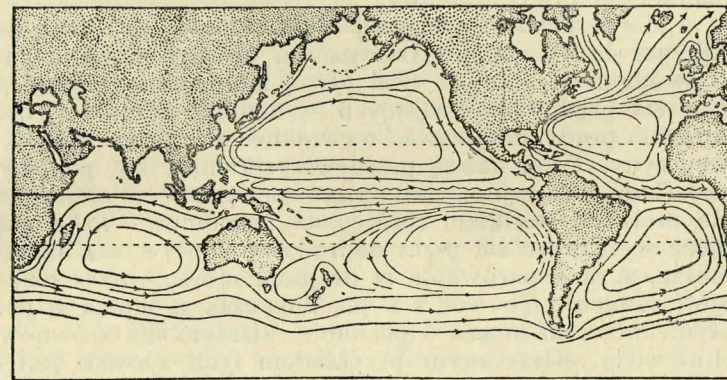
W rzeczywistości jednak zjawiska przyptywów nie przedstawiają się na ziemi tak prawidłowo, jakby z teorii wynikało, gdyż wchodzi tu w grę także inne okoliczności, jak rozmieszczenie lądów i mórz, głębokość dna morskiego, ukształtowanie wybrzeży. Najbardziej prawidłowo przedstawia się zjawisko przyptywu i odpływu na wybrzeżach otwartych mórz, a bardzo nierównomiernie u ujścia rzek, w zatokach. Najwyższe podniesienie się morza w czasie przyptywu jest znane w zatoce Fundy (21 *m*). W zatoce Brytolskiej dosięga przyptyw 16 *m*. W zamkniętych morzach śródziemnych podnosi się powierzchnia morza podczas przyptywu nieznacznie, np. na Bałtyku ledwie do 10 *mm*.

Na wielkich przestrzniach oceanów ulega woda na powierzchni ruchom stałym i w pewnych kierunkach postępowym, które noszą nazwę *prądów morskich*. Przyczyny tego rozpowszechnionego zjawiska

należy szukać w wiatrach, wiejących stale albo przeważnie w jednym kierunku, a zatem w pasatach okolic międzyzwrotnikowych, w zachodnich wiatrach średnich szerokości, a niekiedy też w monsunach. Wiatry bowiem krótkotrwałe powodują jedynie falowanie, a o ile działają dłużej lub stale, o tyle ich ruch udziela się nie tylko powierzchni warstwie wody, lecz z biegiem czasu wskutek tarcia także warstwom, leżącym głębiej, jednak co najwyżej do 800 *m*.

Prądy morskie, te „rzeki w morzu“, podobne są w swym ruchu postępowym do rzek, a różnią się od nich tem, że nie mają stałych brzegów, lecz zwolna, często niewidocznie, przechodzą w wodę spokojną, naturalnie o ile nie płyną w cieśninach albo wzdłuż wybrzeży lądów. Szerokość ich jest rozmaita, a dochodzi gdzieś niedaleko 150 *km*. Szybkość poruszania się wody, niekiedy bardzo powolna, dorównywa najczęściej chyżości wody w rzekach nizinnych (około 2 *m* na sekundę).

Kierunek prądów morskich oznaczamy — przeciwnie jak przy wiatrach — według strony świata, w którą woda płynie; zależy on przede wszystkim od kierunku



Ryc. 52. Rozkład prądów morskich na ziemi. (Według Davisa).

wiatrów. Ponadto działają jeszcze inne wpływy, a mianowicie rozczłonkowanie lądów i ruch wirowy ziemi. Prądy morskie, płynąc czyto wzdłuż wybrzeży, czyto ku nim, są zmuszone często do zmiany swego właściwego kierunku. Podobny wpływ wywiera ruch wirowy ziemi, gdyż skutkiem tego prądy ulegają zboczeniu — podobnie jak wiatry — na półkuli północnej na prawo, a na południowej na lewo.

Według kierunku możemy ocenić termiczną wartość prądów morskich. Prądy, płynące w stronę biegunów, unoszą ciepłą wodę z niższych szerokości geograficznych ku wyższym; są to zatem prądy ciepłe. Prądy, które płyną w stronę równika, sprowadzają wodę zimną z szerokości wyższych ku niższym, są prądami zimnymi. Jeden i ten sam prąd, o ile zmieni swój kierunek, może stać się z ciepłego zimnym lub naodwrot.

Rozkład prądów morskich przedstawia rycina 52.

Każdy z trzech wielkich oceanów posiada własną cyrkulację wód, zakreślającą swym ruchem wielkie elipsy po obydwu stronach równika. Wyjątek stanowi tu ocean Indyjski; w północnej jego części nie rozwinęła się taka elipsa z powodu zakłóceń, wywołanych przez monsuny.

Ta eliptyczna cyrkulacja powstaje w następujący sposób. Pasaty, wiejące ku równikowi, wprawiają wodę w jego pobliżu w ruch w kierunku od wschodu ku zachodowi, wytwarzając przez to prądy rów-

nikowe, jedno na północ, drugie na południe od równika. Każdy z nich, napotkawszy na swej drodze ląd, rozdziela się na ramiona: jedno płynie wzdłuż równika, między prądami równikowymi, od zachodu ku wschodowi jako przeciwpąd (na ryc. 52 oznaczony linią falistą), drugie uprowadza główną masę wody wzdłuż wschodnich wybrzeży lądów ku północy, względnie ku południowi. W szerokości mniej więcej 40—45° zbacza każde z tych ramion pod wpływem wirowego ruchu ziemi ku wschodowi, a natrafiwszy na ląd, ograniczający każdy z oceanów od wschodu, powraca wzdłuż zachodnich wybrzeży lądu do równika dla wyrównania ubytku wody. Nie wszystka jednak woda dochodzi zpowrotem do równika, gdyż część jej zbacza ze swej drogi i pod wpływem wiatrów południowo-zachodnich na półkuli północnej, a północno-zachodnich na półkuli południowej, płynie w stronę biegunów. Z odnóg takich, zdążających ku biegunom, zasługuje na wymienienie przede wszystkim prąd Zatokowy.

Morza polarne posiadają także własną cyrkulację prądów. Ich ruch odbywa się na oceanie Arktycznym ku zachodowi, a na Antarktycznym ku wschodowi. Z mórz tych płyną zimne odnogi do sąsiednich oceanów.

Od prądów, wchodzących w ogólną cyrkulację oceaniczną, należy odróżnić prądy miejscowe, wywołane nie przez wiatry, lecz przez inne przyczyny. Tutaj należą przede wszystkim t. zw. prądy wyrównawcze (kompensacyjne), powstające szczególnie w cieśninach między dwoma morzami skutkiem różnicy ich poziomów. Taka różnica poziomów może wytworzyć się przez nadmierny dopływ wód rzecznych do jednego morza, a silne parowanie w drugim morzu, przez niejednakowe ogrzanie i zasolenie ich wód i t. p. Wówczas z morza o poziomie wyższym płynie prąd do morza o poziomie niższym dla zrównoważenia powierzchni wody. Klasycznym przykładem tych zjawisk jest morze Bałtyckie i Czarne; otrzymują one więcej wody z rzek, niż jej tracą przez parowanie i dlatego przez cieśniny, łączące je z morzami sąsiednimi, gdzie stosunki układają się odmiennie, płyną prądy nazewnałtrz.

Do prądów wyrównawczych należy zaliczyć zimne, przybrzeżne prądy, wypływające z głębi mórz; zaznaczają się one szczególnie wyraźnie przy zachodnich wybrzeżach południowych części świata. Powstawanie ich trzeba przypisać tylko pośrednio wiatrom. Wiatry, które wieją stale od lądu, wytwarzając prądy, wywołują ubytek wody przy wybrzeżu. Dla wyrównania ubytku nie tylko napływa powierzchniowa woda z boków, lecz podchodzi także zimna woda z głębi morza. Takie pionowe prądy przybrzeżne dadzą się zauważyć przy wszystkich wybrzeżach, gdzie wieją wiatry przeważnie z lądu.

**Pytania.** 1. Jakie znaczenie ma przyływ i odpływ dla żeglugi? 2. Wyszukaj na odpowiedniej mapie najważniejsze prądy morskie i określ, które z nich są ciepłe, a które zimne. 3. Jakie znaczenie klimatyczne mają prądy ciepłe i zimne? Wyjaśnij to na przykładach! 4. Czy prądy morskie mają znaczenie dla żeglugi?

## 2. Wody lądowe.

### a) Jeziora, torfowiska.

**Pytania.** 1. Jakie rodzaje wód lądowych rozróżniamy? 2. Co to są jeziora? 3. Co nazywamy pojezierzem? Daj przykład pojezierza. 4. Jakie znasz jeziora bezodpływowe?

Wiele podobieństwa z morzami mają mniejsze zbiorowiska wód na lądzie, zwane jeziorami. Powierzchnia, którą zajmują, jest równa czwartej części Europy (2,5 miliona  $km^2$ ). Istotną częścią każdego jeziora jest 1) mniejsza lub większa kotlinowata wklęsłość i 2) wypełniająca ją woda. Wklęsłości jeziorne mogą powstawać przede wszystkim z przyczyn tektonicznych lub skutkiem nierównomiernego nagromadzenia się materiału naniesionego. Wodę posiadają jeziora bądź z morza, o ile są jego pozostałością, bądź ze źródeł, bijących w obrębie zagłębienia, a najczęściej z rzek, które uchodzą do nich.

Woda, nagromadzona w zagłębieniu jeziornym, może z niego dalej odpływać w postaci rzeki, albo nie odpływa. Pod tym względem wyróżnia się jeziora odpływowe czyli rzeczne i bezodpływowe. Niektóre jednak z tych ostatnich są tylko pozornie bezodpływowe, gdyż ich woda uchodzi podziemnymi szczelinami i korytarzami.

Co się tyczy rozmieszczenia jezior, to znajdujemy je w najrozmaitszych warunkach, gdzie tylko powstały odpowiednie zagłębienia i to zarówno pojedynczo, jak i zbiorowo, w rozmaitych poziomach względem powierzchni morza. Od wzniesienia ponad 5000 m, jakie mają jeziora tybetańskie, widzimy zbiorowiska stojących wód lądowych we wszystkich poziomach, a nierazko w depresjach, t. j. obniżeniach lądu poniżej poziomu morza. Najniżej leży zwierciadło morza Martwego (394 m poniżej powierzchni oceanów). Inne natomiast jeziora, wprowadzicie wyżej położone, mogą sięgać swoim dnem, skutkiem znaczniejszej głębokości w stosunku do wysokości bezwzględnej, niżej poziomu morza i w takim razie zakrywają przed naszymi oczyma t. zw. kryptodepresje<sup>1)</sup>. Tu należy np. jezioro Bajkalskie, ale nie brak jezior tego rodzaju także w Europie (jezioro Ładoga, Onega, wiele jezior skandynawskich) i w Ameryce (jeziora kanadyjskie).

Wielkość jezior bywa bardzo rozmaita. Najznaczniejsze jeziora poszczególnej części świata odpowiadają rozmiarom tych lądów. Szczególnie wielkie zbiorowisko wody stojącej na lądzie, jezioro Kaspiańskie, zwane morzem Kaspiańskim (44.000  $km^2$ ), leży w największej części świata, drugim z rzędu jest jezioro Górne (81.000  $km^2$ ) w Ameryce, trzecim jezioro Wiktorja (68.000  $km^2$ ) w Afryce. Najznaczniejsze jezioro Europy, Ładoga (18.000  $km^2$ ), jest niemal dwa razy większe od jeziora Eyre (10.000  $km^2$ ), znajdującego się na najmniejszym kontynencie.

Głębokość jezior nie zawsze stoi w stosunku wprost proporcjonalnym do ich wielkości. Najgłębsze jest jezioro Bajkalskie (1500 m); a po nim drugie miejsce zajmuje morze Kaspiańskie (1100 m). Z naszych jezior największą głębokość ma mały rozmiarami (0,3  $km^2$ ) Wielki Staw (78 m) w Tatrach. Głębokość zależy od ukształtowania dna jeziornego, podobnie jak ogólna postać zakłębłości wpływa na kształt i zarys jezior.

Głębokość, kształt, a zwłaszcza wielkość jezior, przede wszystkim bezodpływowych, mogą ulegać znacznym zmianom skutkiem wahań poziomu wody. Typowy przykład stanowi jezioro Tsad.

Jeziora różnią się między sobą przezroczystością i barwą wód. Najczęściej są zielone lub błękitne, niektóre mają odcień mleczny, inne znowu posiadają pomimo przezroczystości wody barwę żółtą lub brunatną, a niektóre mieniają się barwą zielonkawo-żółtawą. Barwa jezior zależy od jakości rozpuszczonych w nich składników mineralnych, od głębokości wody i od skał, które tworzą dno. Wody czyste, a przez to najbardziej przejrzyste odznaczają się zazwyczaj barwą modrą.

<sup>1)</sup> kryptós (gr.), ukryty; depressio (łac.), obniżenie.

*Skład chemiczny wody* nie jest we wszystkich jeziorach jednakowy. Jeziora, przez które przepływają rzeki, mają prawie zawsze wodę słodką, natomiast jeziora bezodpływowe wykazują pod tym względem podobieństwo z morzami, gdyż wody rzek i potoków, które do nich uchodzą, zawsze zawierają chociażby drobną ilość rozmaitych soli, zazwyczaj przede wszystkim sól kamienną (NaCl) i dzięki temu zasalają zwolna jezioro. W ten sposób powstają jeziora sodowe, boraksowe i t. p., ale najczęściej jeziora słone. Niektóre z nich są jednak pozostałością mórz zwolna wysychających, jak np. morze Kaspjskie, a dowodzi tego fauna, w której widzimy nawet nerpy obok morskich małżów i ślimaków (t. zw. jeziora szczątkowe albo relikto<sup>1)</sup>). Przytem jak w morzach, tak i w jeziorach zawartość soli bywa różna, zmieniając się nawet w obrębie jednego i tego samego zbiornika wodnego. Nie brak wszakże wyjątków, gdyż istnieją jeziora bezodpływowe, posiadające wodę słodką (Tsad, Lop Nor). Do najbardziej słonych należą jeziora: Elton (na stepach Kaspjskich 29<sup>0</sup>/o), morze Martwe (24<sup>0</sup>/o), Urmja (21<sup>0</sup>/o) i Słone (19<sup>0</sup>/o). Morze Kaspjskie odznacza się małym zasoleniem, osiagającym zaledwie 1·5<sup>0</sup>/o, w części północnej przy wybrzeżu nawet 0·15<sup>0</sup>/o, zato w jego zatoce Karabugaz podnosi się ilość soli do 18<sup>0</sup>/o.

*Stosunki termiczne* w jeziorach słodkowodnych układają się odmiennie, aniżeli w morzach. Wyjaśnia je fakt, że woda słodka posiada największą gęstość przy temperaturze 4<sup>0</sup> C. To też powierzchniowe warstwy wody nie mają stałej ciepłoty, gdyż ta zmienia się z porami roku zależnie od ogrzania przez słońce, ale na dnie jezior, dokąd opada woda najcięższa, objawia się dążność do utrzymania stałej temperatury mniej więcej 4<sup>0</sup> C. Pionowy rozkład temperatury w jeziorach przedstawia się rozmaicie w poszczególnych porach roku. W miesiącach letnich warstwy na powierzchni są najsilniej ogrzane, temperatura opada od góry ku dółowi i to początkowo zwolna, od głębokości 8—10 m nagle, potem zaś znowu coraz wolniej. W porze zimowej przeciwnie woda na powierzchni jest najslabiej ogrzana, niekiedy nawet zamarza, przeto temperatura podnosi się od powierzchni ku dnu. W okresach zaś przejściowych (na wiosnę lub w jesieni) może się wydarzyć, że cały słup wody będzie posiadał jednakową ciepłotę 4<sup>0</sup> C. Oczywiście odwrócenie stosunków temperatury w ziemie zaznacza się tylko tam, gdzie powierzchnia jeziora oziębi się poniżej 4<sup>0</sup> C, a zatem zjawisko to nie jest znane w klimacie gorącym.

Powierzchnia jezior jest widownią podobnych *ruchów wody*, jakie poznaliśmy na morzach, ale tylko na małą skalę. Jeziora mają także swe fale, wywołane przez wiatry, swoje prądy i nawet, chociaż w bardzo małym stopniu, przypływy i odpływy. Na niektórych jeziorach, podobnie jak w zamkniętych częściach mórz, spostrzega się osobliwe, kołyszące się wahania zwierciadła wody, które nazywamy *seszami*<sup>2)</sup>. Objawiają się one w ten sposób, że bez widocznej przyczyny powstają fale stojące, a skutkiem nich woda podnosi się nagle w jednym miejscu, a w drugim opada. Ten ruch, obserwowany najpierw na jeziorze Genewskim, przypisywano dawniej trzęsieniom ziemi. Obecnie jednak ustalono, że przyczyna seszów leży w lokalnych zakłóceniach atmosferycznych, a przede wszystkim w nagłych i silnych zmianach ciśnienia powietrza.

Inne zjawisko właściwe jeziorom przedstawiają *wahania poziomu wody* w związku z większym lub mniejszym natężeniem czynników klimatycz-

<sup>1)</sup> relictus (łac.), pozostawiony. <sup>2)</sup> z francuskiego: seiche (sèche).

nych. Pod tym względem większym wahanom ulegają jeziora bezodpływowe, podczas gdy woda w jeziorach rzecznych waha się nieznacznie (np. wahanie roczne poziomu jeziora Ładogi wynosi nieco więcej nad 70 cm).

Wreszcie charakterystyczną właściwością jezior jest ich *nie trwałość*. Po większej części znikają one stosunkowo szybko albo skutkiem zamulenia i zarośnięcia, zmieniając się w ten sposób często w torfowiska, albo przez działanie wody odpływowej, która, pogłębiając swe koryto, obniża zwierciadło wodne jeziora aż do jego zupełnego spłynięcia; tyczy się to przede wszystkim jezior górskich.

Torfowiska powstają na dnie płytkich wód zwolna zarastających od brzegów, a tworzą je w takim razie przede wszystkim rośliny wodne, jak trzcina, sitowie i t. d.; są to t. zw. *torfowiska niskie*. Inny typ przedstawiają *torfowiska wysokie*, na miejscach, gdzie głównie wegetacja mchów torfowych (z rodzaju Sphagnum), wrzosów i t. p. daje im początek. Tego rodzaju torfowiska, wchłaniając dużo wody, jak gąbka, wznoszą się



Ryc. 53. Swamp w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej.

coraz wyżej ponad poziom otoczenia i tworzą w ten sposób jakby obrzymie, płaskie poduszki. Stąd nazwa dla nich także „torfowisk wypukłych“ w odróżnieniu od „płaskich“ czyli niskich. Torfowiska są właściwe przede wszystkim klimatowi umiarkowanemu i chłodnemu; w strefie gorącej niema ich prawie zupełnie. Szczególnym ich rodzajem są „swampy“ amerykańskie na wybrzeżach Karoliny, Florydy, Wirginji i nad dolnym biegiem Missisipi. Widzimy tam, jak na torfiastej masie kilkumetrowej grubości rosną w miejscach, niepokrytych wodą, takie drzewa, jak cyprysy błotne (*Taxodium distichum*), magnolje, klony i t. p., podczas gdy obok rozwijają się mchy torfowe lub na miejscach zalanych trzciny z szuwarem (por. ryc. 53).

**Pytania.** 1. Jeżeli słoność jezior pochodzi w większości wypadków od rzek, które przynoszą sól, choć w małych ilościach, to jak należy tłumaczyć większe lub mniejsze ich zasolenie. Dlaczego niektóre jeziora bezodpływowe (Tsad, Lop-Nor) mają wodę słodką? 2. Czy w jeziorach odbywa się ruch wody w kierunku pionowym? 3. Czy woda w jeziorach może zamrznąć aż do dna? 4. Gdzie u nas niedawno jeszcze było niewątpliwie znacznie więcej jezior, niż obecnie i jaki los czeka tam jeziora, które jeszcze istnieją?

b) Rzeki.

Pytania. 1. Jaka jest różnica między korytem rzeki a doliną? 2. Ile brzegów posiada dolina i jak się je oznacza? 3. Co to jest spadek rzeki? 4. Co rozumiemy przez dorzecze, zlewisko i dział wód? 5. Które rzeki oddziela główny dział wód europejski? 6. Czy tylko najwyższe góry odgrywają rolę decydującą w przebiegu działów wodnych?

Woda rzek bierze początek ze źródeł, które tworzą większe lub mniejsze strugi, strumyki, potoki i strumienie, a wyjątkowo od razu spore rzeczki. Ponadto wszystkie wody płynące zasila bezpośrednio woda deszczowa.

Od źródeł płyną rzeki po pochyłościach terenu, w wytworzonych przez siebie łożyskach, coraz bardziej w dół, by wkońcu znaleźć ujście w większym zbiorniku wody: w innej rzece, jeziorze lub w morzu. Niektóre z nich kończą swój bieg w piaskach pustyń albo znikają w szczelinach skalnych. W podziale rzek należy odróżnić samoistne rzeki główne od rzek niesamoistnych czyli dopływów.

Rzadko tylko rzeki płyną w kierunku prostym od swych źródeł do ujścia; najczęściej zbaczają od niego, ponieważ tworzą już to wielkie załomy i zgięcia, już to drobne zakręty (meandry, zakosy, węzownice, serpentyny). Stosunek rzeczywistej długości biegu rzeki do odległości w linii powietrznej między źródłem a ujściem nazywamy hydrograficznym rozwinięciem rzeki.

Ruch wody płynącej zależy przede wszystkim od spadku, t. j. od różnicy wysokości dwóch punktów biegu rzeki, który wyraża się zwyczajnie w metrach na jednostce długości (1 km). Im większy spadek posiada rzeka, tem szybciej woda w niej płynie. W związku z tem wyróżniamy w biegu rzek trzy stopnie: bieg górny, średni i dolny; w biegu górnym spadek jest względnie największy, w biegu średnim zmniejsza się, a staje się zupełnie słaby ku ujściu. W zależności od spadku zmienia się charakter ogólny rzeki.

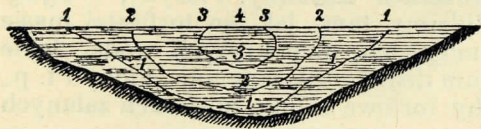
Jednakowoż nie we wszystkich rzekach spadek maleje stopniowo od źródła do ujścia, a najlepszym dowodem tego spadziste załamania w podłużnym przekroju biegu rzek, nazywane kaskadami, szypotami, kataraktami, progami lub wodospadami.

Lepiej nadaje się podział biegu rzek na dwa rodzaje: bieg górski i równinowy; na tej podstawie dzielimy też rzeki na górskie, równinowe i mieszane (t. j. w części biegu górskie, w części równinowe).

Rzeki górskie mają spadek znacznie większy, nierzadko 5—10 m na 1 km, rzeki równinowe odznaczają się spadkiem, małym, który wynosi 0·10 m i mniej.

Chyżość prądu rzecznoego rośnie nie tylko ze spadkiem, lecz także

z ilością wody. W przekroju poprzecznym rzeki cząstki wody nie poruszają się z jednakową szybkością (ryc. 54). Skutkiem oporu, wywołanego przez tarcie, chyżość przy brzegach i na dnie jest najmniejsza, a wzrasta z oddaleniem od trącej powierzchni. Linja najszybszego prądu w rzece, t. zw. nurt, znajduje się nad najgłębszym miejscem koryta, nieco pod powierzchnią wody z powodu tarcia, jakie powoduje powietrze. Tarcie w łożysku o danym spadku i przekroju, znaczniejsze dla płytkiego stanu rzek, pokonywane jest łatwiej przez większą ilość wody, dlatego i chyżość wtedy musi być większa. W rzekach równinowych chyżość wynosi najczęściej mniej więcej 0·5 m na sekundę, lecz podwaja się lub potraja przy wysokim stanie wody.



Ryc. 54. Obraz stosunków szybkości strumienia wody płynącej w różnych częściach koryta.

Chyżość prądu rzecznoego rośnie nie tylko ze spadkiem, lecz także z ilością wody. W przekroju poprzecznym rzeki cząstki wody nie poruszają się z jednakową szybkością (ryc. 54). Skutkiem oporu, wywołanego przez tarcie, chyżość przy brzegach i na dnie jest najmniejsza, a wzrasta z oddaleniem od trącej powierzchni. Linja najszybszego prądu w rzece, t. zw. nurt, znajduje się nad najgłębszym miejscem koryta, nieco pod powierzchnią wody z powodu tarcia, jakie powoduje powietrze. Tarcie w łożysku o danym spadku i przekroju, znaczniejsze dla płytkiego stanu rzek, pokonywane jest łatwiej przez większą ilość wody, dlatego i chyżość wtedy musi być większa. W rzekach równinowych chyżość wynosi najczęściej mniej więcej 0·5 m na sekundę, lecz podwaja się lub potraja przy wysokim stanie wody.

Każda rzeka główna jest zbiornikiem wody potoków i rzek mniejszych, zasilających ją z wszystkich stron dorzecza. Dopiero dorzecze przedstawia całość hydrograficzną, z rozwiniętą i nieraz rozległą siecią rzecznoą, ograniczoną działami wodnymi. Zamykają one dorzecze nie zawsze szczelnie, gdyż leżą niekiedy tak, że podczas wzbierania wód dwa sąsiednie systemy rzeczne łączą się z sobą czasowo, a niekiedy mogą być połączone nawet stale przez naturalne rozwidlenie czyli bifurkację lub sztuczne kanały.

Wyrazem znaczenia rzeki i jej bogactwa w wodę jest głównie wielkość jej dorzecza. Największe dorzecza w poszczególnych częściach świata mają najpotężniejsze rzeki:

Amazonka . . . . .	7	miljonów km <sup>2</sup>
Kongo . . . . .	3·7	" "
Ob . . . . .	3·1	" "
Wołga . . . . .	1·4	" "
Murray . . . . .	0·9	" "

Wielkość dorzecza nie zawsze idzie w parze z długością rzek. Amazonka, o największym dorzeczu, ustępuje co do długości biegu (5500 km) nie tylko najdłuższej Missisipi-Missouri (6600 km), lecz także Nilowi (6000 km), a Kongo zajmuje pod względem długości dziewiąte miejsce.

W stosunkach hydrograficznych lądu przejawia się wybitny wpływ klimatu, a głównie opadów atmosferycznych. Od nich w pierwszym rzędzie zależy gęstość sieci rzecznoej, którą wyraża się w przeciętnej długości wszystkich strug wodnych na jednym km<sup>2</sup>. Im obfitsze są opady, tem gęściejsza sieć rzecznoa. Lecz jeszcze i inny czynnik odgrywa w tem ważną rolę, a mianowicie jakość gruntu. Obszary, których powierzchnia składa się ze skał przepuszczalnych, są uboższe w rzeki od obszarów o skałach nie przepuszczających wody.

Temperatura wód płynących zależy nie tylko od bezpośredniego ogrzania przez słońce, lecz także od ciepłoty powietrza, która działa regulująco. Rzeki zatem odpowiadają swojej temperaturą warunkom klimatycznym z tem, że zgodnie z ciepłem gatunkowem wody ogrzewając i oziębiając się powoli, nie osiągają tak wysokiego i niskiego stopnia temperatury jak powietrze tych okolic, przez które płyną. W wyższych szerokościach geograficznych rzeki, oziębiając się do zera, pokrywają się lodem.

Średnia długość okresu zlodzenia w północnej części kontynentu europejsko-azjatyckiego przedstawia się następująco:

Łaba pod Hamburgiem . . . . .	39	dni
Wisła pod Warszawą . . . . .	60	"
Niemen pod Tylżą . . . . .	78	"
Dźwina pod Rygą . . . . .	125	"
Dźwina pod Archangielskiem . . . . .	178	"
Lena pod Kireńskiem . . . . .	203	"

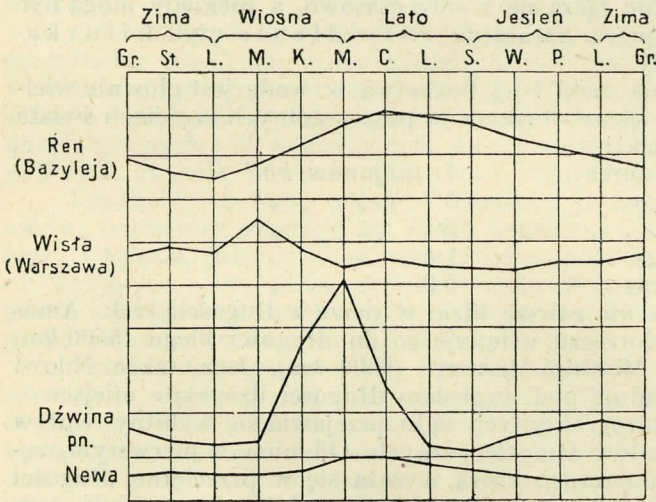
Widać z tego, że im bardziej klimat staje się lądowy, tem dłużej trwa zlodzenie rzeki.

Stosunki klimatyczne odzwierciedlają się w każdej rzece szczególnie wyraźnie w wahaniach poziomu wody w ciągu roku. Zmiany poziomu

oznacza się albo przy pomocy miary metrowej, ustawionej stale w rzece, albo przy pomocy odpowiednio urządzonego przyrządu samopiszącego. Codzienne spostrzeżenia umożliwiają określenie niskiego, średniego i wysokiego stanu wody. Rozmaite przyczyny wywołują to zjawisko. W okolicach międzywrotnikowych wpływa na wahania poziomu wody zmiana pory deszczowej i suchej. Potężne w okresie deszczowym rzeki wysychają nieraz zupełnie w czasie posuchy (suche doliny rzeczne, t. zw. wadi na Saharze i w Arabji). W krajach śródziemnomorskich, w Kalifornji i Chile padają deszcze w zimie, dlatego rzeki ich mają w zimie wy-

soki, a w lecie niski stan wody. W krajach o klimacie umiarkowanym następuje wysoki stan wody bądź skutkiem roztopów śnieżnych na wiosnę, bądź skutkiem deszczów w porze letniej, głównie w tych rzekach, których źródła leżą w wysokich górach (ryc. 55).

Oprócz tego zatory lodowe mogą powodować wysoki stan wody w rzekach, zwłaszcza płynących w kierunku północnym, gdyż lód na północy jeszcze stoi,



Ryc. 55. Stan wód w ciągu roku w Renie, Wiśle, Dźwinnie pn. i Niewie.

a z południa już odpływa. Zdarza się to na Wiśle, a w wysokim stopniu w rzekach północno-rosyjskich i syberyjskich.

Z wysokim stanem wód rzecznych łączy się często zjawisko wylewów czyli powodzi.

Najmniejszym wahaniom ulega poziom rzek, wypływających z lodowców. Podobnie też regulująco na stan wód działają lasy w dorzeczu i jeziora, przez które rzeki przepływają.

Ze zmian poziomu rzecznoego wynika, że ilość wody, którą rzeka doprowadza do morza, nie jest stała, lecz zmienia się w poszczególnych dniach, miesiącach i latach, odpowiednio do wysokości opadów i siły parowania. Znając przekrój poprzeczny koryta i chyżość wody danej rzeki, można tę ilość odpływu obliczyć. Odpływ wód w rozmaitych obszarach jest rozmaity, a zależy od stosunków klimatycznych, od pochylenia terenu, od przepuszczalności gleby i od jakości szaty roślinnej. Nasze rzeki odprowadzają do morza mniej więcej trzecią część wody deszczowej.

**Zadania i pytania.** 1. Zmierz hydrograficzne rozwinięcie Wisły według mapy. Czy będzie ono zupełnie dokładne? 2. Wymień kilka rzek górskich, równinowych i mieszanych. 3. Oblicz według mapy warstwicowej (poziomicowej) spadek jakiejś rzeki w biegu górskim i równinowym. 4. Wskaż na mapie przebieg działu wodnego, oddzielającego zlewisko atlantyckie od indo-

pacyficznego. 5. Objaśnij i wytłumacz ryc. 55. Kiedy u nas (na Wiśle) przypada najniższy i najwyższy stan wody? 6. Dlaczego rzeki, mające źródła w wyniosłych górach, okazują wysoki stan wód w lecie, a małym wahanom pod tym względem ulegają rzeki, biorące początek w lodowcach? 7. Dlaczego lasy w dorzeczu lub jeziora, przez które rzeka przepływa, działają na stan wód regulująco?

## VI. Biosfera.

### 1. Granice zasięgu biosfery.

**Pytania.** 1. Jakie są zasadnicze warunki życia? 2. Jakie znasz zwierzęta i rośliny, żyjące w strefie polarnej; jak daleko ku biegunom sięga świat zwierzęcy i świat roślinny? 3. W którym kierunku życie wzmaga się na powierzchni ziemi, a w którym stopniowo słabnie coraz bardziej? 4. Jakie warunki fizyczne panują w wielkich głębinach morskich? Jak daleko promienie słońca dochodzą w głąb morza, umożliwiając istnienie roślin? 5. Jak głęboko w morzach istnieje jeszcze świat zwierzęcy? 6. Które zwierzęta są przystosowane do samodzielnego poruszania się w atmosferze i do jakiej wysokości mogą się w niej wznosić? 7. Jakie znasz organizmy, które żyją pod powierzchnią litosfery, w luźnym gruncie lub w grotach podziemnych?

Biosfera czyli cały świat zwierzęcy i roślinny naszej planety rozwija się w strefie granicznej między atmosferą a hydrosferą a skorupą ziemską, przenikając jednak w głąb pierwszej i drugiej, a poczęści nawet pod powierzchnię litosfery. Świat organiczny łądu stałego szybko ubożeje w miarę, jak zbliżamy się do jednego i drugiego bieguna. Przyczyną tego niska temperatura i masy śniegu i lodów, które wszystko pokrywają. Nie są to jednak przeszkody w rozprzestrzenianiu się także dla organizmów morskich, gdyż morze — jak wiemy — zamarza tylko na powierzchni, a w głębi temperatura nie spada niżej — 2° C. Wyraźniej zaznacza się granica istnienia świata roślinnego w głąb morza, gdyż rośliny zielone mogą rozwijać się tylko do tej głębokości, do której dochodzą promienie słoneczne. Za to świat zwierzęcy sięga bardzo wielkich głębin morskich, przystosowując się pod każdym względem do warunków tam panujących, zarówno do olbrzymich ciśnień, jak np. do braku światła.

Co się tyczy atmosfery, to wiadomo, że ptaki przelotne wznoszą się nieraz kilka tysięcy metrów w górę. W litosferze natomiast znika wszelkie życie, nawet bakterje, już w głębokości kilku metrów; wyjątkiem są jaskinie podziemne, szczeliny i t. p.

**Pytanie.** Jak świat zwierzęcy przystosował się do życia w warunkach, które panują w wielkich głębinach morskich?

### 2. O wpływie czynników zewnętrznych na rozmieszczenie roślin i zwierząt.

**Pytania.** 1. Jakie znasz rośliny szczególnie przystosowane do klimatu suchego i gdzie jest ich ojczyzna? 2. Jakie są ci znane całe obszary klimatyczne, scharakteryzowane właściwą im florą? Co wiesz o klimacie tych dziedzin i o cechach znamienych ich wegetacji? 3. W jaki sposób przystosował się do miejscowych warunków życia świat zwierzęcy krajów polarnych? 4. Daj przykłady przystosowania się roślin do zapyłania tylko przez pewne owady. 5. Przytocz dowody odrębności fauny kontynentu australskiego. 6. Wymień zwierzęta szczególnie charakterystyczne dla fauny kregowców południowo-amerykańskich.

7. Jaką znasz roślinę wodną, która stosunkowo niedawno dostała się przypadkiem do Europy i następnie rozprzestrzeniła się w niej sama na bardzo znacznej przestrzeni? 8. Który gryzoń przywędrował do nas ze wschodu, wypierając inny gatunek bardzo do niego zbliżony? 9. Jakiego znasz gryzonia, właściwego wodom lasów niedostępnych, który dzisiaj jest u nas bliski wytopienia?

Jest rzeczą zrozumiałą, że świat organiczny, potrzebując do swego istnienia koniecznie obok powietrza odpowiedniej temperatury, dalej wody i w bardzo wielu wypadkach podłoża stałego, jakim jest skorupa ziemska, pozostaje od tych czynników w bezpośredniej i bardzo silnej zależności. Wpływ ich zaznacza się wybitnie i nieraz już na pierwszy rzut oka przedewszystkiem w rozmieszczeniu geograficznym roślin i zwierząt takim, że możemy na powierzchni ziemi wyróżnić obszary, mające florę i faunę mniej lub więcej im właściwą i dla nich charakterystyczną. Pewne warunki klimatyczne odpowiadają bowiem jednemu organizmowi, a są zabójcze dla innych; morza i kontynenty, to środowisko życia i rozwoju tylko dla odpowiednich roślin i zwierząt, a więc tem samem także naturalne zapory w rozprzestrzenianiu się innych. Przytem jednak ważną rolę odgrywają jeszcze takie czynniki, których źródło leży gdzie indziej. Istnieje np. silna zależność świata zwierzęcego od roślinnego, tudzież naodwrot, a niemniej dla zrozumienia geografii organizmów ma niemałe znaczenie przeszłość geologiczna danych obszarów: stwierdzenie, od jak dawna pewne lądy są rozdzielone morzami i świat organiczny w tych granicach rozwija się zupełnie samodzielnie.

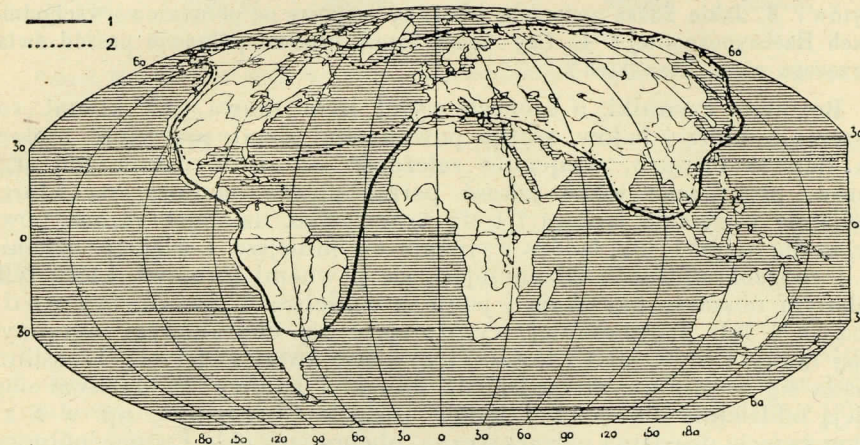
Wiadomo np., że palmy i paprocie drzewiaste, które nie znoszą klimatu chłodnego i suchego, są charakterystycznymi składnikami flory krajów gorących ze znaczną ilością wilgoci w powietrzu; kosodrzew jest rośliną znaną dla naszych gór ponad linią lasów; glony morskie, zwane litotamjami, z plechą, która ulega zwapnieniu, tworząc w ten sposób całe krzaczki wapienne, porastają nieraz znaczne przestrzenie na dnie morskiem tylko wzdłuż płytkich wybrzeży i w klimacie ciepłym. W świecie zwierzęcym można tak samo stwierdzić jego zależność od stosunków klimatycznych. Ze zwierząt lądowych małpy są właściwie przedewszystkiem krajem tropikalnym, a morskie korale, które tworzą rafy, rozwijają się wyłącznie w morzach płytkich (co najwyżej 50 m głębokości), których temperatura nie spada nigdy niżej 20° C.

Ta zależność biosfery od warunków klimatycznych znajduje wyraz w podziale ziemi na pewne pasy, odpowiadające strefom klimatycznym, a scharakteryzowane przedewszystkiem przez właściwe im flory lądowe. I tak w botanice możemy rozróżniać zarówno dla półkuli północnej, jak i południowej strefę zimnorostów, chłodnorostów, ciepłorostów, suchorostów i parnorostów, w ich obrębie zaś mniejsze obszary, np. dla strefy suchorostów obszary pustyniowe, sawannowe i stepowe ze znaną dla nich roślinnością (por. ryc. 47). Prócz tego, ponieważ we wszystkich górach zmieniają się warunki klimatyczne z wzniesieniem, stosuje się w nich podział na strefy w kierunku pionowym, wyróżniając np. strefę dolną, górną, alpejską i t. d.

W morzach znowu w związku z głębokością i oddaleniem od wybrzeży rozróżniamy strefy: przybrzeżną, pelagiczną<sup>1)</sup> czyli morza otwartego, głębinową i t. p.

<sup>1)</sup> pelagos (gr.), otwarte morze; pelagiczny, odnoszący się do morza otwartego, np. fauna pelagiczna (nie przybrzeżna!).

Oczywiście jest rzeczą zrozumiałą, że rozmaite formy, które powstały gdzieś, przystosowując się do danych warunków, mogą rozprzestrzeniać się z takiego ogniska, o ile tylko nie spotkają na drodze przeszkód w postaci warunków życia odmiennych i nieodpowiednich. Odbywa się to na drodze biernej, jak np. u tych roślin, których owoce lub nasiona wiatr roznosi, albo sposobem wędrówek czynnych, co widzimy u wielu zwierząt. Przeszkodą w rozprzestrzenianiu się mogą być morza dla roślin i zwierząt lądowych, kontynenty dla organizmów morskich, także wielkie pustynie i potężne łańcuchy górskie. Przytem stopień odrębności dwóch obszarów biogeograficznych zależy w znacznej mierze od długości okresu, w którym pozostają one rozdzielone. Australia niewątpliwie bardzo dawno została odłączona od Azji, kiedy ssawce były jeszcze w zupełnie pierwotnej fazie rozwojowej. Dowodzi tego zupełnie odrębna fauna, właściwa temu kontynentowi, którą widzimy tam dzisiaj jako pozostałość dawnych czasów, przystosowaną do rozmaitego pokarmu i różnych warunków życia w dobie dzisiejszej; w Azji i wogóle gdzie indziej ssawce uległy tymczasem daleko idącemu rozwojowi z równoczesnym, prawie całkowitem wymarciem form pierwotnych.



Ryc. 56. Granice rozmieszczenia geograficznego rodzajów *Bombus* (1) i *Aconitum* (2).  
(Według Drude'a z dzieła De Martonne'a).

Ale pośród przyczyn, które powodują wyodrębnianie się w biosferze oddzielnych całości geograficznych, niemałą rolę odgrywa — jak już wspomnieliśmy — także wzajemna zależność organizmów od siebie, która może się zaznaczać w sposób bardzo rozmaity. Zwierzęta roślinożerne wymagają pewnej roślinności, same służąc jako pokarm mięsożercom, i to jeden dowód zależności fauny od świata roślinnego. Dzieje się jednak i naodwrot. Tojad (*Aconitum*) bywa zapylany tylko przez trzmiele (*Bombus*), nie może zatem wydawać owoców, nasion i rozwijać się tam, gdzie niema tych owadów (ryc. 56). Przy rozpatrywaniu szczegółowem widzimy, że nawet charakter gleby wpływa na rozmieszczenie geograficzne pewnych form, zwłaszcza w świecie roślinnym. U nas np. dla gleb wapiennych jest charakterystyczna czarnuszka dzika (*Nigella arvensis*), gorczyca (*Erysimum odoratum*), marzanka (*Asperula cy-*

nanchica) i t. p., dla gleb o podłożu zawierającym galman, laseczki (*Armeria vulgaris*), dla gleb piaszczystych wydmuchrzyca piaszkowa (*Elymus arenarius*) i t. d. Wreszcie dzisiaj niemałe znaczenie ma człowiek dla geograficznego rozmieszczenia roślin i zwierząt, tępiąc pewne gatunki, przyczyniając się do rozprzestrzeniania innych i zacierając pierwotny charakter, jakiego biosfera udziela rozmaitym krainom. Z południowo-wschodnich ziem kresowych dawnej Rzeczypospolitej znika coraz szybciej step z właściwą mu florą i fauną, cofając się przed pługiem rolnika.

**Pytania.** 1. Czy głębinowa fauna morska może zawierać zwierzęta roślino-żerne? 2. Co możemy powiedzieć o warunkach klimatycznych, a więc przede wszystkim o ciepłocie mórz, w których tworzyły się wapienie koralowe? 3. Jak wytłumaczysz różnice świata zwierzęcego Ameryki Północnej i Południowej? 4. Jakie znasz rośliny, których dalekie rozprzestrzenienie jest dziełem człowieka?

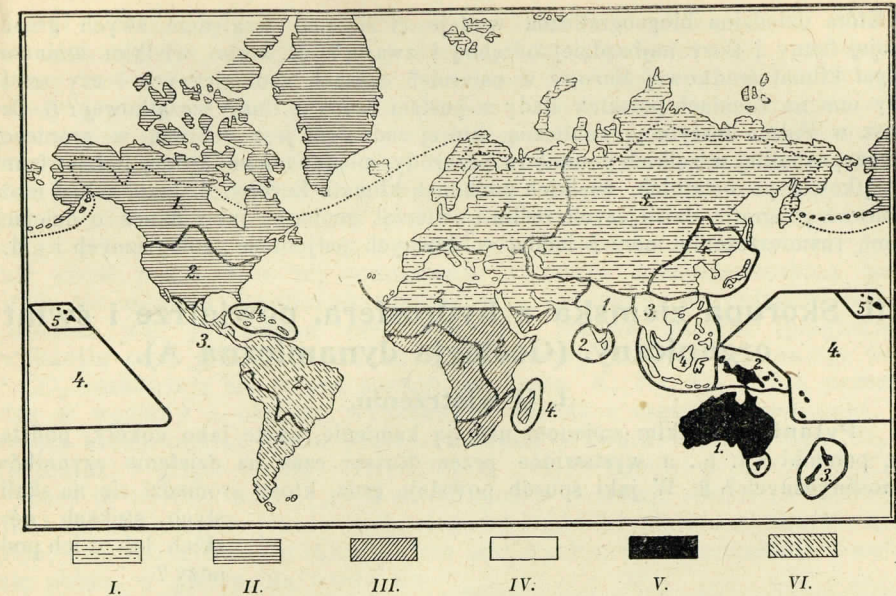
### 3. O podziale ziemi na krainy biogeograficzne.

**Pytania.** 1. Czy flora Europy południowej różni się od flory Europy środkowej, w jaki sposób, i co jest przyczyną tego? 2. Jak się przedstawia fauna i flora tatrzańska w swoim rozmieszczeniu pionowym, od podnóża Tatr do ich szczytów? 3. Jakie znasz zwierzęta i rośliny stepowe na południowo-wschodnich kresach Rzeczypospolitej? 4. Czy znasz formy typowo północne pośród świata zwierzęcego ziem litewskich?

Rozmaite czynniki, o których wyżej była mowa, jak klimat, rozmieszczenie mórz i lądów, rzeźba powierzchni ziemi, przeszłość geologiczna danego obszaru, wzajemna zależność od siebie rozmaitych organizmów, prócz tego także jakość petrograficzna podłoża, na którym rozwija się wegetacja lądowa i t. d., to wszystko, działając razem, powoduje, że dla mórz i dla lądów wyróżnia się mniejsze i większe dziedziny fito- i zoogeograficzne<sup>1)</sup>, odznaczające się pewnymi formami, które tylko na danym obszarze mieszkają i jemu są właściwe (t. zw. formy endemiczne<sup>2)</sup>) lub przynajmniej wyróżniające się charakterem odrębnym swojej fauny i flory jako całości. Oczywiście świat zwierzęcy i roślinny rozpada się w pierwszym rzędzie na morski i lądowy. W dalszym ciągu istnieją oddzielnie dla mórz i lądów rozległe „dziedziny“, np. w t. zw. starym świecie dziedzina palearktyczna, obejmująca całą Europę, północną Afrykę i Azję aż po Himalaje na południu i ocean Spokojny na wschodzie (por. ryc. 57), zaś w obrębie dziedzin mniejsze „połacie“ (np. połacie europejska i śródziemnomorska w obrębie dziedziny palearktycznej), składające się z jeszcze mniejszych „prowincyj“; „krainy“, wreszcie „okręgi“ i t. d. — to kolejno dalsze jednostki zoo- względnie fitogeograficzne. Np. w granicach Polski schodzą się z sobą cztery botaniczne prowincje tego rodzaju: bałtycka, borealna, góraska prowincja sudecko-karpacka i stepowa czarnomorska (por. mapkę geobotaniczną Polski, w cz. III). Jednostki biogeograficzne, zwłaszcza wyższe, dla świata zwierzęcego i roślinnego zazwyczaj odpowiadają sobie przynajmniej w przybliżeniu. Fitogeograficzne prowincje, wyróżnione w Polsce, zgadzają się mniej więcej z prowincjami naszego świata zwierzęcego.

Oczywista, że granice we wszelkich podziałach tego rodzaju nie mogą być ostre, a często przedstawiają się w postaci węższych lub szerszych

<sup>1)</sup> phytón (gr.), roślina; zóon (gr.), zwierzę. <sup>2)</sup> éndemos (gr.), miejscowy.



Ryc. 57. Mapka lądów zoogeograficzna. Linja kropkowana = granica północna drzew.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Dziedzina palearktyczna.	Dziedzina nearktyczna.	Dziedzina etjopska.	Dziedzina wschodnia.	Dziedzina australska.	Dziedzina pdn.-ameryk.
Połacie:	Połacie:	Połacie:	Połacie:	Połacie:	Połacie:
1) europejska 2) śródziemnomorska 3) środk.-azjat. 4) mandżurska	1) kanadyjska 2) sonorska	1) zach.-afryk. 2) wsch.-afryk. 3) pd.-afryk. 4) madagaskarska	1) przedganges. 2) cejlońska 3) zagangesowa 4) sundajska 5) filipińska 6) celebeska	1) australska 2) austral.-malajska 3) nowozelandz. 4) polinezyjska 5) hawajska	1) chilijska 2) brazylijska 3) meksykańska 4) antyjska
Obszar holoarktyczny					

szych pasów o charakterze mniej lub więcej mieszanym. Odrębność pewnych dziedzin biogeograficznych zaznacza się jednak nieraz już na pierwszy rzut oka właściwą im i znamioną fizjognomją, którą nadaje im ich fauna, a zwłaszcza flora.

Nie można wszelako zapominać, że większe zmiany np. klimatyczne mogą tu powodować takie przeobrażenia, jak przesunięcie się granic biogeograficznych na odległości nieraz nawet bardzo znaczne. Wtedy dany obszar opanowuje inna fauna i flora, która jednak musi cofnąć się, jeżeli nastąpi powrót dawnych stosunków. Pozostają w takim razie tylko tu i ówdzie jakby wysepki, gdzie utrzymuje się jakaś forma dzięki przypadkowi lub pewnym szczególnym warunkom, i w ten sposób powstaje t. zw. flora i fauna szczątkowa lub zabytkowa (reliktowa). Badanie flor i faun szczątkowych ma wielkie znaczenie dla poznania historii zmian na kuli ziemskiej wogóle i w jej świecie organicznym, a niemniej dla zrozumienia ich charakteru obecnie; dlatego są one chronione specjalnymi ustawami.

**Zadania i pytania.** 1. Wyszukaj wszystkie dziedziny zoologiczne, na mapce, ryc. 57, i następnie określ bliżej ich granice. 2. Jakie połacie rozróżniamy w zoogeograficznej dziedzinie palearktycznej? (Por. mapkę). 3. Jakie rośliny są szczególnie znamienne dla połacie śródziemnomorskiej dziedziny palearktycznej?



4. Która dziedzina biogeograficzna wydaje ci się pod względem swych granic, swojej fauny i flory najbardziej odrębną i zwartą? 5. Jakim wielkim zmianom ulegał klimat środkowej Europy w ostatnich czasach geologicznych i czy zostały one na ziemiach polskich ślady w postaci fauny i flory szczątkowej? 6. Czy znasz w Polsce instytucję publiczną, której zadaniem jest ochrona w granicach Rzeczypospolitej wszelkich pomników przyrody, między innymi i flory tudzież fauny szczątkowej po ostatnich, wielkich zmianach klimatu Europy. 7. Jakie usługi może oddawać geografia dzisiejszych roślin i zwierząt geologii, jako nauce o dziejach ziemi, rozmieszczeniu mórz i lądów w dawnych periodach geologicznych i t. d.?

## VII. Skorupa ziemna a hydrosfera, powietrze i świat organiczny. (Geologia dynamiczna A).

### 1. O wietrzeniu.

**Pytania.** 1. Jakim zmianom ulegają kamienie, użyte jako cokoły, podstawy, pomniki i t. p., a wystawione przez dłuższy czas na działanie czynników atmosferycznych? 2. W jaki sposób powstaje gruz, który gromadzi się na skalistych stokach górskich lub u ich podnóży?

skalistych stokach górskich lub u ich podnóży?

Powolne kruszenie się i rozkładanie chemiczne skał i minerałów na powierzchni skutkiem działania wody, powietrza i t. d. nazywamy krótko procesem *wietrzenia*.

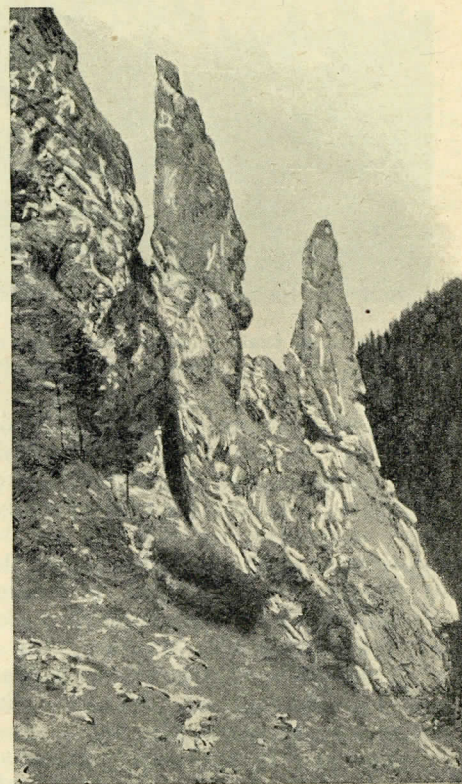
Zmiany temperatury i, co za tem idzie, rozszerzanie się skał, ogrzewanych silnie za dnia i ich nagłe kurczenie się z nastaniem chłodnej nocy, a w naszym klimacie przede wszystkim woda, która, zamrażając w szczelinach i powiększając przytem znacznie swoją objętość, rozszerza je w ten sposób zwolna ale ustawicznie, są to procesy, które powodują ciągłe rozpadanie się skał



Ryc. 58. Zejście z Rysów w Tatrach ze złomiskiem skalnym, powstającym skutkiem wietrzenia. Według fotografii z natury.

nawet bardzo zwięzłych (*wietrzenie mechaniczne*). „Złomiska“ i „piargi“ na stokach gór, „stożki nasypowe“ u ich stóp tworzą się z materiału, który powstaje w ten sposób (por. ryc. 58). Materiał, unoszony przez wody płynące w postaci żwiru, piasku i t. p., zawdzięcza również swoje powstanie przede wszystkim wietrzeniu mechanicznemu. Równocześnie im więcej skały rozpadają się i kruszą, tem bardziej potęguje się oddziaływanie chemiczne wody opadowej, dzięki temu, że zabiera ona już z powietrza, a potem z gleby prócz tlenu kwas węglowy. Skała ulega zatem na powierzchni rozkładowi; woda może roztworzać w sobie część produktów tej przemiany, a reszta nierozpuszczalna pozostaje na miejscu (*wietrzenie chemiczne*). Typowym przykładem takiego procesu jest przemiana ortoklazu lub innych skaleni (plagjoklasy) w kaolin czyli glinę porcelanową. Minerale te pod działaniem wody i CO<sub>2</sub> rozkładają się w ten sposób, że tracą K, Na, Ca, które przechodzą w węglany i ulegają wypłókananiu razem z częścią krzemionki, zaś reszta krzemionki i glinki przybiera wodę i tworzy kaolin [K<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>16</sub> (ortoklaz) + 2H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> = H<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> · H<sub>2</sub>O (kaolin) + 4SiO<sub>2</sub> + K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>]. Proces to bardzo ważny, gdyż w ten sposób powstają skutkiem wietrzenia skał krystalicznych (skały wybuchowe i łupki krystaliczne) wielkie masy glin, których głównym składnikiem jest kaolin, a równocześnie uwalnia się potas, w glebie dla roślin konieczny. W tym procesie wietrzenia mechanicznego i chemicznego, powodowanym zarówno przez czynniki fizyczne, jak i chemiczne, odgrywają rolę niemałą rozmaite organizmy (wietrzenie za sprawą organizmów), zwłaszcza roślinne. I tak korzenie wyższych roślin, zapuszczając się w szczeliny skał, przyczyniają się do ich rozszerzania, a wydzielając rozmaite kwasy, przyspieszają w ten sposób wietrzenie chemiczne; podobnie działają chemicznie porosty, mchy, i t. p. na rozmaitych skałach, gdzie wnikają w najdelikatniejsze szczeliny. Niewątpliwie bardzo wielkie znaczenie mają pod tym względem także bakterje, które żyjąc w ziemi, płytko pod powierzchnią, w olbrzymiej ilości, powodują gnicie i wytwarzają kwas węglowy (CO<sub>2</sub>) i inne związki, działające bardzo energicznie na rozmaite skały i ich części składowe. Wreszcie nie można pominąć pracy pewnych zwierząt, przebywających pod ziemią, a zwłaszcza dżdżownic.

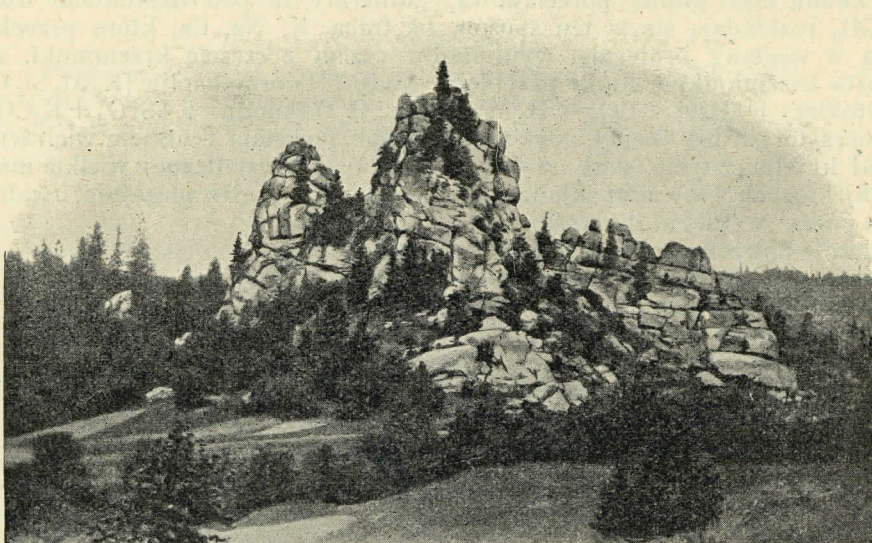
Na gorących i suchych obszarach pustyniowych, odpada oczywiście lód jako czynnik pierwszorzędny w pro-



Ryc. 59. Skały dolomitowe „Kominys“ w Strážyskach.

cesie wietrzenia mechanicznego. Zastępują go gwałtowne zmiany temperatury; np. na Saharze nieraz po niezmiernie gorącym dniu temperatura powietrza w nocy spada do 2° i 3° C niżej zera. Powoduje to szybkie i ciągle rozszerzanie się skał i kureczenie, a w następstwie tego rozpadanie się, jak u nas pod wpływem wody marznącej.

Skały, wietrzejąc, zachowują się jednak rozmaicie. Jedne np. rozpadają się na większe bryły, inne z wolna kruszą się na powierzchni, co zależy od ich zwięzłości, złożenia mineralogicznego, budowy i t. d., to też nic dziwnego, że i charakter krajobrazowy każdej okolicy pozostaje w pewnym związku z własnościami skał, które znajdują się tam na powierzchni, mianowicie z właściwymi im „formami wietrzenia“.



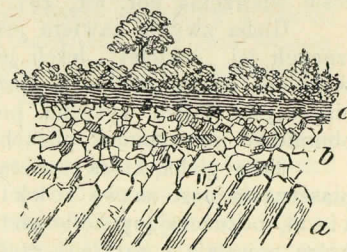
Ryc. 60. Skały piaskowca bryłowego (jamneńskiego) w Uryczu w Stryjskiem. Według zdjęcia fotograficznego prof. Zubera.

Wystarczy na dowód tego porównać granitowe lub wapienne szczyty Tatr (np. ryc. 59) z połogimi grzbietami Beskidów, utworzonymi przez skały piaskowcowe. Przykładem charakterystycznego sposobu wietrzenia jest t. zw. „piaskowiec bryłowy albo jamneński“ w Beskidzie Wysokim, który, wietrzejąc, rozpada się na wielkie bryły i tworzy w ten sposób malownicze skały i urwiska, np. koło Urycza w Stryjskiem (por. ryc. 60). Głośny jest ze swoich form wietrzenia t. zw. „piaskowiec ciosowy“ północnych Czech i przyległej części Saksonji (Czeska i Saska Szwajcarya); malowniczością krajobrazową odznaczają się także wapienne okolice Krakowa z Wawelem, Skałą Kmity, t. zw. Maczugą Herkulesa w Piaskowej Skale lub też piękną i znaną doliną Mnikowa i Ojcowa (ryc. 73 i ryciny w części III).

Proces wietrzenia wszystkich skał przebiega mniej więcej tak, jak to wyżej opisano, a ponieważ w ich skład, jak wiemy, wchodzi zwykle skalenie (wiele skał wybuchowych) lub cząstki wapienno-ilaste i t. p. (jak np. w przeważnej ilości piaskowców), więc ostatecznym rezultatem

tego jest wytwarzanie się rozmaitych glin, które w partji powierzchniowej, zmieszane z częściami piaszczystymi, wapienistymi i humusowymi (powstającymi z butwiejących resztek roślinnych), tworzą t. zw. *glebę* (por. ryc. 61). Warstwa głębsza, znajdującą się pod glebą i różniącą się od niej zwykle barwą, nosi nazwę „podglebia“ naturalnego.

Przytem jak na przebieg, tak i na ostateczne produkty wietrzenia stosunki klimatyczne mają wpływ niemały. W krajach tropikalnych charakterystycznym produktem wietrzenia rozmaitych skał masywnych jest t. zw. *lateryt*. Odnacza się on w stanie świeżym barwą ceglastą w jaśniejsze plamy, a przytem często powierzchnią jakby żużlowatą; prócz części ilowych zawiera znaczną domieszkę wodorotlenku glinowego ( $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ ). Lateryt zastępuje tam poniekąd nasze gliny zwyczajne. Właściwością krajów międzyzwrotnikowych o klimacie gorącym i wilgotnym jest i to także, że wszędzie wietrzenie chemiczne ma tam ogromną przewagę nad mechanicznym. Stąd często olbrzymia miąższość luźnego materiału, tworzącego glebę, ponad zwięzłą skałą u spodu. Przeciwnie w krajach polarnych: wietrzenie odbywa się tam przeważnie na drodze mechanicznej.



Ryc. 61. Wietrzenie skały na powierzchni i tworzenie się gleby. a — skała niezmienniona, b — w części zwietrzała, c — podglebie i gleba.

Wielkie znaczenie dla ciągłego wytwarzania się gleby ma mechaniczne działanie wody opadów atmosferycznych. Polega ono na tem, że deszcze spłókują w wielu miejscach zwietrzałe warstwy ziemi (oczywiście w innych miejscach osadzając to wszystko), przez co odsłaniają skałę znajdującą się pod spodem, i poddają ją tem energiczniejszemu działaniu opadów i powietrza. To działanie wody deszczowej jest najenergiczniejsze na zboczach wszelkich wzniesień, a objawia się między innymi znanem powszechnie zjawiskiem, że w lasach, porastających stoki gór, widzimy zwykle drzewa z korzeniami obnażonymi. Wody deszczów, spływając na dół, spłókują bowiem i unoszą z sobą cząstki gleby, odsłaniając w ten sposób z wolna coraz głębiej korzenie, które pierwotnie były przykryte warstwą ziemi.

Gleba jest — jak widzieliśmy — produktem wietrzenia i rozkładu skał, znajdujących się na powierzchni ziemi. Bez gleby nie mogłaby istnieć na ziemi wegetacja, gdyż służy ona roślinom nie tylko do przytwierdzenia się zapomocą korzeni, lecz także jest dla nich jakby naturalnym zbiornikiem wody, koniecznie potrzebnej do życia i zawiera te związki mineralne, które, powstając w znacznej części już podczas wietrzenia skał, są dla roślin koniecznym i niezbędnym pokarmem.

Jednak nie wszystek pokarm roślinny w glebie jest produktem wietrzenia. Azot, czerpany przy pomocy korzeni z ziemi w postaci azotanów, pochodzi z atmosfery. W procesie wzbogacania gleby w azot atmosferyczny odgrywają rolę przeważną pewne bakterje, które przebywają w ziemi, a posiadają zdolność pobierania tego pierwiastka z powietrza. Niektóre z nich czynią to, żyjąc w spółce z roślinami wyższymi; są to bakterje, które tworzą t. zw. brodawki na korzeniach roślin motylkowatych (stąd znaczenie wielu roślin z tej rodziny, gdyż użyte jako nawóz zielony dla roli, gdzie wyrosły, wzbogacają ją w połączenia azotowe). Azot, przyswojony z powietrza i przerobiony na ciało roślinne, tworzy w glebie po śmierci tych organizmów pewne związki, jak amonjak i t. p., które

ulegają następnie zamianie przez inne bakterje na kwas azotowy i azotany; w ten sposób z kolei staje się on dostępny dla wszystkich roślin. Na tej właśnie czynności wspomnianych bakterij gleby, z których jedne pobierają azot atmosferyczny, inne następnie z tego azotu wytwarzają kwas azotawy i azotowy, polega ich ważna rola dla człowieka i wogóle w przyrodzie (o znaczeniu bakterij w procesie wietrzenia por. str. 75).

Gleba zwykle zawiera jeszcze pewną domieszkę części piaszczystych tworzących jej „szkielet“. Jeżeli jest ich za mało, wówczas przepuszcza trudno wodę, skutkiem czego roślinom grozi gnicie korzonków; w razie zaś, gdy jest zbyt piaszczysta, łatwo wysycha, powodując, że w tych warunkach wegetacja musi obumierać na wypadek posuchy.

Taka gleba, która zawiera wiele części gliniastych, nazywa się ciężką, gleba piaszczysta nosi nazwę lekkiej. Szczególnym rodzajem gleby jest czarnoziem, odznaczający się bogactwem organicznych połączeń, zwanych humusowemi, które powstają z rozkładu części roślinnych i mogą się w glebie gromadzić w klimacie odpowiednio suchym, nie tworząc humusowych kwasów. Tak więc klimat, wpływając na proces wietrzenia, oddziaływa także na rodzaj gleb, które skutkiem tego powstają na powierzchni łądów. Postępując np. w Europie od najdalejszej północy ku morzu Śródziemnemu, widzimy całe strefy, scharakteryzowane pewnym rodzajem gleby, w związku ze stosunkami klimatycznymi: na najdalejszej północy gleby tundrowe, dalej bielice (kolor z powodu pozbawienia gleby związków żelaza, rozpuszczanych przez kwasy humusowe), potem w Europie środkowej ziemie szare, nad morzem Śródziemnym mniej lub więcej czernone, a na suchych obszarach stepowych — czarnoziem. Polska leży w strefie przedewszystkiem ziem bielcowych i szarych, ale na południu, na obszarach lessowych, posiada także sporo czarnoziem. W obrębie stref wymienionych wyróżnia się jeszcze rozmaite gleby, w których zaznacza się przedewszystkiem nie działanie klimatu, lecz wpływ skały macierzystej, np. u nas gleby wapniste, tworzące się na podłożu margłowem lub wapiennem, zwane rędzinami lub borowinami, piaszczyste, żwirowe i t. p.

Uprawiamy glebę, orząc i kopiąc, aby ją rozpułchnąć i ułatwić w ten sposób zakorzenienie się roślin, a z drugiej strony umożliwić łatwy dostęp do jej głębszych części powietrzu atmosferycznemu. Uprawia się ją także, nawożąc rolę celem dostarczenia jej pewnych szczególnych związków, których potrzebuje dla dobrego rozwoju wegetacji. Służą do tego nawozy — obok takich jak obornik, kości palone, a nadto t. zw. nawozy mineralne, np. znane nam już rozmaite sole potasowe.

Bardzo ważna rola procesu wietrzenia w całym gospodarstwie przyrody zaznacza się przedewszystkiem w dwojaki sposób: najpierw tem, że rzeki, unosząc materiał powstający skutkiem wietrzenia, z jednej strony ciągle obniżają kontynenty, z drugiej tworzą z niego w morzach nowe osady, a potem tworzeniem się gleby, bez której wegetacja i życie na łądzie suchym byłyby niemożliwe.

**Pytania.** 1. Jaka jest przyczyna tych gwałtownych zmian temperatury, które są głównym czynnikiem wietrzenia mechanicznego na pustyniach? 2. Co możemy zgóry przypuszczać o sposobie wietrzenia skał kwarcytowych (wietrzenie mechaniczne, chemiczne), jeżeli weźmiemy pod uwagę znane własności kwarcu? 3. Wymień rozmaite związki mineralne, które muszą znajdować się w glebie jako pokarm roślinom konieczny do życia. 4. Skąd każdy z tych związków bierze się w glebie? 5. Jaka jest rola nawozów i jakie znasz minerały, dostarczające ich rolnikowi? 6. Jakie mamy w Polsce złoża, dostarczające mineralnych nawozów i gdzie się one znajdują?

## 2. O wodach podziemnych, tworzeniu się i rodzajach źródeł.

**Pytania i doświadczenia.** 1. Ile wody znajduje się w ciągu roku w obiegu między morzem a łądami, jeżeli całkowita ilość opadów atmosferycznych w tym czasie, rozdzielona na całą powierzchnię ziemi, wynosi około 1000 mm? 2. Dlaczego po silnym deszczu powietrze robi się wilgotne? 3. Skąd wegetacja czerpie wodę potrzebną roślinom do życia? 4. Weź kawałek świeżo odłupany z jakiejś skały, byle nie z samej powierzchni, zważ go, a następnie dokładnie wysusz. Co będzie oznaczał ubytek ciężaru? 5. Jakiego pochodzenia wód podziemnych dowodzi zjawisko wysychania źródeł i studzien w czasie posuchy?

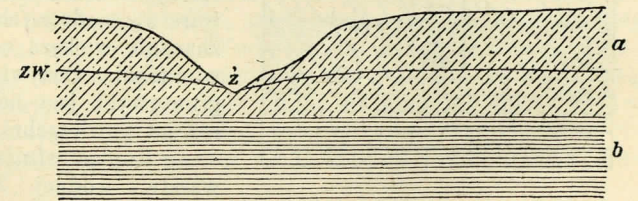
Rola wód opadowych, która — jak widzieliśmy — jest tak znaczna w procesie wietrzenia, nie kończy się na tem: praca ich w tym wypadku odpowiada bowiem tylko jednej fazie w wielkim ruchu obiegowym wody między morzami, atmosferą i skorupą ziemi, skąd rzekami wraca ona znowu do morza. To też przypatrzmy się, jakim losom wody opadowe podlegają dalej.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę te opady, które dostają się na powierzchnię łądu suchego, to zobaczymy, że część ich wody skutkiem parowania natychmiast wraca do atmosfery, zanim może wsiąknąć w skały lub połączyć się z wodą rzek i potoków. Z tej zaś wody, która pozostaje na powierzchni litosfery, pewna ilość spływa, zasilając strumienie i rzeki, część zużywa wegetacja, a reszta przenika w głąb skorupy ziemskiej, wracając na powierzchnię dopiero w postaci wód źródłanych.

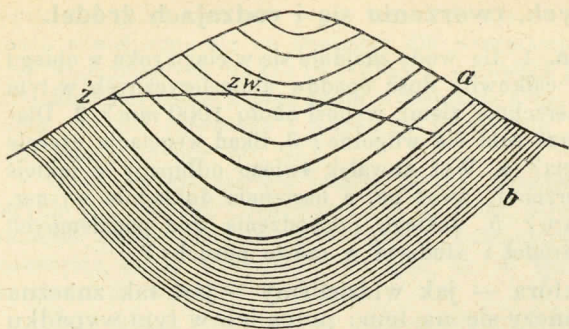
Przenikanie wody do miejsc coraz głębszych odbywa się w dwojaki sposób: wprost, o ile skała jest przepuszczalna z powodu swej porowatości, lub szczelinami, które znajdują się w skałach skutkiem ich popękania. Właściwie niema warstw zupełnie nieprzenikliwych dla wody. To też kawałek każdej skały, pochodzący z głębi ziemi, zawiera zawsze pewną ilość wilgoci. Są jednak skały, które przepuszczają wodę bardzo trudno, np. zbite a nie popękane wapienie, lub nawet takie, które są dla niej zupełnie nieprzepuszczalne, skoro raz nasiąkną wodą, jak warstwy ilowe, margle i t. p.

Oczywiście woda przesiąka tak głęboko, aż trafi na jakąś skałę nieprzepuszczalną, jak glina, iły, łupki ilaste, margle i t. p. Wówczas w tem miejscu zatrzymuje się w głębi ziemi, przepajając znajdujące się wyżej warstwy przesiąkliwe, i odpowiednio do tego, czy ma odpływ dalej — w kierunku poziomym — mniej czy też więcej ułatwiony, albo tworzy większe zbiorniki, lub też od razu spływa dalej. Odpływ takiej wody, zwanej *gruntową* albo *denną*, ułatwia nieraz ta okoliczność, że warstwy skorupy ziemskiej są rozmaicie pofałdowane i nachylone, woda może zatem łatwo spływać po nieprzepuszczalnym podłożu w stronę jego upadu.

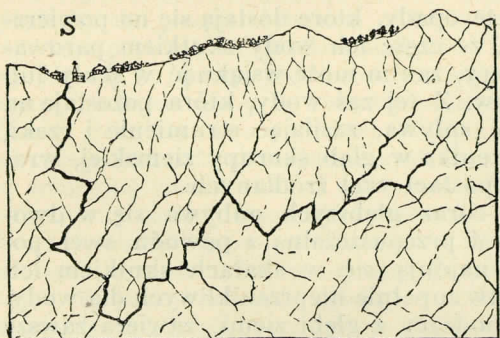
Źródła mogą powstawać w warunkach rozmaitych. W najprostszym wypadku źródło tworzy się skutkiem tego, że w „warstwę wodną“, która jest przepojona wodą, wciną się dolina niżej zwierciadła wody podziemnej; źródło takie nazywa się doli-



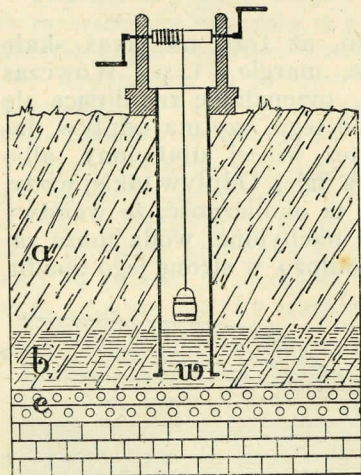
Ryc. 62. Źródło dolinowe. a — warstwy przepuszczalne; b — nieprzepuszczalne; zw — zwierciadło wody podziemnej; z — źródło.



Ryc. 63. Źródło przewałowe. (a — warstwy przepuszczalne; b — nieprzepuszczalne; zw — zwierciadło wody podziemnej; z — źródło).



Ryc. 64. Początek źródła szczelinowego.



Ryc. 65. Studnia. a — warstwy przepuszczalne; c — warstwa nie przepuszczająca wody; b — woda denna; w — woda w studni.

nowem, gdyż tryska zawsze na dnie doliny (ryc. 62). Jeżeli dolina wetnie się aż w skałę nieprzepuszczalną, to źródło będzie tryskało na jej stokach i nazywa się w takim razie warstwowem. W obszarach pofałdowanych woda gromadzi się na warstwie nieprzepuszczalnej z natury rzeczy w łękach. Łęk taki przedstawia jakby naczynie, wypełnione wodą i jeżeli dolina wcina

się w jego brzegi, o ile zwierciadło wodne dochodzi w tym miejscu brzegów owego naczynia, woda przelewa się i powstaje źródło, zwane przewałowe (ryc. 63). Obniżenie się zwierciadła wody dennej, np. w czasie posuchy, powoduje łatwo czasowe wyschnięcie takich źródeł.

Woda może jednak powracać na powierzchnię ziemi także inaczej. Czasem dzieje się to w sposób następujący. Woda przesiąka drobniejszymi szczelinami daleko w głąb skorupy ziemskiej, zbiera się tam w jednej obszerniejszej szczelinie i następnie skutkiem ciśnienia hydrostatycznego (jak w naczyniach zespolonych) podpływa nią do góry, tryskając w miejscu, oznaczonym literą S (źródło szczelinowe, ryc. 64).

Naturalnymi zbiornikami wód podziemnych, łatwo dostępnymi dla człowieka, są przede wszystkim doliny rzek, wypełnione wielką ilością materiału luźnego, jak żwir, piaski i t. p., nanieśionego przez wodę płynącą. W pętnej dolinie Renu, jej spodem, płynie wśród warstw, osadzonych tam, jakby druga rzeka znacznie większa od tej, którą widzimy na powierzchni. Oczywiście ruch płynących wód gruntowych jest bez porównania powolniejszy, niż na powierzchni.

Kopiąc studnie, staramy się dojść do warstwy wodnej. Z chwilą, kiedy się w niej zagłębimy, poczyna woda gruntowa napływać, wypełniając studnię do tego poziomu, do jakiego sięga w warstwie, którą przepaja (ryc. 65).

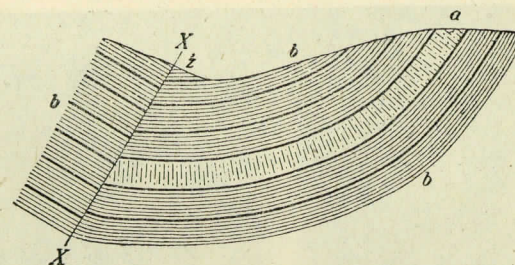
Gdybyśmy w takim razie przebili nie tylko warstwę wodną, lecz także znajdującą się pod nią pokład nieprzepuszczalny, to wówczas woda uciekłaby w głąb całkowicie.

W t. zw. studniach artezyjskich otrzymuje się wodę, która sama tryska na powierzchnię nieraz ze znacznej głębokości. Warstwa wodna jest w takim razie zawsze zamknięta między dwiema warstwami nieprzepuszczalnymi i przy ich niekwaśnym ułożeniu wychodzi na powierzchnię w miejscu położonym wyżej, niż sama studnia. Woda, znajdując się pod ciśnieniem hydrostatycznym, musi po przebicciu świdrem górnej warstwy nieprzepuszczalnej trysnąć na powierzchni. Może się dobrać sama, jeżeli powstanie uskoki (ryc. 66); mamy wtedy do czynienia z t. zw. źródłem uskokiowym.

Woda podziemna, która gromadzi się płytko pod powierzchnią, nosi nazwę „wody zaskórnej”. Odnacza się ona tem, że temperatura jej podnosi się lub opada nawet skutkiem zmian dziennych w ciepłocie powietrza, a dalej posiada jeszcze tę własność, że ulega łatwo zanieczyszczeniu przez związki, będące produktami gnicia i butwienia ciał organicznych i przez bakterje nieraz chorobowe, skutkiem czego, użyta jako napój, może być bardzo szkodliwa. Obecność siarkowodoru, amonjaku i t. p. dowodzi zawsze zetknięcia się wody z gnijącymi ciałami organicznymi.

Oczywiście woda źródłana nigdy nie jest zupełnie czysta, wolna jest jednak od związków organicznych i wogóle takich, które powstają na powierzchni skutkiem gnicia ( $H_2S$ ,  $NH_3$  i t. d.), a zawiera tylko wolny kwas węglowy ( $CO_2$ ) i nieco rozpuszczonych związków mineralnych, głównie wapienia [w postaci kwaśnego węglanu wapniowego  $CaH_2(CO_3)_2$ ]. Od ilości soli przedewszystkiem wapniowych (węglanów i siarczanów), rozpuszczonych w wodzie, zależy jej stopień „twardości”: im ich więcej, tem woda twardsza, im mniej, tem miększa; w wodzie nadającej się do picia ilość rozpuszczonych związków mineralnych nie powinna przekraczać 600 mg w 1 l wody. Niekiedy ilość pewnych połączeń mineralnych powiększa się w wodzie znacznie i wówczas mamy do czynienia z t. zw. źródłami mineralnymi. Pozostaje to w związku z naturą pokładów, przez które woda przepływa podczas swej podziemnej wędrówki, z tem, czy znajdują się na jej drodze szczeliny, które wznosi się z głębi kwas węglowy, ułatwiający działanie chemiczne i rozpuszczanie, a wreszcie zależy i od temperatury, gdyż woda gorąca także łatwiej rozpuszcza pewne związki mineralne. Wody takie, które zawierają znaczną ilość wolnego  $CO_2$ , nazywają się szczykami, bogate w sól noszą nazwę solanek, zawierające siarkowodor ( $H_2S$ ) odróżniamy jako wody siarczane, a odznaczające się większą zawartością rozpuszczalnych soli żelaza (zwykle  $FeH_2(CO_3)_2$ , szczyawy żelaziste) jako wody żelaziste i t. d.

Źródła wody gruntowej okazują zazwyczaj temperaturę mniej więcej stałą i równą średniej rocznej danego miejsca. Jeżeli jest ona znacznie wyższa, to w takim razie mówi się o źródle gorącym, czyli ciepłym albo

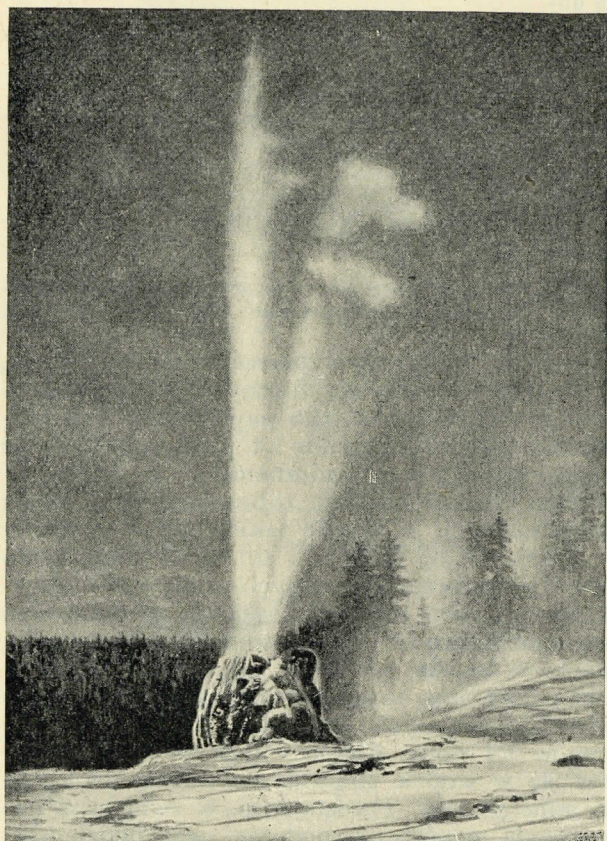


Ryc. 66. Źródło uskokiowe. (a — warstwy przepuszczalne; b — nieprzepuszczalne; XX — uskoki; z — źródło).

*termie*. Woda dobywa się wtedy zwykle ze znacznej głębokości pod powierzchnią ziemi. Prawdopodobnie jednak w wielu termach woda nie jest pochodzenia atmosferycznego, lecz wydziela się wprost z pirosfery, przesyconej rozmaitemi gazami. Taką wodę nazywamy juwenilną w odróżnieniu od zwykłej wody krążącej. Dla hydrosfery naszej przedstawia ona nabytek świeży. Polska posiada termę np. w Jaszczurówce koło Zakopanego; temperatura jej równa się stale w ciągu całego roku  $16.5^{\circ}\text{C}$ ., podczas gdy średnia ciepłota roczna tej miejscowości wynosi około  $5^{\circ}\text{C}$ .

W okolicach wulkanicznych znajdują się na kilku punktach kuli ziemskiej źródła gorące, które tryskają perjodycznie w górę, niekiedy co kilka lub kilkanaście godzin — zwykle w mniejszych odstępach czasu — i nieraz do znacznej wysokości; nazywają je *gejzerami*. Największe i najwspanialsze gejzery posiada t. zw. Park Narodowy Stanów Zjednoczonych Północnej Ameryki (por. ryc. 67); prócz tego znajdujemy je w Islandji i na Nowej Zelandji.

Zjawiskiem, ściśle wiążącym się z wodami podziemnymi, są t. zw. *wulkaniczne błotne*. Z właściwym wulkanizmem zwykle nie mają one nic wspólnego, a tworzą się tam, gdzie woda przesycona gazem przeciska się skutkiem jego prężności ze znaczną siłą szczelinami pośród skał ilastych i t. p., zanim wypłynie na powierzchnię. Porusza ona z sobą w takim razie mnóstwo części ilowych i dobywa się w postaci masy błotnistej, która,



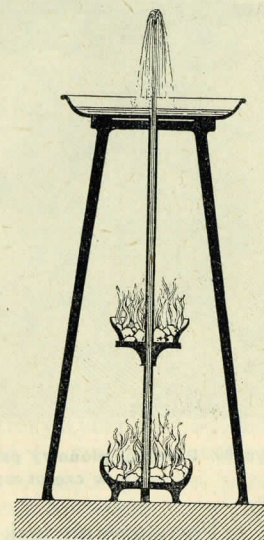
Ryc. 67. „Star Geyser“ w Parku Narodowym Stanów Zjednoczonych. Wedle fotografii z natury.

rozpływając się, tworzy wyniosłości stożkowate, kształtem podobne zupełnie do minjaturowych wulkanów. Okresy wzmożonego dobywania się gazów nieco przypominają jakby wybuchy wulkanów prawdziwych. Gazy bywają w wulkanach błotnych rozmaite. Sławne wulkany błotne w okolicy Baku zawdzięczają powstanie swoje węglowodorom naftowym, w które obfituje ta okolica w naftę bogata.

Pochodzenie wód źródłanych wyobrażano sobie w starożytności i w wiekach średnich inaczej, niż dzisiaj. Między innymi w tych czasach był bardzo rozpowszechniony pogląd, że woda morska spływa zwolna do zbiorników podziemnych,

skąd podnosząc się na powierzchnię, tworzy źródła; rzekami wraca jednak znowu do mórz i przedewszystkiem w ten sposób odbywa się krążenie wody między morzem, wnętrzem ziemi i powierzchnią lądów. Tym, który ostatecznie dowiódł błędności takich poglądów, wykazując na drodze dokładnych spostrzeżeń zależność źródeł od opadów atmosferycznych, był przeor jednego z klasztorów koło Dijon, Mariotte (1620—1684), znakomity fizyk.

**Pytania, doświadczenia i zadania.** 1. Oznacz w najbliższej okolicy warstwę, w której gromadzi się woda i która daje początek źródłom, tudzież warstwę nieprzepuszczalną, na której zbiera się woda gruntowa. 2. Staraj się zauważyć, o ile w studniach zmienia się poziom wody w czasie suszy, deszczu, śloty. 3. Jak wpływa w górach lesistych (np. Karpaty) wycinanie lasów na wydajność i trwałość źródeł? 4. Czy wielkość obszaru, który dostarcza wody danemu źródłu („obszar infiltracyjny“), wpływa na jego wydajność i trwałość? 5. Kiedy źródło dolinowe lub przewałowe przestanie dostarczać wody? 6. Wymień czynniki, które mogą zwiększać lub zmniejszać wydajność i trwałość źródła. 7. Odparuj jeden litr wody źródlanej i zważ osad, który pozostanie na dnie naczynia. Zbadaj jego własności chemiczne, przedewszystkiem działając roztworem kwasu solnego. Co powiesz o naturze osadu, jeżeli burzy się z kwasami i jak nazwiesz wodę, która tworzy taki osad w większej ilości? Co powiesz o osadzie, który przy słabszym ogrzewaniu brunatnieje, a spala się przy silniejszym? Jak określisz pod względem zdrowotnym wodę, która daje osad tego rodzaju? 8. Jak będziesz tłumaczył powstawanie osadu wapiennego z wody skutkiem samego zagotowania? (Przypomnij sobie, w postaci jakiego związku znajduje się w wodzie wapień rozpuszczony). 9. Jakie mamy w Polsce wody mineralne i gdzie się one znajdują? 10. Zmierz temperaturę kilku źródeł okolicznych, porównaj ją ze średnią temperaturą roczną tego miejsca i zbadaj, o ile zmienia się w rozmaitych porach. 11. Wypełnijmy wodą rurę niegrubą, długości około  $2\frac{1}{2}\text{ m}$  i wspartą na odpowiednim trójnogu. Jeżeli będziemy ją ogrzewali w dwóch miejscach, u spodu i w wysokości około  $1\text{ m}$ , to warstwę wody, znajdującą się w poziomie drugiego koszyka z węglami, łatwo doprowadzimy do temperatury wyższej niż  $100^{\circ}\text{C}$ ., wobec ciśnienia słupa cieczy ponad tem miejscem (porównaj w fizyce związek między temperaturą wrzenia a ciśnieniem). Z chwilą wszakże, kiedy ta warstwa ogrzeje się do temperatury wrzenia, odpowiadającej danemu ciśnieniu, oczywiście zmieni się nagle w parę i wyrzuci słup wody, znajdującą się powyżej. Badając gejzery naturalne, znaleziono w nich również w głębi kanału wybuchowego wodę przegrzaną t. j. o temperaturze wyższej niż  $100^{\circ}\text{C}$  (por. ryc. 68). 12. Jak daleko w głąb litosfery woda opadowa może dotrzeć jako ciecz? Weź pod uwagę przystość temperatury, zwiększanie się ciśnienia i pojęcie t. zw. temperatury krytycznej. 13. Jeżeli mówimy o krążeniu wody samej, czy można mówić z równą słusznością o krążeniu między litosferą a morzami ciał mineralnych, w wodach naszej planety rozpuszczonych? 14. Na jakie procesy zużywa się dużo wody naszej hydrosfery, ale z drugiej strony w czym można widzieć ciągle wyrównywanie się (przynajmniej częściowe) strat tem spowodowanych? 15. Co można sądzić o ostatecznym bilansie zysków i strat w zapasach wody naszej planety, jeżeli weźmiemy pod uwagę prawdopodobny stan dzisiejszy księżyca?

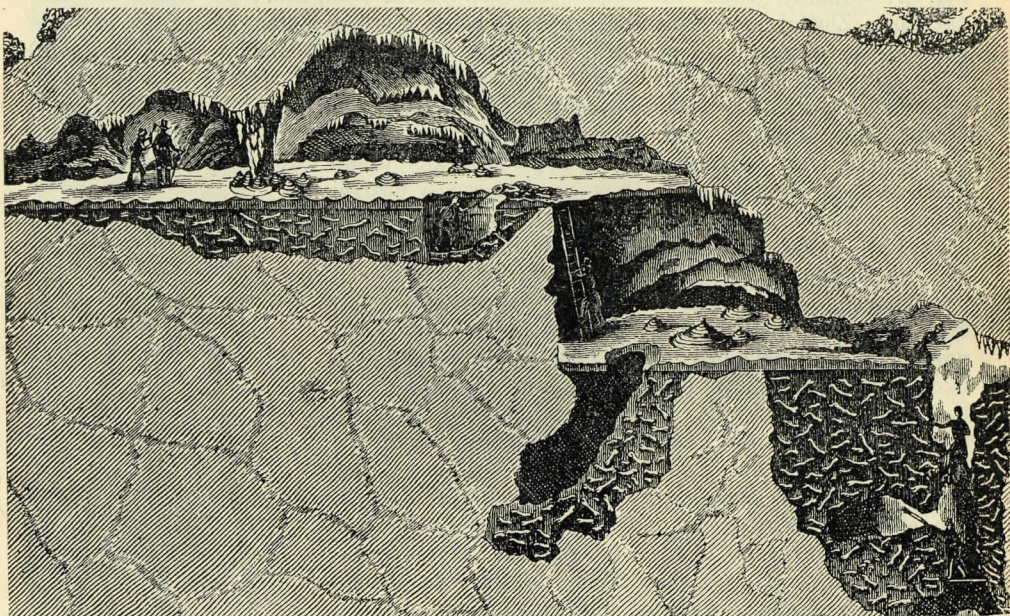


Ryc. 68. Sztuczny gejzer.

### 3. Zjawiska krasowe.

**Pytania.** 1. Gdzie w Polsce znajdujemy liczne groty podziemne? 2. Z jakimi skałami wiąże się tam najściślej ich znajdowanie się i jaką własność posiadają te skały wobec wody? 3. Który kraj w Europie odznacza się szczególnie rozwiniętą siecią grot podziemnych, w jakiej skale tworzą się tam owe jaskinie i dzięki czemu? 4. Jaki charakter okazuje ten kraj już na pierwszy rzut oka i jak rozwija się w nim sieć wód płynących?

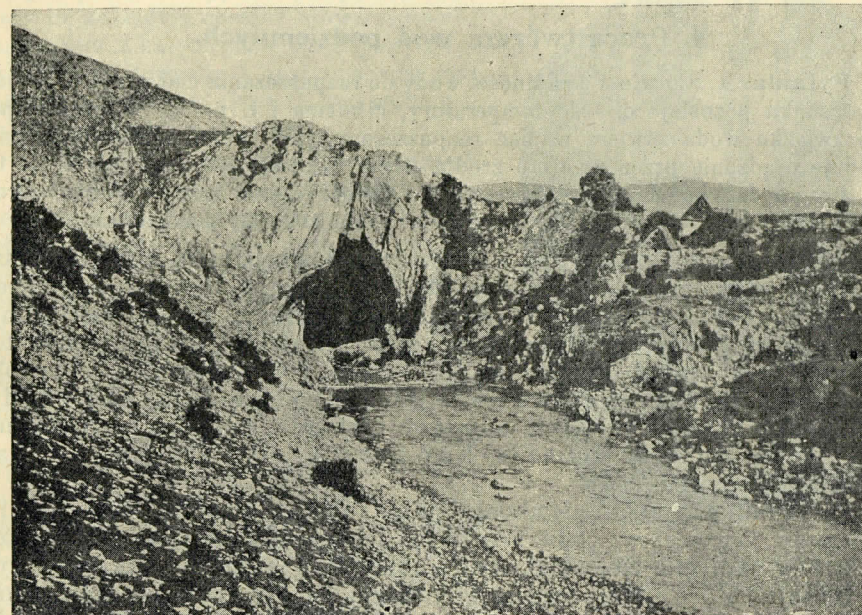
Woda jako czynnik geologiczny powoduje zjawiska nader rozmaite. Między innymi odgrywa ona doniosłą rolę w stosunku swym do litosfery dzięki zdolności chemicznej rozpuszczania pewnych składników skorupy ziemskiej. To też przenikając szczelinami w głąb, może je nieraz rozszerzać w tym stopniu, że powstaje cała sieć podziemnych grot i korytarzy, jak np. jaskinie Ojcowskie lub Bialskie pieczary w Tatrach wśród skał wapiennych (por. ryc. 69).



Ryc. 69. Przekrój pionowy przez cały system grot podziemnych w Gailenreuth w Bawarii; groty w części wypełnione ziemią z kośćmi zwierząt dyluwjałnych.

Powstawanie jaskiń podziemnych, skutkiem rozpuszczającego działania wody krążącej w głębi, wywołuje nieraz znaczne zmiany na powierzchni ziemi i cały szereg zjawisk interesujących i charakterystycznych. Jeżeli np. w wielkich jaskiniach tego rodzaju zawali się sklepienie, to zazwyczaj następstwem tego jest zapadanie się ziemi na powierzchni i tworzenie się lejków w zapadliskowych, zwanych na Podolu „wertebami“. Czasem nawet trzęsienie ziemi może powstać skutkiem zawalenia się rozległych i obszernych grot podziemnych (trzęsienia ziemi zapadliskowe). Kras w Krainie jest typowym miejscem rozmaitych przejawów tego rodzaju, zwanych dlatego „zjawiskami krasowymi“. Należy do nich

jeszcze obecność w Krasie prawie na każdym kroku t. zw. „dolin“, podobnych do naszych wertebów tylko znacznie większych, dalej znikanie całych potoków w podziemnych czeluściach (ryc. 70.), wielkie i liczne strumienie, płynące siecią grot podziemnych, wreszcie szczególne źródła, tryskające olbrzymią masą wody z podziemnych jaskiń i istnienie charakterystycznych dolin ślepo zamkniętych, które w deszczowych porach roku zamieniają się na jeziora, jeżeli groty podziemne, połączone z nimi, już nie mogą pomieścić wody, uciekającej pod powierzchnię. Kras odznacza się dzięki temu szczególnym charakterem krajobrazowym: na rozległych przestrzeniach wygląda jak pustynia bezwodna i kamienista, prawie po-



Ryc. 70. Znikanie rzeczki w grocie podziemnej na obszarze krasowym Bośni. Z wydawnictwa Geologische Charakterbilder.

zbawiona gleby a tem samym i wegetacji, z charakterystycznymi lejkami zapadliskowymi i „dolinami“ (por. ryc. 129). Widać to zwłaszcza w tych okolicach, gdzie lasy, istniejące dawniej, zostały wycięte jeszcze przez Wenecjan. Skąpa gleba, przedtem zatrzymywana przez korzenie drzew, została spłókaną przeważnie w głąb podziemnych czeluści i dziś z wielkim trudem trzeba te obszary z wolna zalesiać, aby naprawić szkody, wyrządzone nieopatrzną ręką w przeszłości.

Spotykamy się ze zjawiskami krasowymi tam, gdzie są silnie rozwinięte skały, szczególnie łatwo ulegające działaniu rozpuszczającemu wody. U nas widzimy je np. wzdłuż pasma krakowsko-wieluńskiego wapieni jurajskich (grotę Mnikowa, Ojcowa, Olsztynu, bardzo obfite źródła Warty, Pilicy, tryskające z wapieni i t. p.) i na gipsach trzeciorzędnych kotliny nadnidziańskiej (lejki zapadliskowe i jaskinie w Stopnickim, Buskiem), tudzież Podola i Pokucia (bardzo liczne, wielkie i typowe lejki w okolicy

Horodenki, olbrzymie groty Bilcza, małe jeziora, zwane oknami, lejkami, „bezodniami“ w Czortkowskim, Borszczowskim i t. d.).

**Pytania i doświadczenia.** 1. Do większej skrzynki z dnem podziurawionem wkładamy między dwie warstwy ziemi spory woreczek, wypełniony solą kuchenną. Jeżeli będziemy polewali ziemię wodą, która otworami w dnie może swobodnie odpływać, wkrótce zobaczymy, jak na równej powierzchni górnej zaczyna się tworzyć lejkowate zagłębienie. Skutkiem czego? Z jakim zjawiskiem geologicznym można to porównać? 2. Jakie znasz głośnie w Europie jeziora okresowe i które z nich tłumaczysz charakterem krasowym okolicy? 3. Gdzie w Tatrach znajdują się źródła szczególnie obfite, z wybitnym charakterem źródeł krasowych i jak wytłumaczysz ich powstanie?

#### 4. Praca twórcza wód podziemnych.

**Pytania.** 1. Co wiesz o zdolności wody do rozpuszczania ciał stałych? W jakim stosunku pozostaje ona do temperatury, ciśnienia i t. p. 2. W postaci jakiego związku woda zawiera wapień rozpuszczony, jaki zatem proces chemiczny powoduje osadzanie przez niektóre źródła t. zw. martwic wapiennych? 3. Co to są t. zw. migdałowce i jak się tworzą? 4. Dzięki czemu luźny materiał okruchowy, jak piasek, zamienia się z czasem na skałę zwięzłą, piaskowcową?

W zjawiskach krasowych widzimy przede wszystkim działanie niszczące wód podziemnych, ale nie należy zapominać, że też same wody pracują równocześnie twórczo. W rozmaitych skałach często spotykamy próżnie mniej lub więcej wypełnione przez minerały właśnie dzięki tej pracy. W ten sposób tworzą się np. stalaktyty, stalagmity i wogóle rozmaite wapienie naciekowe w grotach podziemnych, albo geody czyli czerepy agatu, wreszcie odmiany diabazów, melafiru i t. p., zwane migdałowcami lub rozmaite konkracje czyli skupiny, np. lalczki lessowe.

Żyły mineralne przedstawiają nam również twórczą pracę wody podziemnej, krążącej w głębi. Żyłami nazywamy większe i mniejsze szczeliny w skorupie ziemskiej, wypełnione przez minerały. Rozmiary żył tego rodzaju, które nieraz sięgają głębokości bardzo znacznej, wprost nie dającej się zbadać, mogą być bardzo znaczne. Jedne z nich są tak cienkie jak kartka papieru, inne grubości kilkunastu metrów i więcej; obok takich, które ciągną się ledwie na długość kilkudziesięciu metrów, widzimy żyły potężne, które można śledzić w przebiegu kilku kilometrów i więcej. Żyła Comstock, u stóp wschodnich stoków Sierry Nevady w Stanach Zjednoczonych, bogata w złoto i srebro, jest przykładem żyły niezwyklej rozmiarów; przy długości, idącej w kilometry, grubość jej dochodzi gdzieś do paru set metrów. Pośród żył mineralnych wogóle, rozróżniamy pod nazwą żył kruszczowych takie, które zawierają kruszce metali.

Żyły mogą się wypełniać minerałami, które woda rozpuszcza, przesiąkając skały w powierzchniowych częściach litosfery, a potem, skoro dostanie się do szczeliny, osadza z powodu zmniejszonego ciśnienia i t. p. O ile jednak idzie o żyły kruszczowe, naogół tworzą się one na drodze odmiennej, gdyż wiemy już, że właściwą ojczyzną ciężkich metali jest wnętrze ziemi. To też wypełnienie żył tego rodzaju odbywa się często przy pomocy związków mineralnych, które pochodzą wprost z piro-sfery, a do szczeliny dostają się z głębi, rozpuszczone w juwenilnej wo-

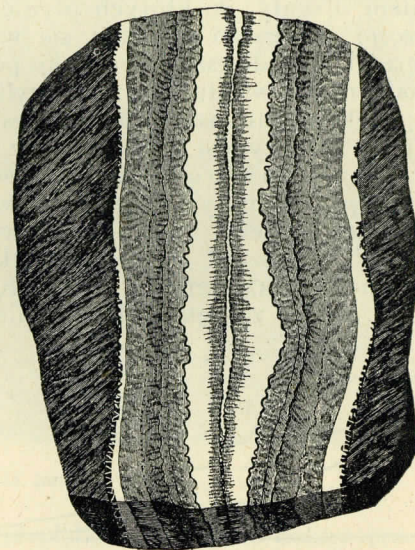
dzie gorącej lub też w stanie gazowym. Niemalą rolę odgrywają przy do-  
bywaniu się metali z wnętrza ziemi takie ciała gazowe, jak Cl, F, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S. Ułatwiają one, tworząc pewne związki, z jednej strony wydobycie się metali z głębi, z drugiej ich osadzanie się w szczelinach w postaci rozmaitych kruszców, jak np. kasyteryt, cynober, argentyt.

*Budowa i złożenie żył mineralnych* pozostają w ścisłym związku ze sposobem ich wypełnienia. Zwykle żyły okazują dokładną symetrię w swojej budowie. Różne minerały wypełniają je w takim razie warstwami, które na przekroju żyły zmieniają się kolejno z lewej strony i z prawej w takim samym porządku (por. ryc. 71), odpowiadając pewnym następującym po sobie okresom powstawania żyły. Co się tyczy ich złożenia, to przedstawiają zazwyczaj pewne, dające się dokładnie określić stowarzyszenia; np. razem z kasyterytem znajdujemy zwykle fluoryt, turmalin i apatyt, a więc minerały, zawierające fluor (t. zw. parageneza mineralów).

Pracy twórczej wód podziemnych na drodze chemicznej zawdzięczamy jednak także jeszcze innego rodzaju złoża kruszczowe, np. potężny pokład syderytu w Styrii albo gniazda galmanu pośród dolomitu na Śląsku i w ziemi krakowskiej. Powstają one zazwyczaj przez powolne rozpuszczanie jakiejś skały i stopniowe zastępowanie jej danym kruszczem.

Wreszcie twórcza praca wód podziemnych czasem zaznacza się jeszcze u ich ujścia na powierzchnię, gdzie wapienne wody źródlane, w zetknięciu z powietrzem wydzielając CO<sub>2</sub>, osadzają t. zw. martwic wapienne (por. str. 22), a geizery osady krzemionkowe.

**Pytania.** 1. Wytłumacz, dlaczego źródła gorące tworzą bardzo często w miejscu, gdzie tryskają, osady im właściwe. Daj przykład tego. 2. Gdzie widziałeś u nas większe masy martwicy wapiennej? Co często można znajdować w martwicy? Wytłumacz, skąd się bierze jej charakterystyczna, gąbczasta budowa.




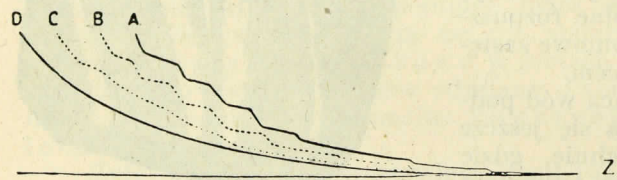
Ryc. 71. Okaz wycięty z kawałka żyły, ze ścianami wygładzonymi.

#### 5. Wody płynące i litosfera.

**Pytania.** 1. Jaką pracę — chemiczną czy mechaniczną — wykonują rzeki i potoki i czy różnią się pod tym względem od wód podziemnych? 2. Jaki wzór podaje mechanika dla obliczenia energii kinetycznej, którą posiada każde ciało, znajdujące się w ruchu, a więc i woda płynąca? 2. Wytłumacz przy pomocy tego wzoru, dlaczego wody górskie o silnym spadku pracują energiczniej od wód nizinnych. 4. W jaki sposób zaznacza się praca mechaniczna wód płynących? 5. Kiedy w pracy rzek i potoków możemy widzieć działanie twórcze? 6. Co w pracy tych wód przedstawia działanie niszczące? 7. Z czym porównasz w pracy wód podziemnych działanie twórcze powierzchniowych wód płynących, a z czym ich działanie niszczące? 8. Dlaczego wody rzeczne są naogół znacznie miększe od źródłanych?

Wiemy, ile materiału skalnego unoszą z sobą rozmaite rzeki i potoki. Kruszy się on na coraz to mniejsze kawałki, które trąc o siebie, gładzą się wzajemnie, tworząc w ten sposób żwir, piasek a wreszcie muł delikatny. *Zdolność transportowa* rzeki pozostaje przytem w ścisłym związku z szybkością prądu. Strumienie górskie z prędkością nieraz wyżej 3 m w sekundzie mogą transportować w czasie wezbrania całe bloki skalne, podczas gdy zwykłe rzeki spławne, robiące mniej więcej 1 m w sekundzie, są zdolne tylko żwir unosić, zaś szybkość niżej 1/2 m wystarcza ledwie do transportu piasku zwykłego.

Mechaniczne działanie wody płynącej na jej koryto odbywa się przy pomocy materiału, unoszonego przez wodę: woda trze nim, jak pilnikiem o skały, po których płynie. Praca ta nazywa się *wymywaniem* albo *erozją*<sup>1)</sup> *rzeczną* i zaznacza się w górnym biegu, gdzie rzeki mają silny spadek, przedewszystkiem jako pogłębianie koryta czyli *erozja wgłęb*, najsilniejsza wzdłuż nurtu, czyli linii największej szybkości. Dalej gdzie spadek jest mniejszy, woda nie jest już w stanie transportować tyle materiału, ile przynosi i erozja coraz bardziej ustępuje miejsca osadzaniu czyli *akumulacji*. Równocześnie ze zmniejszoną szybkością prądu bieg prostoliniowy zamienia się w kręty, rzeka zaczyna *meandrować*, koryto rozszerza się i dolina wytworzona przez wodę, która w górnej części ma kształt rzymskiej piątki, V, tutaj przybiera kształt jakby żłobu z dnem coraz szerszym . Rozszerzanie się doliny jest następstwem tego, że na zakrętach brzegi ulegają ciągłemu podmywaniu, skutkiem



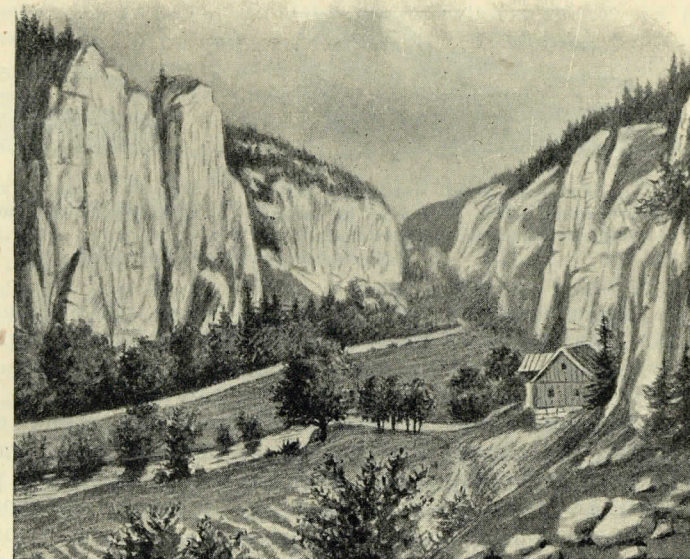
Ryc. 72. *Krzywa erozyjna*. (Z — podstawa erozyjna; krzywe od AZ do DZ — różne fazy erozji wgłębnej, wyrównywania dna doliny i spłaszczenia się krzywej erozyjnej; cofanie się od A do D — erozja wsteczna).

staje się coraz bardziej płaską, wyrównywując się równocześnie skutkiem rozmywania wodospadów właściwych górnemu biegowi (por. ryc. 72).

Na wszelkich wodospadach praca erozyjna wód płynących zaznacza się szczególnie wybitnie przez cofanie się wodospadu, połączone z ciągłym obniżaniem się jego wysokości. Klasycznym przykładem tego wodospad Niagara na rzece św. Wawrzyńca, która łączy jezioro Ontario z jeziorem Erie, położonym przeszło o 100 m wyżej. Jak obliczał znakomity geolog angielski, Lyell (Lajel), potrzeba było 36000 lat — zdaniem innych badaczy nawet mniej, niż 10000 lat — aby wodospad ten cofnął się do miejsca dzisiejszego, które jest odległe około 7 mil angielskich od miasta Qeewstown, gdzie mniej więcej znajdował się pierwotnie. W takim razie po upływie około 70000, względnie 15000 lat, znajdzie się on, ciągle zmniejszając swą wysokość, u jeziora Erie i przestanie istnieć.

<sup>1)</sup> erodo (łac.), wygrzamaz.

Jak wielkie jest znaczenie erozyjnego działania wód płynących, dowodzi tego np. fakt, że większość dolin zawdzięcza erozji swoje powstanie; są to t. zw. *doliny erozyjne*. Głębokość ich może być miarą tego, co erozja potrafi zdziałać. Znany piękną i uroczą dolinę Ojcowską w ziemi krakowskiej, która powstała skutkiem wrzynania się coraz głębiej w skałę wapienną płynącej tamteży rzeczki Prądnika (ryc. 73), tak samo znany jest głęboki jar Dniestru, np. koło Zaleszczyk, ale niczem są one wobec niektórych dolin erozyjnych w Stanach Zjednoczonych. Rzeka Yellowstone (czytaj Jelloston) w stanie Woyming i Kolorado w stanie Arizona wyżłobiły sobie wąskie koryta wśród pewnych szczególnych, sprzyjających temu warunków, miejscami do 2.000 m głębokie (por. ryc. 122). Takie głębokie i wąskie doliny erozyjne noszą nazwę „kanjonów”<sup>1)</sup> i zarówno, jak typowe jary, właściwe są obszarom płytowym; stromość stoków zawdzięczają klimatowi suchemu i młodemu wiekowi. Doliny tego rodzaju wiążą się ściśle z charakterem krajobrazu obszarów płytowych.

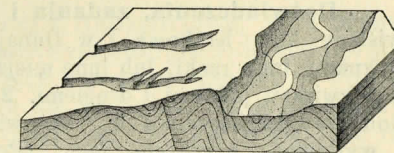


Ryc. 73. *Dolina Ojcowska*.

Erozja wsteczna prowadzi nieraz do przepiłowania całych działów wodnych i w ten sposób powstały niektóre doliny *przełomowe*, przecinające całe łańcuchy górskie.

Często łączy się z erozją wsteczną jeszcze inne, ciekawe zjawisko. Jeżeli mianowicie strumień, cofając się, po przecięciu działu wodnego dostanie się swą górną częścią do doliny położonej wyżej, którą również płynie rzeka, to powoduje, że zwraca się ona teraz z kierunkiem silniejszego spadku w jego koryto, tracąc dalszą część biegu i ujście pierwotne; nazywamy to „*ścięciem*” albo „*przeciągnięciem*” rzeki (por. ryc. 74 a, b, c).

W ten sposób rzeki i strumienie nieraz toczą między sobą pewnego rodzaju walkę o granice dorzecza, skutkiem czego może przychodzić do zmian wielkiego

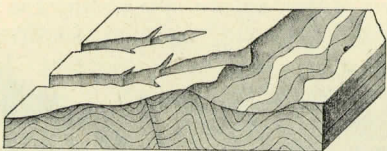


Ryc. 74 a. *Na lewo źródłiskowa część biegu dwu strumieni, na prawo większa rzeka*. (Stereogram według Sawickiego).

<sup>1)</sup> cañon (hiszp.), rura, jar.

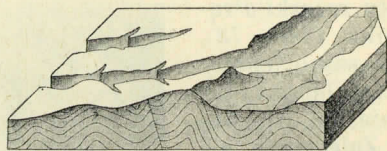


znaczenia w sieci hydrograficznej. W górach Świętokrzyskich Lubrzanka tworzyła dawniej z Pokrzywianką jedną rzekę. Ale Czarna Nida cofnęła się, skutkiem erozji wstecznej, doliną między Mąchoćcami a Ciekotami, aż na północną stronę pasma Łysogórskiego i przeciągnęła nie tylko Lubrzankę, lecz także część Pokrzywianki. W podobny sposób powstała dolina przełomowa Popradu i wiele innych dolin tego rodzaju.



Ryc. 74 b. Skutkiem „erozji wstecznej” jeden z potoków cofnął swoje źródła aż do doliny rzeki, wcinając się w nią zwolna.

(Stereogramy według Sawickiego).



Ryc. 74 c. Rzeka, znajdując nowy odpływ z silniejszym spadkiem, zmienia swój bieg i ulega „ścięciu”.

Praca erozyjna wód płynących może dawać początek nie tylko dolinom, lecz także — jeżeli odpowiednio daleko postąpi — góróm (góry erozyjne) i krajobrazowi górskiemu, który czasami może powstać w ten sposób nawet na obszarze płytowym.

Działanie wód płynących objawia się jednak nie tylko jako erozja czyli ich praca niszcząca, lecz niemniej jako praca twórcza, która polega na transportowaniu i osadzaniu unoszonego przez wodę mułu, piasku, żwiru i t. p. Rzeki osadzają ten materiał (akumulacja<sup>1</sup>) rzeczna) w dolnym biegu częścią wzdłuż swego koryta, tworząc rozmaite pokłady napływowe (aluwja) i rozległe równiny nad rzeczne (dolny Dunaj), częścią aż w dalekim morzu u ujścia, gdzie skutkiem tego mogą powstawać t. zw. delty<sup>2</sup>). Obliczono, że Missisipi unosi z sobą rocznie do morza — oczywiście z całego dorzecza — prawie 211 milionów m<sup>3</sup> tego materiału, Pad 11<sup>1</sup>/<sub>2</sub>, a Tamiza 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> miliona. To też nie można się dziwić, że delta Missisipi ma obszar tak wielki, jak cała Belgja. Materiał, składany przez rzeki w zatokach morskich, może je czasami całkowicie wypełnić, tworząc równiny, jak np. równina Lombardzka (por. mapkę Europy w czasach trzeciorzędnych, cz. II). Niekiedy w ten sam sposób, dzięki akumulacji rzecznej, zrastają się duże wyspy z lądem stałym, tworząc całe półwyspy (Indje Przedgangesowe).

**Doświadczenia, zadania i pytania.** 1. Zbadaj, jakie skały tworzą żwir wiślany koło Krakowa i w Dunajcu koło Nowego Targu (można wziąć do porównania inne rzeki, lub inne miejscowości). Wytlumacz przyczynę różnicy między żwirami jednymi i drugimi. 2. Porównaj żwir Dunajca koło Nowego Targu, pod Nowym Sączem i w Tarnowie. Wykaż, o ile różni się w tych miejscach, i wytlumacz przyczynę tego. (Przytem weź na uwagę źródła rzeki, jej bieg i rozmaite wytrzymałość skał, które dostarczyły materiału na żwiry). 3. Zbadaj i daj wyjaśnienie tego, co dzieje się zazwyczaj u ujścia jednych potoków do drugich. 4. Stwierdź, gdzie na zakrętach wód płynących znajduje się brzeg stromy, a gdzie płaski, i jaki proces geologiczny odbywa się na jednym brzegu, a jaki na drugim. 5. Zmierz szybkość prądu potoku pośrodku i u brzegów w miejscu prostym

<sup>1</sup> accumulo (łac.), gromadzę. <sup>2</sup> Od wielkiej litery greckiej, którą przypomina kształtem.

koryta, a potem powtórz to samo na jakimś zakręcie (meandrze). Zrób to przy niskim i przy wysokim stanie wody. W tym celu odmierz wzdłuż brzegów pewną ilość metrów i określ z zegarkiem sekundowym w ręku, ile potrzeba czasu, aby korek odbył tę drogę z prądem rzeki. Szybkość określ ilością metrów w jednej sekundzie. Gdzie jest szybkość największa, czyli t. zw. nurt w części prostej koryta? Ku któremu brzegowi nurt przesuwają się na każdym zakręcie i co jest następstwem tego? 6. Dlaczego nurt w prostej części koryta znajduje się pośrodku a na zakrętach przesuwają się na zewnątrz? Jaka siła, powstająca przy ruchu po linii krzywej, działa w tym wypadku? 7. Wyjaśnij, w jaki sposób powstają t. zw. „starorzecza”, kształtu nieraz prawie kolistego, a oddzielone zupełnie od dzisiejszego koryta rzek. 8. Dlaczego kanjony znajdujemy przedewszystkiem na obszarach o klimacie suchym? 9. W jaki sposób doliny mogą powstawać nie skutkiem erozyjnego działania wód płynących? Daj przykład dolin takich i powiedz, jakby można je nazwać w odróżnieniu od „dolin erozyjnych”, uwzględniając, że przedstawiają one pewnego rodzaju „zjawisko tektoniczne”. 10. Która z dwóch rzek zwycięży w walce przy pomocy erozji wstecznej o granice dorzeczy? Czy wymywająca i pogłębiająca swoją dolinę szybciej, czy wolniej? 11. Gdzie w Polsce możemy widzieć góry erozyjne? 12. Uważaj, w których miejscach stawy, posiadające dopływy, poczynają zarastać i wytlumacz przyczynę tego; z jakim zjawiskiem u wybrzeży morskich można to porównać? 13. Wypełnij jedno naczynie szklane wodą czystą, a drugie zasoloną; wrzuć do obu naczyń nieco części ilastych, wymieszaj je dobrze i zostaw w spokoju, a zauważysz, że woda słona rozjaśni się już po godzinie, podczas gdy ciecz w drugim naczyniu w ciągu kilku dni pozostanie mętna. Gdzie tworzenie się osadów mechanicznych w przyrodzie jest ułatwione przez warunki, które wskazuje to doświadczenie? 14. Jakie warunki ułatwiły powstanie niziny lombardzkiej i hindostańskiej przez zasypianie zatoki, względnie cieśniny morskiej materiałem rzeczonym?

## 6. Denudacja i jej znaczenie.

**Pytania.** 1. Co jest przyczyną, że korzenie drzew, rosnących na pochylonych stokach, są często zupełnie obnażone? 2. Dzięki czemu skały, odsłonięte na powierzchni litosfery, ciągle wietrzeją, ulegając coraz dalej zniszczeniu? 3. Jak można wytłumaczyć fakt, że góry — im młodsze, tem wyższe, im starsze, tem niższe? 4. Dlaczego w trzonie wysokich gór fałdowych czyli łańcuchowych pokazują się często najstarsze skały archaiczne? 5. Dlaczego w każdym zagłębieniu warstwy coraz starsze odsłaniają się ku brzegom? (por. ryc. 29).

Skutkiem wietrzenia i pracy erozyjnej i transportowej wód płynących — w czem jeszcze współdziałają w pewnym stopniu lodowce i prądy powietrza — odsłaniają się skały znajdujące się coraz głębiej w litosferze, a jej powierzchnia ciągle wyrównywa się i obniża. Materiał skalny, spłókiwany i unoszony przez potoki i rzeki, dostaje się ostatecznie do morza, gdzie osadza się w pasie przybrzeżnym. To zjawisko ciągłego niszczenia skorupy ziemi na jej powierzchni przez wietrzenie, wody płynące i t. p. nosi nazwę denudacji<sup>1</sup>). Powoduje ono, że czasami nawet najwyższe góry mogą ulec zupełnemu starciu i mogą znaleźć się na powierzchni warstwy nawet bardzo stare, pierwotnie znajdujące się w znacznych głębokościach.

<sup>1</sup> denudo (łac.), obnażam.

Przykłady i dowody działania denudacji widzimy na każdym kroku. W naszym zagłębiu węglowym Śląsko-Krakowskim mamy na samym wierzchu lub też płytko pod powierzchnią pokłady węgla, które powstały w bardzo odległej przeszłości ziemi, bo jeszcze w erze paleozoicznej. Warstwy młodsze, mezozoiczne tworzą w części wschodniej tego zagłębia tylko luźne wyspy, rozrzucone tu i ówdzie; jest to resztką rozmaitych warstw mezozoicznych, które pokrywały zagłębie, zanim zostały zniszczone przez denudację. Potężne Alpy należą do najmłodszych gór Europy, gdyż pochodzą z czasów trzeciorzędnych; góry środkowo-niemieckie sięgają o wiele mniejszej wysokości, ale są też znacznie starsze, spiętrzyły się bowiem w odległych czasach perjodu karbońskiego, w którym osadzały się pokłady węgla kamiennego; jeszcze dalszej przeszłości w dziejach geologicznych ziemi sięgają góry Szkocji, które tworzyły się już w czasach przeddewońskich, a więc przed osadzeniem się np. naszych marmurów kieleckich lub piaskowca trembowelskiego.

Znaczenie denudacji jest oczywiście olbrzymie, zarówno dla kształtowania się powierzchni ziemi, jak dla rozwoju stosunków na niej wogóle. Ale wpływ procesów denudacyjnych zaznacza się nietylko w rzeźbie kontynentów; materiał bowiem, powstający na tej drodze, ostatecznie dostaje się wcześniej, czy później, do morza, gdzie odgrywa główną rolę w tworzeniu się skał okruchowych pasu przybrzeżnego. Łąd stały traci w ten sposób ciągle materiał na rzecz mórz przylegających.

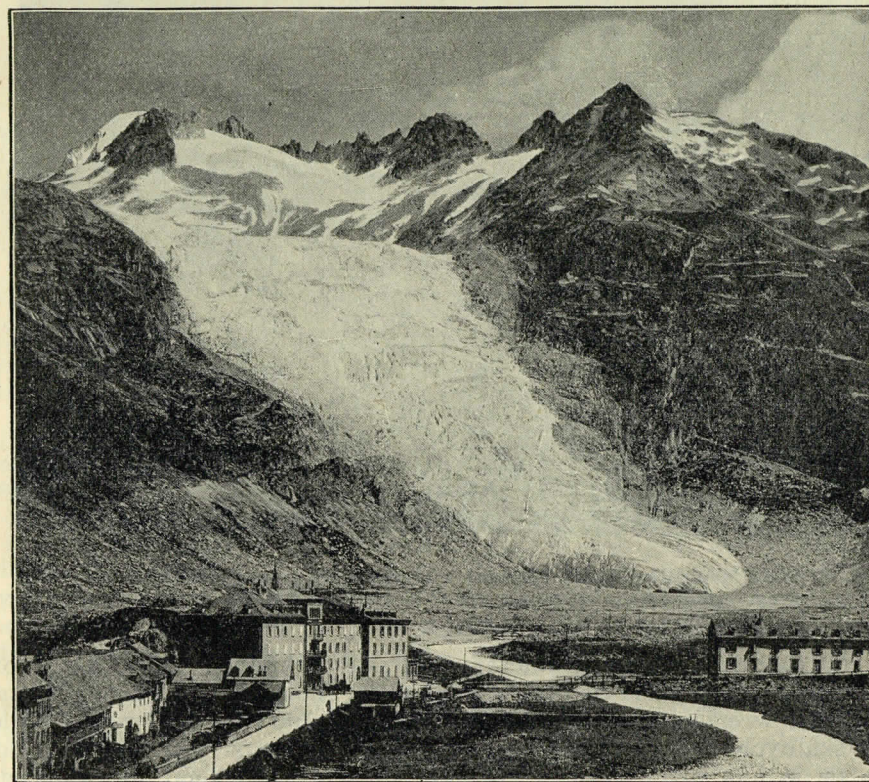
**Pytania i zadania.** 1. Jakie znaczenie mają procesy erozyjne i denudacyjne dla poznania budowy skorupy naszej planety? 2. Gdzie denudacja działa silniej, w górach czy na nizinach, i jaka jest w tym wypadku przyczyna różnicy w jej działaniu? 3. Jest rzeczą bardzo trudną przedstawić cyfrowo obniżanie się powierzchni kontynentów na większej przestrzeni skutkiem działania czynników denudacyjnych. Jeżeli jednak przyjmujemy za niektórymi badaczami, że powierzchnia łądu przeciętnie obniża się dzięki pracy wód o 1 m w ciągu 12.400 lat, oblicz, ile wynosi obniżenie się tej powierzchni w ciągu 1 roku i ile materiału skalnego tracą w tym czasie kontynenty na rzecz oceanów (powierzchnia łądów, podlegająca erozji rzecznej przedstawia mniej więcej  $\frac{1}{4}$  powierzchni całej ziemi; dlaczego tylko tyle?). Określ, jak przedstawia się ta strata w ciągu lat 100, 1000 i 100000 i osądź, czy praca niszcząca i transportowa wód płynących będzie się odbywała ciągle z tą samą energią, mimo obniżania się łądu stałego. 4. Jeżeli poszczególne części litosfery, spoczywając bezpośrednio na ognisto-ciekłej magmie, znajdują się względem siebie w stanie pewnego rodzaju równowagi, to — czy większe zmiany w rozmieszczeniu mas skorupy ziemi, powodowane denudacją, mogą pozostać bez wpływu na stan tej równowagi? 5. Jaki byłby ostateczny rezultat niszczenia łądów przez denudację, gdyby nie istniały czynniki działające przeciwnie? Jakie zjawiska są wyrazem ich pracy?

## 7. O lodowcach jako czynniku geologicznym.

**Doświadczenia i pytania.** 1. Wypełnij moździerz śniegiem i bij następnie w śnieg tłuczkiem; wnet śnieg zamieni się w zbitą masę lodu. Porównaj to z tworzeniem się lodowców na górach wysokich; co tam zastępuje ciśnienie, wywołane w doświadczeniu uderzaniem tłuczka? 2. Lód, wypełniający walec metalowy, poddaj zgnieceniu przy pomocy prasy hydraulicznej, a przeciśniesz go przez otwór na dnie nawet znacznie mniejszy od przekroju walca. Jakiej własności lodu dowodzi to doświadczenie? 3. Słupki lodu, mający w przekroju około 1 dm<sup>2</sup>, podeprzyj na obu końcach, zaś środkiem przewieś na pętli z drutu cię-

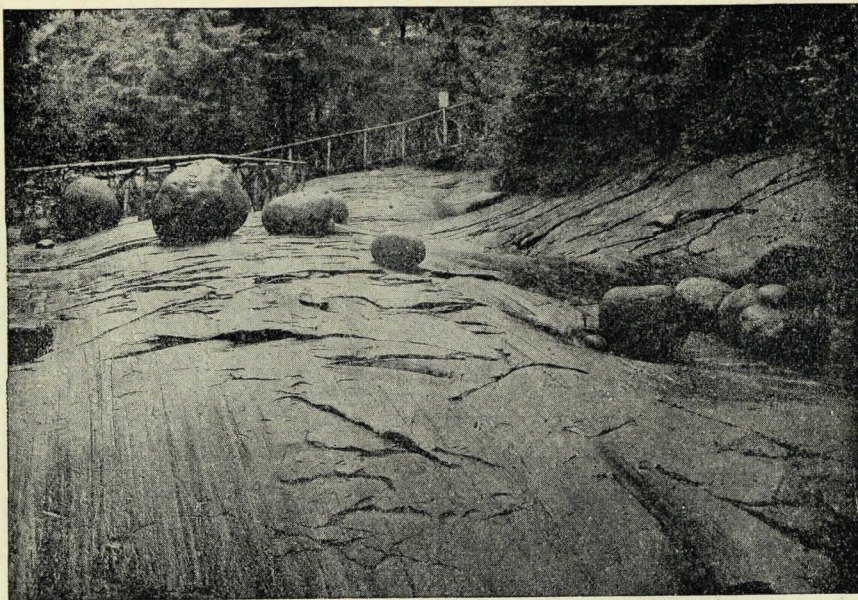
zarek kilkukilogramowy. Po pewnym czasie stwierdzisz, że pętla, wcinając się w lód, przetnie go całkowicie i spadnie wraz z ciężarem na ziemię, lód jednak pozostanie w całości, gdyż szczelina w miarę, jak drut się zagłębia, natychmiast zarasta ponad drutem. Wcinanie się drutu w lód jest tu następstwem topienia się lodu pod drutem, woda, powstająca skutkiem tego, zamarza jednak natychmiast powyżej drutu. Co zatem można powiedzieć na podstawie takiego doświadczenia o temperaturze topliwości lodu, poddanego ciśnieniu? 5. Co wiesz o wiecznych śniegach i ich granicy?

Wysokie góry są pokryte śniegiem, który nigdy nie topi się zupełnie. Ilość jego zatem z każdym rokiem musiałaby się powiększać, gdyby nie to, że zsuwa się on ciągle ze szczytów w doliny w postaci lawin śnieżnych albo lodowców. Lodowce powstają ze śniegu, gromadzącego się pod szczytami, w szerokich a głębokich dolinach i na rozległych polach śniegowych, gdzie czasami przeobraża się on w gruzełkowaty t. zw. „firn“. Pod ciśnieniem warstw wyższych firn zbija się w dolnych częściach w coraz twardszą masę i daje w ten sposób początek jakby rzece lodowej, która dobywa się z pod jego zwałów. Otrzymuje ona nieraz jakby dopływy w postaci bocznych lodowców i spuszcza się z wolna spotkaniami dolinami, wypełniając je, aż do tego miejsca, gdzie z powodu zwiększonego ciepła obtopia się tyle lodu, ile ciągle z góry przybywa. Jest to właśnie lodowiec. Grubość lodowców nieraz przekracza sto metrów i więcej (por. ryc. 75).



Ryc. 75. Lodowiec Rodanu w Szwajcarii.

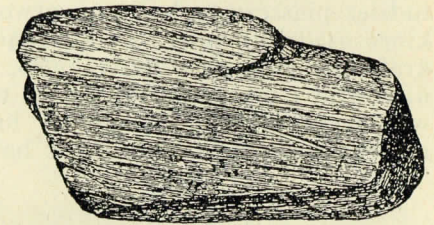
Ruch lodowców jest płynięciem, a nie zsuwaniem się, gdyż nie tylko w całości zmieniają one położenie względem otoczenia, lecz także cząstki ich lodu przesuwają się obok siebie. Jest to możliwe tylko dzięki temu, że masa lodowców rozpada się z powodu ogromnego ciśnienia na najdrobniejsze części, które mogą się obok siebie przesunąć tem swobodniej, iż równocześnie powstaje między niemi odrobina wody. Ale obniżenie się ciśnienia skutkiem tego powoduje, że woda natychmiast zamarza powtórnie i tworzy się znowu masa jednolita. Zjawisko to nazywa się regelacją i tłumaczy, w jaki sposób lód, nie przestając być ciałem kruchym, zachowuje się jednak, jak ciało plastyczne. Szybkość, z jaką się lodowce poruszają, wynosi średnio do kilku decymetrów w jednym dniu i jest, jak w rzekach, największa mniej więcej po środku, mniejsza wzdłuż brzegów. Powierzchnia lodowców przedstawia zwykle liczne pęknięcia, szczeliny i przepaści, sięgające bardzo głęboko. Wody, płynące spodem skutkiem obtapiania się lodu na powierzchni, tworzą strumień, który nieraz wypływa u czoła lodowca jakby z wielkiej groty lodowej (por. ryc. 75); często lodowce dają w ten sposób początek potężnym rzekom. Jest rzeczą stwierdzoną, że lodowce ulegają wahaniom, okresowo posuwając się ku dolinom i cofając w górę.



Ryc. 76. Skała wygładzona przez lodowiec, z charakterystycznymi rysami równoległymi, w ogrodzie miejskim w Lucernie. (Z wydawnictwa Bilder aus d. Schweiz).

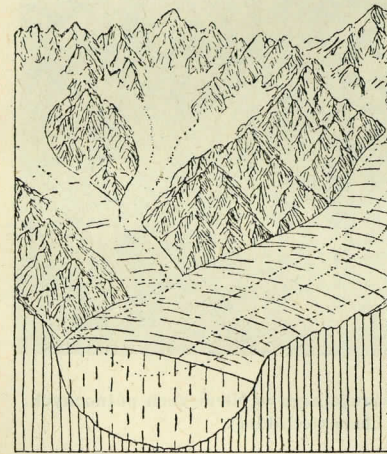
Na lodowiec padają z otaczających skał kamienie, które unosi on z sobą jako t. zw. moreny powierzchniowe, „boczne“ i „środkowe“, i sypie z nich wreszcie u swego końca niby olbrzymi wał z głazów i odłamów skalnych, zwany moreną „czołową“. Mnóstwo tych kamieni dostaje się jednak przez liczne i głębokie szczeliny pod spód spływającego lodowca, który miażdży je w części i rozciera, tworząc z tego materiału

t. zw. morenę „denną“ i równocześnie szlifując nim swoje koryto. Stąd miejsce, po którym spływał lodowiec, jest zwykle wygładzone i pokryte charakterystycznymi szramami (ryc. 76); takie same rysy okazują kamienie, które mi lodowiec tarł o dno swoje (por. ryc. 77). Morena denna jest złożona z rozmaitych glin, iłów i piasku z licznymi głazami większemi i mniejszemi. (*Akumulacja lodowcowa*).

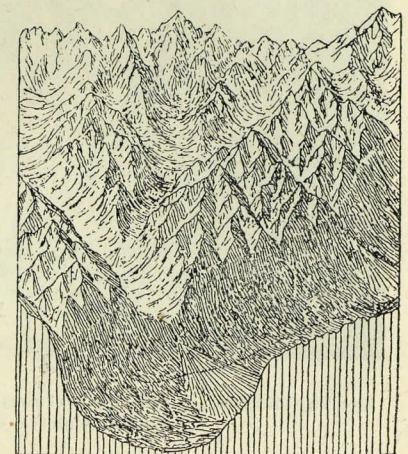


Ryc. 77. Kamień ze szramami lodowcowymi.

Oczywiście te olbrzymie masy lodu, z materiałem morenowym u spodu, działają erozyjnie na górską dolinę, którą wypełniają, przyczem nadają jej charakterystyczny przekrój kształtu wielkiej litery U (*erozja lodowcowa*). Doliny, w których dawniej znajdowały się lodowce, okazują często jeszcze tę właściwość, że boczne otwierają się do nich wysoko ponad dnem, skutkiem czego noszą nazwę „dolin wiszących“, gdy główna nazywa się „przegłębioną“. Gdzie pracowała tylko erozja rzeczna, jest to niemożliwe (por. ryc. 78 a i b).



Ryc. 78 a. Widok części gór, urzeźbionych przez wody płynące, z dolinami, którymi od dłuższego czasu spływają lodowce. (Z Davisa-Brauna).

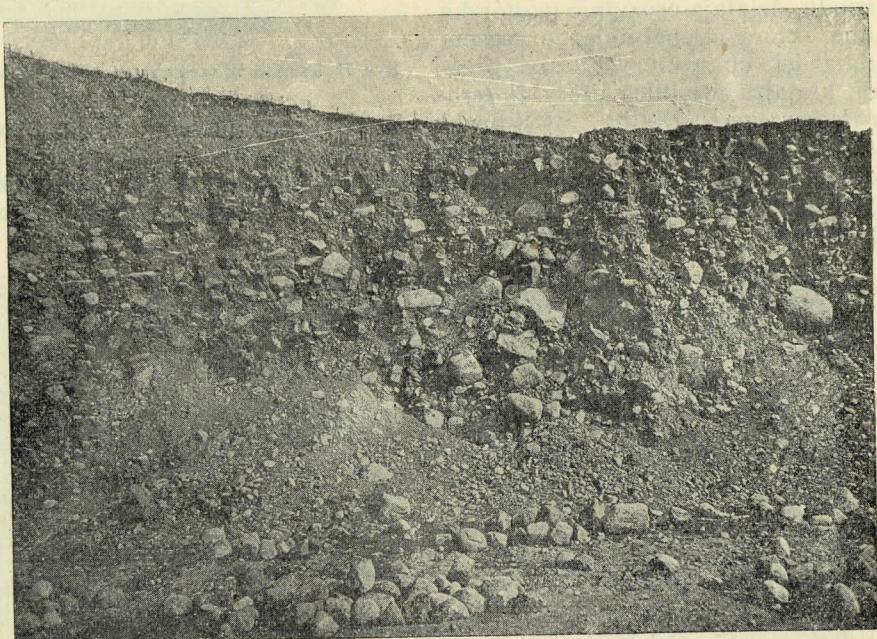


Ryc. 78 b. Ten sam krajobraz, co na ryc. 78 a, po cofnięciu się lodowców, z dolinami przegłębionymi i wiszącymi. (Z Davisa-Brauna).

Łądy podbiegunowe, np. Grenlandja, są pokryte całemi oponami lodowemi; są to t. zw. lodowce śródlądowe w odróżnieniu od zwykłych lodowców dolinowych albo górskich w górach wysokich. Dochodzą one aż do morza, gdzie odrywają się od nich ogromne masy lodu w postaci pływających *gór lodowych*.

Na początku czasów dyluwjalnych, które bezpośrednio poprzedziły dobę obecną (istniał już wówczas na kuli ziemskiej człowiek), panował klimat i chłodniejszy i bardziej wilgotny, niż teraz. To też cała Europa północna i znaczna część środkowej pokryły się podczas tej „epoki lodowej“ potężnym całunem lodu, który z półwyspu Skandynawskiego

i z Finlandji spływał, unosząc mnóstwo odłamów granitu i innych skał tamtejszych. Po ustąpieniu owego lodowca pozostał po nim materiał morenowy w postaci moren dennych i czołowych (ryc. 79), głazów wspomnianych, zwanych dzisiaj „narzutowemi“ albo „erratycznymi“, tudzież piaszczystych i t. p. utworów, zwanych fluwjo-glacialnymi, które osadziły wody, wypływające z pod lodowca. Charakterystyczny krajobraz pojezierza Bałtyckiego, tego „świata garbatego“, o powierzchni nierówno i bezładnie falistej, w miejscach niżej położonych z jeziorami, w których przegładają się lasy lub pola uprawne, wytworzyły właśnie moreny potężnie rozwinięte, z bardzo znaczną miąższością i inne utwory



Ryc. 79. Odkrywka w morenie czołowej lodowca dyluwjalnego w Niemczech północnych. (Z wydawnictwa Geologische Charakterbilder).

lodowcowe z czasów dyluwjalnego zlodowacenia Europy. W Tatrach i w najwyższej części Karpat wschodnich istniały wtedy lodowce miejscowe, a Alpy pokryte były w całości olbrzymim płaszczem lodowym. Dowody tego widzimy w licznych morenach czołowych, poza którymi powstały nieraz t. zw. „jeziora morenowe“, np. Toporowe stawy, dalej w t. zw. dolinach kotłowych, które, wytworzone przez erozję lodowcową, są zwykle również wypełnione wodą i tworzą w ten sposób t. zw. „jeziora kotłowe“ albo „cyrkowe“, np. Morskie Oko, Czarny Staw, wreszcie w dolinach przegłębionych lub wiszących, często spotykanych, zwłaszcza w Alpach, gdzie nierzadko także widzi się skały wygładzone i pokryte charakterystycznymi szramami polodowcowymi (ryc. 76) i t. d.

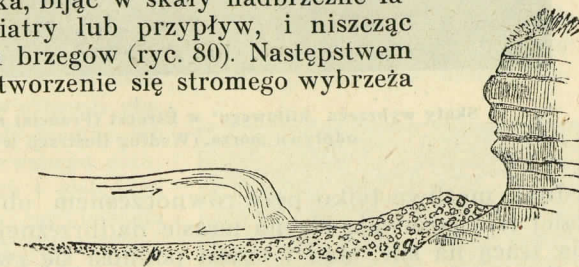
**Pytania i zadania.** 1. Jakiej miąższości muszą dochodzić lodowce śródlądowe krajów podbiegunowych wobec wysokości „górn lodowych“ wynoszącej 100 m i więcej? 2. Od czego zależy wzniesienie n. p. m. dolnej granicy wiecznych

śniegów? 3. Granica wiecznych śniegów obniża się co 1 stopień szerokości geograficznej ku biegunom o 160 m, a w Alpach, w Wysokich Turniach, wieczne śniegi sięgają 2800 m n. p. m. Czy Tatry skutkiem położenia geograficznego powinny mieć lodowce, a jeżeli tak, dlaczego ich nie posiadają? 4. Dlaczego erozja rzeczna nie może nigdy wytworzyć dolin przegłębionych i wiszących? 5. Określ podług mapki (ryc. 165) linię najdalszego zasięgu lodowca dyluwjalnego na ziemiach polskich. 6. Jeżeli mieszkasz w okolicy objętej tą linią, zestaw zbiór „głazów narzutowych“, jakie znajdują się w okolicy i spróbuj je oznaczyć.

## 8. Morze a litosfera.

**Pytania.** 1. Jakie znasz ruchy wody morskiej i które z nich stale zaznaczają się u wybrzeży? 2. Jakie skutki tych ruchów widzimy na morskich wybrzeżach skalistych? 3. Co dowodzi, że większość okruchowych skał skorupy ziemskiej jest przybrzeżnym osadem morskim? 4. Jakie znasz charakterystyczne utwory południowych brzegów Bałtyku, które oddzielają tam szereg szczególnych zatok od morza otwartego? Z czego te utwory są zbudowane? 5. Jakie procesy zachodzą na dnie mórz w przeciwieństwie do powierzchni lądów?

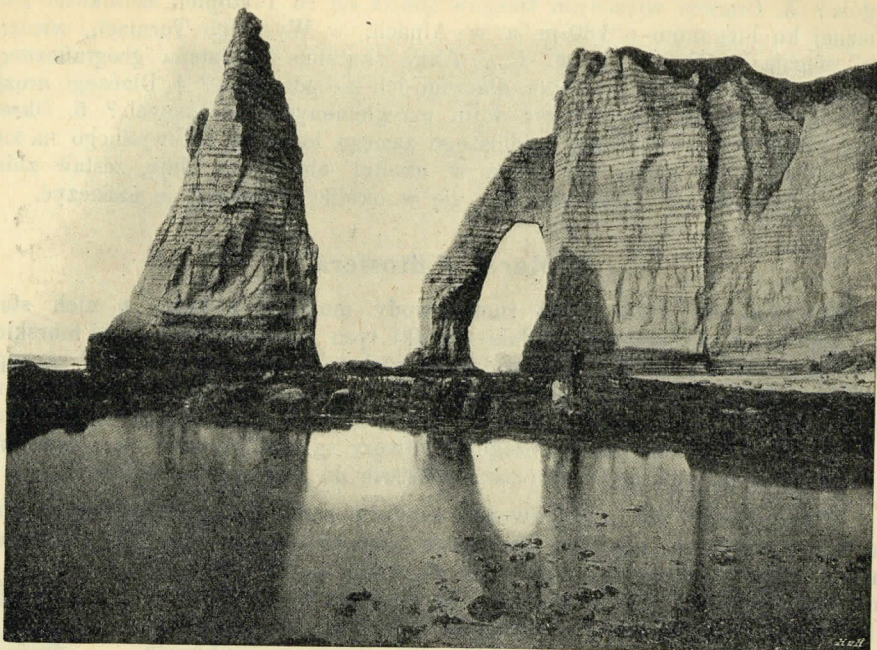
Widzieliśmy, jak rzeki zwolna rzeźbią powierzchnię lądów i obniżają je ustawicznie, unosząc do morza mnóstwo materiału. Równocześnie pracuje także kipiela morska, bijąc w skały nadbrzeżne falami, spiętrzonemi przez wiatry lub przypyły, i niszcząc w ten sposób kontynenty u brzegów (ryc. 80). Następstwem tego jest przedewszystkiem tworzenie się stromego wybrzeża z bardzo słabo wznoszącą się t. zw. terasą nadbrzeżną, podczas odpływu odsłanianą, zalewaną przez fale podczas każdego przypyły. Jest to t. zw. „wybrzeże klifowe“.



Ryc. 80. Działanie fal morskich u wybrzeży. g — gruz; p — piasek.

Przekonano się, że w niektórych miejscach wybrzeży wschodniej Anglii, gdzie brzeg morski tworzą skały mniej zwięzłe i łatwiej wietrzejące, morze — krusząc brzegi — posuwa się w głąb lądu 6—8 cm i więcej na rok. To niszczące działanie fal morza objawia się zresztą na klifowych wybrzeżach bardzo często szczególną postacią odosobnionych skał, sterczących z wody, naturalnemi bramami olbrzymimi, które przebiły potężne uderzenia fali (ryc. 81) i t. d. Na Helgolandzie skutki mechanicznej pracy fal morskich są szczególnie wyraźne, a dzisiejsza wysepka jest, jak wskazują dawne karty, tylko małą resztą sporej wyspy, która wznosiła się tutaj ponad zwierciadłem wody nie dawniej, jak przed laty tysiącem. Jeżeli skalista linja brzegowa skośnie przecina pofałdowane warstwy rozmaitego rodzaju, jedne mniej, inne więcej wytrzymałe, to morze, wdzierając się w głąb lądu, posuwa się szybciej z biegiem warstw łatwiej niszczonej i tworzy w ten sposób wybrzeże postrzępione licznymi, wąskimi zatokami, t. zw. wybrzeże riasowe (np. wybrzeża Bretanii, Irlandji). Wiemy zresztą, że morza zalewały nieraz całe kontynenty, zwolna posuwając się i zheblowując wszystko przed sobą (t. zw. abrazja<sup>1)</sup> morską). Wszelkie większe zdobycze morza na lądzie są

<sup>1)</sup> abrado (łac.), wyrównywan.



Ryc. 81. Skały wybrzeża „klifowego” w Étretat (Francja) nad kanałem La Manche podczas odpływu morza. (Według ilustracji w „La Terre”).

jednak możliwe tylko przy równoczesnym obniżaniu się lądu, gdyż im dalej fale posuwają się po terasie nadbrzeżnej, tem więcej skutkiem tarcia tracą na sile, stąd i terasa podnosi się zwolna od morza ku lądowi. I dlatego płaskie wybrzeże, nie ulegając działaniu niszczącemu morza, stanowi doskonałe zabezpieczenie dla lądu.

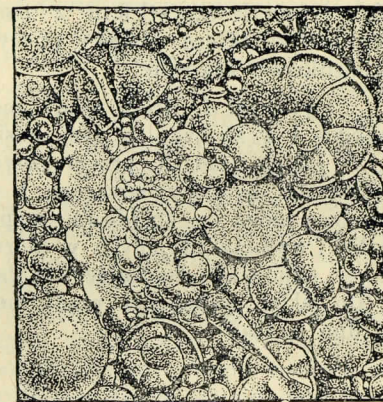
*Praca mechaniczna fal morskich*, z jednej strony — jak widzieliśmy — niszcząca, jest jednak z drugiej strony także twórcza. Materiał, który powstaje skutkiem ustawicznego podmywania i niszczenia brzegów morza, unosi z sobą każda cofająca się fala; cięższe, a więc większe okruchy pozostają tuż u brzegu, a lżejsze porywa woda i osadza dalej jako piasek, delikatny muł i t. p. wraz z tem, czego dostarczają rzeki (por. ryc. 80). Z piasków, jakie fale morza przynoszą podczas przypływów i zostawiają na brzegu w czasie odpływu, tworzą się czasami wzdłuż płaskich wybrzeży wydmy, znamienne dla wielu okolic nadmorskich (wybrzeża wydmore).

Niekiedy walka między morzem a kontynentem kończy się nawet zdobyciami lądu na morzach. Przykładem tego tworzenie się t. zw. mierzei (po włosku *lidi*), np. półwysep Hel na naszym Pomorzu. Powstają one pod wpływem prądów przybrzeżnych lub fal, które pędzone wiatrem znoszą z brzegów piasek coraz dalej w kierunku wiatrów panujących i wreszcie, gdzie brzeg kończy się cyplem, składają go w miejscu zacisznym. Skutkiem tego powstaje zrazu mielizna nie duża, ale czasem wąski i coraz dłuższy półwysep, który wreszcie wyciąga się w mierzeję kształtu długiego języka; część morza oddzielona w ten sposób nosi na-

zwę zalewu (*laguny*), np. zalew Pucki, oddzielony przez mierzeję Hel od zatoki Gdańskiej. Mierzeje Fryska i Kurońska i odpowiadające im zalewy, to dalsze przykłady tego rodzaju utworów przybrzeżnych. Zalew z chwilą, kiedy mierzeja, rosnąc coraz dalej, odetnie go zupełnie od morza, przemienia się w słone jezioro przybrzeżne, które czasami może ulec zupełnemu wypełnieniu materiałem, naniesionym przez wody płynące. Wogóle materiał okruchowy, unoszony i osadzany wzdłuż wybrzeży przez morskie fale i prądy, powoduje powolne wyrównywanie się linii brzegowej, a niekiedy prowadzi — jak akumulacja rzeczna (por. str. 90) — nawet do zrastania się całych wysp z lądem (np. półwysep Gibraltarski) lub drobnych wysepek z sobą (Rugja).

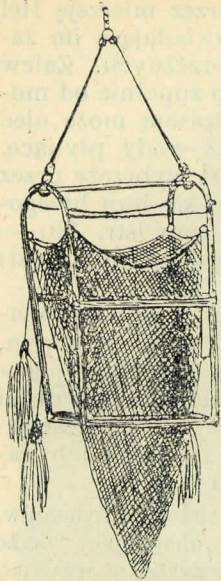
Wszystkie te zjawiska, w których morze toczy walkę z kontynentem, raz z rezultatem dla siebie korzystnym, innym razem ujemnym, rozgrywają się wzdłuż wybrzeży. Inaczej przedstawiają się procesy geologiczne, których widownią są wielkie głębiny mórz otwartych. Czynniki niszczące litosferę nie istnieją tam, natomiast na olbrzymich przestrzeniach gromadzą się rozmaite, znamienne osady. Ze względu na ich naturę można wyróżnić w morzach całe olbrzymie obszary.

Pierwszym obszarem *osadów morskich*, położonym najbliżej kontynentów, byłby pas przybrzeżny osadów *terrigenicznych*<sup>1)</sup>, obejmujący także wszystkie morza podbiegunowe. Gromadzi się tam przede wszystkim materiał, częścią przynoszony przez rzeki z lądu, częścią powstający skutkiem działania kipieli na skały nadbrzeżne. Na szelfie, w głębokości, która nie przenosi paruset metrów, zbiera się rozmaity gruz, otoczaki, piasek grubszy lub drobno-ziarnisty. Dalej od brzegów i w większych głębokościach osadzają się rozmaite ily ciemne lub zielonawe od ziarn minerału, zwanego glaukonitem. W morzach otwartych i głębokich tworzą się osady zupełnie inne i pochodzenia nie kontynentalnego. Prawie cały ocean Atlantycki poza pasem przybrzeżnym — to z małymi wyjątkami dziedzina t. zw. mułu globigerynowego, złożonego przeważnie z wapiennych skorupki otwornie w wielkiej części z rodzaju *Globigerina* (por. ryc. 82). Znajdujemy go najlepiej rozwiniętym w głębokościach nie przekraczających 1000 m. Wapienne bowiem skorupki otwornie tem silniej muszą ulegać rozpuszczaniu, im dłuższą drogę odbywają, opadając w wodzie, zawierającej CO<sub>2</sub>. To też nic dziwnego, że bardzo głęboki ocean Spokojny jest dziedzina innego osadu, t. zw. głębinowego ily czerwonego, który tworzy się tam na olbrzymich przestrzeniach, ale tak pomału, że przy badaniach dna zapomocą włóków (ryc. 83) znajdowano prawie na powierzchni zęby ryb żarłaczowatych, jakie znane są tylko z dawniejszych czasów geologicznych (trzeciorzęd). Znacznie mniejszą powierzchnię dna oceanu Spokojnego i Indyjskiego pokrywa muł *radjolarjowy*, złożony z krzemionkowych szkielecików *radjolarjów*, a jeszcze zasługuje na uwagę w strefie arktycznej muł *okrzemkowy*, składający się przede-



Ryc. 82. Muł globigerynowy w powiększeniu czterokrotnym. (Według Muraya i Renarda).

1) terra (łac.), ziemia; génesis (gr.), powstanie.



Ryc. 83. Włók czyli czerpak do mierzenia dna morskigo. (Z Davisa-Brauna).

wszystkiem z krzemionkowych pancerzyków okrzemek Wreszcie między utworami charakterystycznymi dla pewnych obszarów morskich trzeba wymienić jeszcze rafy koralowe, właściwe płytkiej strefie przybrzeżnej mórz tropikalnych.

Tak więc, jeżeli kontynenty na powierzchni swojej i u swych brzegów ulegają naogół bezustanku zniszczeniu i przedstawiają dla litosfery obszary ciągłego ubytku, to w morzach widzimy olbrzymie przestrzenie, gdzie tworzą się ciągle nowe skały osadowe, które ze zmianą granicy lądu i oceanów mogą wejść w skład nowych kontynentów. Straty, jakie ponosi litosfera na lądzie stałym, pokrywa przyrost świeżych skał osadowych na dnie mórz i tylko prądy morskie przedstawiają czynnik, który niekiedy powoduje rozmaite, większe lub mniejsze zboczenia od normalnego toku tych procesów. Mogą one utrudniać powstawanie osadów, powodować osadzenie się materiałów obcych danemu obszarowi, a przy odpowiedniej, niedużej głębokości, w pewnych warunkach szczególnych, działają niekiedy nawet wymywająco (erozyjnie).

Wobec tego, że morze taką ogromną rolę odgrywa w tworzeniu się skał osadowych, nie jest rzeczą dziwną, że i litosfera składa się w swej części górnej przedewszystkiem z osadowych skał morskich, a lądowe, jak przedewszystkiem utwory pustyni, lodowców lub warstwy z węglem są stosunkowo rzadkie.

**Pytania.** 1. Które osady morskie, przybrzeżne czy pelagiczne, tworzą się szybciej i w związku z tem posiadają zwykle większą miąższość? Dlaczego? 2. W jakich osadach, przybrzeżnych czy pelagicznych, znajdujemy zwykle obficie resztki świata zwierzęcego i dlaczego? 3. Jakiego pochodzenia resztki organiczne mogą się znajdować w przybrzeżnych osadach morskich, prócz części roślin i zwierząt, żyjących w morzu? 4. Jakiej skale wapiennej, względnie kwarcowej, odpowiada osadzający się współcześnie muł globigerynowy i radjolarjowy? 5. Do jakiej głębokości prądy morskie mogą wprost oddziaływać mechanicznie na dno morza?

## 9. O jeziorach.

**Pytania.** 1. W jaki sposób mogą dać początek jeziorom pewne procesy tektoniczne lub krasowe, praca erozyjna lub akumulacyjna lodowców, wreszcie procesy zachodzące niekiedy u wybrzeży morskich? 2. Jakie rozróżniasz jeziora ze względu na własności chemiczne ich wody? 3. Czy znasz takie złoża mineralne, bardzo ważne dla człowieka, które często są osadem jezior pewnego rodzaju?

Jak wyglądają wyspy, kiedy porównamy je z kontynentami, tak przedstawiają się jeziora zestawione z morzem. Tylko dla jezior porównanie takie co do rozmiarów i głębokości jeszcze bardziej wychodzi na niekorzyść, gdyż najrozleglejsze z nich, t. j. morze Kaspjskie (440000 km<sup>2</sup>), ma rozmiary o wiele skromniejsze od wysp szczególnie wielkich (Nowa

Gwinea — 785000 km<sup>2</sup>, Madagaskar — 590000 km<sup>2</sup>), a jezioro Bajkalskie, najgłębsze z jezior, jakie znamy, posiada głębokość ledwie około 1500 m.

Jeziora powstają w sposób rozmaity. Niekiedy są pochodzenia morskiego, przedstawiając pozostałość po morzu, które zwolna wysychało (morze Kaspjskie) lub tworząc odciętą od morza lagunę; ale to są wypadki stosunkowo rzadkie. Częściej mamy do czynienia z jeziorami, które wytworzyły się skutkiem pewnych procesów tektonicznych, jako zakleszczenia z utrudnionym dla wody odpływem, lub w związku ze zjawiskami krasowymi, lodowcami, skutkiem zebrania się wody w kraterze wulkanów wygasłych i t. d.

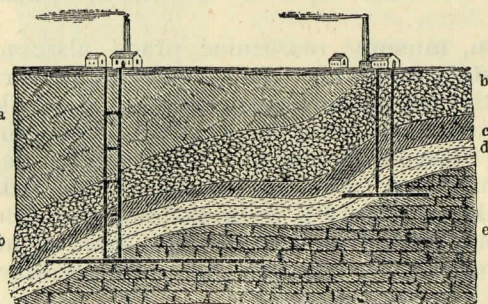
I w jeziorach, jak na morzu, musimy rozróżniać pracę niszczącą i pracę twórczą. Fale, które powstają pod wpływem wiatrów na powierzchni jeziora, tworzą również i u skalistych brzegów jeziornych kipiel — tylko znacznie słabszą. I w ten sposób mogą powstawać terasy zupełnie podobne do morskich. Niekiedy kipiel u brzegów szczególnie dużych jezior daje nawet początek np. brąmom naturalnym. Jest to jednak zawsze tylko minijatura procesów niszczących, które znamy z wybrzeży morskich. Bez porównania większe znaczenie mają pewne procesy twórcze, jakie zachodzą w niektórych jeziorach, mianowicie w znanych już nam jeziorach słonych (por. str. 64).

Można w nich bowiem bezpośrednio obserwować ważny proces tworzenia się złożu soli kamiennej. Znane jest z tego jezioro Ełtońskie w południowo-wschodniej Rosji, w którym rok rocznie osadza się najpierw cienka warstewka gipsu, potem sól kamienna, a w zimie nawet sól gorzka (MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O). Podobnym jeziorem słonym o bardzo zagęszczonej wodzie jest także Morze Martwe. Otóż niewątpliwie tworzenie się soli kamiennej w jeziorach takich z roku na rok, w ciągu całych tysięcy lat, dało początek wielkiej części złożu tego minerału. Szczególnie jednak korzystne warunki, potrzebne do powstania pokładów solnych, przedstawiają głębokie zatoki mórz zamkniętych i rozległych jezior śródlądowych, połączone z głównym basenem wąską a płytką cieśniną — byle znajdowały się w odpowiednio suchym klimacie. W miarę, jak parowanie postępuje w basenie tego rodzaju, napływa do niego ciągle przez cieśninę świeża woda morska z nowymi zasobami soli. Skutkiem tego może przyjść wreszcie do takiego zagęszczenia wody w zatoce, że rozpuszczone w niej ciała mineralne zaczynają się osadzać kolejno. Proces tego rodzaju widzimy obecnie w zatoce morza a właściwie jeziora Kaspjskiego, zwanej Kara-Bugaz. Aby wyjaśnić powstanie olbrzymich złożu solnych środkowych Niemiec (Stassfurt i okolica, Sperrenberg pod Berlinem, gdzie wierceniami stwierdzono złożę grubości przeszło 1.000 m), sięgających aż po nasz Inowrocław a może i dalej, przyjmują dzisiaj, że jest to utwór głębokiego i rozległego morza śródziemnego z czasów permskich<sup>1)</sup>, które odcięte zupełnie, w klimacie pustyniowym, zwolna od brzegów wysychało. Rzeki, przynosząc z sobą sól rozpuszczoną z pokładów, jakie już osadziły się u dawnych wybrzeży, zasalały w ten sposób coraz mocniej kurczące się ciągle morze, w miarę czego musiały narastać coraz grubsze pokłady soli w jego środkowej, najgłębszej części. Osadem odciętej zatoki morza miocenińskiego<sup>1)</sup> jest sól wielicka, jak tego dowodzą znajdowane w towarzyszących jej warstwach skamieniałości mięczaków morskich, otwornic

<sup>1)</sup> Porównaj tablicę na początku geologii historycznej z podziałem skał skorupy ziemskiej według wieku geologicznego, oraz mapkę morza miocenińskiego w cz. II.

i t. p. Złoża solne dzięki plastyczności tego minerału wytworzyły — jak wiemy — w wielu wypadkach, skutkiem działania wielkich ciśnień, potężne pnie, które przebijają warstwy młodsze, posiadając miąższość, idącą w setki i więcej metrów (np. w Inowrocławiu).

Przy powolnem zageszczaniu się wody morską i słonych jezior pokłady związków potasowych i magnezowych są ostatecznym produktem osadzania się rozpuszczonych soli. Zgodnie z tem znajdujemy rzeczywiście w niektórych kopalniach (np. Stassfurt w Prusiech koło Magde-



Ryc. 84. Przekrój przez kopalnię w Stassfurtcie.  
a — piaskowiec czerwony i u spodu pstrę ility (trias);  
b — gips; c — margiel; d — sole magnezowo-potasowe; e — sól kamienna (b-e: perm).

burga, ryc. 84, Kałusz, także Stebnik na Podkarpaciu, wreszcie na Kujawach okolicie Inowrocławia) nad gipsem, anhydrytem i solą pokłady minerałów takich, jak np. epsomit (sól gorzka,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ), kizeryt ( $MgSO_4 \cdot H_2O$ ), kainit ( $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$ ), karnalit ( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ), sylwin (KCl). Miejsca tego rodzaju należą jednak do rzadkich. Proces bowiem tworzenia się osadów, dopiero co wspomnianych, niezawsze mógł dobiec do końca, a nawet w takim razie związki potasowo-magnezowe, znajdując się płycej, niż sól kamienna, musiały łatwiej ulegać rozpuszczeniu i wypłókanii. I wogóle jest rzeczą zrozumiałą, że powstawanie w przyrodzie chemicznych osadów tego rodzaju nigdy nie mogło się odbywać równie prawidłowo, jak doświadczenie laboratoryjne. Często zdarzały się dłuższe przerwy w tym procesie, po których powtarzała się na nowo serja osadów, już przedtem wytworzonych. Stąd (między innymi) rozmaite niepozorne nieprawidłowości w następstwie warstw gipsu lub anhydrytu, soli kamiennej i minerałów potasowo-magnezowych — nawet tam, gdzie w tej serji żadnego ogniwa nie brakuje.

**Doświadczenia i zadania.** 1. W jednym litrze wody dystylowanej rozpuść około 27·2 g soli kuchennej, 3·4 g chlorku magnezowego, 2·3 g siarczanu magnezowego, 1·3 g gipsu i 0·6 g chlorku potasu; otrzymasz w ten sposób wodę zbliżoną złożeniem chemicznem do zwyczajnej wody morskiej. W wąskiej a długiej próbówce poddaj ten roztwór powolnemu odparowaniu i określ, ile wody musi z niego ubyć, zanim osad soli zacznie się tworzyć. 2. Po zupełnem odparowaniu wody zbadać własności osadu i staraj się określić kolejność osadzania się jego poszczególnych składników. 3. Oblicz, jakie zapasy soli kuchennej przedstawiają mniej więcej morza kuli ziemskiej i podaj tę ilość w jednostkach ciężarowych (1 kg, 1 q, 1 t) i objętościowych (1 m<sup>3</sup>, 1 km<sup>2</sup>). 4. Wyrachuj, jak grube złożenie solne, średnio biorąc, powstałoby na dnie wszystkich mórz, skutkiem ich zupełnego wyparowania. 5. Znane są złoża soli kamiennej grubości nawet około 1.000 m (Sperrenberg koło Berlina). Ile razy musiałoby jakieś morze średniej głębokości raz po raz wyparować, aby powstał osad tak potężny. Jak należy tłumaczyć sobie powstanie złoża solnych takiej niezwykłej miąższości?

## 10. Powietrze a skorupa ziemi.

**Zadania, pytania i doświadczenia.** 1. Jaką znasz skałę, która powstała jako osad powietrzny? Jakie jej własności dowodzą, że nie jest ona osadem wodnym? 2. Zwróć uwagę zimą, w dniach odwilży na powierzchnię śniegu, który zalega od dłuższego czasu. Zauważysz na wierzchu warstewkę błota, która ciągle rośnie na grubość. Jak to wytłumaczysz? 3. W dniu wietrznym, kiedy unosi się w powietrzu dużo pyłu, wystaw w miejscu otwartem talerz, posmarowany gliceryną. Po 12 godzinach splócz dystylowaną i przefiltrowaną wodą powierzchnię talerza, poczem tę wodę odparuj i zważ pozostałość, aby przekonać się, jaka ilość pyłu, unoszącego się w powietrzu, przylgnęła do talerza. 5. O ile resztki zwierzęce czyli „fauna kopalna“ lessu dowodzi, że jest to osad wietrzny, a nie wodny?

Między czynnikami, kształtującymi skorupę ziemską, odgrywają poważną rolę także prądy powietrza czyli *wiatry*. Lotne piaski i wydmy, które znajdują się w niektórych okolicach i w naszym kraju, tudzież już znana nam, jasno-żółta, wapnista glina „eolicznego“<sup>1)</sup> pochodzenia, zwana lessem<sup>2)</sup> (por. str. 19), tworzą się dzięki pracy wiatrów.

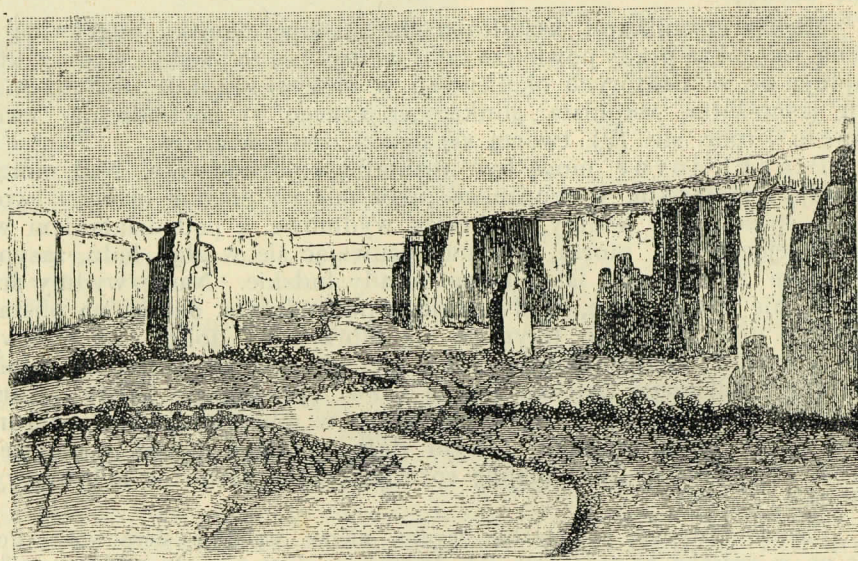
Piaski lotne mogą być rozmaitego pochodzenia. Nad morzem powstają z materiału, wyrzucanego przez fale na płaskie brzegi i tworzą w ten sposób, jak wiemy, wybrzeża wydmowe, a pod działaniem wiatrów, wiejących od morza, zwolna posuwając się w głąb lądu, zasypują po drodze nieraz całe lasy, nawet osady ludzkie. Nasze wydmy śródlądowe, nie nadmorskie, są dwojakiego pochodzenia. Jedne, na obszarze wielkiego niżu polskiego trzymają się olbrzymich dolin wód dyluwjalnych z czasów, kiedy lodowiec cofał się, ale jeszcze zagradzał odpływ w stronę dzisiejszego Bałtyku (są to t. zw. „pradoliny“ Wisły i inne); powstały one z piasków rzecznych, które w olbrzymiej ilości nagromadziły się w tych dolinach. Innym dały początek piaski pochodzenia wprost morenowego (por. mapkę rozmieszczenia utworów lodowcowych w Polsce, cz. III).

Charakterystyczny jest kształt wydmy, nieraz wybitnie sierpowaty. Pozostaje on w związku ze sposobem ich tworzenia się i wzrostu. Taka wydma przedstawia się z początku jako wyniosłość, przyjmująca postać płaskiej tarczy. Zkolei wytwarzają się jednak rychło jakby krótkie ramiona, zwrócone w stronę, ku której wiatr wieje i w ten sposób pierwotna „wydma tarczowata“ przybiera kształt serca, równocześnie stając się coraz wyższą i szerszą, aż wreszcie robi się podobną do podkowy lub sierpa, i przeobraża się w ten sposób w „wydmę sierpową“. Wydmy zwykle zrastają się z sobą, tworząc długie wały piaszczyste, zczasem ulegają nieraz jeszcze innym zmianom, ale mimo to można często dopatrzeć się na nich pierwotnego kształtu łuków, które od strony wiatru podnoszą się zwolna z nachyleniem 5—10°, zaś po stronie przeciwnej, w „cieniu wiatrów“ opadają stromą pochyłością pod kątem około 30° (por. ryc. 86). A jeżeli ulegną częściowemu zniszczeniu, to naówczas na oberwanych stokach widzi się właściwe im „nieregularne uwarstwienie“ (warstewki rozmaicie nachylone). Gdy wydma dojdzie do pewnej wysokości, wtedy poczyna wędrować. Wiatr porzywa piasek po stronie słabo nachylonej i przerzuca go na stronę z silniejszym nachyleniem, wskutek tego przesuwa się grzbiet wydmy ku przodowi i tak kroczy ona przez bagna, łąki, lasy, a nawet miejscowości zamieszkałe. Dopiero, jeżeli gęsta tkanka korzeni roślin odpowiednich (rozmaite trawy, zwłaszcza wy-

<sup>1)</sup> eolius (łac.), wietrzny. <sup>2)</sup> Nazwa, używana pierwotnie nad Renem.

dmuchrzyca, *Elymus arenarius* i podobne) pokryje wydmę wędrującą, rozpoczyna się jej ustalenie. Oczywiście z kształtu wydm, o ile zachował się, można wnosić o kierunku wiatrów panujących w czasie ich powstawania.

Dennej morenie zawdzięcza powstanie swoje także nasz less, odgrywający tak wielką rolę w południowych ziemiach Rzeczypospolitej. Kiedy lodowiec dyluwjalny począł cofać się, suche wiatry północne wywiewały od czasu do czasu z odsłoniętej moreny masy delikatnego pyłu i unosiły go dalej na południe, aż na obszar rozległych stepów, które rozciągały się wzdłuż południowej granicy zasięgu lodowca (por. mapkę w cz. III). Tu osadzał się on stosunkowo szybko pośród roślinności stepowej, jako utwór lądowy, tworząc w ten sposób less dzisiejszy.



Ryc. 85. Krajobraz lessowy w prowincji Szansi w Chinach. (Według Richthofena).

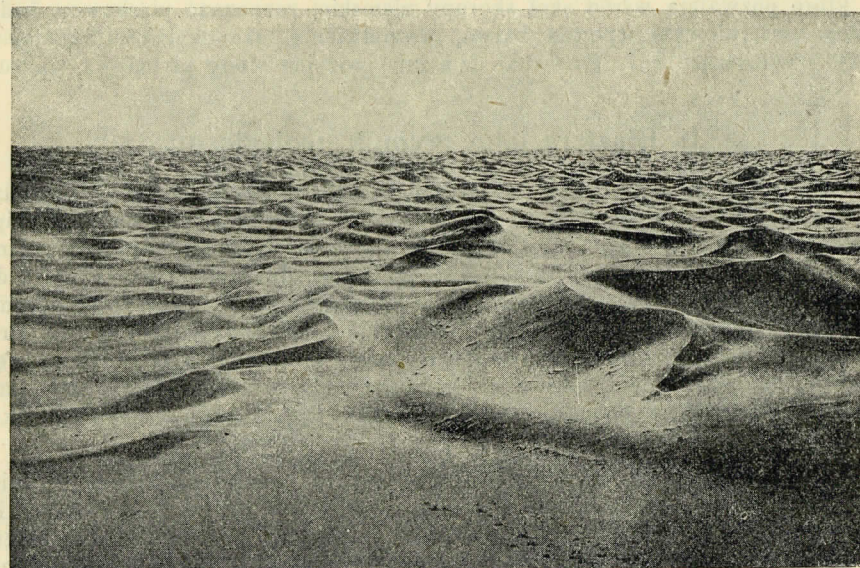
W północnych Chinach less dochodzi grubości czasem paruset metrów, wpływając w znacznej mierze na charakter krajobrazu prowincyj północnych (ryc. 85). Na stepach środkowej Azji można obserwować współczesne tworzenie się lessu, dzięki silnym wiatrom, unoszącym mnóstwo pyłu.

Wiatry działają jednak na powierzchnię ziemi, jako czynnik geologiczny, jeszcze w inny sposób. Z jednej strony wywiewają materiał skalny, rozluźniony skutkiem wietrzenia, z drugiej działają nim mechanicznie, gładząc skały, żłobiąc je i t. p. W środkowej Azji są znane ruiny całych gmachów, które z zupełnie obnażonymi fundamentami stoją na stromych cyplach skalnych, jakby wypreparowanych przez wywianie. Często na pustyniach, a i u nas wśród piasków lotnych, spotykamy t. zw. gładziki trójkanciaste, charakterystycznego kształtu, o krawędziach ostrych i powierzchni wygładzonej, które powstały skutkiem szlifującego działania wiatru, unoszącego drobny, ostry piasek. Tę pracę niszczącą powietrza nazywamy *erozją eoliczną*<sup>1)</sup> w przeciw-

<sup>1)</sup> Eol — grecki bóg wiatrów.

stawieniu do *wietrznej akumulacji*, której wyrazem jest tworzenie się lessu lub wydm.

Oczywiście, że rola atmosfery, jako czynnika geologicznego, nigdzie nie występuje z taką siłą, jak na pustyni, t. j. na obszarach, odznaczających się wielkim brakiem wody z powodu rzadkości opadów. Wietrzenie odbywa się tam w pierwszym rzędzie za sprawą gwałtownych zmian temperatury, właściwych pustyniom, erozja i osadzanie materiałów przy współdziałaniu przede wszystkim wiatrów. I jeszcze jeden bardzo ważny moment charakteryzujący *pustynie*. Przedstawiają one krainy nie połączone arterjami wód płynących z morzem. Dlatego, kiedy kontynenty wogóle są ciągle spłókiwane przez wodę, a materiał skalny, który je



Ryc. 86. Krajobraz pustyni piaszczystej w Saharze algierskiej. (Z wyd. *Formes du relief terrestre*).

tworzy, wędruje skutkiem tego bezustannie za pośrednictwem rzek do basenów morskich — to na pustyniach tylko wiatr przenosi produkty wietrzenia, tworząc z nich całe morza piasków, nieraz charakterystycznie czerwonych (barwikiem są związki żelaza). Materiał okruchowy, powstający w tych warunkach, zawiera przytem bardzo dużo soli rozpuszczalnych, będących produktem wietrzenia chemicznego. Stąd w krainach pustyniowych te liczne jeziora słone, sodowe i inne, często tylko czasowo wypełniające się wodą po gwałtownych deszczach. To też pustynie piaszczyste pokryte są wydmami piasków ruchomych (ryc. 86), pustynie zaś skaliste, z których wiatry wywiewały piasek aż do litej skały, odznaczają się luźno stojącymi „świadkami pustyniowymi“ (por. ryc. w rozdziale: Krajobraz), wypreparowanymi przede wszystkim działaniem wiatrów. I jedne i drugie pustynie, będąc wyrazem szczególnych warunków klimatycznych, przedstawiają zawsze obszary o charakterze wybitnie odrębnym: rozległe morze piasków lub litą skałę, bez roślinności, bez wody, z niebem bezchmurnem, jeden z krajobrazów najbardziej znamienych.



**Zadania, pytania i doświadczenia.** 1. Uważaj, jak się zachowuje w czasie wiatrów śnieg świeży i sypki w miejscu otwartym. Wydmę śniegowe, które tworzy wiatr, są zupełnie podobne ze sposobu powstania i kształtów do utworów piasku ruchomego. 2. Jeżeli w okolicy znajdują się piaski lotne, stwierdź na nich to, co powiedziano w zadaniu pierwszym. 3. Gdzie w Polsce mamy duże obszary, pokryte piaskami lotnymi i przypominające pod pewnym względem pustynię piaszczystą? 4. Jaka była przyczyna tego, że w okresie cofania się lodowca dyluwjalnego i tworzenia się u nas lessu musiały panować wiatry mniej więcej północne? O ile w rozmieszczeniu tej skały widzimy potwierdzenie takiego przypuszczenia (por. mapkę rozmieszczenia utworów lodowcowych w Polsce, cz. III.)? 5. Jak są na ziemi rozdzielone pustynie? Wyłumacz ich powstanie i charakterystyczne rozmieszczenie (por. przytem ryc. 47). 6. Jakie to są własności, które pozwalają wśród skał skorupy ziemskiej rozpoznać piaskowce, będące osadem pustyniowym (pewna barwa, uwarstwienie, skamieniałości, znamienne osady towarzyszące)? 7. Porównaj działanie erozyjne wody płynącej i wiatru.

## II. Biosfera jako czynnik geologiczny.

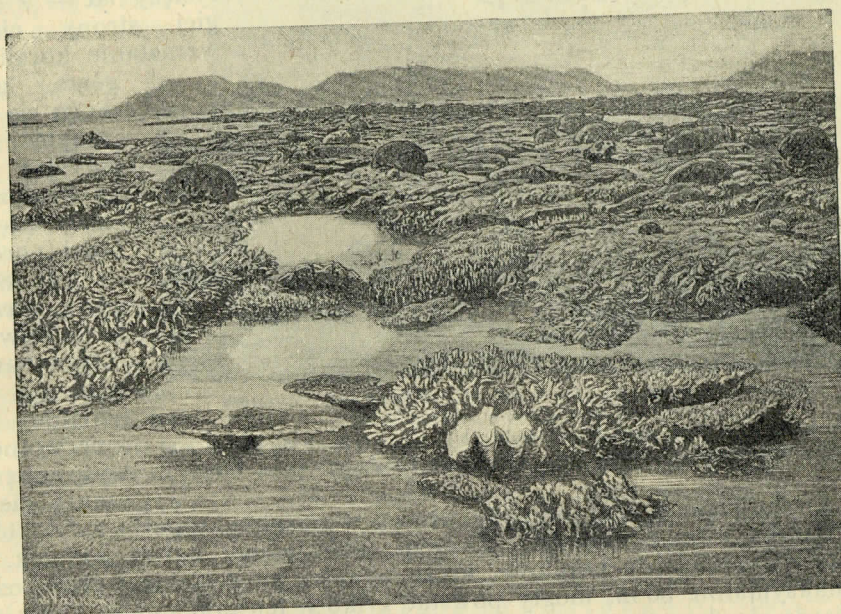
**Pytania.** 1. Jakie znasz zwierzęta i rośliny, które biorą czynny udział w procesie wietrzenia na lądzie i w niszczeniu skał nadbrzeżnych przez kipieli morską? 2. Wymień rozmaite skały, które zawdzięczają swoje powstanie organizmom roślinnym lub zwierzęcym i wskaż, jakie im odpowiadają osady mórz dzisiejszych. 3. Jaki znasz gatunek węgla kopalnego, który tworzy się obecnie? 4. Jak się odbywa zwęglanie drzewa w zwykłych mielerzach leśnych? 5. Przeprowadź porównanie między tworzeniem się węgla sztucznego w mielerzach i węgla kopalnych w naturze. 6. Prócz węgla kopalnych, jakie znasz jeszcze dwa inne, cenne materiały, które powstanie swoje zawdzięczają nagromadzonemu resztkom organicznym roślin i zwierząt?

Widzieliśmy, że świat organiczny może działać na litosferę niszcząco, biorąc udział w procesie wietrzenia lub w pracy kipieli morskiej, która burzy skały nadbrzeżne. Ale bez porównania większą rolę odgrywa on jako czynnik twórczy, któremu cały szereg skał bardzo rozmaitych zawdzięcza swoje powstanie. Stosunek zatem biosfery do skorupy ziemskiej rozpatrzmy teraz bliżej z tej właśnie strony.

Przedewszystkiem nasuwa się tutaj proces powstawania skał wapiennych. Wiemy, że na dużych przestrzeniach mórz otwartych, przedewszystkiem oceanu Atlantyckiego, osadza się na dnie t. zw. *muł globigerynowy*. Powstaje on z drobniotkich, wapiennych skorupki otwornic, przedewszystkiem rodzaju Globigeryna, które zdala od wybrzeży stanowią ważny składnik drobnej fauny pelagicznej (por. ryc. 82). Miąższość mułu globigerynowego może być bardzo znaczna, ponieważ otwornice mnożą się szybko, a osadzanie się ich skorupki na dnie morza trwa z pewnością nie tysiące, ale setki tysięcy lat i więcej. Po stwardnieniu z takiego mułu powstanie oczywiście skała wapienna, która będzie przypominała skały kredowe i podobne.

Wapienie mogą jednak zawdzięczać swoje powstanie jeszcze innym organizmom, mianowicie pewnym koralom, które, skupione w całych kolonjach, budują dla siebie rodzaj wapiennego rusztowania, t. zw. koralowinę, często postaci krzaczkowatej (np. w rodzaju Madrepora), lub innej. Żyją one w strefie tropikalnej, tworząc tam w morzach, wzdłuż wybrzeży, t. zw. rafy przybrzeżne w postaci jakby darni lub za-

rośli podwodnych. Fale morskie podczas najniższego stanu wody często nie mogą ich nawet pokryć całkowicie, kruszą więc, zwłaszcza w czasie burz, owe krzaczki wapienne, a odłamkami temi i częściami muszli rozmaitych mięczaków wypełniają się puste miejsca między rosnącymi na dnie koralami. I w ten sposób powstaje zbita masa wapienia koralowego, tworząca wszelkie *rafy koralowe*. Od zwykłych raf przybrzeżnych odróżniamy t. zw. rafy barjerowe albo tamowe, które ciągną się nieraz na długość bardzo znaczną w oddaleniu kilkunastu i kilkudziesięciu kilometrów od wybrzeża; rafa tamowa wzdłuż północno-wschodnich wybrzeży Australji ma długość 2000 km, a dostęp do brzegów jest tam możliwy tylko dzięki wąskim przerwom w samej rafie (ryc. 87).

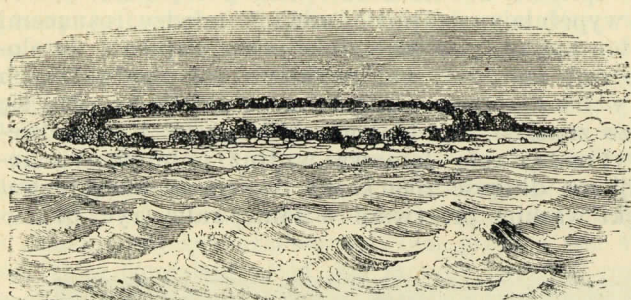


Ryc. 87. Rafa barjerowa wzdłuż wybrzeży Australji w czasie odpływu morza. (Według fotografii W. Seville Kenta).

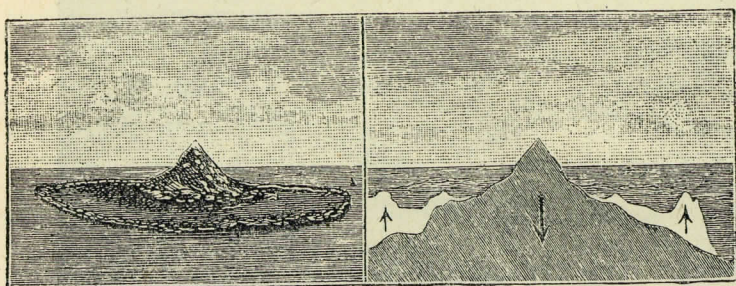
Ponieważ madrepery i pokrewne koralony żyją co najwyżej w głębokości 50 m pod powierzchnią morza, przeto, rzecz jasna, i rafy nie powinny sięgać znaczniejszej głębokości. Tymczasem w oceanie Spokojnym rafy, które tworzą wyspy koralowe, zwane atolami, opadają stromo często do 1.000 m i więcej pod powierzchnię wody, mimo, że w takiej głębokości koralony żyć ani rozwijać się nie mogą. Bliższe zbadanie tego zjawiska nasunęło jednak Darwinowi hipotezę, która tłumaczy je w całości.

W pierwszym rzędzie zwraca na siebie uwagę każdego postać atolów. Są to wyspy pierścieniowate, słabo wznoszące się ponad poziom morza, z laguną wody morskiej pośrodku (porównaj ryc. 88 a). Często pierścień jest przerwany, a zamiast niego widzimy cały szereg w obrębie ustawionych wysepek. Otóż ten szczególny kształt przemawia za przypuszczeniem, że rafy tego rodzaju powstały początkowo jako utwór przybrzeżny dokoła jakiejś wyspy, która dawniej wznosiła się w tem

miejsu z dna morskiego. Ryc. 88 *b* przedstawia właśnie ten okres w tworzeniu się atolu, a zniknięcie wyspy i znaczna grubość rafy naprowadzają na dwie przyczyny, działające w tym wypadku: z jednej strony zapadanie się dna morskiego — naturalnie w bardzo wolnym tempie i w ciągu czasu, który należy obliczać na setki tysięcy lat — z drugiej strony ciągle wzrastanie koralu ku



*a*



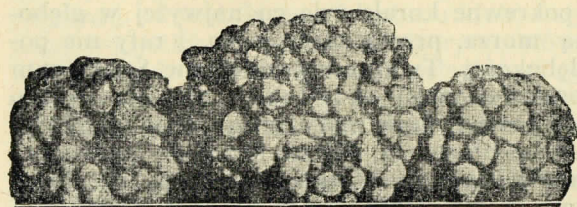
*b*

*c*

Ryc. 88. Atol. *a* — obraz dzisiejszego atolu; *b* i *c* — tworzenie się atolu; *c* — przekrój pierwotnej wyspy i znajdującej się dokoła rafy koralowej.

górze, gdyż mogą się one utrzymać i rozwijać tylko w nieznacznej głębokości (porównaj ryc. 88 *c*, gdzie strzałki przeciwnie skierowane wskazują zapadanie się pierwotnej wyspy, zaznaczonej ciemnym kreskowaniem, tudzież równoczesne narastanie ku górze rafy, która na rysunku pozostaje białą). Za tem idzie jednak dalszy wniosek, że wogóle wszystkie rafy koralowe, które wznoszą się z większej głębokości, niż maksymalnie 50 m, mogły powstać tylko w ten sam sposób, skutkiem obniżania się dna oceanu.

Ostateczne wynurzenie się rafy z morza jest następstwem gromadzenia na niej przez fale morskie okruchów wapiennych i t. p. części. Z czasem wytwarza się na jej powierzchni gleba urodzajna, którą wnet pokrywa wegetacja z nasion przyniesionych przez fale, a wreszcie wyspę mogą zaludnić ludzie, zagnani tam nieraz przypadkiem, np. burzą.



Ryc. 89. Krzaczki litotamnjowe. (Według Potoniego).

Prócz tego wiemy, że tworzą się niekiedy t. zw. *wapienie muszlowe* z nagromadzonych w wielkiej ilości muszli mięczaków, a czasem mogą dawać początek wapieniom glony morskie z ciałem mocno zwapniałym, zwane *litotamnjami*. Mają one zazwyczaj postać mniej albo więcej krzaczkowatą i porastają gdzie niedzie wzdłuż wybrzeży dna płytkich mórz ciepłych (por. ryc. 89).

górze, gdyż mogą się one utrzymać i rozwijać tylko w nieznacznej głębokości (porównaj ryc. 88 *c*, gdzie strzałki przeciwnie skierowane wskazują zapadanie się pierwotnej wyspy, zaznaczonej ciemnym kreskowaniem, tudzież równoczesne narastanie ku górze rafy, która na rysunku pozostaje białą). Za tem idzie jednak dalszy wniosek, że wogóle wszystkie rafy koralowe, które wznoszą się z większej głębokości, niż maksymalnie 50 m, mogły powstać tylko w ten sam sposób, skutkiem obniżania się dna oceanu.

Ostateczne wynurzenie się rafy z morza jest następstwem gromadzenia na niej przez fale morskie okruchów wapiennych i t. p. części. Z czasem wytwarza się na jej powierzchni gleba urodzajna, którą wnet pokrywa wegetacja z nasion przyniesionych przez fale, a wreszcie wyspę mogą zaludnić ludzie, zagnani tam nieraz przypadkiem, np. burzą.

Prócz tego wiemy, że tworzą się niekiedy t. zw. *wapienie muszlowe* z nagromadzonych w wielkiej ilości muszli mięczaków, a czasem mogą dawać początek wapieniom glony morskie z ciałem mocno zwapniałym, zwane *litotamnjami*. Mają one zazwyczaj postać mniej albo więcej krzaczkowatą i porastają gdzie niedzie wzdłuż wybrzeży dna płytkich mórz ciepłych (por. ryc. 89).

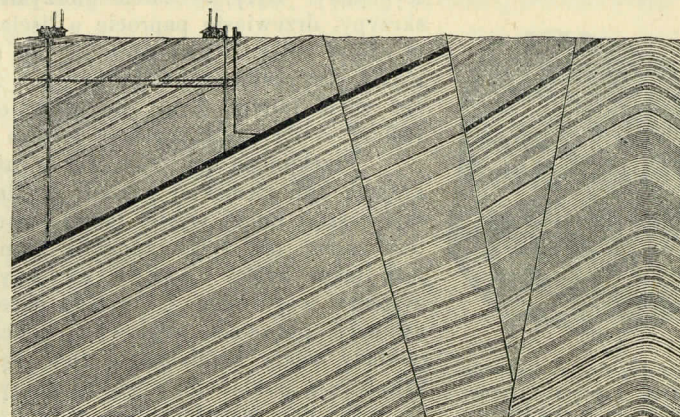
Prócz tego wiemy, że tworzą się niekiedy t. zw. *wapienie muszlowe* z nagromadzonych w wielkiej ilości muszli mięczaków, a czasem mogą dawać początek wapieniom glony morskie z ciałem mocno zwapniałym, zwane *litotamnjami*. Mają one zazwyczaj postać mniej albo więcej krzaczkowatą i porastają gdzie niedzie wzdłuż wybrzeży dna płytkich mórz ciepłych (por. ryc. 89).

Jeżeli jednak poza wapieniami pochodzenia organicznego znamy jeszcze nieliczne gatunki tej skały, które tworzą się bez współudziału organizmów (martwice wapienne, wapienie naciekowe), to o *węglach kopalnych* tego powieścić nie można. Znajdują się one w pokładach (por. ryc. 90), które zawsze zawdzięczają powstanie swoje tylko organizmom i to roślinnym.

Różne części roślinne składają się głównie z błonnika ( $C_6H_{10}O_5$ ), a mogą ulegać w przyrodzie dwojakiemu losowi. Na powietrzu pod

wpływem bakterij butwieją lub gniją, przyczem przeobrażają się w całości w gazy, głównie w  $CO_2$  i  $H_2O$ . Jeżeli jednak powietrze nie ma do nich dostatecznego przyływu, a więc np. jeżeli znajdują się pod powierzchnią wody, to prócz  $CO_2$  i  $H_2O$  wytwarza się jeszcze  $CH_4$ ; wodór i tlen zużywa się przytem znacznie szybciej, aniżeli węgiel i skutkiem tego powstają związki coraz bogatsze w ten pierwiastek. Proces ten nazywamy zwęglaniem się, a węgle kopalne, które powstają w ten sposób, oczywiście im są starsze, tem się okazują bogatsze w ten pierwiastek. Pokazuje to porównanie średnich liczb chemicznego złożenia włókien drzew dzisiejszych (C—50%, H—6%, O—44%), torfu (C—53% do 60%, H—6% do 8%, O—39% do 34%), węgla brunatnego (C—60% do 75%, H—6% do 8%, O—34% do 20%), węgla kamiennego (C—75% do 90%, H—6% do 8%, O—14% do 6%), antracytu (C—przeszło 90% do 96%, H—około 3%, O—3% do 2%) i grafitu (C—100%). Grafit jest węglem czystym, a spotykamy go w krystalicznych łupkach archaicznych (por. str. 23), antracyt i węgiel kamienny tworzyły się głównie w czasach karbońskich, a więc w każdym razie od nas bardzo oddalonych, węgiel brunatny, znacznie uboższy w pierwiastek C, znajdujemy wśród warstw geologicznie stosunkowo młodych (trzeciorzęd), a torf tworzy się współcześnie.

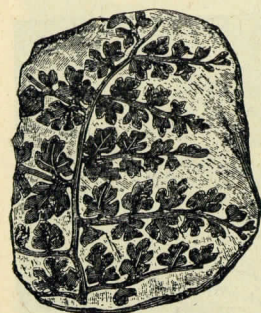
Oczywiście już zestawienie takie przemawia za pochodzeniem roślinnym węgla, znajdujących w przyrodzie, a potwierdzenie tego znajdujemy we właściwościach ich budowy, która nie tylko w torfie i w gatunku węgla brunatnego, zwanym lignitem, okazuje wyraźne złożenie z tkanek roślinnych, ale nawet na węglach kamiennych pozwala to stwierdzić pod mikroskopem, przy użyciu odpowiednich metod badania. To też w tworzeniu się pokładów węgla kopalnych zaznacza się jedna z najważniejszych ról, które świat roślinny odgrywa jako czynnik geologiczny, a więc w stosunku swoim do litosfery.



Ryc. 90. Przekrój przez warstwy węglowe, tworzące siodło i przecięte uskoki, pod kopalnią Niwka w okolicy Dąbrowy. Grubsze kreski czarne oznaczają pokłady węgla kamiennego.

Co się tyczy warunków, w jakich się tworzyły pokłady węgla kamiennego i brunatnego, to nie ulega wątpliwości, że odpowiadały one mniej więcej temu, co widzimy na dzisiejszych torfowiskach zwykłych, a jeszcze bardziej na swampach amerykańskich.

W zgodzie z pochodzeniem roślinnym węgla kopalnych spotykamy często w pokładach, które towarzyszą węglowi kamiennemu, *odciski i zwęglone resztki flory węglowej* (por. ryc. 91). Z nich udało się odtworzyć jej obraz tak szczegółowo, że wiemy dzisiaj weale dokładnie, z jakich roślin się składała i jak one wyglądały. Były to zatem olbrzymie drzewiaste widłaki, skrzypy, drzewiaste paprocie o liściach długości metrowej, w części zbliżone owocowaniem do sagowców, prócz tego z pomiędzy roślin nagozalążkowych t. zw. kordaity, a wreszcie wiele innych form, ale głównie rodniowce. Wyższe rośliny — okrytozalążkowe — jeszcze nie istniały wówczas.



Ryc. 91. Odcisk kawatki liścia paproci *Sphenopteris* na tępku ilastym systemu węglowego.

Przekonano się, że nawet w najbardziej oddalonych krajach kuli ziemskiej pokłady węgla kamiennego zawierają resztki mniej więcej takiej samej flory i fauny. Jest ona zatem nie tylko zupełnie odmienna od dzisiejszej, lecz także wielce charakterystyczna dla utworów systemu węglowego i dla tego okresu w dziejach ziemi, zwanego perjodem węglowym, podczas którego powstały pokłady węgla kamiennego. Inne są resztki flory, które towarzyszą pokładom węgla brunatnych; są one podobne do roślin nam współczesnych w zgodzie z tem, że warstwy trzeciorzędne z węglem brunatnym są znacznie młodsze od warstw systemu karbońskiego (porównaj tablicę w drugiej części książki z podziałem skał litosfery według ich wieku geologicznego).

Do ciał mineralnych pochodzenia organicznego, które w wielkich masach znajdujemy w litosferze, należą wreszcie *nafta* i *ozokeryt* czyli *wosk ziemny*. Chemikowi Englerowi udało się stwierdzić to poniekąd doświadczalnie, gdyż przez suchą dystalację tłuszczu zwierząt morskich w temperaturze około 400° i pod ciśnieniem przeszło 20 atmosfer otrzymał węglowodory naftowe.

**Pytania i zadania.** 1. Na wielu szlifowanych marmurach zbitych można dostrzec liczne resztki koralów. Do jakich wapieni zaliczysz marmury tego rodzaju? 2. Sporządź szlify z rozmaitych wapieni zbitych, na których nie widać wolnym okiem resztek organicznych i rozpatrz je pod mikroskopem celem określenia, w jaki sposób powstały. 3. Pokrusz drobne kawałki marglu i wystaw je przez dłuższy przeciąg czasu na działanie mrozu, polewając co kilka dni wodą, aż się rozpadną zupełnie, tworząc masę jednostajną. Weź wtedy delikatny a mocny muślin i przeszlamuj w nim wszystko starannie. To, co pozostanie na muślinie, należy rozpatrzeć pod mikroskopem; mogą się znaleźć całe skorupki otwornic i t. p. 4. Na drobno potłuczony węgiel kamienny działaj nasycyonym roztworem chloranu potasowego z kwasem azotowym stężonym, dopóki roztwór nie zabarwi się ciemno-brunatno. Następnie po opadnięciu węgla na dno zlej ostrożnie ciecz brunatną, a pozostały osad opłóć dobrym spirytusem 99%, poczem cząsteczki węgla poddaj badaniu mikroskopowemu. Być może, iż zauważysz na nich budowę, właściwą tkankom roślinnym. 5. Skoro wiemy, w jakich warunkach tworzą się rafy koralowe dzisiaj, co możemy wnosić o warunkach, w których powstały koralowe wapienie, wchodzące w skład litosfery (klimat, głębokość morza)? 6. Gdzie jest pierwotne źródło energii, którą przedstawiają zasoby węgla kamiennego?

## VIII. Skorupa ziemna a wewnątrz ziemi. (Geologia dynamiczna B).

### 1. Ruchy litosfery i procesy z niemi związane.

**Pytania.** 1. Jak można wytłumaczyć fakt, że większość skał, które tworzą kontynenty, osadziła się w morzu? 2. Z jakimi ruchami litosfery łączymy powstawanie atolów? 3. Jakie znamy zjawiska tektoniczne będące następstwem pewnych ruchów skorupy ziemskiej? 4. Co wiemy o tektonice t. zw. gór łańcuchowych? 5. W jaki sposób powstały Wogezy w tej postaci, w jakiej się dzisiaj przedstawiają?

Cały szereg zjawisk już nam znanych dowodzi, że litosfera nie jest czemś nieruchomem, owszem podlega często ruchom bardzo wydatnym i rozmaitego rodzaju. Bezpośrednio nie możemy tych ruchów obserwować, bo nawet najgroźniejsze trzęsienia ziemi są tylko niesłychanie drobnym momentem w procesie fałdowania się warstw skorupy ziemi albo tworzenia się uskoków i t. p. Pouczają jednak o nich rozmaite zjawiska, które są ich następstwem i tworzą to, co nazywamy tektoniką tej skorupy. Tu na pierwszy plan wysuwają się fałdy i płaszczowiny, które, jak wiemy, dają początek rozmaitym łańcuchom górskim.

Rozmiary siodła i płaszczowin, tworzących Alpy, Himalaje, Karpaty, mówią o wielkości tych ruchów i nasuwa się pytanie samo z siebie, co to za siła, która może powodować fałdowanie się warstw grubych na tysiące metrów. Musi być ona oczywiście tak ogólna, jak zjawiska, które wywołuje, i działać obecnie, jak działała w dawnych okresach dziejów ziemi, gdyż obok gór młodych mamy góry stare, z których ledwie ślad pozostał wobec procesów denudacyjnych.

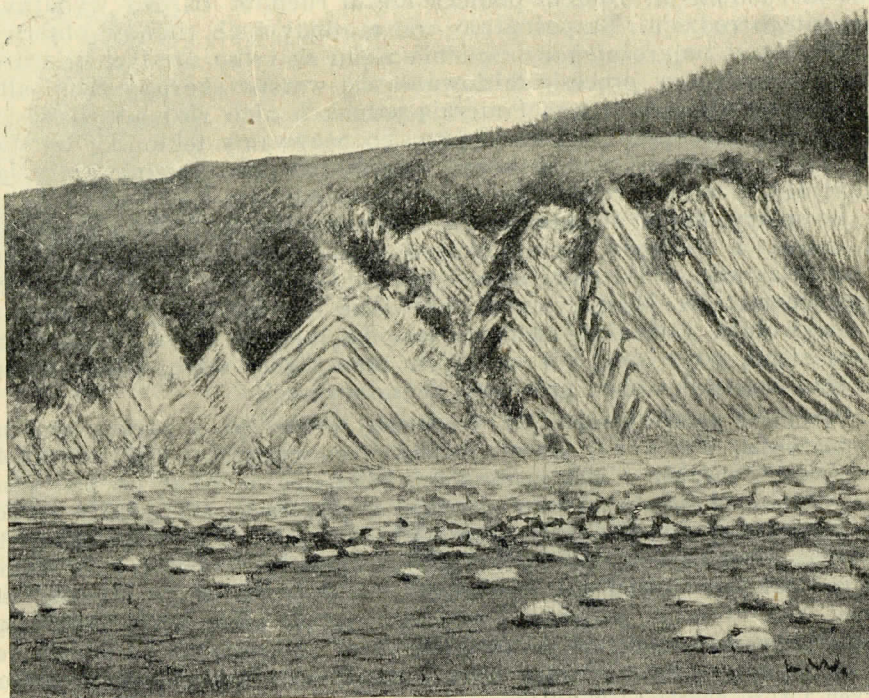
Pytanie to stawiano sobie już w odległej przeszłości i zdawna szukano nań odpowiedzi. Werner<sup>1)</sup>, jeden z twórców nowoczesnej geologii i cała szkoła *neptunistów*<sup>2)</sup> widzieli w nich nierówności, które albo powstały już przy pierwotnem osadzeniu się skał skorupy ziemskiej w praoceanie, albo zostały wytworzone później drogą mechanicznej pracy wód płynących i t. p. Odpowiadało to podstawom nauki neptunistów, którzy uważali wodę za czynnik jedynie ważny w samem powstaniu ziemi i w procesach, kształtujących ją, jak dawniej, tak i dzisiaj. Przeciw takim poglądom występował jednak *plutonisci*<sup>3)</sup>, przyjmując istnienie pirosfery o znaczeniu pierwszorzędnem w geologicznych procesach. Genezę gór tłumaczyli oni oddziaływaniem bezpośredniem magmy, gazów wybuchowych i t. p. nagromadzonych we wnętrzu ziemi, w myśl swoich poglądów na tworzenie się wulkanów; Buch<sup>4)</sup> przypisywał skałom wybuchowym wypiętrzenie całego systemu alpejskiego.

Z teoryj, które dzisiaj starają się wytłumaczyć powstawanie gór na drodze procesów tektonicznych, jeszcze ciągle najpopularniejszą i zarazem najprostszą jest „teoria kontrakcyjna“<sup>5)</sup>, wypracowana przez współczesnych nam geologów: Dana<sup>6)</sup>, Suessa<sup>7)</sup> i innych.

Wszystko przemawia za tem, że wewnątrz kuli ziemskiej posiada temperaturę — w myśl teorii Kanta-Laplace'a — niesłychanie wysoką, mimo że na powierzchni powstała już skrzepła i ostygła skorupa. Otóż

1) Por. str. 4. 2) Neptun, bóg morza. 3) Pluton, bóg świata podziemnego. 4) Leopold Buch należy do najwybitniejszych geologów swego czasu. Urodzony w r. 1774, umarł w Berlinie w r. 1852. 5) *contraho* (łac.), ściągam. 6) James D. Dana (1813—1895), znakomity geolog amerykański. Położył także zasługi na polu mineralogii i zoologii. 7) Suess Edward (1831—1914) był profesorem Uniwersytetu w Wiedniu i prezesem wiedeńskiej Akademii Umiejętności. Głośne jest jego dzieło: „Das Antlitz der Erde“.

oczywista, że skutkiem dalszego oziębiania się ziemi i krzepnięcia, tudzież kurczenia się coraz głębszych części naszej planety dzieje się coś podobnego, jak na jabłku, na którym skórka marszczy się w miarę, jak miąższ wysycha. Skutkiem bowiem przyciągania, wywieranego przez środek kuli ziemskiej na jej skorupę, powstają w litosferze, w miarę, jak się kurczy jądro, siły poziome (styczne), podobne do tych, które działają w każdym sklepieniu. I one to, wywołując fałdowanie się warstw skorupy ziemi, powodują, że litosfera może ciągle przylegać do jądra, chociaż to jądro zmniejsza się bezustannie.



Ryc. 92. Warstwy piaskowca, pocięte w wyraźne fałdy, u ujścia Peremyski do Prutu między Delatynem a Dorą. (Według fotografii prof. Szajnochy).

Zmarszczki, które tworzą się w ten sposób na ziemi, to góry, rozsiane po całej jej powierzchni. Warstwy rozmaitych skał osadowych znajdujemy w nich pocięte, pofałdowane, nieraz poprzecinane uskokami, poprzysuwane i t. p. (por. ryc. 92). Co do wielu gór (np. Alpy, Karpaty) zostało stwierdzone niewątpliwie, że są zbudowane nie ze zwykłych, ale ze szczególnie olbrzymich fałdów, których siodła powalone przesunęły się jedne nad drugimi na odległość dziesiątek, a nawet więcej kilometrów, marszcząc się drugorzędnie (ryc. 25). Są to znane nam płaszczowiny.

Zauważono przytem już dawno, że w rozmaitych górach miąższość warstw, które je tworzą, dochodzi często niezwykłych rozmiarów. Aby to wytłumaczyć, przypuszcza się dzisiaj, że warstwy te osadzały się w basenach morskich, których dno obniżało się stale mimo narastania no-

wych skał osadowych z materiału dostarczanego przez sąsiednie kontynenty. Takie baseny otrzymały nazwę geosynklin; one widocznie są miejscami, gdzie przedewszystkiem tworzą się na ziemi góry. Związek między nadmiernym przyrostem masy w geosynklinach a następnie powstawaniem *gór fałdowych*, względnie *płaszczowinowych* właśnie w takich miejscach tłumaczy teoria izostatyczna procesów orogenicznych<sup>1)</sup> (górotwórczych). Wychodzi ona z założenia, że powierzchnie części skorupy ziemskiej, spoczywając bezpośrednio na płynnych masach głębszych, znajdują się względem siebie w stanie pewnego rodzaju równowagi. Bezpośrednim dowodem tego są doświadczenia wahadłowe, pokazujące, że przyspieszenie ziemskie w wysokich górach odpowiada zawsze pewnym ubytkom masy pod nimi, podczas gdy na morzach, a więc w zakłębieniach naszej litosfery, zaznacza się w głębi nadmiar masy. Chociaż jednak dzięki takiemu rozmieszczeniu mas w skorupie ziemi owa równowaga czyli izostazja istnieje, to trzeba pamiętać, że są czynniki, które stale dążą do jej zachwiania. Procesy denudacyjne powodują bowiem, że z łądów stałych ubywa ciągle materiałów, które, spłókiwane przez rzeki, gromadzą się w morzach przyległych w olbrzymiej ilości, zwłaszcza, jeżeli dno morskie stale się obniża, robiąc w ten sposób miejsce nowym osadom. W miarę zaś narastania świeżych warstw rozpoczyna się pewnego rodzaju odpływ mas nagromadzonych w nadmiarze ku obszarom ubytku, gdyż te, w miarę odciążenia zwolna podnosząc się do góry, przedstawiają dla odpływu mas, nagromadzonych w geosynklinach, w tym kierunku opór mniejszy. Tworzą się zatem skutkiem parcia mas w stronę łądu fałdy, które naciskane w tym kierunku, przewalają się i wydłużają niepomiarne w postaci płaszczowin, nasuwając się, marszcząc i płynąc niejako jedne nad drugimi ku strefie ubytków. Proces ten kończy się ostatecznym podniesieniem całości w górę, a wtedy skutkiem erozji i denudacji warstwy powierzchniowe ulegają zniszczeniu i odsłania się cały system płaszczowin.

We wszystkich tych wypadkach, a więc w procesie tworzenia się fałdów i płaszczowin, mamy zawsze do czynienia z siłami, działającymi stycznie. Ale już wiemy (str. 25), że w skorupie ziemskiej mogą powstawać pęknięcia, często w związku z fałdowaniem się warstw litosfery, zaś z nimi wiążą się ruchy, które dają początek uskokom, rowom tektonicznym i t. p. Otóż oczywista, że ruchy tego rodzaju są wynikiem bezpośrednim przyciągania, działającego w kierunku promienia, zatem siły nie stycznej, lecz radialnej. Nawet całe góry mogą w ten sposób powstawać; są to w odróżnieniu od gór fałdowych i podobnych rozmaitego rodzaju t. zw. *góry uskokowe* (np. góry Heskje, Szwarcwald).

Oczywiście skorupa ziemi ulega jednak czynnikiem denudacyjnym tam, gdzie się spiętrzyła, jeszcze silniej, niż w zwykłych warunkach. Tak więc młode fałdy skorupy ziemskiej, które przedstawiają się jako wyraźne *góry łańcuchowe*, ulegają zwolna ale ustawicznie obniżeniu. W miarę tego ich charakter pasmowy zaciera się, przekroje dolin i kontury szczytów łagodnieją, wyniosłości obniżają się i „starzeje się krajobraz“, a wreszcie cały system górski przeobraża się w t. zw. *góry masowe (szczątkowe)*, jakimi są np. nasze góry Kielecko-Sandomierskie; często przytem rozpada się jeszcze cały łańcuch na poszczególne części, skutkiem powstania na jego obszarze większych załomów w skorupie ziemskiej. Środkowa wy-

<sup>1)</sup> óros (gr.), góra; génesis (gr.), powstanie.

zyna francuska, góry nadreńskie z Wogezami i Szwarwaldem, Harc, Las Turyński, czeskie góry Kruszcowe, Sudety i góry Kieleckie są resztką jednego potężnego systemu górskiego, który w epoce węglowej spiętrzył się w miejscu dzisiejszej środkowej Europy i nosi w geologii nazwę gór Hercyńskich. Następnie uległ on jednak zwołna zniszczeniu, rozmyte fałdy zostały pokryte warstwami ułożonymi poziomo i wreszcie rozpadł się na poszczególne gniazda, które pozornie nie okazują żadnej łączności i są dzisiaj, jak Szwarwald, górami uskokowymi. Znamy zresztą systemy górskie jeszcze starsze od gór Hercyńskich.

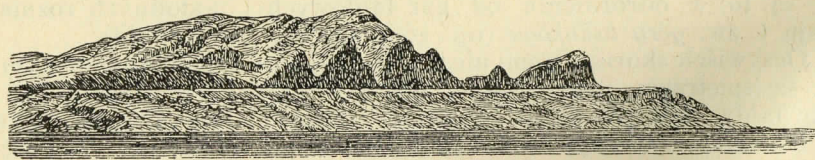
Ostatecznym losem, który wcześniej czy później spotyka góry każdego rodzaju, to zupełne zniszczenie, skutkiem czego ginie nieraz wszelki ślad ich w zewnętrznej rzeźbie skorupy ziemi i w takim razie wskazuje tylko tektonika, że w danym miejscu wznosiły się przedtem całe



Ryc. 93. Pofałdowane (z lewej strony w drugorzędnych zygzakach) warstwy sylurskie, dewońskie i węglowe (w) w okolicy Akwizgranu.

pasma górskie. Nic zatem dziwnego, że wszystkie najwyższe góry łańcuchowe, jakie obecnie widzimy na ziemi, Himalaje, Kordyljery i Andy, Alpy, Pireneje, Karpaty, Apeniny, powstały niedawno, bo w trzeciorzędzie, a siły orogeniczne działają w nich poczęści nawet obecnie, jak można wnosić z gwałtownych i nierzadkich trzęsień ziemi w takich okolicach. Czeka je wszakże los ten sam, jaki spotkał inne wyniosłe pasma górskie, wznoszące się dawniej w wielu miejscach, gdzie dzisiaj niema z nich ani śladu. Znikną kiedyś z powierzchni ziemi i tylko tektonika warstw w tem miejscu będzie dowodziła ich istnienia w dobie ubiegłej (por. ryc. 93).

Prócz ruchów, powodowanych fałdowaniem się skorupy ziemi, o przebiegu mniej lub więcej wybitnie linjowym i związanych z procesami orogenicznymi, rozróżniamy jeszcze takie ruchy, które powodują, że duże płyty litosfery mogą się w całości podnosić i obniżać, dając nieraz w ten sposób początek całym kontynentom, basenom morskim i t. p. Ruchów tego rodzaju dowodzą morskie terasy nadbrzeżne, wyniesione znacznie nad zwierciadło morza (ryc. 94), jakie spotykamy nierzadko np.

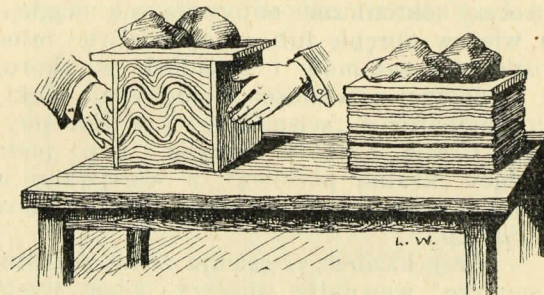


Ryc. 94. Terasa nadbrzeżna na północnej stronie wyspy norweskiej Lekö. (Według Touli).

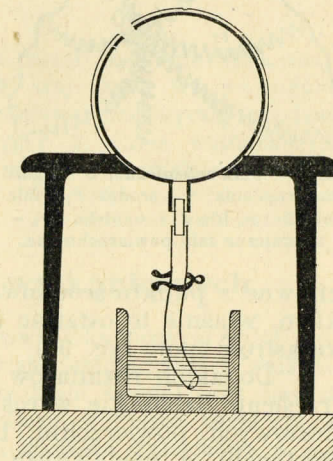
na wybrzeżach Norwegii, niemniej norweskie wybrzeża fjordowe z charakterystycznymi, wąskimi zatokami, które uważamy za doliny polodowcowe, zalane skutkiem obniżenia się lądu, lub licy morza Czarnego, będące zatopionymi w ten sposób zwykłymi dolinami rzeczniemi. Zresztą już wiemy, że zjawisko zalewania całych kontynentów przez mo-

rze, czyli tak ważne w dziejach ziemi transgresje<sup>1)</sup> morskie (cofanie się morza przedstawia t. zw. regresję<sup>2)</sup> są również możliwe tylko jako następstwo powolnego zapadania się rozległych mas lądowych, a świadczą o ruchach tego rodzaju także liczne półwyspy i wyspy, które powstały na tej drodze (jak np. półwysep Skandynawski, wiele wysp zwanych kontynentalnemi). Podnoszenie się lub obniżanie całych płyt litosfery nazywamy *ruchami epirogenicznymi*.

**Doświadczenia i pytania.** 1. Weź kilkanaście kawałków różnokolorowego sukna i ułóż je na stole, jedno na drugim, przyciskając wszystko z góry deską i paru kamieniami. Jeżeli poddasz sukno równocześnie ciśnieniu z boków (ryc. 95), ułoży się ono w fałdy, tworząc siodła i łęki. Z czem możesz to porównać? 2. Powstawanie łańcuchów górskich skutkiem kurczenia się wnętrza ziemi można okazać doświadczalnie. W tym celu bierze się balon gumowy, który można wydymać powietrzem, i otwór jego łączy się z długą rurką kauczukową, opatrzoną naciskaczem. Następnie, po wydęciu balonu, powleka się jego powierzchnię warstwą — grubości 2 mm — bardzo rzadkiego ciasta z mąki pszennej i potem obraca się go tak długo w mące suchej, dopóki nie wytworzy się zupełnie gładka warstwa mączna, 3—4 mm gruba. Wtedy umieszcza się balon na odpowiedniej podstawie i wolny koniec rurki kauczukowej wpuszcza się do naczynia z wodą (por. ryc. 96). Jeżeli pomalutku i ostrożnie otworzymy zaciskacz, balon poczyną się kurczyć, a na powierzchni tworzą się rozmaite fałdy, przypominające przebiegiem i kształtem swoim całe systemy górskie na powierzchni naszej ziemi. 3. Czy góry mogą się tworzyć tylko skutkiem procesów tektonicznych, jak np. fałdowanie się, powstawanie uskoków, czy także i w inny sposób? 4. W jakim kierunku działała siła styczna, która fałdowała Alpy i Karpaty, skoro łańcuch alpejski i karpacki wygiął się w kształcie łuku ku północy? 5. Co jest przyczyną tej plastyczności głębszych warstw litosfery, która ułatwia w wysokim stopniu tworzenie się pewnych dyzlokacji, a przedewszystkiem — jak przypuszczamy — płaszczowin? 6. Jaka wspólną nazwą objąłbyś góry fałdowe, płaszczowinowe i uskokowe w odróżnieniu od gór erozyjnych? 7. Czem odznacza się krajobraz górski? Jakie różnice mogą w nim zachodzić i od czego to zależy?



Ryc. 95. Powstawanie fałdów skutkiem ciśnienia bocznego.



Ryc. 96. Doświadczenie, które objaśnia fałdowanie się skorupy ziemskiej i powstawanie gór łańcuchowych skutkiem kurczenia się wnętrza ziemi.

<sup>1)</sup> transgredior (łac.), przekraczam. <sup>2)</sup> regredior (łac.), cofam się.

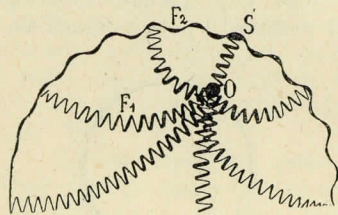
## 2. O trzęsieniach ziemi.

**Pytania.** 1. Z jakimi zjawiskami, które są wynikiem pracy wód podziemnych, wiążą się niekiedy także i trzęsienia ziemi? 2. Czy znasz wypadki trzęsienia ziemi, które ze zjawiskami tego rodzaju nie dadzą się połączyć i gdzie w takim razie trzeba szukać ich przyczyny?

Już wyżej wspomnieliśmy, że groźne trzęsienia ziemi są zjawiskiem, które zwykle pozostaje w związku z procesami tektonicznymi, odbywającymi się w skorupie ziemskiej. To też nazywamy je w takim razie *trzęsieniami tektonicznymi*.

Oczywiście zachodzą one przede wszystkim na tych obszarach, gdzie procesy tektoniczne odbywają się ciągle, względnie jeszcze nie ustały, a więc w obrębie lub w sąsiedztwie młodych gór łańcuchowych albo rozległych załomów i zapadlisk w skorupie ziemskiej, datujących się z niedawnej przeszłości geologicznej. Taki właśnie charakter mają okolice najbardziej „seismiczne”<sup>1)</sup> w Europie, jak pewne obszary alpejskie, dalej Grecja, Kalabria, Sycylia i t. p., podczas gdy cały wschód Europy, będący „krajną płytową”, z warstwami ułożonymi zupełnie spokojnie i mniej więcej poziomo, jest prawie całkowicie wolny od trzęsień tektonicznych.

Przy każdym trzęsieniu ziemi rozróżnia się przede wszystkim jego „ognisko” wewnątrz litosfery, gdzie trzeba szukać przyczyny zjawiska (dla trzęsień tektonicznych w głębokości rzadko większej, niż kilkadziesiąt kilometrów), i punkt, leżący na powierzchni bezpośrednio nad ogniskiem, t. zw. „środek trzęsienia”. Z ogniska wychodzą wstrząśnienia w postaci fal seismicznych, szybko dążących ku powierzchni. Wprawiają one w drgania, częstokroć bardzo gwałtowne, przede wszystkim środek trzęsienia, wytwarzając tam fale powierzchniowe, rozchodzące się, jak kręgi na powierzchni wody stojącej, od miejsca, gdzie upadł kamień.



Ryc. 97. Fale seismiczne. O — ognisko trzęsienia; S — środek; F<sub>1</sub> — fale seismiczne, idące z ogniska; F<sub>2</sub> — seismiczne fale powierzchniowe.

Oczywiście na pewną odległość dokoła środka trzęsienia dostają się do każdego punktu na powierzchni ziemi zarówno fale, idące wprost z samego ogniska, jak i fale powierzchniowe z punktu środkowego trzęsienia. Dla miejsc leżących poza środkiem, właśnie te ostatnie fale są najgroźniejsze, gdyż powodują właściwą katastrofę (por. ryc. 97).

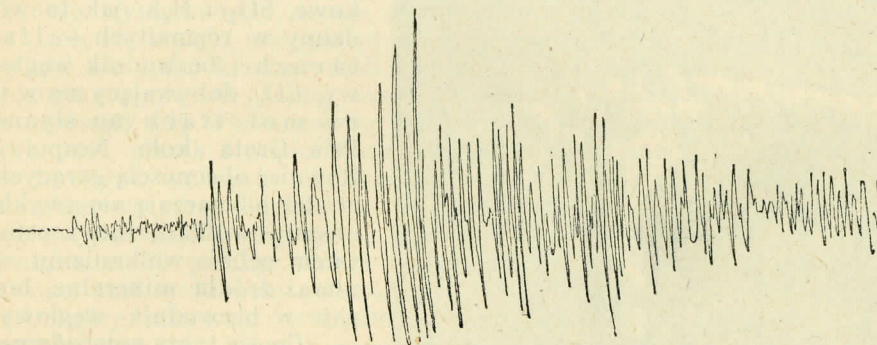
Do jakich rozmiarów może dochodzić to zjawisko, daje o tem pojęcie trzęsienie lizbońskie w roku 1755, które objęło około 300.000 mil kwadratowych powierzchni, burząc Lizbonę i siejąc spustoszenie w całej Portugalji, z niedawnych zaś — trzęsienie w St. Francisco w r. 1906 i mesyńskie z r. 1908, które piękne i ludne miasta zamieniły w kupę gruzów, grzebiąc pod nimi tysiące mieszkańców. Wszystkie te zdarzenia nie dorównują jednak strasznej katastrofie, która nawiedziła Indie Wschodnie 12 czerwca 1897 roku. Fale seismiczne dały się wtedy odczuć na przestrzeni 3,120.000 km<sup>2</sup>, a w obrębie 400.000 km<sup>2</sup> dokoła wyżyny Shillong w prowincji Assam (środek trzęsienia) żaden budynek mu-

<sup>1)</sup> seismós (gr.), trzęsienie ziemi.

rowany nie ocalał. Ziemia pękała, obrywające się i obsuwające skały tamowały rzeki, a w niektórych miejscach stwierdzono, że teren podniósł się 11 m do góry, gdzie indziej znowu zmieniło się położenie poszczególnych punktów o kilka metrów w kierunku poziomym.

Jeżeli fale seismiczne z odpowiednią siłą udzielą się morzu, to zwiększa się okropność zniszczenia, gdyż następuje nagły i gwałtowny zalew wybrzeży.

Specjalne, bardzo czułe przyrządy, zwane „seismografami”, notują najlżejsze drgania seismiczne. Badanie rysunku, który otrzymuje się w ten sposób („seismogram” ryc. 98), prowadzi do ogólnie bardzo interesujących wniosków, np. co do pewnych własności wnętrza ziemi; pozwala przytem określać oddalenie miejsca obserwacji od środka trzęsienia i t. p.



Ryc. 98. Seismogram trzęsienia ziemi w Mesynie 28 grudnia r. 1908, zanotowany w stacji seismicznej w Strassburgu.

**Pytania.** 1. Podczas mesyńskiego trzęsienia ziemi sąsiednia Etna znajdowała się w spokoju; czego to dowodzi? 2. Jaki kraj znasz we wschodniej Azji, odznaczający się tak samo, jak Włochy południowe, nadzwyczaj częstymi trzęsieniami ziemi i wulkanizmem bardzo wybitnym? 3. Czem wytłumaczysz rzadkość trzęsień w Rzeczypospolitej, zwłaszcza na jej obszarach środkowych i wschodnich?

## IX. O wulkanach i zjawiskach wulkanicznych.

**Pytania.** 1. Gdzie znajdują się wulkany w rowie tektonicznym? Czy możesz w tem dopatrywać się związku między zjawiskiem tektonicznym a wulkanizmem? 2. Jak tłumaczysz charakterem tektonicznym kraju zupełny brak zjawisk wulkanicznych na obszarze Rosji europejskiej? 3. Gdzie w Polsce znajdują się skały wulkaniczne, dowodzące, że zachodziły tam zjawiska wybuchowe w minionych okresach geologicznych?

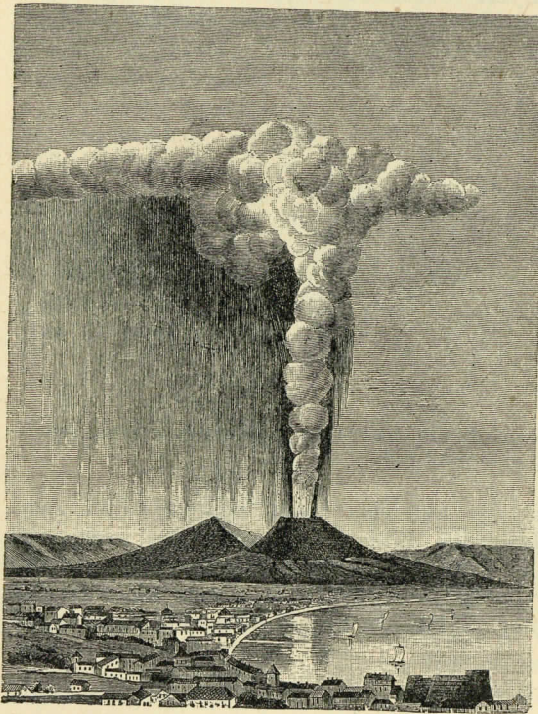
Miejsca, z których od czasu do czasu dobywają się z głębi ziemi na powierzchnię lawy, rozmaite gazy i t. p., nazywamy *wulkanami* (jeżeli są na dnie morza — podmorskimi).

Najczęściej są to wzniesienia postaci stożkowej, a bardzo rozmaitej wysokości (ryc. 99). Lawa wypływa z nich „kanałem wybuchowym” (por. ryc. 102), którego ujście tworzy t. zw. „krater”. Wulkany czynne widzimy w Europie na morzu Śródziemnym i na jego wybrzeżach, tu-

dzień w Islandji; do pierwszych należą Wezuwjuś, Etna, Stromboli i Volcano (w grupie wysp Liparyjskich na płn. od Sycylii), tudzież wulkany grupy Santoryn w Cykladach na morzu Egejskiem.

Wulkany powstają często tam, gdzie w skorupie ziemskiej wytworzyły się np. jakieś pęknięcia w związku z ruchami, które litosfera może wykonywać.

W wielu okolicach na kuli ziemskiej znajdują się t. zw. wulkany wygasłe (we Francji środkowej na wyżynie Auvergne, w Niemczech na wyżynie Ejfelskiej nad Renem i t. d.), które, jak daleko sięga w przeszłość pamięć ludzka, nigdy nie były czynne (ryc. 114). W miejscach



Ryc. 99. Wybuch Wezuwjuś. Na lewo od dzisiejszego stożka z kraterem resztki ścian wielkiego krateru dawnego, t. zw. „Somma“.

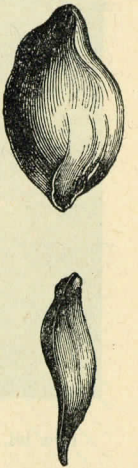
tego rodzaju, po ustaniu wybuchów, wydzielają się jednak długo jeszcze gazy siarkowe,  $SO_2$  i  $H_2S$ , jak to widzimy w rozmaitych solfatarach i bezwodnik węglowy,  $CO_2$ , dobywający się w t. zw. mofettach (np. słynna Psia Grota koło Neapolu). Również obecnością gorących źródeł odznaczają się zwykle obszary wulkaniczne, a ostatniem echem wulkanizmu są nieraz źródła mineralne, bogate w bezwodnik węglowy. Co się tyczy geograficznego rozmieszczenia wulkanów, to łatwo się przekonać, że zwykle ciągną się one szeregami wzdłuż wybrzeży kontynentów, na stałym lądzie lub na wyspach. Widzimy je w znacznej ilości na zachodnim brzegu Ameryki, zwłaszcza środkowej i południowej, dalej na Aleutach, Kamczatce, Kurylach, w Japonji i na Filipinach, a więc wzdłuż całych wschodnich wybrzeży Azji. Wyspy Sumatra, Jawa i inne w archipelagu Sundajskim, Antylle i t. d. posiadają także całe szeregi czynnych wulkanów. Brzegi mórz i oceanów przedstawiają bowiem zwykle kierunki, wzdłuż których, nieraz w przeszłości niedalekiej, obniżyły się znaczne płyty skorupy ziemskiej, tworząc w ten sposób baseny morskie. I tak np. morze Egejskie powstało stosunkowo bardzo niedawno skutkiem zapadnięcia się lądu stałego, łączącego dzisiejszy półwysp bałkański z Małą Azją; wiąże się z tem powstanie wulkanów w grupie wysp Santoryn, należącej do południowych Cykladów. Podobnem „zapadliskiem kotlinowem“ jest także morze Tyrreńskie, a Wezuwjuś i inne wulkany w okolicy Neapolu (Pola Flegrejskie), wulkany Liparyjskie i Etna wskazują jakby na świeże jeszcze i niezupełnie zarosłe blizny w tej części skorupy ziemskiej.

Wielu okolicach na kuli ziemskiej znajdują się t. zw. wulkany wygasłe (we Francji środkowej na wyżynie Auvergne, w Niemczech na wyżynie Ejfelskiej nad Renem i t. d.), które, jak daleko sięga w przeszłość pamięć ludzka, nigdy nie były czynne (ryc. 114). W miejscach tego rodzaju, po ustaniu wybuchów, wydzielają się jednak długo jeszcze gazy siarkowe,  $SO_2$  i  $H_2S$ , jak to widzimy w rozmaitych solfatarach i bezwodnik węglowy,  $CO_2$ , dobywający się w t. zw. mofettach (np. słynna Psia Grota koło Neapolu). Również obecnością gorących źródeł odznaczają się zwykle obszary wulkaniczne, a ostatniem echem wulkanizmu są nieraz źródła mineralne, bogate w bezwodnik węglowy.

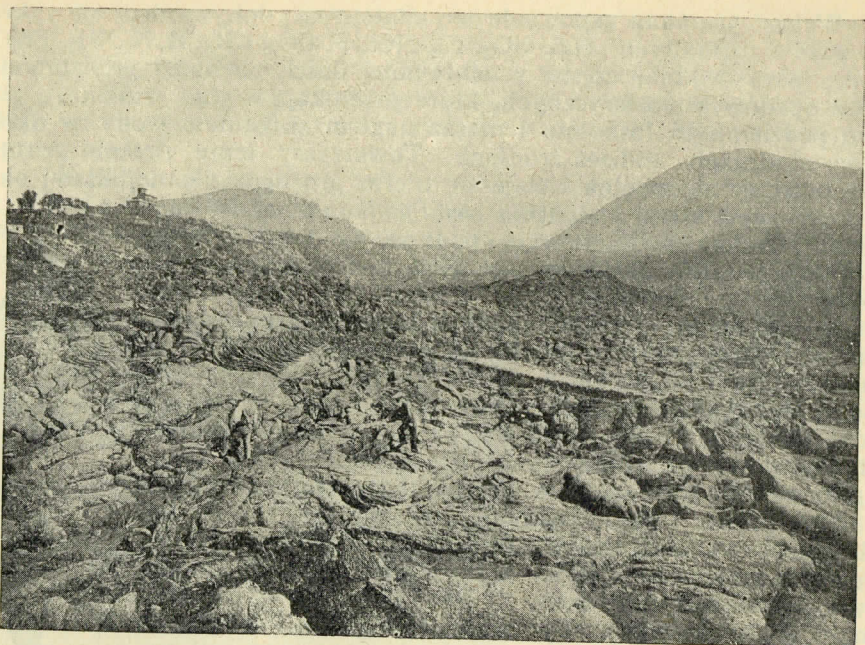
Co się tyczy geograficznego rozmieszczenia wulkanów, to łatwo się przekonać, że zwykle ciągną się one szeregami wzdłuż wybrzeży kontynentów, na stałym lądzie lub na wyspach. Widzimy je w znacznej ilości na zachodnim brzegu Ameryki, zwłaszcza środkowej i południowej, dalej na Aleutach, Kamczatce, Kurylach, w Japonji i na Filipinach, a więc wzdłuż całych wschodnich wybrzeży Azji. Wyspy Sumatra, Jawa i inne w archipelagu Sun-

Wybuch wulkanu zapowiada się silniejszym dobywaniem się z krateru gazów rozmaitych ( $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $Cl$ ,  $HCl$ ,  $F$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H$ ,  $N$ ,  $NH_3$ ,  $Fe_2Cl_6$  i t. d.; para wodna, często w olbrzymiej ilości, pochodzi prawdopodobnie z opadów atmosferycznych, które przenikają w głąb wulkanu), głuchym podziemnym łoskotem i nieraz nagłym znikaniem wody w okolicznych studniach, tudzież źródłach. Towarzyszy temu drzenie gruntu, które potęguje się zwolna i staje się nieraz groźnym dla najbliższej okolicy trzęsieniem ziemi (*trzęsienia ziemi wulkaniczne*). Równocześnie kanałem wybuchowym podnosi się zwolna lava, pędzona prężnością gazów w niej zawartych, ciśnieniem pokładów skorupy ziemskiej i t. p. Posiada ona temperaturę w chwili wybuchu przeszło  $1000^{\circ}C$ . Gazy, które lava zawiera w bardzo znacznej ilości, ciągle eksplodując w głębi kanału wybuchowego, torują w ten sposób drogę dla dobywającej się z głębi roztopionej masy wybuchowej. Eksplozje gazów nie tylko kruszą wszelkie zapory, lecz powodują także rozbryzgiwanie się samej lawy na drobne części, które z ogromną siłą wyrzucone w powietrze tworzą bomby (por. ryc. 100), piasek i popiół wulkaniczny. Czasem towarzyszy wybuchowi wulkanu tak znaczna ilość popiołów, iż, wyrzucone w górę, dostają się na znaczną odległość i mogą zasypać nawet całe osady i miasta (Pompej i Herculanium w r. 79 po Chr.). Pył wulkaniczny wraz z gazami tworzy nad wulkanem podczas wybuchu jakby słup olbrzymi, który nazywają w okolicy Wezuwjuśa pinją, gdyż, rozkładając się u szczytu, przypomina kształtem pewien gatunek sosny tej nazwy, pospolity we Włoszech. Z chmur tej wypadają pioruny, a ulewne deszcze, które powstają skutkiem skroplenia się pary i porywają z powietrza mnóstwo popiołu wulkanicznego, dają początek nieraz całym potokom wulkanicznego błota i szlamu. Wreszcie pod naporem mas wybuchowych dostaje się magma do krateru, często przychodzi równocześnie do rozdarcia ścian wulkanu i tworzy się jeden lub więcej t. zw. „kraterów pasorzytnych“ i lava, przepojona gazami dobywa się na powierzchnię. Tworzy ona niekiedy strumienie lawowe długości kilkunastu i więcej kilometrów (ryc. 101).

Nauka zapisała liczne wybuchy wulkanów, które stały się prawdziwymi katastrofami dla człowieka. Takim był wybuch Wezuwjuśa w r. 79 po Chr., który między innymi zasypał popiołem wulkanicznym dwa duże i piękne miasta, Pompej i Herculanium, przyprawiając o śmierć wiele ludzi. Bez porównania więcej ofiar ludzkich spowodował wybuch wulkanu Gunung Gelungung na Jawie w r. 1822. Wyrzucił on tak wiele popiołu, wody gorącej i szlamu wulkanicznego, że całą ludną i żyzną okolicę z licznymi osadami i mieszkańcami pokrył warstwą mułu grubą na 10—15 m. Wybuch wulkanu Krakatau w cieśninie sundajskiej w roku 1883 był rodzajem nagłej i gwałtownej eksplozji, która wysadziła w powietrze większą część sporej wyspki. Gwałtowny huk, który temu towarzyszył, było słychać dokoła w promieniu 3.400 km, a olbrzymie fale morza, wywołane wybuchem, wysokości 30 m, zalały okolice przybrzeżne sąsiednich wysp, niszcząc wszystko doszczętnie; zginęło wtedy około 40.000 ludzi. Popiół wulkaniczny, wyrzucony w górę do wysokości 40 km, pokrył 20.000 mil kwadratowych powierzchni, a unosząc się jeszcze przez wiele miesięcy po wybuchu w bardzo znacznej wysokości,



Ryc. 100. Bomba wulkaniczna (widziana z dwóch stron), która wyrzucona w powietrze jeszcze w stanie półciekłym uległa wyraźnemu wyciągnięciu i skróceniu.

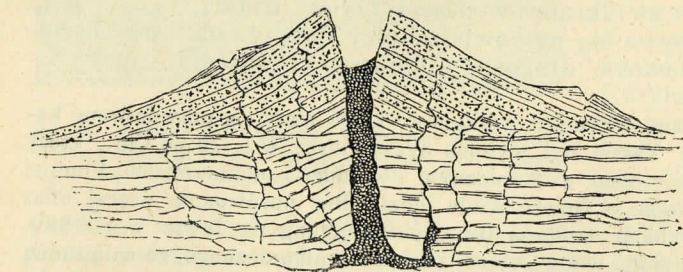


Ryc. 101. Strumień skrzepłej lawy pod obserwatorium na Wezuwjuszu. (Fotogr. Brogi).

wywołał w Azji, Afryce i Europie niezwykle zorze, towarzyszące zachodom słońca. Wybuch wulkanu Mont Pelée na Martynice w r. 1902 zniszczył miasto St. Pierre, wraz z ludnością trzydziestotysięczną, prawie w mgnieniu oka, zabijając wszystko i paląc olbrzymią masą gazów trujących o bardzo wysokiej temperaturze.

Z wyrzuconych w ten sposób popiołów i z lawy sam wulkan buduje sobie stożkową górę, z kraterem na szczycie (por. ryc. 102). Góry

tego rodzaju są to „wulkany tufowe” (typ Wezuwjusza; tufy powstają — jak wiemy — z popiołów wulkanicznych). Czasem jednak rzadka lava, pozbawiona gazów, nie rozpyla się w popiół wulkaniczny i, będąc bardzo ciekłą, rozlewa się szeroko, tworząc w ten sposób sama tarczowe,



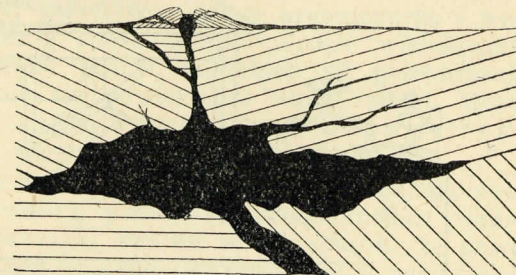
Ryc. 102. Wulkan w przekroju, z kanałem wybuchowym, wypełnionym lawą, pośrodku; nachylone warstwy kropkowane, które tworzą wzniesienie wulkanu, są złożone z materiału wyrzuconego podczas wybuchów; na stokach „kratery pasorzytne”.

wate, szerokie i stosunkowo płaskie wyniosłości z kraterem na szczycie; powstaje przytem jakby spore jezioro lawowe, wypełniające krater wulkanu. Są to t. zw. „wulkany lawowe”, a klasycznym przykładem ich wulkan Kilauea na wyspach Hawajskich (stąd nazywają je także

wulkanami „typu hawajskiego”). Jeżeli lava dobywa się nie jednym kraterem, ale całą szczeliną, to może rozlewać się na przestrzeni wielu setek, a nawet tysięcy kilometrów kwadratowych, dając początek olbrzymim pokrywom i płytom wybuchowym. Odrębny typ wulkanów przedstawiają wreszcie „wulkany gazowe”, powstające skutkiem jednorazowego wybuchu gazów, bez lawy i bez tufów w pokładzie. Skorupa ziemska ulega w takim razie jakby przestrzeleniu przez gazy o bardzo wysokiej temperaturze i pod ogromnym ciśnieniem, a na jej powierzchni powstają okrągłe zagłębienia, niekiedy o średnicy nawet kilkuset metrów, które, wypełnione wodą, tworzą charakterystyczne jeziora. Na wyżynie Ejfelskiej noszą one nazwę „marów”, której często używają dla całego typu wulkanów tego rodzaju.

Wulkany podmorskie mogą dawać początek t. zw. wyspom wulkanicznym, które powstają z produktów wybuchowych, gromadzących się na dnie morza aż do wynurzenia się miejsca ponad poziom wody. Należą tu wyspy Liparyjskie, Św. Helena, Ascension i inne.

Oczywiście wulkany czerpią masę wybuchową, zwaną magmą, z głębi ziemi. Przypuszczają jednak, że dobywa się ona nie bezpośrednio z samej pirosfery, ale z oddzielnych ognisk płytszych, zwanych plutonicznymi (ryc. 103); są one zaopatrywane przez zbiorniki, znajdujące się głębiej, z których każdy może zasilać znaczną ilość ognisk plutonicznych i wulkanów. W tem przyczyna, że wulkany, nawet znajdujące się blisko, o ile łączą się z głębszemi ośrodkami oddzielnymi, okazują zupełną niezależność w swej czynności, a czasami, po wyczerpaniu się lub wystygnięciu ogniska zasilającego, przechodzą w stan wulkanów wygasłych.



Ryc. 103. Ognisko plutoniczne w związku z wulkanem. (Według Rinnego).

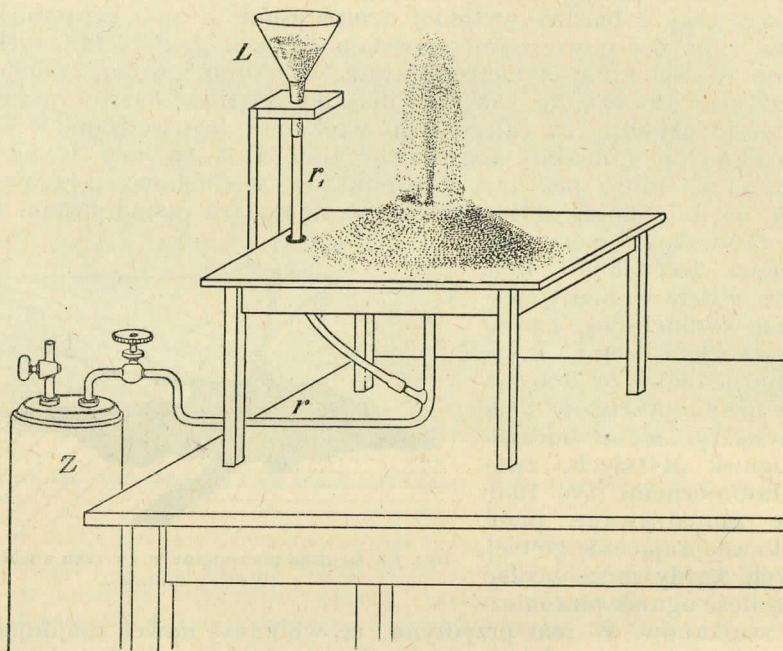
Dzisiejsze poglądy na budowę i tworzenie się wulkanów kształtowały się zwolna w ciągu ubiegłego stulecia. Werner utrzymywał wraz z całą szkołą neptunistów, że wulkany powstają skutkiem procesów miejscowych w skorupie ziemskiej, jak pożary pokładów węgla kamiennego i t. p. Przeciw takim teorjom występował jednak plutoniści, przypisując zjawiska wulkaniczne bezpośredniemu działaniu pirosfery. Poglądy ich zwyciężyły ostatecznie, kiedy w początkach XIX stulecia znalazły znakomitych obrońców w dwu uczniach Wernera — Buchu i Humbolcie<sup>1)</sup>. Ale jak od zapatrywań dzisiejszych odnieśli nawet plutoniści, widzimy w tem, że dopatrywali się w wulkanach miejsce skorupy ziemskiej, podniesionych działaniem mechanicznym lawy wybuchowej i widzieli w nich jakby klapy bezpieczeństwa przeciw trzęsieniom ziemi.

**Doświadczenia i pytania.** 1. Pewne zjawiska wulkaniczne, a zwłaszcza tworzenie się wulkanu tufowego można dobrze pokazać doświadczeniem. Robi się to w ten sposób (por. ryc. 104), że przy pomocy jakiegoś gazu bardzo

<sup>1)</sup> Por. str. 4, uw.; był to jeden z najznakomitszych badaczy przyrody; wiele podróżował (Ameryka połudn., Syberja i t. d.); w Syberji był mu pomocny Tomasz Zan, który jako przyrodnik zajmował się przedewszystkiem geologią.



silnie zagęszczonego w odpowiednim naczyniu (z), wyrzuca się z rury drobny piasek prosto w górę; piasek, padając dokoła ujścia przewodu na podstawę, tworzy charakterystyczny stożek, kształtu wulkanów tufowych. Podstawą jest niski stołeczek, płytę jego przebija od spodu, dokładnie pionowo, rura, którą gaz wypuszczamy (r); drugim, nieco węższym przewodem (r<sub>1</sub>), sypie się do rury z lejka (L) piasek suchy, czysty, zupełnie pozbawiony pyłu. 2. Powstawanie



Ryc. 104. Doświadczenie, pokazujące tworzenie się wulkanu tufowego.

„wulkanów gazowych“ (marów) możemy pokazać innym doświadczeniem. W tym celu wycinamy na dnie drewnianej, płaskiej skrzyni kilka okrągłych zagłębień, średnicy około 1 cm, a głębokości mniej więcej 2 mm. Do każdego z nich wchodzi z dwóch stron cienkie sztabki mosiężne, które dają się połączyć z przewodami elektrycznymi. W zagłębienia wsypuje się około 1/2 g prochu strzelniczego, poczem skrzynkę wypełnia się aż po brzegi piaskiem, powierzchnię jego wyrównując na gładko. Jeżeli teraz proch zapalimy iskrą elektryczną, powstają skutkiem eksplozji na powierzchni piasku charakterystyczne, płaskie lejki z niskim wałem na obwodzie, które uderzająco przypominają „mary“ wyżyny Ejfelskiej i inne. 3. Jak wytłumaczysz obecność wielkich mas skał wybuchowych wzdłuż południowych stoków łańcucha karpackiego. 4. Jaki zachodzi stosunek młodych gór pasmowych do tych wybrzeży morskich, które odznaczają się wulkanizmem (np. wybrzeża oceanu Spokojnego), a jak przedstawia się na wybrzeżach nie wulkanicznych (np. wybrzeża atlantyckie Europy)? 5. Jaki jest stopień geotermiczny w wielu okolicach Japonii? Czy można dopatrywać się łączności między wielkością tego stopnia i charakterem wulkanicznym okolicy? Jak ten związek będziesz tłumaczył? 6. Gdzie w Polsce znajdują się szczawy w sąsiedztwie większych mas skał wybuchowych? Jakie to są skały i jak należy tłumaczyć związek między obecnością takich wód mineralnych z jednej strony, a skał wulkanicznych z drugiej?

## X. Ukształtowanie powierzchni ziemi. (Geomorfologia <sup>1)</sup>).

### 1. Powstanie form.

**Pytania.** 1. Jakie znasz czynniki geologiczne, które działają kształtującą na powierzchnię naszej ziemi i w jaki sposób to robią? 2. Co jest pierwotnym źródłem energii, potrzebnej do ciągłego krążenia wody i powodującej prądy w atmosferze? Gdzie znajdujemy przyczynę zjawiska przyptyków i odpływów w morzu? Jaki jest główny warunek istnienia świata organicznego na ziemi? Gdzie trzeba szukać przyczyny wulkanizmu, ruchów litosfery i zjawisk z tem związanych? 3. Czy w ubiegłych czasach mogły istnieć czynniki geologiczne w istocie swej inne, niż dzisiaj, a siły obecnie działające czy dawniej mogły pracować zasadniczo odmiennie? 4. Czy poszczególny wybuch wulkanu, gwałtowne trzęsienie ziemi lub wielki wylew rzeki mogą wpłynąć decydująco na kształtowanie się powierzchni ziemi? Czy postępy erozji i denudacji w ciągu życia jednego pokolenia dają się bezpośrednio zauważyć w rzeźbie okolicy?

Omawiając działanie wody, powietrza, świata organicznego i wnętrza ziemi na jej skorupę, mieliśmy sposobność stwierdzić wielokrotnie, że jednym z głównych rezultatów pracy wszystkich sił przeobrażających litosferę, jest kształtowanie się powierzchni naszej ziemi. Można te siły podzielić na dwie grupy: siły wewnętrzne i zewnętrzne. Obie wpływają kształtującą na skorupę ziemską, ale odmiennie.

Siły wewnętrzne, zwane w ten sposób dlatego, że ich siedlisko znajduje się we wnętrzu ziemi, wywołują przede wszystkim różnice wzniesienia, działając czyto jako wulkanizm, czy też w ten sposób, że powodują trzęsienia ziemi, zjawiska orogeniczne (górotwórcze) i ruchy kontynentalne.

Siły zaś zewnętrzne (woda, powietrze, świat organiczny), mające swe źródło poza skorupą ziemską, mianowicie w słońcu jako źródle ciepła i światła, dążą w ostatecznym swym celu do zupełnego wyrównania i obniżenia powierzchni ziemi, chociaż niektóre w początkowych okresach działania nawet powiększają nierówności. Taką podwójną rolę odgrywa erozja, podczas gdy wietrzenie, denudacja i akumulacja pracują wytrwale tylko w jednym kierunku.

Pod działaniem tych sił ziemia przeobraża się ciągle w swoim wyglądzie powierzchniowym, aczkolwiek zmiany postępują naogół bardzo powolnie, tak że trudno je zauważyć w ciągu krótkiego okresu życia człowieka. I dlatego dzisiejszy obraz ukształtowania skorupy ziemskiej wprawdzie przedstawia tylko jedną, bardzo krótką fazę rozwoju, odpowiadającą czasom obecnym, jednak odzwierciedla i dawne przeżycia. To też wszelkie formy trzeba uważać za wypadkowe długotrwałego działania całego zespołu sił, tak wewnętrznych, jak zewnętrznych.

Stała skorupa ziemską, kształtującą się pod działaniem sił zarówno jednych, jak i drugich, wykazuje na swej powierzchni wielkie bogactwo form, zaznaczające się w rozmaity sposób.

**Pytania.** 1. Jakie rozróżniasz formy główne na powierzchni skorupy ziemskiej? 2. Co nazywamy rozwojem poziomym i pionowym kontynentów?

<sup>1)</sup> ge (gr.), ziemia; morfé (gr.), kształt, postać; lógos (gr.), słowo, nauka.

## 2. O ukształtowaniu poziomem lądu.

### a) Wiadomości ogólne.

**Pytania.** 1. Jaki jest stosunek powierzchni lądów do powierzchni wód?  
2. Którą półkulę nazywamy morską?

Na nieprzerwanym przestworzu oceanów rozłożyły się masy lądowe, rozdzielone na większe i mniejsze obszary suchej powierzchni czyli na części świata (kontynenty) i wyspy.

Rozmiary kontynentów przedstawiają się, jak następuje:

Część świata	Obszar w milionach km <sup>2</sup>	
	bez wysp	z wyspami
Azja . . . . .	41.5	44.2
Afryka . . . . .	29.2	29.8
Ameryka Północna . . . . .	20.1	24.2
Ameryka Południowa . . . . .	17.6	17.7
Antarktyda . . . . .	?	14.0 (?)
Europa . . . . .	9.3	10.0
Australja . . . . .	7.6	9.0

W rozmieszczeniu lądów nie da się uchwycić żadna prawidłowość. W trzech miejscach na ziemi występują oddzielne skupienia mas lądowych: największe na półkuli wschodniej, mniejsze na półkuli zachodniej i najmniejsze dokoła bieguna południowego. Na całej półkuli wschodniej mieści się 35% lądu, zatem prawie dwa razy więcej od zachodniej (19%). Podobnie też przeciwstawia się półkula północna (40%) południowej, która posiada 17% powierzchni suchej. Tak więc przeważa część lądu gromadzi się na północno-wschodniej półkuli (półkula lądowa), gdzie jednak przeważa ląd jedynie w pasie od 40—70° szerokości północnej.

Zarysy części świata wykazują pomimo zasadniczych odrębności pewne podobieństwa (*homologie geograficzne*). Najbardziej uderzają następujące z nich. Lądy, mieszczące się na półkuli północnej, posiadają bogatsze ukształtowanie poziome od lądów południowych. Europa, Azja i Ameryka Północna rozszczepiają się na południu na trzy wielkie półwyspy. Jak Azję z Afryką łączy między morze Sueskie, tak samo Ameryka Północna jest związana z Ameryką Południową między morzem Tehuantepec—Panama. Północne części lądów rozszerzają się prawie wszędzie, a południowe przybierają kształt klina (najwybitniej Ameryka Południowa).

**Pytanie.** O ile uzasadnione jest pojęcie Eurazji dla Azji i Europy jako całości?

### b) Półwyspy i wyspy.

**Pytania.** 1. Określ pojęcie półwyspu i podaj kilka przykładów, objaśniających. 2. Wymień części świata w porządku według ilości półwyspów. 3. Co nazywamy wyspami i jakie znamy ich największe ugrupowania? 4. W jaki sposób powstają wyspy? Wskaż bliżej, jak pewne procesy geologiczne mogą prowadzić do powstawania wysp.

Ogólny zarys lądów zależy w wielkiej mierze od ilości, kształtu i wielkości ich półwyspów i wysp.

Widzieliśmy, że powstawanie półwyspów może odbywać się w dwójaki sposób: 1) przez odgałęzienia lądu, spowodowane głębszym wdarciem się morza i zalaniem niższych miejsc lub 2) przez zrośnięcie się wyspy z pobliskim lądem, gdy cieśnina, oddzielająca wyspę od lądu, ule-

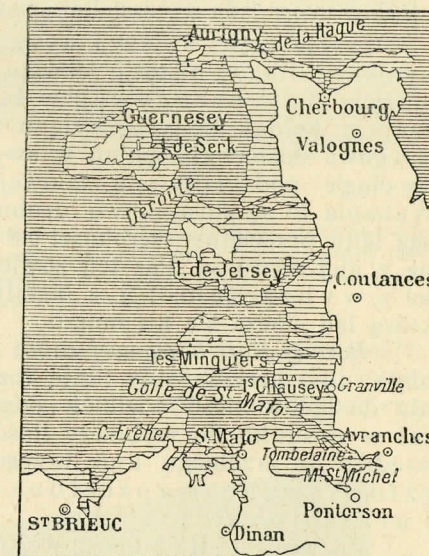
gnie zamuleniu lub dno jej zostanie podniesione (tu zaliczyć można także tworzenie się półwyspów takich, jak mierzeje).

W pierwszym wypadku półwyspy nie są niczym innym, jak tylko przedłużeniem lądu, odznaczają się przeto w porównaniu z nim podobieństwem budowy; w wypadku drugim mogą mieć charakter zupełnie odmienny aniżeli ląd, do którego przynależą. Co do wielkości i kształtu półwyspów, jako też ich stosunku do mas lądowych panuje na ziemi wielka różnorodność. Największe półwyspy ma Azja (półwysep Arabski zajmuje przestrzeń czwartej części Europy), ale najbogatszą w nie jest Europa. Jedne łączą się z lądem mniej lub więcej szeroką podstawą, inne wąskimi między morzem. Dla tych ostatnich uzasadniona jest nazwa „prawie-wysp”, tembardziej, że prędzej czy później takie półwyspy zamieniają się na wyspy, gdy ich wąskie połączenie zostanie przerwane drogą sztuczną lub naturalną.

Te zmiany, jakim półwyspy mogą podlegać, wyjaśniają nam, w jaki sposób da się wytłumaczyć powstanie wysp niektórych. W wielu bowiem wypadkach istnieją dowody niewątpliwe, że są one oderwanymi częściami sąsiednich lądów i to nie tylko naówczas, gdy widocznie leżą na szelfie, lecz nawet wtedy, kiedy oddziela je od cokołu lądowego większa głębina morska. Wyspy tego rodzaju (np. ryc. 105), a również takie, które są pozostałością zapadłych kontynentów całych lub ich wielkich części (Nowa Zelandja), nazywamy kontynentalnymi. Wiemy jednak, że mogą powstawać wyspy, które nigdy nie były częścią składową większej masy lądu, lecz wynurzyły się z dna morskiego skutkiem silnych wulkanicznych lub pracy koralowej (wyspy wulkaniczne i koralowe); nazywamy je dlatego pierwotnymi. Biorąc pod uwagę położenie względem lądu, dzielimy wyspy na przyładowe i oceaniczne.

Ten ostatni podział nie zawsze zgadza się z klasyfikacją genetyczną. Wyspy kontynentalne, choć przeważnie są przyładowymi, czasami leżą w większej odległości od lądu (np. Nowa Zelandja, wyspy Fidzi), a pierwotne, wprawdzie zazwyczaj oceaniczne, jednak znajdują się niekiedy w bezpośrednim pobliżu lądu stałego. Rzadko widzimy wyspy pojedynczo (np. Św. Heleny, Ascension), zwykle przedstawiają one zbiorowiska rozmaicie ugrupowane, np. jedna wielka wyspa w towarzystwie drobnych (Madagaskar i wyspy sąsiednie), dwie większe obok siebie (Nowa Ziemia) lub liczniejsze, czy to uszeregowane wzdłuż pewnej linii, tworząc łańcuch wysp, czy wreszcie bezładnie nagromadzone jako archipeląg.

Wielkość wysp waha się w rozległych granicach. Pierwsze miejsce zajmuje Grenlandja o przestrzeni 2,200,000 km<sup>2</sup>, a drugie już znacznie mniejsza Nowa Gwinea (785,000 km<sup>2</sup>). Wszystkie wyspy większe, są po-



Ryc. 105. Wyspy, które powstały już w czasach historycznych na wybrzeżach Normandji przez wdarcie się morza w głąb lądu. Poziome kreski rzadsze oznaczają dawne granice lądu suchego. (Z „La terre“).

chodzenia kontynentalnego, podczas gdy wyspy pierwotne przeciwnie odznaczają się prawie bez wyjątku małą powierzchnią, a przeważnie są znikomo drobne. Obszar, jaki zajmują wszystkie wyspy razem wzięte, z wyjątkiem Grenlandji, wynosi 8·3 milionów  $km^2$ .

**Pytania.** 1. Wymień kilka prawie-wysp. 2. Które ze znanych ci półwyspów powstały przez zrośnięcie, a które przez odgałęzienie? Na czym oprzesz się, chcąc to rozstrzygnąć? Czy znasz taki półwysep, o którym można powiedzieć i jedno i drugie? 3. Czy można odróżnić na mapie wyspy pochodzenia wulkanicznego od wysp koralowych?

### c) O rozwoju linii brzegowej i wybrzeży.

**Pytanie.** Jaka jest różnica między ukształtowaniem poziomem czyli rozczłonkowaniem lądu a ukształtowaniem poziomem czyli urzeźbieniem wybrzeży?

Zarysy części świata i wysp, tak samo jak ich budowa pionowa, są wynikiem długiej historii rozwoju. Główną rolę odgrywają w tym przesunięcia linii brzegowej, w której lądy stykają się z oblewającym je morzem. Jednak nie tylko w ciągu długich okresów w dziejach ziemi linja brzegowa doznawała zmian w swym przebiegu, lecz także obecnie waha się ciągle pod wpływem falowania, przypływów i odpływów morza. Wahania te są stosunkowo drobne, ale w każdym razie powodują, że pas lądu przeciętnej szerokości 0·8  $km$  raz zanurza się pod wodę, to znowu się z niej wynurza. Pas ten zowie się brzegiem, a pozostaje w łączności z wybrzeżem, t. j. z łagodniejszą lub bardziej stromą pochyłością, którą ląd stacza się ku morzu.

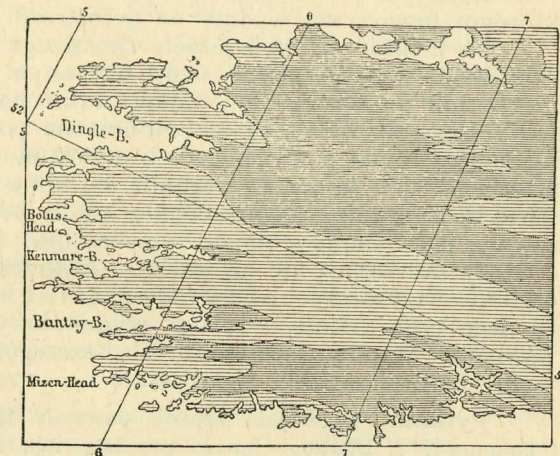
Rozwój linii brzegowej może być albo jednostajny (linja nierozwinięta) albo urozmaicony (linja rozwinięta), a miarą tego jest w odniesieniu do lądów ilość wielkich odgałęzień lądowych i odnóg morskich, zaś w stosunku do wybrzeży ilość drobnych półwyspów i zatok. Odpowiednio do przebiegu linii brzegowej rozróżniamy tedy lądy nierozczłonkowane i rozczłonkowane, a wybrzeża jednostajne i urzeźbione.

Rozwinięcie linii brzegowej da się wyrazić liczbami. Jeden ze sposobów polega na tem, że porównujemy rzeczywistą długość tej linii na danym lądzie z obwodem koła o równej z owym lądem powierzchni. Ponieważ obwód koła przedstawia najkrótszą ze wszystkich linii, jakimi można zamknąć każdą powierzchnię, przeto stosunek obydwóch długości będzie wyrazem rozwinięcia linii brzegowej. Pod tym względem układają się części świata w następującym porządku: Ameryka Północna (1 : 4·9), Europa (1 : 3·5), Azja (1 : 3·2), Australja (1 : 2), Ameryka Południowa (1 : 2), Afryka (1 : 1·8).

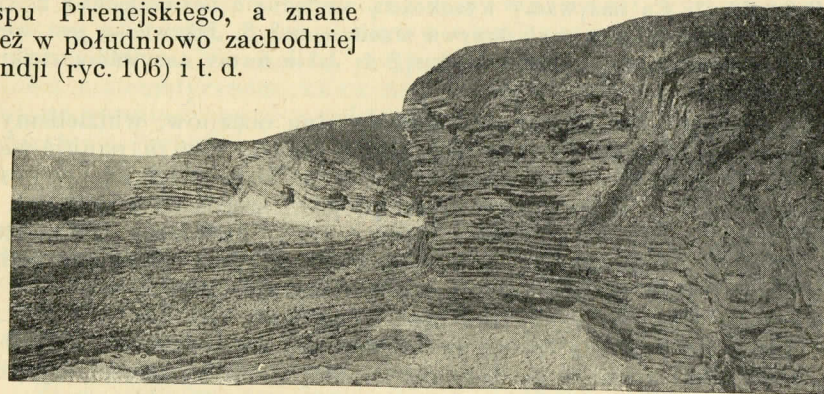
Nie tyle o rozwoju linii brzegowej, ile raczej o dostępności wnętrza lądów dają wyobrażenie linje równych odległości od morza, które łączą wszystkie punkty jednakowo od wybrzeży oddalone. Najdostępniejszą jest Europa, albowiem największa odległość jej wnętrza od brzegów morskich zaledwie przekracza 600  $km$ , podczas gdy najnieдоступniejszą jest Azja, gdyż wewnątrz jej leży w odległości od brzegów ponad 1800  $km$ . Te przeciwieństwa dwóch stykających się ze sobą lądów przejawiają się także w t. zw. średnich odległościach od wybrzeży. Wielkość ich wynosi dla Europy 350  $km$ , dla Azji 780  $km$  (Australja — 350  $km$ , Ameryka Północna — 440  $km$ , Ameryka Południowa — 540  $km$ , Afryka — 670  $km$ ).

Dostępność wnętrza lądu nie zależy wyłącznie od oddalenia morza, gdyż jeszcze zmniejsza lub potęguje ją jakość wybrzeża, a to: czy jest ono jednostajne lub urzeźbione, czy płaskie lub strome. Według tych cech rozróżniamy rozmaite typy wybrzeży, przyczem dodać należy, że ich charakter pozostaje w związku w pierwszym rzędzie z budową przyległego kraju, a dopiero później wchodzi w rachubę te wszelkie przeistoczenia, jakie dokonują się na tle walki morza z lądem. Sposób powstawania tych wybrzeży jest już nam naogół znany. Najbardziej charakterystyczne jest wybrzeże fjordowe, strome i bogato urzeźbione długimi a najczęściej wąskimi, rozgałęziającymi się zatokami, t. zw. fjordami.

Na wybrzeżach stromych spotyka się czasami liczne, wąskie zatoki, które całe wybrzeże jest jakby postrzępione. Są to t. zw. wybrzeża riasowe, które tworzą się, jak wiemy, tam, gdzie linja brzegowa nie biegnie równolegle, lecz skośnie do biegu warstw, tworzących pasy skał naprzemian mniej i więcej podatnych działaniu mechanicznemu fal morza. Wykształciły się one najtypowiej w Bretanii, w północno-zachodnim narożu półwyspu Pirenejskiego, a znane są też w południowo zachodniej Irlandji (ryc. 106) i t. d.



Ryc. 106. Wybrzeże riasowe południowej części zachodnich wybrzeży Irlandji. Rzadsze kreski oznaczają zwięzły piaskowiec dolno-dewoński, gęstsze — popękany i mało oporny wapień węglowy. (Z Kaysera).



Ryc. 107. Klifowe wybrzeże nad Atlantykiem w okolicy Biarritz, u stóp Pirenejów. (Z wydawnictwa Formes du relief terrestre).

Inny typ przedstawia wybrzeże klifowe<sup>1)</sup>, z francuska faleza, ze stromą, zwykle skalistą krawędzią, spadającą nie bezpośrednio ku mo-

<sup>1)</sup> Nazwa angielska, pochodzenia amerykańskiego.

pośród form małych, jak i wielkich. Spotyka się je często, a różnią się między sobą i rozciągłością i wysokością bezwzględną swego położenia. Typowym przykładem jest tu nizina dolno-węgierska o średnicy blisko 800 km. Rzeki, wypływające z gór, które otaczają ją zewsząd, zasypały jezioro istniejące tu dawniej. Z innych większych równin tego rodzaju zasługują na wymienienie: wyżyna kastyljska, Tessalja, Aragonja, kotlina rzeki Kongo, wyżyna meksykańska. Dno jeziora przedstawia także zapadłość aralsko-kaspijska i Wielka Kotlina w Ameryce Północnej.

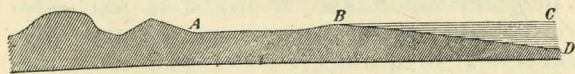
Większe rozmiary osiągnąć mogą równiny nadrzeczne. Powstają one tam, gdzie dolina się rozszerza, a spadek wody maleje; w górnym biegu rzek ograniczają się do mniejszych przestrzeni. Przykładem takich równin jest nizina górnořeńska, która powstała przez zasypanie trzeciorzędnego podłoża tej zapadłości żwirami i piaskami, przez Renaniesionami.

W dolnym biegu rzek zajmują równiny nadrzeczne wielkie nieraz obszary, a swoim wzniesieniem należą do nizin. Powierzchnia ich przedstawia lekko pochylone równie, odwodnione przez rzeki leniwie płynące. Akumulacja robi tu ciągłe postępy, gdyż rzeki przynoszą wiele osadów, tworząc często ławice lub podwyższając swe koryto. Każda powódź rozlewa się szeroko poza brzegi i pozostawia po sobie bagna w płaskich zakłęśłościach nizin.

Tego typu równiny ścielą się nad Dunajem poniżej przełomu Żelaznej Bramy, nad dolnym Jantsekiangiem, nad Amazonką i Missisipi poniżej dopływu Ohio.

Równiny nadrzeczne, które graniczą z morzem, a zatokowo wnikają w głąb lądu, można uważać albo za potężny utwór deltowy (równina Amazonki), albo za zasypaną zatokę lub t. p. Tu należy, jak wiemy, nizina lombardzka, prócz tego w Azji nizina chińska i hindostańska. Dowodzą tego potężnej miąższości aluwja rzeczne (co najmniej 200—300 m), które tworzą powierzchnię tych nizin.

Wzdłuż bardzo wielu wybrzeży rozpościerają się równiny pomorskie, tworząc płaszczyzny nieznacznie nad poziom morza wzniesione i łagodnie pochylone; często ograniczają się one tylko do wąskiego pasa. Budowa ich świadczy, że dawniej były dnem morskim i dopiero później uległy podniesieniu. Wy-



Ryc. 108. Przekrój przez nizinę nadmorską Stanów Zjednoczonych, A B, między oceanem Atlantyckim i Appalachami.

bitnym ich przykładem są równiny, które opasują Stany Zjednoczone od strony Atlantyku i zatoki Meksykańskiej w szerokości od 50 do 300 km (ryc. 108). Zresztą ta szerokość zwiększała się stale począwszy od perjodu trzeciorzędnego. Do tego typu równin należy nizina angielska, nizina między Apeninami i Adryatykiem, nizina północno-rosyjska i t. d. Dnem morskim była także w czasach trzeciorzędnych nizina niemiecka, która jednak doznała znacznych przeobrażeń głównie przez lodowiec skandynawski w dyluwjalnej epoce lodowej.

Pewne szczególnie równiny akumulacyjne mogą powstawać na obszarach bezodpływowych z klimatem suchym. Tu należą przedewszystkiem równiny, tworzące się skutkiem wypełnienia zakłęśłości materiałem naniesionym przez wiatry, a zatem piaskiem lub lessem. Zjawisko to widzimy w kotlinach środkowej Azji i na ogromnych przestrzeniach lesso-

wych w Chinach. Formy tego rodzaju nie mają wyglądu zupełnych równin, lecz płaskich kotlin (są to równiny nawiane).

Opisanym powyżej formom młodego wieku, których powstanie na drodze procesów akumulacyjnych zawsze odnosi się do mniej więcej niedawnej przeszłości, przeciwstawiamy równiny, nazywane płytami. Są to obszary zbudowane z warstw, osadzonych nieraz bardzo dawno, w czasach mezozoicznych i nawet paleozoicznych, które mimo wieku swego, mimo, że w tych długich okresach litosfera nasza gdzie indziej ulegała fałdowaniu, zachowały pierwotne ułożenie poziome. Dawny wiek geologiczny i mimo to mniej lub więcej poziome ułożenie warstw, tudzież najczęściej charakter wyżynny — to cechy równin tego rodzaju. Jednostajną i równą powierzchnię płyt urozmaicają rzeki swymi głęboko wrzynającymi się dolinami. W tych właśnie dolinach odsłaniają się poziomo leżące warstwy, które świadczą, jaka była przeszłość takiej krainy płytowej, jak nieraz ulegała ruchom w kierunku pionowym, to wynurzając się ponad poziom morza, to znowu na pewien czas skutkiem obniżenia się ulegając transgresji morskiej i zamieniając się w płaskie dno morza. Płyty nigdy nie są zatem dziełem jednego okresu geologicznego.

Najrozleglejsze równiny ziemi zalicza się do płyt. Pierwsze miejsce ze względu na swe olbrzymie rozmiary zajmuje płyta północno-afrykańska. Obejmuje ona całą Saharę z wyjątkiem gór, a dalszy jej ciąg, oddzielony podłużną zapadłością tektoniczną morza Czerwonego, można śledzić na półwyspie Arabskim i w Syrii. I w Afryce, położonej na południe od równika, spotyka się często wyżyny o płytowym ułożeniu warstw (wschodnio-afrykańska wyżyna jeziorna, płyta południowo-afrykańska). W Ameryce północnej rozpościera się stara płyta od gór Appalachów poza rzekę Missisipi, a do niej przytyka młodsza wiekiem, sięgająca aż po góry Skaliste. W Ameryce Południowej płytą jest wyżyna brazylijska. Taka sama równina zalega wewnątrz Australji. W Europie mamy rozległą płytę rosyjską, która jest jednak niziną, gdyż jej średnia wysokość nie osiąga nawet 200 m ponad poziom morza. Zajmuje ona obszar od zatoki Finskiej do morza Czarnego i od Wołgi do Polski, a jej zachodnią odnogę tworzy Podole; poziomo ułożone warstwy prawie wszystkich systemów geologicznych tylko wyjątkowo uległy na niej większym dyzlokacjom.

Drugi rodzaj równin powstaje przez denudację, gdyż jej ostatecznym celem jest zupełne zniesienie wszelkich nierówności, nawet gór bardzo wysokich; są to t. zw. *równiny denudacyjne*. Ponieważ proces wyrównywania odbywa się bardzo powoli, a więc w ciągu długich okresów czasu, dlatego równiny denudacyjne należą zawsze do form starszych. Ich cechą stanowi geograficzna jednostajność w połączeniu z geologiczną różnorodnością. Pomimo tej jednostajności równiny denudacyjne nie mogą nigdy być tak płaskie, jak akumulacyjne, gdyż na przeszkodzie temu stoi rozmaita twardość skał i nierównomierność czynników wyrównujących. To też równiny denudacyjne przybierają zwykle formy faliste.

Zależnie od czynnika, pod wpływem którego nastąpiło zrównanie, dzielą się równiny denudacyjne na dwa rodzaje: równiny pochodzenia rzeczno i morskiego. Pierwsze z nich, wytworzone na drodze rozmycia przez wody płynące, jako końcowy wynik pracy erozyjnej rzek, noszą nazwę prawiorówniny (penepleny). Takie same równiny mogą jednak powstać również pod działaniem fal morskich, które podmywają strome brzegi skaliste i o ile się ląd obniża, posuwają się, jak wiemy, w głąb kraju nieraz bardzo daleko; nazywamy je w takim razie abrazyj-

nemi. Są one rozpowszechnione wzdłuż wybrzeży kontynentów, a część ich, zanurzając się pod poziom morza, tworzy to, co nazywamy „szelfem“ albo „progiem lądowym“.

Przykłady równin powstałych przez zheblowanie wyniosłości mamy we wszystkich prawie częściach świata. Najbardziej typowa powierzchnia denudacyjna ściele się u wschodnich i południowych podnóży Appalachów, a zbudowana jest ze skał krystalicznych, stromo ułożonych. Odmiennie przedstawiają się stosunki w południowej Rosji, w Donieckim zagłębiu węglowym. Obszar sfałdowany uległ tam wyrównaniu, wytworzyła się przeto peneplena, którą przykryły następnie poziome warstwy młodszego wieku.

**Pytania i zadania.** 1. Jak tłumaczysz różnicę rzeźby równin nizinnych i wyżynnych? 2. Jakiemu losowi ulega czasami każda płyta? 3. Na czym oprzemy się, chcąc odróżnić denudacyjną równinę od równiny pochodzenia rzeczynego lub morskiego. 4. Jak możemy podzielić równiny ze względu na pokrywą roślinność? 5. Mapy nie okazują zwykle tak bezpośrednio rzeźby terenu, jak t. zw. *przekrój* albo *profil* wzdłuż linii odpowiednio dobranej. W każdym profilu rozróżniamy jego podstawę, t. j. linię, w której płaszczyzna przekroju przecina się z t. zw. poziomem porównawczym i linię profilu, która zamyka go od strony górnej, a powstaje przez przecięcie się płaszczyzny przekroju z powierzchnią terenu. Wybiera się na podstawę poziom najniższego punktu linii profilowej lub np. najbliższej pod nim warstwy (poziomnicy) stumetrowej, albo też poziom morza lub t. p. Przystępując do rysunku zaznacza się przedewszystkiem na mapie wszystkie punkty charakterystyczne dla przekroju, w których linja profilu załamuje się i t. p., przyczem korzysta się z kot<sup>1)</sup> i poziomnic zaznaczonych na mapie. Z kolei przenosi się te punkty, z uwzględnieniem obranej skali, na podstawę profilu, poczem w każdym z tych punktów wykreśla się prostopadłe do niej, odcinając na nich odpowiednie wysokości, albo w tej samej skali, co odległości poziome, albo częściej w skali większej, aby rzeźba terenu i t. d. mogła się dobrze i wyraźnie zaznaczyć (*przekrój przewyższony*). Następnie łączy się punkty na owych prostopadłych i w ten sposób otrzymuje się linię profilu. Wyrysuj według tych wskazówek, posługując się kartą z poziomnicami, profil przez jakąś okolicę Podola, który przecinałby jar Dniestru i jednego lub dwu jego dopływów z lewego brzegu, tak samo inny, przecinający parę dolin rzecznych na niżu polskim i trzeci, podobny, przez analogicznie przedstawiającą się okolicę wyżyny lubelskiej.

### c) Góry.

**Pytania.** 1. Na drodze jakich procesów geologicznych, znanych ci, góry mogą powstawać? 2. Co nazywamy podnóżem, zboczem i szczytem góry? 3. Jakie kształty najczęściej okazują góry poszczególne? 4. Co to jest grzbiet górski? 5. Jakie znasz sposoby oznaczania wysokości gór oddzielnych? 6. Jak się oznacza średnią wysokość grzbietu górskiego? 7. Jaka jest różnica między t. zw. górami łańcuchowymi i masowymi? 8. Czemu różnią się góry od wyżyn?

Góry znajdują się najczęściej gromadnie i skutkiem tego zajmują nieraz bardzo rozległe przestrzenie ziemi. W układzie ich panuje wielka różnorodność co do *kształtów* całości: tworzą węzły, gniazda lub grupy górskie, albo ciągną się długim szeregiem jako łańcuchy lub kilku ró-

<sup>1)</sup> kota = cote (fr.), znak, liczba, oznaczająca wzniesienie danego punktu n. p. m.

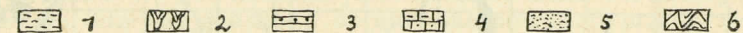
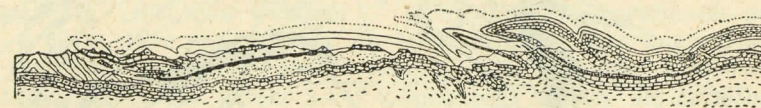
wnoległymi łańcuchami jako pasma górskie. Przeważna część systemów górskich przedstawia mieszaninę gniazd, łańcuchów o grzbietach pokrzyżowanych i odrośli ugrupowanych rozmaicie.

Większa jeszcze różnorodność przejawia się w kształtach gór poszczególnych, tak dalece, że każdy szczyt posiada właściwy sobie wygląd. Na to składa się przedewszystkiem budowa geologiczna i natężenie tych sił, które pracują wspólnie lub kolejno nad rzeźbą wszelkich wypukłości ziemskich. Tym samym przyczynom przypisać trzeba różnicę w wysokości gór. Według niej dzieli się góry na wysokie (alpejskie), średnie i niskie (pagórki, wzgórza). Podobnie jak między nizinami i wyżynami, nie da się i tutaj określić ogólnie ścisłej granicy zapomocą cyfr, a wartości wszelkie mogą mieć tylko znaczenie ograniczone.

Ze względu na sposób powstawania można przeprowadzić *podział gór* przedewszystkiem na fałdowe, płaszczowinowe i uskokowe, a dalej akumulacyjne i erozyjne.

*Góry fałdowe i płaszczowinowe* zawdzięczają swe powstanie sfałdowaniu się skorupy ziemskiej, spowodowanemu ciśnieniem działającym w kierunku poziomym.

*Góry fałdowe i płaszczowinowe* zawdzięczają swe powstanie sfałdowaniu się skorupy ziemskiej, spowodowanemu ciśnieniem działającym w kierunku poziomym. Poziomo ułożone warstwy uległy dyzlokacji i skutkiem tego utworzyły



Ryc. 109. Schematyczny obraz budowy płaszczowinowej Alp. (Wedł. Davisa-Brauna).  
1 — Skały krystaliczne; 2 — Skały paleozoiczne; 3 — Perm i trias; 4 — Jura i kreda; 5 — Paleogen; 6 — Neogen.

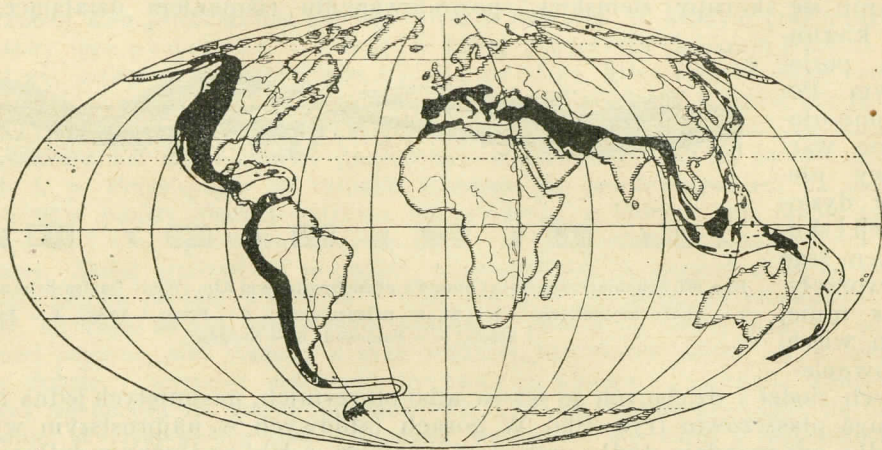
równoległych siodła i dzielących je łęków albo olbrzymich, nasuniętych jedna na drugą płaszczowin (ryc. 109). W górach fałdowych w najprostszym wypadku odpowiadają siodła grzbietom górskim, a łęki podłużnym dolinom. Ale stosunki takie dają się bardzo rzadko obserwować (Jura szwajcarska, ryc. 22). Pod wpływem sił zewnętrznych, których działanie jest o wiele szybsze, aniżeli sił górotwórczych (orogenicznych), może nastąpić zmiana stosunków w tym stopniu, że siodła utworzone przez skały miękkie, stają się dolinami, a z twardych skał zbudowane łęki wznoszą się w postaci grzbietów.

Góry fałdowe i płaszczowinowe posiadają często budowę zawikłaną, gdyż pod wpływem działania sił wewnętrznych układają się warstwy w fałdy nie tylko proste, lecz nadto nachylone lub leżące, a płaszczowiny fałdują się drugorzędnie, ulegają rozszczepieniu i t. p.; zawikłania w budowie potęgują się, gdy siłom fałdującym towarzyszą takie dyzlokacje, jak np. uskoki lub nasunięcia.

Występowanie gór fałdowych i płaszczowinowych jest ograniczone do pewnych stref ziemi, gdyż siła fałdująca w czasach późniejszych, po upływie pierwotnej ery dziejów geologicznych, nie wszędzie działała. Mamy zatem rozległe tbszary, które w ciągu długich okresów swej historii nie zostały nawet tknięte procesem fałdowania się, obok nich są inne, gdzie fałdowanie przejawiało się raz i przestało działać, ale nie brak i takich, gdzie zjawisko to powtarzało się częściej.

Młode góry fałdowe lub płaszczowinowe są ze względu na swe ugrupowanie górami łańcuchowymi i ciągną się zazwyczaj łukowato, rzadko tylko w linii prostej (Pireneje, Kaukaz). W ich przekroju poprzecznym można zauważyć niesymetryczność o tyle, że od strony zewnętrznej, zwykle wypukłej, ku której działały siły styczne, łuk górski obniża się powolniej, a natomiast od strony wewnętrznej, wklęsłej, opada stromo ku zapadłociom, leżącym u jego podnóży. Lecz od tej reguły zdarzają się wyjątki; dość wymienić Himalaje, których bardziej strome stoki są zwrócone nazewnątrz, ku nizinie hindostańskiej.

Najwięcej gór zawdzięcza swe istnienie wypiętrzeniu przez sfałdowanie lub powstanie płaszczowin. Prawie wszystkie, obecnie najznaczniejsze łańcuchy górskie tworzą razem dwa pasy. Jeden z nich, przedstawiający obramienie oceanu Spokojnego, ciągnie się wzdłuż zachodnich wybrzeży Ameryki, od Ziemi Ognistej aż do półwyspu Alaski, a następnie przez wyspy, leżące wzdłuż wschodnich wybrzeży Starego Świata. Do drugiego pasa,



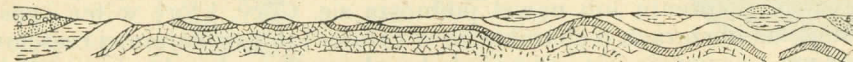
Ryc. 110. Rozmieszczenie młodych (trzeciorzędnych) gór łańcuchowych. (Według Davisa).

który posiada kierunek przeważnie równoleżnikowy, należą góry: Atlas, południowo-europejskie, małaozjatyckie, Tienszan, Himalaje i indochińskie. Góry te, spiętrzone w czasach stosunkowo niedawnych (w perjodzie trzeciorzędnym<sup>1)</sup>), wyróżniamy jako góry młode (ryc. 110).

Poza temi dwoma obszarami młodych wzniesień leżą góry stare, które uległy sfałdowaniu w dawniejszych okresach geologicznych. W wyglądzie ich przejawia się prócz czynników tektonicznych szczególnie wpływ długotrwałego działania sił zewnętrznych, denudacyjnych, które dążą do zniszczenia wszelkich wyniosłości. Dlatego to góry stare znacznie ustępują co do wysokości górom młodym, formy ich są łagodniejsze i zaokrąglone, a linje grzbietów odznaczają się jednostajnością, gdyż wystające szczyty zostały zrównane. Niektóre z gór starych zachowały charakter łańcuchowy pomimo swego długiego istnienia, np. Appalachy (zob. ryc. 111), Kuen-Lun, Ural, inne natomiast zatraciły pierwotny kie-

<sup>1)</sup> Porównaj tablicę w drugiej części książki z podziałem skał litosfery według wieku geologicznego.

runek podłużny, skutkiem zapadnięć, przesunięć i t. d. W ten sposób góry fałdowe czasami przybierają postać t. zw. gór masowych. Klasycznym ich przykładem są wzniesienia w Europie środkowej na północ od Alp, które stanowią, jak wiemy, resztki dawnego łańcucha gór Hercyńskich, wypiętrzonego w perjodzie węglowym<sup>1)</sup>, a ciągnącego się w kierunku zachodnio-wschodnim. Góry z czasów przeddewońskich<sup>1)</sup> znajdują się w Walji, Szkocji, Irlandji i Norwegji. Są to części systemu, który nosi w geologii nazwę gór Kaledońskich. Jeszcze dawniejsze góry Europy zostawiły ślady istnienia już tylko w postaci silnego sfałdowania, wzdłuż pewnych linii, rozmaitych łupków krystalicznych i t. p. w czasach eozoicznych<sup>1)</sup>; nazywają się one górami Huronскими.



Ryc. 111. Góry Appalachy. (Według Wagnera).

Siły niszczące mogą wywołać w górach fałdowych jeszcze dalej idące przeobrażenia; czasami bowiem — naturalnie w warunkach odpowiednich — góry stare obniżają się do tego stopnia, że w miejsce ich powstaje t. zw. prawierównina, z niewielkimi tu i ówdzie wyniosłościami szczątkowymi, które dzięki swej odporności oparły się zupełnej denudacji.

W kształtowaniu się gór dzisiejszej powierzchni ziemi nie mniejszą rolę od fałdowania odgrywają uskoki, bo nie tylko powodują przeobrażenia tych obszarów, których siła fałdująca nie dotknęła, lecz także są bardzo częste w górach fałdowych i to zarówno w starych, jak i w młodych.

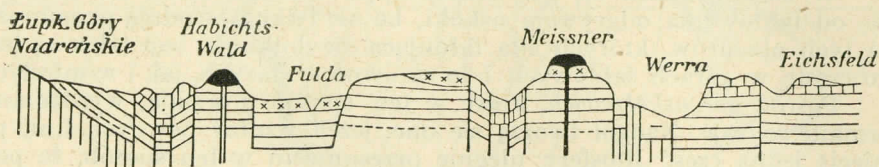
Pośród *gór uskokowych*, które w ten sposób powstają, wyróżniamy rozmaite rodzaje. Naogół tworzą się one, jeżeli wzdłuż pewnych linii pęknięcia jedna część litosfery ulegnie przesunięciu w ten sposób, że podniesie się albo, co się najczęściej zdarza, zapadnie się w dół, druga zaś pozostanie mniej więcej w dawnym położeniu. Góry takie mogą mieć rozmaity zarys, zależnie od przebiegu uskoku. Do najprostszyc form należą progi uskokowe, które w postaci stromych krawędzi oddzielają od siebie dwie sąsiadujące równiny. Powstanie ich da się wytłumaczyć jednostronnem, pionowym przesunięciem się warstw wzdłuż pewnej linii. Progi pochodzenia uskokowego są zjawiskiem wyjątkowym; częściej tworzą się przez powstanie fleksur (por. ryc. 24) lub przez wymycie miękkich warstw skutkiem erozji. Zresztą erozja zawsze towarzyszy czynnikom tektonicznym, a w następstwie tego progi uskokowe lub fleksurowe, atakowane przez wody płynące, zbaczają od swego pierwotnie prostoliniowego kierunku, tracąc nadto skutkiem denudacji wiele ze swojej dawnej stromości stoków. Przykładem progu fleksurowego są góry Nankou, w których zgięte warstwy opadają ku nizinie chińskiej na północny-zachód od Pekingu. Podobnie też i stroma krawędź, która oddziela płytę podolską od sąsiedniej niziny nadbużańskiej, wytworzyła się — jak przypuszczają — przez zagięcie fleksurowe.

Nieco inaczej kształtują się stosunki, gdy obsunięcie warstw nastąpiło na powierzchni pochyłej, a warstwy z drugiej strony szczeliny usko-

<sup>1)</sup> Porównaj tablicę w drugiej części książki z podziałem skał litosfery według wieku geologicznego.

kowej jeszcze podniosły się, ustawiając się oczywiście skośnie. Góry w tych warunkach wytworzone mają w przekroju poprzecznym kształt klina, a posiadają charakter górski przede wszystkim od strony uskoku, podczas gdy w stronę przeciwną obniżają się łagodnie. Do tego rodzaju gór, które nazywamy klinowymi, należą między innymi czesko-saskie góry Kruszcowe, pochylające się z wolna ku północy, a stromo na południe ku podłużnej zapadłości, odwadnianej przez rzekę Ohrę.

Nie zawsze jednakowoż grupują się uskoki wzdłuż jednej linii, często bowiem występują na znacznych przestrzeniach i w wielkiej ilości, nieraz ciągnąc się w rozmaitych kierunkach i nawet przecinając się nawzajem. W takim wypadku skorupa ziemską pęka na cały szereg brył, z których jedne zapadają się, a drugie tworzą zręby czyli horsty i pozostają w dawnym położeniu lub nawet podnoszą się. Góry, które w ten sposób powstają na obszarach o charakterze w całości lub przynajmniej częściowo płytowym, nazywają się górami bryłowymi. Przykładem Wielka Kotlina między górami Skalistymi a Sierra Nevada. Rozpościerająca się tutaj rozległa pokrywa skał wulkanicznego pochodzenia uległa rozbiciu na potężne bryły, a te przesuwając się względem siebie, ułożyły się przeważnie ukośnie. Podobnym przeobrażeniom zawdzięczają swe urozmaicone kształty góry Heskie (ryc. 112), ich piaskowcowe warstwy tworzyły bowiem pierwotnie jednostajną płytę. Skutkiem pionowych ruchów wewnętrznych rozpadła się płyta na regularne zręby (horsty) i oddzielające je zapadłości.



Ryc. 112. Bryłowe góry Heskie. (Według Pencka).

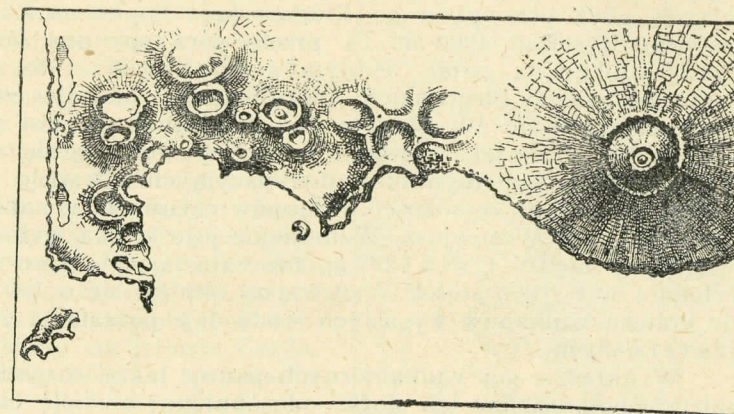
Do gór bryłowych należą także pojedynczo wznoszące się zręby takie, jak Szwarewald i Wogezy, z pofałdowanymi warstwami starszemi, które są przykryte przez leżące mniej więcej poziomo warstwy mezozoiczne: jurajskie i triasowe. (Porównaj ryc. 26).

Ogólny obraz gór uskokowych nie zależy jednak wyłącznie od przebiegu linii uskokowych. Wielki wpływ pod tym względem może mieć okoliczność, czy przesunięcia warstw odbyły się na obszarach płytowych czy sfałdowanych. Nie mniej wpływa na ich wygląd — podobnie jak w górach fałdowych — wiek geologiczny. To też wyróżniają się i tutaj słabo rozczłonkowane góry młode, od zniszczonych gór starych.

Pomiędzy górami akumulacyjnymi pierwsze miejsce zajmują góry wulkaniczne, zbudowane z mas skalnych, wyrzuconych z wnętrza ziemi. Ich znaczenie w rzeźbie powierzchni skorupy ziemskiej jest jednak podrzędne w porównaniu z górami tektonicznymi. Wulkany różnią się między sobą, jak już widzieliśmy, zarówno kształtem, jak i materiałem, który je tworzy.

Najbardziej typową ich formą, właściwą wulkanom tufowym, jest stożek o szerokiej podstawie i o niewielkiej, ogólnie biorąc, spadzistości. Zwykle jednak linia spadku nie ma przebiegu jednostajnego, lecz się

wygina, gdyż przy kraterze opadają stoki wulkanu stromo, niekiedy do 40°, a niżej coraz to łagodniej, osiągając blisko podnóży pochyłość 3—5°. U wielu wulkanów dochował się ten pierwotny zarys kształtu pomimo deforma-

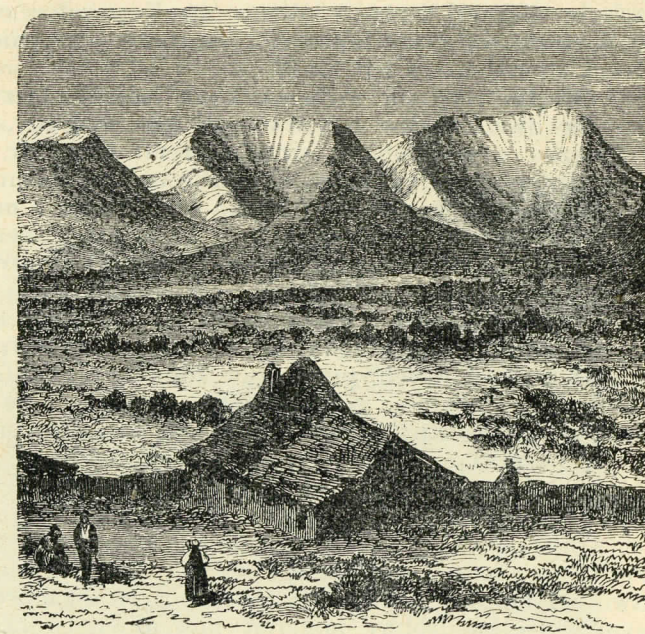


Ryc. 113. Schematyczna mapka Wezuwjusza i pól Flegrejskich z licznymi wulkanami wygasłymi. (Według Scrope'a).

czy stożka wulkanicznego tworzy się wskutek eksplozji lub zapadnięcia obszerny kocioł (caldera), otoczony wałem, który, o ile jest zbudowany ze skał twardych, opada na wewnątrz stromymi ścianami. Zwykle czasem krater doznaje jednak jeszcze dalszych zmian pod wpływem czyto gwałtownych wybuchów, czy też skutkiem erozji.

Wał ulega rozbiciu (część, jaka pozostała z niego na Wezuwjuszu, nosi nazwę „Somma”), a w obrębie jego resztek powstaje często mniejszy stożek (zob. ryc. Wezuwjusza 99 i 113). Tę częściową zmianę pierwotnego kształtu wulkanów dopełnić mogą boczne wybuchy, zapadnięcia się krateru lub większe czy mniejsze rozbicie stożka wulkanicznego przy powtarzających się wybuchach (ryc. 114).

Wysokość gór wulkanicznych jest bardzo rozmaita. Jednakowoż trzeba za-



Ryc. 114. Widok grupy wygasłych wulkanów na wyżynie Auvergne z kraterami rozdartymi przez erozję. (Według Seignette'a).

znaczyć, że nie idzie w tym wypadku o wysokość bezwzględną, lecz tylko o wzniesienie wulkanów ponad podstawę niewulkaniczną. Najwyżej ponad poziom morza spiętrzony (6310 m) Chimborasso posiada stożek dochodzący do 3000 m, ale nie zajmuje pierwszego miejsca wśród gór akumulacyjnych, gdyż przewyższa go Kluczewskaja Sopka na Kamczatce swym nasypem wysokim 4900 m. Ta przeto góra powinna uchodzić za najwyższy wulkan na ziemi. Jednym z najniższych — to wulkan Monte Nuovo na polach Flegrejskich koło Neapolu; okazuje on ledwie 130 m wzniesienia n. p. m. Wysokość wulkanów jednak nie jest stała. Wulkany wygasłe, podobnie jak wszystkie inne góry, obniżają się stale, choć powoli, pod wpływem czynników denudacyjnych. O wiele szybciej dokonują się zmiany wysokości wulkanów czynnych, a najlepszy przykład tego daje nam Wezuwusz. Wzniesienie jego stożka wahało się w ciągu 19 stulecia między 1140 a 1297 m, raz wzrastając, to znowu opadając. Po wybuchu w r. 1906 stożek Wezuwusza obniżył się o 100 m. Wypełnienie krateru wulkanów wygasłych wodą daje początek t. zw. jeziorom kraterowym.

W układzie gór wulkanicznych panuje także różnorodność. Niekiedy widzimy poszczególne ich stożki odosobnione; o wiele częściej wulkany układają się w grupy. Znamienny przykład beładnej grupy wulkanów widzi się w okolicy Neapolu, na Polach Flegrejskich. Na obszarze 220 km<sup>2</sup> znajduje się 27 kraterów rozmaicie zachowanych: jedne zaokrąglone, inne poprzerywane lub przez wyłomy zalane wodą; niektóre stykają się ze sobą i t. p. To wszystko nadaje krajobrazowi wygląd chaotyczny (ryc. 113). W większości wypadków widzimy jednak wulkany rozmieszczone szeregiem w lekko skrzywionych linjach, wzdłuż krawędzi lądów stałych. Nieraz na stosunkowo niewielkiej przestrzeni szeregują się wulkany w większej liczbie i tak np. na Kamczatce ciągnie się wzdłuż jej wschodnich wybrzeży łańcuch 38 stożków wulkanicznych, a na wyspach Aleuckich naliczono ich aż 48.

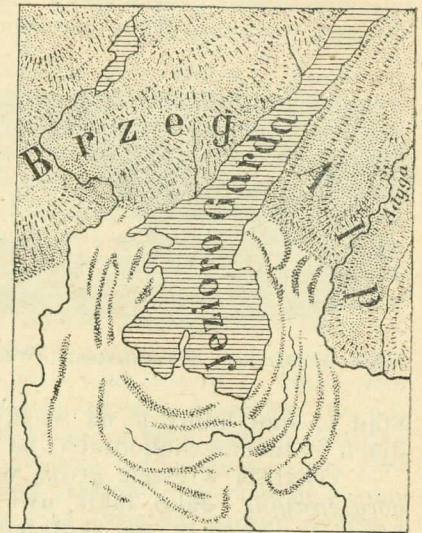
Odrębny typ gór wulkanicznych tworzą znacznie rzadsze t. zw. wulkany lawowe kształtu tarczowatego lub wulkany, niekiedy powstające w związku z wybuchami szczelinowemi (por. str. 121). Podobnie, jak w ostatnim wypadku, mogą ukształtować się stosunki, jeżeli ogniska poszczególnych wulkanów leżą blisko obok siebie i mniej więcej na jednej linii; wówczas wydobywające się z głębi masy nieraz zlewają się z sobą i tworzą wydłużony łańcuch górski z charakterystyczną linią grzbietową. Takie utwory spotyka się często po wewnętrznej stronie młodych gór łańcuchowych, a także uskokowych, np. w naszych Karpatach. Po ich stronie południowej ciągną się na długiej przestrzeni góry zbudowane ze skał wybuchowych, przeważnie trachitowe: Matra, Hegjalja, Wyhorlat i głównie andezytowe góry Hargitta. Pozostają one w związku z powstaniem wielkiego zapadliska wzdłuż południowego brzegu Karpat.

Do gór typu akumulacyjnego należą wreszcie moreny i wydmy, które zwykle ze względu na swą małą wysokość zasługują jedynie na nazwę wzgórz lub pagórków.

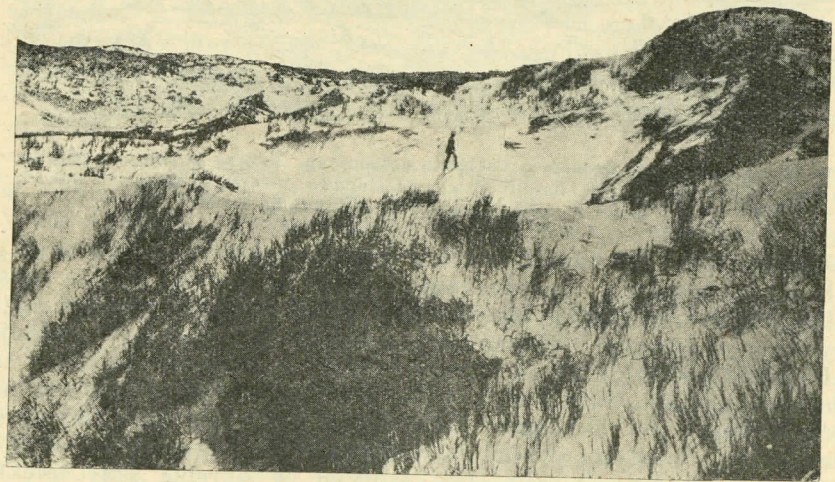
Wyniosłości, powstałe przez nagromadzenie się osadów lodowcowych, przybierają najczęściej dwojaką postać, zależnie od tego, czy są utworem moreny dennej, czy też przedstawiają morenę czołową. W pierwszym wypadku drobny materiał morenowy tworzy t. zw. „drumliny“, wydłużone okrągławe pagórki, wysokie najwyżej do 40 m i ciągnące się równolegle w kierunku ruchu dawnego lodowca. W drugim wzgórze,

składające się z materiału grubszego, nie wykazują regularnego ułożenia, ale dochodzą znaczniejszej wysokości, przekraczając niekiedy 300 m, tworząc zaś często wały półkoliste, noszące nazwę „amfiteatrów morenowych“. Wśród wzgórz moreny czołowej widzi się nieraz wydłużone, wąskie wyniosłości, które przypominają jakby nasypy kolejowe i okazują złożenie z uwarstwionych piasków i żwirów; są to t. zw. „azary“ albo inaczej „ozy“. Wszystkie te wyniosłości są zjawiskiem powszechnym na wielkich obszarach dyluwjalnego zlodowacenia, np. w Europie północnej i środkowej. Wspaniałe amfiteatry morenowe zamykają doliny południowych Alp u ich wylotu (por. ryc. 115) i, jak widzimy na jeziorze Garda, odgrywają ważną rolę w powstaniu wielu jezior.

Wydmy piaszczyste przedstawiają, jak wiemy, wzniesienia niesymetryczne, gdyż po stronie zwróconej ku wiatrom opadają łagodnie, a po przeciwnej bardziej stromo. Obecność ich nie zawsze pozostaje w związku z suchością klimatu, mamy bowiem wydmy nie tylko w suchym wnętrzu lądów, lecz także na wybrzeżach z dostateczną ilością opadów atmosferycznych. Na płaskich wybrzeżach wiatr, wiejący od morza, sypie osuszony piasek w długie wały, niekiedy znacznej wysokości (90 m) (ryc. 116). O ile wiatry lądowe nie przeciwdziałają, wędrują nadbrzeżne wydmy w stronę lądu, niszcząc wszystko na swej drodze. Ujarzmić je może człowiek, jak wia-



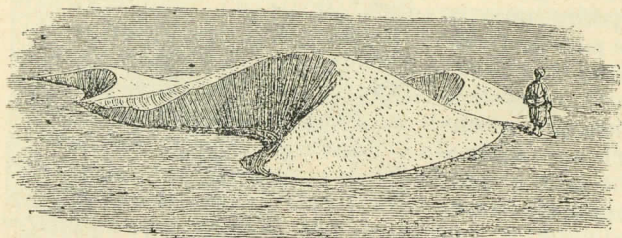
Ryc. 115. Amfiteatr morenowy, który zamyka od południa dolinę jeziora Garda. (Według Kaysera).



Ryc. 116. Wydmy nadbrzeżne na Helu, utrwalone. (Z fotografii).



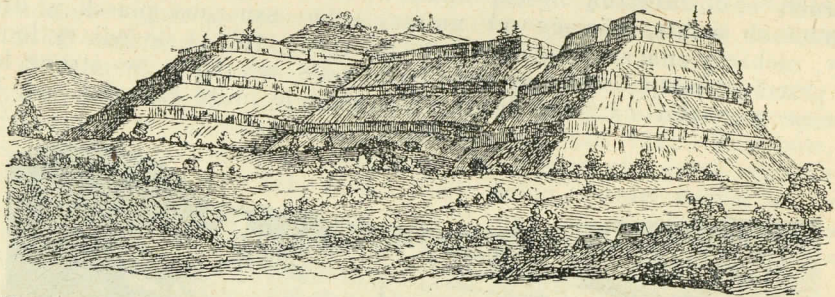
domo, przez sadzenie roślin, udających się na piaskach. Największy obszar wydm tego rodzaju w Europie rozpościera się nad zatoką Biskajską, na południu od ujścia Garony; są to t. zw. „landy“, w przeważnej części zalesione. Wędrujące wydmy rozwinęły się także na mierzei Kurońskiej. Większą wysokość (150—200 m) osiągają wydmy śródlądowe. W niektórych okolicach układają się one w długie rzędy pagórków, a formą szczególnie charakterystyczną dla nich jest — widzieliśmy to już dawniej — kształt sierpowaty; w tej postaci noszą nazwę *barchanów* (ryc. 117). Najokazalej występuje zjawisko wydm w pustyniach.



Ryc. 117. Barchany w Turkiestanie. (Według Muszketowa).

Stąd to spotykamy je na wielkich przestrzeniach Azji środkowej, w Indiach północno-zachodnich, na Saharze i w pustyniach amerykańskich. Ostatnią wreszcie grupę wyniosłości na powierzchni ziemi stanowią *góry erozyjne*. Jako takie uważamy te krainy pagórkowate lub górskie, które wytworzyły się skutkiem pocięcia wyżyny gęstą siecią rzeczną. W tych wypadkach była jedynie erozja czynnikiem górotwórczym.

Formy gór erozyjnych są zawisłe od szeregu okoliczności, jak rodzaj i twardość skał, ułożenie warstw, gęstość rzek i energia działania erozyjnego.



Ryc. 118. Stołowa góra koło Kadania w Czechach północnych. Tworzą ją pokrywy bazaltowe, poziomo naprzemianległe z tufami. Bazalty dzielą się słupowo i tworzą na stromych stokach jakby terasy. (Według Jokély'ego z podręcznika Touli).

W krajach płytowych, zwykle o suchym klimacie, powstają góry stołowe; odznaczają się one tem, że ich szczyty są płaskie, a stoki opadają stromo, załamując się w terasy, jeżeli warstwy twarde i miękkie ułożyły się naprzemian. Najbardziej typowe ich przykłady znajdujemy w Abisynji i na południe od Caranji w Afryce, ale nie brak ich także w innych częściach świata (ryc. 118). O stołowych górach można nadto mówić w lessowych okolicach Chin północnych lub koło Lhassy (por. także „świadki pustyniowe“ na pustyniowym krajobrazie, ryc. 131).

Inny wygląd przybierają góry erozyjne w obrębie skał miękkich, w klimacie wilgotnym i w dorzeczeniach o rozgałęzionym systemie dolin.

Tam erozja robi szybsze postępy, a skutkiem tego zmniejsza się stromość zboczy przy zanikaniu płaszczyzn szczytowych, które wreszcie zastępuje wąska linja grzbietowa. Takim daleko idącym przeobrażeniom uległa dawna równina kotliny siedmiogrodzkiej. Właściwością znaną górami erozyjnych jest jednakowa wysokość ich szczytów.

**Pytania i zadania.** 1. Jaką nazwą obejmiesz góry fałdowe, płaszczwinowe i uskokowe w odróżnieniu od gór akumulacyjnych i erozyjnych? 2. Wymień znane ci góry płaszczwinowe. 3. Jakie znasz systemy gór fałdowych i płaszczwinowych na kontynencie europejskim? Wymień je, poczynając od najmłodszych, trzeciorzędnych, a kończąc na paleozoicznych. W jaki sposób zaznacza się na nich działanie czynników erozyjnych i denudacyjnych? Jaki stosunek widzimy między skutkiem działania tych czynników, a wiekiem gór? 4. Jak tłumaczysz układanie się wulkanów szeregiem, wzdłuż pewnych linii np. na krzyżu z górami wulkanicznymi na ziemi. Jakie wnioski nasuwają się w takim razie? 5. Porównaj na podstawie odpowiednich rycin góry na księżycu z górami wulkanicznymi na ziemi. Jakie wnioski nasuwają się w takim razie? 6. Jaki szczególny typ wulkanów nie tworzy wyniosłości, zatem nie może być do gór zaliczany? 7. Morze Tyreńskie, jest — jak wiemy — kotlinowem zapadliskiem po wewnętrznej (zachodniej) stronie łańcucha Apeninów. Co odpowiada mu z tej samej strony łańcucha karpackiego? Jakie znamienne zjawiska geologiczne widzimy po stronie wewnętrznej jednego i drugiego łańcucha górskiego? 8. Co możesz wnosić o sposobie powstania „azarów“, opierając się na ułożeniu warstwom materjałów, które je tworzą i na kształcie bardzo wydłużonym przy nieznacznej szerokości? 9. Narysuj przekrój wydmy typowej. 10. W jaki sposób określa się przy pomocy barometru, a jak za pomocą termometru wzniesienie nad powierzchnię morza punktu danego? 11. Jakie znaczenie klimatyczne i narodów? 12. Wykreśl według wskazówek, podanych na str. 132, zad. 5, przekrój poprzeczny przez Beskid Wschodni, przez środkową część gór Świętokrzyskich i przez jakąś okolicę pojezierza Pomorskiego z wybitnymi morenami, jeziorami i t. d.

#### d) Doliny.

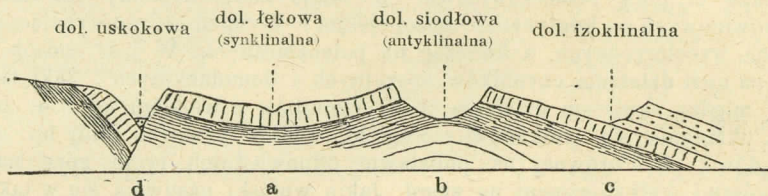
**Pytania.** 1. Jaka jest różnica między korytem a doliną rzeki? 2. Jak mogą powstawać doliny i jakie wyróżnimy dwa główne typy dolin ze względu na ich sposób tworzenia się? 3. Które formy krasowe noszą nazwę „dolin“? 4. Jakiego rodzaju dolin rozróżniamy w górach łańcuchowych? 5. Co to są doliny przełomowe?

Wśród małych form wklęsłych pierwsze miejsce przysługuje dolinom, owym wąskimi a długimi zagłębieniom, któremi najczęściej płynie woda. Doniosłe ich znaczenie w rzeźbie skorupy ziemskiej polega na tem, że wnikając w formy wielkie wszelkiego rodzaju i w małe formy wypukłe udzielają im większego urozmaicenia.

Ze względu na powstanie rozróżniamy doliny tektoniczne i erozyjne.

*Dolinami tektonicznymi* są przede wszystkim te doliny, których zagłębienie wytworzyło się bezpośrednio pod wpływem czynników tektonicznych, a mianowicie fałdowania się lub uskoków. A zatem do tej kategorii zalicza się doliny, będące łukiem między dwoma siodłami (doliny łukowe, ryc. 119 a), zapadliskiem części skorupy wzdłuż jednego uskoku (doliny uskokowe, ryc. 119 d), lub rowem tektonicz-

n y m. Doliny łekowe należą do rzadkości, spotyka się je np. w górach Jura, o wiele zaś rzadziej w innych górach fałdowych. Częściej widzimy rowy tektoniczne, odznaczające się naogół znacznie większą szerokością; znajdujemy je np. w górzystym kraju Zabajkalskim, na wyżynie jeziornej wschodniej Afryki (podłużne zagłębienia z jeziorami Tanganika, Njassa i t. d.); (porównaj str. 26). Przy kształtowaniu się omawianych dolin tektonicznych współdziałała stale także erozja, ale zwykle jej udział jest stosunkowo nieznaczny.



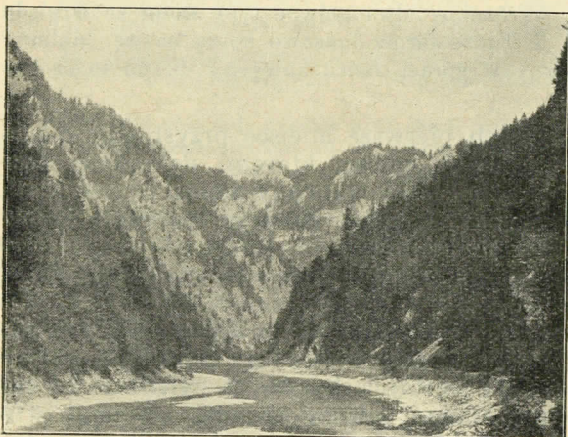
Ryc. 119. Różne podłużne doliny tektoniczne.

Do tego samego typu należą takie doliny, które, chociaż zawdzięczają swe powstanie wodom płynącym, wykazują ścisły związek ze stosunkami tektonicznymi. Odnosi się to do przeważnej liczby dolin podłużnych w górach fałdowych, które mimo że biegną wzdłuż siodła (doliny siodłowe i izoklijalne, por. ryc. 119 b, c), muszą być uważane za doliny tektoniczne, gdyż mają kierunek zgodny z biegiem warstw, stosują się do linii tektonicznych. W takie doliny podłużne obfituje bardzo wiele gór łańcuchowych. Szczególnie wielką ich liczbę posiadają Alpy, np. bródz Rodanu i Renu, Innu (Engadin), Salzachy i Anizy, Adygi, Rieniu i Drawy. Często też spotykamy tego rodzaju doliny w Karpatach, a najważniejsze wśród nich są doliny rzeki Wagu i Hernadu, Orawy, Dunajca, Popradu, Toryski. Nie brak ich w górach Appalachach, Kuenlun i w innych. Najdłuższą tego rodzaju bródz podłużną na ziemi tworzą doliny górnej Indusu i Brahmaputy.

Obok tektonicznych istnieje jednak bardzo wiele takich dolin, których powstanie nie wiąże się zupełnie z tektoniką danego miejsca,

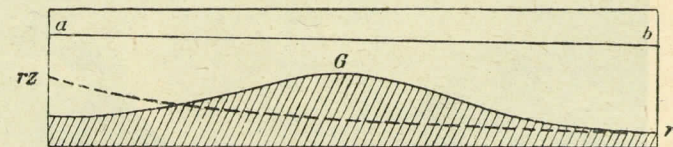
owszem pozostaje z niem w sprzeczności. Doliny tego rodzaju wytworzyły się tylko dzięki sile erozyjnej wód płynących i dlatego noszą nazwę *dolin erozyjnych*. Z nich najbardziej interesujące są doliny przełomowe, które przecinają szerokie wały, poszczególne łańcuchy a nawet całe systemy górskie, a zatem należą do grupy dolin poprzecznych.

Przełomy mogą powstawać w rozmaity sposób. Wiemy już, że tworzą się nieraz skutkiem erozji



Ryc. 120. Dolina przełomowa Dunajca przez Pieniny.

wstecznej (str. 89). Niekiedy w odpływie mas wodnych, nagromadzonych w jeziorze, trzeba szukać siły, która przełamuje przeszkodę, tamującą odpływ z jeziora; przykładem przełomu Rodanu poniżej Genewy. W innych znowu przypadkach przyjmuje się, że rzeka jest starsza od form kraju, które przecina. Istniała, gdy dany obszar dopiero zaczął się podnosić, to też w miarę tego, musiała wcinąć się coraz głębiej, aż wreszcie wytworzyła przełom (doliny uprzednie albo antecedencyjne). W ten sposób powstał przełom Dunajca przez Pieniny (ryc. 120) i Indusu tudzież jego dopływu Satledża przez Himalaj; nie jest to jedyny przykład dolin uprzednich w tych górach, mamy ich tam więcej. Najliczniejsze może przełomy, t. zw. doliny epigenetyczne, tłumaczy się w ten sposób,



Ryc. 121. Powstanie doliny epigenetycznej. Powierzchnia a—b wyznacza dawny poziom rzeki, która czasem pogłębiła swą dolinę do linii (przerwanej) rz—rz. Gdy zaś warstwy miękkie (oznaczone białą) uległy zmyciu, pozostał zbudowany ze skał twardych grzbiet G (skośnie kreskowany), przecięty przełomem.

ze wzniesienia, które one obecnie przecinają, nakryte niegdyś grubą warstwą miękkich osadów, zostały wypreparowane z pod tej osłony dopiero wtedy, gdy doliny już były gotowe (ryc. 121). Najlepszym przykładem doliny epigenetycznej jest przełom Dunaju przez masyw czeski (między Pasawą a Kremsem). Tutaj należy też dolina Wisły pod Krakowem w obrębie wapiennych skał jurajskich. Doliną podobnego typu wcinają się Ren w nadreńskie góry Łupkowe.

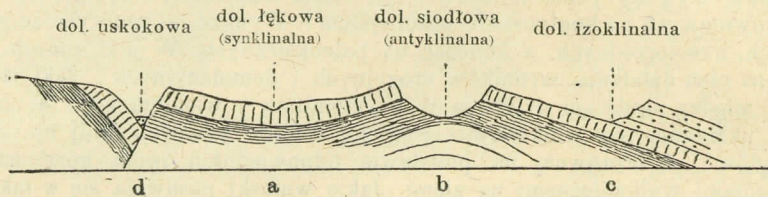
Wszystkie doliny, bez względu na to, jak powstały, zawdzięczają swój wygląd niszczącemu wpływowi sił zewnętrznych, a głównie erozyjnemu działaniu wód płynących. Ponieważ działanie to zmienia się z miejsca na miejsce, zależnie od warunków, przeto i doliny rozmaicie się kształtują. Bogactwo form dolinnych jest powodowane nadzwyczajną różnorodnością wykształcenia ich dna i stoków. Pod tym względem różnią się między sobą doliny głębokie i płaskie. Doliny w górach są z reguły głębokie, posiadają duo wąskie, niekiedy ograniczają się do szerokości wody w nich płynącej, stoki opadają w nich stromo, czasami nawet prostopadle. Taki wygląd dolin górskich jest następstwem tego, że erozja, głównie wgłębna, przy stosunkowo wielkiej ilości wody i przy wielkim spadku robi szybkie postępy. Głębokie doliny występują również na wielu wyżynach. Szczególnie strome stoki są właściwością płyt o klimacie suchym (kanjony; por. ryc. 122).

Doliny równin nizinnych są płaskie, o dnie szerokim, wyglądającym czasami na rozległą równinę, a o stokach łagodnie pochyłonych.

Stoki niektórych dolin przebiegają często równolegle, co można zauważyć nawet w krętych dolinach górskich. W wielu wypadkach jednak oddalają się od siebie, to znowu zbliżają, żeby następnie znowu się oddalić; tym sposobem powstaje szereg kotlin, poprzedzielanych zwężeniami.

Przeciwnie sobie stoki dolin nie zawsze opadają jednakowo stromo. Często jeden jest stromy, a drugi łagodniejszy, albo jeden jest wypukły, a drugi wklęsły. Zjawisko to nazywamy *asymetrią dolin*, a takie doliny *asymetrycznymi*. Niesymetryczność stoków dolinnych

nym. Doliny łekowe należą do rzadkości, spotyka się je np. w górach Jura, o wiele zaś rzadziej w innych górach fałdowych. Częściej widzimy rowy tektoniczne, odznaczające się naogół znacznie większą szerokością; znajdujemy je np. w górzystym kraju Zabajkalskim, na wyżynie jeziornej wschodniej Afryki (podłużne zagłębienia z jeziorami Tanganika, Njassa i t. d.); (porównaj str. 26). Przy kształtowaniu się omawianych dolin tektonicznych współdziałała stale także erozja, ale zwykle jej udział jest stosunkowo nieznaczny.



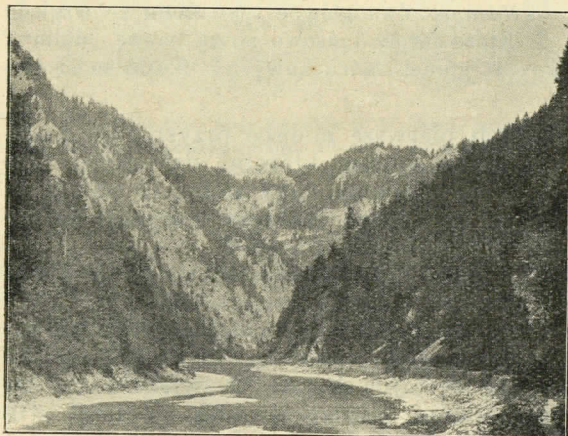
Ryc. 119. Różne podłużne doliny tektoniczne.

Do tego samego typu należą takie doliny, które, chociaż zawdzięczają swe powstanie wodom płynącym, wykazują ścisły związek ze stosunkami tektonicznymi. Odnosi się to do przeważnej liczby dolin podłużnych w górach fałdowych, które mimo że biegną wzdłuż siodła (doliny siodłowe i izoklinalne, por. ryc. 119 b, c), muszą być uważane za doliny tektoniczne, gdyż mając kierunek zgodny z biegiem warstw, stosują się do linii tektonicznych. W takie doliny podłużne obfituje bardzo wiele gór łańcuchowych. Szczególnie wielką ich liczbę posiadają Alpy, np. bródzy Rodanu i Renu, Innu (Engadin), Salzachy i Anizy, Adygi, Rieniu i Drawy. Często też spotykamy tego rodzaju doliny w Karpatach, a najważniejsze wśród nich są doliny rzeki Wagu i Hernadu, Orawy, Dunajca, Popradu, Toryski. Nie brak ich w górach Appalachach, Kuenlun i w innych. Najdłuższą tego rodzaju bródzą podłużną na ziemi tworzą doliny górnego Indusu i Brahmaputy.

Obok tektonicznych istnieje jednak bardzo wiele takich dolin, których powstanie nie wiąże się zupełnie z tektoniką danego miejsca,

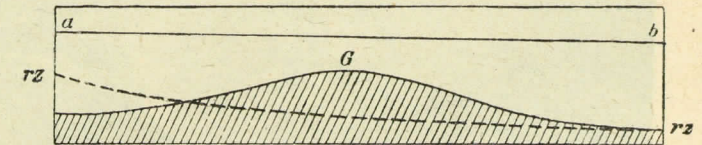
owszem pozostaje z niem w sprzeczności. Doliny tego rodzaju wytworzyły się tylko dzięki sile erozyjnej wód płynących i dlatego noszą nazwę *dolin erozyjnych*. Z nich najbardziej interesujące są doliny przełomowe, które przecinają szerokie wały, poszczególne łańcuchy a nawet całe systemy górskie, a zatem należą do grupy dolin poprzecznych.

Przełomy mogą powstawać w rozmaity sposób. Wiemy już, że tworzą się nieraz skutkiem erozji



Ryc. 120. Dolina przełomowa Dunajca przez Pieniny.

wstecznej (str. 89). Niekiedy w odpływie mas wodnych, nagromadzonych w jeziorze, trzeba szukać siły, która przełamuje przeszkodę, tamującą odpływ z jeziora; przykładem przełomu Rodanu poniżej Genewy. W innych znowu przypadkach przyjmuje się, że rzeka jest starsza od form kraju, które przecina. Istniała, gdy dany obszar dopiero zaczął się podnosić, to też w miarę tego, musiała wcinąć się coraz głębiej, aż wreszcie wytworzyła przełom (doliny uprzednie albo antecedencyjne). W ten sposób powstał przełom Dunajca przez Pieniny (ryc. 120) i Indusu tudzież jego dopływu Satledża przez Himalaj; nie jest to jedyny przykład dolin uprzednich w tych górach, mamy ich tam więcej. Najliczniejsze może przełomy, t. zw. doliny epigenetyczne, tłumaczy się w ten sposób,



Ryc. 121. Powstanie doliny epigenetycznej. Powierzchnia a—b wyznacza dawny poziom rzeki, która czasem pogłębiła swą dolinę do linii (przerwanej) rz—rz. Gdy zaś warstwy miękkie (oznaczone białą) uległy zmyciu, pozostał zbudowany ze skał twardych grzbiet G (skośnie kreskowany), przecięty przełomem.

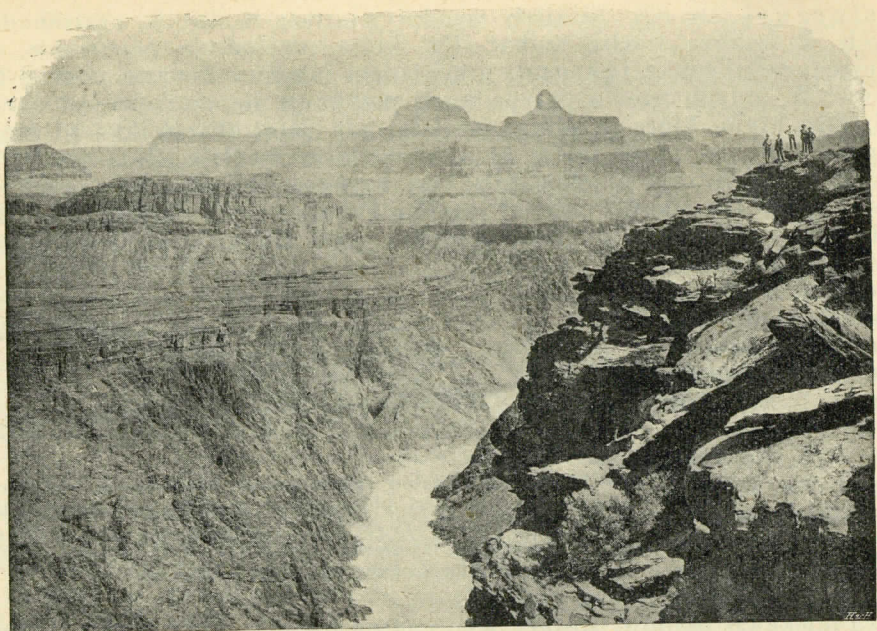
ze wzniesienia, które one obecnie przecinają, nakryte niegdyś grubą warstwą miękkich osadów, zostały wypreparowane z pod tej osłony dopiero wtedy, gdy doliny już były gotowe (ryc. 121). Najlepszym przykładem doliny epigenetycznej jest przełom Dunaju przez masyw czeski (między Pasawą a Kremsem). Tutaj należy też dolina Wisły pod Krakowem w obrębie wapiennych skał jurajskich. Doliną podobnego typu wcinają się Ren w nadreńskie góry Łupkowe.

Wszystkie doliny, bez względu na to, jak powstały, zawdzięczają swój wygląd niszczącemu wpływowi sił zewnętrznych, a głównie erozyjnemu działaniu wód płynących. Ponieważ działanie to zmienia się z miejsca na miejsce, zależnie od warunków, przeto i doliny rozmaicie się kształtują. Bogactwo form dolinnych jest powodowane nadzwyczajną różnorodnością wykształcenia ich dna i stoków. Pod tym względem różnią się między sobą doliny głębokie i płaskie. Doliny w górach są z reguły głębokie, posiadają dno wąskie, niekiedy ograniczają się do szerokości wody w nich płynącej, stoki opadają w nich stromo, czasami nawet prostopadle. Taki wygląd dolin górskich jest następstwem tego, że erozja, głównie wgłębna, przy stosunkowo wielkiej ilości wody i przy wielkim spadku robi szybkie postępy. Głębokie doliny występują również na wielu wyżynach. Szczególnie strome stoki są właściwością płyt o klimacie suchym (kanjony; por. ryc. 122).

Doliny równin nizinnych są płaskie, o dnie szerokim, wyglądającym czasami na rozległą równinę, a o stokach łagodnie pochyłonych.

Stoki niektórych dolin przebiegają często równolegle, co można zauważyć nawet w krętych dolinach górskich. W wielu wypadkach jednak oddalają się od siebie, to znowu zbliżają, żeby następnie znowu się oddalić; tym sposobem powstaje szereg kotlin, poprzedzielanych zwężeniami.

Przeciwnie sobie stoki dolin nie zawsze opadają jednakowo stromo. Często jeden jest stromy, a drugi łagodniejszy, albo jeden jest wypukły, a drugi wklęsły. Zjawisko to nazywamy *asymetrią dolin*, a takie doliny *asymetrycznymi*. Niesymetryczność stoków dolinnych

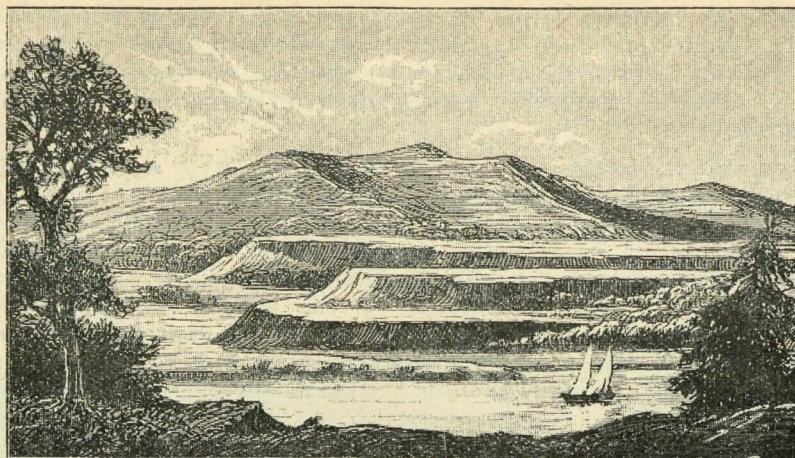


Ryc. 122. Wielki kanjon rzeki Kolorado w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. (Wedle fotografii z natury).

jest bardzo częstym zjawiskiem; okazują ją liczne doliny lewych dopływów Dniestru na płycie podolskiej. W wielu przypadkach jako przyczynę asymetrii przyjmują działanie wiatrów, które pędzą wodę w jedną stronę i w ten sposób powodują wydatniejsze podmywanie odpowiednich brzegów lub niszczą silniej jeden stok doliny wprost skutkiem erozji eolicznej. Ten sam skutek mogą powodować dopływy z pewnej strony znacznie silniejsze, niż z drugiej i odpychające w ten sposób ku jednemu z brzegów linię nurtu, a więc najsilniejszego działania mechanicznego wody płynącej. Pewną asymetrię w spadku stoków może wywołać także różnica skał po jednej i po drugiej stronie. Niektórzy chcą widzieć w asymetrii dolin ogólne prawo, któremu miałyby podlegać wszystkie rzeki, płynące w kierunku południkowym, skutkiem ruchu wirowego ziemi.

W dolinach wielu rzek można widzieć, że ciągną się wzdłuż nich jakby progi szersze i węższe, które kilku stopniami wznoszą się nad poziomem najwyższego stanu wody w dobie obecnej (porównaj ryc. 123). Są to t. zw. terasy rzeczne albo dolinne. Odpowiadają one w historii tworzenia się doliny okresom zanikającej erozji w głąb, podczas gdy każdy odstęp między jedną terasą a drugą zaznacza wzmożoną czynność erozyjną. Terasy mogą być „skalne” i „napływowe”: pierwsze są jakby wycięte w warstwach, które tworzą stoki doliny, i okazują jeszcze czasem tu i ówdzie ślady żwirów rzecznych, drugie są utworzone wyłącznie przez warstwy napływowe, które dolinę wypełniają terasowo. W każdym z tych wypadków terasa najwyższa jest najstarsza, najmłodsza znajduje się najbliższej dzisiejszego poziomu wody.

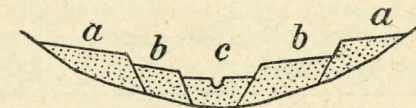
Powstanie teras skalnych mogły spowodować przyczyny rozmaite. Każda rzeka, po wcięciu się do pewnego poziomu, przestaje z powodu



Ryc. 123. Terasy nad rzeką Connecticut (Connectiket) w New-Hampshire w Ameryce Północnej. (Według Touli).

zmniejszonego spadku pracować w głąb, i wijąc się, rozszerza tylko dolinę. Przypuśćmy wszakże, że skutkiem jakichś ruchów, którym ulega skorupa ziemi, obszar danego dorzecza potem podniósł się nieco w górę, to zwiększył się skutkiem tego odstęp między poziomem, w którym woda uchodzi do morza (podstawa albo inaczej poziom erozyjny), i poziomem jej źródła, wzrósł zatem spadek rzeki i skutkiem tego zaczęła się ona wcinąć ponownie. Zczasem, w miarę postępu erozji, zmniejsza się jednak znowu nachylenie koryta, rozpoczyna się zatem powtórnie praca nad rozszerzaniem doliny i w ten sposób z jej dna pierwotnego pozostają wreszcie tylko wąskie smugi, tworzące właśnie terasę. Kilkakrotnie powtórzenie się tego procesu daje początek całemu systemowi teras skalnych, jednych nad drugimi. Analogicznie tworzyły się terasy napływowe, skutkiem następowania po sobie dwu okresów, a to gromadzenia się w dolinie osadów rzecznych w miarę zwiększania się zdolności akumulacyjnych strumienia i potem wcinania się wody w osadzone w pierw napływy, jeżeli wzrosła jej siła erozyjna kosztem akumulacji (porówn. ryc. 124). Materiał żwirowy teras nad-rzecznych poucza, jakie obszary przecinała dana rzeka i jej dopływy i pozwala na wnioski o przeobrażeniach, którym jej dorzecze ulegało w kolei czasów. W wielu wypadkach nie

ruchy skorupy ziemskiej, lecz np. zmiany w ilości opadów atmosferycznych mogły powodować powstawanie teras, towarzyszących rzekom. Stąd widać, że doliny mają swoją historję, nieraz bardzo zajmującą. Przechodzą przytem — jak wszystkie formy — przez okres „młodości”, w którym przy bystrym spadku rzeki i silnej erozji w głąb odznaczają się stromemi zboczami i często wodospadami, zczasem „dojrzejają”, a wreszcie chylą się ku „zgrzybiałości” w miarę, jak przy coraz zmniejszającym się spadku i słabnącej erozji w głąb akumulacja bierze nad nią górę, wietrzenie i rozmywanie zmniejszają stromość stoków, obni-



Ryc. 124. Terasy napływowe: a — starsza; b — młodsza.

zając je coraz bardziej, dolina się rozszerza, a kształty w młodości ostre i śmiałe, łagodnieją i zaczynają się wyrównywać. Niech jednak tylko z jakiegokolwiek przyczyny zwiększy się spadek, wzrośnie ilość opadów lub t. p., zaraz ten naturalny rozwój ulega przerwie, dolina zaczyna się „odmładzać“.

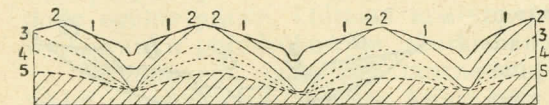
**Pytania.** 1. Dlaczego łęki, które w górach pasmowych są — zdawałoby się — przeznaczone na doliny podłużne, w istocie tworzą je rzadziej? 2. Gdzie w granicach Rzeczypospolitej widzimy doliny rzeczne o charakterze kanjonów? Jak je tłumaczysz? 3. Czem można wyjaśnić zężenie i rozszerzenie się dolin? 4. Jakie zjawiska występują w dolinach płaskich i głębokich? 5. Czy znasz dolinę asymetryczną i gdzie ją widziałeś? 6. Jak będziesz tłumaczył asymetrię dolin ruchem wirowym ziemi i czy będzie się ona objawiała tak samo na półkuli północnej, jak na południowej? Z jakim zjawiskiem na prądach powietrznych zestawisz to w takim razie? 9. Jaką rolę odgrywają doliny wobec człowieka?

**e) O cyklu erozyjnym.**

**Pytania.** 1. Jakim zmianom ulegają wszelkie wyniosłości ładu stałego pod wpływem denudacji? Wskaż to na przykładach. 2. Które siły przeciwdziałają pracy czynników denudacyjnych?

Tę samą prawidłowość, jaką widzimy w kształtowaniu się dolin rzecznych z biegiem czasu, okazuje wogóle rozwój rzeźby litosfery pod wpływem czynników erozyjnych.

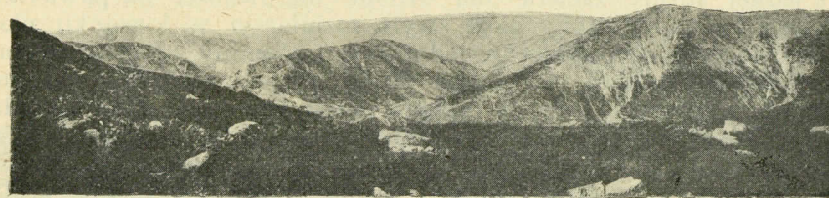
Wyobraźmy sobie kawał ładu o równej i pochyłej powierzchni, wyniesiony świeżo z pod poziomu morza do pewnej wysokości. Wytwarza się na nim sieć rzek, które, płynąc ku morzu zgodnie z nachyleniem całego terenu (rzeki konsekwentne), rozpoczynają swą pracę erozyjną początkowo przeważnie w kierunku wglębnym. Rozumie się, że z erozją współdziałają inne czynniki zewnętrzne. Powstają zatem głębokie doliny o stromych zboczach, a rzeki płyną ze znacznym spadkiem i tworzą jeziora albo wodospady, gdyż ich krzywa erozyjna jeszcze nie uległa wyrównaniu; na dobrze rozwiniętych działach wodnych powierzchnia pierwotna jest oczywiście zachowana zupełnie dobrze. Formy takie, związane z początkowym okresem rozwoju krajobrazu, nazywamy młodemi. W miarę jednak jak erozja postępuje, stosunki się zmieniają. Rzeki wyrównują swój bieg i mają spadek coraz łagodniejszy, doliny rozszerzają się, gdyż obok erozji wglęb-



Ryc. 125. Stopniowe obniżanie się powierzchni litosfery skutkiem rozwoju dolin, aż do wytworzenia się peneplenu. (Z dzieła de Martonne'a).

nej działa coraz wydatniej erozja boczna, w miejscach, gdzie się znajdują warstwy mniej odporne, powstają nowe doliny rzeczne, zależne w swym przebiegu przede wszystkim od budowy geologicznej danego obszaru (rzeki subsekwentne), a najwyższe wzniesienia działów wodnych odpowiadają już tylko miejscom znajdowania się skał szczególnie opornych wobec erozji i denudacji. Krajobraz i formy jego stają się dojrzałymi. Ale z biegiem czasu następują dalsze przeobrażenia, które wreszcie kończą się tem, że rzeki wyrównują zupełnie swój bieg, płyną

powoli, zakreślając serpentyny lub rozlewając się, doliny rozplaszczają się coraz bardziej, w ukształtowaniu rzeźby powierzchni znikają różnice między materiałem oporniejszym i mniej wytrzymałym, a wzniesienia wszystkie przybierają postać łagodnych nabrzmień. Te cechy charakteryzują formy zgrzybiałe. Skutkiem nich kraj zyskuje wygląd prawie równiny czyli peneplenu tylko lekko sfalowanej, z siecią wód zwolna ledwie zdążających do morza (ryc. 125). Kolejne następstwo zjawisk, które do tego prowadzi, że kraj, rzeźbiony przez wody płynące, staje się wreszcie taką prawie równiną, jaką był pierwotnie, nazywamy normalnym cyklem erozyjnym. Czas trwania jego zależy od energii pracy rozmywającej, która jest rozmaita, stosownie do odporności skał i klimatu.



Ryc. 126. Widok z Sewennów koło Valgorge. Krajobraz zgrzybiały uległ odmłodzeniu skutkiem wcięcia się wód płynących w peneplenę. (Według wydawnictwa: Formes d. relief terrestre).

Proces wyżej przedstawiony przebiega w taki sposób w wypadkach, gdy poziom ładu i morza jest stały. Nietrudno jednak, żeby w ciągu długiego okresu lat, jaki w każdym razie obejmuje cykl erozyjny, nie nastąpiły jakieś zakłócenia przez ruchy tektoniczne lub t. p., wywołując obniżanie się lub podnoszenie mórz i kontynentów. Wówczas erozja wzmagą się na nowo, a cykl erozyjny doznaje przerwy. Zresztą każda peneplena musi czasami ulec „odmłodzeniu“, gdy się ład podniesie, odstęp między zwierciadłem morza i ładu zwiększy i erozja zacznie znowu energicznie działać. Prócz zwykłego cyklu erozyjnego można wyróżnić jeszcze inne, stosownie do czynników, które mają przewagę w kształtowaniu się rzeźby kraju, a mianowicie w obszarach zlodowaconych cykl lodowcowy, na pustyniach pustynny, a wreszcie morski.

**Pytania.** 1. Dlaczego opisany wyżej proces kształtowania się powierzchni ładu pod wpływem wód płynących i t. p. nazywamy erozyjnym „cyklem“? 2. W jaki sposób na obszarze fałdowym, który w fazie zgrzybiałości uległ odmłodzeniu, można poznać, że przechodzi nowy cykl erozyjny?

**4. Krajobraz.**

**Pytania.** 1. Wymień znane ci typy krajobrazu i wskaż, co powoduje ich różnice. 2. Jakie rodzaje krajobrazu są ci znane na ziemiach polskich? 3. Co to jest krajobraz krasowy, gdzie go spotykamy i pod wpływem jakich czynników powstaje? Jakie procesy i zjawiska geologiczne właściwe są obszarom krasowym, wiążąc się ściśle z charakterem krajobrazu?

Urzeźbienie powierzchni czyli całokształt jej form, o których była mowa poprzednio, odgrywa pierwszorzędą rolę w każdym krajobrazie, chociaż nie stanowi o nim wyłącznie, sumuje się bowiem w tem pojęciu

obok rzeźby jeszcze cały szereg innych *składników krajobrazowych*. I tak widok, jaki przedstawia jakakolwiek część ziemi naszym oczom, nie jest zawsze jednakowy, ale zmienia się ze stosunkami oświetlenia przez słońce. To oświetlenie, zależne nie tylko od zmiennego stanowiska słońca w ciągu dnia i roku, lecz także od stopnia zachmurzenia nieba, wpływa na wyrazistość krajobrazu i jego barw, na które oko nasze jest bardzo wrażliwe. Barwa krajobrazu jest znowu zależna częściowo od jakości skał i t. p., ale głównie od najważniejszego po rzeźbie czynnika krajobrazowego t. j. roślinności, która swą szatą pokrywa zazwyczaj większą powierzchnię ziemi, niż ta, na której odsłania się naga skała. Świat roślinny wprowadza przytem z sobą różnorodność barw, a przede wszystkim całą skalę zieleni. Lecz jeszcze w innym kierunku działa roślinność. Wprawdzie z jednej strony zaciera ona drobne nierówności na powierzchni ziemi, lecz z drugiej strony może swym rozmiarem w kierunku pionowym spowodować urozmaicenie jednostajnej równiny. Bardzo ważnym składnikiem krajobrazu jest nadto woda, rozpowszechniona na ziemi w rozmaitych postaciach: jako rozległe przestwory mórz, mniejsze płaszczyny jeziorne, ruchliwe nitki wodne strumyków i wstęgi rzeczne, a wreszcie w skupieniu stałym, jako bijące swą białością śniegi lub lodowce, tworzące niby rzeki lodu. Wreszcie trzeba uwzględnić wpływ, jaki może wywierać na charakter krajobrazu także świat zwierzęcy swymi wielkimi formami lub swym gromadnym skupianiem się, a jeszcze więcej człowiek — przede wszystkim przez dzieła, świadczące o jego bytności.

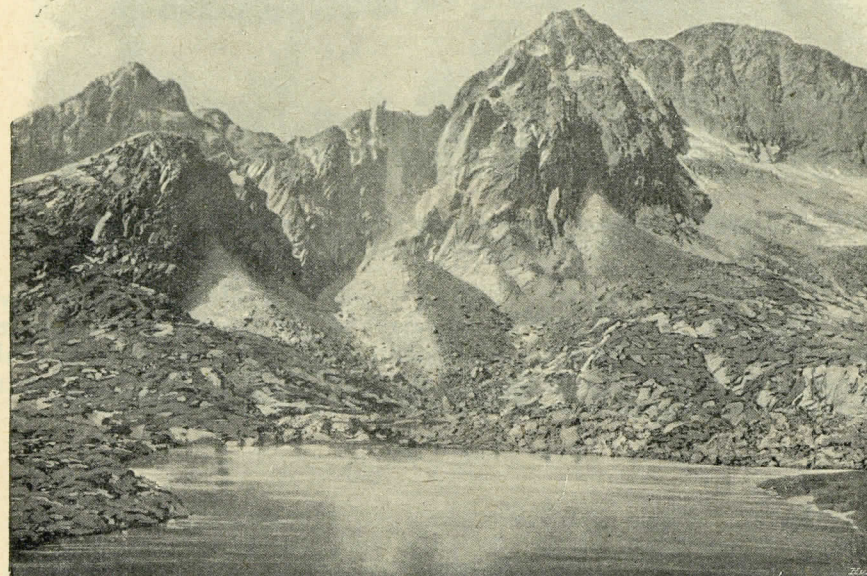
Wiedząc, co składa się na krajobraz, możemy teraz określić *czynniki podstawowe* krajobrazu, którym zawdzięcza on przede wszystkim swój charakter. Widzimy mianowicie, że krajobraz zależy nie tylko od pracy sił, kształtujących powierzchnię ziemi, zarówno wewnętrznych jak i zewnętrznych, a w związku z tem od natury skał, które ulegają ich działaniu w sposób rozmaity, lecz że jest także w znacznej mierze następstwem stosunków klimatycznych. One bowiem decydują zazwyczaj o hydrografii i większej lub mniejszej roli wody, jako czynnika rzeźbiącego, o charakterze roślinności, wreszcie wprost lub pośrednio i o świecie zwierzęcym.

Krajobrazy zmieniają się na ziemi z miejsca na miejsce; od zupełnie jednolitych istnieją stopniowe przejścia do najbardziej różnorodnych, co pochodzi od zmieniającego się wzajemnego ustosunkowania poznanych powyżej składników krajobrazowych.

Na podstawie pewnych, ostro zarysowanych właściwości fizyczno-geograficznych da się wyróżnić cały szereg *typów krajobrazowych*, z których najcharakterystyczniejsze, to krajobrazy: górski, morenowy, krasowy, stepowy i pustynny.

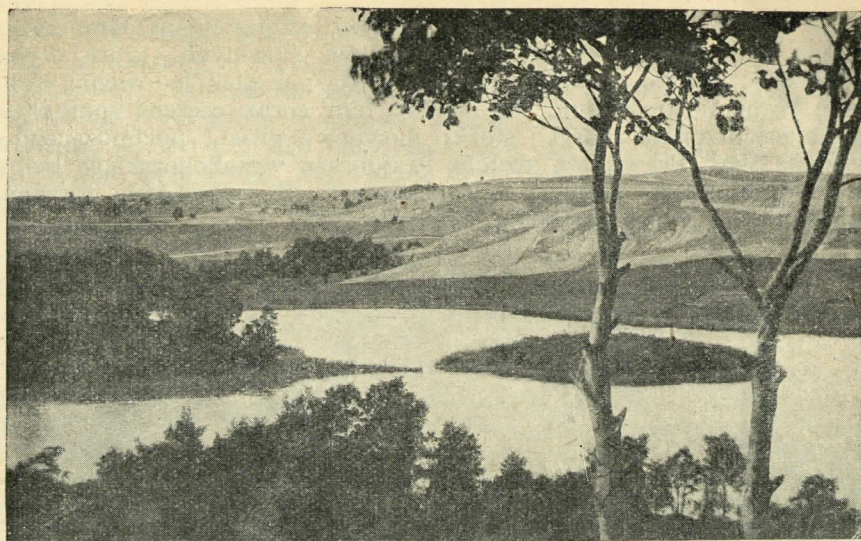
1. *Krajobraz górski* cechuje wyniosłość i majestatyczność. W wydźwignięte przez siły wewnętrzne masy wcięły się swymi głębokimi dolinami liczne (z powodu wielkiej obfitości deszczów w górach) strugi wodne, powodując wielkie różnice wysokości względnej, strome spadki, a skutkiem tego ogromne bogactwo form. Lecz widok, jaki góry przedstawiają, nie jest wszędzie jednakowy, a zmienia się z wysokością bezwzględną, która odpowiada coraz to innym strefom klimatycznym, powodując odmienne układanie się świata roślinnego i zmiany w działaniu czynników zewnętrznych. Od zieleni lasów i łąk niższych okolic odcinają się skały, spiętrzone w nagie szczyty, z roślinnością ubogą, która

wreszcie zupełnie znika. Obniżająca się ze wzniesieniem temperatura powoduje zjawisko coraz większych płatów śnieżnych, które wypełniają płaskie zakłębłości pól firnowych i dają początek lodowcom z charakterystycznymi morenami. Im wyżej, tem coraz częściej spotyka się utrudniające przejścia piargi i stożki nasypowe gruzu, pochodzącego ze zwieterzenia skał. Prawdziwą ozdobę krajobrazu wysokogórskiego tworzą jeziora. Odrębność gór podnosi nadto jeszcze ta okoliczność, że odrzynają się wyraźnie od swego otoczenia (por. ryc. 127).



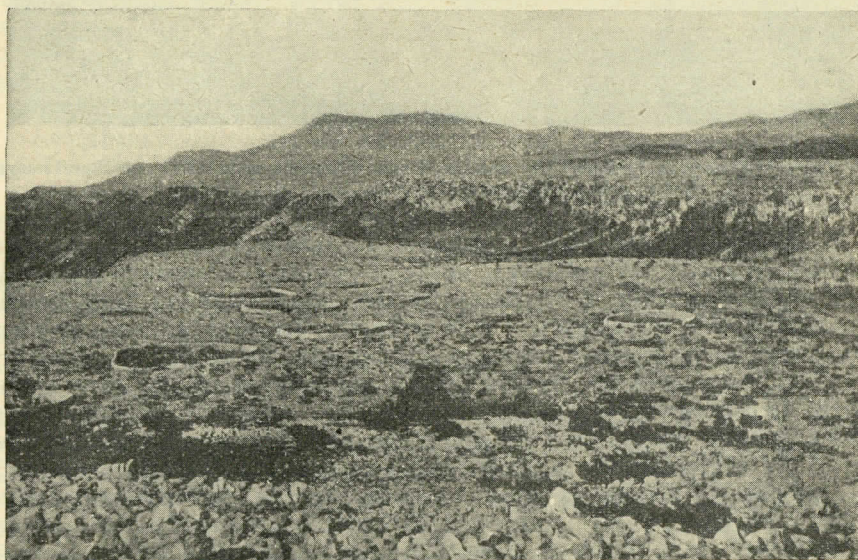
Ryc. 127. Górski krajobraz tatrzański w okolicy Pięciu Stawów z potężnymi „stożkami nasypowymi“ gruzu zwieterzałego. Według fotografii z natury.

2. *Krajobraz morenowy* występuje na obszarach, które nawiedził północny lodowiec dyluwjalny; nosi on wybitne znamiona pracy lodowca mniej erozyjnej, a przede wszystkim akumulacyjnej, tudzież działalności wód, wypływających z pod pokrywy lodowej. Dawna powierzchnia przedstawia obecnie łagodnie sfałdowany, po większej części urodzajny kraj pagórkowaty. Pagórki te, to znane nam resztki moren końcowych, świadczących o zasięgu lodowca, lub nierówności pozostałe po morenie dennej, względnie z jej materiału uszeregowane „drumliny“ lub „azary“. W zagłębieniach między nierównościami mieszczą się liczne jeziora, moczary i bagna, a poza obrębem moren rozległe przestrzenie żwirów i piasków, t. zw. „zandry“; materiał ten naniosły z moren potoki, wypływające z lodowca. Zresztą nieraz jeszcze inne formy łączą się z tym krajobrazem. Woda wypłókuje z moreny dennej miążką glinę i osadza ją na miejscach niższych, podczas gdy piasek, pozostając na miejscu, może tworzyć ruchome piaszczyska i wydmy (ryc. 128).



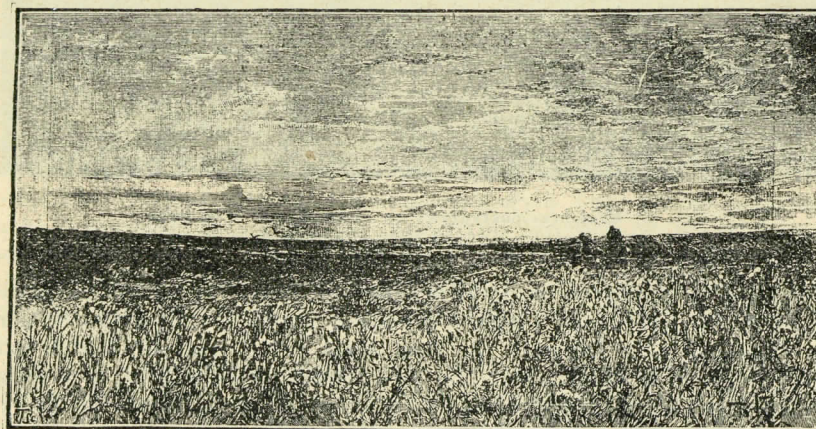
Ryc. 128. Jeziorny krajobraz morenowy w okolicy Suwałk nad jeziorem koło Młynka.  
(Z fotografii Polskiego Towarzystwa Krajoznawczego).

3. *Krajobraz krasowy* jest dalszym typem szczególnie charakterystycznym. Właściwa krasowi rzeźba powierzchni, ubóstwo w wody powierzchniowe i glebę, a w związku z tem bardzo skąpa szata roślinna lub brak jej nawet zupełny — oto cechy szczególnie znamienne dla krajobrazu obszarów tego rodzaju.



Ryc. 129. Krajobraz krasowy z t. zw. dolinami i t. p. w okolicy Rozzo w Istrii.  
(Z wydawnictwa: Geologische Charakterbilder).

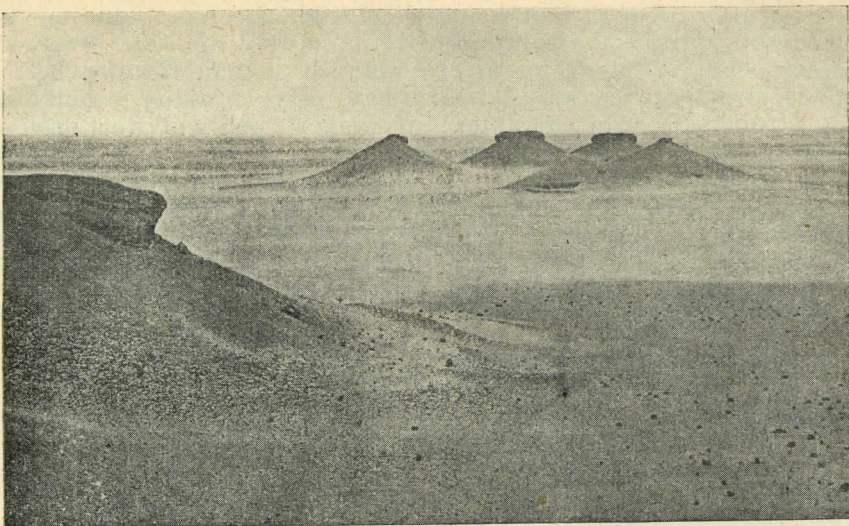
4. *Krajobraz stepowy* odznacza się wszechstronną jednostajnością form powierzchni ziemi i roślinności. Pominąwszy mniejsze przestrzenie w górach, stepy ścielą się na nieprzerwanych niczem równinach, a ich wegetację tworzą przede wszystkim trawy, osy i rośliny cebulkowate. Niektóre zmieniają swój charakter i ożywiają się pod wpływem deszczów. Najwybitniejsze kontrasty przedstawiają „llanosy“ Ameryki Południowej, które z nastaniem pory deszczowej pokrywają się bujniejszą roślinnością, a zarazem żółty ich ton przechodzi w soczystą zieleni. W niektórych stepach zdarza się urozmaicenie jednostajnego pokrycia przez białe wykwy soli. Zjawisko to widzi się jednak rzadziej, a zbliża ono takie stepy do pustyni słonych (ryc. 130).



Ryc. 130. Krajobraz stepowy. (Według Romera).

5. *Krajobraz pustynny* jest uwarunkowany ubóstwem opadów atmosferycznych. Żadna pustynia nie jest zupełnie pozbawiona deszczów; tylko padają one nawalnie, chociaż rzadko. Posuszość powoduje brak roślinności z wyjątkiem oaz. Z tej przyczyny krajobraz pustynny określają przede wszystkim formy powierzchni i barwa skał. Pustynie nie dają się jednak sprowadzić do jednego typu. Są np. pustynie górskie, skaliste lub piaszczyste z potężnymi wydymami. Panująca w jednych okolicach barwa brunatna może przejść w innych miejscach w związku z jakością skał w odcień ciemno-niebieski, podczas gdy na obszarach wydmowych przeważa ton żółty, przechodzący niekiedy w czerwony. Formy pustynne kształtują się przede wszystkim skutkiem wietrzeń i działania wiatrów, stąd przybierają postać dziką i niezwykłą. Wody płynące działają tylko okresowo w czasie ulew rzadkich, ale gwałtownych, tworząc głębokie doliny, ślepo kończące się, t. zw. „wadi“, które ostatecznie rzeźbi erozja eoliczna (por. ryc. 131).

Opisane typy krajobrazów są typami najważniejszymi; poza niemi rozróżniamy jeszcze inne, radsze lub mniej charakterystyczne. Oczywiście każdy krajobraz zmienia się szybciej lub wolniej, jak zmienia się rzeźba powierzchni pod wpływem czynników zewnętrznych i t. p. Stąd mówimy o starzeniu się krajobrazu, o krajobrazie młodym i starym.



Ryc. 131. Krajobraz pustyniowy ze „świadkami“ w Algerze.  
(Z wydawnictwa: Geologische Charakterbilder).

**Pytania.** 1. Czem się odznacza krajobraz podolski i co nadaje mu właściwy charakter? 2. Co wpływa na odrębny charakter krajobrazu Beskidów w porównaniu z Pieninami albo Tatrami? 3. Jaka skała w północnych Chinach bardzo ważną rolę odgrywa w kształtowaniu się powierzchni tych obszarów, a w związku z tem jako ważny czynnik krajobrazowy? Czy nie znasz w Polsce okolic, gdzie ta sama skała wpływa również wybitnie na krajobraz? 4. Wymień krajobraz, dla którego lody, skaliste brzegi i właściwa fauna ptaków przedstawiają rysy bardzo znamienne. 5. Dlaczego pewne obszary na Pokuciu i Podolu, okazujące niektóre typowe zjawiska krasowe, nie przedstawiają jednak krajobrazu krasowego? 6. Wykaż na przykładach, że tylko zespół odpowiednich czynników może wytworzyć dany typ krajobrazowy. 7. Czy jeziora w krajobrazie górskim są wyrazem jego młodości czy starości? Dlaczego? Poprzej przykładami swoje twierdzenie. 8. Czy krajobraz podolski ma cechy młodości czy starości? Czem to wytłumaczysz? 9. Skąd pochodzi czerwona barwa piasku na niektórych pustyniach? 10. Jaką rolę odgrywa człowiek wobec krajobrazu „pierwotnego“, który powstał bez jego współdziałania?

## XI. Rzut oka na procesy geologiczne i zmiany, jakie zachodzą na powierzchni ziemi.

**Pytania i zadania.** 1. Jeżeli niszczenie powierzchni litosfery skutkiem denudacji w całych Alpach postępowałoby tak samo, jak w dorzeczu Rodanu powyżej jeziora Genewskiego, gdzie przyjmują obniżanie się powierzchni o 0·44 mm w ciągu roku, po ilu latach obniżyłyby się Alpy o 1 m i jak wielkie byłoby to obniżenie się po 1000000 lat? Jakiego czasu potrzeba było, aby ukształtowały się, jak dzisiaj, góry Hercyńskie, które w czasach permo-karbońskich z pewnością były nie niższe, niż Alpy nam współczesne? 2. Co dowodzi, że procesy dyzlakacyjne odbywają się ciągle, chociaż zwykle trudno to zauważyć bezpośrednio?

Poznaliśmy w ogólnym zarysie kulę ziemską, jej skorupę, zmiany, którym litosfera ulega zarówno w budowie wewnętrznej, jak i w kształto-

waniu się nazewnątrz, tudzież czynniki, które to wywołują. Widzieliśmy, jak krążenie wody między morzami, atmosferą i skorupą ziemi daje początek źródłom i wodom płynącym, które, zdążając z powrotem do morza, rzeźbią lądy stałe. Stwierdziliśmy, że obniżaniu się kontynentów z tego powodu przeciwdziałają siły wewnętrzne, dzięki którym całe płyty litosfery to fałdują się, to zapadają lub podnoszą się, tworząc nowe wyniosłości. Wiemy, że granice między oceanem a kontynentami zmieniają się również, nieznacznie ale ciągle, a na dnie mórz i na powierzchni lądów powstają pod mechanicznym działaniem wody i powietrza lub dzięki pewnym organizmom, w innych zaś wypadkach jako osad chemiczny — nowe pokłady skał osadowych, które grzebią w sobie cały świat nam współczesny roślin i zwierząt na świadectwo przyszłym epokom. Świat organiczny ulega zresztą niemniej ciągłej przemianie, jak tego dowodzą skamieniałości, w rozmaitych okresach dziejów ziemi odmienne i o właściwym charakterze. A jak to podnosi w pierwszej połowie ubiegłego stulecia jeden z najznakomitszych geologów, Karol Lyell<sup>1)</sup> (Lajel), działają na nią dzisiaj mniej więcej te same czynniki i siły, co w dawno minionych perjodach dziejów geologicznych z tem tylko, że zawsze od czasu do czasu przychodzą okresy ich działania szczególnie wzmożonego, dając początek epokom lodowym (np. epoka lodowa dyluwjalna), procesom piętrzenia się potężnych łańcuchów górskich na całej powierzchni ziemi (Alpy, Himalaje, Kordyljery w czasach trzeciorzędnych, góry Hercyńskie, Ałtaj, Appalachy w perjodzie karbońskim czyli węglowym), a w związku z tem przeobrażeniami szybszym także w świecie organicznym.

Jeżeli zaś wszelkich zmian tego rodzaju bezpośrednio — zarówno w przyrodzie martwej, jak i w świecie istot żyjących — nie możemy zauważyć w całej ich doniosłości, to przyczyną tego krótkość życia człowieka. Jest to zatem tylko złudzenie, że przyroda nie zmienia się bez przerwy, chociaż zwolna, tak jak byłoby złudzeniem, gdyby istota jakaś, żyjąca tylko sekundę, twierdziła, że wskazówka godzinowa na zegarze nie obraca się, bo ona tego nie widzi.

Potęga geologicznych czynników leży przedewszystkiem w ciągłości ich działania i w olbrzymiej długości okresów, które tworzą historję geologiczną ziemi. Poznać obraz tych dziejów będzie naszym zadaniem obecnie, a pokażą one najlepiej tę nieprzerwaną pracę sił przyrody, równocześnie ułatwiając zrozumienie niejednego zjawiska współczesnego; z drugiej strony odtworzenie przeszłości naszej planety na podstawie jej śladów w budowie skorupy ziemskiej i ukształtowaniu się powierzchni ziemi, znajdzie oparcie w znajomości procesów nam współczesnych.

**Pytania.** 1. Na czem opierasz się, twierdząc, że Europa przebywała w czasach dyluwjalnych okres lodowy? Czy udowodnienie tego byłoby możebne bez znajomości lodowcowych zjawisk obecnych? 2. Jeżeli Alpy ulegną z czasem zupełnemu zniszczeniu, co będzie dowodzić ich istnienia obecnego? 3. Jakie mamy dowody, że granice między morzami a kontynentami nie są stałe? 4. Wykaż na przykładach, że także biosfera ulega ciągłym przemianom i w dawnych „perjodach“ geologicznych przedstawiała się inaczej, niż obecnie.

<sup>1)</sup> Karol Lyell (1797—1875) wywarł dziełem swoim „Zasady geologii“ na rozwój tej nauki wpływ podobny, jak Darwin na postęp nauk biologicznych. Spoczywa w opactwie Westminsterskiem, gdzie Anglja chowa swoich najznakomitszych obywateli.



## 2. O skamieniałościach i ich znaczeniu.

**Pytania.** 1. Opierając się na wiadomościach o florze warstw „systemu węglowego“ (por. str. 110), wyprowadź wnioski co do wieku skał z dwóch oddalonych okolic. Jakie będą te wnioski, jeżeli skały zawierają takie same skamieniałości? 2. Sądząc ze stosunków obecnych, co możesz twierdzić o warunkach, w jakich powstały wapienie litotamnjowe, znajdowane u nas w okolicy Lwowa, na Podolu, w ziemi kieleckiej i t. d.? 3. Co można wnosić o morzach, w których współcześnie osadzały się skały zupełnie podobne, ale ze skamieniałościami w pewnym stopniu odmiennymi?

Jak w skałach towarzyszących węglowi kamiennemu (por. str. 110), tak samo we wszystkich innych skałach osadowych znajdujemy zazwyczaj ślady roślin i zwierząt, współczesnych tworzeniu się danej skały; nazywamy je wogóle *skamieniałościami*. Są to albo tylko odciski, np. liście jakiejś rośliny (por. ryc. 91), albo odlewy wnętrza skorupy rozmaitych mięczaków, czyli ich jądra kamienne, inaczej ośrodki, albo wreszcie same muszle, z których jednak pozostała tylko masa wapienna, zazwyczaj bez połysku i barwy (por. ryc. 158), z węglone lub skrzemieniałe pnie drzew i t. p. Resztki takie roślin i zwierząt są dla poznania dziejów ziemi ogromnego znaczenia; z nich właśnie *paleontologia* odtwarza całą faunę i florę okresów o miliony lat od nas oddalonych<sup>1)</sup>.

*Znaczenie skamieniałości* polega atoli nie tylko na tem, że na nich opiera się znajomość dawnej flory naszej planety; skamieniałości bowiem dopiero czynią rzeczą możliwą ściśle oznaczanie wieku wszystkich skał osadowych. Jeżeli mamy cały system warstw ułożonych prawidłowo, jedne nad drugimi, jak osadzały się w kolei czasu, oczywiście utwory starsze od warstw danych będą zawsze pod niemi (w ich „spągu“), młodsze znajdują się nad niemi (w ich „stropie“). W tym więc wypadku nietrudno określić wiek względny warstw górnych względem dolnych i naodwrot. Gdybyśmy jednak oparli się wyłącznie na tej zasadzie, to przy pewnych zaburzeniach tektonicznych mogliśmy łatwo w błąd popaść, a okazałoby się rzeczą wprost niemożliwą porównywać wiek skał osadowych z dwóch oddalonych miejscowości. Właśnie w takich razach przychodzi na pomoc paleontologia.

Mówiąc o faunie i florze czasów węgla kamiennego, wspomnieliśmy, że posiada ona wspólne cechy znamienne — tak dobrze w Europie, jak w Ameryce i w Chinach. Wszędzie spotykamy w towarzystwie tego węgla owe oddawna już wymarłe sygilarje, lepidodendrony, lub pewne drzewiaste paprocie, tak charakterystyczne dla perjodu węglowego w dziejach ziemi. Jeżeli zatem znajdziemy w jakichś warstwach odciski liści i t. p. roślin dopiero wspomnianych, możemy na pewne powiedzieć, że te skały należą do „węglowego systemu“, chociażby wśród nich nie było samego węgla. Nie wszędzie bowiem tworzył się węgiel w czasach perjodu karbońskiego (mógł przytem powstać kiedy indziej!) i wogóle skały nawet zupełnie współczesne mogą się różnić sposobem wykształcenia

<sup>1)</sup> Już w czasach starożytnych wielu uczonych pojmowało zupełnie trafnie naturę skamieniałości, ale w wiekach średnich, a nawet i później przypisywano im przeważnie pochodzenie nieorganiczne, widząc w nich „igraszki natury — lusus naturae“. Do pierwszych, którzy wystąpili w tych czasach za ich pochodzeniem organicznym należy jeden z najznakomitszych ludzi epoki odrodzenia, wielki artysta i myśliciel Leonardo da Vinci (1452—1519).

## CZĘŚĆ II.

### I. Najważniejsze wiadomości z geologii historycznej.

#### 1. Co to jest stratygrafia, paleogeografia i paleontologia.

**Pytania.** 1. W jakich warunkach mogą się tworzyć piaskowce (utwór morski, pustyniowy i t. p.) i jak to poznasz na skale? 2. Co nazywamy skamieniałościami i do czego mogą one służyć w geologii? 3. Co wnosimy ze znajdowania się skał morskiego pochodzenia na obszarze dzisiejszych kontynentów?

Najdawniejszy okres w dziejach ziemi przedstawiają te czasy, kiedy była ona jeszcze w stanie gazowym, a później ognisto-ciekłym.

Z chwilą, kiedy wytworzyła się stała skorupa na kuli ziemskiej, rozpoczyna się nowa faza w jej rozwoju. Geologia historyczna stara się poznać i odtworzyć dzieje ziemi przy pomocy danych, jakich dostarcza właśnie litosfera. Każdy bowiem moment w dziejach naszej planety zaznaczał się powstawaniem na jej powierzchni nowych skał lub niszczeniem już istniejących, a badanie ich natury, następstwa i czasu powstania czyli, jak mówimy, wieku geologicznego, sposobu ułożenia, tudzież skamieniałości, które zawierają, dostarcza najważniejszego materiału dla poznania geologicznej przeszłości ziemi. Litosfera — to jakby olbrzymie archiwum dla geologa jako historyka ziemi, zaś skały, z których jest zbudowana, to dokumenty, które się tam przechowały. Zbadaniem i uporządkowaniem tych materiałów archiwalnych, a następnie przeprowadzeniem podziału ich ze względu na czas, do którego się odnoszą, przy pomocy skamieniałości i t. p. zajmuje się stratygrafia. Stąd jasny jest jej związek najściślejszy z geologią historyczną, której bardzo ważną część stanowi paleogeografia<sup>1)</sup>, t. j. nauka o morzach, kontynentach i t. d. ubiegłych epok geologicznych.

Nauka o dawnych roślinach i zwierzętach, których skamieniałości znajdujemy w skałach skorupy ziemi, nazywa się paleontologią<sup>2)</sup>. Odgrywa ona z wielu względów bardzo ważną rolę wobec geologii historycznej.

**Pytania i zadania.** 1. Jeżeli warstwy ułożone są normalnie, to które z nich są starsze od warstwy danej — leżące nad nią czy pod nią? 2. Ustal następstwo warstw skorupy ziemi w najbliższej okolicy, staraj się zebrać w nich skamieniałości i stwierdź, czy różnią się i o ile, jeżeli pochodzą z warstw odmiennych.

<sup>1)</sup> palaiós (gr.), stary, dawny. <sup>2)</sup> palaiós (gr.) i on (gr.), to, co istnieje.

czyli facją, np. wapień koralowy i osadzone z nim równocześnie jakieś piaskowce lub warstwy ilaste. Fauna warstw takich będzie jednak zawsze wykazywała pewne cechy wspólne, poza różnicami, wywołanymi przez odmienne warunki nie tylko dla tworzenia się skały, lecz także i dla życia organizmów.

Tak samo i inne pokłady osadowe, późniejsze lub wcześniejsze od należących do systemu węglowego, mają swoje charakterystyczne czyli *przewodnie skamieniałości*. Pozwalają one porównywać co do wieku geologicznego skały nawet z oddalonych krajów, jak to wykazał Smith<sup>1)</sup>, geolog angielski, a prócz tego można na ich podstawie wysnuwać jeszcze inne wnioski co do warunków klimatycznych, jakie panowały w miejscu, gdzie tworzyła się dana skała i t. p., a nawet co do rozmieszczenia mórz i lądów. Wiemy bowiem, że np. flora tropikalna ma inny charakter, aniżeli flora strefy umiarkowanej, koral rafowe mogą rozwijać się tylko w pasie przybrzeżnym mórz międzyzwrotnikowych, a fauna wód, rozdzielonych większymi masami kontynentalnymi, różni się nawet przy tych samych warunkach klimatycznych.

Przekonano się przytem na podstawie znajdowanych skamieniałości, że im pokłady dawniejsze, tem współczesna im flora i fauna różni się stopniowo coraz bardziej od dzisiejszej. Oczywiście przemawia to za po-  
wolnym, ale ciągłym rozwojem świata organicznego.

W pierwszej połowie ubiegłego stulecia pojmowano naogół inaczej zmiany świata roślinnego i zwierzęcego w ciągu dziejów geologicznych, idąc za Cuvierem<sup>2)</sup>, znakomitym twórcą nauki paleontologii. Przypuszczano, że każdy perjod geologiczny kończył się jakąś wielką katastrofą, w której znajdowały swój grób ówczesne zwierzęta i rośliny; z następną epoką nowy świat organiczny zaludniał morza i kontynenty. Ta „teoria katastrof“ miała tłumaczyć przyczynę różnic we florze i faunie poszczególnych perjodów.

**Zadania i pytania.** 1. Z odcisków wklęsłych zewnętrznej powierzchni rozmaitych muszli (odciski ujemne) sporządź przy pomocy kitu szklarskiego odciski dodatnie. 2. Określ, o ile różni się odcisk ujemny od powierzchni skamieniałości właściwej. 3. Jądra kamienne małżów kopalnych porównaj z zewnętrzną powierzchnią skorupy form żyjących obecnie; weź do pomocy odpowiednie ustępy i ryciny w zoologii. Odszukaj na jądrach kamiennych odciski mięśniowe, ślady brzegów płaszcza i zamku. 4. Skamieniałe drzewa nie są skamieniałościami rzadkimi. Sporządź z takiego okazji płytkę sposobem używanym w petrografii (por. str. 16, zadanie 1) i zbadaj ją dokładnie pod mikroskopem. 5. W jakich warunkach tektonicznych warstwy młodsze leżą pod starszemi, co nieraz wykazują dopiero skamieniałości? 6. Czy skały wybuchowe zawierają skamieniałości? 7. W jaki sposób określiłbyś wiek geologiczny skały wybuchowej, biorąc pod uwagę jej stosunek do skał osadowych, zjawiska metamorfizmu kontaktowego i t. p.? 8. Czy w geologii jest możliwe określenie czasu liczbą lat czy też stuleci? 9. Jakie znasz zjawiska i procesy geologiczne, związane z pewnymi warunkami klimatycznymi? Przedstaw znaczenie ich dla geologii historycznej.

<sup>1)</sup> William Smith (1796—1839), inżynier angielski, pierwszy poznał wielkie znaczenie skamieniałości dla oznaczania wieku geologicznego warstw skorupy ziemskiej. Znakomitem dziełem jego mapa geologiczna Anglii, wzór późniejszych map tego rodzaju.  
<sup>2)</sup> Jerzy L. Cuvier (1769—1832) był profesorem w uniwersytecie paryskim. Badania jego nad skamieniałościami okolicy Paryża dały początek paleontologii naukowej.

### 3. Podział warstw skorupy ziemskiej według chronologii geologicznej.

**Pytania.** 1. O których systemach geologicznych były już dotychczas krótkie wzmianki i przy jakiej sposobności? 2. Czy skamieniałości znajdujemy we wszystkich częściach skorupy ziemi, poczynając od najstarszych? 3. Co możesz wnosić o odległości perjodu węglowego czyli karbońskiego od chwili obecnej? Na jakich faktach już znanych ci oprzesz swoje przypuszczenia?

Mieliśmy już sposobność (str. 24) dowiedzieć się, że najstarsze utwory naszej litosfery noszą nazwę archaicznych<sup>1)</sup>. Przedstawiają one w całości t. zw. grupę archaiczną wśród skał warstwowych.

Na nich spoczęły utwory, które tworzą grupy: eozoiczną<sup>2)</sup>, paleozoiczną<sup>3)</sup> mezozoiczną<sup>4)</sup> i kenozoiczną<sup>5)</sup>. Odpowiadają im w historii ziemi *ery* tej samej nazwy. Każda z grup rozpada się następnie na *systemy*, a w chronologicznym podziale era na *perjody*; systemy znowu dzielą się na *serje* i na *piętra*, które są utworami odpowiednich *epok* i odpowiedniego wieku.

Podział wszystkich skał warstwowych skorupy ziemskiej, jak go podaje stratygrafia, przedstawia się schematycznie, jak następuje:

Grupy	Systemy	Serje i piętra <sup>6)</sup>	Krótką charakterystyką świata roślinnego i zwierzęcego w odpowiednich erach	
Kenozoiczna	Czwartorzędny	Aluwjum	Człowiek zajmuje pierwsze stanowisko w przyrodzie Mamut, niedźwiedź jaskiniowy i t. d. współcześnie z najstarszym znanym człowiekiem	
		Dyluwjum		
	Trzeciorzędny	Neogen	Pliocen	Okres wszelkiego rodzaju ssawców; w faunie mięczaków morskich coraz większy procent nawet gatunków dzisiejszych. We florze dominują rośliny okrytozalążkowe, przede wszystkim dwuliścienne, także jednoliścienne Amonity, belemnity i t. p. już nie istnieją
		Paleogen	Miocen	
	Oligocen			
	Eocen			
Mezozoiczna	Kredowy	Górna kreda	Senon	Faunie kręgowców nadają charakter olbrzymie gady. W triasie pojawiają się pierwsze ssawce, a w jurze najstarsze ptaki; pośród ryb występują coraz obficiej kostnoszkieletowe Z pomiędzy głowonogów szczególnie znamienne t. zw. amonity i belemnity Ramienionogi jeszcze liczne, chociaż fauna ich znacznie uboższa, niż w erze paleozoicznej Flora odznacza się panowaniem sagowców i roślin szpilkowych, ale już w kredzie zjawiają się masowo rośliny dwuliścienne; paleozoicznych trylobitów i t. d. niema zupełnie, tak samo lepidodendronów; sygillarie i pokrewne drzewiaste widłaki z nieznanymi wyjątkami także nie istnieją
			Turon	
		Cenoman		
		Gault		
	Dolna kreda	Neokom		
		Jurajski	Górna jura albo malm	
	Średnia jura albo dogger			
	Dolna jura albo lias			
	Triasowy	Kajper z retem	Wapień muszlowy	
			Pstry piaskowiec	

<sup>1)</sup> archaiós (gr.), starożytny. <sup>2)</sup> eós (gr.), jutrzienka; zóon (gr.), zwierzę. <sup>3)</sup> palaiós (gr.), dawny. <sup>4)</sup> mézos (gr.), środkowy. <sup>5)</sup> kainós (gr.), nowy. <sup>6)</sup> Podział na piętra tylko przykładowo.

Grupy	Systemy	Serje i piętra <sup>1)</sup>	Krótką charakterystyką świata roślinnego i zwierzęcego w odpowiednich erach
Paleozoiczna	Permski (dias)	Górny perm	Kregowce, tylko najniższe, pojawiają się z wolna, poczynając od syluru; najpierw ryby chrzęstnoszkieletowe (np. wygaste ryby pancerne), potem płazy i pierwsze gady. Zato w okresie kambryjskim, sylurskim i dewońskim bardzo bogata fauna trylobitów Ramienionogi, a tak samo liljowce dochodzą szczytu swego rozwoju  Flora złożona zrazu przeważnie z rodniovców; olbrzymie drzewiaste widłaki, skrzypy i paprocie; najwyższe rośliny należą do nagozależkowych, które już w permie wysuwają się na plan pierwszy
		Dolny perm	
	Węglowy	Górny karbon	
		Dolny karbon	
	Dewoński	Górny dewon	
		Średni dewon	
		Dolny dewon	
	Sylurski	Górny sylur	
		Dolny sylur	
	Kambryjski	Górny kambr	
Średni kambr			
		Dolny kambr	
Eozoiczna <sup>2)</sup> (algonkjańska)			W pokładach grupy tej znaleziono dotychczas tylko ślady skamieniałości i to bardzo rzadkie
Archaiczna <sup>3)</sup>			Bez skamieniałości

Warstwy, odpowiadające tym grupom i systemom, znajdują się w skorupie ziemskiej rozmaicie ułożone.

Trzeba jednak pamiętać, że nigdzie niema w jednym i tem samym miejscu wszystkich wyżej wymienionych grup i systemów bez przerw i w całości. Morze jużto zalewało dany obszar, jużto z niego ustępowało. Podczas zalewu powstawały rozmaite osady; w okresach kontynentalnych często nie tylko nie tworzyły się nowe warstwy trwałe, lecz nawet już istniejące z wolna ulegały zniszczeniu. Ta właśnie okoliczność, nie mniej jak miejscowe wypiętrzenia warstw skorupy ziemskiej przez fałdowanie, powodują, że najstarsze skały znajdujemy nieraz na powierzchni ziemi lub w nieznacznej głębokości, np. w dolinach rzek silnie wciętych. Przy kompletnej serji utworów osadowych i ich poziomem ułożeniu najdawniejsze warstwy musiałyby się znajdować w głębokościach wprost niedostępnych przy miąższości poszczególnych systemów idącej w tysiące metrów.

**Pytania.** 1. Jakie ułożenie warstw zaznacza, że wyższe nie są bezpośrednio młodsze od tych, na których spoczywają? 2. Czy z braku pewnych warstw w danym miejscu można wnosić jedynie, że się nie osadziły, czy też możliwe są jeszcze inne wnioski? 3. Dlaczego faza kontynentalna przedstawia zazwyczaj okres strat, a faza morska czasy powstawania nowych osadów? 4. Na jakich obszarach kontynenty zachowują się poczęści, jak baseny morskie, gdyż tworzą się tam ciągle nowe warstwy ze skał niszczonej, a mało ubywa materiału już istniejącego?

<sup>1)</sup> Podział na piętra tylko przykładowo dla paru systemów. <sup>2)</sup> Dawniej nazywana hurońską od jeziora Hurońskiego w Ameryce Północnej. <sup>3)</sup> Dawniej laurentyjska.

#### 4. Zwięzły szkic stratygrafji skorupy ziemskiej w związku z dziejami geologicznymi ziemi.

##### a) Grupa archaiczna.

**Pytanie.** Co wiesz o własnościach skał najstarszych skorupy ziemskiej? Czem tłumaczymy sobie ich odrębny charakter i jakie znamy ich główne rodzaje?

Grupa archaiczna przedstawia najstarsze skały skorupy ziemskiej i złożona jest — jak już wiemy — z łupków krystalicznych. Wśród potężnej masy gnejsów, miąższości wielu tysięcy metrów, zaznacza się ku górze coraz większa przewaga łupków łyszczykowych i t. p. Nierzadko spotyka się w grupie skał archaicznych kwarcyty, czasem wapienie krystaliczne, niekiedy skały nawet ze śladami budowy okrucowej. Poza tem towarzyszą im zawsze wielkie masy granitu, dalej sienity, dioryty i t. p. Znamienne jest dla tej najstarszej grupy skał skorupy ziemskiej, że zwykle są one bardzo silnie pofałdowane.

Skamieniałości niema w łupkach archaicznych. Prawdopodobnie przez cały czas trwania tej ery warunki na ziemi nie odpowiadały istnieniu świata organicznego. Kuliste skupienia serpentynowo-wapienne, spotykane wśród wapieni archaicznych zarówno w Ameryce, jak i w Europie i znane pod nazwą Eozoon canadense, okazały się utworem pochodzenia nieorganicznego.

Skały grupy archaicznej występują w dwojaki sposób: czasem w postaci całych płytów litosfery, np. jako t. zw. masywy krystaliczne (tarcza skandynawska, obejmująca przeważną część półwyspu Skandynawskiego z Finlandją i płyta wołyńsko-ukraińska, tarcza kanadyjska tudzież masyw wschodnio-azjatycki na półkuli północnej i również trzy masywy półkuli południowej: brazylijski, afrykański i australijski), a obok tego tworząc w wielu górach łańcuchowych ich trzony tam, gdzie warstwy zostały najsilniej sfałdowane i wypiętrzone, np. Alpy, Atlas, Himalaje, Andy i t. d.

Grupa archaiczna obfituje w żyły i inne złoża kruszcowe.

**Pytania.** 1. Czy mamy jakieś wskazówki w charakterze, budowie i t. p. niektórych skał archaicznych, że już w tej erze, w okresie późniejszym, istniała na ziemi hydrosfera? Kiedy dopiero mogła ona powstać? 2. O ile warunki fizyko-geograficzne w czasach archaicznych nie sprzyjały, jak możemy przypuszczać, rozwojowi świata organicznego? 3. Czy wszystkie łupki krystaliczne są wieku archaicznego?

##### b) Grupa eozoiczna albo algonkjańska<sup>1)</sup> lub hurońska.

Przeważnie tworzą ją obok fylitów i kwarcytów rozmaite skały z charakterem już wybitnie okrucowym, jak zlepierce, piaskowce, łupki ilowe, dalej wapienie, dolomity i t. p. Niezgodne ułożenie warstw algonkjańskich na archaicznych zaznacza często bardzo wyraźnie granicę między grupą jedną a drugą. Źle zachowane i niezmiernie rzadkie skamieniałości zwierząt przeważnie — jak się zdaje — bez szkieletu wapiennego, lecz ze skorupkami rogowymi, dalej węgiel dowodzą, że w erze tej już istniał najdawniejszy świat istot organicznych; stąd nazwa druga: era eozoiczna.

<sup>1)</sup> Algonkjan — nazwa pewnego szczepu Indian Ameryki Północnej.

Warstwy eozoiczne widzimy rozwinięte najlepiej w Ameryce Północnej: w Kanadzie, nad jeziorem Górnem, w dorzeczu Kolorado (w kanjonie tej rzeki wspaniałe odsłonięcia). W Europie znajdujemy je przede wszystkim w Finlandji, także na półwyspie Skandynawskim (u nas, wśród gładów narzutowych, nierzadko znajdują się eozoiczne, czerwone piaskowce t. zw. „Dala“<sup>1)</sup>, przyniesione przez lodowice ze Szwecji), w Szkocji, w Bretanji i t. d.; tu należy — być może — t. zw. „piaskowiec owrucki“, który w północno-zachodniej części płyty ukraińsko-wołyńskiej leży na wielkiej przestrzeni wprost na tamtejszych granitach archaicznych. W Finlandji widzimy wśród warstw eozoicznych najstarszy znany pokład węgla antracytowego. Zasługują na uwagę ślady olbrzymich lodowców algonkjańskich, w postaci moreny dennej, w Kanadzie i Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej.

I w tych utworach spotyka się tu i ówdzie złoża kruszcowe, a sławne są olbrzymie złoża kruszców miedzi i miedzi rodzimej, które w nich znajdują się, w związku ze skałami wybuchowymi, nad jeziorem Górnem w Ameryce Północnej.

**Pytania.** 1. Co można wnosić o długości trwania ery eozoicznej z tego, że wśród skamieniałości tych czasów znajdują się ślady nawet członkonogów? 2. Czem tłumaczysz rzadkość skamieniałości w warstwach algonkjańskich? 3. Jaki świat, roślinny czy zwierzęcy, musiał się wprawdzie pojawić na kuli ziemskiej i dlaczego?

### c) Grupa paleozoiczna.

Grupę tę tworzą u spodu rozmaite ciemne łupki iłowe, przechodzące w fylity, dalej szare, twarde piaskowce drobnoziarniste w towarzystwie łupków, zwane „szarowaką“ (z niemieckiego), także nierzadko kwarcyty i podrzędnie ciemne wapienie; ku górze znajduje się coraz więcej wapieni, obok nich rozmaite piaskowce, łupki iłowe, dolomity i t. p. Ze skał wybuchowych widzimy wśród starszych utworów paleozoicznych żyły granitu, sienitu, diabazy, wśród młodszych — porfiry i melafiry.

Świat organiczny najdawniejszych utworów paleozoicznych, składa się z samych zwierząt bezkręgowych i z roślin, wśród których najwyższe są rodniovcami. Kręgowce, mianowicie ryby ze szkieletem chrząstkowym (ryc. 137), pojawiają się dopiero w systemie sylurskim, a gady były najwyższymi zwierzętami kręgowymi, żyjącymi w tej erze, ale dopiero pod koniec. Są to jednak czasy wielkiego rozkwitu głowonogów, pokrewnych łodzikiowi (ryc. 135 c), ramienionogów<sup>2)</sup> (135 a, 139 b, c) i z pomiędzy szkarłupni — liljowców (ryc. 135 b i 139 d). Z członkonogów zasługują na uwagę skorupiaki — przede wszystkim bardzo charakterystyczne trylobity<sup>3)</sup> (ryc. 132 i 135 e), które jednak nie przeżyły tej ery, tak samo, jak pewne paleozoiczne korale, podobne do dzisiejszych, ale o innym układzie przegród w kielichu (ryc. 138) lub graptolity<sup>4)</sup> (ryc. 134), należące również do jamochłonów,

<sup>1)</sup> Dalarne, prowincja szwedzka. <sup>2)</sup> Zwierzęta z miękkim ciałem, zamkniętym (podobnie, jak małże) między dwiema skorupami zazwyczaj wapiennymi — grzbietową i brzusznią. <sup>3)</sup> Trylobity miały ciało pokryte chitynowym pancerzem, a składające się z trzech części — tarczy głowowej, tułowia, złożonego z szeregu wyraźnych odcinków, i z tarczy ogonowej, u form kambryjskich przeważnie bardzo małej (por. ryc. 132 i 134 e); oczy złożone. Formy późniejsze posiadały zdolność zwińnięcia się. <sup>4)</sup> Graptolity były to drobne stłbiopławy, podobne do niektórych morskich czasów dzisiejszych. Tworzyły kolonie, złożone z chitynowej, wspólnej osi, na której znajdowały się w jednym lub więcej szeregach, również chitynowe komórki z poszczególnymi zwierzątkami. Z połączenia kolonii tego rodzaju powstawały kolonie większe, pływające swobodnie w wodzie lub przyrastające do wodnych roślin i t. p.

mianowicie do stłbiopławów. We florze panowały drzewiaste paprocie i najstarsze nagozależkowe, zbliżone jeszcze do paproci (pteridospermy), skrzypy, widłaki (ryc. 140 i 141); z wyższych roślin widzimy obficie nagozależkowe, typowe dopiero w późniejszych perjodach.

Po utworach archaicznych, zupełnie pozbawionych skamieniałości, i algonkjańskich, w których znajdujemy ledwie ślady świata organicznego, spotyka się w grupie paleozoicznej po raz pierwszy faunę i florę bogatą, urozmaiconą i z szerokim rozpostarciem geograficznym. To też dopiero w obrębie tej grupy daje się przeprowadzić podział nie tylko na systemy, lecz także na serje i piętra, scharakteryzowane rozmaitemi skamieniałościami przewodniemi. Dzięki temu można porównywać poszczególne poziomy stratygraficzne grupy paleozoicznej nawet w najdalej od siebie położonych okolicach. Rozmieszczenie fauny i flory oraz ich charakter pozwala na wysnuwanie wniosków, dotyczących się rozdziału ówczesnych mórz i lądów, klimatu tych czasów i t. p., a więc odnoszących się do paleogeografii ery paleozoicznej i jej perjodów.

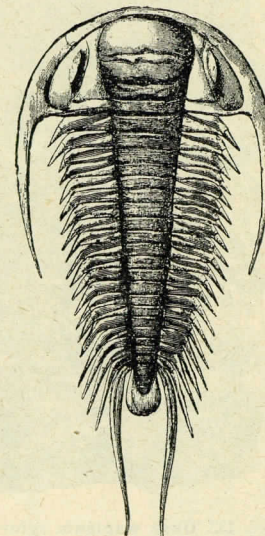
Grupa ta obfituje w bogactwa mineralne. Prócz węgla kamiennego, który znajduje się wśród jej utworów warstwowych głównie w systemie węglowym, występują tu obficie kruszce żelaza (np. Eisenerz w Styrii), ołowiu i srebra (Przybram w Czechach), tudzież złota (Transwaal); w systemie permskim znajdują się potężne pokłady soli kamiennej, być może, największe na całej kuli ziemskiej (Stassfurt, Sperrenberg), warstwy dewońskie w Stanach Zjednoczonych dostarczają olbrzymich ilości nafty i t. d.

**Pytania.** 1. Jakie znasz ryby dzisiejsze ze szkieletem chrząstkowym? 2. Porównaj skorupę łodzika ze skorupą ortocerasa (ryc. 135 c i 136 a). 3. Porównaj układ przegród kielichowych u koralu dzisiejszych i paleozoicznych. Które z nich mają układ promienisty, a które dwubocznie symetryczny? (Ryc. 138 przedstawia jednego z typowych koralu paleozoicznych).

**System kambryjski** jest znany z utworów lądowych i morskich z fauną mało urozmaiconą, składającą się jeszcze z samych zwierząt bezkręgowych, wśród których trylobity zajmują pierwsze miejsce. Z pomiędzy trylobitów zasługuje na uwagę rodzaj *Paradoxides* (ryc. 132), znamienity dla środkowej serji utworów kambryjskich w Europie.

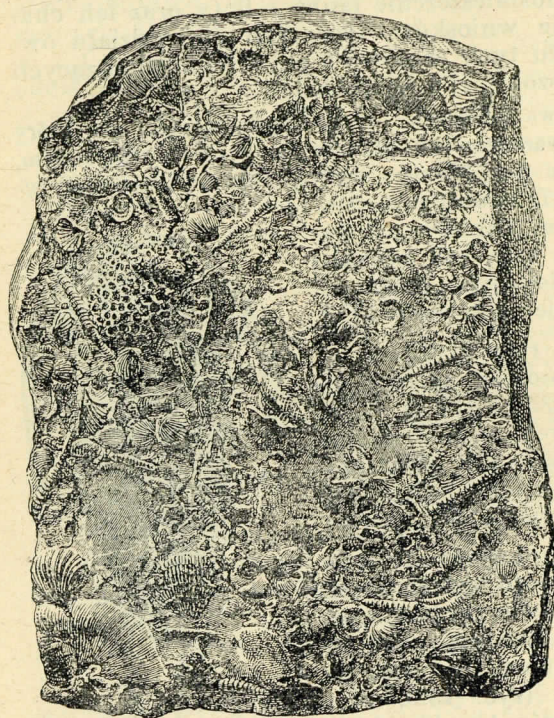
Znajdujemy te warstwy rozwinięte bardzo dobrze i na znacznych przestrzeniach w Europie, między innymi w Anglii, w Czechach, na półwyspie Skandynawskim i na wybrzeżach Estonji, poza Europą przede wszystkim w Ameryce Północnej. W Polsce znany jest kambr z gór Kielecko-Sandomierskich, w których budowie odgrywa rolę niemałą, dochodząc aż do Wisły w okolicy Sandomierza, gdzie tworzy stromy i wysoki lewy brzeg wiślany (t. zw. góry Pieprzowe).

Wschodnia część Ameryki Północnej posiada kambryjskie utwory z fauną europejską. To też uważa się, że kambr Europy i tej części Ameryki jest osadem jednego morza — Atlantyku owych czasów. Natomiast warstwy tego systemu rozwinięte w okolicy gór Skalistych posiadają faunę



Ryc. 132. Trylobit *Paradoxides bohemicus*. (Z Neumayra).

nę odmienną, scharakteryzowaną przede wszystkim brakiem trylobitów z rodzaju *Paradoxides*; taka sama fauna znajduje się w warstwach kambryjskich po drugiej stronie oceanu Spokojnego, w Chinach. Kambrobu tych obszarów jest zatem osadem drugiego oceanu owej doby, odpowiadającego przynajmniej północnej części dzisiejszego oceanu Spokojnego. Oprócz tego są wskazówki, że istniał w tym czasie duży kontynent arktyczny, ciągnący się na północ od Europy przez Grenlandję do Ameryki Północnej i drugi afrykańsko-brazylijski, obejmujący południową część Atlantyku dzisiejszego. Co się tyczy stosunków klimatycznych w czasach kambryjskich, to przedstawiały one przynajmniej lokalnie znaczne różnice. Piaskowce, spotykane na wielkich



Ryc. 133. Okaz wapienia sylurskiego z Podola z tentakulitami (cienkie, stożkowate skorupki), z resztkami ramienionogów, koralami i śladami trylobitów.

już widzieliśmy utwory kambryjskie, na których bezpośrednio spoczywa. W Polsce znajdujemy go w górach Kielecko-Sandomierskich i w znacznej części Podola.

Fauna perjodu sylurskiego była — jak widzimy na licznych skamieniałościach — obfita i urozmaicona, a ślady kręgowców, mianowicie najniższych ryb chrzęstnoszkieletowych pojawiają się już z początkiem syluru. W warstwach tego systemu uderza bogactwo koralów, które często tworzą całe rafy koralowe, a dalej obecność znanych tylko z syluru

<sup>1)</sup> Od nazwy dawnego królestwa Sylurów w Anglii.

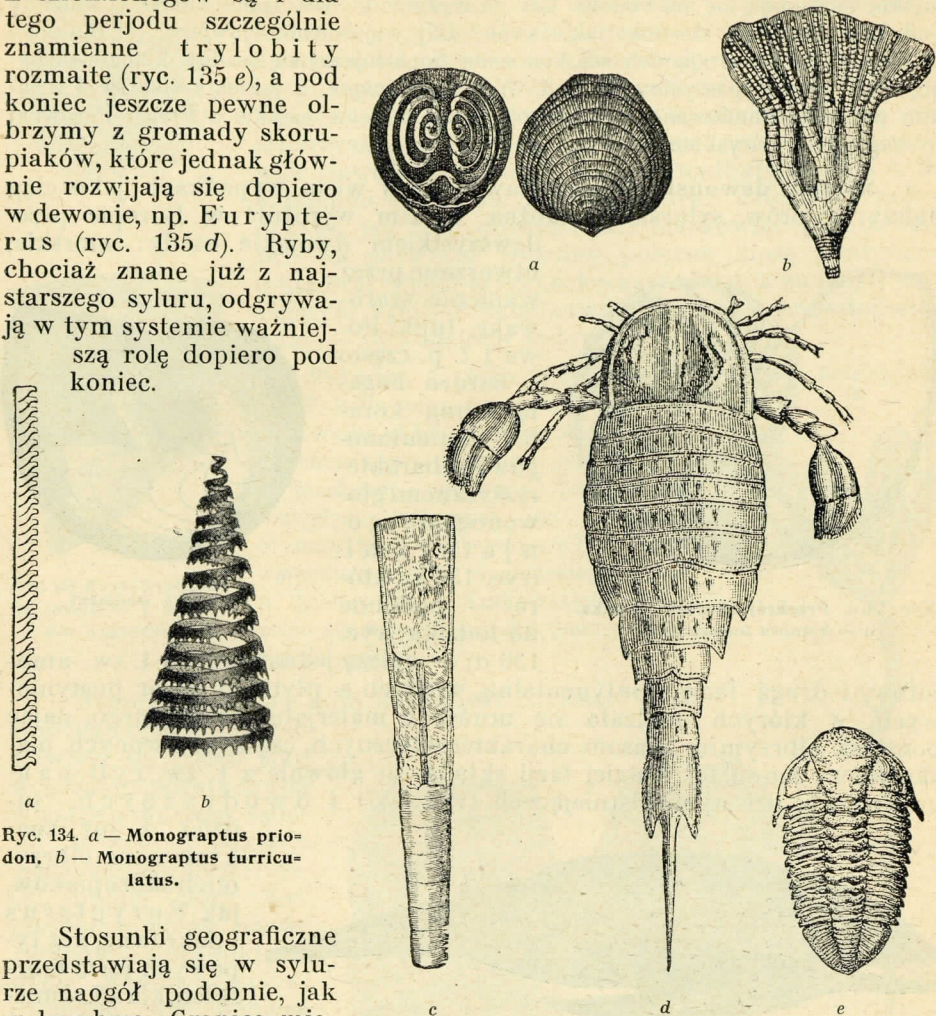
przestrzeniach, z rozmaitymi własnościami znamienne dla eolicznych utworów pustyniowych, dowodzą istnienia w perjodzie kambryjskim rozległych pustyń, a znalezione w północnej Norwegji, w Chinach i w Australji, w związku z utworami tego systemu, typowe moreny denne mówią o istnieniu w kambrze lodowców typu takiego, jak dzisiejsze grenlandzkie; zdaje się, że są to ślady kambryjskiej epoki lodowej.

**Pytania.** 1. Jakie własności skały mogą naprowadzić nas na wniosek, że jest ona osadem pustyniowym? 1. Jak występują warstwy kambryjskie na mapie geologicznej wyżyny kielecko-sandomierskiej i czem to tłumaczysz? 3. Jakie warstwy paleozoiczne graniczą bezpośrednio z kambrem kieleckim? Odpowiedź znajdziesz na odpowiedniej mapie geologicznej.

**System sylurski** <sup>1)</sup> rozwija się w postaci osadu mórza sylurskich w wielu krajach, przede wszystkim tam, gdzie

stłubiopławów, zwanych graptolitami (ryc. 134), tudzież obfitość liljowców (ryc. 135 b) (szkarłupnie), i ramienionogów z rodzajów *Spirifer*, *Atrypa*, *Rhynchonella* i t. d. Między mięczakami zasługują na uwagę ortocerasy (ryc. 135 c) i inne głowonogi pokrewne dzisiejszemu łodzikowi, tudzież t. zw. tentakulity (por. ryc. 133), należące — jak się zdaje — do skrzydłonogów, a wymierające już w dewonie.

Z członkonogów są i dla tego perjodu szczególnie znamienne trylobity rozmaite (ryc. 135 e), a pod koniec jeszcze pewne olbrzymy z gromady skorupiaków, które jednak głównie rozwijają się dopiero w dewonie, np. *Eurypterus* (ryc. 135 d). Ryby, chociaż znane już z najstarszego syluru, odgrywają w tym systemie ważniejszą rolę dopiero pod koniec.



Ryc. 134. a — *Monograptus prionodon*. b — *Monograptus turriculatus*.

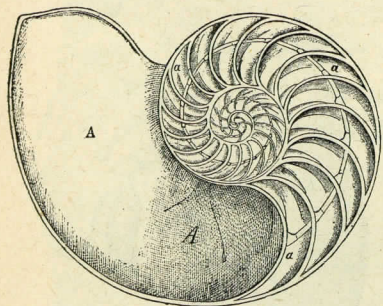
Stosunki geograficzne przedstawiają się w sylurze naogół podobnie, jak w kambrze. Granica między morzami a lądami zmieniała się jednak nieraz w ciągu długiego perjodu sylurskiego, a naogół zaznacza się przede wszystkim wielką transgresją morską kosztem lądu suchego. Klimat był ciepły i mniej więcej jednostajny, jak wskazują koralowe rafy sylurskie, znajdowane nawet w dzisiejszej strefie polarnej. W warstwach zawierających

Ryc. 135. Skamieniałości systemu sylurskiego. a — *Atrypa reticularis*; wewnątrz skorupy skręcone listewki, które podpierają czułkowate ramiona; b — *Lecanocrinus elegans* (liljowiec); c — *Orthoceras* sp.; d — *Eurypterus remipes* z Podola; e — *Dalmanites socialis* (trylobit).

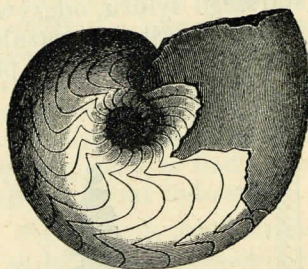
gips i sól kamienną, a znanych ze wschodniej Syberji i Stanów Zjednoczonych, można dopatrywać się utworów pustyniowych. Pod koniec syluru i z początkiem dewonu piętrzy się potężny system gór Kaledońskich w Norwegji, Anglji i Irlandji, a ruchy te dochodzą do dzisiejszej Europy środkowej, zostawiają ślady w Ameryce Północnej i t. d.

**Pytania.** 1. Wyszukaj na mapie geologicznej miejsca, gdzie warstwy sylurskie odsłaniają się na Podolu. Czy na wyżynie kielecko-sandomierskiej widzimy pod tym względem stosunki takie same? Daj wyjaśnienie zjawiska. 2. Dlaczego w warstwach zawierających sól kamienną dopatrujemy się osadów klimatu suchego, często nawet pustyniowego? 3. Wskaż na mapie, z jakich systemów i w jakim porządku zbudowane jest paleozoiczne zagłębienie czeskie z Pragą. Porównaj to zagłębienie z paryskiem.

**System dewoński**<sup>1)</sup> przedstawia się w wielu wypadkach jako ciąg dalszy utworów sylurskich. Można w nim wyróżnić w Europie przede wszystkim dwojaki osady: morskie, utworzone przez

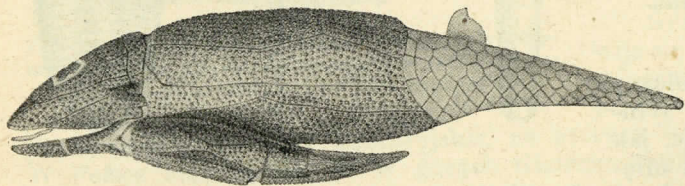


Ryc. 136 a. Przekrój skorupy łodzika. a — komora mieszkalna.



Ryc. 136 b. Goniatyt.

wapienie, szarowakę, łupki ilowe i t. p. często z bardzo bogatą fauną koralii i ramienionogów i z charakterystycznymi głowonogami, goniałkami (ryc. 136 b), które — podobne do łodzika (ryc. 136 a) — należą jednak już do t. zw. amonitów, i drugą fację, kontynentalną, wielkich a płytkich jezior pustyniowych, w których osadzało się mnóstwo materiału piaszczystego, dając początek olbrzymim masom charakterystycznych, często czerwonych piaskowców; fauna tej drugiej facji składa się głównie z t. zw. ryb pancernych, dzisiaj nie istniejących (ryc. 137) i dwudysznych, tudzież z już znanych nam olbrzymich skorupiaków, jak Eurypterus i pokrewne, bez typowych form morskich, koralii, ramienionogów i t. p.



Ryc. 137. Devon. Asterolepis (ryba pancerna).

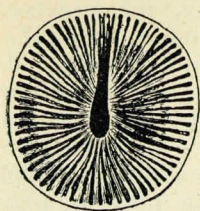
Morski dewon widzimy w Europie znakomicie rozwinięty np. nad Renem, w Harcu, w Czechach, a w Polsce w górach Kielecko-Sandomierskich i w Krakowskim; system dewoński w facji lądowej (t. zw. starszy piaskowiec czerwony) zajmuje znaczne przestrzenie w Szkocji, Irlandji, w krajach nadbałtycz-

<sup>1)</sup> Od hrabstwa Devonshire w Anglji.

kich, a u nas na Podolu, skąd jego warstwy są znane pod nazwą kamienia trembowelskiego. W innych częściach świata utwory dewońskie zajmują także wielkie przestrzenie. Odnajdujemy np. morski dewon podobny do europejskiego aż po Himalaje i jeszcze dalej, jako osad

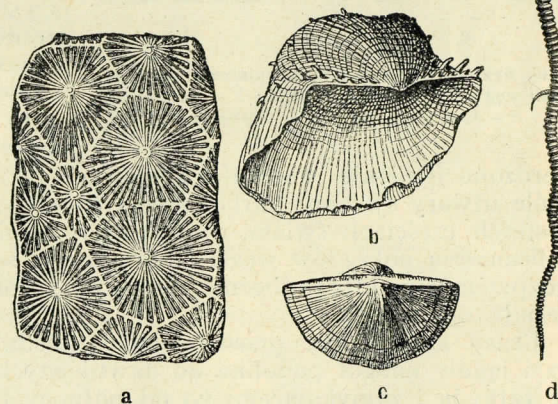
jednego i tego samego morza, zwanego Tethys. Istniało ono już w sylurze, a może i w kambrze, rozpościerając się na wschód od środkowej części dzisiejszego Atlantyku, gdzie obecnie morze Śródziemne, aż do Australji. Na północy znajdował się rozległy ląd stały, obejmujący także północną część dzisiejszej Europy a zwany Atlantydą i na nim to znajdowały się owe jeziorzyska, w których osadzał się czerwony piaskowiec dewoński Szkocji, krajów nadbałtyckich i t. d. Miejscami sięgał ów ląd stosunkowo daleko ku południowi, jak tego dowodzi nasz piaskowiec trembowelski. Na południu widzimy potężną masę kontynentalną brazylijsko-afrykańsko-australską, a na niej w dzisiejszym kraju Przylądkowym ślady — prawdopodobnie — dewońskich lodowców.

**Pytania.** 1. Jakże znasz ryby dwudyszne dzisiaj żyjące? Jakże przystosowanie się znajduje wyraz w ich dwudyszności? 2. Co przemawia za przypuszczeniem, że „stary piaskowiec czerwony“ jest osadem rozległych jeziorzysk na obszarach o charakterze pustyniowym? 3. Jakże wapienie wieku dewońskiego znasz w Kieleckim i Krakowskim, dobrane zdawien dawna jako piękny materiał kamieniarski?



Ryc. 138. Korale Zaphrentis cornicula z wapienia węglowego.

**System węglowy albo karboński.** Utwory morskie tego systemu przedstawiają się często jako wapienie z bogatą fauną właściwą morzom, lądowe zawierają pokłady węgla kamiennego i resztki bujnej flory ówczesnej i noszą nazwę „warstw produktywnych“. Fauna mórz ówczesnych nie odbiega jeszcze znacznie od typu faun starszych (por. ryc. 138 i 139), a odznacza się między innymi bogactwem liljowców, które w tym czasie dochodzą swego najwyższego rozwoju, i zanikaniem trylobitów, które



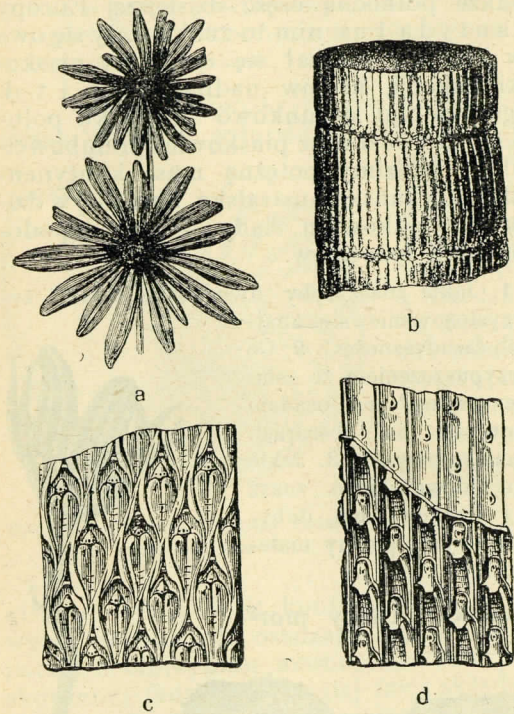
Ryc. 139. Skamieniałości zwierzęce systemu węglowego. a — Lithostrotion canadense (koral); b — Productus semireticulatus (ramienionóg); c — Spirifer striatus (ramienionóg); d — Woodocrinus (liljowiec).

w następnym perjodzie wymierają zupełnie. W warstwach lądowych, dostarczających resztek flory karbońskiej, znajdują się odciski pajęczaków i owadów, a z pomiędzy kręgowców pierwsze na kuli ziemskiej płazy, mianowicie pancierzogłowce (*stegocephala*) i gady.

Świat roślinny perjodu węglowego przedstawia najdawniejszą, bogatą florę, znaną na ziemi. Charakter jej zupełnie inny, niż wegetacji nam współczesnej. Olbrzymie widłaki (*Lepidodendron* i *Sigillaria*), drzewiaste skrzypy (*Calamites*),

zwane kalamitami, należące do skrzypów annularje (por. ryc. 140) i t. p., wreszcie paprocie, mające postać ogromnych drzew, i podobne do nich ale mnożące się przy pomocy nasion pteridospermy nadawały charakter bujnemu światu roślinnemu tych czasów. Z roślin nagonasiennych znane są z warstw węglowych przede wszystkim nagozależkowe kordaity (ryc. 141).

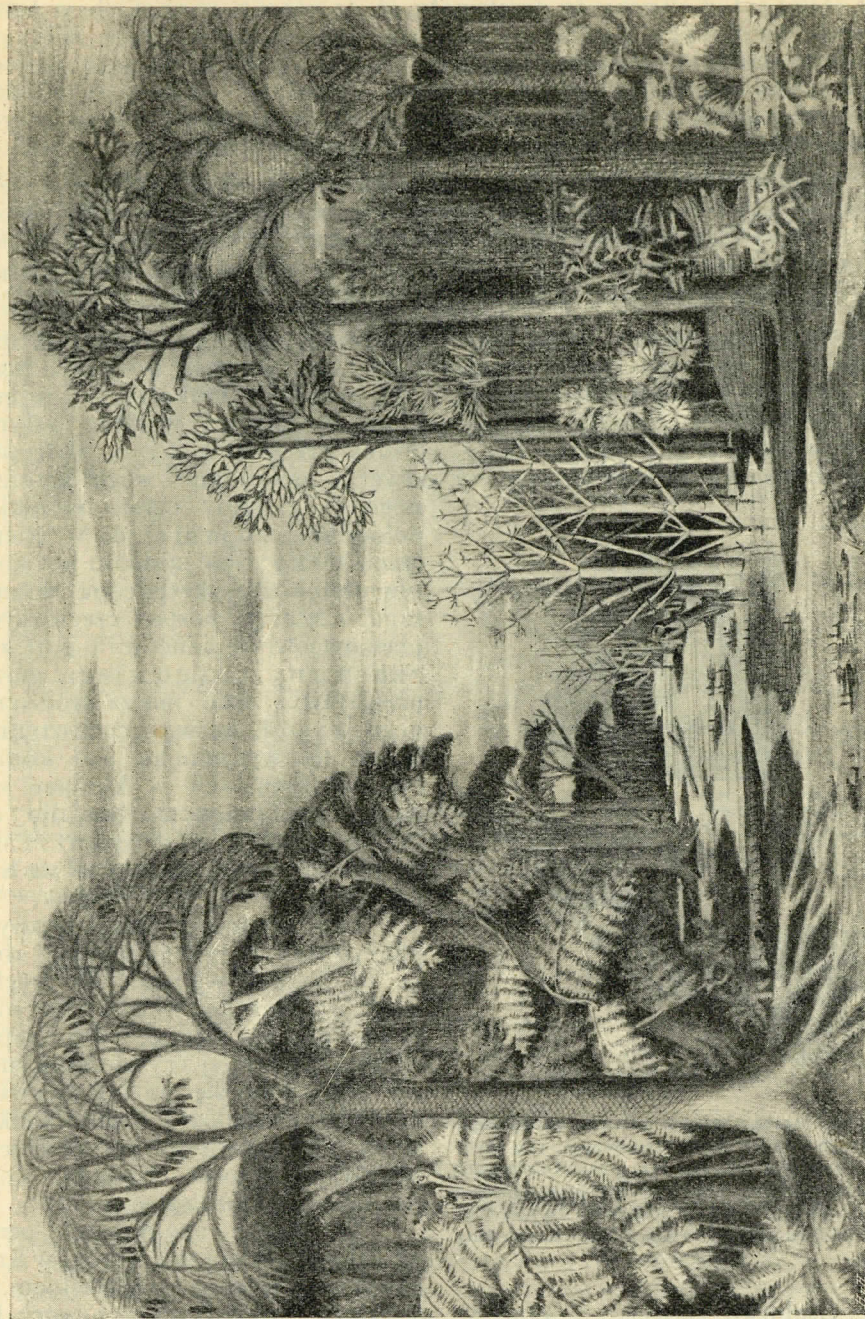
W Polsce znajdujemy system karboński w pierwszym rzędzie na Śląsku i w Krakowskim; jest to t. zw. Śląsko-Krakowskie zagłębienie węglowe. Tylko górna część systemu węglowego, wykształcona jako „formacja produktywna“, zawiera pokłady węgla kamiennego. Dolną serję tworzy w Krakowskim przeważnie morski „wapień węglowy“. Na Śląsku w miejscu wapieni węglowych rozwijają się przede wszystkim współczesne im ciemne łupki iłowe i piaskowce z resztkami roślin lądowych i zwierząt morskich; są to t. zw. „warstwy kulmowe“. W ostatnich czasach



Ryc. 140. System węglowy. Skamieniałości roślinne systemu węglowego. a — Annularia; b — Calamites; c — Lepidodendron; d — Sigillaria.

stwierdzono istnienie wapienia węglowego i kulmu także w Kieleckim. Wogóle utwory systemu karbońskiego znajdujemy w wielu krajach i we wszystkich częściach świata, a o ile są rozwinięte w facji, odznaczającej się obecnością pokładów węgla kamiennego, są wszędzie podstawą wielkiego przemysłu, który obecnie nie może się obejść bez ogromnych ilości materiału opałowego.

Czasy karbońskie, przedstawiając stosunki co do rozmieszczenia mórz i lądów naogół podobne do dawniejszych, z trwającym dalej oceanem Tethyda i zamykającymi go od północy i południa masami kontynentalnymi, z jednego jeszcze względu zasługują na uwagę. Jest to bowiem, jak wiemy, okres spiętrzenia się t. zw. gór Hercyńskich, których szczątki przedstawiają dzisiejsze góry południowej Anglii, Bretanii, środkowa wyżyna francuska, góry nadreńskie, środkowo-niemieckie, Sudety i na-



Ryc. 141. Krajobraz z perjodu węglowego: po lewej ręce na pierwszym planie lepidodendron, dalej drzewiaste paprocie i t. p.; po prawej stronie, sigillaria, dalej dwa potężne kordaity, a w głębi zarosła kalamitów. (Według Potonięgo).

szere góry Świętokrzyskie; poza Europą podnoszą się w tym czasie Appalache, Ałtaj i t. d. Ruchy te przetrwały aż do czasów permskich, a towarzyszyło im dobytecie się olbrzymich mas wybuchowych, które dały początek rozmaitym granitom, porfirom i t. p. O klimacie tego perjodu wiele mówi charakter flory (np. paprocie drzewiaste), tudzież ta okoliczność, że znajdujemy ją bez zmian większych w okolicach równikowych i w strefie polarnej (Szpicberg, Wyspy Niedźwiedzie).

**Pytania.** 1. Jakie znasz kraje, które dostarczają węgla? Który z nich odznacza się największą produkcją w Europie, a który zajmuje pierwsze miejsce pod tym względem na ziemi? 2. Co możesz wnieść o klimacie perjodu karbońskiego z charakteru jego flory i z dalekiego jej zasięgu aż poza koło podbiegunowe? 3. Jakie znasz góry w Europie starsze od gór Herceńskich?

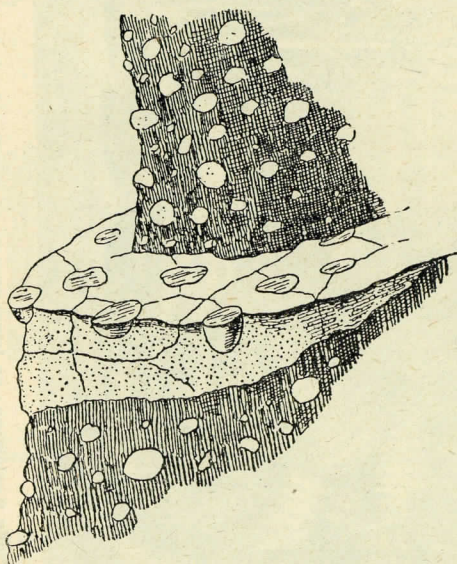
**System permski** <sup>1)</sup> [albo diasowy <sup>2)</sup>] rozwija się bezpośrednio na najwyższych warstwach systemu węglowego, które w wielu miejscach przechodzą w utwory permskie zwolna i bez przerw jakichkolwiek. I tu można rozróżnić w Europie utwory lądowe w postaci warstw ilastych, piaskowców i t. p. z fauną ubogą, złożoną przeważnie z ryb, skorupiaków, z resztkami roślin, niekiedy nawet z pokładami węgla kamiennego — i osady czysto morskich dolomitów, wapieni i t. d. W Niemczech dolna część systemu jest kontynentalna i wykształcona w znacznej części w postaci czerwonych piaskowców, zlepieńców i t. p. (t. zw. czerwony spągowiec); górna przedstawia osad morza śródziemnego i nosi nazwę „cechsztynu“.

Morze to, wysychając pod koniec czasów permskich w klimacie suchym, pustyniowym, osadziło olbrzymie złoża solne (Stassfurt i t. d.), do których należy i nasza sól na Kujawach.

Pod względem faunistycznym i florystycznym system permski zbliża się jeszcze wybitnie do węglowego, chociaż już widzimy w nim pewne objawy, będące jakby zapowiedzią następnej ery mezozoicznej, np. pojawienie się po raz pierwszy liczniejszych gadów i roślin szpilkowych. Flora górnego permu (cechsztynu) ma nawet charakter flory już raczej mezozoicznej.

W Polsce znajdujemy perm przedewszystkiem w Tatrach i w Krakowskim, tudzież w Kieleckim.

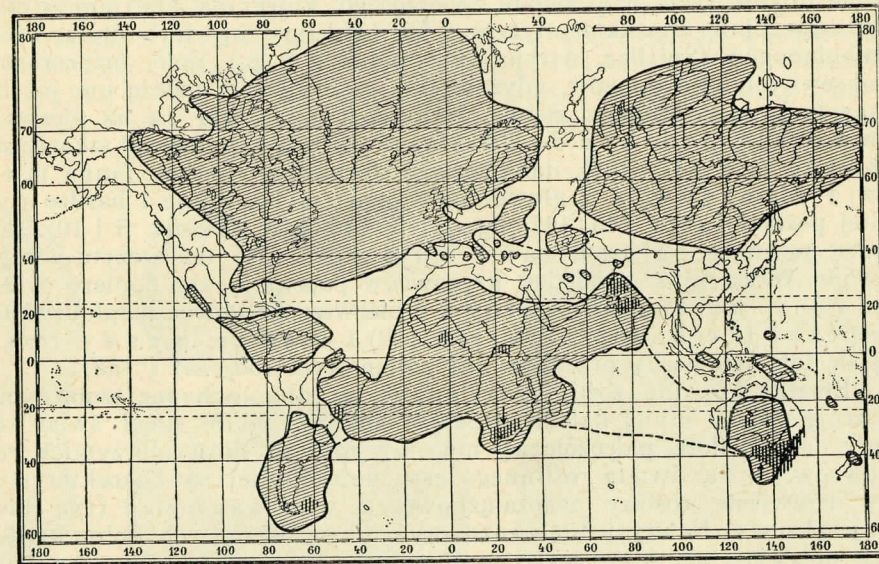
Osobliwe zjawisko z czasów permskich przedstawiają utwory lodowcowe w postaci moreny dennej, ze skałami pod nią charakterysty-



Ryc. 142. Morena denna lodowca permskiego w górach Solnych Indyj Wschodnich. (Na partii ilastej z dużemi głazami leżą piaski, zawierające materiał podobny, które tworzyły masę zupełnie zamarzlą, kiedy lodowiec, cofnawszy się, powrócił w to miejsce, szlifując swoje podłoże). (Według Walthera).

<sup>1)</sup> Od gubernji permskiej w Rosji. <sup>2)</sup> Od podziału na dwie serje [diás (gr.), dwoistość].

cznie wygładzonemi i porysowanemi, a znane z permu Afryki południowej (dolna część lądowych osadów, tworzących t. zw. formację karru), Indyj Przedgangesowych (najstarsza część lądowej formacji gondwana), Australji i Ameryki Południowej. Wielki kontynent południowy, odpowiadający tym dzisiejszym częściom świata i noszący nazwę lądu Gondwana, a oddzielony znanem nam morzem Tethys od mas kontynentalnych na północy, pokrył się w tym czasie potężną oponą lodową, jak dzisiejsza Grenlandja. Spotykamy się w dziejach ziemi znowu z prawdziwą epoką lodową, jak np. jedna, już znana nam z czasów kambryjskich lub dyluwjalna, która poprzedziła chwilę obecną (por. ryc. 142 i 143).



Ryc. 143. Mapa rozmieszczenia mórz i lądów w czasach permskich. Części zakreskowane skośnie oznaczają ląd suchy, kreski pionowe — miejsca z ówczesnemi lodowcami, przy nich strzałka wskazuje kierunek ruchu lodowców.

**Pytania.** 1. Dlaczego złoża solne Stassfurtu i okolicy mają szczególnie wielkie znaczenie i wartość? 2. Opisz bliżej na podstawie ryc. 143 prawdopodobne położenie i granice mórz i lądów perjodu permskiego. Wskaż, według tej samej mapki, gdzie znajdujemy ślady lodowców permskiej epoki lodowej i w jakim kierunku poruszały się owe lodowce. 3. Na jakiej podstawie można w takim wypadku oznaczyć kierunek ruchu mas lodowych?

#### d) Grupa mezozoiczna.

Litologicznie <sup>1)</sup> odznacza się ta grupa obfitością jasnych wapieni i margli, obok których znajdujemy często w znacznych ilościach iły rozmaitego rodzaju i różne piaskowce, zlepieńce i t. d. We wszystkich utworach mezozoicznych Europy zaznaczają się wyraźnie przedewszystkiem dwa odrębne obszary: środkowej Europy i alpejski, który zresztą obejmuje nie tylko Alpy, lecz także całą południową Europę, między innymi nasze

<sup>1)</sup> litos (gr.), kamień; lógos (gr.), nauka; litologja, nauka o skałach.



Tatry i Pieniny. Są to części znanej nam już z czasów paleozoicznych Tethydy, które między sobą różnią się właściwym im światem zwierzęcym.

Era mezozoiczna jest naogół okresem spokoju, stąd pośród utworów geologicznych tej grupy spotyka się rzadko skały wybuchowe, a osadowe leżą zazwyczaj mniej więcej poziomo, z wyjątkiem młodych gór pasmowych, jak np. Alpy, Karpaty, gdzie uległy pofałdowaniu w czasach trzeciorzędnych. Zaznacza się tu jaskrawe przeciwieństwo z utworami paleozoicznymi, które przeważnie uległy silnym dyzlokacjom w czasie ruchów orogenicznych tej ery, a w związku z tem znajdują się często w towarzystwie rozmaitych skał wybuchowych.

Pod względem faunistycznym w czasach mezozoicznych uderza wogóle ubytek tych grup świata zwierzęcego, które dla ery poprzedniej były szczególnie charakterystyczne. Nie widzimy np. trylobitów, wielu ramienionogów (*Spirifer*, *Atrypa*, *Productus* i t. p.), dalej ortocerasów i pokrewnych głowonogów, gdyż w erze mezozoicznej należą one już do wymarłych mieszkańców ziemi. Natomiast wysuwają się na pierwszy plan koralce, podobne do dzisiejszych, a z pomiędzy szkarłupni jeżowce (ryc. 147 i 154), dalej rozwija się bardzo znacznie fauna małżów i ślimaków, a z głowonogów amonity, liczne i bardzo rozmaitej postaci<sup>1)</sup> (ryc. 145, 147, fig. 4 i 6, 148, 149, 154, fig. 5 i 10), dochodzą razem z belemnitami<sup>2)</sup> (ryc. 147 i 154) do szczytu swego rozwoju. Wreszcie z pomiędzy kręgowców pojawiają się dopiero w tej erze ryby kostnoszkieletowe i pierwsze kręgowce ciepłokrwiste, t. j. ptaki (*Archaeopteryx*, ryc. 152) i ssawce, a gady rozwijają się tak, jak nigdy przedtem ani potem (ryc. 150, 151 i 153).

Resztki kopalne roślin, znajduwane w utworach mezozoicznych, wskazują na nie mniej daleko sięgające zmiany, jakim uległ świat roślinny. Jeżeli florę paleozoiczną możemy nazwać florą olbrzymich rodniovców, to dla świata roślinnego ery mezozoicznej są charakterystyczne drzewiaste rośliny nagozalążkowe, a więc sagowce (ryc. 146) i szpilkowe. Należy jednak zaznaczyć, że już w czasach dolno-kredowych pojawiają się w Ameryce masowo pierwsze rośliny dwuliścienne, które niezmiernie szybko obejmują rolę dominującą.

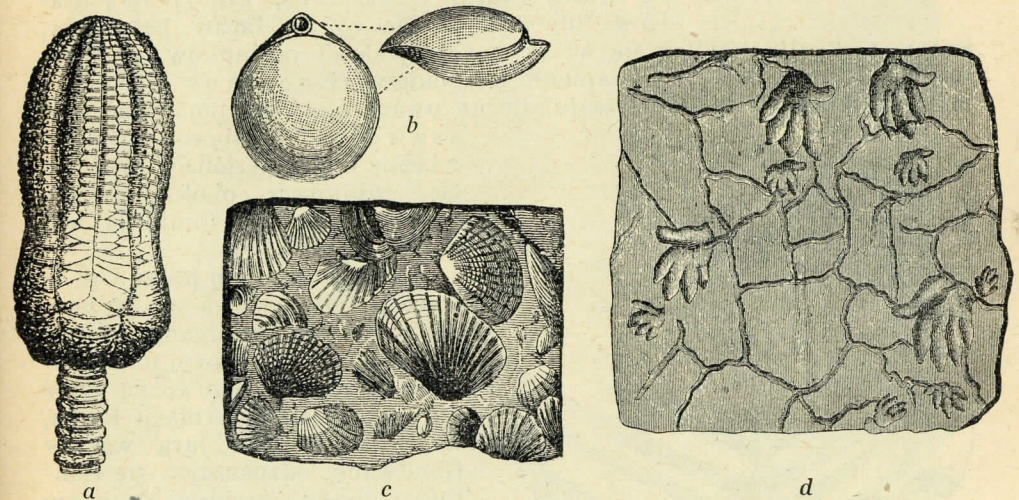
Rozmieszczenie mórz i lądów zatrzymuje w czasach mezozoicznych te główne rysy znamienne, które poznaliśmy już w erze poprzedniej, paleozoicznej. A więc trwa w dalszym ciągu wielkie, śródziemne morze Tethys między dwiema wielkimi masami kontynentów — północną i południową. Równocześnie stwierdzamy jednak, że stopniowo zaczyna się zaznaczać pewne zbliżenie do stosunków późniejszych i obecnych. Między innymi już w jurze widzimy wschodnią część kontynentu Gondwana rozpadłą na części, a prawdopodobnie w perjodzie kredowym zapada się kontynent między dzisiejszą Ameryką Południową i Afryką, zaś morze Tethys, rozszerzając się w ten sposób ku południowi, daje początek oceanowi Atlantyckiemu.

<sup>1)</sup> Amonity były to czteroskrzelne głowonogi pokrewne łodzиковi, ale różniące się od niego syfonem po stronie zewnętrznej skorupy (u łodzika pośrodku) i linią zrostu przegród między poszczególnymi komorami, która u łodzika zazwyczaj tylko słabo wygina się, a u amonitów składa się z licznych t. zw. siodeł i zatok, często rozmaicie porozcinanych i rozgałęzionych (por. ryc. 136 a, b, 145, 148, i t. d.). <sup>2)</sup> Belemnitami nazywamy wymarłe mezozoiczne głowonogi dwuskrzelne, spokrewnione z dzisiejszą mątwą i posiadające, jak ona, skorupę wewnętrzną, z której zwykle znajduje się tylko sam koniec dolny (por. ryc. 147 i 154).

Klimat ciepły obejmuje ciągle powierzchnię ziemi znacznie większą niż obecnie, sięgając daleko ku biegunom, czego dowodem np. kopalne flory wieku kredowego w Grenlandji z fikusami, drzewami laurowymi, sagowcami. Ale właśnie już w kredzie, a nawet w jurze, poczynają się także zaznaczać różnice między strefą bardziej ciepłą, bliżej równika i w każdym razie chłodniejszą ku biegunom.

Minerały pożyteczne znajdują się także i wśród utworów tej grupy. U nas w utworach triasowych znajdują się w Krakowskim i na Śląsku bogate złoża kruszców cynku, ołowiu ze srebrem i żelaza, a oprócz tego pokłady triasowe i jurajskie w Kieleckim zawierają syderyty ilaste (obok limonitów), zaś warstwy jurajskie koło Częstochowy dostarczają sferosyderytów. Te same rudy żelaza (syderyty ilaste i sferosyderyty) są nierzadkie także w kredzie karpackiej.

**Pytania.** 1. Wymień wszystko, co uzasadnia oddzielenie ery mezozoicznej od paleozoicznej. 2. Dla jakich czasów są głowonogi łodzиковate równie charakterystyczne, jak amonity dla ery mezozoicznej? 3. Jak można tłumaczyć różnice pod względem fauny i t. d. między prowincją środkowo- i południowo-europejską czasów mezozoicznych?

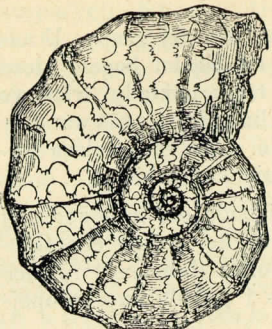


Ryc. 144. Skamieniałości systemu triasowego. a — *Encrinurus lilliformis* (Iljowicz); b — *Terebratula vulgaris* (ramienionóg); c — *Myophoria costata* (małż) na kawałku dolno-triasowego dolomitu marglowego z okolic Krakowa; d — odcisk stóp olbrzymiego płaza *Chirotherium* w czerwonym piaskowcu dolno-triasowym.

**System triasowy<sup>1)</sup>.** W Europie znajdujemy go wykształconym mniej więcej w dwojaki sposób, mianowicie: jako trias t. zw. niemiecki i alpejski. W Niemczech wyróżniono w nim trzy serje: dolną, przeważnie piaskowce najczęściej czerwone, bez skamieniałości morskich, zato ze szczątkami fauny lądowej (serja ta nosi nazwę „piaskowca pstrego“ i jest utworem pustyniowym); środkową, złożoną z wapieni, dolomitów i margli, z fauną morską, ale stosunkowo ubogą, wskazującą na morze śródziemne (jest to t. zw. serja „wapienia muszlowego“); wreszcie serję górną, gdzie zaznacza się znowu wybitnie powrót do stosunków bardziej konty-

<sup>1)</sup> Od podziału na trzy główne serje; triás (gr.), troistość.

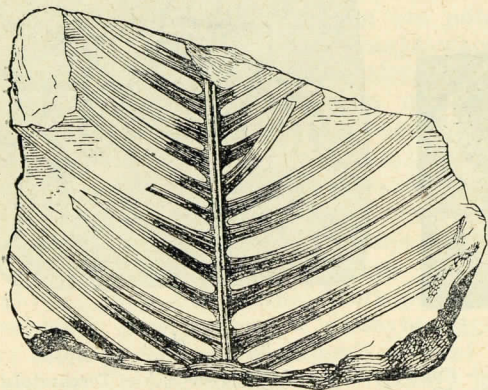
mentalnych, stąd powtórnie przewaga w niej pokładów z resztkami roślin, gdzie niegdzie z warstwami węgla (jest to t. zw. „serja kajprowa“, której najwyższa część nosi nazwę „retu“ albo warstw retyckich). W całych Niemczech i sąsiadującej części Francji, a nie mniej w Polsce — na Śląsku, w Krakowskim, w Kieleckim i Radomskim — znajdujemy wszędzie trias wykształcony w podobny sposób.



Ryc. 145. *Ceratites nodosus*.

Zupełnie odmienny charakter faunistyczny ma trias alpejski, który przedstawia osady rozległego morza otwartego. Widzimy go we wszystkich częściach świata mniej więcej tak samo rozwiniętym, z bardzo bogatą fauną amonitów (która w triasie niemieckim przedstawia się nader ubogo), z charakterystycznymi innymi skamieniałościami (u nas trias tatrzański).

Już w faunie triasowej zaznacza się obfitość amonitów ze skorupą dalej posuniętą w rozwoju, niż u paleozoicznych gonjatyków (np. znamieny dla triasu rodzaj *Ceratites*, ryc. 145) i gadów; liljowce, ubogie co do liczby gatunków, jeszcze niekiedy znajdują się w tak znacznej ilości osobników, że tworzą w ten sposób t. zw. wapienie krynoidowe (*Encrinurus lilliformis*, ryc. 144 a). Wreszcie zasługuje na uwagę pierwsze pojawienie się ssawców (drobne torbacze) właśnie w tym okresie. W świecie roślinnym obok drzew szpilkowych dominują ssgowce (ryc. 146).



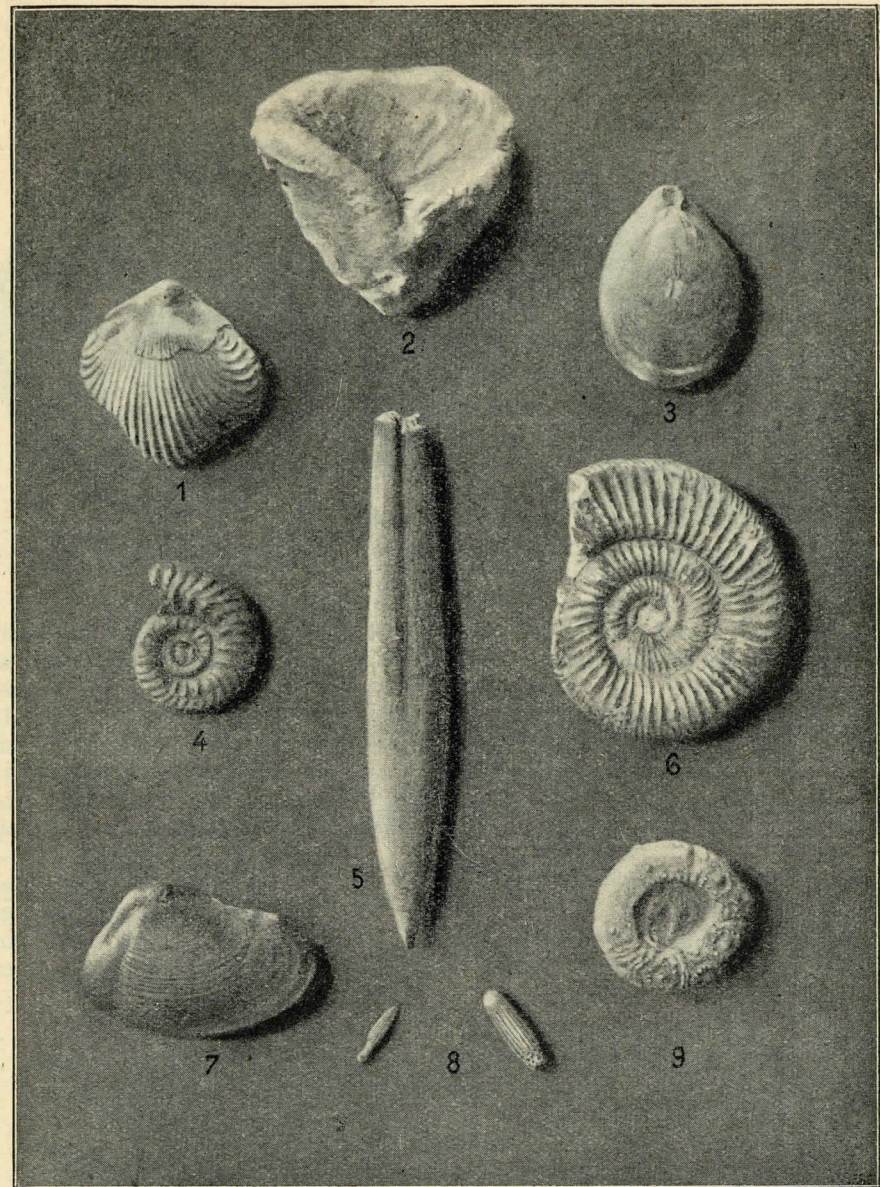
Ryc. 146. Sagowiec triasowy. (*Pterophyllum Braunianum*).

Na południowej półkuli w Afryce południowej, a na północnej w Indiach Przedgangesowych utwory triasowe tworzą na znacznych przestrzeniach górną część już znanej nam formacji karru, względnie wraz z jurą warstw Gondwana, odznaczając się obfitością kości kopalnych gadów lądowych; są to oczywiście, jak i starsze warstwy tamtejsze, także utwory lądowe (por. str. 169). Ogólny obraz rozmieszczenia mórz i kontynentów przedstawia się jeszcze dosyć podobnie, jak w permie.

**Pytania.** 1. Jakie znaczenie górnicze mają u nas warstwy triasowe? 2. Znajdź na mapie geologicznej Europy kraje, gdzie trias odgrywa szczególnie ważną rolę.

**System jurajski**<sup>1)</sup>, litologicznie przedstawiający się bardzo różnicie, odznacza się szerokim rozprzestrzenieniem we wszystkich częściach świata przeważnie jako osad morski. Z pomiędzy trzech głównych seryj, na jakie się rozpada, dolnej, t. j. „lilasowej“, brakuje w wielu miej-

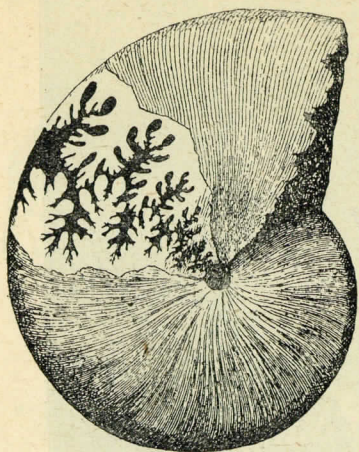
<sup>1)</sup> Od gór Jura.



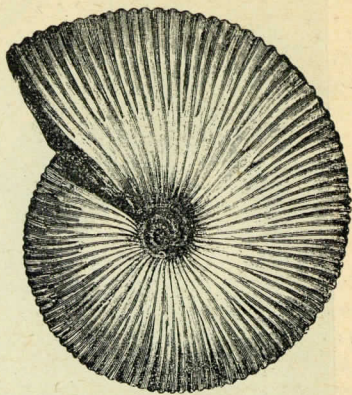
Ryc. 147. Skamieniałości z warstw jury polskiej. 1 — *Rhynchonella moravica* (ramienionóg); 2 — *Cnemidium rimulosum* (gąbka); 3 — *Terebratula bisuffarcinata* (ramienionóg); 4 — *Harpoceras rossense* (głowonóg amonit); 5 — *Belemnites hastatus* (głowonóg); 6 — *Perisphinctes plicatilis* (głowonóg amonit); 7 — *Pholadomya ovulum* (małż); 8 — Kolce jeżowca *Cidaritis coronata*; 9 — *Cidaritis coronata* (jeżowiec bez kolców). 4 i 7 — z warstw jury średniej czyli brunatnej (doger); okazy pozostałe z wapieni górno-jurajskich (malin). Wszystko pomniejszone; ryc. 4, 6 i 7 — jądra kamienne.

scach, np. w Polsce poza Tatrami, w Rosji i t. d.; natomiast jura średnia, czyli „brunatna“ albo „doger“, a zwłaszcza jura górna, czyli „biała“, albo „malm“, zajmują bardzo znaczne przestrzenie, spoczywając niezgodnie na najrozmaitszych systemach starszych.

Świat zwierzęcy perjodu jurajskiego odznacza się przypadającym na ten okres bardzo znacznym rozwojem amonitów i belemnitów (ryc. 147—149), a z pomiędzy zwierząt kręgowych obfitością najrozmaitszych gadów (Plesio-

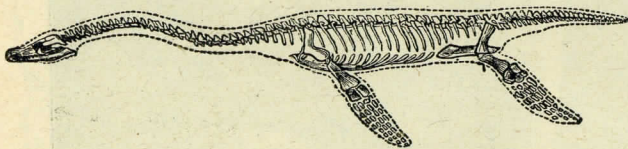


Ryc. 148. Fyloceras (Phylloceras heterophyllum) z warstw liasowych.



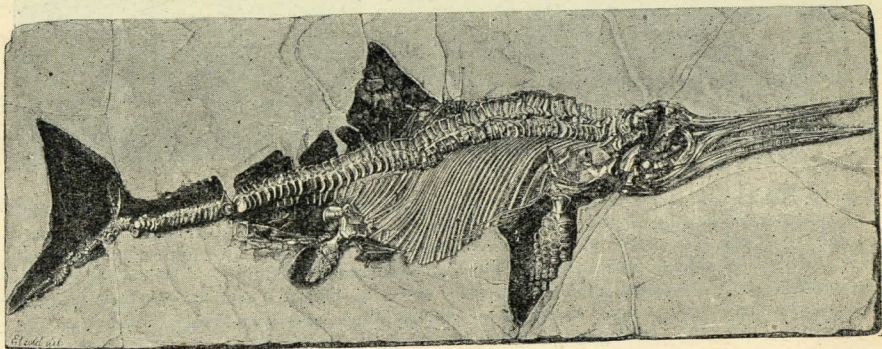
Ryc. 149. Macrocephalites macrocephalus. (Z Neumayra).

saurus, Ichtyosaurus, ryc. 150 i 151, okazałe zwierzęta morskie, długości do 10 metrów) i pojawieniem się pierwszych ptaków,



Ryc. 150. Plesiosaurus dolichodeirus.

zbliżonych jeszcze pod wielu względami do gadów (ryc. 152). Zasługuje nie mniej na uwagę obfitość ramionionogów jurajskich (ryc. 147) — chociaż fauna ich znacznie uboższa, niż w erze paleozoicznej, — mnogość jeżowców (ryc. 147), które w morzach ówczesnych zastępują coraz radsze liljowce, wreszcie bardzo bogata i urozmaicona fauna gąbek (ryc. 147), tudzież koralu.



Ryc. 151. Ichtyosaurus quadriscissus.

We florze ówczesnej nieznane są jeszcze rośliny okrytozalążkowe.

W Polsce odgrywają warstwy jurajskie ważną rolę; tworzą one krakowsko-wieluńskie pasmo wyniosłości między Krakowem i Kaliszem (Wawel, Olsztyn, Jasna Góra i t. d.), występują prócz tego na wyżynie kielecko-sandomierskiej i w kilku małych wyspach na Kujawach, wchodzą w skład utworów, z których są złożone Tatry, wreszcie budują Pieniny.

O ciepłym klimacie, który obejmował wtedy nawet dzisiejsze strefy umiarkowane, mówią rafy koralowe utworów jurajskich Europy środkowej, ale w każdym razie już poczynają zaznaczać się obecne strefy klimatyczne.

**Pytania.** 1. Porównaj gonjatyty, ceratyty i amonity jurajskie i wskaż, jak zaznacza się rozwój w budowie skorupy tego działu kopalnych głowonogów. 2. Jakie właściwości budowy ciała archeopteryksa zbliżają go do gadów? (por. ryc. 152). 3. Wskaż na mapie geologicznej, gdzie mamy na Podolu wyspę warstw jurajskich. Jak wytłumaczysz takie wyspowate znajdowanie się osadów morza jurajskiego? 4. Czy jura krakowsko-kielecka i tatrzańsko-pienińska należą do tych samych prowincyj (prowincja alpejska i środkowo-europejska)?

Na warstwach jurajskich rozwija się jako utwór bezpośrednio młodszymi, a bardzo rozpowszechniony:

**System kredowy**<sup>1)</sup>. Odznacza się on równie wielką różnorodnością pod względem litologicznym, jak i poprzedni.

Wśród skamieniałości, jakie znajdują się w warstwach kredowych, zwraca uwagę wyraźny ubytek belemnitów i amonitów, między którymi widzi się stosunkowo liczne formy rozkrecone (ryc. 154, rys. 5), ślim-

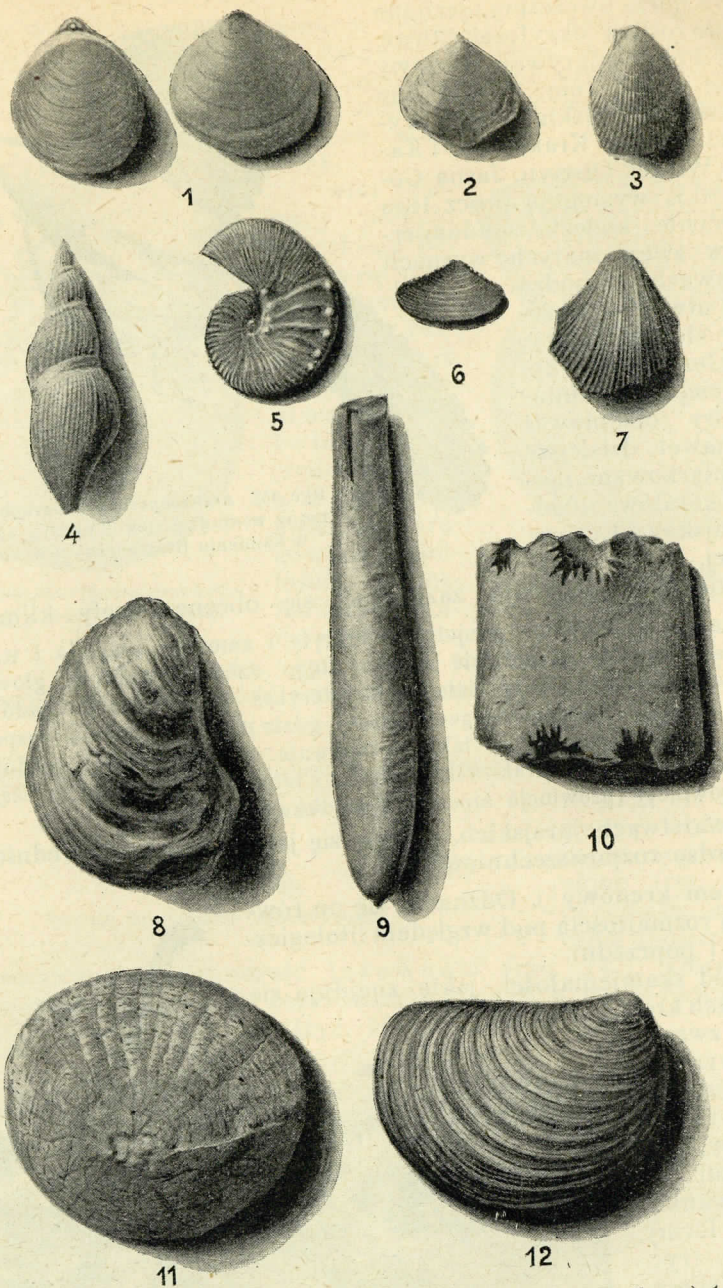
<sup>1)</sup> Od powszechnie znanej, białej kredy, której pokłady znajdują się w tym systemie.



Ryc. 152. Archaeopteryx lithographica odtworzony według resztek (2 okazy), znalezionych w kamieniu litograficznym w Solenhofen.



Ryc. 153. Idealny krajobraz dolnokredowy z parą brontozaurów.



Ryc. 154. Skamieniałości warstw kredowych okolicy Lwowa. (Według Friedberga). 1 — *Terebratulina carnea* (ramienionóg); 2 — *Rhynchonella plicatilis* (ramienionóg); 3 — *Lima decussata* (małż); 4 — *Voluta semilineta* (ślimak); 5 — *Scaphites constrictus* (głowonóg, amonit); 6 — *Leda producta* (małż); 7 — *Vola striatocostata* (małż); 8 — *Gryphaea vesicularis* (małż); 9 — *Belemnitella mucronata* (głowonóg); 10 — *Baculites Knorri*, tylko kawałek skorupy (głowonóg, należący do amonitów, o skorupie zupełnie rozkręconej i wyprostowanej); 11 — *Ananchytes ovata* (jeżowiec); 12 — *Inoceramus Cripsi* (małż). Wszystko nieco pomniejszone; ryc. 3, 4, 5, 7, 10 i 12 — jądra kamienne.

kowato zwinięte lub nawet zupełnie proste; pod koniec kredy amonity i belemnity wymierają zupełnie. Fauna gądów staje się zwolna coraz uboższą, chociaż największe gady lądowe znane są z warstw w Ameryce Północnej, prawdopodobnie dolnokredowych (ryc. 153). Zaznacza się wreszcie wyraźnie przewaga ryb kostno-szkieletowych.

W rozwoju świata roślinnego perłod kredowy stanowi ważny moment pierwszego pojawienia się roślin dwuliściennych (ryc. 155).

System kredowy, mianowicie jego górna część w wykształceniu morskim, odznacza się szerokim rozprzestrzenieniem, podobnie, jak utwory górno-jurajskie; odpowiada to i w jednym i w drugim wypadku wielkim transgresjom morskim tych czasów.

W Polsce znajdujemy utwory kredowe odsłonięte na większych obszarach w Krakowskim, w kotlinie nidziańskiej, na wyżynie lubelskiej, na Podolu, Wołyniu i w Karpatach, w mniejszych partjach rozrzucone tu i ówdzie, aż po Gdańsk i Bałtyk, tudzież w ziemi Wileńskiej. Z wyjątkiem Karpat, gdzie obok górnej kredy znajduje się i dolna, są to wszędzie utwory młodszej serji, głównie senon, w postaci białych lub żółtawych margli, zwanych w pewnej odmianie „opoką”; na Podolu mamy dobrze rozwinięty turon i cenoman.

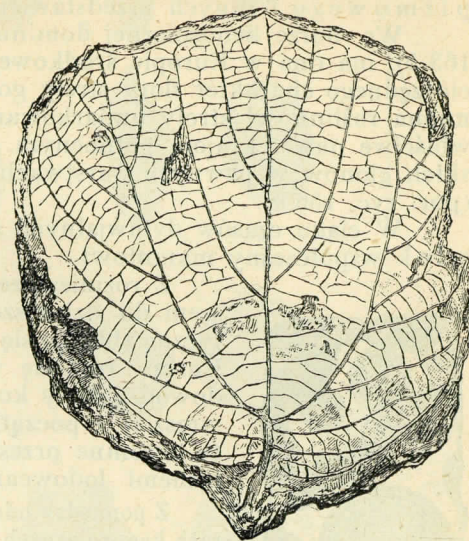
W czasach perłodu kredowego stosunki geograficzne i klimatyczne zbliżają się dalej coraz bardziej do dzisiejszych.

**Pytania.** 1. Jak można tłumaczyć, że w skład fauny amonitów perłodu kredowego, a więc przed ich zupełnym wymarciem, wchodzi w wielkiej ilości formy niezwykle, rozkręcone lub nawet zupełnie proste? 2. Co to są t. zw. strzałki piorunowe, często u nas znajdowane na większych obszarach kredowych?

#### e) Grupa kenozoiczna.

Iły, gliny, piaski, piaskowce, żwiry, lub zlepińce, margle i rozmaite wapienie są w tej grupie najpospolitszymi utworami osadowymi.

Jest to okres powolnego kształtowania się wszystkich stosunków coraz podobniej do tego, co widzimy obecnie. W perłodzie trzeciorzędnym piętrzą się najwyższe góry pasmowe doby nam współczesnej, a w związku z tem dozywają się także magmy wybuchowe, które dają początek rozmaitym trachitom, andezytom i bazaltom, często na bardzo znacznych przestrzeniach i w masach ogromnych. Świat roślinny i zwierzęcy staje się również coraz podobniejszym do dzisiejszego. Olbrzymie gady mezozoiczne wymierają z końcem poprzedniej ery i rozpoczyna się w faunie lądowej panowanie ssawców (por. ryc., str. 180). Fauna mięczaków w morzach trzeciorzędnych (ryc. 158) staje się tak podobną do dzisiejszej.



Ryc. 155. Krednerja, rodzaj znamienny dla kredy (*Credneria triacuminata*). (Według Schimper).

szej, że odnajdujemy w niej z każdym wyższym piętrzem coraz większy procent nam współczesnych form małżów i ślimaków: amonity i belemnity wygasają z końcem ery mezozoicznej. Świat zwierzęcy czwartorzędny naogół jest już w zupełności podobny do obecnego, chociaż w dyluwjum żyją jeszcze w Europie słonie (kilka gatunków, np. mamut, ryc. 166), dalej nosorożce, lwy i t. p. obok rena, wołu piżmowego i innych przedstawicieli strefy zimnej.

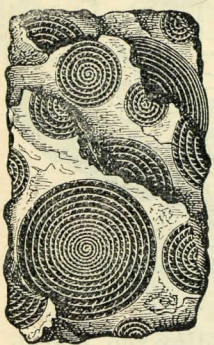
We florze kenozoicznej dominują rośliny dwuliścienne (ryc. 163 b); ma ona w Europie środkowej jeszcze w początkach perjodu trzeciorzędno charakter flory strefy gorącej, przybiera jednak z wolna znamiona roślinności strefy umiarkowanej, a w dyluwjum obejmuje gatunki właściwe nawet krajom północnym. Na uwagę zasługują odciski morskich glonów w pewnych warstwach, np. w karpackich, zwane fukoidami (por. ryc. 136 a).

W ciągu czasów dyluwjalnych zjawia się wreszcie na pewno i człowiek współczesny mamutowi.

Z rozmieszczeniem mórz i lądów coraz podobniejszym do dzisiejszego, równocześnie i stosunki klimatyczne zbliżają się do obecnych coraz bardziej; klimat Europy robi się wyraźnie chłodniejszym — jak tego dowodzą flory kopalne czasów trzeciorzędnych — aż wreszcie z początkiem dyluwjum przychodzi do tego, że ogromne przestrzenie na ziemi, pokrywają się potężnymi lodowcami typu dzisiejszych grenlandzkich.

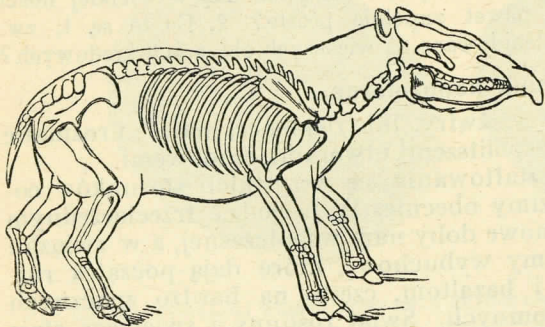
Z pomiędzy minerałów pożytecznych znajdujemy w utworach kenozoicznych, oprócz pewnych kruszców, jeszcze siarkę, węgiel brunatny, naftę, wosk ziemny i sól kamienną.

**Pytania i zadania.** 1. Wskaż na mapie Europy większe obszary, na których warstwy trzeciorzędne są szczególnie dobrze rozwinięte. 2. Jakież znasz utwory dyluwjalne, bardzo znamienne i u nas pospolite?



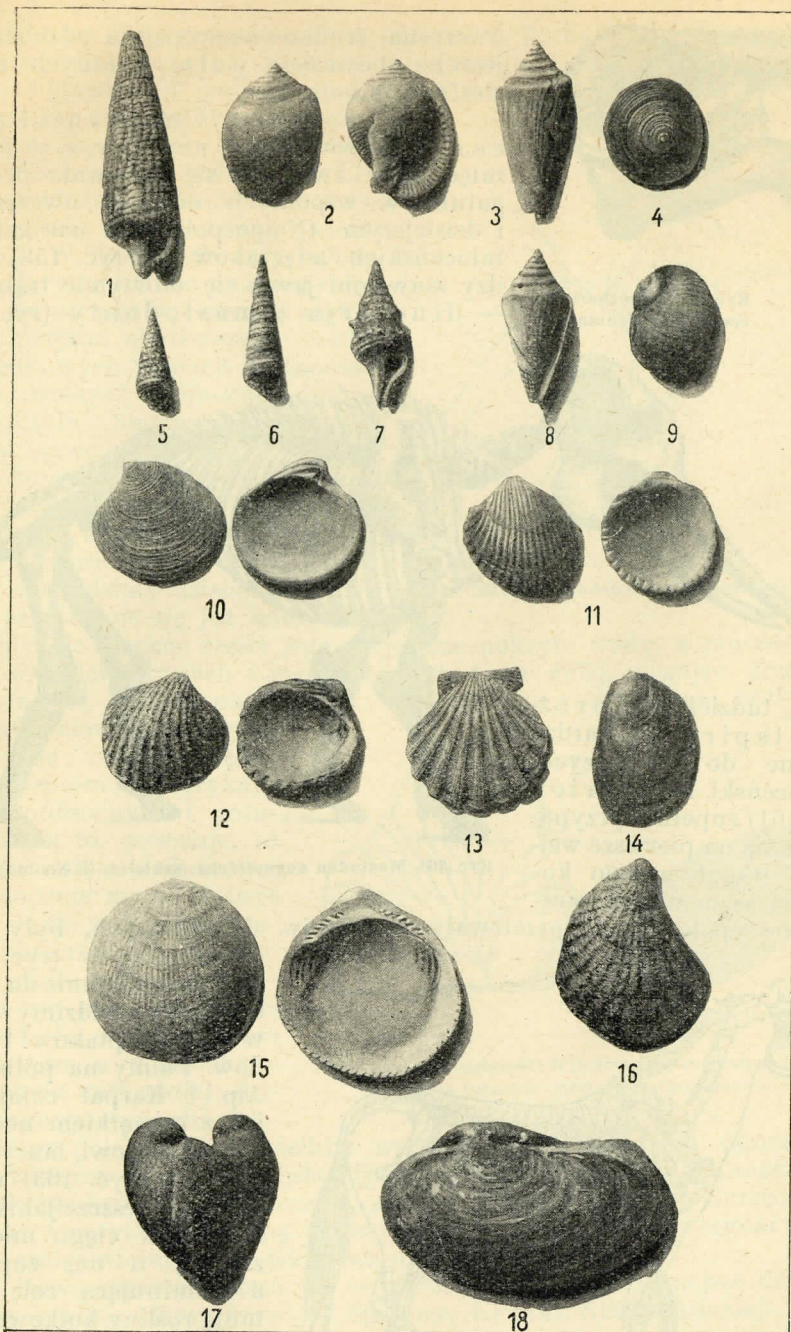
Ryc. 156. Wapień z numulitami.

**System trzeciorzędny.** Dla eocenu i dolnego oligocenu są bardzo charakterystycznymi skamieniałościami olbrzymie otwornice, zwane numulitami (ryc. 156). Wogóle w obu najniższych piętrach trzeciorzędu [eocen<sup>1)</sup> i oligocen<sup>2)</sup>], zwanych „paleogenem“<sup>3)</sup> fauna morska jest dosyć różna od dzisiejszej, a w jeszcze wyższym stopniu widzimy to na faunie lądowej ssawców, które nadają charakter torbaczce, podobne do tapirów paleoterja (ryc. 157), a noploterja, rozmaite przeżuwacze i dawni protoplacsi dzisiejszych mięsożerców (kreodonty). Flora

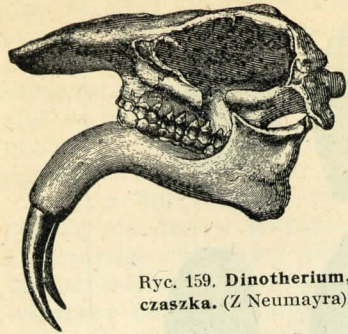


Ryc. 157. Palaeotherium magnum (z oligocenu).

<sup>1)</sup> eós (gr.), jutrzenka; kainós (gr.), nowy. <sup>2)</sup> oligos (gr.), mało. <sup>3)</sup> palaiós (gr.), dawny; génesis (gr.), powstanie.



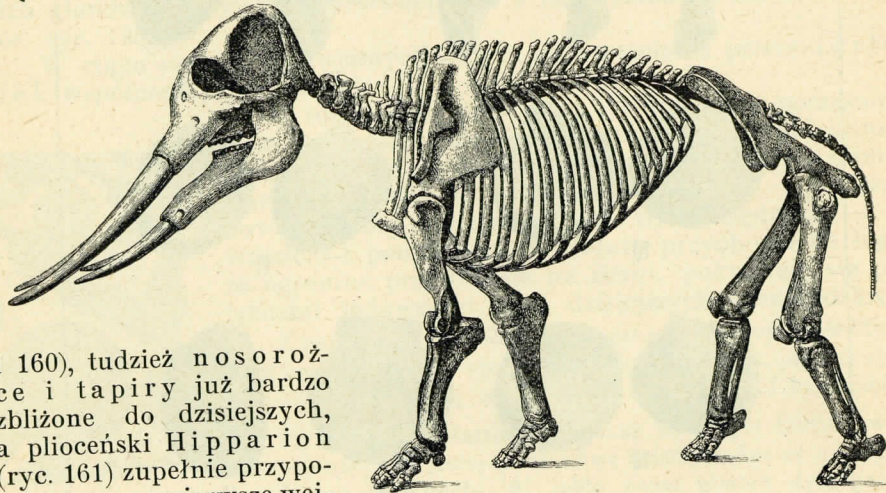
Ryc. 158. Skamieniałości z warstw miocenijskich w Polsce. (Według Friedberga). 1 — Cerithium lignitarum (ślimak); 2 — Cassis saburon (ślimak); 3 i 8 — Conus Dujardini (ślimak); 4 — Trochus patulus (ślimak); 5 — Cerithium pictum (ślimak); 6 — Turritella Archimedis (ślimak); 7 — Pleurotoma asperulata (ślimak); 9 — Natica millepunctata (ślimak); 10 — Venus cineta (małż); 11 — Cardium praecechinatum (małż); 12 — Cardita rudista (małż); 13 — Pecten elegans (małż); 14 i 16 — Ostrea digitalina (małż); 15 — Pectunculus pilosus (małż); 17 — Isocardia cor (małż); 18 — Panopaea Menardi (małż). Wszystko pomniejszone; ryc. 17, 18 — jądra kamienne.



Ryc. 159. *Dinotherium*, czaszka. (Z Neumayra).

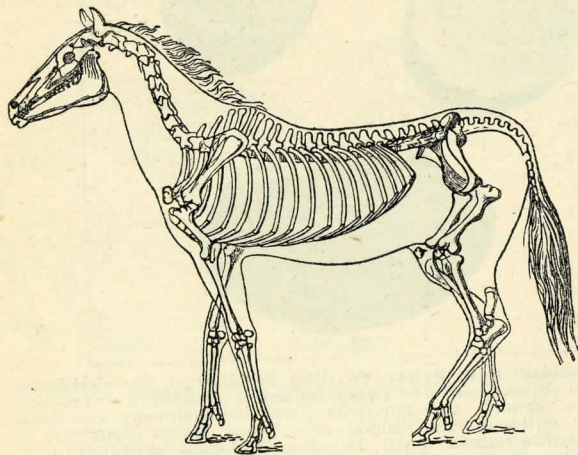
ówczesna, środkowo-europejska odznacza się jeszcze obecnością palm i innych roślin strefy tropikalnej.

W „neogenie“<sup>1)</sup> [miocen<sup>2)</sup> i pliocen<sup>3)</sup>] prawie znikają numulity, a w faunie mięczaków zwiększa się ogromnie procent gatunków wspólnych morzom ówczesnym i dzisiejszym. (Najpospolitsze u nas gatunki miocenich mięczaków na ryc. 158). Między ssawcami jawią się olbrzymie trąbowce — dinoterja i mastodonty (ryc. 159



Ryc. 160. *Mastodon augustidens*, szkielet. (Z Neumayra).

i 160), tudzież nosorożce i tapiry już bardzo zbliżone do dzisiejszych, a plioceniński *Hipparion* (ryc. 161) zupełnie przypomina nam na pierwsze wejście współczesnego konia; strasznymi drapieżcami tej epoki, które przetrwały do czasów



Ryc. 161. *Hipparion gracile*.

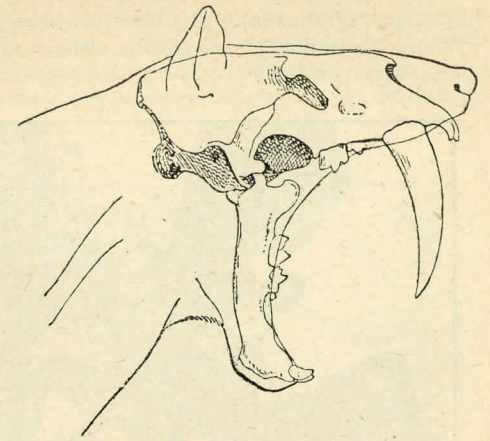
dyluwjalnych, były macharodonty (ryc. 162). Znaczne zbliżenie do form obecnych widzimy także w świecie ptaków i owadów. Palmy na północ od Alp i Karpat cofają się już z początkiem neogenu ku południowi, laury i cynamony (ryc. 163) utrzymują się jeszcze jakiś czas, ale już w ciągu miocenu znikają u nas zupełnie, a dominującą rolę obejmują rośliny kotkowe, wiąz, klony i t. p.

<sup>1)</sup> néos (gr.), nowy. <sup>2)</sup> méion (gr.), mniej; kainós (gr.), nowy. <sup>3)</sup> pleiön (gr.), więcej.

Utwory tego systemu należą oczywiście do najbardziej rozpowszechnionych; trzeciorzędne zagłębia londyńskie, paryskie, wiedeńskie są znane oddawna. W południowej połaci ziem polskich morskie warstwy miocenijskie zajmują ogromne przestrzenie. Na Pomorzu i w Prusach Wschodnich, tudzież na Litwie widzimy starsze warstwy oligoceńskie (jako zielone piaski i t. p.). W Karpatach cały paleogen odgrywa bardzo znaczną rolę.

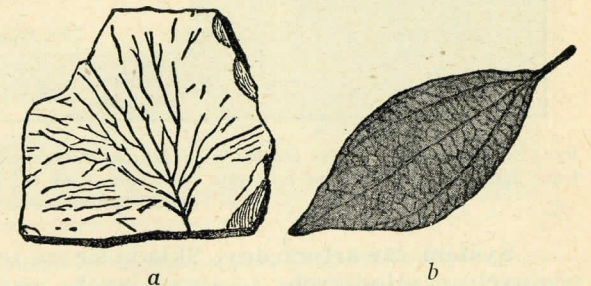
Na szczególną uwagę zasługują potężne słodkowodne osady w środkowych Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej, które dostarczyły nadzwyczaj bogatej fauny ssawców.

Stosunki geograficzne, chociaż coraz bardziej zbliżają się do obecnych, w paleogenie jeszcze odbiegają stosunkowo znacznie od tego, co widzimy dzisiaj. Wprawdzie zarysowuje się już kontynent Europy, ale znaczne części jego są jeszcze pokryte wodą, a morze Tethys czasów paleozoicznych i mezozoicznych trwa dalej, sięgając przez Azję południową daleko na wschód. Europa łączy się lądem (Atlantyda)



Ryc. 162. *Macharodon* (*Machaerodus neogaeus*).

przez Grenlandję z Ameryką Północną; związek między kontynentem amerykańskim północnym i południowym to powstaje, to znowu znika. Jednak już w neogenie morze Tethys cofa się ku zachodowi, tracąc połączenie z oceanem Indyjskim i Europa wyłania się coraz wyraźniej z pod fal morza, które kurczy się, a w części południowo-wschodniej dzisiejszego kontynentu europejskiego daje początek wielkim wodom zamkniętym; ich pozostałością jest dzisiejsze morze Kaspjskie (por. ryc. 164). Ameryka Północna z Południową łączy się ostatecznie, ale znika pod koniec trzeciorzędu połączenie Ameryki z Europą i ocean Atlantycki przybiera rozmiary i granice mniej więcej takie, jakie ma dzisiaj.

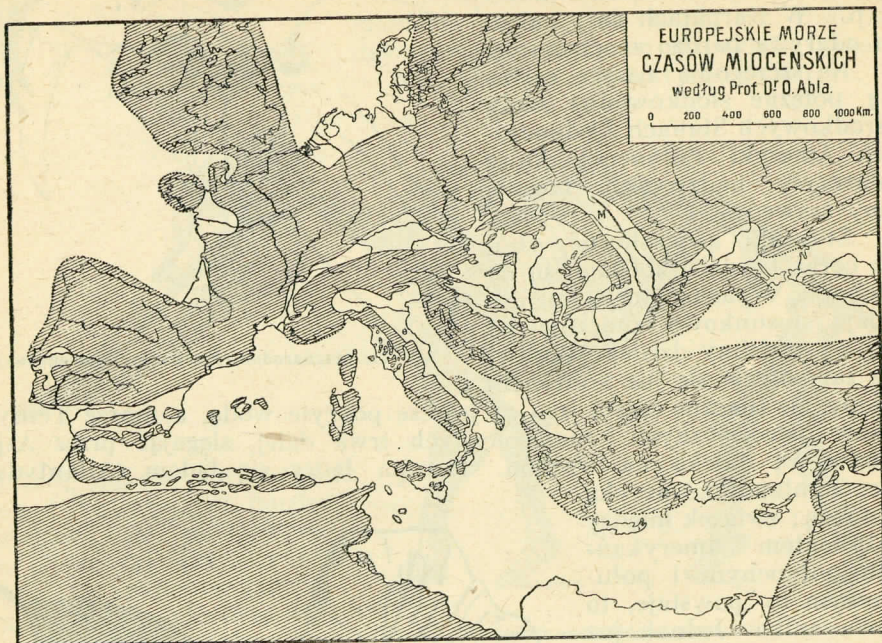


Ryc. 163. Skamieniałości trzeciorzędnych roślin. a — *Chondrites furcatus* (glon); b — *Cinnamomum*.

Równocześnie piętrzą się — jak wiemy — najpotężniejsze dzisiaj systemy górskie, Alpy, Karpaty, Apeniny, Kaukaz, Atlas, Himalaje, Kordyljery i Andy, a w związku z tem dobywają się wielkie masy skał wybuchowych, np. te, które towarzyszą Karpatom u ich stoków południowych, tworząc góry Tokajskie, Vihorlat i t. p.

Klimat staje się coraz chłodniejszym i zbliża się dyluwjalna epoka lodowa.

**Pytania.** 1. Powiedz, na podstawie mapy geologicznej, która serja trzeciorzędu bierze przede wszystkim udział w budowie zagłębienia paryskiego i londyńskiego, a która tworzy zagłębienie wiedeńskie. 2. Zrób preparat mikroskopowy numulita z przekrojem skorupki podłużnym i poprzecznym (tak, jak się robi preparaty petrograficzne); opisz bliżej budowę tej skorupki. 3. Co można przypuszczać z fauny australijskiej ssawców o czasie oderwania się tej części świata od kontynentu azjatyckiego?



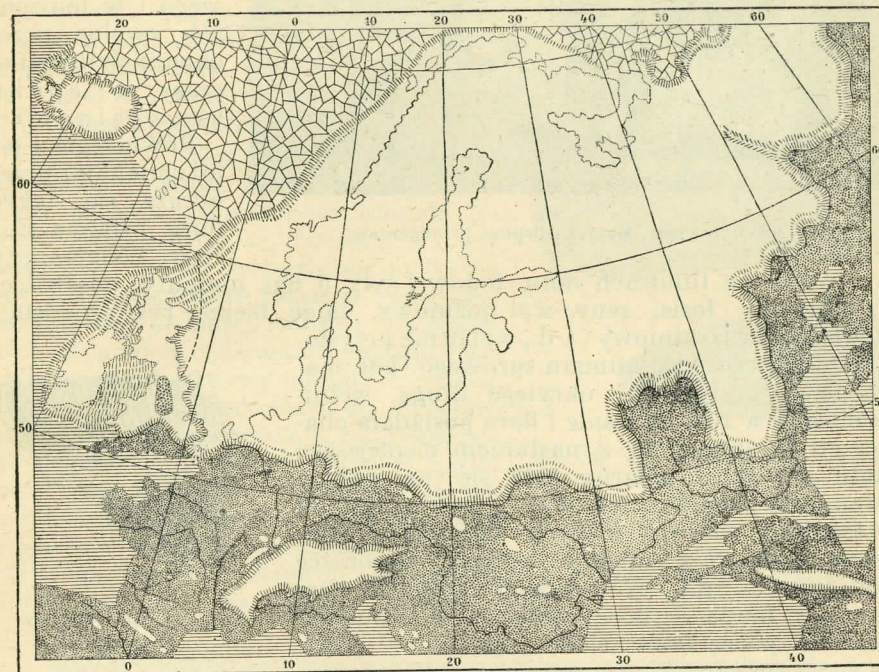
Ryc. 164. Europejskie morze czasów miocenich. Miejsca białe odpowiadają morzom, zakreskowane lądowi stałemu; linja łukowata M oznacza pas raf koralowo-mszywiolowych, tworzących dzisiaj Miodobory.

**System czwartorzędny.** Składa się on ze starszych utworów — dyluwjalnych, i młodszych — aluwjalnych, nam współczesnych. „Dyluwjum“<sup>1)</sup> albo „pleistocen“<sup>2)</sup> tworzą rozmaite iły, gliny, usypiska i t. p. Są to prawie bez wyjątku same osady słodkowodne i lądowe; morskich utworów z tych czasów nie można znaleźć na lądzie stałym, w większym oddaleniu od wybrzeży, wobec tego, że granice mórz i lądów mało się zmieniły od końca perjodu trzeciorzędowego, a o ile się przeobraziły, to bardzo często na niekorzyść lądu suchego. W czwartorzędzie np. oddziela się Anglja od kontynentu, powstaje morze Bałtyckie i wreszcie już w czasach aluwjalnych tworzy się dzisiejsze morze Czarne przez wtargnięcie wód morza Śródziemnego, wywołane załamaniem się lądu między półwyspem Bałkańskim i Małą Azją.

Wśród dyluwjalnych osadów odgrywają znaczną rolę, jak wiemy, rozmaite utwory lodowcowe. W epoce dyluwjalnej bowiem znaczna część Europy, Ameryki Północnej, także lądów półkuli południowej, pokryła

<sup>1)</sup> diluvium (łac.), zalew, potop. <sup>2)</sup> pléiston (gr.), najwięcej; kainós (gr.), nowy.

się potężną oponą lodową, podobnie jak dzisiaj Grenlandja. W Europie lodowce sunęły się z półwyspu Skandynawskiego i z Finlandji, a pokryły Niemcy i Polskę aż po góry środkowo-niemieckie i Karpaty mniej więcej do Sanu (ryc. 165). Cofając się parę razy, czemu odpowiadają dyluwjalne utwory „międzylodowcowe“, zostawiały one po sobie potężne moreny denne i czołowe, z licznymi t. zw. „głazami narzutowymi“, albo „erratycznymi“; te „przybłądy“ znajdujemy dzisiaj rozrzucone po całej Polsce w postaci czerwonych granitów skandynawskich lub finlandzkich i innych skał północnego pochodzenia.

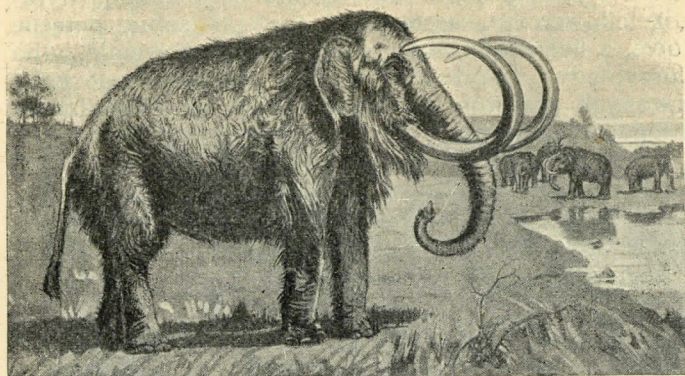


Ryc. 165. Europa w czasach dyluwjalnych podczas najdalszego zasięgu lodowca północnego; morze Kaspjskie, daleko większe niż obecnie, łączy się z dzisiejszym morzem Czarnem. (Według Kaysera i innych).

Równocześnie nawet Tatry, Babia Góra i Czarnohora posiadały własne lodowce, alpejskie zaś, tudzież innych wysokich gór posunęły się znacznie bardziej wdół (jak widzimy je obecnie), dochodząc w Alpach do stóp gór (por. ryc. 165) i unosząc czasem całe skały dużych rozmiarów; spotykamy takie olbrzymie głazy erratyczne w niejednej dolinie u podnóża alpejskiego. Długi czas były one przedmiotem rozmaitych legend, gdyż nie umiano wytłumaczyć, w jaki sposób mogły się tam dostać.

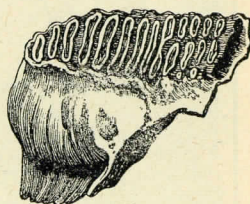
Wiemy również, że lodowce ówczesne dały początek mnóstwu rozmaitych, większych i mniejszych jezior. Do nich należą jeziora pojezierza Bałtyckiego, wiele alpejskich i tatrzańskich.

Po okresie najdalszego zasięgu lodowca, kiedy rozpoczęło się jego cofanie z dużymi wahaniem, rozwija się zwolna wzdłuż jego po-



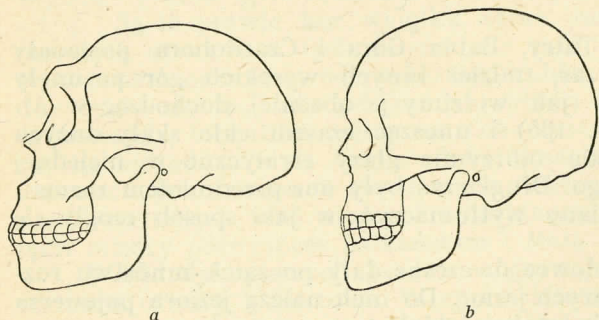
Ryc. 166. Dyluwjum. Mamut (*Elephas primigenius*).

w dyluwjum na tundrach doby lodowej żyły u nas mamuty, nosorożce, jeleń olbrzymi, łosie, reny, wół piżmowy, zając bielak, ryś, gronostaj, niedźwiedź, lew jaskiniowy i t. d., wybornie przystosowane do ówczesnego klimatu surowego (por. mamuta na ryc. 166 i 167, okrytego długą, wełnistą sierścią), a równocześnie i flora posiadała charakter strefy zimnej, to z nastaniem cieplejszego klimatu ów świat polarny cofa się na północ (np. ren, wół piżmowy) lub w góry, pewne gatunki przystosowują się do nowych warunków, inne wreszcie wymierają zupełnie (mamut, nosorożce dyluwjalne i t. p.). W znacznej części Europy zjawia się fauna i flora stepowa, i nakoniec zwolna z początkiem epoki aluwjalnej przybiera świat roślinny i zwierzęcy charakter obecny.



Ryc. 167. Ząb trzonowy mamuta.

Ślady człowieka znane są z dyluwjum niewątpliwie. Pierwotny ten mieszkaniec Europy, wyróżniany często pod osobną nazwą *Homo primigenius* albo *neandertalensis*<sup>2)</sup> różnił się od człowieka dzisiejszego nawet budową ciała, mianowicie kształtem czaszki (por. ryc. 168), a nie znał użytku nie tylko metali, lecz nawet

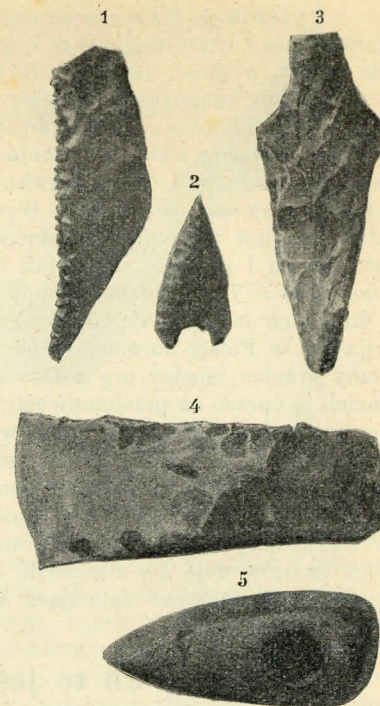


Ryc. 168. a — Czaszka najstarszej rasy człowieka dyluwjalnego w Europie (*Homo primigenius* = *neandertalensis*); b — Europejczyk dzisiejszy.

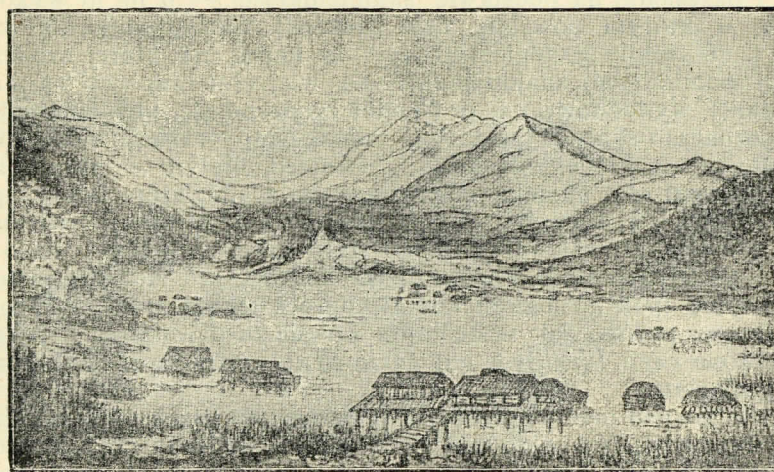
<sup>1)</sup> alluvies (łac.), napływy wodne. <sup>2)</sup> Od doliny Neandertal koło Düsseldorfu, gdzie w r. 1856 znaleziono pierwszą czaszkę właśnie tego człowieka czasów dyluwjalnych, zachowaną częściowo.

lepiej obrobionych narzędzi kamiennych: kamień łupany, ale niegładzony, kość oskrobana i obrobiona zgrubsza, były to prawie jedyne narzędzia, jakimi się posługiwał. Po tym okresie kamienia łupanego (wiek paleolityczny), następuje w epoce aluwjalnej wiek narzędzi kamiennych, gładzonych (neolityczny, ryc. 169), a później brązu, który wreszcie poprzedza okres dzisiejszy. Do czasów neolitycznych, już stosunkowo wysokiej kultury, należy odnieść także wiele „nawodnych mieszkań przedhistorycznych“ (por. ryc. 170), których ślady znaleziono nad licznymi jeziorami Europy.

**Pytania.** 1. Zestaw wszystkie znane ci teorie, które tłumaczą powstawanie epok lodowych. 2. Jakie mamy dowody istnienia lodowców dyluwjalnych w Tatrach? 3. Czy w dzisiejszej faunie i florze Europy środkowej mamy jakieś wskazówki istnienia dyluwjalnej epoki lodowej? Co bliżej możesz o tem powiedzieć? 4. Co wiesz o warunkach i sposobie powstania lessu? 5. Jaką rolę odegrało dyluwjalne zlodowacenie w ukształtowaniu się obszarów, pokrytych naówczas lodami? 6. Jakie zwierzęta możesz wymienić jako takie, których resztki są szczególnie pospolite w naszych warstwach dyluwjalnych? 7. Porównaj czaszkę człowieka dyluwjalnego z czaszką dzisiejszego Europejczyka; wskaż znamiona szczególne, wyróżniające pod tym względem mieszkańca dyluwjalnego Europy (ryc. 168).



Ryc. 169. Wyroby kamienne człowieka neolitycznego. 1 — piłka; 2 — grot strzały; 3 — ostrze dzidy; 4, 5 — siekierki. (Według okazów Muzeum Dzieduszyckich).



Ryc. 170. Nawodna osada przedhistoryczna.



**Pytania.** 1. Jakie znasz roślinne skamieniałości, charakterystyczne dla systemu karbońskiego czyli węglowego? 2. Które skamieniałości zwierzęce są znamienne dla syluru, a które dla jury? 3. Po jakich skamieniałościach pospolitych w polskiej kredzie rozpoznasz warstwy tego systemu? 4. Jakie znasz otwornice, które są „skamieniałościami przewodnimi“ dla dolnej serji utworów trzeciorzędnych? 5. Jakie kopalne zwierzęta słoniowate i z jakich czasów są ci znane? 6. Które ery, względnie periody geologiczne były w Europie okresami piętrzenia się potężnych systemów górskich? Wymień góry, które odnosimy do tych okresów. Która era jest okresem względnego spokoju, wolnym od procesów orogenicznych, tak silnych i powszechnych, jak ruchy, które spiętrzyły Alpy lub góry środkowoniemieckie? 7. Ile poznałeś epok lodowych w ciągu dziejów geologicznych ziemi i do jakich odnoszą się czasów? Jakie ślady zostały po nich? 8. Gdzie rozwija się w Polsce formacja produktywna systemu węglowego? 9. Gdzie wypadłaby granica między erą paleo- a mezozoiczną i mezo- a kenozoiczną, gdybyśmy chcieli ją oprzeć na przełomowych zmianach w świecie roślin? 10. Wymień utwory kontynentalne, jakie znajdujemy w dawniejszych systemach geologicznych. 11. Czy paleontologia jest tylko nauką pomocniczą dla geologii, czy też ma znaczenie nauki oddzielnej? Z jakimi naukami wiąże się przedewszystkiem i najbliżej? 12. Jak przedstawia się w kolejnym następstwie świat roślinny i zwierzęcy w ciągu dziejów geologicznych ziemi? Jaki fakt co do następstwa przedstawicieli tych światów daje się stwierdzić i jak to zoologia i botanika tłumaczą? 13. Jakie znasz teorie naukowe zajmujące się tą kwestją i co wiesz o ich twórcach?

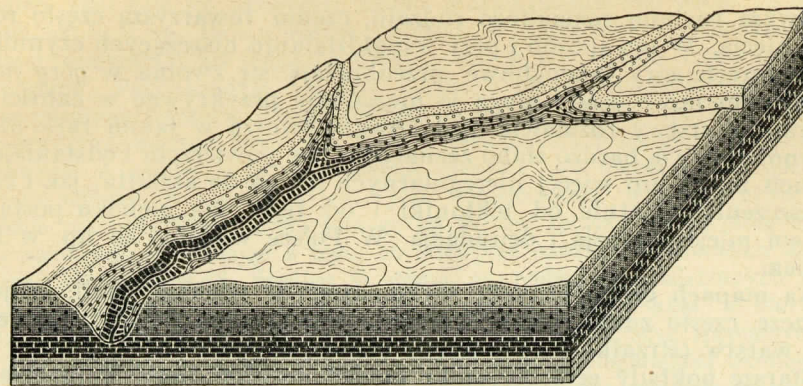
## II. Co to jest mapa geologiczna.

**Pytania.** 1. Co to jest kraina płytowa, a co będziemy nazywali obszarem fałdowym? Podaj przykłady! 2. Gdzie w Polsce warstwy paleozoiczne odsłaniają się tylko w jarach rzek, a gdzie widzimy je odsłonięte od dolin rzecznych niezależnie? 3. O ile przekroje poziome siodła i łęku różnią się co do następstwa warstw? 4. Co to jest uskoki? Jak przedstawia się uskoki w rozmaitych przekrojach?

Poznanie dokładne wszystkich utworów geologicznych w jakiejś okolicy i określenie na podstawie skamieniałości — o ile to wykonalne — czasu, w którym powstały, daje możliwość sporządzenia dla danego miejsca t. zw. mapy geologicznej. Jest to karta, na której oznacza się kolorami odmiennymi znajdujące się na wierzchu warstwy rozmaitego wieku, skały wybuchowe i t. p. Naogół zgodzono się, aby kolorem czerwonym oznaczać skały wybuchowe, fioletowym — trias, niebieskim — jurę, zielonym — kredę, żółtym — trzeciorząd, białym — aluwja i t. p.

Jeden rzut oka na taką mapę pozwala ocenić, które utwory geologiczne znajdują się w danym miejscu, zaś bliższe w niej rozpatrzenie się poucza, jakie morza zalewały kolejno dany obszar, kiedy z niego ustępowały i jakim procesom wogóle ulegał on w ciągu kolejno następujących po sobie epok geologicznych. Ale oprócz tego z mapy rodzaju można jeszcze poznać, jak w ogólnym zarysie te utwory są w jej granicach ułożone czyli jaka jest ich tektonika; szczegółowo objaśniają to profile geologiczne.

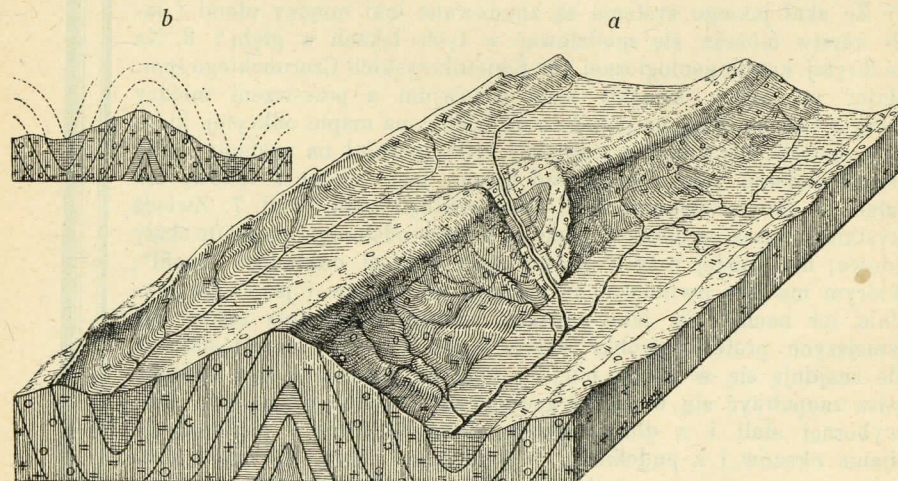
Jeżeli bowiem mamy gdzieś *krainę płytową*, to na obszarze takim starsze warstwy mogą być widoczne tylko wzdłuż dolin rzecznych i to tem dawniejsze, im dalej posuwamy się wdół z biegiem rzeki, czyli im głębiej wciną się jej koryto (por. ryc. 171).



Ryc. 171. Stereogram krainy płytowej z warstwami ułożonymi poziomo.

Inaczej w *górach łańcuchowych*. Na mapie geologicznej widzimy w Karpatach długie smugi zielone i żółte, które ciągną się zupełnie niezależnie od kierunku dolin rzecznych. Odpowiadają one siodłom i łękom, z których się te góry składają. Siodła fałdów skorupy ziemskiej, tworzących pasmo górskie, ulegają bowiem czasem — jak wiemy — denudacji i mniej lub bardziej daleko posuniętemu zniszczeniu; wzdłuż ich szczytów odsłaniają się wtedy warstwy tem starsze, im dalej postępuje ten proces. Równocześnie jednak młodsze warstwy pozostają długimi pasmami w łękach fałdów, mniej tam narażone na zniszczenie przez wpływy atmosferyczne i inne czynniki denudacyjne. Tworzy to na mapie obraz naprzemianległych smug różnobarwnych; starsze utwory odpowiadają zawsze siodłom, młodsze łękom między nimi (por. ryc. 172).

Wiemy jednak, że góry łańcuchowe ulegają czasem daleko posuniętym zmianom. Skorupa ziemiska bowiem może w takim miejscu ule-



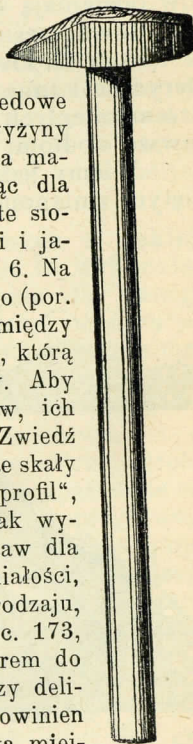
Ryc. 172. a — Stereogram gór łańcuchowych; b — ich profil z warstwami pofałdowanymi i uzupełnionymi.

gać nowym ruchom rozmaitego rodzaju, czemu towarzyszą często rozległe pęknięcia. W ten sposób i przy współdziałaniu niszczących czynników denudacyjnych góry łańcuchowe przeobrażają się z wolna w *góry masowe*, przyczem nowe osady mogą je niezgodnie przykrywać w całości lub częściowo. Warstwy rozmaicie dyzlokowane tworzą w takim razie nieraz nierówności ledwie bardzo słabo zaznaczone na powierzchni i odsłaniają się w płatach mniej lub więcej nieregularnych tak co do kształtu, jak i co do rozmieszczenia, zależnie od tektoniki i od tego, jak głęboko postąpiła w danym miejscu erozja i denudacja. W Polsce widzimy to np. w Krakowskim.

Na mapach geologicznych, wykonanych w większej skali, znajdują się jeszcze często znaki, które wskazują *bieg* (krótka linijka) i kierunek *upadu* warstw (strzałka do tej linijki prostopadła).

Starsze pokłady geologiczne są na powierzchni ziemi w przeważnej części przykryte przez warstwy dyluwjalne i aluwjalne. Mapa geologiczna, która zupełnie nie uwzględnia pokrywy dyluwjalnej, nazywa się „*odkryta*“, taka, na której została ona zaznaczona tylko tam, gdzie jest szczególnie dobrze rozwinięta, nosi nazwę „*półodkrytej*“. Większość map geologicznych — są to mapy odkryte lub półodkryte.

**Pytania i zadania.** 1. Co to jest zagłębienie i jak znajdziesz je na mapie geologicznej? Wskaż zagłębienia na karcie geologicznej Europy! 2. Jak zaznaczy się na mapie geologicznej uskoki na obszarze płytowym, a jak na obszarze z warstwami pochylonemi? 3. Na podstawie mapy geologicznej powiedz, jakiego systemu grupy mezozoicznej niema na Podolu i czem Podole było w tym perjodzie? 4. Wywnioskuj z tej samej mapki, jakiego systemu warstw możesz się spodziewać bezpośrednio pod kredą w kotlinie nadnidziańskiej, gdzie widocznie starsze warstwy mezozoiczne ziemi krakowskiej zapadają pod kredowe na zachodzie, poczem wychodzą na wierzch wzdłuż brzegów wyżyny kielecko-sandomierskiej. 5. Ile siodeł paleozoicznych widzisz na mapie geologicznej w górach Kielecko-Sandomierskich przyjmując dla nich zwykłą budowę fałdową? Jakiego wieku warstwy tworzą te siodełka? Ze skał jakiego systemu są zbudowane łęki między nimi i jakich warstw możesz się spodziewać w tych łękach w głębi? 6. Na półodkrytej karcie geologicznej gór Świętokrzyskich Czarnockiego (por. Dodatek na końcu książki) usuń dyluwjum z przestrzeni między Bobrzą a Czarną Nidą, na południu od Kielc; na mapie odkrytej, którą w ten sposób otrzymasz, uwzględnij tylko podział na systemy. Aby wykonać zadanie, musisz wziąć pod uwagę bieg siodeł i łęków, ich wygląd na danym obszarze (ryc. 180), rzeźbę terenu, i t. d. 7. Zwiedź wszystkie miejsca w okolicy, gdzie są dobrze odsłonięte rozmaite skały osadowe; dla każdej z tych „*odkrywek*“ nakreśl dokładny „*profil*“, w którym ma być uwidocznione następstwo warstw i jeżeli tak wypadnie, ich nachylenie. Jako pewnego rodzaju dokumenty zestaw dla ważniejszych profili próbki warstw i jak najczęściej skamieniałości, o ile znajdują się w danym miejscu. Idąc na wycieczkę tego rodzaju, musisz zaopatrzyć się w młotek geologiczny kształtu, jak na ryc. 173, z wybornej stali i z długą rączką, dalej w torbę z papierem do owijania okazów i z pudełkiem, wypełnionem wata, na okazy delikatniejsze, wreszcie w notatkę z ołówkiem. Każdy okaz powinien być starannie owinięty papierem i opatrzony kartką z nazwą miejscowości i bliższem określeniem warstwy, z której okaz pochodzi.



Ryc. 173.

Próbkom skał daje się zazwyczaj kształt prostokąta długości około 12 *cm*, szerokości około 8 *cm*. Okazy należy trzymać w porządku, w pudełkach odpowiedniej wielkości i nie jedne na drugich, bo w ten sposób łatwo mogą ulec uszkodzeniu. Przy każdym ma być kartka z miejscowością dokładnie podaną i z wymienioną warstwą, która dostarczyła okazu. Zbiór taki może mieć nieraz prawdziwą wartość nawet dla tych, którzy badają przyrodę kraju dla celów naukowych. A pamiętaj, że znać ziemię ojczystą jest obowiązkiem, poznać zaś przyrodę miejsca, w którym żyjesz, jest koniecznością. Kto przyczynia się do poznania przyrody kraju, o ile stać go na to, ten spleca niemały dług moralny, który zaciągnął, korzystając z tego, co zdobyte nauki przyrodnicze dały dotychczas człowiekowi. 8. Spróbuj w domu na podstawie znalezionych skamieniałości oznaczyć wiek — przynajmniej w przybliżeniu — skał, z których pochodzą. Do dokładniejszego i pewnego oznaczenia trzeba użyć specjalnych książek (por. Dodatek na końcu książki). 9. Na mapie, obejmującej okolicę twego miejsca zamieszkania, zaznacz różnokolorowemi kredkami rozmaite warstwy tam, gdzie one na powierzchni występują. Przytem trzeba przedewszystkiem wyróżniać nie tyle własności petrograficzne, ile wiek geologiczny skał i nieraz przyjdzie zaznaczyć tym samym kolorem i piaskowce i jakieś łupki ilowe lub margle, jeżeli są geologicznie równoczesne. 10. W okolicy miejsca, gdzie przebywasz, zbadaj, o ile rozmaite pokłady i skały różnią się wytrzymałością na niszczące działanie wpływów atmosferycznych. Staraj się wykazać, czy to pozostaje w jakimś związku z rzeźbą powierzchni ziemi.

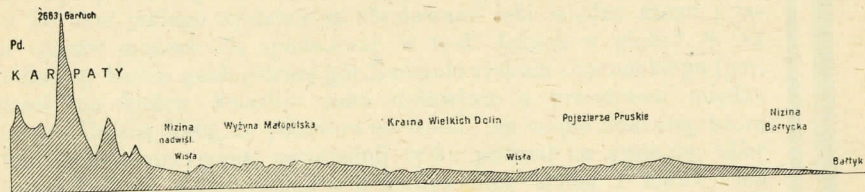
### CZĘŚĆ III.

## Krótki zarys geologii i fizycznej geografii Rzeczypospolitej.

### I. O ukształtowaniu powierzchni i geologicznej budowie Polski wogóle.

**Pytania.** 1. Jaka jest średnia wysokość Europy? 2. Na jakie krainy geograficzne można Polskę podzielić ze względu na wzniesienie nad powierzchnię morza i rozwój pionowy? 3. Gdzie widzimy w Polsce największą różnorodność systemów geologicznych?

Jeden rzut oka na kartę warstwicową Polski wystarczy, aby stwierdzić, że ziemie nasze są przeważnie krajem nizinnym. Niziny, nie dochodzące 200 m n. p. m., zajmują więcej niż połowę całej powierzchni. Ten charakter pionowego ukształtowania wyrażają najlepiej obliczenia średniej wysokości. Pokazuje się, że jest ona znacznie mniejsza od średniego wzniesienia całej Europy, a daje się to odnieść nawet do samego dorzecza Wisły (213 m), mimo, że większość gór polskich leży właśnie w tem dorzeczu.



Ryc. 174. Przekrój przez ziemie polskie z południa na północ (bardzo znacznie przewyższony).

Powierzchnia Polski, obniżająca się od Karpat ku Bałtykowi, nie przedstawia zupełnie jednostajnej równi pochyłej, przeciwnie, jest w stosunku do swego nieznacznego wyniesienia wcale bogato urzeźbiona, dzięki formom zarówno wielkim, jak i małym.

Formy wielkie ułożyły się w sześć pasów, ciągnących się prawie równoleżnikowo, z których każdy rozszerza się ku wschodowi. Postępując od Bałtyku na południe spotyka się naprzemian rozległe wklęsłości i wyniosłości o coraz to wyższym położeniu (por. ryc. 174), a mianowicie:

1) pas nizinny nadbałtycki, o małej szerokości, wznoszący się nad poziom morza do 50 m;

2) pas wyżynny pojezierzy, który tu i ówdzie przekracza wysokość 300 m;

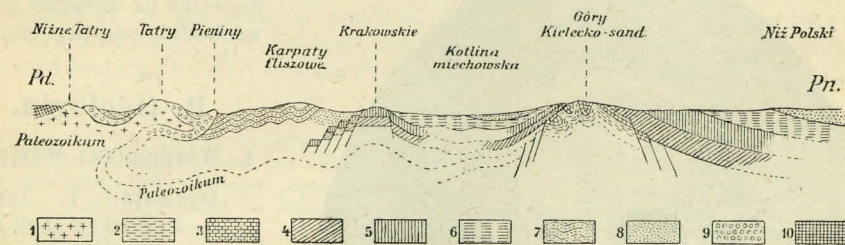
3) szeroką i długą, niziną rynną, t. zw. krainę wielkich dolin, wzniesioną od 50—150 m;

4) pas wyżynny, składający się z wyżyny małopolskiej na zachodzie i płyty czarnomorskiej na wschodzie, wysoki od 200 do przeszło 600 m;

5) pas nadrzecznych podkarpackich nizin górnej Wisły (nizina sandmierska) i górnego Dniestru (nizina naddniestrzańska i pokucka), trzymających się swą wysokością granicy 50—200 m, a wreszcie

6) potężny wał górski Karpat, które stanowią najwyższe wzniesienie Polski.

Te stosunki w ukształtowaniu powierzchni wiążą się ściśle z geologiczną przeszłością i budową kraju. To też na mapie geologicznej zaznacza się również układ równoleżnikowo pasmowy.



Ryc. 175. Przekrój geologiczny przez ziemie Rzeczypospolitej od południowej części krainy wielkich dolin do Tatr Niżnych. (Według Grzybowskiego).

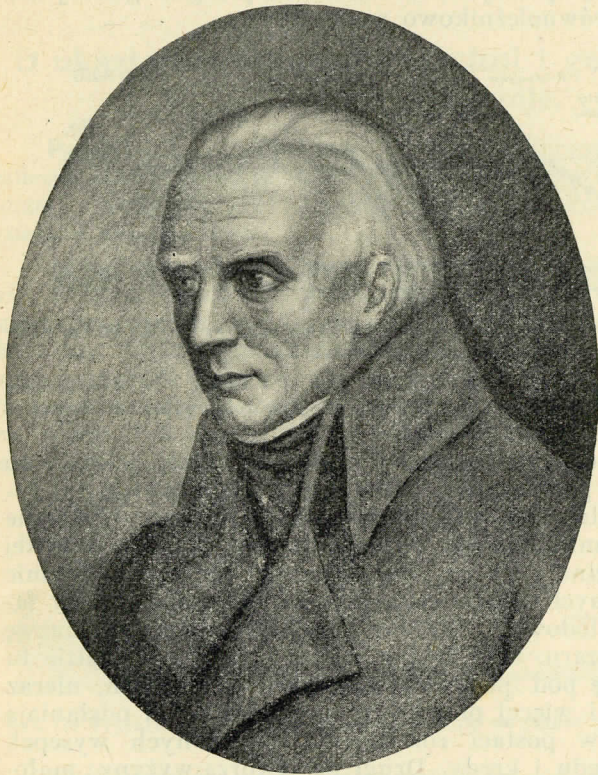
1 — Granit. 2 — Kambr i sylur. 3 — Devon. 4 — Trias. 5 — Jura. 6 — Kreda. 7 — Utwory flisz karpackiego. 8 — Miocen. 9 — Utwory mezozoiczne Tatr i Pienin. 10 — Paleozoikum zmetamorfizowane.

Pasy niziny nadbałtyckiej, pojezierza i krainy wielkich dolin — to ogromny obszar, gdzie na powierzchni widzi się prawie wyłącznie lodowcowe utwory dyluwjalne, na pojezierzu z zachowanymi wybitnie morenami czołowymi, drumlinami, azarami i t. p., dającymi krainie tej charakter wyżynny. Przecinają go ze wschodu na zachód olbrzymie „pradoliny“ wód dyluwjalnych, które tędy płynęły ku zachodowi w fazie powolnego cofania się lodowca; dolinom tym zawdzięcza swą nazwę południowa część tego obszaru, t. j. „kraina wielkich dolin“. Wszędzie tu starsze utwory znajdują się pod pokrywą warstw dyluwjalnych, nieraz w głębokości dopiero 100 i więcej metrów, a na powierzchni odsłaniają się tylko gdzie niegdzie w postaci rozrzuconych, drobnych wysepek przede wszystkim trzeciorzędu i kredy. Drugi pas tworzą wyżyny: małopolska i lubelska, z wołyńską i podolską. Widzimy na nich wielką różnorodność utworów geologicznych, zwłaszcza w części leżącej na zachód od Wisły, gdzie odsłaniają się wszystkie systemy od kambru do trzeciorzędu. Trzeci pas, oddzielony od wyżyn środkowych smugą tektonicznych nizin podkarpackich, przedstawia łańcuch Karpat, zbudowany w tej części przeważnie z kredy i trzeciorzędu o wykształceniu zupełnie odmiennem, niż w niżowych i wyżynnych częściach Polski i tylko tu i ówdzie z większymi lub mniejszymi wyspami utworów innych, jak np. Tatry i Pieniny (por. ryc. 175).

Takie trzy strefy można wyróżnić w Polsce ze względu na odsłanianie się na powierzchni rozmaitych systemów geologicznych. Jeżeli weźmiemy pod uwagę stosunki tektoniczne, to Polska — od wspomnianych stref niezależnie — daje się podzielić na dwie części linją, biegnącą mniej więcej wzdłuż Roztocza lwowsko-tomaszowskiego i przedłużoną na północ przez Zawichost, niedaleko ujścia Sanu i Ciechocinek aż do Skanji, a na południe do Czerniowiec. Obszar, leżący na wschód od tej linii, należy do płyty wschodnio-europejskiej z wszystkimi warstwami, leżącymi mniej więcej poziomo; cała połać kraju na zachód od niej uległa fałdowaniu kilkakrotnie, w pasie Karpat w trzeciorzędzie, na północ od nich wcześniej, w czasach mezozoicznych, a przede wszystkim paleozoicznych.

**Pytania.** 1. Do jakich obszarów fałdowych Europy należy Polska swoją częścią zachodnią? 2. Dlaczego utwory trzeciorzędne i mezozoiczne widzimy

u nas niepofałdowane lub tylko słabo dyzlokowane wszędzie poza Karpatami, nie tylko na obszarze płyty wschodnio-europejskiej?



Ryc. 176. Ks. Stanisław Staszic.

czyna, mając paru cudzoziemców jako poprzedników, Ks. Stanisław Staszic<sup>1)</sup>, gorący zwolennik Wernera. Rezultaty ich podaje w r. 1815

<sup>1)</sup> Ks. Stanisław Staszic, urodzony w r. 1755 w Pile; gorący patriota, wybitny pisarz polityczny i mąż stanu, jeden z pierwszych i najgorliwszych obrońców sprawy uwłaszczenia ludu, był zarazem wielkim i uczonym miłośnikiem geologii. Jeden z pierwszych u nas ocenił należycie znaczenie jej dla rozwoju kraju. Stojąc na czele

## II. Geologia.

### 1. Wiadomości wstępne.

**Pytania.** 1. Jakich znasz wybitnych geologów z końca XVIII i z początków XIX stulecia i jakie dwie „szkoły“ geologiczne są ci znane z tych czasów? 2. Który uczony może być uważany za twórcę paleontologii jako nauki ścisłej i jak się nazywa ten, kto zrobił z paleontologii naukę konieczną potrzebną dla stratygrafii geologicznej? 3. Jak stały nauki przyrodnicze w wieku XVIII w Polsce? Wymień przyrodników polskich, znanych z tych czasów.

Badania geologiczne na ziemiach polskich, prowadzone planowo przez Polaków, rozpo-

w dziele „O ziemiородztwie Karpatów i innych gór i równin Polski“, do którego dołącza dużą mapę geologiczną „Carta geologica totius Poloniae etc.“. Rychło potem zjawia się geologiczny opis Polski, stojący już zupełnie na poziomie metod i zasadniczych pojęć dzisiejszych („Geognostische Beschreibung von Polen“, Stuttgart 1836), dzieło Bogumiła Koreńskiego Puscha<sup>1)</sup>, uczonego górnika, którego sprowadzenie do nas jest jedną z licznych zasług Staszica. Książka ta stała się podstawą wszystkich badań późniejszych.

Równocześnie, kiedy Pusch bada przeważnie Królestwo Kongresowe, to Uniwersytet wileński i Liceum Krzemienieckie rozwijają owocną działalność na Litwie i ziemiach południowo-wschodnich dawnej Rzeczypospolitej. Dzięki temu Eichwald<sup>2)</sup> z Jakowickim<sup>3)</sup>, dwaj profesorzy wileńscy i Andrzejowski<sup>4)</sup> z Besserem<sup>5)</sup>, botanicy Liceum Krzemienieckiego, kładą podwaliny pod znajomość geologii Wołynia i Podola. Po upadku powstania listopadowego Zejszner<sup>6)</sup>, profesor krakowski i warszawski, prowadzi badania dalej zarówno w Królestwie, jak i w Galicji, a po nim w zaborze austriackim Alth<sup>7)</sup>, Zaręczny<sup>8)</sup>, Niedźwiedzki<sup>9)</sup>, Łomnicki<sup>10)</sup>, Zuber<sup>11)</sup> i t. d., w Królestwie Trejdosiewicz<sup>12)</sup>, Michalski<sup>13)</sup> i inni, w Wielkopolsce Szafar-

Wydziału Górnictwa w Królestwie Kongresowem, położył wielkie zasługi dla rozwoju górnictwa. Szczęśliwą miał też rękę, sprowadzając Puscha do Polski. Umarł w r. 1826. Słusznie może być nazwany „ojcem geologii polskiej“. <sup>1)</sup> Bogumił Koreński Pusch, ur. w r. 1791 w Kohren w Miśni; powołany przez Staszica do Polski, zostaje asesorem Głównej Dyrekcji Górniczej i profesorem Szkoły Górniczej w Kielcach; później mieszka w Warszawie. Umiera w r. 1846. Sam przybiera polski przydomek Koreńskiego od miejsca urodzenia. <sup>2)</sup> Eichwald Karol Edward, ur. w r. 1795, Niemiec kurlandzki, zostaje profesorem w Wilnie już w ostatnich latach istnienia Uniwersytetu wileńskiego. Później przenosi się do Piotrogradu, gdzie umiera w roku 1876. <sup>3)</sup> Jakowicki Ignacy (ur. 1797, um. w r. 1847), profesor mineralogii w Uniwersytecie wileńskim, a później w Akademii Medyko-Chirurgicznej w Wilnie. W r. 1829 bada z Eichwaldem Podole, Wołyn i Ukrainę. <sup>4)</sup> Andrzejowski Antoni, ur. na Wołyniu w roku 1785, jest uczniem Uniwersytetu wileńskiego, później asystentem botaniki w Liceum Krzemienieckim. Pracuje nie tylko jako botanik, lecz także jako geolog. Umiera w r. 1868. <sup>5)</sup> Besser Willibald (ur. w r. 1784 w Insbruku, umiera w Krzemieńcu r. 1842), Niemiec, który spolszczył się i szczerze Polskę pokochał, profesor botaniki w Liceum Krzemienieckim, później w Uniwersytecie kijowskim. Interesuje się także geologią. <sup>6)</sup> Zejszner Ludwik, ur. w r. 1807 w Warszawie. Jest profesorem Uniwersytetu Jagiellońskiego, później w Warszawie w Akademii Medyko-Chirurgicznej; w r. 1871 ulega tragicznej śmierci w Krakowie. Znakomity badacz gór Kielecko-Sandomierskich, Tatr i t. d. Autor pierwszego, oryginalnego podręcznika geologii po polsku. <sup>7)</sup> Alth Alojzy (ur. w Czerniowcach r. 1819, umarł w r. 1886 w Krakowie), adwokat i profesor mineralogii i geologii w Uniwersytecie Jagiellońskim, kładzie wielkie zasługi około zbadania warstw paleozoicznych i jury Podola, bada także Beskidy, Tatry. <sup>8)</sup> Zaręczny Stanisław (ur. we Lwowie, 1848, umiera w r. 1909), profesor gimnazjum w Krakowie, bardzo zasłużony badacz geologii przede wszystkim ziemi krakowskiej. <sup>9)</sup> Niedźwiedzki Julian (ur. w r. 1845 w Przemyślu, umarł w roku 1918 we Lwowie), Ukrainiec, profesor Politechniki lwowskiej, znakomity badacz Karpat i podkarpackiej formacji solnej. <sup>10)</sup> Łomnicki Marjan (ur. w r. 1845, umiera w r. 1915), profesor gimnazjum we Lwowie, bada Podole, kotłinę nadbużańską, nizinę między Sanem i Wisłą i t. d., jest autorem prawie 1/3 map w Atlasie geologicznym dawnej Galicji, wydawanym przez Akademię Umiejętności krakowską; ma także wielkie zasługi jako zoolog. <sup>11)</sup> Zuber Rudolf (ur. w r. 1858, umarł w r. 1920), profesor Uniwersytetu lwowskiego; badał przede wszystkim Karpaty; znakomity znawca geologii naftowej. <sup>12)</sup> Trejdosiewicz Jan (ur. w Warszawie r. 1834, um. w r. 1900), profesor uniwersytetu warszawskiego, prowadzi badania geologiczne w rozmaitych częściach Królestwa. <sup>13)</sup> Michalski Aleksander (ur. w Kamieńcu Podolskim w r. 1854, umiera w r. 1904 w Krakowie). Był wybitnym geologiem piotrogradzkiego „Komitetu Geologicznego“, w Polsce bada góry Kielecko-Sandomierskie, jurę polską i t. d.

kiewicz<sup>1)</sup>, na Litwie Giedroyć<sup>2)</sup> pracują nad poznaniem budowy geologicznej ziem polskich. Towarzystwo Naukowe, zaś później Akademia Nauk w Krakowie ze swoją Komisją Fizjograficzną organizują i popierają te usiłowania w granicach Galicji, wydając między innymi pomnikowe dzieło: Atlas geologiczny Galicji; w Królestwie tę rolę obejmuje Kasa im. Mianowskiego, Pamiętnik Fizjograficzny i później Warszawskie Towarzystwo Naukowe, w Poznaniu tamtejsze Towarzystwo Przyjaciół Nauk.

Badania te, wraz z pracą wielu obcych uczonych na ziemiach Rzeczypospolitej, składają się już dzisiaj na wcale dokładny obraz budowy geologicznej kraju. Obecnie kieruje badaniami geologicznymi w Polsce niedawno powołany do życia Państwoowy Instytut Geologiczny w Warszawie. Obejmuje on zakresem swej pracy wszystkie obszary Polski zjednoczonej.

**Pytania.** 1. Gdzie na geologicznej mapie Rzeczypospolitej widzisz obszary fałdowe, a gdzie znajdujesz na niej typową krainę płytową? W jaki sposób wskazuje to już sama karta? 2. Powiedz na podstawie mapy, jakie systemy geologiczne tworzą te obszary. 3. Dlaczego cała środkowa i północna część ziem polskich okazuje starsze utwory geologiczne tylko w postaci jakby wysepku rozrzuconych? 4. Jakie utwory geologiczne na ziemiach Rzeczypospolitej znasz z własnej obserwacji i co możesz o nich powiedzieć?

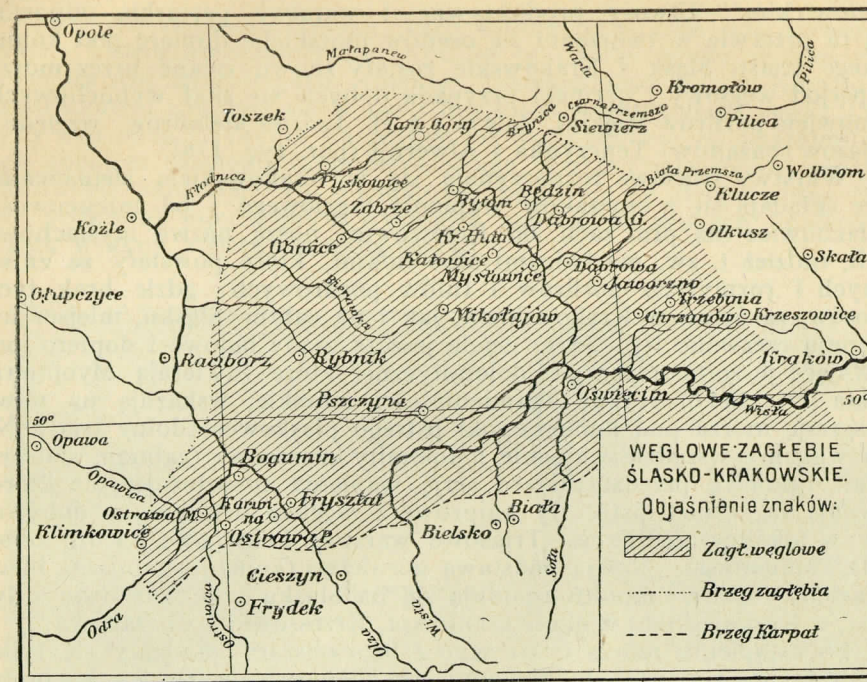
## 2. Wyżyna małopolska.

1. Wskaż według mapy geologicznej, których systemów geologicznych brakuje w Krakowskim i z jakich jest zbudowana wyżyna kielecko-sandomierska.

Rozpoczynamy nasz przegląd od *wyżyny śląsko-krakowskiej*, obszaru szczególnie urozmaiconego co do budowy geologicznej, a pierwszorzędno znaczenia pod względem górniczym. Wchodzi ona w skład wyżyny małopolskiej, która, sięgając na wschodzie aż po Wisłę, obejmuje jeszcze wyżynę kielecko-sandomierską.

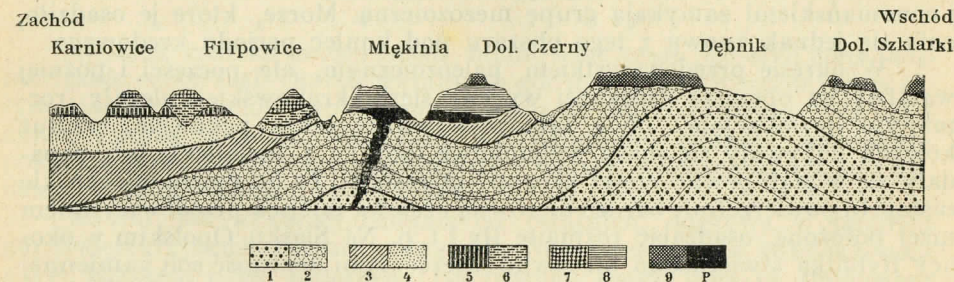
Poza drobnymi wysepkami morskiego wapienia i dolomitu dewońskiego koło Zawiercia, pod Siewierzem i w Kluczach niedaleko Olkusza, dewon w Dębniku koło Krzeszowic (znany i ceniony, czarny marmur dębnicki) stanowi tu najstarsze warstwy odsłonięte. Na dewonie dębnickim leżą „wapienie węglowe”, widoczne w dolinach wszystkich większych potoków na płn. od Krzeszowic; na Śląsku miejsce wapieni zastępują ilowe łupki i piaskowce czyli t. zw. „warstwy kulmowe”. Węglowy wapień i kulum jest to dolna serja systemu karbońskiego, na której dopiero rozwijają się „warstwy produktywne”, tworzące wielkie „węglowe zagłębienie Śląsko-Krakowskie”. Obejmuje ono, przy miąższości dochodzącej 7.000 m, około 6.000 km<sup>2</sup> powierzchni i sięga pod przykryciem warstw znacznie młodszych aż pod Karpaty, które od południa nasuwają się na zagłębienie. Granica wschodnia zagłębienia niewyraźna; wiele faktów przemawia jednak zatem, że sięga ono daleko ku południowemu-wschodowi (por. ryc. 177). Przeważna część zagłębienia leży w województwie śląskiem, gdzie widzimy mnóstwo ogromnych kopalń w okolicy Bytomia, Huty Królewskiej, Mysłowic, Rybnika i t. d. W obrębie ziemi krakowskiej

<sup>1)</sup> Szafarkiewicz Bruno, Józef (ur. w r. 1822 w Wielkopolsce, um. w r. 1892), zajmuje się między innymi jurą wielkopolską. <sup>2)</sup> Giedroyć Aleksander, inżynier górniczy, bada w latach 80-tych zeszłego wieku Litwę, Polesie i t. d.



Ryc. 177.

(województwo krakowskie i kieleckie) znajdują się liczne kopalnie koło Dąbrowy Górniczej i Sosnowca, dalej w Jaworznie, Sierszy, Tenczynku, a na prawym brzegu Wisły w Brzeszczach. Około 1/4 zagłębienia należy do Niemiec i Czechosłowacji. Zasoby węgla, które posiadamy w zagłębieniu Śląsko-Krakowskim, obliczają na niedużo mniej, niż 100 miliardów ton, co może wystarczyć na 1000 lat produkcji ciągle rosnącej. Ponad produktywnymi warstwami węglowymi widzimy w Krakowskim w wielu miejscach permskie piaskowce i iły (Kwaczała, Karniowice i t. d.) przedewszystkiem koło Chrzanowa i Krzeszowic, oprócz nich znajduje się jeszcze w okolicy Karniowic martwica wapienna tego samego wieku, zwana „wapieniem



Ryc. 178. Przekrój geologiczny (profil) w okolicy Krakowa. (Według prof. Zaręcznego).  
1 — system dewoński; 2 — wapień węglowy; 3 — węglowe warstwy produktywne; 4 — piaskowce karniowickie; 5 — wapień karniowicki (4, 5 — system permski); 6 — zlepnie; 7 — tufy; 8 — wapień i dolomity (6, 7 i 8 — system triasowy); 9 — system jurajski; P — porfir miękiński.

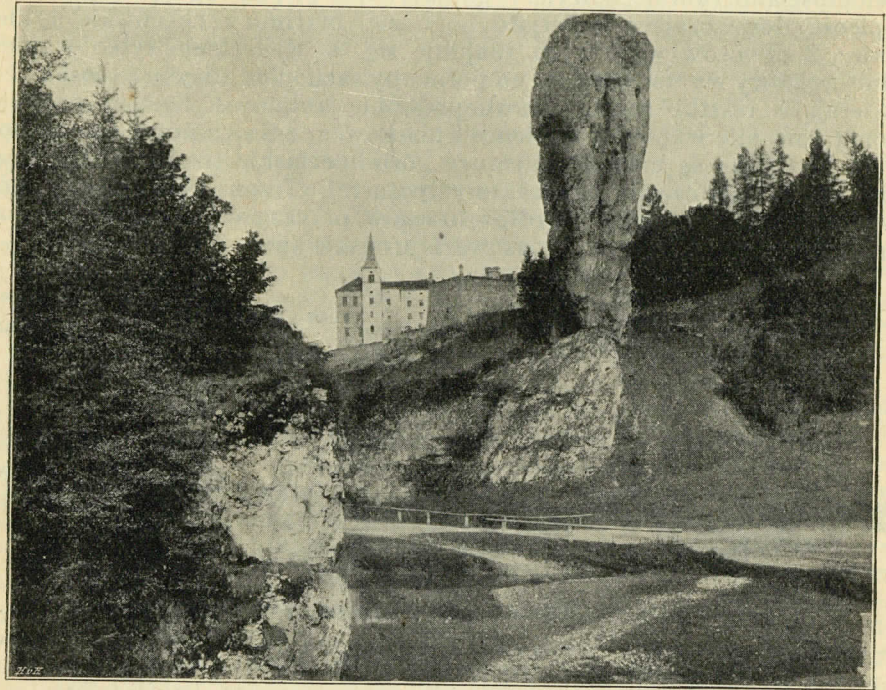
karniowickim". Utwory produktywne i warstwy permskie odpowiadają tu przerwie w tworzeniu się osadów morskich; dopiero pod koniec dolnego triasu Śląsk i Krakowskie zostały znów zalane przez morze. Na period węglowy i permski przypada dobyte się skał wybuchowych, mianowicie porfirów Miękini, Zalaszu i t. d., tudzież melafirów, względnie diabazów (bazaltów) Tenczynka i Alwernji (por. ryc. 178).

Warstwy triasowe rozpoczynają się w Krakowskim zlepieńcami, które składają się z otoczków wapienia węglowego i od miejscowości Myślachowice (na pñ. zach. od Krzeszowic) noszą nazwę myślachowickich, tudzież t. zw. martwicami albo tufami, które powstały ze zniszczonych i rozmytych porfirów i tufów porfirowych; gdzie brak tych utworów, zarówno w Krakowskim, jak i na całym Śląsku, miejsce ich zastępują czerwone iły. Są to ciągle jeszcze osady lądowe i dopiero pokrywające je żółtawe margle dolomityczne, które zawierają *Myophoria costata* (ryc. 144 c) i inne skamieniałości morskie, wskazują na nową transgresję morza pod koniec epoki pstrego piaskowca (dolny trias). Na nich widzimy wszędzie wapienie i dolomity kruszcowe (galman, sfaleryt, galenit, limonit), przedstawiające serję wapienia muszlowego, na której rozwijają się z kolei pstre iły kajprowe z węglem brunatnym, dobywanym w okolicy Zawiercia. Triasowe warstwy kruszcowe są tu, obok węgla kamiennego, główną podstawą górnictwa (kopalnie galmanu, blendy, galeny tudzież limonitu znajdują się na Śląsku koło Tarnowic i Bytomia, w Krakowskim w okolicy Olkusza, Krzeszowic i Chrzanowa).

Po ustąpieniu morza triasowego z tego obszaru, osadzały się tylko utwory takie, jak np. słodkowodne iły ogniotrwałe Grojca i Poręby w Krakowskim, ale już w jurze średniej morze powraca i zaczynają się tworzyć znów warstwy morskie. Utwory średnio-jurajskie przedstawiają się w postaci zazwyczaj żółtawych, żelazistych piaskowców, margli i wapieni, często przepęcznionych skamieniałościami. W okolicy Zawiercia, Częstochowy i t. d. w dolnym poziomie jury brunatnej znajdują się ciemne iły ze sferosyderytami, górnictwo eksploatowane. Także wapienie górno-jurajskie [Wawel, Krzemionki, Ojców i sąsiednia Pieskowa Skała (ryc. 179), Olsztyn, Jasna Góra] obfitują w skamieniałości; wapienie te tworzą pasmo malowniczych wzgórz, ciągnące się od Krakowa przez Częstochowę na północ ku Kaliszowi i opadające na zachód stromą krawędzią erozyjną czyli „kuestą“ (jurajskie pasmo krakowsko-wieluńskie). Dolnej kredy niema (faza lądowa) i dopiero górno-kredowe margle senońskie, zwane opoką, ze znajdującymi się głębiej warstwami turońskimi i cenomańskimi zamykają grupę mezozoiczną. Morze, które je osadziło, cofa się jednak znów z tego obszaru pod koniec periodu kredowego.

W okresie przedewszystkiem paleozoicznym, ale poczęści i później warstwy na obszarze dzisiejszej wyżyny śląsko-krakowskiej ulegały rozmaitym dyzlokacjom; obok fałdów powstały także pęknięcia, wzdłuż których dobywały się masy wybuchowe (porfiry i melafiry), lub zapadały się w głąb pewne części skorupy ziemskiej. To też morze miocenne zastaje tu powierzchnię bardzo nierówną i zalewa miejsca przedewszystkiem niżej położone, osadzając rozmaite iły i t. p. Na Śląsku Opolskim w okolicy Rybnika stwierdzono niedawno wierceniami obecność soli kamiennej w tych warstwach. Skoro zaś z kolei i to morze ustąpiło, nastął okres lądowy, który trwa aż do dzisiejszej doby; w nim, podczas dyluwjum, powstały jeszcze rozmaite utwory lodowcowe i fluwjoglacjalne, które dały początek niektórym piaskom ruchomym (np. pustynia błędowska).

Wyżynę śląsko-krakowską dzieli *kotlina Nidy* albo *miechowska* od wyżyny kielecko-sandomierskiej. Kotlinę tę tworzy kreda ze spoczywającym na niej trzeciorzędem (piękne skamieniałości np. w Korytnicy), wśród którego znajdują się w paru miejscach większe złoża siarki (Czarkowy nad Nidą i Posządza na północ od Kocmyrzowa), w ostatnich czasach górnictwo eksploatowane. Mezozoiczne, starsze i paleozoiczne warstwy krakowskie, zapadając ku wschodowi, kryją się w głębi kotliny Nidy pod utworami młodszymi i wychodzą znów na wierzch dopiero na brzegu wyżyny kielecko-sandomierskiej.

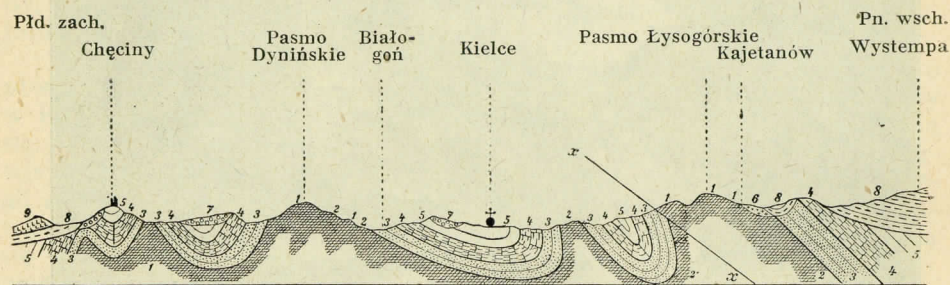


Ryc. 179. Maczuga Herkulesa (wapień jurajski) w Pieskowej Skale koło Ojcowa. Według fotografii z natury.

Wyżyna kielecko-sandomierska, mianowicie trzon jej czyli *góry Świętokrzyskie* — to zrąb (horst) wybitnych gór masowych, niszczonej w całym szeregu periodów geologicznych przez czynniki erozyjne i denudacyjne. Tworzą je fałdy, względnie, jak najnowsze badania geologiczne pokazują, prawdopodobnie płaszczowiny warstw paleozoicznych, tu i ówdzie pocięte uskokami (por. ryc. 180).

Kambr, jak wykazały badania lat ostatnich, odgrywa w budowie gór Świętokrzyskich bardzo ważną rolę. Najwyższe pasmo świętokrzyskie z Św. Krzyżem i Św. Katarzyną, jak również jeszcze inne, są zbudowane z piaskowców kwarcytowych (kwarcyt świętokrzyski) naogół bez skamieniałości, którym przypisywano wiek dewoński, później sylurski, podczas gdy należą, jak się pokazało, do systemu kambryjskiego. Szare piaskowce, łupki iłowe i t. p., kambryjskie, ze skamieniałościami tak chara-

terytycznymi, jak trylobity z rodzaju *Paradoxides*, tworzą także t. zw. góry Pieprzowe koło Sandomierza. Na kambrze spoczęły warstwy sylurskie, znane z wielu miejsc między Sandomierzem a Kielcami i w okolicy samych Kielc, a wykształcone przeważnie w postaci rozmaitych piaskowców ze spiryferami, łupków graptolitowych i t. d. Na sylurze rozwija się dewon. W dolnej części przedstawia się on w postaci piaskowców, które zawierają resztki znanych nam ryb pancernych; warstwy te bardzo przypominają niekiedy dolno-dewońskie piaskowce Podola (np. piaskowiec trembowelski). W wyższych poziomach dewonu kieleckiego widzimy przede wszystkim rozmaite dolomity i wapienie, często z licznymi skamieniałościami (korale, spiryfery, gonjatyty i t. p.); zasługują tu na uwagę wapienie, dostarczające materiału na t. zw. marmury checińskie i kieleckie. Z utworów węglowych znajduje się w Kieleckiem tylko wapien dolno-węglowy we wsi Gałęzice na północny zachód od Chećcin i piaskowce, zawierające resztki roślin, prawdopodobnie kulmowe. System permski tworzą rozmaite wapienie, zlepieńce i piaskowce; z Kajetanowa (na północ od Kielc) znane są ciemne marmury górno-permskie (cechsztyn) z licznymi skamieniałościami charakterystycznymi. Trzon paleozoiczny gór Świętokrzyskich otaczają i wzdłuż brzegów przykrywają od północy, zachodu i południa warstwy triasowe i jurajskie (por. ryc. 175 i 180).



Ryc. 180. Przekrój, pokazujący budowę fałdową gór Świętokrzyskich.

1 — kambr; 2 — sylur; 3, 4, 5 — dewon dolny, średni, górny; 6 — perm; 7 — zlepieńce triasowe (zygmuntówka); 8 — piaskowce triasowe; 9 — jura; xx — uskoki.

System triasowy jest wykształcony na wyżynie kielecko-sandomierskiej przede wszystkim w postaci czerwonych lub czerwonych piaskowców, które odpowiadają dolno-triasowemu „piaskowcowi pstremu” w Niemczech (w wielu miejscach dobywają je na cios: Zagnańsk, Suchedniów i t. d.). Ku połowiu przechodzą one niekiedy bez wyraźnej granicy w podobne utwory permskie. W okolicy Kielc i Chećcin najniższe warstwy triasu przedstawiają się w wielu miejscach jako zlepieńce, zwane często „zygmuntówką”, ponieważ bywa używany jako marmur zwyczajny i z niego była zrobiona dawna kolumna Zygmunta na placu Zamkowym w Warszawie. Serja wapienia muszlowego, która tak ważną rolę odgrywa w triasie śląsko-krakowskim, w Kieleckiem jest bardzo słabo rozwinięta. Wapien muszlowy najlepiej wykształcony widzimy w południowej, a zwłaszcza zachodniej części brzeźnego pasu mezozoicznego. Górny trias (kajper) przedstawia się w postaci rozmaitych piaskowców, iłów i t. p. Tu — być może — należy jasny piaskowiec szydlowiecki, ceniony jako materiał np. do rzeźb architektonicznych. Na triasie rozwi-

jają się warstwy jurajskie, poczynając, jak w Krakowskiem, od jury brunatnej, która przedstawia się przeważnie w postaci ciemnych iłów i piaskowców ze skamieniałościami rzadkimi, a ku górze z wolna przechodzi w coraz bardziej wapienną jurę górną. Szare iły kaolinowe emielowskie, używane do wyrobu porcelany w Umielowie, są wieku jurajskiego.

Cały ten nieduży obszar stanowi obok wyżyny śląsko-krakowskiej jedyną jeszcze w Polsce dziedzinę bogatą w złoża rozmaitych kruszców. Obok znajdujących się w utworach paleozoicznych kruszców miedzi (Miedzianka, Miedziana Góra), ołowiu (Jaworzno pod Kielcami, Karczówka) i żelaza (w wielu miejscowościach), mamy wśród pokładów triasowych i jurajskich ziemi kieleckiej i radomskiej bogate złoża limonitów i syderytów ilastych, będące podstawą tamtejszego przemysłu żelaznego (Ostrowiec, Starachowice, Suchedniów i inne miejscowości).

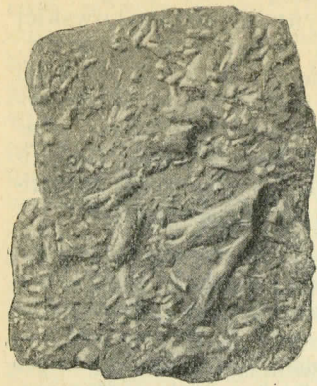
**Pytania i zadania.** 1. Jakiej serji geologicznej, dla naszego przemysłu bardzo ważnej, niema na wyżynie kielecko-sandomierskiej, a jakich wogóle brakuje w ziemi krakowskiej? 2. Jaki zlepieńce mezozoiczne ziemi krakowskiej odpowiada co do wieku, położenia i t. d. „zygmuntówka”? 3. Oznacz przy pomocy kompasu górniczego i mapy geologicznej bieg siodła i łęków paleozoicznych w górach Świętokrzyskich. 4. Jak leżą w górach Świętokrzyskich według profilu, ryc. 180, warstwy triasowe na paleozoicznych — zgodnie czy niezgodnie? Co z tego trzeba wnosić o czasie powstania gór Świętokrzyskich i czy to zgadza się z tem, co wiemy skąd inąd? 5. Do jakiego systemu fałdów europejskich zaliczysz fałdy warstw paleozoicznych wyżyny śląsko-krakowskiej? 6. Jeżeli mieszkasz w takiej okolicy wyżyny małopolskiej, w której znajdują się skamieniałości, zajmij się ich zebraniem i oznaczeniem, stosując się do wskazówek, podanych na str. 188. 7. Wykreśl według mapy Grzybowskiego lub innej podobnej (por. Dodatek na końcu książki) profil geologiczny przez kotlinę Nidy wzdłuż linii między Kielcami i Olkuszem, w Kieleckiem po trzon paleozoiczny, koło Olkusza po brzeg zachodni pasma krakowsko-wieluńskiego. W tym celu wyrysuj najpierw sposobem już znanym ci (por. zad. 5, str. 132) przekrój, uwzględniający rzeźbę terenu, a następnie poszczególne systemy, które odsłaniają się na powierzchni lub przypuszczalnie znajdują się w głębi, zgodnie z tektoniką (por. str. 188, zad. 4). Skala wysokości musi być znacznie większa od skali długości, aby rzeźba terenu i poszczególne systemy geologiczne zaznaczały się odpowiednio wyraźnie. 8. Wyznacz na mapie geologicznej okolicy Kielc (Czarnecki; Dodatek na końcu książki) linię, wzdłuż której przeprowadzono przekrój na ryc. 180; porównaj dokładnie profil z mapą wzdłuż tej linii. 9. Przedstaw z kolei przekrój czyli profil geologiczny przez część gór Świętokrzyskich, wzdłuż linii między wsią Nidą a Kielcami, przyjmując zwykłą budowę fałdową i uwzględniając tylko systemy. Zrób to na podstawie mapki odkrytej, którą sporządziłeś w zadaniu 6, str. 188, a porównaj w pierw przekrój na ryc. 180, który pouczy o tem, jak wyglądają fałdy w tych górach.

### 3. Karpaty.

**Pytania.** 1. Karpaty, szybko obniżając się ku południowi, mają z tej strony nizinę węgierską i wielkie masy młodych skał wybuchowych; porównaj je pod tym względem z Apeninami. 2. Wymień jeszcze inne góry łańcuchowe, które przedstawiają się podobnie.

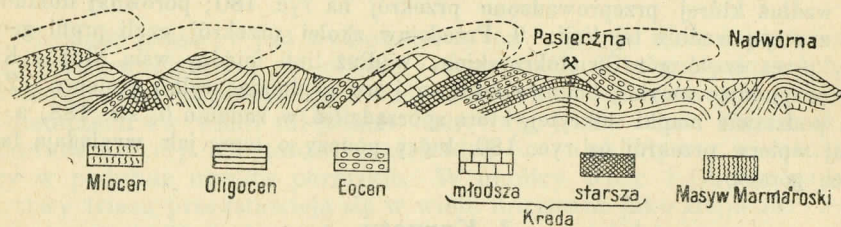
Koło Krakowa wyżyna małopolska zbliża się najbardziej do Karpat, które, ciągnąc się tutaj szerokim pasem wzdłuż granicy południowej ziem polskich, stanowią obszar geologiczny zupełnie odrębny.

Są to typowe góry młode, dalekie od takiego wielkiego zniszczenia, jakiemu uległy dawne góry Świętokrzyskie. Pod względem litologicznym przedstawiają się Karpaty w tej swojej części, zwanej *Beskidami*, bardzo szczególnie. Tworzą je przeważnie rozmaite piaskowce, często na powierzchni z t. zw. hieroglifami (ryc. 181), przedstawiającymi ślady pełzających po mulach morskich robaków i innych zwierząt; piaskowcom towarzyszą rozmaite łupki iłowe i margle, nieraz z odciskami morskich glonów (ryc. 163 a) i zwane dlatego marglami fukoidowymi<sup>1)</sup>.



Ryc. 181. Piaskowiec karpacki z hieroglifami.

O warstwach tego rodzaju mówimy, że są wykształcone w t. zw. „facji fliszowej“. Odznacza je ogromna rzadkość skamieniałości, to też i ściśle określenie ich wieku przedstawia zadanie bardzo trudne, chociaż wyróżniono w Beskidach cały szereg poszczególnych utworów, jak warstwy cieszyńskie, ropianieckie czyli inoceramowe, piaskowiec bryłowy czyli jamneński (por. str. 76), łupki menilitowe, piaskowiec ciężkowicki, magórski i t. d. W każdym razie wiadomo, że dolne warstwy fliszu karpackiego są kredowe (warstwy cieszyńskie, wernsdorfskie, warstwy inoceramowe, piaskowiec bryłowy albo jamneński i t. p.) i że na nich spoczyły utwory paleogeńskie, począwszy należące do eocenu (czerwone iły i t. d.), w części oligoceny (np. bardzo charakterystyczne t. zw. łupki menilitowe, często silnie bitumiczne, z wtrąconymi warstwami rogowców i menilitów i nierazkami resztkami ryb). Utwory te widzimy zwykle pofałdowane, najczęściej z nachyleniem ku półd. (por. ryc. 182); fałdom towarzyszą nieraz uskoki i nasunięcia warstw. Nafta znajduje się w Karpatach w bardzo wielu miejscach i to w kilku poziomach; także syderyty ilaste dobywano dawniej w licznych punktach i przetapiano na żelazo. Pas „skalicy karpackich“, które ciągną się łukiem z Węgier przez Nowy Targ, nad górnym Dunajcem ku Popradowi i tworzą malownicze Pieniny, wyróżnia się wybitnie wśród monotonnego obszaru fliszowego.

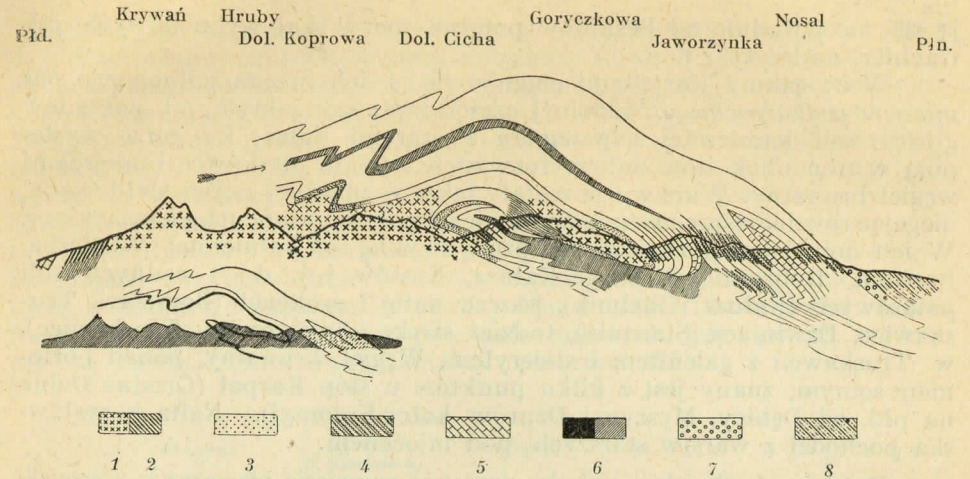


Ryc. 182. Przekrój przez Beskid Wschodni w okolicy Nadwórny. (Według Zubera).

Zostało udowodnione, że, jak Alpy, tak i Beskidy mają budowę płaszczowinową; okazują to wyraźnie

*Tatry* (por. ryc. 183), stanowiące w porównaniu z polskimi Karpatami fliszowymi całość zupełnie oddzielną. Na granitach, a począwszy

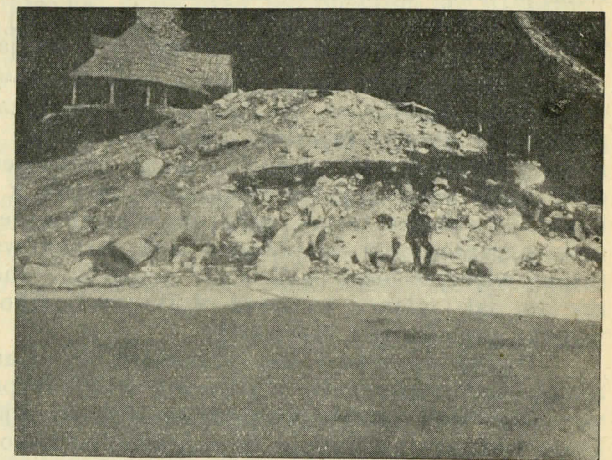
<sup>1)</sup> Fucus — łacińska nazwa rodzajowa pewnych glonów morskich.



Ryc. 183. Budowa płaszczowinowa Tatr. 1 — granit; 2 — gnejs; 3 — perm; 4 — system triasowy; 5 — jura; 6 — system kredowy; 7 — eocen tatrzański; 8 — utwory paleogeńskiego fliszu Podhala. To, co jest ponad dzisiejszym konturem gór, uległo zniszczeniu, tak samo część profilu w głębi pod powierzchnią, jest tylko domniemana. W obu tych partiach poszczególne systemy mają znaki nieco odmienne, niż tam, gdzie profil oparty jest na bezpośredniej obserwacji (np. system kredowy, 6).

gnejsach, spoczął tam od północy cały szereg różnych utworów, obejmujących wszystkie systemy od permu włącznie po kredę, względnie eocen w wykształceniu naogół alpejskim (por. str. 169). Prócz tych skał osadowych znamy z Tatr między Osobitą a Bobrowcem także skałę wulkaniczną, silnie zasadową, zwaną limburgitem. Jak wyobrażamy sobie płaszczowiny, które wytworzyły to gniazdo górskie, pokazuje ryc. 183. Widzimy, że utwory osadowe, tworzące regle północnych stoków, należą do potężnej płaszczowiny, która przesunęła się z południa ponad granitami i skałami osadowymi wierzchów tatrzańskich, krócej ponad „utworami wysoko-tatrzańskimi“. Granity Goryczkowej są tylko jakby odgałęzieniem podstawy wysoko-tatrzańskiej, tworzącym siodło zupełnie przewalone i przygniecione przez płaszczowinę reglową; oczywiście pływają one niejako na osadach systemu kredowego i innych, czyli nie mają w głębi korzenia. Jak wiemy, Tatry w czasach dyluwjalnych pokryły się lodowcami, które zostawiły po sobie liczne ślady w postaci moren (ryc. 184), jezior morenowych, dolin wiszących i t. d.

W przedłużeniu Tatr ku wschodowi rozwija-



Ryc. 184. Odkrywka w morenie koło Morskiego Oka.



ją się na południe od Beskidów potężne masy skał wybuchowych, jak trachity, andezyty i t. p.

W związku z Karpatami ciągnie się u ich brzegu północnego *pas miocenu podkarpackiego*, w dolnej części zwanego solnym od pokładów gipsu i soli kamiennej naprzemian z szaremi łałami; ku górze występują w nim obok łałów dobrze rozwinięte, sypkie piaskowce i miejscami węgiel brunatny. Warstwy te zostały także w znacznej części sfałdowane, ulegając równocześnie nasunięciu na nie od południa łańcucha karpackiego. W ich dolnej partji znajdujemy, prócz zwykłej soli kamiennej (Wieliczka, Bochnia, Dobromil, Stebnik, Kałusz, Kossów i t. d.) i cennych soli potasowych (Kałusz i Stebnik), jeszcze naftę i ozokeryt (Borysław, Truskawiec, Dżwiniacz, Starunia), tudzież siarkę (Swoszowice, Truskawiec), w Truskawcu w galenitem i sfalerytem. Węgiel brunatny, ponad poziomem solnym, znany jest z kilku punktów u stóp Karpat (Grudna Dolna na pld. od Dębicy, Myszyn i Dżurów koło Kołomyi). Nafta borysławska pochodzi z warstw starszych, pod mioceniem.

**Pytania.** 1. W jakim związku pozostaje nasunięcie płaszczowin i przewalenie się fałdów karpackich ku północy, z kierunkiem działania stycznych sił, jaki wynika z kształtu łańcucha karpackiego? 2. Co możemy wnosić z charakteru petrograficznego karpackich warstw fliszowych o warunkach, w jakich powstały (morze otwarte, pas przybrzeżny i t. p.)? 3. Ponieważ starsze warstwy miocenijskie brzegu karpackiego zostały sfałdowane w związku z powstaniem Karpat, co można przypuszczać o czasie ostatecznego wytworzenia się tego pasma górskiego? 4. Narysuj geologiczny profil karpacki według karty „Dobromil“ Atlasu geologicznego Galicji (por. Dodatek na końcu książki) wzdłuż linii Wańkowa-Rybotycze, nie uwzględniając płaszczowin. Miej przytem na uwadze, że nachylenie warstw jest naogół wszędzie ku południowemu-zachodowi i tylko lokalnie odmienne. (Por. zad. 7 na str. 199).

#### 4. Wyżyna podolska, lubelska, Wołyń i obszary przyległe.

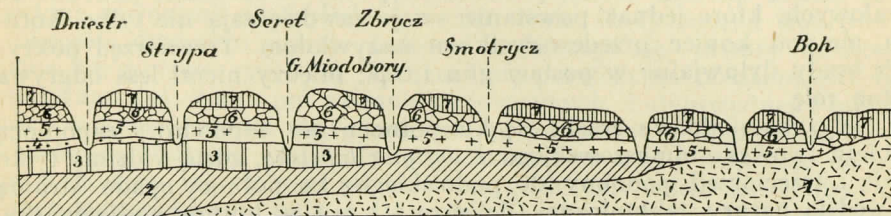
**Pytania.** 1. Po czym poznasz na mapie geologicznej, że Podole jest krainą płytową? 2. Stwierdź na podstawie mapy, jakie systemy geologiczne biorą udział w budowie wyżyny podolskiej. 3. Wyszukaj na mapie miejsca, gdzie na Wołyniu widzimy warstwy paleozoiczne i powiedz, jakiego są wieku?

*Nizina sandomierska*, dzieląca koło Krakowa wąskim pasem wyżynę małopolską od Karpat, ku wschodowi rozszerza się znacznie. Pokrywa ją przeważnie dyluwjum, obok lessu w znacznej części lodowcowe, z licznymi głazami erratycznymi, piaskami ruchomymi i wydymami; warstwy miocenijskie odsłaniają się tylko tu i ówdzie z pod grubej pokrywy glin i piasków. Nizina ta, jak wskazują wiercenia, jest zapadliskiem tektonicznym, ograniczonym od północy linią uskokową Zawichost-Kurdwanów (mniej więcej z biegiem Wisły) i drugą Zawichost-Czerniowce, która tworzy tu, jak wiemy, krawędź płyty wschodnio-europejskiej, mianowicie wyżyny podolskiej i lubelskiej.

*Wyżyna podolska* jest oddzielona od Karpat również tektoniczną *niziną nadniestrzańską* i *pokucką*, które wypełnia miocen, przeważnie w postaci łałów, przykryty przez osady dyluwjalne. Utwory geologiczne, które widzimy na Podolu, leżą prawie poziomo (ryc. 185).

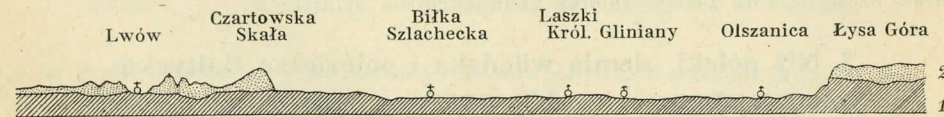
Jary Dniestru i jego dopływów dostarczają wybornych odkrywek. Od Studzienicy na wschód po Uściczko i Seret na zachód widzimy tam

wszędzie, jako najstarsze warstwy, górny sylur, wykształcony przeważnie w postaci ciemno-szarych wapieni i łupków łałowych, często przepelnionych skamieniałościami charakterystycznymi (rozmaite korale, ramienionogi, tentakulity, ortocery, trylobity i t. p.). Dalej ku wschodowi, w okolicy Mohyłowia, widać jeszcze dawniejszy utwór w postaci szaro-fioletowych piaskowców i łałowych łupków z fosforytami, podczas gdy na zach. od Seretu na warstwach sylurskich leżą dolno-dewońskie piaskowce, bardzo charakterystyczne, czerwone, szare i t. p., które zawierają niekiedy szczątki ryb pancernych, a w części są znane pod nazwą kamienia trembowelskiego. Znajdują się przytem jeszcze i resztki średniego dewonu w postaci ciemnych dolomitów z koralami w okolicy Monasterzysk (Zawadówka i t. d.). Na tem kończy się grupa utworów paleozoicznych, gdyż po ich osadzeniu się nastąpił okres kontynentalny (por. ryc. 185).



Ryc. 185. Przekrój przez Podole od Dniestru w kierunku północno-wschodnim. (Według prof. J. Sie-miradzkiego). 1 — granit; 2 — syst. sylurski; 3 — syst. dewoński; 4 — syst. jurajski; 5 — syst. kredowy; 6 — syst. trzeciorzędny (miocen); 7 — syst. czwartorzędny (dyluwjum).

Dopiero w epoce górno-jurajskiej morze środkowo-europejskie pokrywa znowu część płyty podolskiej, ale po rychłym ustąpieniu, a przed wtargnięciem morza kredowego (wielka transgresja kredowa) osady jurajskie uległy z małymi wyjątkami działaniu czynników denudacyjnych, tak że dzisiaj znajdujemy jurę pod nazwą wapienia niżniowskiego tylko koło Niżniowa na znaczniejszej przestrzeni. Zalew morza górno-kredowego, który objął całą Polskę, zostawił także i na Podolu gruby osad utworów kredowych. Na starszych warstwach, gdzie osad ten odsłania się w całości, widzimy u jego spodu albo zielonawe piaskowce, albo zlepienie i margle z fosforytami wieku cenomańskiego, nieraz z licznymi skamieniałościami. Wyżej rozwija się biała kreda z ciemnymi krzemieniami, należąca do turonu, a ponad nią senońska „opoka“, utworzona przez jasne margle, nieraz z bogatą fauną kopalną (por. ryc. 153). W całej zachodniej części Podola, prócz tego na grzbiecie lwowsko-tomaszowskim, w okolicy Lwowa i t. d. (Opole) opoka tworzy najstarsze odsłonięte warstwy. Koło Lwowa wiercono w opoce 500 m w głąb i nie przewiercono jej. Na niej spoczywa bezpośrednio miocen, gdyż tylko na samem Roztoczu lwowsko-tomaszowskim znaleziono jeszcze słabo rozwinięte warstwy oligoceńskie.



Ryc. 186. Przekrój przez południowo-zachodnią część kotliny nadbużańskiej między grzbieciem lwowsko-tomaszowskim i północną krawędzią wyżyny podolskiej (Łysa Góra). 1 — system kredowy; 2 — system trzeciorzędny.

Utwory miocenne (tylko miocen górny) są wszędzie na Podolu znakomicie wykształcone. Przedstawiają się w postaci jasnych piaskowców, piasków, gipsów, wapieni litotamnowych i t. p. i odznaczają się częstokroć bogactwem skamieniałości nieraz przepysznie zachowanych, np. miocenne piaski Hołubicy, Podhorzec i t. d. (por. ryc. 158). Na dużej przestrzeni, zwłaszcza w południowo-zachodniej części Podola, znajdują się prawie u samego spodu utworów miocennych warstwy słodkowodne, odpowiadające oczywiście fazie lądowej. Gdzie niegdzie, np. koło Złoczowa i na wschodnim brzegu Roztocza, które jest zbudowane nagół z utworów takich, jak cała zachodnia część płyty podolskiej, widzimy w warstwach miocennych iły ogniotrwałe i pokłady lichego węgla brunatnego (np. Trościaniec i Glińsko). Miodobory, pasmo stromych wzgórz wapiennych, ciągnące się od źródlowisk Seretu do Chocimia i dalej (por. ryc. 164), przedstawiają rafy miocenne, podobne do koralowych, które jednak powstanie swoje zawdzięczają nie tylko koralom, ale pod koniec przedewszystkiem mszywiolom. Trzeciorzęd pokrywają osady dyluwjalne w postaci glin i t. p.; między nimi less odgrywa ważną rolę.

Wyżyna podolska zrasta się ku północnemu zachodowi zapomocą grzbietu lwowsko-tomaszowskiego z *wyżyną lubelską*, gdzie widzimy tylko kredę i trzeciorzęd podobny do podolskiego; ku północy opada stromą krawędzią natury tektonicznej (fleksura i t. p.) w kotlinę nadbużańską, która jest częścią *płyty wołyńskiej*. Denudacja usunęła w tej kotlinie zupełnie warstwy trzeciorzędne, tak, że dyluwjum leży tu wszędzie bezpośrednio na kredzie. Zresztą zachodnia część Wołynia okazuje budowę podobną, jak wyżyna lubelska. Znajdujemy tu przedewszystkiem utwory górno-kredowe i trzeciorzędne (nieraz z pięknymi skamieniałościami). Starsze, paleozoiczne systemy odsłaniają się tylko w dwu miejscach. We wschodniej części Wołynia, nad Słuczą i jej dopływami, pokazują się już granity i gnejsy płyty czarnomorskiej, której częścią jest zarówno wyżyna wołyńska, jak Podole i Ukraina.

**Pytania i zadania.** 1. Jak długo Podole było lądem stałym po ustąpieniu morza średnio-dewońskiego? 2. Ile było regresyj i transgresyj morskich na Podolu? 3. U samego spodu jurajskiego wapienia niżniowskiego widać nieraz okrucowce i zlepieńce z dolomitu średniodewońskiego. Kiedy zatem dolomit ten został zniszczony, tak że dzisiaj widzimy tylko resztki jego w paru punktach? 4. Według jednej z map podolskich Atlasu geologicznego Galicji (por. Dodatek na końcu książki) wykreśl profil geologiczny, przecinający parę jarów z warstwami paleozoicznymi i młodszymi; wyrysuj przekrój podobny przez którąś z okolic podolskiej Opola, lub wyżyny lubelskiej albo wołyńskiej. (Porównaj wskazówki w zad. 7 na str. 199). 5. Jeżeli mieszkasz w okolicy, gdzie znajduje się opoka albo miocen ze skamieniałościami, spróbuj zebrać je i oznaczyć, stosując się do znanych ci wskazówek. Do pierwszego zorientowania się posłużą ryc. 153 i 158; literatura specjalna w Dodatku. 6. O ile mieszkasz w odpowiedniej części Podola zestaw zbiorek skamieniałości sylurskich.

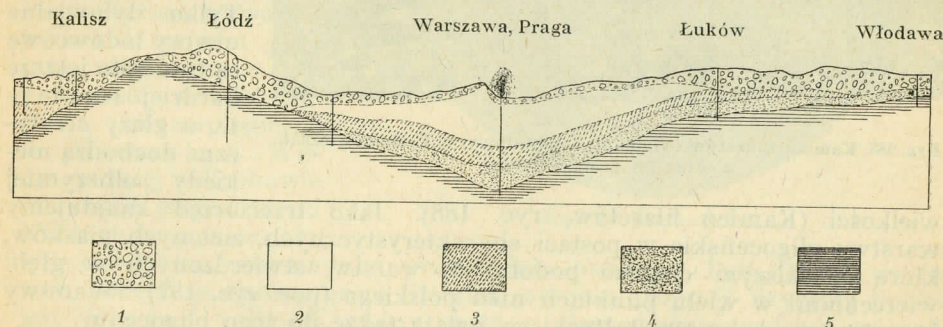
### 5. Niż polski, ziemia wileńska i pojezierze Bałtyckie.

**Pytania.** 1. Jakiego rodzaju utworów glacialnych (lodowcowych), które zostały po lodowcu północnym na niżu polskim? 2. Powiedz na podstawie mapy, jakie starsze systemy odsłaniają się tu i ówdzie na niżu z pod pokrywy dyluwjalnej.

Na północ od pasa południowych wyżyn naszych zalega *niż polski*. Obejmuje on Mazowsze, Kujawy i Wielkopolskę, gdzie łączy się z niżem niemiecką, a ku wschodowi sięga przez Polesie (wzdłuż Prypeci) do prawego brzegu Dniepru.

Powierzchnię tworzy tu wszędzie potężny pokład dyluwjalnych glin, margli, piasków i t. d., przeważnie pochodzenia lodowcowego (dena morena, moreny czołowe i t. p.), z bardzo licznymi głazami erraticznymi, pochodzącymi z Skandynawji i Finlandji, których używają powszechnie jako materiału na bruk, drogi i t. p. Niż polski był bowiem w czasie dyluwjum dwukrotnie pokryty potężną oponą lodową: w czasie najdalszego zasięgu lodowca północnego, kiedy dochodził on w Małopolsce do samego brzegu karpackiego i później, po trwającym jakiś czas okresie międzylodowcowym, kiedy posunął się już tylko do pasa naszych wyżyn południowych. Po tych dwu fazach zostały dwie moreny denne, przedzielone utworami międzylodowcowymi, dwie strefy moren końcowych z okresów dłuższego postoju lodowca cofającego się, utwory fluwjoglacjalne i t. p. (por. ryc. 190). Zaznacza się przytem na obszarze niżu nieregularna sieć dolin po wodach lodowcowych i dyluwjalnej Prawiśle, która w czasie cofania się lodów, mając zatamowany odpływ w stronę dzisiejszego Bałtyku, zmierzała na północny zachód i uchodząc do morza w miejscu już wolnym od lodowca, gdzie dziś ujście Łaby, otrzymywała z lewego brzegu Łabę i Odrę jako swoje dopływy. Dzisiejsze ujście Wisły wytworzyło się dopiero wtedy, kiedy lodowiec cofnął się jeszcze dalej ku północy. Oczywiście sieć owych pradolin zmieniała się w miarę cofania się lodowca, a później odegrała ważną rolę w rozwoju współczesnych stosunków hydrograficznych ziem polskich. Tylko obecne rzeki w dolinach potężnych wód dyluwjalnych często wyglądają „jak mysz w klatce lwa, z której lew uciekł“. (Porównaj ryc. 191).

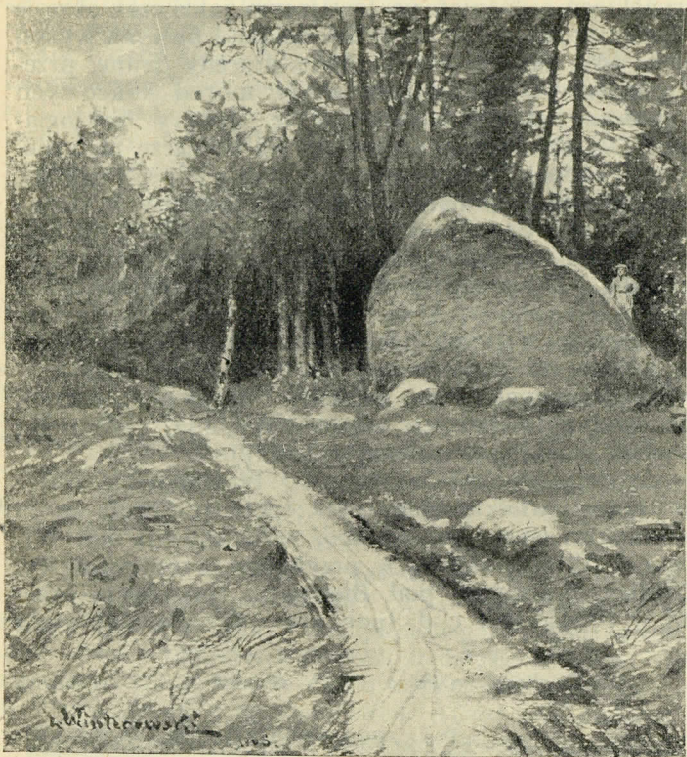
Pod dyluwjum znajdują się młode warstwy trzeciorzędne (miocen—pliocen), będące osadem wielkich jeziorzysk; petrograficznie są to warstwy piasków z pokładami węgla brunatnego, widoczne np. nad Wisłą między Dobrzyniem i Włocławkiem, a przykryte przez pstre iły, odsłaniające się w okolicy Warszawy pod Bielaniem, na lewym brzegu Wisły, nad Wartą w Poznaniu i t. d. (por. ryc. 187). Na Kujawach



Ryc. 187. Przekrój geologiczny przez środkową część niżu polskiego ze studniami artezyjskimi na Pradze pod Warszawą. (Według prof. Lewińskiego). (2, 3 i 5 — utwory dla wody nieprzepuszczalne; 4 — warstwa z wodą artezyjską; linje pionowe oznaczają wiercenia).

1 — gliny z głazami narzutowymi (dyluwjum); 2 — iły pstre (neogen); 3 — drobnoziarniste piaski z węglem brunatnym (neogen); 4 — piaski zielone (oligocen); 5 — margle górnokredowe (t. zw. opoka).

i w Wielkopolsce węgiel, był w kilku miejscach eksploatowany. Warstwy te spoczywają we wschodniej części niżu na zielonych piaskowcach wieku paleogeńskiego (oligocen), pod którymi znajdują się nieprzepuszczalne dla wody margle górno-kredowe, zwane opoką. To też dzięki temu w owych piaskach i piaskowcach gromadzi się woda, tworząc w ten sposób zbiornik olbrzymi wód podziemnych, który przy odpowiednim ułożeniu warstw dostarcza wody artezyjskiej Warszawie, mianowicie Pradze, a prócz tego całemu szeregowi innych miast tej części niziny polskiej. Starsze utwory — przedewszystkiem kredowe i jurajskie — występują na wierzchu tylko gdzie niedługo małymi wyspami, a trias znaleziono w bardzo



Ryc. 188. Kamień filaretów (wielki głaz narzutowy) w Tuchanowiczach. Według fotografii z natury.

znaczej głębokości dopiero przy sposobności wierceń. Kujawskie warstwy solne są wieku permskiego; towarzyszą im także sole potasowe, obecnie niedobywane, gdyż narazie stwierdzono ich obecność tylko w kilku punktach, gdzie jest ich za mało, albo gdzie są za głęboko. Podobnie jednostajnie przedstawia się *ziemia wileńska*, i dalej całe *pojezierze pomorsko-pruskie*, które zamyka od północy wielki niż polski. Tylko dyluwjalne utwory lodowcowe są tu często jeszcze bardziej rozwinięte, a głazy erratyczne dochodzą niekiedy olbrzymiej

wielkości (Kamień filaretów, ryc. 188). Jako trzeciorzęd znajdujemy warstwy oligocenijskie w postaci charakterystycznych, zielonych piasków, które są dalszym ciągiem podobnych warstw, stwierdzonych w głębi wierceniami w wielu punktach niżu polskiego (por. ryc. 187). Warstwy bursztynowe pobrzeża Bałtyckiego należą także do tego oligocenu.

**Pytania.** 1. Do jakiego rodzaju równin należy zaliczyć niż polski? Jaką równiną ze względu na swe powstanie jest nizina sandomierska? 2. Powiedz, co to jest woda artezyjska i wytłumacz na podstawie ryc. 187, dzięki czemu woda, gromadząca się pod Warszawą w głębi na opoce, ma własności wody tego rodzaju.

**Pytania.** 1. Który obszar ziem polskich odznacza się największą różnorodnością w swej budowie geologicznej? 2. Wymień te systemy geologiczne w Polsce, które mają szczególne znaczenie dla naszego górnictwa. Gdzie i jakich produktów górniczych dostarczają?

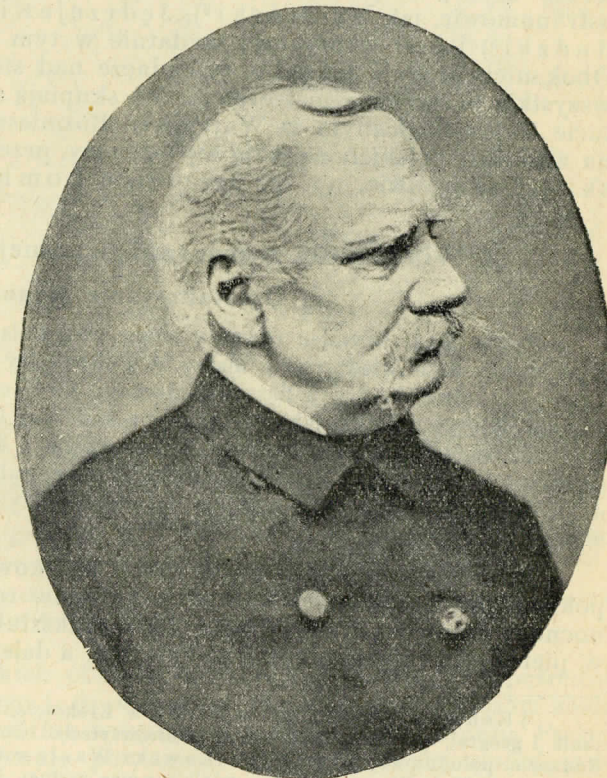
### III. Geografja fizyczna Polski.

#### I. Nieco z historii badań geograficznych u nas.

**Pytanie.** Jakich znasz pisarzy dawniejszych, u których znajdujemy wiadomości z zakresu geografji Polski?

Rzeźba kraju i stosunki klimatyczne lub hydrograficzne same narzucają się dostrzeganiu każdego i temu należy przypisać, że już u naszych kronikarzy i historyków znajdujemy nieraz szczegóły z zakresu geografji fizycznej Polski. Przedewszystkiem odnosi się to do Długosza<sup>1)</sup>, który w opisie geograficznym Polski (*Chorografja Regni Poloniae*) mówi o górach i wodach kraju i notuje zjawiska klimatyczne. Znajdujemy u niego wzmianki nawet o trzęsieniach ziemi i t. p.

Pierwszym, który rozpoczął u nas badania systematyczne kraju także w zakresie geografji fizycznej, jest znany nam, niezapomniany Staszyc. Późniejsze wypadki polityczne wywołały jednak i na tem polu pod niejednym względem zastój, chociaż np. stacje meteorologiczne w Warszawie i Wilnie, później w Krakowie i Lwowie gromadzą od XVIII stulecia materiały klimatologiczne, warszawska prawie bez przerwy. Tym, który po latach podejmuje znowu pracę Staszica na polu geografji fizycznej Polski, jest Wincenty Pol<sup>2)</sup>, znany poeta, a równocześnie profesor geografji



Ryc. 189. Wincenty Pol.

<sup>1)</sup> Długosz Jan (ur. w r. 1415, um. r. 1480), autor *Kroniki i Opisu Geograficznego Polski*, najcenniejszego źródła znajomości Polski średniowiecznej. <sup>2)</sup> Pol Wincenty (ur. r. 1807 w Lublinie, um. w Krakowie r. 1872), znakomity poeta, autor *Pieśni o ziemi naszej*, był profesorem geografji w Uniwersytecie Jagiellońskim; usunięty później z katedry przez rząd austriacki.

w Uniwersytecie Jagiellońskim; zaczyna on nową erę dla geografii naszej dziełem: Północny wschód Europy. Później pracują w tym kierunku Rehman<sup>1)</sup>, Nałkowski<sup>2)</sup> i inni, a badania już znanych nam geologów wzbogacają także i odpowiednie działy geografii fizycznej kraju. Towarzystwa naukowe i instytucje nasze idą tym usiłowaniami na rękę. I tak Komisja fizjograficzna krakowskiego Towarzystwa Naukowego a później Akademii Umiejętności, która położyła wielkie zasługi przez wydanie Atlasu Geologicznego Galicji, organizuje sieć stacyj meteorologicznych i publikuje ich sprawozdania; w Warszawie drukuje Pamiętnik Fizjograficzny spostrzeżenia meteorologiczne szeregu stacyj, powołanych do życia ofiarnością prywatną; Kasa Mianowskiego i na polu geografii fizycznej popiera usilnie wszelkie badania. Prowadzi się równocześnie pomiary siły ciężkości, magnetyzmu i t. p., a stacje seismiczne we Lwowie i w Krakowie czynią spostrzeżenia, odnoszące się do trzęsień ziemi. Zasłużeni astronomowie, jak Karliński<sup>3)</sup>, Jędrzejewicz<sup>4)</sup>, znakomity geofizyk Rudzki<sup>5)</sup> i inni wzbogacają wydatnie w tym kierunku polską wiedzę. Obok nich pracują także i obcy badacze nad stosunkami u nas. Obecnie wszystkie obserwacje meteorologiczne skupiają się w Państwowym Instytucie Meteorologicznym w Warszawie. Rozmieszczeniem roślin i zwierząt na ziemiach polskich zajmują się botanicy, przede wszystkim Raciborski<sup>6)</sup>, i zoologowie, np. już znany nam Łomnicki Marjan<sup>7)</sup> i inni.

## 2. Wiadomości z geografii fizycznej ziem polskich.

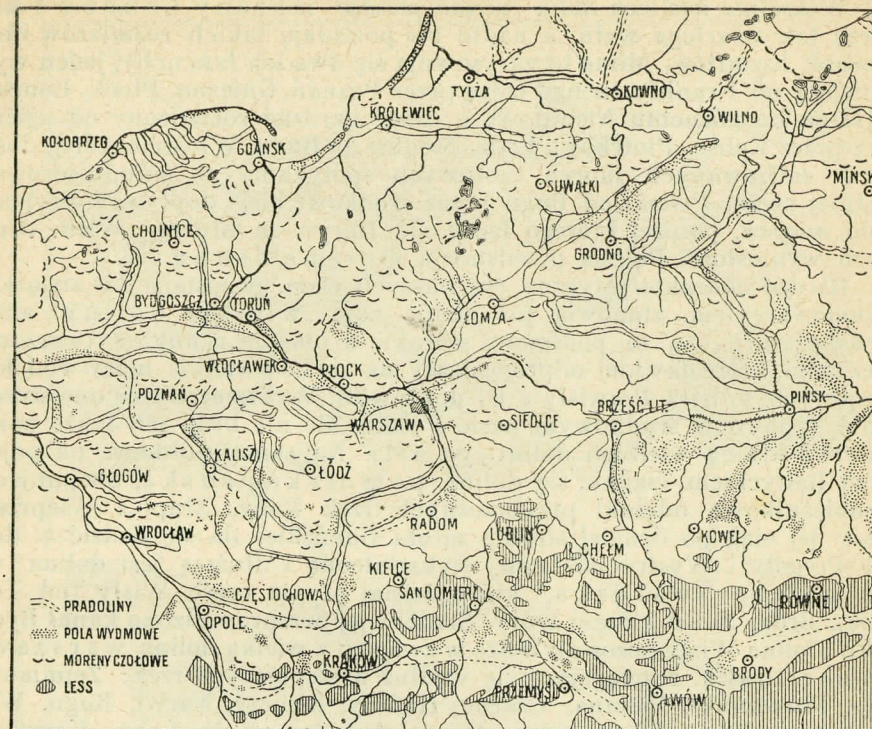
### a) Ukształtowanie pionowe.

**Pytania.** 1. Wymień równiny znane ci w Polsce i powiedz do jakich typów je zaliczasz. 2. Powiedz, jakie mamy w Polsce góry fałdowe, względnie płaszczowinowe i które obszary u nas zawdzięczają swój charakter górzysty procesom akumulacyjnym. 3. Do jakiego typu gór zaliczysz Gołogóry, Woroniaki, pasmo krzemienieckie i Roztocze lwowsko-tomaszowskie? 4. W których częściach kraju północny lodowiec dyluwjalny przebywał i pracował najkrócej, które były wolne od lodowca tego zupełnie, a gdzie w czasach dyluwjalnych mieliśmy u siebie lodowce miejscowe?

Widzieliśmy dopiero co, że część środkowa i północna Polski jest pokryta prawie na całej przestrzeni potężnie rozwiniętymi utworami północnego lodowca dyluwjalnego. To też ukształtowanie swoje zawdzięcza w pierwszym rzędzie pracy tego lodowca, a dalej erozji wód dyluwjalnych,

<sup>1)</sup> Rehman Antoni (ur. w r. 1840 w Krakowie, um. w r. 1917 we Lwowie), botanik i geograf, profesor geografii w Uniwersytecie lwowskim, podróżuje po Ukrainie, Kaukazie, południowej Afryce. <sup>2)</sup> Nałkowski Wacław (ur. w Garwolińsku w r. 1857, um. w r. 1911 w Warszawie) ma wielkie u nas zasługi jako metodolog geografii i autor podręczników. <sup>3)</sup> Karliński Franciszek (ur. w Krakowie r. 1830, umiera także w r. 1906) profesor astronomii w Uniwersytecie Jagiellońskim. <sup>4)</sup> Jędrzejewicz Jan (ur. w Warszawie r. 1835, um. w Płońsku, 1887), lekarz i astronom, własnym kosztem urządza obserwatorium astronomiczne i stację meteorologiczną w Płońsku (ziemia płocka), gdzie prowadzi badania. <sup>5)</sup> Rudzki Maurycy (ur. w Uhrynkowiech na Podolu w r. 1862, um. w Krakowie w r. 1916) docent geografii w Uniwersytecie odeskim, profesor geofizyki, później astronomii w Uniwersytecie Jagiellońskim, jeden z najznakomitszych geofizyków europejskich. <sup>6)</sup> Raciborski Marjan (ur. w r. 1863 w ziemi sandomierskiej, um. w r. 1917). Najznakomitszy polski botanik i paleobotanik. Przebywa kilka lat na Jawie. Później zostaje profesorem botaniki w Akademii Dublańskiej, w Uniwersytecie lwowskim, wreszcie krakowskim. Pierwszy daje całkowity obraz geografii roślin na ziemiach Polski. <sup>7)</sup> Por. str. 193.

które dały początek sieci już znanych nam „pradoliny” albo „dolin wielkich”, wreszcie wiatrom, dzięki którym powstały na znacznych przestrzeniach piaski ruchome i obszary wydmowe, zaś na południu potężne zwały lessu (por. ryc. 190). Inne jest powstanie form południowej części kraju, gdzie wytworzyły się one jako wynik przedewszystkiem pewnych ruchów tektonicznych i erozji wód płynących, choć i tutaj widzi się często wpływ zlodowacenia, jeżeli nie wprost, to pośrednio.



Ryc. 190. Mapa rozmieszczenia charakterystycznych utworów lodowcowych i polodowcowych w Polsce. (Według Lencewicza).

Ale i na tych wielkich obszarach, które były poddane bezpośrednio pracy lodowca północnego i to nawet w ciągu dwóch okresów zlodowacenia, zaznacza się ona nie wszędzie w jednakowym stopniu. Formy, które jej zawdzięczają swoje powstanie, uległy w części południowej w znacznej mierze zniszczeniu i dopiero na pojezierzu widzimy je zachowane całkowicie, nieraz z zadziwiającą świeżością. *Pojezierze Pomorskie* — to zatem najtypowszy kraj i krajobraz morenowy. *Moreny końcowe* — zaokrąglone wzgórza, zrastające się w linjach łukowatych — tworzą tu wał, ciągnący się od południowego zachodu ku północnemu wschodowi z najwyższym wzniesieniem, Wieżycą (321 m), wśród gór Szymbarskich. Liczne jeziora wypełniają zagłębienia, które leżą wśród wzgórz morenowych. Południowe stoki pojezierza Pomorskiego pokrywają piaszczyska (zandry), na których porasta wielkich rozmiarów puszcza Tucholska.

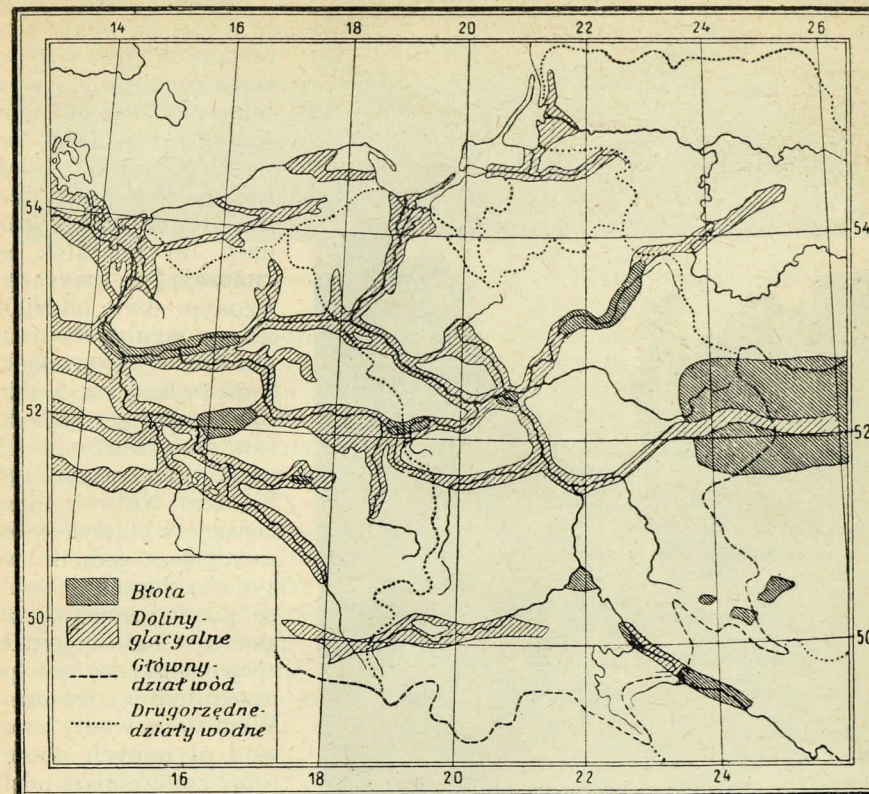
Terenem akumulacji lodowcowej jest także *pojezierze Pruskie*. Po-  
tężne wały moreny końcowej ciągną się tutaj od Wisły przez wzgórza  
Ostrodzko-Dąbrowskie i wyżynę suwalską aż do kolana Niemna powyżej  
Kowna, a przetkane są tak samo, szczególnie w części środkowej, obficie  
jeziorami (jezioro Niebolskie, Śniardwy). Od ich strony południowej  
rozpościerają się również zandry (puszcza Jańsborska). Dalszy ciąg tych  
moren śledzić można we wzgórzach *Litwy Wileńskiej*, które w kształcie  
wielkiej podkowy obejmują dorzecze Wilji.

W *krainie wielkich dolin (nizina polska)* moreny końcowe nie  
tworzą tak zwartej wały, a nadto nie posiadają takich rozmiarów i tej  
świeżości kształtów. Mimo to zarysowują się dwa ich łańcuchy, jeden wy-  
raźniejszy od Frankfurta nad Odrą przez Poznań, Gniezno, Płock, Łomżę,  
Białystok ku górnemu Niemnowi, a drugi bardziej rozrzucony od ujścia  
Obry przez Kalisz, Piotrków, Łódź, Siedlce do Bugu. Wreszcie szereg dość  
dobrze zachowanych moren czołowych spotykamy w południowo-za-  
chodniej części *Polesia*, od Bugu przez środkowe biegi dopływów Prypeci  
aż do miejsca, poniżej którego łączy się Horyń ze Słuczą. Wiele dro-  
bnych wyniosłości Polesia przedstawia morenę denną.

Bardzo charakterystyczny rys naszych ziem, pozostający w związku  
ze zlodowaceniem, stanowią już znane nam „wielkie doliny“ albo  
„pradoliny“. Są to podłużne, szerokie a płaskie rynny, wytworzone  
przez rzeki, które dawniej odprowadzały na zachód wielkie masy wód lo-  
dowcowych, tudzież Prawisły i jej dopływów. Wykształciły się one szcze-  
gólnie typowo w środkowym pasie Polski, ale nie brak ich także poza  
właściwą krainą wielkich dolin (ryc. 191). Na samej północy, na poje-  
zierzu Bałtyckim, ciągnie się dolina pomorsko-pruska, obejmująca  
równoleżnikowe odcinki przybrzeżnych rzek Łeby, Słupi i Wieprza;  
dalszy jej ciąg po drugiej stronie zatoki Gdańskiej da się śledzić w do-  
linie Pregoi i Wystrucia. Lepiej wykształconą i dłuższą jest dolina to-  
runsko-eberswaldzka, którą dzisiaj płynie część Wisły (od To-  
runia), Brda, Noteć i część Odry. Śladem jej przeprowadzono kanał Byd-  
goski. Dolina Wisły pozostaje także w związku z wielką doliną warszaw-  
sko-berlińską, rozciągającą się wzdłuż następujących rzek: Zejmiany,  
Wilji, Mereczanki, Niemna, Czarnej Hańczy, Biebrzy, Narwi, Bugu,  
Wisły, Bzury, Neru, Warty, Obry, Odry i Sprewy aż do Łaby. Korytem  
wód lodowcowych, zwanem doliną puławsko-pińską, płyną obecnie  
rzeki: Prypeć, Muchawiec, Krzna, Tyśmienica, dolny Wieprz. Dolinę naj-  
bardziej południową, często chowski-wrocławsko-magdeburgską,  
wyznaczają: górna Pilica, część Warty, Małapanew, Odra. Dolinami po-  
wyższymi odpływały wody Prawisły, jej dopływów i lodowcowe na za-  
chód i łączyły się z rzekami niziny niemieckiej. Jedynie w czasie naj-  
dalszego zasięgu lodowca północnego odpływ wód odbywał się ku wscho-  
dowi wielką doliną podkarpacką, której ślady widoczne są nad Wisłą,  
Sanem, Błóżewką, dalej zaś i nad Dniestrem.

Wreszcie jeszcze jeden ważny czynnik rzeźby ziem naszych — to wy-  
dmy piaszczyste. Ogromne masy piasku, który pozostawiły lodowce  
lub w pradolinach nagromadziły rzeki, spiętrzył wiatr w pagórki roz-  
maitej wysokości i rozmaitego kształtu. Najczęściej występują wydmy  
w wielkich dolinach lub w ich sąsiedztwie (wydmy śródlądowe),  
ale również dalej od nich. Klasycznym terenem wydмовym (wydmy  
nadmorskie) są wybrzeża Bałtyku, głównie wąskie języki mierzei  
(Hel, mierzeja Wiślana i Kurońska). Między wyniosłością pojezierzy a po-

łudniowemi wyżynami leżą największe obszary wydmore. Jeden z nich  
ciągnie się dawną doliną Wisły ze szczególnem wykształceniem w oko-  
licach Warszawy (puszcza Kampinoska) i w widłach Wisły i Bugu. Do  
bardzo pospolitych zjawisk należą wydmy na Polesiu, a spotyka się je  
często na wyżynie małopolskiej. Również i piaski niziny nadwiślańskiej  
i nadbużańskiej ułożyły się w wydmy.

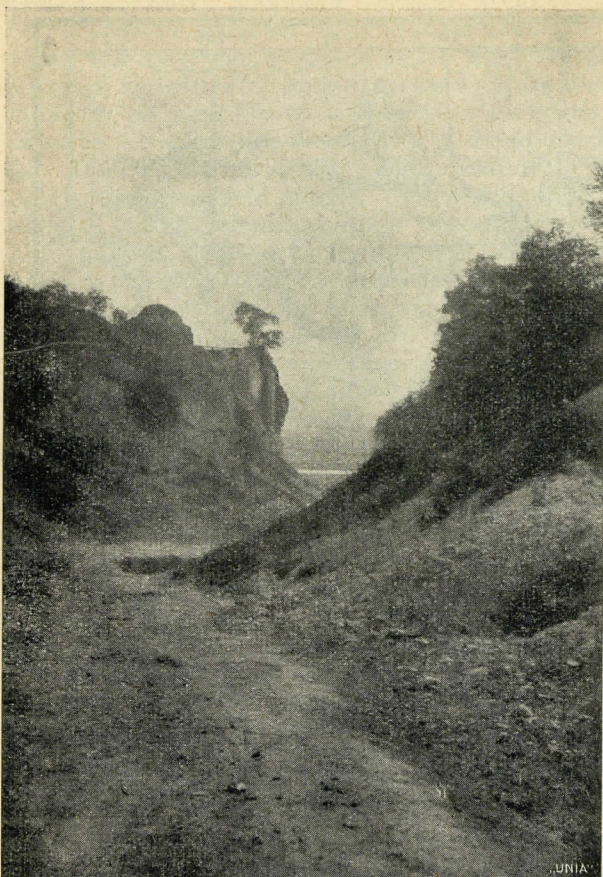


Ryc. 191. Pradoliny na ziemiach polskich. (Według Sawickiego).

Działalność wiatrów uwydatniła się jednak jeszcze w innym kie-  
runku. Wiemy, że w miarę jak lodowiec cofał się ku Bałtykowi, nasta-  
wał u nas klimat suchy. Skutkiem tego wiatry wywiewały z obnażonych  
i pozbawionych wilgoci utworów lodowcowych, fluwjoglacjalnych i t. p.  
tumany drobnego pyłu, które następnie unosiły na południe i osadzały  
w wielu miejscach, niwelując nierówności terenu. W ten sposób wytwor-  
zyła się pokrywa lessu w południowej części Polski. Zajmuje ona roz-  
ległe przestrzenie na Podolu, Wołyniu, Roztoczu, Podkarpaciu, Śląsku,  
częściowo na nizinie nadwiślańskiej, w południowej części wyżyny ma-  
łopolskiej (w Miechowskim i Sandomierskim) i na wyżynie lubel-  
skiej (ryc. 192).

Ale to wyrównujące działanie wiatrów, a nie mniej i inne wpływy,  
łącznie się ze zlodowaceniem, nie zdołały zatrzeć piętna, jakie wycisnęła

erozja wraz z siłami tektonicznymi na ukształtowaniu się form wynioslejszej, południowej połaci Polski (ryc. 193). Najlepszym tego przykładem jest *wyżyna małopolska*, którą w całości zakrywał lodowiec skandynawski. Wyżyna ta wyniosłość posiada ślady rozmaitych dyzlokacyj. W okresie karbońskim nastąpiło silne sfałdowanie jej na wschodzie i zachodzie, podczas gdy w środku utworzyła się, prawdopodobnie w czasach mezo-

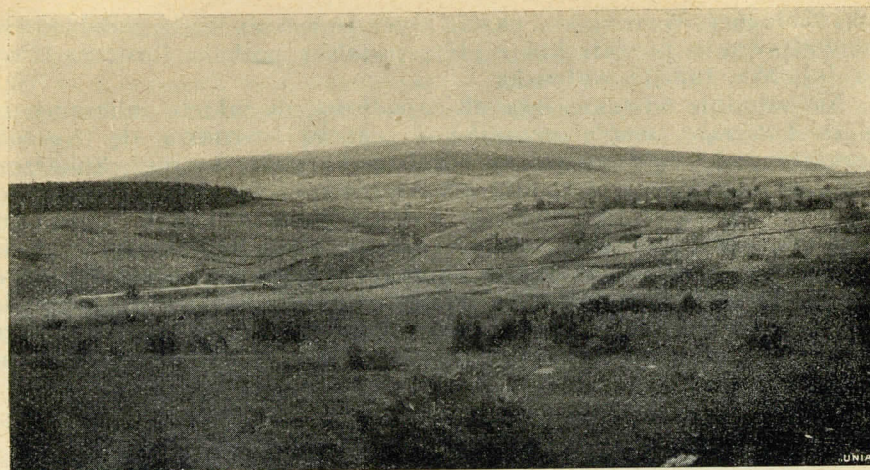


Ryc. 192. Polski krajobraz lessowy w Sandomierskiem. (Z książki Chmielewskiego).

obszary lessowe południowej części wyżyny, których płaska pokrywa została pocięta głębokimi dolinami (ryc. 192).

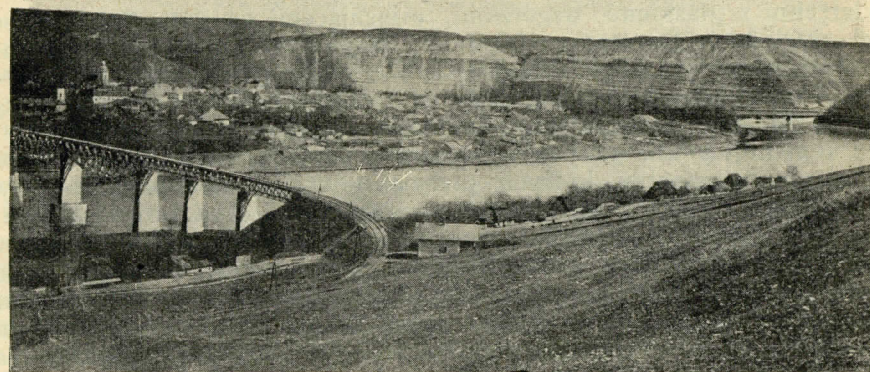
W odmiennych warunkach, aniżeli na wyżynie małopolskiej, pracowały rzeki na *płycie podolskiej* i na *wyżynie lubelskiej*, tudzież *wołyńskiej* i dlatego wytworzyły się tu formy inne. Podole wraz z całą płytą czarnomorską posiadało spokojną przeszłość geologiczną. Na wyrównanej powierzchni granitów osadziły się poziomo lub prawie poziomo, z nieznacznymi tylko tu i ówdzie dyzlokacjami, warstwy wieku sylurskiego, dewońskiego, jurajskiego, kredowego i trzeciorzędnego, w których następstwie widzimy dowody jedynie powolnych ruchów pionowych, ja-

zoicznych podłużna zakłębłość. Pomimo że góry, które powstały w tak odległych czasach, zostały zniszczone i z małymi wyjątkami zrównane, a zapadłość wypełniły nowsze osady, to przecież przeobrażenia tektoniczne, które dały im początek, zaznaczają się wyraźnie, tworząc dwie oddzielne grupy wzniesień (na zachodzie wyżyna śląsko-krakowska, na wschodzie wyżyna kielecko-sandomierska), oddzielone podługowatym zagłębieniem Nidy i Pilicy. Dzisiejszą plastykę swoją zawdzięcza jednak wyżyna małopolska dopiero późniejszemu wyniesieniu w całości (ruchy epejrogeniczne) po poprzednim wyrównaniu. Wzmoczona wtedy erozja wód płynących poczęła robić znaczniejsze postępy, aż wreszcie wymodelowała dawną peneplę do takiej urozmaiconej postaci, w jakiej ją dzisiaj widzimy. Działanie erozyjne objęło też



Ryc. 193. Łysogóry. (Fotografia ze zbiorów Towarzystwa Krajoznawczego w Warszawie).

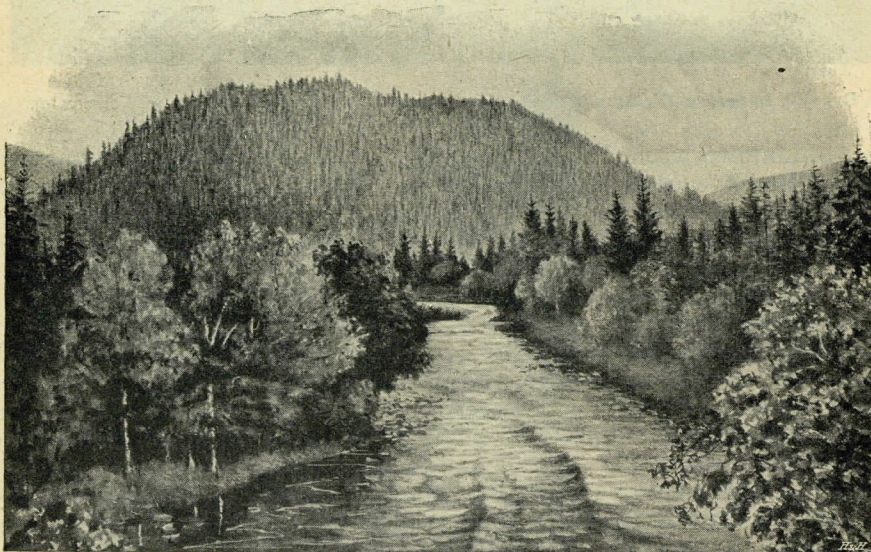
kim południowo-wschodnie wyniosłości Polski podlegały w ciągu swych dziejów. Płytkowe ułożenie się skał uwarunkowało równinowy charakter Podola, a spotęgował go jeszcze less, który szerokim płaszczem pokrył rozległe przestrzenie. W podniesioną w niedawnych czasach płytę Podolską wżarły się swojemi głębokimi jarami rzeki i wywołały kontrast między stromymi zboczami swych dolin a lekko sfałowanymi równinami wierzchowy (ryc. 194). Większe takie równiny utrzymały się we wschodniej części Podola, na zachodzie zaś, na tak zw. Opolu, skutkiem obfitujących opadów, a przez to intensywniejszej denudacji, wody rozryły kraj i zatarały cechy płyty. W jej miejsce widzimy południkowo uszeregowane pagórki pomiędzy równoległe do siebie płynącymi rzekami. Szczególne bogactwo form rozwinęło się na północnej krawędzi Podola, powstałej skutkiem wytworzenia się siodła, względnie fleksury. Współdziałająca z tym objawem tektonicznym erozja urzeźbiła tę krawędź i nadała jej wygląd



Ryc. 194. Jar Dniestru w Zaleszczykach. (Według fotografii z natury).

górski (Gołogóry, Woroniaki i pasmo krzemienieckie). Wiele podobieństwa w ukształtowaniu powierzchni z płytą podolską posiada Roztocze i wyżyna lubelska, tudzież wołyńska.

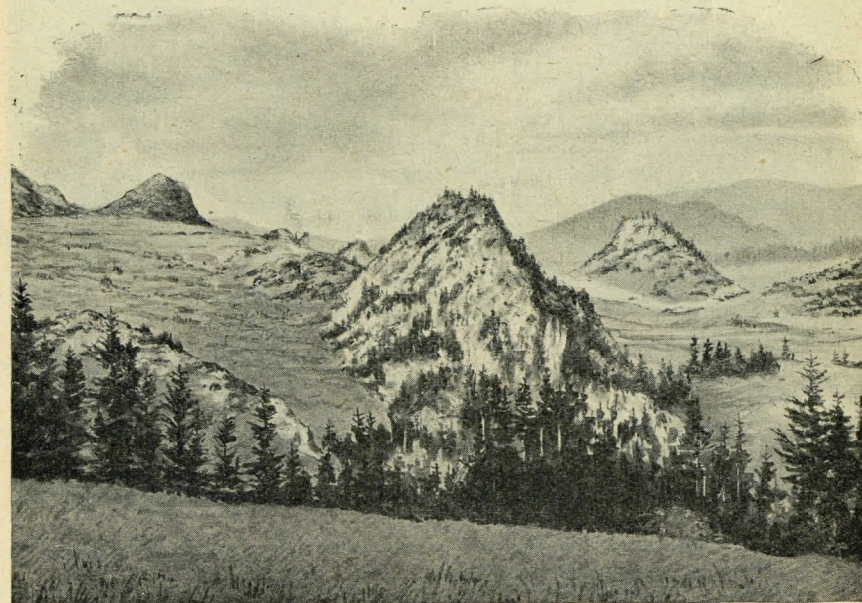
Na południe od tektonicznych zapadłości, do jakich zaliczamy *nizinę sandonierską, naddniestrzańską i pokucką*, wznoszą się *Karpaty*, stanowiące pod względem rzeźby odrębną dla siebie krainę. Spiętrzone do znacznej wysokości przez siły orogeniczne w stosunkowo niedawnych czasach (w trzeciorzędzie), doznały one zkolei przeobrażeń zależnie od warunków, wśród których działały na nie siły zewnętrzne, tudzież w związku z jakością skał. Pozostające w łączności z górami *pogórze karpackie*, zbudowane z miękkich utworów (mioceneskie iły, łupki i miękkie piaskowce), sfałdowanych w czasie ostatecznego spiętrzenia się Karpat, zamieniły rzeki, płynące szerokimi dolinami, w kraj o lekko powyginanej



Ryc. 195. Widok z okolicy Tatarowa nad Prutem. (Według fotografii z natury).

powierzchni z płaskimi wzgórzami, sięgającymi od 150—200 m wysokości względnej. Pogórze podnosi się stopniowo ku bardzo wyraźnej krawędzi górskiej samych Karpat, które obejmujemy tu jedną nazwą Beskidów. Pasmowy układ, łagodne, jednostajne grzbiety odznaczają te góry. Falistość linii grzbietowej rzadko wykazuje spadki powyżej 10% (na 100 m linii grzbietowej 10 m spadku). Przeciwnieństwo tego stanowi ukształtowanie stoków, których przeciętny spadek dochodzi 40—50%. Naogół jednak Beskidy posiadają z wyjątkiem skał pienińskich (ryc. 196), kształty łagodne i zaokrąglone, gdyż flisz jest mało odporny na działanie wody (ryc. 195). Działalność czynników niszczących pozostaje do pewnego stopnia w związku z wysokością bezwzględną, która nie tylko rośnie w Beskidach od brzegu północnego ku południowemu, lecz także zmienia się od zachodu na wschód. Od Beskidu Zachodniego (Babia Góra 1725 m) opada linja wzniesień ku Beskidowi Niższemu, którego najwyższy szczyt, Długa Kiczera, jest wysoki zaledwie

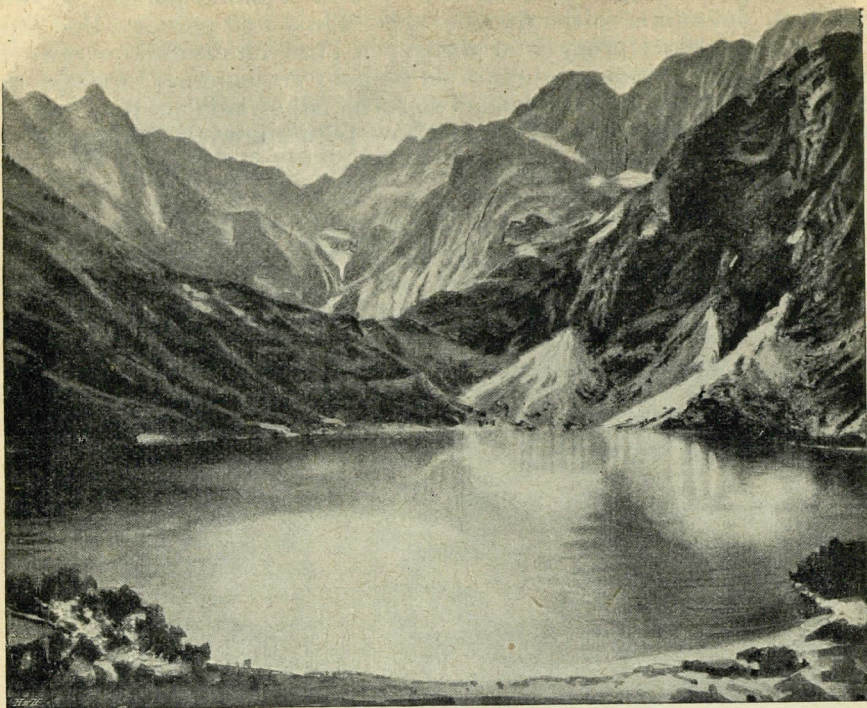
867 m, potem wznosi się jednak coraz wyżej w Beskidzie Wysokim (w Bieszczadach — Stoh 1679 m, w Gorganach — Sywula 1818 m, Bliźnica 1888 m, a wreszcie w Czarnohorze — Howerla 2058 m). Od łagodnych form Beskidów wyróżniają się swem urozmaiceniem i znaczniejszą wysokością Tatry (Garluch 2663 m nad poziom morza), wyodrębnione zapadłościami ze wszystkich stron od innych pasm karpackich. To gniazdo górskie, długie 52 km, a szerokie 17 km, rzeki i potoki porzeźbiły swemi głębokimi dolinami, wdzierając się od południa i od północy. Pod wpływem niszczycielskiej pracy wód płynących i innych czynników zewnętrznych, zależnej w wysokim stopniu od budowy geologicznej i rodzaju skał, powstało w Tatrach znaczne bogactwo form, odpowiadające różnorodności ich skał. W obrębie odpornych granitów południowych Tatr utrzymały



Ryc. 196. Skalice koło Szczawnicy. (Według Uhliga).

się największe szczyty (Tatry Wysokie) i ostre formy urwistych turni, iglic i poszarpanych grzbietów; w wapieniach, występujących na północy i wschodzie gór, wytworzyły się prostopadłe ściany z listwowymi upłazami i głębokie a wąskie gardziele, zaś szczyty są niższe. Podatniejsze na wpływy atmosferyczne gnejsy i łupki krystaliczne, które spotykamy w Tatrach zachodnich, przypominają znowu swemi bardziej łagodnymi formami nieco Beskidy. Wielki wpływ na ukształtowanie Tatr, zwłaszcza ich dolin, wywarło zlodowacenie czasów dyluwjalnych, mianowicie rozszerzając przekroje poprzeczne dolin tatrzańskich i zamieniając początki ich na charakterystyczne cyrki kształtu kotłowych zagłębień, otoczonych z trzech stron stromymi ścianami, a opadających w dół progiem, wreszcie zostawiając po sobie liczne moreny. Z bytnością lodowców łączy się też powstanie wielu jezior, które zajmują dna cyrków lub rozlewają się

poza morenami czołowymi (ryc. 197). Ślady zlodowacenia widzimy zresztą także w najwyższych częściach Beskidów, zwłaszcza w ich wschodniej części na Świdowcu, a głównie na Czarnohorze.



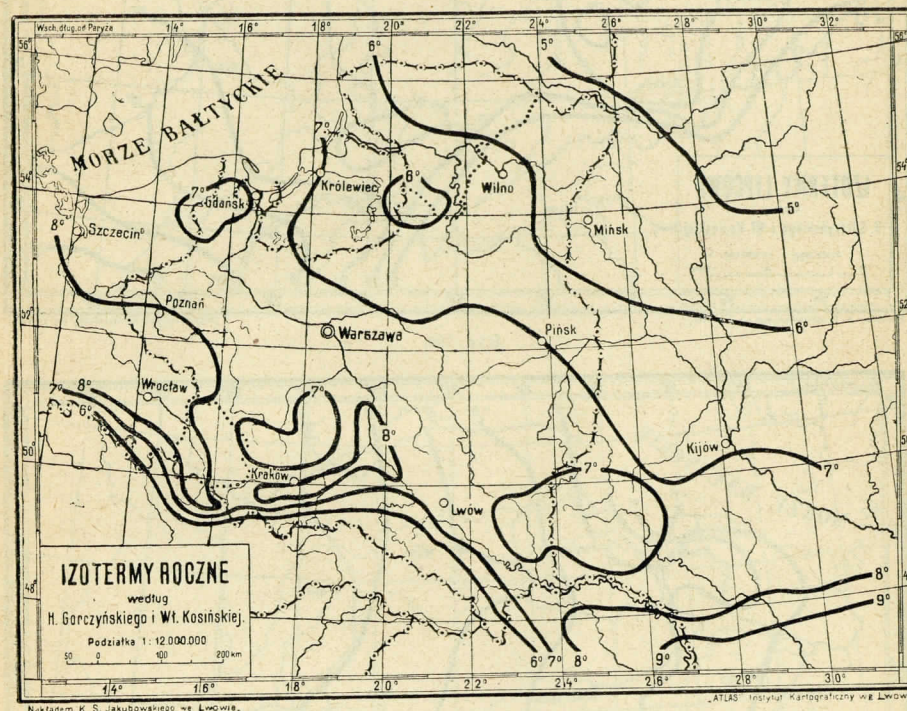
Ryc. 197. Morskie Oko; wyżej cyrk Czarnego Stawu, oddzielony od Morskiego Oka progiem skalistym. (Według fotografii z natury).

**Pytania.** 1. Dlaczego moreny czołowe, drumliny, azary i t. p. przechowały się najlepiej na pojezierzu, podczas gdy dalej na południe uległy w przeważnej części zniszczeniu? 2. Dlaczego obszary lessowe rozwijają się u nas tylko w południowej części kraju? 3. Co możesz wnosić o czasie powstania jarów podolskich, opierając się na tem, że Dniestrowi towarzyszą w okolicy Nizniowa potężne zwirowiska dyluwjalne na samym wierzchu jaru? 4. Ponieważ rzeki meandrują tylko przy słabym spadku i małej szybkości, w jaki sposób Dniestr mógł wciąć się aż do tej głębokości, w której dzisiaj płynie, tworząc liczne zakręty? 5. W jaki sposób powstało pasmo Miodoborów na wyżynie podolskiej? 6. Wyjaśnij, jak tłumaczymy przerwy w następstwie systemów geologicznych na Podolu ruchami kontynentalnymi, którym ulega litosfera. 7. Jak oznaczysz bliżej czas ostatecznego wypiętrzenia się w trzeciorzędzie łańcucha karpackiego, opierając się na tem, że równocześnie zostały silnie dyzlokowane warstwy podkarpackie miocenu solnego, a brzeg Karpat został na nie nawet nasunięty? 8. Jak nazwiesz krajobraz tatrzański, młodym czy starym — i dlaczego? Jak określisz co do wieku formy Podola?

**b) Klimat.**

**Pytania.** 1. Od czego zależy klimat danego obszaru? 2. Określ położenie Polski w Europie i wysnuj stąd wnioski o klimacie naszego kraju! 3. Jaki jest u nas przeciętny stan zachmurzenia i nasłonecznienia?

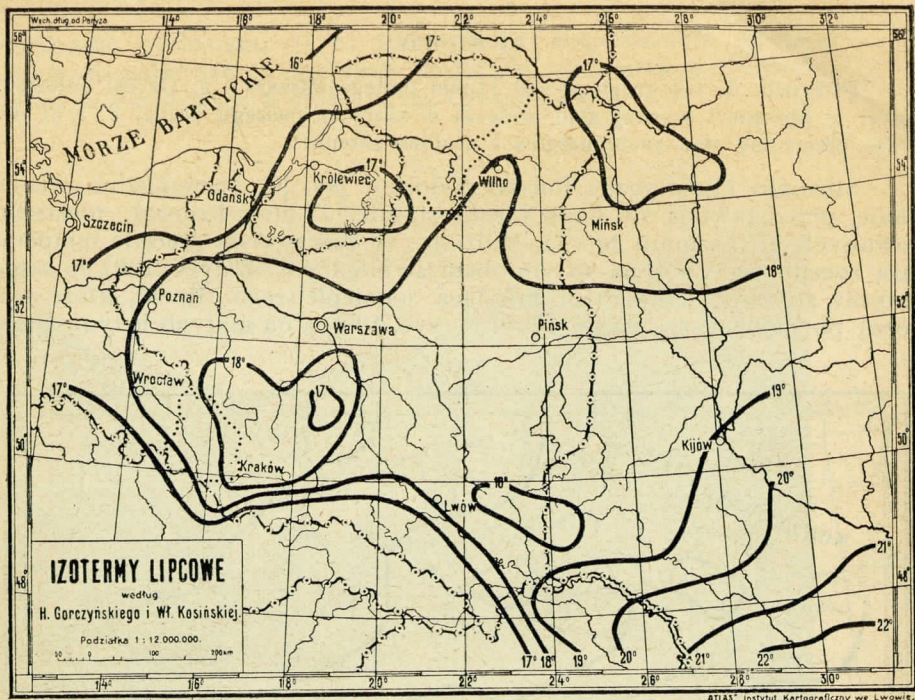
Stosunki klimatyczne Polski, podobnie jak jej bezwzględne wzniesienie, przedstawiają się naogół jednostajnie. Z map izoterm, niezredukowanych do poziomu morza, widzimy, że rzeczywista średnia temperatura roczna waha się na całym obszarze między 6—8° (ryc. 198), to samo dotyczy średnich temperatur miesiąca najcieplejszego (lipca), które wynoszą po największej części 17—18° (ryc. 199), a na małych jedynie prze-



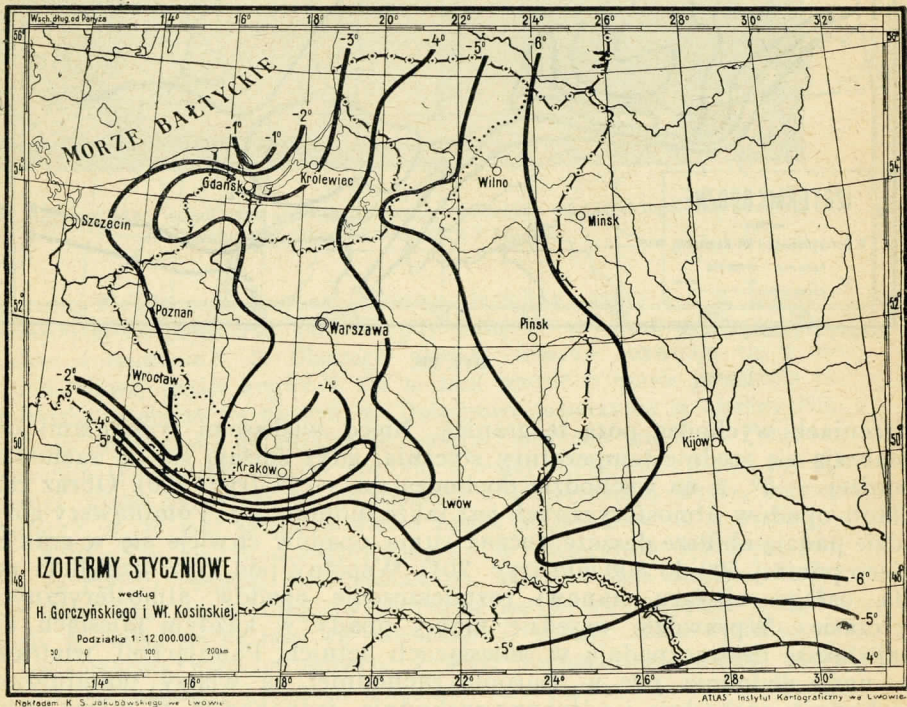
Ryc. 198.

strzeniach wychodzą poza tę granicę. Nieco większymi wahaniami odznaczają się średnie temperatury stycznia, gdyż zniżają się na zachodzie poniżej — 2°, a na wschodzie dochodzą do — 6° (ryc. 200). Obraz rozkładu opadów atmosferycznych jest także monotony. Pominąwszy góry, gdzie padają obfitsze deszcze, roczna suma opadów chwieje się w granicy nieco poniżej 500 do 800 mm (ryc. 201). Wspólny pod tym względem rys dla całego obszaru stanowi rozmieszczenie opadów atmosferycznych w czasie. Wprawdzie wszędzie mamy opady w każdym miesiącu, ale największe deszcze padają w miesiącach letnich. Panującymi wiatrami u nas, podobnie jak w Europie zachodniej, są wiatry południowo-zachodnie, zachodnie i północno-zachodnie, jednakowoż w miarę posu-





Ryc. 199.



Ryc. 200.



Nakładem K. S. Jakubowskiego we Lwowie.

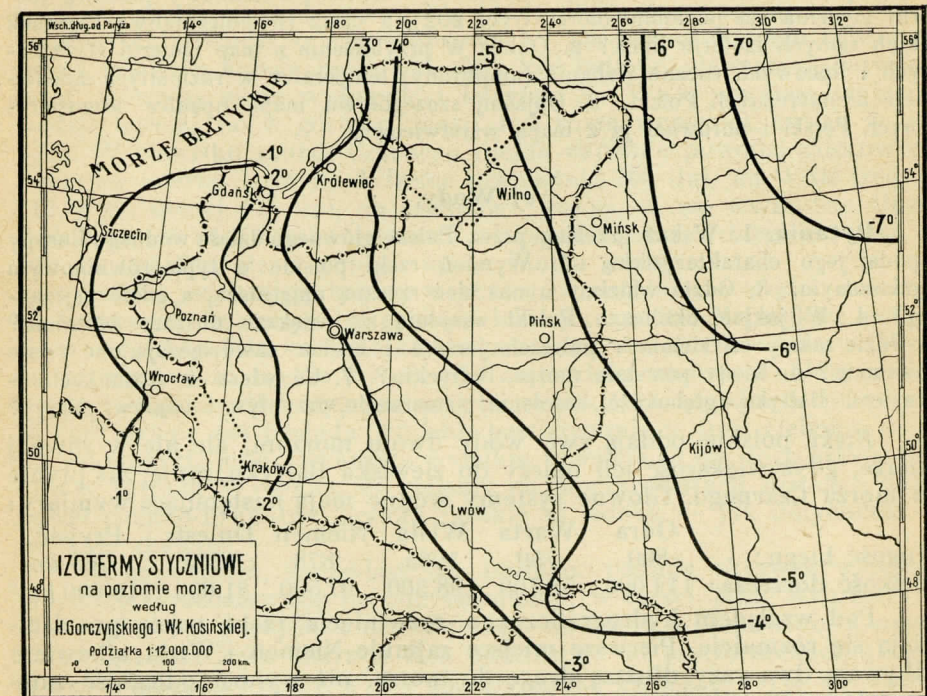
Ryc. 201.

Atlas, Instytut Kartograficzny we Lwowie.

wania się na wschód wzrasta udział wiatrów wschodnich, głównie w porze zimowej i wiosennej.

Pomimo ogólnej monotonii klimatu polskiego można wyróżnić pewne dziedziny klimatyczne na podstawie drobniejszych różnic. Różnice te wywołują: urozmaicona rzeźba kraju i zmienna z miejsca na miejsce odległość od oceanu Atlantyckiego, tudzież mas kontynentalnych, a także od Bałtyku i morza Czarnego.

Szczególną odrębnością wyróżnia się w granicach Rzeczypospolitej *dziedzina karpacka*. Cechuje ją znaczna zmienność temperatury, stosownie do różnic wzniesienia, a zwłaszcza niska ciepłota miesięcy letnich.



Nakładem K.S. Jakubowskiego w Lwowie.

Ryc. 202.

Opady są obfite i rosną z wysokością do sumy ponad 1000 mm rocznie. Znaczna ich część spada w formie stałej. Mniejszą ilością opadów i częstym zjawiskiem odwrócenia temperatury odznaczają się śródgórskie kotliny. *Nizina polska* odpowiada najlepiej ogólnym cechom klimatycznym kraju. Część jej zachodnia, leżąca bliżej Atlantyku, posiada przytem więcej znamion klimatu morskiego, a skutkiem tego roczne wahania temperatur nie przekraczają 20°; część wschodnia, zostająca pod znaczniejszym wpływem mas lądowych, ma mroźne zimy, co powoduje wzrost amplitudy rocznej ponad 20°. Na zachodzie położona *wyżyna małopolska* wyodrębnia się skutkiem znaczniejszego wzniesienia nad poziom morza w typ osobny o charakterze górskim, z niższą ciepłotą w zimie i w lecie, tudzież z większymi opadami. Osobno wydzielić można *Podole* o niższej średniej ciepłocie rocznej, która jest następstwem zim mro-

źniejszych, niżby wypadało z wysunięcia ku wschodowi. Temu odpowiada stałe zmniejszanie się opadów w kierunku wschodnim. Ostrzejszy klimat w porównaniu z otaczającymi obszarami ma *dzielnica pojezierna* o chłodniejszych latach i zimniejszych zimach; cechy te potęgują się zresztą w miarę posuwania się ku wschodowi. Ilość opadów jest obfitsza, co zgadza się z większym wyniesieniem. Wąski pas, tworzący *pobrzeże Bałtyku*, stoi zupełnie pod wpływem morza i dlatego ma łagodny klimat morski (ciepłe jesienie i zimy, a chłodne wiosny i lata). Pomimo sąsiedztwa z morzem jest strefa przybrzeżna uboga w opady atmosferyczne.

**Pytania.** 1. Czem da się wytłumaczyć u nas południkowy przebieg izoterm stycznia na poziomie morza (ryc. 202), a czem równoleżnikowy kierunek takich samych izoterm lipca? 2. Oblicz w przybliżeniu z map izoterm styczniowych i lipcowych roczne wahania (amplitudy) temperatur w rozmaitych dzielnicach klimatycznych Polski. 3. Objaśnij szczegółowo mapę opadów atmosferycznych Polski i porównaj ją z mapą warstwicową.

### c) Wody.

**Pytania.** 1. Wskaż przebieg przez Polskę głównego działu wodnego Europy i podaj jego charakterystykę. 2. Wymień rzeki polskie o typie równinowym i mieszanym. 3. Gdzie widzimy u nas sieć rzeczną najgęstsza, a gdzie najrzadsza? 4. W jakich okolicach Polski znajdują się większe obszary błotniste? 5. Gdzie mamy na ziemiach polskich jeziora i czemu zawdzięczają one swoje powstanie? 6. Kiedy powstało morze Bałtyckie? 7. Co wiesz o stosunkach fizycznych Bałtyku (głębokość, zasolenie, zamarzanie, przypływ i odpływ, prądy)?

Rzeki polskie oddają swe wody dwom morzom, ale nie w równej mierze, gdyż większość ich należy do zlewiska Bałtyku, mniej zaś płynie do morza Czarnego. Główne systemy wodne mają następujące wymiary:

	Odra	Warta	Wisła	Niemen	Dniestr	Prypeć
długość biegu:	860	750	1065	878	1372	768 km
wielkość dorzecza:	114.000	53.700	198.500	97.500	81.000	116.000 km <sup>2</sup>

Pod względem hydrograficznego rozwinięcia rzeki nasze przedstawiają się rozmaicie. Pierwsze miejsce zajmuje Niemen i Wisła, albowiem odbywają dwa razy dłuższą drogę do morza, niż wynosi odległość między ich źródłem i ujściem w linii powietrznej. Prawie tak samo zachowuje się dopływ Wisły, Narew i samodzielny Dniestr. Najślabsze rozwinięcie posiada bieg Prypeci.

Spadki rzek zmieniają się zależnie od charakteru okolic, przez które płyną. Znaczny spadek w biegu górskim (Dniestr 20<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, Wisła 5<sup>0</sup>/<sub>00</sub>) maleje z reguły wzdłuż rzeki (Wisła 0·17<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, Niemen 0·10<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, Dniestr 0·06<sup>0</sup>/<sub>00</sub> w dolnym biegu). Znaną jest ze swej ogólnej powolności Prypeć (0·09<sup>0</sup>/<sub>00</sub>).

Charakterystyczną cechą rzek bałtyckich stanowi asymetria ich dorzeczy, polegająca na tem, że główne dopływy wpadają z prawego boku; tak uchodzi Warta do Odry, Bug-Narew do Wisły, Wilja i Dubissa do Niemna.

Poziom wód w naszych rzekach ulega w ciągu roku wahaniom. Pod tym względem zachodzi różnica między rzekami górskimi i równinowymi. Wspólną cechą wszystkich naszych strug wodnych jest wysoki stan wód na wiosnę, przypadający na marzec i kwiecień, a spowodowany

przez roztopy śnieżne. Im dalej wzdłuż biegu, tem wybitniej zaznacza się w rzekach równinowych maksimum wiosenne. W górskich rzekach widzimy oprócz tego wysoki stan wody w lecie, wywołany przez ulewne deszcze, lecz to maksimum letnie zanika coraz bardziej wzdłuż, gdy rzeka przyjmuje charakter równinowy. Na Wiśle można je zauważyć jeszcze poniżej ujścia Sanu. Znamionem zjawiskiem, występującem na naszych rzekach, a dość częstem na niżu polskim, są powodzie. W górach, po ulewnych deszczach, których wody szybko spływają pochyłościami, zdarzają się krótkotrwałe, letnie powodzie deszczowe. Dłużej trwają one na wschodnim Podkarpaciu, gdyż woda, pochodząca z wielkiej ulewy, ma utrudniony odpływ w jarach dniestrowych. Powodzie tego typu spotyka się też na rzekach nizinnych, które prócz tego są często terenem wiosennych powodzi śnieżno-zatorowych. Na wiosnę bowiem równocześnie z tajaniem śniegu rusza lód. Gdy kry lodowe, piętrząc się, utworzą zator, wówczas woda występuje z koryta. Na Wiśle powstają takie powodzie łatwiej, bo w górnym biegu lód rusza wcześniej, aniżeli w dolnym. W zlewisku morza Czarnego niema zupełnie powodzi zatorowych. Pokrywa lodowa trwa na Wisłonce przeciętnie 108 dni, na Wiśle średniej 113, a na dolnej 120 dni, na zachodzie krócej, a na wschodzie dłużej. Podobnie też na Dniestrze wzrasta okres zlodzenia z biegiem rzeki od 102 do 114 dni, ale w pobliżu ujścia znowu maleje.

Polska jest krainą bogatą w jeziora, szczególnie w części dawnego zlodowacenia. Rozmiary i głębokość ich są rozmaite. Największe jest jezioro Śniardwy (119 km<sup>2</sup>), najgłębszem zaś w Tatrach Czarny Staw (84 m), na nizinie jezioro Elckie (57 m). Do najbardziej znanych należą jezioro Gopło i Morskie Oko. Pierwsze z nich, głębokie 33 m, zajmuje przestrzeń 24 km<sup>2</sup>, drugie zaś posiada 0·5 km<sup>2</sup> powierzchni, a jest głębokie 54 m. Barwa naszych jezior wykazuje wszelkie przejścia od czystego prawie błękitu w Tatrach Wysokich do zieleni; na moczarowatych nizinach bywa nawet ciemno-brunatna. Jeziora polskie są jednak — jak dotychczas — za mało zbadane.

Rzeczpospolita, dochodząc do *Bałtyku*, posiada skrawek wybrzeży morskich. Przedstawiają się one rozmaicie; w części jako wybrzeże niskie i płaskie, poczęści z charakterem wybrzeża wydmowego, a nawet klifowego (ryc. 203). Mierzeja Hel, oddzielając od morza zachodnią część zatoki Gdańskiej, tworzy w ten sposób zatokę Pucką, otwartą ku wschodowi. Wybrzeże jest wszędzie bardzo płytkie (czasem ledwie 0·5 m); w zatoce Puckiej biegnie prócz tego wąski, piaszczysty wał podmorski od półwyspu Rewy do mierzei Helu, tak że komunikacja między głębszą (ok. 30 m) częścią zatoki południowo-wschodnią, z Gdynią i miejscowością Helem, a częścią północno-zachodnią z Puckiem jest możliwa tylko dzięki przekopaniu tego wału w sąsiedztwie Rewy. Jeżeli słoność Bałtyku, mimo że wzdłuż wzrasta, jest wogóle nieznaczna, to wzdłuż wybrzeży polskich spada jeszcze bardziej i w zatoce Puckiej wynosi 0·005<sup>0</sup>/<sub>00</sub> soli. Pod względem pionowego rozmieszczenia temperatury widzimy stosunki podobne do tych, jakie okazują jeziora. Przypływy i odpływy prawie niewidoczne. Od zachodu biegnie wzdłuż wybrzeży prąd, któremu mierzeja Hel zawdzięcza swoje powstanie; w zatoce Puckiej podobny prąd łączy wybrzeżem od Gdyni na północny-zachód; koło Rewy wysyła odgałęzienia w stronę Helu, a potem skręcając, jak wybrzeże, płynie ku południowemu wschodowi wzdłuż mierzei, u której końca łączy się z prądem zewnętrznym.

źniejszych, niżby wypadało z wysunięcia ku wschodowi. Temu odpowiada stałe zmniejszanie się opadów w kierunku wschodnim. Ostrzejszy klimat w porównaniu z otaczającymi obszarami ma *dzielnica pojezierna* o chłodniejszych latach i zimniejszych zimach; cechy te potęgują się zresztą w miarę posuwania się ku wschodowi. Ilość opadów jest obfitsza, co zgadza się z większym wyniesieniem. Wąski pas, tworzący *pobrzeże Bałtyku*, stoi zupełnie pod wpływem morza i dlatego ma łagodny klimat morski (ciepłe jesienie i zimy, a chłodne wiosny i lata). Pomimo sąsiedztwa z morzem jest strefa przybrzeżna uboga w opady atmosferyczne.

**Pytania.** 1. Czem da się wytłumaczyć u nas południkowy przebieg izoterm stycznia na poziomie morza (ryc. 202), a czem równoleżnikowy kierunek takich samych izoterm lipca? 2. Oblicz w przybliżeniu z map izoterm styczniowych i lipcowych roczne wahania (amplitudy) temperatur w rozmaitych dzielnicach klimatycznych Polski. 3. Objaśnij szczegółowo mapę opadów atmosferycznych Polski i porównaj ją z mapą warstwicową.

### c) Wody.

**Pytania.** 1. Wskaż przebieg przez Polskę głównego działu wodnego Europy i podaj jego charakterystykę. 2. Wymień rzeki polskie o typie równinowym i mieszanym. 3. Gdzie widzimy u nas sieć rzeczną najgęstsza, a gdzie najrzadsza? 4. W jakich okolicach Polski znajdują się większe obszary błotniste? 5. Gdzie mamy na ziemiach polskich jeziora i czemu zawdzięczają one swoje powstanie? 6. Kiedy powstało morze Bałtyckie? 7. Co wiesz o stosunkach fizycznych Bałtyku (głębokość, zasolenie, zamarzanie, przyptyw i odpływ, prądy)?

Rzeki polskie oddają swe wody dwom morzom, ale nie w równej mierze, gdyż większość ich należy do zlewiska Bałtyku, mniej zaś płynie do morza Czarnego. Główne systemy wodne mają następujące wymiary:

	Odra	Warta	Wisła	Niemen	Dniestr	Prypeć
długość biegu:	860	750	1065	878	1372	768 km
wielkość dorzecza:	114.000	53.700	198.500	97.500	81.000	116.000 km <sup>2</sup>

Pod względem hydrograficznego rozwinięcia rzeki nasze przedstawiają się rozmaicie. Pierwsze miejsce zajmuje Niemen i Wisła, albowiem odbywają dwa razy dłuższą drogę do morza, niż wynosi odległość między ich źródłem i ujściem w linii powietrznej. Prawie tak samo zachowuje się dopływ Wisły, Narew i samodzielny Dniestr. Najślabsze rozwinięcie posiada bieg Prypeci.

Spadki rzek zmieniają się zależnie od charakteru okolic, przez które płyną. Znaczny spadek w biegu górskim (Dniestr 20‰, Wisła 5‰) maleje z reguły wzdłuż rzeki (Wisła 0-17‰, Niemen 0-10‰, Dniestr 0-06‰ w dolnym biegu). Znaną jest ze swej ogólnej powolności Prypeć (0-09‰).

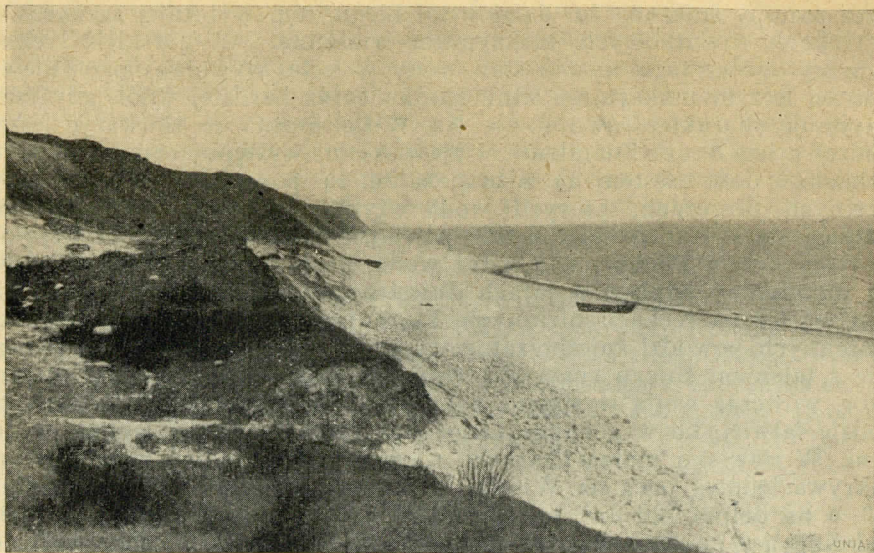
Charakterystyczną cechą rzek bałtyckich stanowi asymetria ich dorzeczy, polegająca na tem, że główne dopływy wpadają z prawego boku; tak uchodzi Warta do Odry, Bug-Narew do Wisły, Wilja i Dubissa do Niemna.

Poziom wód w naszych rzekach ulega w ciągu roku wahaniom. Pod tym względem zachodzi różnica między rzekami górnymi i równinowymi. Wspólną cechą wszystkich naszych strug wodnych jest wysoki stan wód na wiosnę, przypadający na marzec i kwiecień, a spowodowany

przez roztopy śnieżne. Im dalej wzdłuż biegu, tem wybitniej zaznacza się w rzekach równinowych maksimum wiosenne. W górskich rzekach widzimy oprócz tego wysoki stan wody w lecie, wywołany przez ulewne deszcze, lecz to maksimum letnie zanika coraz bardziej wzdłuż, gdy rzeka przyjmuje charakter równinowy. Na Wiśle można je zauważyć jeszcze poniżej ujścia Sanu. Znamiennym zjawiskiem, występującym na naszych rzekach, a dość często na niżu polskim, są powodzie. W górach, po ulewnych deszczach, których wody szybko spływają pochyłościami, zdarzają się krótkotrwałe, letnie powodzie deszczowe. Dłużej trwają one na wschodnim Podkarpaciu, gdyż woda, pochodząca z wielkiej ulewy, ma utrudniony odpływ w jarach dniestrowych. Powodzie tego typu spotyka się też na rzekach nizinnych, które prócz tego są często terenem wiosennych powodzi śnieżno-zatorowych. Na wiosnę bowiem równocześnie z taniem śniegu rusza lód. Gdy kry lodowe, pętrząc się, utworzą zator, wówczas woda występuje z koryta. Na Wiśle powstają takie powodzie łatwiej, bo w górnym biegu lód rusza wcześniej, aniżeli w dolnym. W zlewisku morza Czarnego niema zupełnie powodzi zatorowych. Pokrywa lodowa trwa na Wiśle przeciętnie 108 dni, na Wiśle średniej 113, a na dolnej 120 dni, na zachodzie krócej, a na wschodzie dłużej. Podobnie też na Dniestrze wzrasta okres zlodzenia z biegiem rzeki od 102 do 114 dni, ale w pobliżu ujścia znowu maleje.

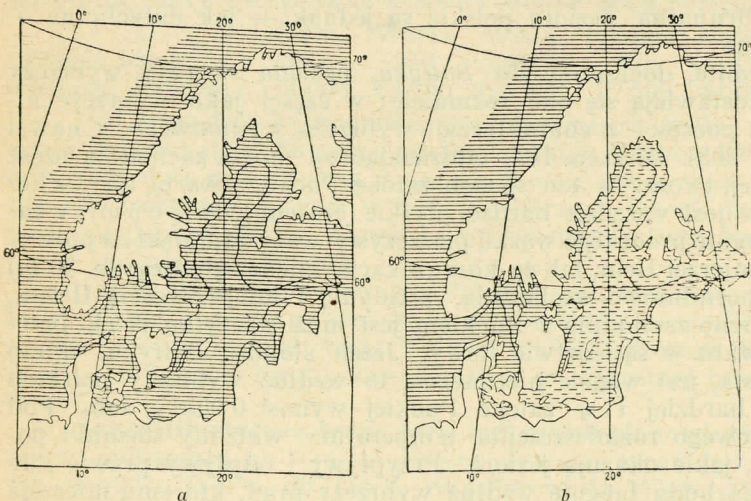
Polska jest krainą bogatą w jeziora, szczególnie w części dawnego zlodowacenia. Rozmiary i głębokość ich są rozmaite. Największe jest jezioro Śniardwy (119 km<sup>2</sup>), najgłębszem zaś w Tatrach Czarny Staw (84 m), na nizinie jezioro Etckie (57 m). Do najbardziej znanych należą jezioro Gopło i Morskie Oko. Pierwsze z nich, głębokie 33 m, zajmuje przestrzeń 24 km<sup>2</sup>, drugie zaś posiada 0-5 km<sup>2</sup> powierzchni, a jest głębokie 54 m. Barwa naszych jezior wykazuje wszelkie przejścia od czystego prawie błękitu w Tatrach Wysokich do zieleni; na moczarowatych nizinach bywa nawet ciemno-brunatna. Jeziora polskie są jednak — jak dotychczas — za mało zbadane.

Rzeczpospolita, dochodząc do *Bałtyku*, posiada skrawek wybrzeży morskich. Przedstawiają się one rozmaicie; w części jako wybrzeże niskie i płaskie, poczęści z charakterem wybrzeża wydmowego, a nawet klifowego (ryc. 203). Mierzeja Hel, oddzielając od morza zachodnią część zatoki Gdańskiej, tworzy w ten sposób zatokę Pucką, otwartą ku wschodowi. Wybrzeże jest wszędzie bardzo płytkie (czasem ledwie 0-5 m); w zatoce Puckiej biegnie prócz tego wąski, piaszczysty wał podmorski od półwyspu Rewy do mierzei Helu, tak że komunikacja między głębszą (ok. 30 m) częścią zatoki południowo-wschodnią, z Gdynią i miejscowością Helem, a częścią północno-zachodnią z Puckiem jest możliwa tylko dzięki przekopaniu tego wału w sąsiedztwie Rewy. Jeżeli słoność Bałtyku, mimo że wzdłuż wzrasta, jest wogóle nieznaczna, to wzdłuż wybrzeży polskich spada jeszcze bardziej i w zatoce Puckiej wynosi 0-005‰ soli. Pod względem pionowego rozmieszczenia temperatury widzimy stosunki podobne do tych, jakie okazują jeziora. Przyptywy i odpływy prawie niewidoczne. Od zachodu biegnie wzdłuż wybrzeży prąd, któremu mierzeja Hel zawdzięcza swoje powstanie; w zatoce Puckiej podobny prąd dąży wybrzeżem od Gdyni na północny-zachód; koło Rewy wysyła odgałęzienia w stronę Helu, a potem skręcając, jak wybrzeże, płynie ku południowemu wschodowi wzdłuż mierzei, u której końca łączy się z prądem zewnętrznym.



Ryc. 203. Brzeg Bałtyku. (Fotografia ze zbiorów Towarzystwa Krajoznawczego w Warszawie).

Bałtyk, jedno z najmłodszych mórz Europy, przechodził w rozwoju swoim fazy rozmaite. Powstaje, jak wiemy, dopiero w czasach dyluwjalnych, jako morze o granicach nawet większych, niż obecnie, z Atlantykiem łączące się przez obszar dzisiejszych jezior Wener, Wetter i Mälar, a prócz tego połączone poprzez jeziora Onegę i Ładogę z morzem Białym.



Ryc. 204. a — Morze Yoldjowe. b — Jezioro Ancylusowe. Według de Geera.

spolitego w nim ślimaka *Ancylus lacustris* jeziorem Ancylusowem, które jednak już w czasach aluwjalnych, w następstwie częściowego obniżenia się dna, wytwarza z kolei t. zw. morze Litorynowe (od ży-

W osadach jego z tych czasów znajduje się często małż *Yoldia arctica*, który dzisiaj żyje w morzach północnych i stąd nazwa morza Yoldjowego. Później, skutkiem dźwignięcia się litosfery, morze to przeobraziło się w rozległe jezioro słodkowodne, zwane od po-

jącego w nim pospolicie ślimaka *Littorina littorea*; por. ryc. 204). Łączy się ono z Atlantykiem przez Zund i Bełty i zczasem tworzy Bałtyk, obecnie znowu wysładzający się coraz bardziej. Ślady wspomnianych ruchów litosfery widzi się w Szwecji na terasach nadmorskich, nieraz wysoko ponad poziom morza dzisiejszego wyniesionych.

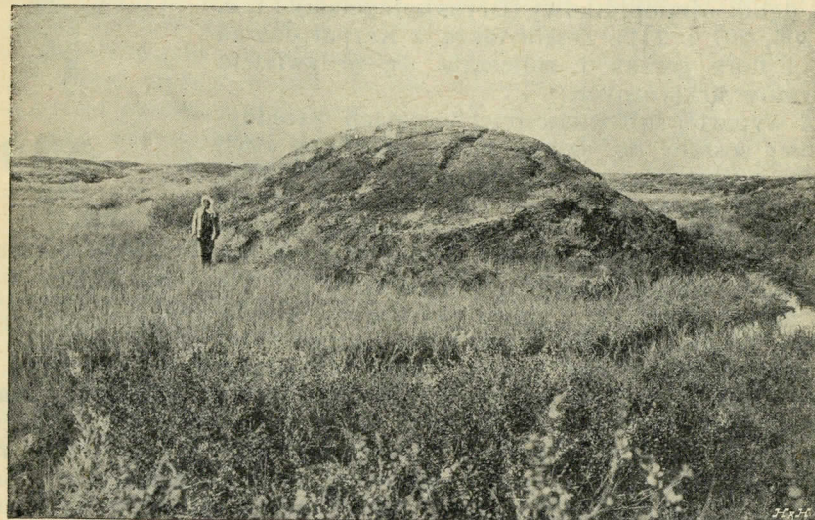
**Pytania.** 1. Oblicz rozwinięcie rzeki Warty. 2. Jak sieć wodna przedstawiała się w Polsce w czasach dyluwjalnych i jakim zmianom ulegała w tym okresie? 3. Jakie osady z czasów dyluwjalnych muszą się znajdować na dnie Bałtyku? 4. Jak wytłumaczysz wzrost zasolenia wód Bałtyku w miarę głębokości? 5. Dlaczego Bałtyk ulega wysładzaniu się powolnemu, ale ciągłemu? 6. Jakie stosunki termiczne są właściwe jeziorom i dlaczego podobne stosunki widzimy także w Bałtyku? 7. Wytłumacz, w jaki sposób w terasach nadmorskich Szwecji, z których jedne leżą wyżej, inne niżej, widzimy dowód tych ruchów litosfery, z którymi wiążą się poszczególne fazy rozwoju Bałtyku? 8. Jak nazywamy ruchy tego rodzaju i dlaczego nazywamy je w ten sposób?

#### d) Świat roślinny i zwierzęcy.

**Pytania.** 1. Wymień rozmaite czynniki, które wpływają na rozmieszczenie geograficzne roślin i zwierząt. 2. Z jakich połączy zoogeograficznych składa się dziedzina palearktyczna, wspólna dla świata zwierzęcego i roślinnego? 3. Jakie obszary klimatyczne wyróżniasz obecnie na ziemiach Rzeczypospolitej? 4. Podaj zasięg dyluwjalnej czasy lodowej w granicach Polski przedrozbiorowej. 5. Co wiesz o faunie i florze Bałtyku?

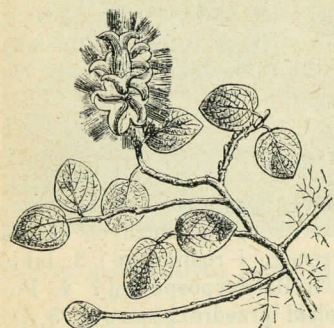
Na rozwój naszej flory i fauny wpłynęła w sposób decydujący dyluwjalna epoka lodowa z temi zmianami klimatycznymi, które jej towarzyszyły, względnie nastąpiły po niej.

Flora późnego trzeciorzędu (pliocen) była już dosyć podobna w swym ogólnym charakterze do dzisiejszej, ale fauna różniła się stosunkowo



Ryc. 205. Północna tundra dzisiejsza. (Z podręcznika Siwaka).

w znacznej mierze, żyły bowiem jeszcze w tych czasach w Europie słoniowate mastodonty i dinoterja (por. str. 180), dalej hipopotamy, protoplasta konia, hiparjon i t. d. Oczywiście oziębienie się klimatu z końcem pliocenu i z początkiem dyluwjum i zbliżający się od północy lodowiec spowodowały, że wiele form wymarło, inne przesunęły się na dalekie południe lub na obszary, do których lody nie dotarły; tylko wyjątkowo niektóre z nich, szczególnie odporne, przetrwały w miejscach przez lód niezajętych wzdłuż czoła czaszy lodowej. Ostojami, dokąd schroniła się wielka część ówczesnego świata zwierzęcego i roślinnego ziem polskich, było Podole, Bukowina, Karpaty wolne od lodów

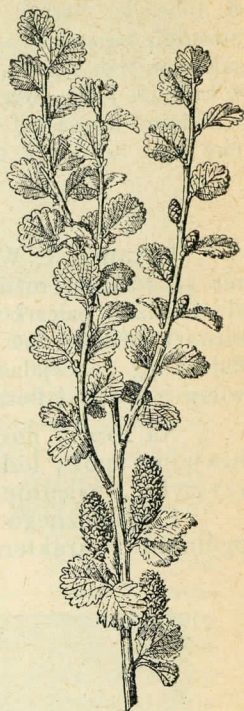


Ryc. 206. Wierzba polarna (*Salix polaris*). (Według Reichenbacha).

i t. d. Równocześnie, posuwał się jednak na południe świat roślinny i zwierzęcy bliższej i dalszej północy, który ożywił rozległe tundry, rozwijające się przed czołem lodowca (ryc. 205). Do takich przybyszów z bliższych nam obszarów północnych należał między innymi mamut, nosorożec włochaty, żubr, tur, jeleń olbrzymi,łoś, dalej niedźwiedź jaskiniowy i brunatny, ryś, gronostaj, bóbr, wiewiórka, zając bielak; z dalszej północy zjawiał się rosomak, polatucha, ren i nawet wół piżmowy, a z roślin wierzba polarna i lapońska (*Salix polaris* i *laponica*), brzoza karłowata (*Betula nana*), dębik ośmiopłatkowy (*Dryas octopetala*) i t. d. (ryc. 206, 207 i 211). Zeszła także z Karpat dawna fauna i flora górską i zmieszała się ze światem przybyszów arktycznych.

Z wypartej lub zniszczonej roślinności przeddyluwjalnej zostało do dzisiaj nieco zabytków czyli reliktyw roślinnych na tych obszarach, które stały się ostojami cofającego się świata roślinnego, np. na Podolu trzmielina niska (*Evonymus nana*); znajdujemy je także w Pieninach i t. d. Do nich zalicza się również rosnąca na większej przestrzeni na Wołyniu azalja pontyjska (*Azalea pontica* = *Rhododendron flavum*), która pięknie, żółto kwitnie i dziko znajduje się u nas jeszcze tylko w jednym miejscu, pod Leżajskim; Kaukaz jest głównym obszarem jej znajdowania się obecnie.

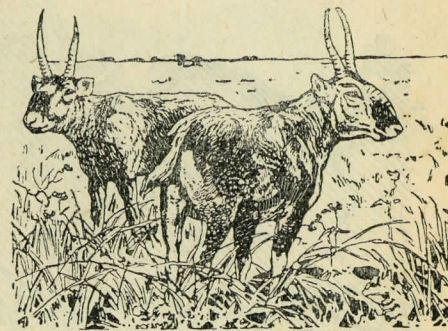
Po fazie najdalszego zasięgu północnego lodowca, kiedy na obszarze dzisiejszego Śląska i Małopolski dochodził on aż po Karpaty między Cieszynem a Przemyślem, brzeg ich nawet przekraczając, nastąpił okres cofania się lodów, jak wiemy, z silnymi wahaniami. Za lodowcem flora arktyczna, tudzież formy najbardziej północne świata zwierzęcego, jak



Ryc. 207. Brzoza karłowata (*Betula nana*). Gałązka (1/4); pod nią łuska, okrywająca owoc, powiększona.

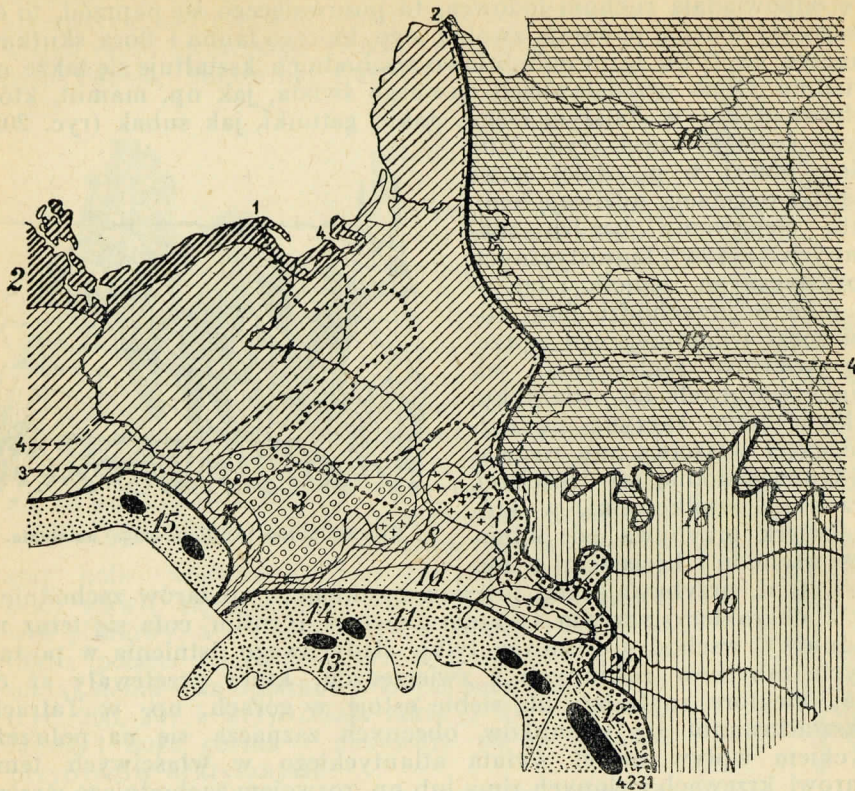
wierzba lapońska, wół piżmowy i t. p. cofają się także lub częściowo szukają schronienia w Karpatach, zostawiają jednak znowu rozrzucone do dzisiaj tu i ówdzie zabytki tych czasów. Ciepłe wiatry, wiejące z północy, z ponad trzymających się tam ciągle mas lodowych, suszą olbrzymie przestrzenie, pokryte świeżą moreną i wywiewają z niej pył najdelikatniejszy, osadzając go w kilku okresach szerokim pasem, jako less, w południowej części Rzeczypospolitej. W ten sposób z przerwami, które odpowiadają ruchom lodowca, to posuwającego się naprzód, to cofającego się wstecz, powstaje zwolna step, którego fauna i flora skutkiem rosnącego napływu form południowo-wschodnich kształtuje się także odpowiednio. Obok przedstawicieli dawnego świata, jak np. mamut, który przebywa u nas w dalszym ciągu, takie gatunki, jak suhak (ryc. 208), kozica, świstak, suseł (ryc. 210), ślepiec, koń i t. p., dalej nowe składniki roślinności, udzielają temu światu stepowemu bardzo znamiennych rysów faunistycznych i florystycznych. Jednak i ten okres mija, a przychodzi faza klimatu coraz wilgotniejszego, z przewagą wiatrów zachodnich, jak obecnie wiejących od Atlantyku, skutkiem czego zaczyna się rozwijać las z właściwą mu roślinnością i fauną podobną do dzisiejszej, z drzewami szpilkowymi, w których świerk przybywa od północnego wschodu i liściastymi z bukiem i t. d. przybywającymi przede wszystkim z obszarów zachodnich. Step z charakterystycznym światem zwierząt i roślin cofa się teraz na południowy wschód i zostawia tylko ślady swego istnienia w postaci nowych zabytków roślinnych i zwierzęcych, które przetrwały aż do dzisiaj, niektóre znalazły dla siebie ostoje w górach, np. w Tatrach. W kształtowaniu się stosunków obecnych znacząca się na pobrażu bałtyckim wpływ nawet świata atlantyckiego w właściwych temu obszarowi krzewach zielonych zimą lub np. rozwojem zachodniego wrzосу błotnego (*Erica tetralix*), który dawniej sięgał nawet znacznie dalej na południe, jak dowodzi obecność tej formy w Poznańskim i koło Częstochowy.

Biorąc z kolei pod uwagę świat lądowych roślin i zwierząt na ziemiach Polski, tak jak się przedstawia obecnie, trzeba najpierw stwierdzić rzadkość u nas t. zw. form endemicznych (por. str. 72). Ze względu na charakter ogólny flory i fauny, który, o ile idzie o rośliny, w znacznej mierze zależy od rozmieszczenia drzew pospolitych, jako przede wszystkim wpadających w oczy, rozróżniamy w granicach Rzeczypospolitej cztery, względnie trzy prowincje biogeograficzne: prowincję bałtycką, od której botanicy oddzielają część północno-wschodnią, poza linią cisu, jako osobną prowincję borealną, dalej prowincję górską, obejmującą Karpaty i wreszcie czarnomorską albo pontyjską. Oczywiście granice zasięgu obszarów tych dla roślin i dla zwierząt nie pokrywają się całkowicie, a zresztą wogóle ze ścisłością nie dają się tak łatwo przeprowadzić wobec przenikania się świata istot organicznych w strefach z sobą sąsiadują-



Ryc. 208. Suhak (*Antilope saiga*) na stepie.

cych; zaznacza się to np. we florze pasu wyżyn południowych i nizin Podkarpacia, które, chociaż należą do prowincji bałtyckiej, okazują wpływy, miejscami nawet znaczne, wegetacji południowo-wschodniej, stepowej, tudzież górskiej z południa. Wszystkie wymienione prowincje przekraczają obszar Rzeczypospolitej, a w obrębie każdej z nich różni się jeszcze mniejsze krainy; dla flory są one zaznaczone na mapce, ryc. 209.



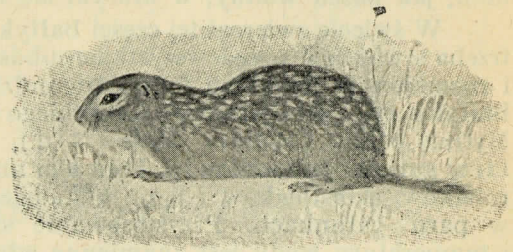
Ryc. 209. Mapka geobotaniczna Polski. (Według Szafera).

Prowincja bałtycka: 1) Nizina polska, 2) pobraże bałtyckie, 3) wyżyna małopolska, 4) wyżyna lubelska, 5) Roztocze, 6) Opole, 7) kotlina śląska, 8) nizina sandomierska, 9) nizina naddnie-strzańska, 10) Podkarpacie. Prowincja górська: 11) Karpaty zachodnie, 12) Karpaty wschodnie, 13) Tatry, 14) Pieniny, 15) Sudety. Prowincja borealna: 16) Nizina północna, 17) Polesie. Prowincja czarnomorska: 18) Wołyń, 19) Podole, 20) Pokucie i dalej na południowy wschód oddzielna kraina — Besarabja. — 1) Granica wschodnia buka, 2) granica wschodnia cisu, 3) granica jodły północna i wschodnia, 4) granica świerku północno zachodnia i południowo wschodnia.

Prowincja bałtycka okazuje, jak wspomniano wyżej, silne wpływy zachodnie, odznaczając się lasami sosnowymi, obok których nierzadkie jednak są dąbrowy i wogóle lasy liściaste. Tworzyły one w dawnych czasach olbrzymie bory; z tych pozostały jednak ledwie szczątki, jak bory tucholskie na Pomorzu, lasy łysogórskie, puszcza Białowieska lub Niepołomicka. Na pojezierzu Pomorskim panują lasy bukowe w części zachodniej, ale we wschodniej świerki; jodła nie przekracza ku północy pasa wyżyn małopolskich, tworząc jeszcze tylko małą wyspę w puszczy Białowieskiej.

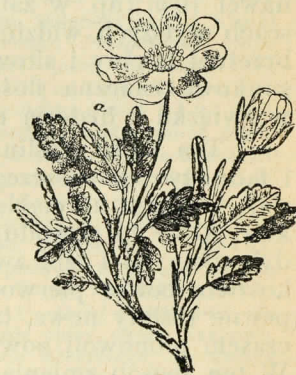
W prowincji czarnomorskiej zaznaczają się wybitnie wpływy południowo-wschodnie — pontyjskich obszarów stepowych. Kraina podolska odznacza się brakiem lasów szpilkowych; spotykamy tu tylko dąb, grab, jawor, a na zachodzie, na „Opolu podolskim“, także buk, który tutaj ma granicę wschodnią swego zasięgu, dalej znajdując się już tylko wyjątkowo i coraz rzadziej. Lasy tego obszaru, w przeciwstawieniu do „borów“ i „puszcz“ na zachodzie, mają charakter „parkowy“, rozrzucone — z wyjątkiem jarów i szerszych dolin — małymi wyspami, dawniej wśród kwiecistych stepów, dzisiaj pośród łąnów pszenicznych i pól buraczanych. Wpływa na to i klimat suchy i gleba lessowa, względnie czarnoziemna.

Jeszcze wybitniej widzi się wpływ klimatu suchego w krainie „Dzikich Pól“ zupełnie bezleśnej. Mimo, że dawny step na obszarach czarnomorskich znikł już, względnie znika coraz szybciej, fauna ich obejmuje jeszcze dzisiaj sporo form znamiennej. Z ssawców należy do nich np. suseł perełkowany (ryc. 210), podczas gdy suhak nawet ze stepów Ukrainy cofnął się już 150 lat temu; z pomiędzy ptaków jest charakterystycznym dla tych krain strepet (*Otis tetrax*), a także drop (*Otis tarda*), z gadów połów ukraiński (*Zamenis caspius*), największy z europejskich węży, bo dochodzący 2½ m długości, o którym nawet lud tamtejszy opowiada. Rzeki czarnomorskie odznaczają się obfitością ryb jesiotrowatych. Nie mniej fauna niższych zwierząt, np. owadów jest bardzo znamieną w porównaniu z innymi obszarami, np. z prowincją bałtycką. Świat górski, t. j. Karpaty, pozbawione sosny, posiadają lasy jodłowe, bukowe i świerkowe, które w Beskidach Wschodnich pokrywają prawie połowę całej powierzchni. Jednakże lasy pokuckie są w jodłę coraz uboższe. Szereg takich gniazd karpaccich, jak Tatry, Pieniny lub Czarnohora, wyróżnia się od tła ogólnego, odznaczając się między innymi obfitością reliktyw z dawnych czasów geologicznych. Znalazły one tutaj przytułek wobec zmieniających się na niżu stosunków i dzisiaj gdzie indziej zbiorowo na ziemiach polskich już nie istnieją, a jeżeli idzie o zabytki epoki lodowej, znajdują się jeszcze przede wszystkim w jej częściach północno-wschodnich. W Tatrach należą tu np. z flory arktycznej dębik ośmiopłatkowy (*Dryas octopetala*, ryc. 211) lub wierzby karłowate (*Salix herbacea*), właściwe krajom dalekiej północy, a jako szczególna pozostałość fauny epoki lodowej w stawku Dwoistym Gąsienicowym raczek *Branchinecta paludosa*, którego ojczyzną jest północna Skandynawja. Przytem świat roślin i zwierząt karpaccich okazuje także zależność od wzniesienia, tworząc 3 strefy: dolną, górną i alpejską. Wreszcie Litwa i Polesie litewskie, które ze względu na faunę bywają



Ryc. 210. Suseł perełkowany.

W Tatrach należą tu np. z flory arktycznej dębik ośmiopłatkowy (*Dryas octopetala*, ryc. 211) lub wierzby karłowate (*Salix herbacea*), właściwe krajom dalekiej północy, a jako szczególna pozostałość fauny epoki lodowej w stawku Dwoistym Gąsienicowym raczek *Branchinecta paludosa*, którego ojczyzną jest północna Skandynawja. Przytem świat roślin i zwierząt karpaccich okazuje także zależność od wzniesienia, tworząc 3 strefy: dolną, górną i alpejską. Wreszcie Litwa i Polesie litewskie, które ze względu na faunę bywają



Ryc. 211. Dębik ośmiopłatkowy (*Dryas octopetala*). 1/4.



zaliczane do prowincji bałtyckiej, pod względem florystycznym przedstawiają oddzielną prowincję *borealną*. Widzimy tam olbrzymie bory przede wszystkim sosnowe i świerkowe, na Polesiu z przewagą sosny, a na pojezierzu Litewsko-Pruskim ze znaczną domieszką lasów mieszanych, dębowo-sosnowych; flora torfowisk okazuje liczne formy północne. Fauna tej prowincji obejmuje i takie gatunki, pochodzące z północy, których dzisiaj niema już na niżu polskim, a poczęści spotykane są u nas jeszcze tylko w Karpatach, np. niedźwiedź brunatny.

Fauna i flora *Bałtyku* ma krótki czas swego istnienia, gdyż młode jest samo morze Bałtyckie; w tym czasie ulegała ona oczywiście zmianom, jak basen wodny, w którym się rozwija.

W świecie zwierząt tej części Bałtyku, która oblewa wybrzeże polskie, trzeba stwierdzić przedewszystkiem ubóstwo, w porównaniu z bogactwem i różnorodnością morskich faun gdzie indziej. Dowodem tego, że w polskim Bałtyku żyje z mięczaków wszystkiego kilkanaście gatunków (pospolicie *Mytilus edulis*, *Cardium edule* i t. d.), jeden tylko gatunek szkarłupni i trzy gatunki jamochłonów. Poza tem mamy jednak jeszcze przedstawicieli robaków, skorupiaków i t. p., kilkadziesiąt gatunków ryb i nawet foki w paru gatunkach. Przystosowanie się do bardzo zmiennej słoności i temperatury wody jest znamioną właściwością tego świata. Obok form czysto morskich żyją zresztą w morzu polskim także gatunki półsłoncowe lub nawet słodkowodne, np. pospolita w zatoce Puckiej *Neritina fluviatilis*. Bardzo słabe zasolenie wód przybrzeżnych Bałtyku ułatwia w tym wypadku wędrówkę z wody słodkiej do morza.

I flora nie odznacza się bogactwem. Oprócz roślin morskich przystosowanych do wód słabo słonych lub półsłonych, spotykamy, jak i w faunie, liczne formy słodkowodne, które zawędrowały do morza, a prócz glonów także rośliny kwiatowe (np. *Zostera marina* i inne), które w miejscach zacisznych tworzą przybrzeżne łąki podwodne, dochodzące głębokości nawet 10 m (np. w zatoce Puckiej koło Oxhöftu lub Ceynowa). W miejscach płytszych widzimy prócz tego niby pionierów lądowej flory przybrzeżnej trzciny i sitowia, a nawet ramienice. Wogóle zaznacza się stosunkowo znaczna ilość form północnych i arktycznych. Pozostaje to w związku z historją rozwoju dzisiejszego Bałtyku.

Ten świat roślinny i zwierzęcy, a nawet charakter florystyczny i faunistyczny poszczególnych obszarów Polski zmienia się jednak i dzisiaj — z wolna, ale ciągle. Człowiek jest tu jednym z bardzo ważnych czynników, które to powodują. Zjawia się on na ziemiach naszych już w czasach dyluwjalnych i tępi zwierzęta, na które poluje, rozszerza ziemię uprawną kosztem borów pierwotnych, stepy zatoruje, wreszcie sprowadza i uprawia pewne rośliny nowe, tak samo hoduje różne zwierzęta sobie potrzebne, czasem mimowoli powodując najście do nas nowych roślin lub zwierząt. W ten sposób zmienia w bardzo znacznej mierze charakter kraju, zarówno florystyczny jak i faunistyczny, równocześnie także sam zmieniając się w ciągłym postępie.

**Pytania.** 1. Co dowodzi, że mamut był zwierzęciem przystosowanym do klimatu chłodnego? 2. Na jakiej podstawie uważamy less za utwór eoliczny, który powstał w podobnych warunkach klimatycznych, jak dzisiejsze gliny nawiane Chin północnych? 3. Jakie ssawce fauny tatrzańskiej przedstawiają zabłytki dyluwjalnej fazy stepowej, które w Tatrach znalazły schronienie? W któ-

rych widzimy formy północne? 4. Wskaż na podstawie mapki, ryc. 209, gdzie w granicach Rzeczypospolitej schodzi się granica zasięgu kilku drzew szczególnie charakterystycznych dla obrazu rozmieszczenia naszej flory. 5. Gdzie step przechował się na południowo-wschodnich kresach Rzeczypospolitej prawie do ostatnich czasów? 6. Wymień rośliny i zwierzęta obcego pochodzenia, uprawiane, względnie hodowane u nas obecnie. 7. Czem wytłumaczysz ubóstwo fauny i flory Bałtyku polskiego? 8. Co wiesz o człowieku przedhistorycznym, o jego budowie, kulturze i rozwoju? Gdzie u nas znaleziono ślady człowieka dyluwjalnego?

## DODATEK.

### Poradnik bibliograficzny.

#### Geologia.

W wielu wycieczkach geologicznych okazały się bardzo pomocne mapy *Atlasu geologicznego Galicji*. Wydała go Polska Akademia Umiejętności w Krakowie zeszytami; w skład każdego zeszytu wchodzi pewna ilość kart i tekst objaśniający, który jest jakby przewodnikiem po obszarze objętym mapami. Obecnie Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie wydaje między innymi i mapy geologiczne ziem Rzeczypospolitej; wyszła dotychczas *Mapa geologiczna środkowej części gór Świętokrzyskich* J. Czarnockiego. Wiele informacji można znaleźć także w pracy: *Szkic geologiczny Królestwa Polskiego i krajów przyległych* [Z mapą geologiczną (Pamiętnik Fizjograficzny. T. XI), napisał Dr. Józef Siemiradzki i prof. Dr. E. Dunikowski. Warszawa 1891]. Dziełem, które daje obraz budowy geologicznej całej Polski z wyjątkiem Karpat, jest książka: *Geologia ziem polskich* [T. I i II opracował prof. Dr. Józef Siemiradzki, Lwów 1903—1909; wyd. 2, T. I, z dużymi zmianami, r. 1922; wydawnictwo Muzeum im. Dzieduszyckich]. Krótki i ogólny pogląd na geologję Polski znajdzie czytelnik także w dziełku: *Przeglądowa mapa geologiczna ziem polskich* z tekstem objaśniającym i trzema przekrojami, Warszawa 1912, napisał prof. J. Grzybowski, tudzież w kilku artykułach Dunikowskiego, Limanowskiego i Siemiradzkiego: tom I. *Encyklopedji polskiej* (dział 1 i 2), wyd. Akademii Umiejętności w Krakowie 1912; należy tu także wspomnieć ważną mapę geologiczną: *Lempicka M., Geologiczeskaja gorno-promyszlennaja karta Polsko-Sileskawo kamiennougolnawo bassiejna*, 1 : 50000. Petersburg 1891. Krótki rys geologii okolicy Krakowa daje jeszcze broszura: *Szkic geologiczny okolicy Krakowa* [Z mapką geologiczną. Napisał T. Ad. Wiśniowski, Lwów 1900. Nakładem polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika]. O Tatrach i Pieninach mówią: *Z przyrody Tatr*. Napisał W. Kuźniar, Kraków—Warszawa (1910); *Wycieczka w Tatry i Pieniny*. Napisał Limanowski, Pamiętn. Tow. Tatr. (1904); *Dunajcem z niziny Nadwiślańskiej w Tatry*. Napisał Sawicki L., Przewodn. IX Zjazdu lekarzy i przyrodników, Kraków (1911). Dalej Przewodnik dla IX międzynarod. Kongresu geolog. w Wiedniu r. 1903, obejmuje opisy okolic Krakowa, Wieliczki, Lwowa, Borysławia, Delatyna i Worochty, wreszcie Czortkowa, Zaleszczyk i Kasperowic. Niemniej mogą oddać usługi w wycieczkach następujące wydawnictwa: *Berent-Keilhack-Schröder-Wahnschaffe, Führer durch d. norddeutsche Flachland* (Przewodnik dla VII międzynarod. kongresu geograficzn. w Berlinie r. 1897); *Deecke, Geologischer Führer durch Pommern*, Berlin 1899; *Jentsch, Geologischer Führer durch die Umgebung Thornes*, Toruń, Wyd. Muzeum miejsk.; *Frech, Geologischer Führer durch Oberschlesien* etc. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. 1904. *Sobolew, Protiwoditiel dla geologiczeskoj ekskursji w Kielecko-Sandomirskij kriaż*, Warszawa 1911.

Prócz tego wydawnictwa Akademii Umiejętności w Krakowie i jej Komisji Fizjograficznej, Pamiętnika Fizjograficznego w Warszawie, Roczniki Kosmosu we Lwowie, Sprawozdania Towarzystwa Naukowego Warszawskiego i Przyjaciół Nauk w Poznaniu, tudzież publikacje Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie zawierają mnó-

stwo prac, które dostarczą cennych informacji o budowie geologicznej rozmaitych okolic kraju i podadzą wskazówki w wycieczkach; wiele rozpraw tego rodzaju znajduje się także w wydawnictwach odpowiednich, rosyjskich i niemieckich.

Wykaz prac geologicznych, odnoszących się do Polski, znajduje się w obu dziełach prof. Siemiradzkiego, podanych na początku; także dziełko: Walther, *Wstęp do geologii*, spolszczył Wiśniowski, zawiera najważniejszą literaturę do geologii Polski po rok 1908.

Wreszcie przy bliższem rozpatrywaniu swoich zbiorów, a także dla uzupełnienia wiadomości, podanych w tej szczupłej książeczce, wypadnie nieraz użyć jako środka pomocniczego następujących książek:

**Petrografia (i mineralogja).** Wiśniowski: *Zasady mineralogji i geologii dla gimnazjów*. Lwów 1923. Nakład K. S. Jakubowskiego. Löwl-Weyberg: *Zarys nauki o skałach dla turystów i samouków*. Warszawa 1901. (Dodatek do *Wszechświata*).

**Geologia.** Friedberg W.: *Zasady geologii* z 334 ryc. i mapką geologiczną Polski. Warszawa 1923. — W. Łoziński: *Ziemia i jej budowa*. Wydawnictwo Nauka i Sztuka T. VII. Lwów. — Neumayr-Uhlig: *Dzieje ziemi*. Tłum. Zalewski, Weyberg, Janiszewski, wydał Morozewicz. Dwa tomy. Warszawa 1906—1908 (wyd. II. T. I. 1912). — Lapparent: *Abrégé de géologie*. Paris. — Walther: *Geschichte der Erde und des Lebens*. Leipzig 1908. Także wspomniana już książeczka: *Wstęp do geologii*.

**Paleontologia.** A. Seignette, tłum. J. Lewiński: *Zwierzęta epok ubiegłych*. Warszawa 1904. Dybczyński T.: *Wiadomości początkowe z paleontologii z rysunkami*. Warszawa 1910. (Książki dla wszystkich. Wydawn. M. Arcta). Felix J.: *Die Leitfossilien aus dem Pflanzen- und Tierreich in systematischer Anordnung, mit 662 Abbild.* Leipzig 1906.

### Geografia fizyczna.

Do wycieczek geograficznych i przy rozpatrywaniu kształtowania się powierzchni, w związku z przeszłością i budową geologiczną pewnego obszaru, wiele wiadomości znajdzie się w literaturze i wydawnictwach geologicznych już podanych wyżej. Na szczególną uwagę zasługują jednak w takim razie prace o polskim dyluwjum i inne Czarnockiego i Samsonowicza, Fleszara, Lencewicza, Lewińskiego, Łozińskiego, Małkowskiego, Missunianki, Pawłowskiego, Romera, Sawickiego, Smoleńskiego i t. d. Specjalnie naszym krajobrazem zajmuje się książka prof. Smoleńskiego: *Krajobraz Polski*. Warszawa 1912. Badaniu stosunków temperatury, opadów i t. p. w granicach Rzeczypospolitej są dzisiaj poświęcone publikacje Państwowego Instytutu Meteorologicznego w Warszawie.

Rozszerzenie wiadomości z zakresu geografji fizycznej wogóle, tudzież specjalnie ziem polskich dadzą dzieła następujące:

Nałkowski W.: *Geografia fizyczna* (wyd. III przejrzał i uzupełnił prof. Dr. L. Sawicki). Warszawa 1922. — Davis M. W. - Braun G.: *Grundzüge der Physiogeographie*. Lipsk-Berlin 1915—1917. — Camena d'Almeida P. Vidal Lablache: *La terre. Géographie générale*. Paris 1907. — Szulc K.: *Pogoda i klimat*. (Prakt. Encyklop. wiejsk. Nr. 7—9). Warszawa 1921. — Sujkowski A.: *Geografia ziem dawnej Polski*. Warszawa 1918. — Lencewicz St.: *Kurs geografji Polski*. Warszawa 1922. — Dunikowski, Dziewulski, Gorczyński, Grzybowski, Krzywicki, Limanowski, Niezabitowski, Raciborski, Radziszewski, Rehman, Romer, Rudnicki, Rudzki, Sawicki, Siemiradzki, Weigner w Encyklopedji Polskiej, T. I, jak wyżej.

W zagadnieniach, pozostających w związku z fizyką, udzieli pomocy każdy podręcznik dla wyższych klas gimnazjalnych, np. Natanson-Zakrzewski: *Nauka fizyki*, T. I—II i inne.

### Przewodniki do wycieczek i podróży naukowych wogóle.

Richthofen F. V.: *Führer für Forschungsreisende*. Hannover 1901. — Neumayr M.: *Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen*. III wyd. Hannover 1906.

