

STANISŁAW WOLŁOSOWICZ.

CZŁONEK PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU GEOLOGICZNEGO.
WSPÓLPRACOWNIK KOMISJI FIZJOGRÁFICZNEJ POLSKIEJ
AKADEMJI UMIEJĘTNOŚCI.

G E O L O G J A

PETROGRAFJA — DYNAMIKA — STRATYGRAFJA



SKŁAD GŁÓWNY

**W KSIĘGARNI M. OSTASZEWSKIEJ I S-KI
WARSZAWA, ALEJE JEROZOLIMSKIE 23.**

K. 2089/II

TEGOŻ AUTORA:

GEOGRAFJA OGÓLNA

CZĘŚĆ I. ZIEMIA I CZŁOWIEK

CZĘŚĆ II. KRAJE POZAEUROPEJSKIE

CZĘŚĆ III. EUROPA.

NAKŁADEM SPÓLKI KSIĘGARSKO-WYDAWNICZEJ W WILNIE.

LITWA I BIAŁORUŚ

CZĘŚĆ I. BUDOWA FIZYCZNO-GEOGRAFICZNA

NAKŁADEM POLSKIEGO T-WA KRAJOZNAWCZEGO W WARSZAWIE.

CZĘŚĆ II (W DRUKU).

STANISŁAW WOLŁOSOWICZ.

CZŁONEK PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU GEOLOGICZNEGO.
WSPÓLPRACOWNIK KOMISJI FIZJOGRAPICZNEJ POLSKIEJ
AKADEMJI UMIEJĘTNOŚCI.

G E O L O G J A

PETROGRAFJA — DYNAMIKA — STRATYGRAFJA



SKŁAD GŁÓWNY

**W KSIĘGARNI M. OSTASZEWSKIEJ I S-KI
WARSZAWA, ALEJE JEROZOLIMSKIE 37.**



Biblioteka Muzeum i Inst. Zoologii PAN

K.2089/II



100000000409

DRUKARNIA I INTROLIGATORNIA LEONA NOWAKA, WARSZAWA, WARECKA 12.

KLISZE WYKONAŁ ZARŁAD ARTYSTYCZNO-CYFKO-CHEMIGRAFICZNY C. MIELNICKI I S-KA,
WARSZAWA, ELEKTORALNA 41-43.

SPIS RZECZY.

	Str.		Str.
Przedmowa	5	§ 22. Skąły pierwotne pochodzenia chemicznego	3
Wiadomości wstępne	9	„ 23 Skąły pierwotne pochodzenia organicznego	40
Rozdział I. Co to jest geologia	9	„ 24. Osady mórz chłodnych	41
§ 1. Porównanie geologii z geografją	9	„ 25. Osady mórz ciepłych	44
„ 2. Zadanie geologii	11	Rozdział VII. Skąły metamorficzne	51
Rozdział II. Podział geologii	11	§ 26. Pojęcie o metamorfizmie	51
§ 3. Nauka o skałach	11	„ 27. Podział i rodzaje skał metamorficznych	53
„ 4. Nauka o zmianach na powierzchni ziemi	12	Dynamika	57
„ 5. Nauka o czasie tworzenia się różnych skał	12	Rozdział VII. Czynniki ewolucji globu	57
Petrografia	14	§ 28. Pojęcie o zmianach na ziemi i w ziemi	57
Rozdział III. Podział skał	14	„ 29. Cztery czynniki zmian	57
§ 6. Skały, ich cechy i wygląd	14	Rozdział VIII. Skutki ciepła wnętrza ziemi	59
„ 7. Zasadniczy podział skał pod względem cech wewnętrznych	14	§ 30. Rzut oka ogólny	59
„ 8. Budowa wewnętrzna (petrograficzna) skał ogniwowych	15	„ 31. Działanie wulkaniczne	60
„ 9. Budowa wewnętrzna skał osadowych	16	„ 32. Trzęsienia ziemi	68
Rozdział IV. Skały ogniowe głębinowe	17	„ 33. Źródła gorące	79
§ 10. Sposóbi warunki tworzenia się	17	„ 34. Ruchy górotwórcze	80
„ 11. Podział skał głębinowych	17	„ 35. Ruchy epirogenetyczne	85
„ 12. Zastosowanie skał głębinowych	19	Rozdział IX. Skutki ciepła słonecznego	88
„ 13. Rozprzestrzenienie skał głębinowych i ich występowanie	19	§ 36. Rzut oka ogólny	88
Rozdział V. Skały ogniowe wulkaniczne	21	„ 37. Wietrzenie skał	89
§ 14. Sposób i warunki tworzenia się	21	„ 38. Erozja i denudacja wodna	91
„ 15. Podział skał wulkanicznych	22	Rozdział X. Skutki przyciągania słońca i księżyca	97
Rozdział VI. Skały osadowe	25	§ 39. Objawy	97
§ 16. Podział skał osadowych	25	„ 40. Skutki przypiwów i odpływów wody	97
„ 17. Skały drugorzędowe czyli wtórne	26	„ 41. Skutki ruchów magmy płynnej. Skutki zmiany kierunku osi ziemskiej	101
„ 18. Skały osadowe pochodzenia wodnego	30	Rozdział XI. Skutki ruchu obrotowego ziemi	103
„ 19. Skały osadowe pochodzenia lodowcowego	33	§ 42. Objawy widoczne	103
„ 20. Skały wtórne pochodzenia morskiego	37	Stratygrafia	105
„ 21. Skały pierwotne. Cechy ogólne	38	Rozdział XII. Podział na okresy i epoki	105
		§ 43. Rzut oka ogólny	105
		„ 44. Podział na okresy i epoki	106
		„ 45. Cechy wszystkich epok geologicznych	107

	Str.		Str.
Rozdział XIII. Okres pra-		§ 69. Życie organiczne . . .	141
kambryjski	117	" 70. Gatunki osadów . . .	143
§ 46. Cechy ogólne	117	" 71. Rozprzestrzenienie	
" 47. Epoka archaiczna. Ga-		geograficzne	143
tunki skał. Ślady or-		" 72. Cechy ogólne epoki	
ganiczne	118	triasowej	147
Rozprzestrzenienie		Rozdział XX. Epoka juraj-	
geograficzne skał ar-		ska	147
chaicznych	119	§ 73. Życie organiczne . . .	147
§ 48. Epoka algonkińska.		" 74. Rodzaje osadów . . .	151
Gatunki skał. Resztki		" 75. Rozprzestrzenienie	
organiczne	119	geograficzne	153
Rozprzestrzenienie		" 76. Cechy ogólne epoki	
geograficzne. Cechy		jurajskiej	155
ogólne	120	Rozdział XXI. Epoka kre-	
Rozdział XIV. Epoka kam-		dowa	158
bryjska	120	§ 77. Życie organiczne . . .	158
§ 49. Życie organiczne . . .	120	" 78. Gatunki osadów . . .	163
" 50. Gatunki osadów . . .	121	" 79. Rozprzestrzenienie	
" 51. Rozprzestrzenienie		geograficzne	164
geograficzne	121	" 80. Cechy ogólne epoki	
" 52. Cechy ogólne epoki		kredowej	166
kambryjskiej	121	" 81. Cechy ogólne okresu	
Rozdział XV. Epoka sy-		drugorzędowego	168
lurska	122	Rozdział XXII. Epoka pa-	
§ 53. Życie organiczne . . .	122	leogeńska	170
" 54. Gatunki osadów . . .	124	§ 82. Życie organiczne . . .	170
" 55. Rozprzestrzenienie		" 83. Rodzaje osadów . . .	171
geograficzne	124	" 84. Rozprzestrzenienie	
" 55a. Cechy ogólne epoki		geograficzne	172
sylurskiej	125	" 85. Cechy ogólne epoki	
Rozdział XVI. Epoka de-		paleogeńskiej	175
wońska	126	Rozdział XXIII. Epoka neo-	
§ 56. Życie organiczne . . .	126	geńska	175
" 57. Rodzaje osadów . . .	127	§ 86. Życie organiczne . . .	175
" 58. Rozprzestrzenienie		" 87. Rodzaje osadów . . .	178
geograficzne	127	" 88. Rozprzestrzenienie	
" 59. Cechy ogólne epoki		geograficzne	180
dewońskiej	129	" 89. Cechy ogólne epoki	
Rozdział XVII. Epoka wę-		neogenjum. Ruchy gó-	
głowa	130	rotwórcze	183
§ 60. Życie organiczne . . .	130	" 90. Cechy ogólne okre-	
" 61. Gatunki osadów . . .	133	su trzeciorzędowego . . .	187
" 62. Rozprzestrzenienie		Rozdział XXIV. Okres	
geograficzne	133	czwartorzędowy	189
" 63. Cechy ogólne epoki		§ 91. Rzut oka ogólny . . .	189
węglowej	135	" 92. Życie organiczne . . .	191
Rozdział XVIII. Epoka		" 93. Rodzaje osadów . . .	195
permska	136	" 94. Rozprzestrzenienie	
§ 64. Życie organiczne . . .	136	geograficzne	206
" 65. Gatunki osadów . . .	137	" 95. Wpływ lodowców na	
" 66. Rozprzestrzenienie		hydrografję	210
geograficzne	137	" 96. Klimat okresu czwar-	
" 67. Cechy ogólne epoki		torzędowego	215
permskiej	138	" 97. Ruchy górotwórcze	
" 68. Cechy ogólne okresu		i epirogenetyczne	217
pierwszorzędowego . . .	138	" 98. Człowiek	219
Rozdział XIX. Epoka tria-			
sowa	141		

PRZEDMOWA.

W polskiej literaturze pedagogicznej geologia dotychczas zajmuje jedno z ostatnich miejsc. W przeciwieństwie do tego, co zrobiono w zakresie geografii szkolnej, zwłaszcza w ostatnich kilku latach, w dziedzinie geologii wydano zaledwie kilka podręczników. Ten fakt był jednym z powodów, które zachęciły mnie do napisania niniejszej książki.

Jednak nietylko ten fakt. Podręczniki szkolne bowiem można rozmaicie rozumieć i układać. Jedni je piszą w ten sposób, że podają uczącym się pewną ilość wiadomości, zebranych dorywczo, bez żadnego planu. Autorom tych książek szkolnych chodzi o to jedynie, aby w sposób mniej lub więcej łatwy zapoznać ucznia z pewnymi zjawiskami naukowymi, nie troszcząc się wcale o logiczny związek pomiędzy podawanymi faktami, ani o wyniki, wypływające z tych faktów. W książkach tych próżno szukać jakiejś wspólnej idei, myśli przewodniej, dążenia do pewnej syntezy naukowej, podanej w formie popularnej.

Ten sposób pisania podręczników ma tę wielką zaletę, że nie zmusza ani prowadzącego wykłady, ani ucznia do trzymania się książki, ani do całkowitego przerabiania zawartego w niej materiału. Można w takich książkach połowę opuścić, a reszta nic na tem nie straci.

Jednak taka metoda ma też i tę niedogodność, że nie daje uczącemu się ogólnej idei o danej nauce, ani o jej właściwych celach i zadaniach. Nauczyciel poprzestaje na podaniu pewnej liczby faktów, a uczeń na ich zapamiętaniu.

Inny sposób pisania podręczników — bardziej może odpowiadających nowym prądom, polega na przeprowadzeniu pewnej całości. Uczący się ma wtedy nie oderwane

fakty, ale *idee*, stale i ciągle przewijającą się na stronicach książki.

W ten sposób pojęty podręcznik szkolny przeszedł już przez pewną ewolucję.

Każda prawie nauka szkolna musi przejść przez taką ewolucję. I w geografii przed W. Nałkowskim były tylko fakty oderwane, szeregi nazw rzek, miejscowości i miast, bez żadnej myśli ogólnej. Dziś podręczniki do geografii piszą nasi najwięksi specjaliści (Romer, Pawłowski), przy czem więcej jest tam syntezy i myśli ogólnej niż faktów.

Lecz geografia ma tę ogromną przewagę nad geologją, że wykładana jest oddawna i w kilku klasach, oraz że jest traktowana jako przedmiot konieczny, geologja zaś do szkół u nas wprowadzona została zaledwie przed kilkunastu laty i wciąż jeszcze uważana jest za przedmiot podrzędny.

Uwagi powyższe były niezbędne, aby do pewnego stopnia przynajmniej usprawiedliwić autora za te liczne zmiany, jakie miał odwagę wprowadzić do swej książki w porównaniu z już dawniej wydanymi podręcznikami geologii.

A więc pierwsza zasadnicza różnica polega na zupełnem pominięciu mineralogji. Autor stoi bowiem na tem stanowisku, że już nie czas łączyć *dwie nauki*, nie mające *żadnego związku ideowego i żadnej wspólnej myśli przewodniej* w jednej książce. Nie od dziś bowiem na zachodzie mineralogja jest uważana, jako przynależna do grupy nauk *fizyczno-chemicznych*.

Z połączenia w jednej książce geologii i mineralogji powstaje jedynie chaos i zrozumienie całości jest niezmiernie utrudnione. Szereg lat pracy pedagogicznej w szkołach dostarczył autorowi wiele danych do twierdzenia, że przy wykładach geologii, zwykle bardzo zaciekawiających i pobudzających do samodzielnego myślenia i rozumowania, mineralogja była tam zbędnem kołem u wozu, które zmniejsza i opóźnia szybkość posuwania się naprzód.

Nie znaczy to bynajmniej, że mineralogja jest przedmiotem niepotrzebnym, — lecz wykładaną być powinna łącznie z chemją, nie zaś z geologją. Ta ostatnia bowiem

w kursie nauk szkolnych ma daleko więcej wspólnego z geografją ogólną, a zwłaszcza kraju ojczystego.

Druga zasadnicza różnica polega na traktowaniu geologii, jako całości. Podział na *petrografię*, *dynamikę* i *stratygrafię*, zastosowany w książce ma za zadania ułatwić orientację w całości. To nie są odrębne części, lecz dwie pierwsze przygotowują ucznia do zrozumienia trzeciej — zasadniczej i najważniejszej.

I tu właśnie widać znowu różnicę w porównaniu z dotychczas istniejącymi podręcznikami. Autorzy tych podręczników główną uwagę poświęcają minerałom i skałom, życie zaś czasów ubiegłych, oraz warunki ogólne, w jakich się ono rozwijało, stopniowa ewolucja globu, jednym słowem to, co się w nauce rozumie pod mianem geologii—traktowane jest prawie jako zbyteczny, drugorzędny dodatek.

Jakkolwiek książka niniejsza jest rezultatem szeregu lat pracy pedagogicznej, zatem cały zawarty w niej materiał był wielokrotnie przerabiany z uczniami starszych klas, autor jednak zdaje dobrze sobie sprawę, że niektóre poruszane zagadnienia mogą się wydać na pierwszy rzut oka zbyt trudnymi, za obszernie traktowanymi. Dotyczyć to może zwłaszcza stratygrafji. Rzecz jasna, że niema potrzeby trzymać się całości. Każdy wykładający może czynić dosyć znaczne skróty, nawet opuszczenia. Tak na przykład w dynamice, może ulec skróceniu paragr. o ruchach górotwórczych, w stratygrafji miejsca poświęcone życiu organicznemu, gatunkowi osadów lub rozmieszczeniu geograficznemu warstw każdej epoki.

Rozdział ostatni (czwartorzęd) napisany jest nieco obszerniej. Dwa powody upoważniły autora do tego. Pierwszy — że dziewięć dziesiątych ziem polskich przykryte jest osadami dyluwialnymi; drugi — że osady te wszędzie występują i uczniowie na wiosnę, przed końcem roku szkolnego, w czasie przechodzenia tego rozdziału mogą z łatwością zapoznać się z różnymi rodzajami tych osadów na wycieczkach szkolnych pod kierunkiem nauczyciela. Stosuje się to zwłaszcza do całej północnej i środkowej części kraju.

W dobie obecnej coraz więcej zwraca się uwagę na dalsze wycieczki, i każda szkoła organizuje zbiorowe wy-



jazdy do bardziej ciekawych i malowniczych miejscowości. To zmusiło autora do poświęcenia więcej miejsca geologii gór Świętokrzyskich oraz Tatr.

Rzecz jasna, że geologia nigdy i nigdzie nie może być nauczana wyłącznie z książki. Przy trzymaniu się niniejszego podręcznika potrzebne są zarówno zbiory szkolne, jak też i wycieczki na teren. Tylko wtedy, gdy oprócz wiadomości teoretycznych uczeń naocznie zapozna się z budową skorupy ziemskiej, nauka szkolna geologii cel swój osiągnie.

WIADOMOŚCI WSTĘPNE.

ROZDZIAŁ I.

CO TO JEST GEOLOGJA.

§ 1. Porównanie geologii z geografją. Geologia jest to nauka o ziemi. Różni się ona nieco od geografji. Ta ostatnia rozpatruje wszystko to, co jest na powierzchni ziemi, zatem nietylko grunt stały, lecz też wody lądowe, morza i oceany, oraz powietrze, otaczające ziemię dokoła. Dawniej uważano, że geografja ma wyłącznie za zadanie opisywać to, co się znajduje na ziemi, bez badania powodów różnych zjawisk. Zatem geografja w starożytności i w wiekach średnich, a nawet do połowy XIX stulecia była wyłącznie opisową. Stąd pochodzi jej nazwa, co po grecku oznacza *opis ziemi*.

Geologia jest gałęzią wiedzy o wiele młodszą. Zaczęła się ona rozwijać dopiero od połowy XVIII wieku głównie w Niemczech, następnie w Anglii i Francji. Jej zadaniem na razie było zbadanie skorupy ziemskiej, wyttumaczenie z jakich materiałów ta ostatnia jest utworzona i skąd te materiały powstały. Była to zatem już *nauka o ziemi*.

W ciągu drugiej połowy XIX wieku i obecnie geografja poczyniła ogromne postępy, zaczęła zastanawiać się nietylko nad tem *co jest*, lecz i dlaczego tak jest i stopniowo z *opisu ziemi* stała się również *nauką o ziemi*. Stąd niektóre działy geografji, traktujące o skorupie ziemskiej, o powietrzu i wodach, stanowiące jej część, zwaną geografją fizyczną, stały się bardzo pokrewne odpowiednim

działom geologii. Trudno jest czasem ustalić jakimi zagadnieniami powinna zajmować się geologia, które zaś są przedmiotem badań geografji fizycznej.

Naogół należy zauważyć, że geologia, jako nauka o skorupie ziemskiej, jest bardziej ciasna, ma mniejszy zakres swych badań, lecz z drugiej strony porusza ona i wyświeśla takie zagadnienia, któremi mało lub wcale nie zajmuje się geografja. Ta ostatnia bowiem przy swej ogromnej różnostronności nie może poprostu wdawać się w pewne szczegóły budowy skorupy ziemskiej. Geografja bada bowiem zarówno budowę lądu, jak działanie wód lądowych i morskich, oraz wpływ powietrza, prócz tego geografja ogromną uwagę zwraca na roślinność, zwierzęta, a zwłaszcza ludzi i ich wpływ na otaczającą naturę, rozpatrując je *dla nich samych*, geologia zaś bada roślinność, zwierzęta tylko pod kątem widzenia ich wpływu na budowę skorupy ziemskiej. Ludźmi i ich działalnością geologia prawie wcale się nie zajmuje.

Dokładniej jeszcze można różnicę pomiędzy geologją a geografją fizyczną wytłumaczyć w ten sposób: geografja bada *powietrze*, otaczające ziemię dokoła, *wody*, zajmujące ogromne obszary, oraz *skorupę* twardą, ponieważ się interesuje zarówno powietrzem, wodą, jak lądem, bez żadnych specjalnych celów, prócz tego geografja bada wpływ zarówno powietrza i wody na ląd, jak też i odwrotnie, lądu na powietrze i wodę, geografja zajmuje się składem chemicznym, stanem fizycznym powietrza, wody i różnemi zjawiskami zachodzącemi w nich, niezależnie od tego, czy te zjawiska mają czy nie mają wpływu na budowę skorupy ziemskiej. W dalszej konsekwencji geografja bada i takie przedmioty na ziemi, jak ludność, które żadnego wpływu na budowę tej skorupy nie wywierają.

Przeciwnie, geologia bada powietrze i wodę tylko pod pewnym kątem widzenia, mianowicie w jaki sposób wpływają one na skorupę ziemską, natomiast zgoła nie zajmuje się wpływem tejże skorupy na powietrze i wodę.

Trudniej wyjaśnić różnicę w punkcie widzenia geografji fizycznej i geologii na samą skorupę ziemską. Lecz i tu można powiedzieć to samo co wyżej: geografja bada różne zjawiska na lądach, jak *stopniowe przekształcanie się*

ich powierzchni, rozwój i ewolucję sieci hydrograficznej, kataklizmy spowodowane gorącem wnętrza itd. dla nich samych, bez specjalnego zastanawiania się nad wpływem tych zjawisk na wytwarzanie się nowych warstw, porównywa owe zjawiska, stara się je rozszerzyć na cały świat—geologia zaś przede wszystkim bada pod kątem widzenia tworzenia się warstw, ich wieku i ich składu.

§ 2. Zadanie geologii. Pomimo ograniczenia się wyłącznie badaniami skorupy ziemskiej, geologia ma bardzo szerokie i skomplikowane zadanie. Kula ziemską bowiem zbudowana jest z bardzo różnych części; skorupa ziemska, będąca przedmiotem badań bezpośrednich, jest niezmiernie złożona, trudno jest wyjaśnić wszystko to, co wchodzi w jej skład a jeszcze trudniej, w jaki sposób i z pomocą jakich czynników nastąpiło wytworzenie się takiej a nie innej struktury ziemi. Zatem geologia bada z *czego* jest zbudowana ziemia, dalej, *skąd* się zjawiał materiał wchodzący w skład ziemi, *jakie siły* przyczyniły się do wytworzenia tych form, oraz kiedy i w jakim porządku wszystko to, co wchodzi w skład ziemi, tworzyło się, i co było dawniej w chwili tworzenia się materiałów oraz form powierzchni.

ROZDZIAŁ II.

PODZIAŁ GEOLOGJI.

§ 3. Nauka o skałach. Ponieważ pierwszą rzeczą, jaką się rzuca w oczy przy badaniu skorupy ziemskiej są *skały*, czyli materiały, z których skorupa jest zbudowana, więc pierwszym zadaniem geologii jest określić, jakie skały wchodzi w skład skorupy, oraz zbadać skąd pochodzą te skały, z czego się one składają, jaka jest ich budowa, wygląd, cechy fizyczne i właściwości, oraz jakie jest ich rozprzestrzenienie geograficzne. Zagadnieniem, może nieco odbiegającym od tematu, ale również ważnym, jest wpływ gatunku tych skał na powierzchnię ziemi, jej stopniowe przeobrażanie się pod działaniem wód, wiatru, ciepła i t. d. Zagadnienie to jednak należy już do geografii fizycznej, stanowiąc dział *morfologii powierzchni*.

Dział geologii traktujący o skałach nazywa się *petrograffją*, co po grecku oznacza opis skał. Nauka o pochodzeniu skał i sposobie ich tworzenia nazywa się *litogenezą*, co znaczy pochodzenie twardej skorupy ziemi.

Dawniej *petrograffją* nazywano naukę o skałach wybuchowych, czyli pochodzenia ogniowego. Jednak niema żadnej racji tej nazwy stosować w tak ciasnych ramach. To samo tyczy się *litogenezy*. Poprzednio określano tym wyrazem wyłącznie badanie nad formowaniem się skał wapiennych.

§ 4. Nauka o zmianach na powierzchni ziemi.

Skorupa ziemiska, nawet w tych miejscach gdzie jest utworzona z bardzo twardych, prawie wcale niepoddających się niszczeniu skał, ulega stopniowemu przeobrażeniu często bardzo powolnemu i nie dającym się łatwo zauważyć, to znowu dosyć szybkemu, rzucającym się każdemu w oczy. To przeobrażenie się, czyli zmiany na powierzchni są wywołane przez rozmaite siły lub czynniki, jak ciepło słoneczne, wiatry, parowanie wody, wody płynące, lodowce, oraz działanie wody morskiej, a także ciepło wnętrza ziemi, trzęsienia ziemi, wulkany, źródła gorące, w słabszym stopniu przez wpływ roślinności i zwierząt, w niektórych wypadkach człowieka. Przy tych zmianach wytwarza się materiał skalny, który znowu układa się w ten czy inny sposób w warstwy.

Dział geologii, który bada te zmiany, doszukuje się powodów i tłumaczy je, nazywa się *dynamika* lądu lub *geologja dynamiczna*.

§ 5. Nauka o czasie tworzenia się różnych skał.

Nawet przy pobieżnych badaniach skorupy ziemskiej w niektórych miejscach można zauważyć, że skorupa nie jest utworzona z jednolitej masy od dołu do góry, lecz — składa się z wyraźnych warstw, leżących jedna na drugiej. Przy rozkopywaniu tych warstw często można znaleźć skorupy lub szkielety zwierząt, lub ślady roślin. Niektóre z tych resztek organicznych swym wyglądem bardzo przypominają zwierzęta lub rośliny współczesne, inne zaś mocno się od tych ostatnich różnią. Zauważono, że w warstwach górnych resztki organiczne są bardziej podobne do obecnie żyjących w morzach lub na lądach, przeciwnie, w war-

stwach niższych resztki są inne. Wywnioskowano więc, że warstwy górne są młodsze, czyli że się wytworzyły później, dolne zaś są starsze — pierwszej utworzone. Stąd wniosek, że skały nie powstały jednocześnie na ziemi. Są skały starsze i młodsze.

Nauka o tem, w jakim czasie powstały różne skały nazywa się *stratygrafia*, czyli *opis warstw*, zaś nauka o resztkach organicznych *paleontologja*.

PETROGRAFJA.

ROZDZIAŁ III.

PODZIAŁ SKAŁ.

§ 6. Skały, ich cechy i wygląd. Skorupa ziemską, jak to już było powiedziane, składa się z przeróżnych gatunków skał. Wygląd i cechy skał bywają najrozmaitsze, są zatem skały bardzo twarde, nie dające się łupać ani rozbijać, inne zaś są łatwo podatne, można je ciosać, jeszcze inne są wręcz miękkie, plastyczne, co znaczy, że można z nich ulepić różne przedmioty, jak z ciasta. Wreszcie są skały sypkie, z których nawet z pomocą wody nie można lepić żadnych przedmiotów.

§ 7. Zasadniczy podział skał pod względem cech wewnętrznych. Przy określaniu naukowem skał zwraca się małą uwagę na ich cechy twardości lub kolor. Cechy te uważane są za podrzędne, niezasadnicze. Daleko ważniejszy jest sposób, w jaki zostały utworzone te skały, przyczem przedewszystkiem rozróżnia się skały, *utworzone przy udziale wysokiej temperatury* oraz skały, *utworzone bez udziału wysokiej temperatury*, czyli *na chłodno*. Pierwsze znane są pod ogólnem mianem skał *ogniowych*, lub niezupełnie właściwie *wybuchowych*, drugie zaś są to skały *osadowe*.

Skały ogniowe nie zawierają nigdy w sobie resztek organizmów, jak skorupki lub szkielety zwierząt, ponieważ tworzą się te skały na znacznych głębokościach w skorupie ziemskiej i początkowo są w stanie ognistym. Przeciwnie wiele skał osadowych nie tylko zawiera resztki zwierząt lub roślin pod postacią skorupek, muszli, szkieletów, odbi-

tek, lecz całkowicie się składa ze skorupki lub szkieletów tych organizmów.

Istnieje jeszcze jeden gatunek skał, które wprawdzie co do swego sposobu tworzenia się należą do osadowych, lecz które pod wpływem różnych czynników, jak *gorąco wnętrza ziemi*, fałdowanie się skorupy ziemskiej, gorące źródła itd.*) zmieniły swój wygląd zewnętrzny i budowę wewnętrzną, i częstokroć upodobniły się do skał ogniwych lub posiadają sobie tylko właściwy wygląd. Takie skały, spotykane przeważnie w pobliżu skał ogniwych, lub w miejscach zetknięcia się skał ogniwych i osadowych — nazywają się *metamorficzne*.

§ 8. Budowa wewnętrzna (petrograficzna) skał ogniwych: Skały ogniowe początkowo, w czasie, gdy materiały, z których się składają, były jeszcze w stanie ognistopłynnym, były pod postacią mieszaniny płynnej, w skład której wchodziły rozpuszczone metale i minerały, jak krzem (Si O_2), magnez (Mg), wapń (Ca), żelazo (Fe), miedź (Cu), aluminium (Al), potas (K), siarka (S), oraz gazy jak wodór (H), tlen (O), węgiel (C), azot (N), sód (Na).

Wtedy oczywiście skała miała wygląd jednolity, lecz później zaszły pod względem wyglądu zewnętrznego znaczne zmiany. Niektóre gatunki skał pozostawały w stanie ognistopłynnym przez bardzo długi czas pod wielkim ciśnieniem leżącej nad nimi zakrzepłej już skorupy, stygły wolno p niowo zmieniały swój wygląd. Zamiast jednolitej masy, skały te stały się w końcu tego procesu zastygania *krystalicznymi*, to znaczy, że przyjęły wygląd ziarnisty i że wykształciły się w nich kryształy najrozmaitszych minerałów lub połączeń. Przeciwnie, te ze skał ogniwych, które nie zastygały niezmiernie wolno pod silnym ciśnieniem górnych warstw, lecz znalazły sobie drogę na zewnątrz skorupy przez szpary lub otwory i wylały się, parte z dołu przez gazy sprężyste, jakie zwykle się wytwarzają w głębi skorupy — te nie przyjęły wyglądu ziarnistego, czyli krystalicznego, lecz przeważnie pozostały nawet po zastygnięciu jednolite, z wyglądu zbliżone do szkła.

Skały, które po swem wytworzeniu się powstały na

*) O tem obszerniej na stronie 51.

wielkich głębokościach w skorupie ziemskiej i tylko przez czynniki niezależnie od nich działające, jak woda płynąca, fałdowanie się skorupy ziemskiej itd. zostały częściowo odsłonięte—a posiadające przeważnie budowę krystaliczną, noszą miano *głębinowych*.

Skąły, które w stanie płynnym lub napół płynnym wydostają się same przez się na powierzchnię ziemi, i które nie posiadają zazwyczaj budowy krystalicznej, najwyżej mają kryształy jakby pływające w jednolitej masie, zwanej *magmą*, noszą nazwę *wulkanicznych*.

§ 9. Budowa wewnętrzna skał osadowych.

O wiele trudniej jest określić budowę skał osadowych. Te ostatnie bowiem mogą mieć strukturę najrozmaitszą, nawet krystaliczną, jednak kryształy w skałach osadowych nie wykształciły się pod wpływem wielkiego ciśnienia, lecz pozlepiały się ze sobą przy pomocy jakiegoś materiału scementującego przy udziale wody, która następnie wyschła. Częstokroć skały osadowe składają się z bardzo drobniutkich kryształków, pozlepianych ze sobą, to znowu budowa ich jest zupełnie plastyczna, mają własność pochłaniać znaczną ilość wody i wtedy stają się wilgotne, to znowu wysychają i twardnieją. Czasem w skałach osadowych miękkich znajdują się kawałki zupełnie innego składu chemicznego twarde, tak zwane *konkrecje*.

Pierwiastki i minerały, które wchodzą w skład skał osadowych są prawie te same co i w skałach ogniowych, jednak mogą występować w innych połączeniach chemicznych i w innych kombinacjach mechanicznych.

Pod względem budowy petrograficznej skały osadowe nie przyjęto dzielić. Dzielią się one na dwie główne grupy w zależności od tego, z jakich materiałów są utworzone. Jeżeli skała osadowa została utworzona przy pomocy pewnych czynników i materiałów, które dotychczas nigdy w skład innych skał nie wchodziły, lecz były w stanie rozpuszczonym w wodzie morskiej lub lądowej — skały takie nazywają się *pierwotne* lub *pierwszorzędowe*. Skały, które są utworzone z materiałów, pochodzących z rozkruszonych i zniszczonych skał dawniej już istniejących nazywają się *wtórne* lub *drugorzędowe*.

O budowie petrograficznej skał metamorficznych będzie powiedziane w odpowiednim rozdziale.

ROZDZIAŁ IV.

SKAŁY OGNIOWE GŁĘBINOWE.

§ 10. Sposób i warunki tworzenia się. Skały ogniowe głębinowe, jak to było zaznaczone wyżej, tworzą się na znacznych głębokościach w skorupie ziemskiej. Różne pierwiastki w stanie rozpuszczonym, ognistopłynnym łączą się tam ze sobą i początkowo tworzą jednolitą masę. Masa ta przez bardzo długi czas pozostaje pod silnym ciśnieniem warstw skorupy ziemskiej i będąc ukrytą a nieodświetloną, ostyga bardzo wolno. Te dwa czynniki (ciśnienie i wolne ostygnięcie) według przypuszczeń badaczy, są powodem, że skały głębinowe nie zastygają jako jednolita masa, lecz że stopniowo przyjmują wygląd krystaliczny. Najpospolitsze kryształy, wchodzące w skład tych skał są: *skaleń, kwarc, mika, amfibol, hornblenda, oliwin* i t. d.

§ 11. Podział skał głębinowych. Skały głębinowe są liczne. Najpospolitszą jest *granit*, zawsze mający budowę wyraźnie krystaliczną, a składający się ze *skalenia, kwarcu i miki*.

Skaleń w granicie bywa kilku kolorów: różowy, biały, ciemnowy. Jego cechy główne są te, że łamie się nie na podobieństwo szkła (powierzchnia przełamania szkła jest nierówna), lecz pęka według pewnych płaszczyzn, przyczem kryształy skalenia są zwykle jakby z warstewek płaskich utworzone. *Skaleń* ma bardzo złożony skład chemiczny, bywa dwóch gatunków: *ortoklaz* i *plagioklaz*. Skład *ortoklazu* $K_2 Al_2 Si_6 O_{16}$, czyli jest to *glino-krzemian potasowy*.

Skład *plagioklazu* bywa rozmaity: *albit* jest glino-krzemianem sodowym $Na_2 Al_2 Si_6 O_{16}$, *anortyt* jest *glino-krzemianem wapiennym* $Ca Al_2 Si_2 O_8$, *oligoklaz* czyli *glino-krzemian sodowy* i t. d. z wapnem.

Ilość procentowa skalenia w granitach bywa dosyć rozmaita. Jeżeli granit ulega zniszczeniu pod działaniem zmian temperatury, wody płynącej, wiatru lub innych czynników, to *skaleń* rozsypuje się i zamienia na glinę; niektóre skalenie białe dają *kaolin*, glinę białą, używaną na wyrób porcelany.

Kwarc w granitach bardzo rzadko występuje pod postacią prawidłowo rozwiniętych kryształów. Skład chemiczny Si O_2 . Zwykle jest on widoczny pod postacią drobnych ziaren żółtawo-opalowego, napół przezroczystego koloru. Łamie się kwarc nie według płaszczyzn, lecz tworzy nierówne załamania i w ten sposób łatwo go odróżnić od skalenia w wypadku, gdy kolorem są do siebie zbliżone. Kwarc jest bardziej wytrzymały na działanie sił niszczących niż skałki. Gdy skała granitowa rozsypuje się — kwarc daje piasek lub żwir.

Kwarc jest minerałem niezmiernie rozpowszechnionym w naturze. Jako domieszka w stanie rozpuszczonym i złączonym z innymi minerałami pod nazwą krzemu wchodzi w skład prawie wszystkich skał ogniowych i metamorficznych, a zaś niektóre skały osadowe prawie wyłącznie z niego się składają (piaskowiec, kwarcyt). W skałach głębinowych krystalicznych kwarc występuje zarówno jako domieszka do innych minerałów, ale wtedy nazywa się *krzemem*, oraz jako minerał krystaliczny (kwarc krystaliczny).

W naturze czasem kwarc występuje pod postacią doskonale wykształconych kryształów. Kolor jego bywa różny. *Kryształ górski* jest to kwarc zupełnie przezroczysty jak czyste szkło. *Opal* jest to kwarc z dodaniem wody w związku chemicznym, *zadymiony*. *Ametyst* ma kolor jasno-fioletowy. *Rogowiec* — masa krystaliczna ale gołem okiem wydaje się podobny do rogu. *Chalcedon* ma różne kolory — wtedy zowie się *agat*, prążki ma koncentryczne. *Krzemień* jest mieszaniną kwarcu z *hialinem*, który go zabarwia na kolor ciemny. Krzemienie występują jako konkretje w skałach kredowych. Jest on łamliwy, twardy.

Mika w granitach bywa przeważnie koloru czarnego, wtedy zwie się *biotyt*, rzadziej *białego*, czyli *muskowit*. Czasem przyjmuje ona kolor żółtawy lub różowawy. Mika ma wygląd cienkich blaszek połyskujących. Może ona występować w naturze pod postacią dużych, łatwo dających się łupać warstewek. W niektórych gatunkach granitów, jak na przykład w *granulicie* mika biała występuje w bardzo znacznej ilości.

Muskowit jest glino-krzemianem potasowym, lecz zawiera też i wodę w związku chemicznym.

Biotyt jest to glino-krzemian magnezowy, z potasem i tlenkiem żelaza.

Pegmatyt różni się od granitu tem, że nie posiada miki, a kryształy skalenia (zazwyczaj koloru różowego) oraz kwarcu są wyjątkowo duże.

Protogin jest to granit, w którym kryształy, zwłaszcza miki, są rozrzucone. Protogin występuje zwykle w miejscach, gdzie skorupa ziemską uległa silnemu fałdowaniu, zatem w górach; tam pod silnym ciśnieniem granity uległy rozrzuconiu i kryształy często się zatarły.

Do grupy granitów zaliczany jest też *sienit*, który jednak się różni od granitu tem, że nie zawiera nigdy prawie kwarcu, *ortoklaz* jest zwykle koloru białego, lub czerwonego, *mika* czarna w bardzo małej ilości, oraz *amfibol* czarno-lśniący.

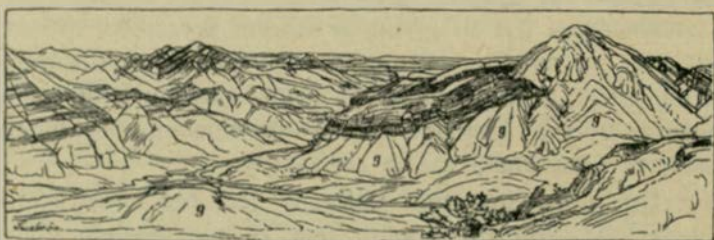
Amfibol jest to minerał o złożonej budowie. Występuje on w sienicie w znacznej ilości. Jest to krzemian magnezowo-żelazowy z wapnem i gliną.

Do skał krystalicznych należą także *dioryty* i *gabro*. Skały te zawierają mało krzemu i stąd nazywane są *zasadowymi* w odróżnieniu od skał zawierających dużo krzemu jak *sienit* naprz.

§ 12. Zastosowanie skał głębinowych. Skały krystaliczne mają znaczne zastosowanie w przemyśle. Granity w wielu krajach, obfitujących w ten rodzaj skał, jak Szwecja, Finlandja i t. d., używane są do budowy domów, jako kamień ciosowy, bardzo wytrzymały i dobrze dający się obrabiać. Kamienie polne w naszym kraju przeważnie są granitowe, używają je do brukowania ulic, do szos i t. d.

§ 13. Rozprzestrzenienie skał głębinowych i ich występowanie. Ponieważ skały głębinowe są zazwyczaj ukryte głęboko pod warstwami innych skał, zwykle osadowych i same przez się nie wydobywają się na powierzchnię, zatem muszą istnieć czynniki, które je odsłaniają. Temi czynnikami są: wody płynące, oraz ruchy fałdujące skorupę ziemską.

Granity i pokrewne im skały mogą tworzyć rozległe obszary, lub też występować w górach jako jądro środkowe. W Europie: *półwysep Skandynawski, Finlandja*, niektóre okolice *środkowej Francji, Korsyka*, część *Sardynji* zbudowane są ze skał krystalicznych, przyczem ich powłoka górna została już usunięta.



Granity, przykryte warstwami osadowymi (g granit).

Na ziemiach dawnej Rzeczypospolitej południowa część *Wołynia, Podole* oraz *Ukraina* na pewnej głębokości mają płytę granitową z wierzchu przykrytą grubą warstwą skał osadowych. Rzeki, płynące do *Dniestru* oraz *Boh, Dniepr* i niektóre ich dopływy przepiływały w swych łożyskach warstwy osadowe i dotarły już do podłoża granitowego. Stąd to w niektórych miejscach w łożyskach rzek na Podolu i Ukrainie występują głazy i zwały granitowe, ogromnie utrudniające żeglugę, a zwane „porohy”. Słynne są porohy Dniepru na południe od m. *Jekaterynosław* lub w łożysku Dniestru pod m. *Jampol*, na brzegach Bohu głazy granitowe są znane pod *Uładówką*.

W górach wysokich, jak *Tatry, Alpy, Pireneje* skały granitowe tworzą najwyższe szczyty przeważnie w środkowej części łańcucha. I tam poprzednio skały te były przykryte warstwami osadowymi, lecz warstwy te zostały dawno spłókane i uniesione przez wody i śniegi, lub same się zsunęły w doliny ze szczytów stromych. W tym wypadku jednak nie tylko działanie wód i lodów przyczyniło się do spłókania przykrycia i odstonięcia skał głębinowych, lecz i ruchy górotwórcze, które wypiętrzyły łańcuch górski.

Skały granitowe znane są na całym prawie obszarze ziem polskich jako kamienie polne. Kamienie te jednak

nie wytworzyły się na miejscu, lecz zostały przyniesione przez ruchome lody w jednej z epok geologicznych i rozrzucone pod postacią zwałów i rumowisk na polach. Niektóre z tych kamieni, zwanych *erratyicznymi*¹⁾, nie są granitowe lecz pochodzą od innego rodzaju skał; większość jednak głazów erratycznych w Polsce jest z granitu.

ROZDZIAŁ V.

SKAŁY OGNIOWE WULKANICZNE.

§ 14. Sposób i warunki tworzenia się. Skały wulkaniczne wytwarzają się, podobnie jak głębinowe, na znacznych głębokościach w skorupie ziemskiej przy udziale bardzo wysokiej temperatury, lecz po swem utworzeniu się zachowywać się mogą nieco inaczej, niż skały głębinowe—mogą one mianowicie przy sprzyjających warunkach wydobywać się na powierzchnię ziemi pod postacią płynnej lub zastygłej masy niekrystalicznej, prawie zawsze bardzo gorącej, zwanej *lawą wulkaniczną*.

Skały wulkaniczne nie zastygają wewnątrz skorupy ziemi przy dużem ciśnieniu warstw górnych i w ciągu długich wieków. Nie posiadają zatem budowy krystalicznej. Minerale, wchodzące w skład skał wulkanicznych zwykle są przetopione i przemieszane ze sobą, tak, że na oko niepodobna rozróżnić, z jakich minerałów skała się składa. Skała wulkaniczna zatem zazwyczaj, lecz nie zawsze, ma wygląd jednolitej masy rozmaitych kolorów. Czasem w tej masie zwanej *magmą* pływają kryształki nieprawidłowych form różnych minerałów innego koloru niż magma.

Zatem pod względem budowy skały wulkaniczne można podzielić na dwie grupy. *Do pierwszej* należą te, które składają się z masy jednolitej bez kryształów; skały takie nazywają się *amorfne* lub szkliste (*obsydjan*). *Do drugiej* należą te, które składają się z magmy z pływa-

¹⁾ O głazach erratycznych, ich pochodzeniu i przenoszeniu będzie podane obszerniej w części historycznej, w rozdziale „Okres czwartorzędowy“.

jącami w niej kryształami. Takie nazywają się *mikrolityczne (bazalt, andezyt, porfir)*.

Kryształy, pływające w magmie, bywają rozmaite. Najpospolitsze są kryształy *oliwinu*. Oliwin jest *krzemianem magnezowo-żelazowym*. Zwykle występuje pod postacią kryształków koloru zielonawego (w bazaltach).

§ 15. Podział skał wulkanicznych. Skały wulkaniczne dzielą się na dwie kategorie, w zależności od ich składu petrograficznego i sposobu wydobywania się na powierzchnię. Te, które zawierają w sobie krzem w stanie niekryształicznym (w magmie w połączeniu mechanicznym z innymi minerałami) w ilościach stosunkowo niedużych, od 40% do 50% rzadko kiedy więcej — nazywają się *zasadowe*; jeżeli ilość krzemu jest znacznie większa, do 75%, to skały noszą nazwę *kwaśnych*.

Skały zasadowe różnią się zewnętrznie od kwaśnych tem, że się łatwiej rozpuszczają (przy 1100°—1370°), kolor mają przeważnie ciemniejszy, wydobywają się z wulkanów lub pęknięć gruntu pod postacią ognistopłynną, trudno ostygają; przy wybuchach wulkanów zasadowych *lava*, czyli płynna skała wulkaniczna, wydobywa się względnie spokojnie, czasem wylewa się z krateru jak woda.

Inaczej się zachowują skały kwaśne. Zawierając więcej trudno rozpuszczalnego krzemu, topnieją przy temperaturze znacznie wyższej, niż skały zasadowe, zatem o wiele łatwiej twardnieją i wydobywają się z wulkanów zazwyczaj pod postacią zastygłych, jakkolwiek gorących bloków lub kamieni. Przy wybuchach wulkanów kwaśnych gazy z trudnością wyrzucają stwardniałe kawały, zatem często przytem zachodzi wstrząsanie gruntu w pobliżu wulkanu, a krater może zmieniać kształt. Kolor skał kwaśnych bywa zwykle bardziej jasny od koloru skał zasadowych.

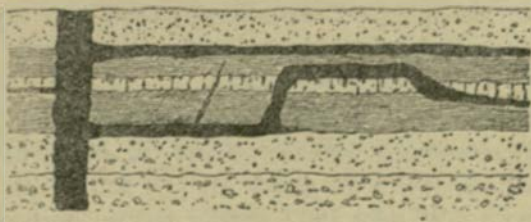
Najlepszym przykładem skał wulkanicznych zasadowych jest *bazalt*. Skała ta zwykle bywa koloru czarnego, magma jej jednolita, po zastygnięciu bardzo twarda, zawiera około 47% krzemu, sporo *żelaza* oraz *augitu*, na oko można często zauważyć powtykane w niej kryształki zielonkawe minerału, zwanego *oliwin*.

Augit jest to minerał składający się z *krzemianu magnezowo-żelazowego z wapnem i gliną* i będący

pewnym rodzajem *piroksenu*. Kolor jego jest zwykle czarnej w bazalcie.

Wiele wulkanów współczesnych wybucha bazaltem. W Europie *Wozuwjusz* należy do tej kategorii. Lecz najlepszym przykładem wulkanów bazaltowych są *Mauna-Loa* i *Mauna-Kea* z kraterem *Kilauea*, znajdujące się na *wyspach Hawajskich* na oceanie Spokojnym. Lawa bazaltowa z kraterów tych wulkanów zupełnie spokojnie, bez wstrząsań i wybuchu gazów palnych, wylewa się, jak z przepelnionego garnka, spływając po pochyłości góry i tworząc tu i owdzie „lawospady“

Lawa bazaltowa w ubiegłych epokach geologicznych w wielu miejscach na lądach wylewała się nie tylko przez kratery wulkanów, lecz i przez pęknięcia gruntu, pokrywając rozległe obszary skał osadowych. W Europie znajdują się przestrzenie, pokryte warstwą bazaltów w zachodnich Niemczech, w okolicach gór *Eifel*, we Francji środkowej, gdzie wyżyna *Auvergne* ma czterdzieści obecnie wygasłych, dawniej czynnych wulkanów. Grunt tam, na przestrzeni kilkudziesięciu tysięcy kilometrów kwadratowych utworzony jest z warstwy lawy bazaltowej, która niegdyś zalała cały ten kraj. W Azji wyżyna *Dekanu* na półwyspie Indostan na przestrzeni kilkuset tysięcy kilometrów kwadratowych utworzona jest z bazaltu. Podobne rozprzestrzenienie skał bazaltowych znajduje się w zachodniej części Stanów Zjednoczonych na wyżynie *Utah* i *Nevada*. Na ziemiach polskich bazalty w nieznacznej ilości występują na Wołyniu pod nazwą *anamezytów*.

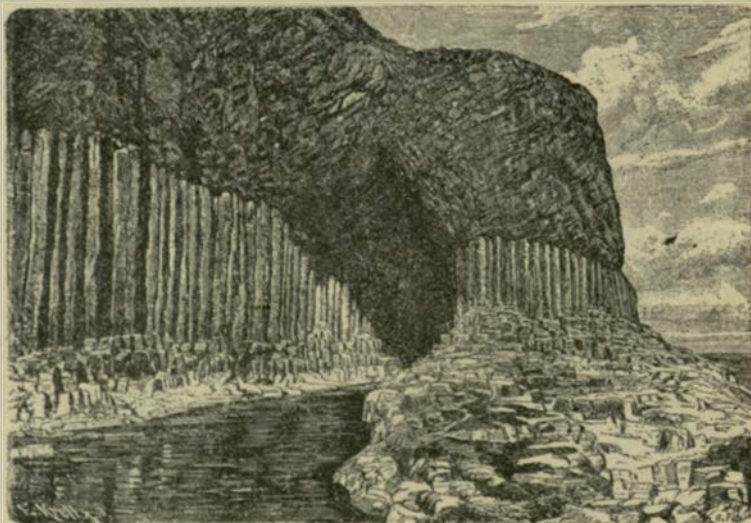


Wylew bazaltu, tworzącego żyły w skale osadowej.

Bazalt pod działaniem sił niszczących rozpada się i zamienia na grunt dosyć urodzajny. Wołyńskie bazalty czyli *anamezyty* przeważnie uległy już temu losowi i na

ich miejscu znajdują się urodzajne pola pszenicy. Skała *cieszynit* jest pokrewna bazaltom, występuje ona na Ślązku Cieszyńskim.

Bazalty mają własność czasem tworzyć słupy pionowo ustawione (*Grota Fingala*). Oprócz bazaltów do skał zasadowych są zaliczane niektóre gatunki *andezytów*, zawierających nieco więcej niż 50% krzemu.



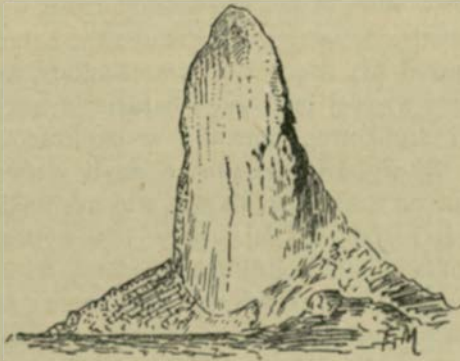
Grota Fingala na wyspie Staffa, w której bazalt tworzy słupy.

Skały kwaśne są liczniejsze. Jako przykład mogą służyć: *riolit* (do 75% krzemu), *liparyt* jest odmianą riolitu, *trachit* (65%—70% krzemu) niektóre *andezyty* (do 60% krzemu). Skały te mają budowę *mikrolityczną*, lecz kryształki, pływające w magmie są przeważnie tak drobne, że widoczne są tylko pod mikroskopem.

Jako przykład wybuchu skały wulkanicznej kwaśnej może służyć wybuch wulkanu *Montagne Pelée*, na wyspie *Martynice*, należącej do grupy Małych Antylli na oceanie Atlantyckim. W roku 1902 wulkan ten po dłuższym spokoju niespodzianie wybuchnął gazami palnymi, które spadły na położone u jego podnóża miasto *Saint Pierre*. Miasto to zostało doszczętnie spalone, przyczem zginęło 40.000 mieszkańców, następnie z krateru wulkanu powoli zaczął się

wydobywać olbrzymi, dochodzący do kilkuset metrów wysokości stwardniały blok, który nie mogąc utrzymać równowagi, popękał i rozsypał się w gruzy u stóp góry.

Skąły kwaśne znane sę w Europie w róznych miejscowościach: na wyspach Lipari, na zboczach wulkanu Stromboli.



Blok andezytowy, wydobywający się z krateru Montagne Pelée podczas wybuchu.

Skąły wulkaniczne o budowie szklistej, nie zawierające kryształków, są dosyć rzadkie. Jako przykład służy *obsydjan*, który składa się ze skaleni i innych minerałów.

ROZDZIAŁ VI.

SKAŁY OSADOWE.

§ 16. Podział skał osadowych. Skąły osadowe podobnie jak i skąły ogniowe, dzielą się na kilka kategorii w zależności od tego, z jakich materiałów się tworzą. Zasadniczy podział ich jest na dwie grupy: do *pierwszej* należą te ze skał osadowych, które tworzą się z materiałów, znajdujących się w stanie rozpuszczonym od niepamiętnych czasów w wodzie morskiej, czasem rzecznej lub jeziorowej. Takie skąły nazywają się *pierwotne* lub *protogeniczne*; do *drugiej* grupy zaliczane są te skąły, które tworzą się z materiałów, pochodzących z rozkruszonych i zniszczonych skał już dawniej istniejących. Skąły, należące do drugiej grupy, noszą nazwę *wtórných* lub *deutogenicznych*.

Zarówno pierwotne, jak i wtórne skały tworzą się przy pomocy rozmaitych czynników, lecz czynniki wytwarzające skały pierwotne są zupełnie inne, niż czynniki biorące udział w powstawaniu skał wtórnych.

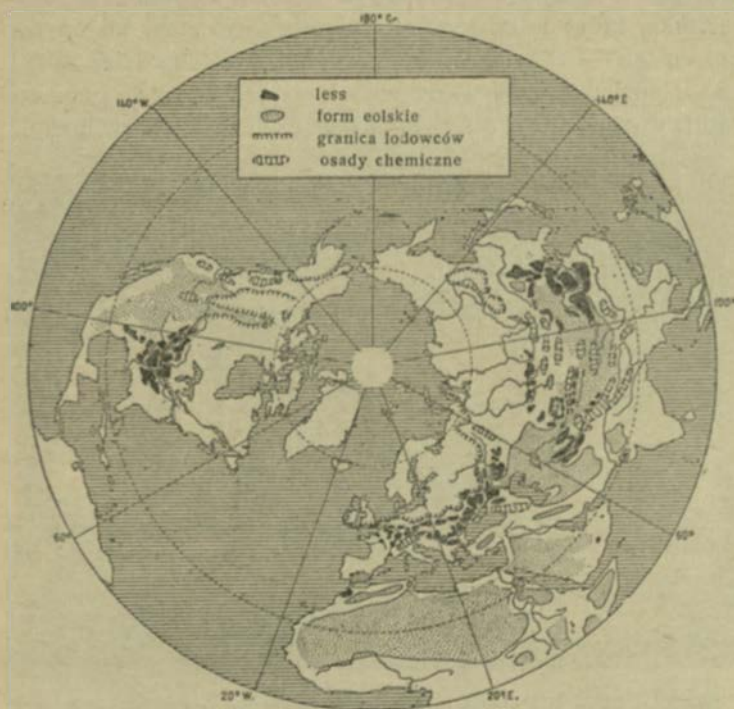
Rozpatrywanie skał osadowych należy zaczynać od skał *wtórnych*, ponieważ ich sposób tworzenia się i czynniki, biorące w nim udział, są bardziej proste, więcej znane każdemu, łatwiej dające się obserwować w naturze, a skały wtórne są jeżeli nie więcej rozpowszechnione, to w każdym razie prostsze w swej budowie i bardziej znane w Polsce północnej i środkowej, zatem i w okolicach Warszawy.

§ 17. Skały drugorzędowe czyli wtórne. Zanim się przystąpi do rozpatrywania skał wtórnych należy ustalić, jakie czynniki współdziałają przy ich wytwarzaniu się. Temi czynnikami są: *zmiany temperatury*, zależne od ciepła słonecznego i wysokości nad poziomem morza, *wiatr*, *woda płynąca*, *lodowce ruchome na górach*, *falowanie morza*, oraz wszelkie te siły, które w jakikolwiek sposób przyczyniają się do rozkruszania i niszczenia skał, już dawno istniejących, przyczem nie bierze się pod uwagę jakiego pochodzenia są te skały niszczone, zatem mogą to być zarówno skały osadowe pierwotne lub wtórne, jako też i skały ogniowe.

Wskutek zmian temperatury¹⁾ nawet najtwardsze, najbardziej odporne skały ulegają pękaniu; cząsteczki minerałów osłabiają swą spoistość, wskutek czego skała, wciąż wystawiona na zmianę temperatury, po pewnym czasie może się rozsypać. Jeżeli w szpary i pęknięcia przedostanie się woda i zamarznie, to lód, stąd powstały, jeszcze bardziej rozszerza szpary i może spowodować rozkruszanie skały. Wobec tego, że zmiany temperatury zachodzą prawie wszędzie, zwłaszcza w krajach o klimacie suchym, na płaskowzgórzach i górach, więc skały prawie wszędzie ulegają rozkruszaniu czyli *wietrzeniu*. Stąd powstały materiał drobnoziarnisty może być porwany przez wiatr i uniesiony w inne miejsce jako pył. Gdy wiatr ustaje, pył osiada na

¹⁾ W części „Petrografia” rozpatrzone zostaną tylko skały, powstające wskutek działania powyżej wyszczególnionych czynników. Zmiany, zachodzące jednocześnie na powierzchni ziemi, zostaną opisane w części „Dynamika”.

ziemi, tworząc czasami grube warstwy. Takie opadanie pyłu może zachodzić nawet i na morzu, zatem warstwy skał, przeniesione przez wiatr, tworzą się nie tylko na lądach, lecz nawet na dnie morza, jeżeli cząsteczki skalne są na tyle ciężkie, że opadają na dno.



Geograficzne rozmieszczenie lessu, formacji eolskich oraz osadów chemicznych na północnej półkuli.

Warstwy osadowe, przeniesione przez wiatr, nazywają się *eolskie* lub *wietrzne*. Ogromne obszary tak zwanego *lessu*, czyli drobnoziarnistej gliny nawianej, zajmują prawie całe *północne Chiny*, środkowe części *Stanów Zjednoczonych Am. Półn.* w dorzeczu *Missisipi*, równiny *Pampasy* Ameryki Połud., w Europie zaś *środkowe Niemcy*, niektóre okolice *Węgier*, południowo-wschodnie dzielnice dawnej *Rzeczpospolitej*, poczynając od lewego brzegu *Wisły* poprzez *Lubelszczyznę południową*, *Wołyn* i *Podole* do *Dniepru* i dalej na wschód.

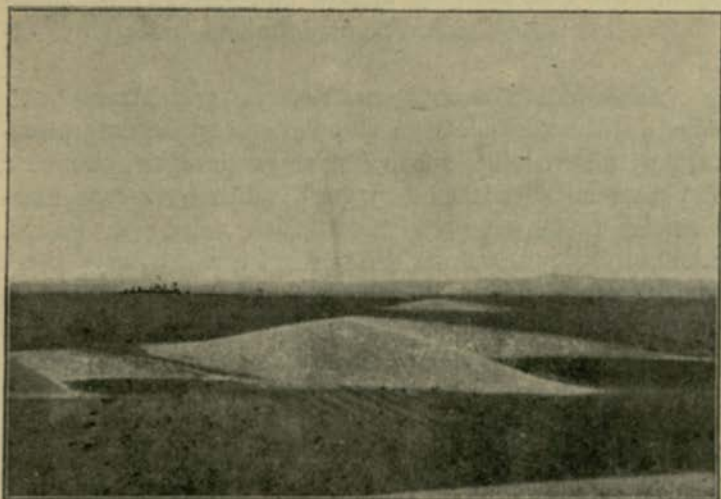
Less jest to glina koloru żółtego w stanie czystym, często zanieczyszczona wapnem lub innymi domieszkami mineralnymi, w swych warstwach górnych bywa przemieszana ze zgniętymi korzeniami i łodygami traw i zabarwiona na kolor czarny. Jeżeli osadzał się on na miejscach suchych to nazywa się *ładowym*, gdy zaś wypełniał płytkie jeziora, które w następstwie wyschły, to nosi miano *jeziorowego* — w tym ostatnim wypadku jest bardziej zbity, może posiadać uwarstwienie i nie jest w tym stopniu co ładowy zanieczyszczony *humusem*, czyli zgniętymi roślinami.



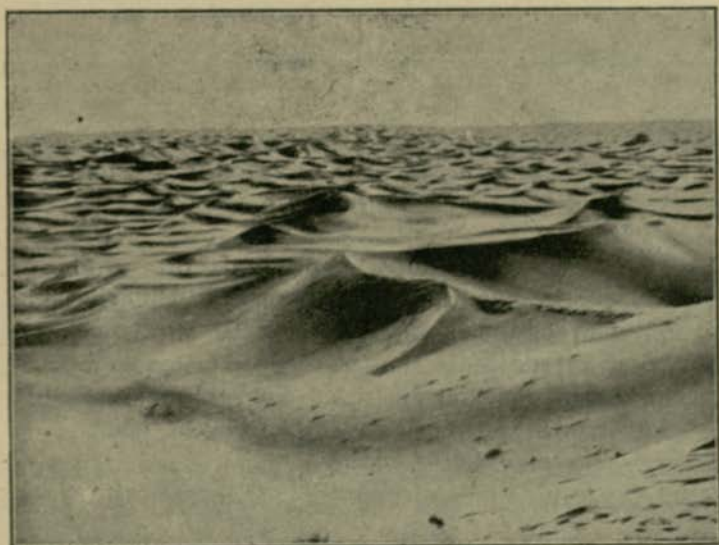
Warstwy lessu w Chinach północnych, tworzące prostopadłe ściany.

Less się tworzył i jeszcze się tworzy w niektórych miejscowościach Azji w ten sposób, że wiatry, wiejące od centrum łąd, gdzie panuje susza i zachodzą silne wahania temperatury, a zatem gdzie skały silnie się rozkruszają i wietrzeją, przynoszą drobnutki pył z rozkruszonych skał gliniastych lub zawierających skałki. Pył ten przez szereg wieków opadał i w rezultacie wytworzył osady w Chinach północnych grube na kilkaset metrów.

W Europie środkowej pył lessowy nawiany został w epoce, gdy po stopnieniu lodów skandynawskich w południowych częściach ich zasięgu, nastąpił na obszarach uwolnionych od lodów, lub bezpośrednio na południu od nich,



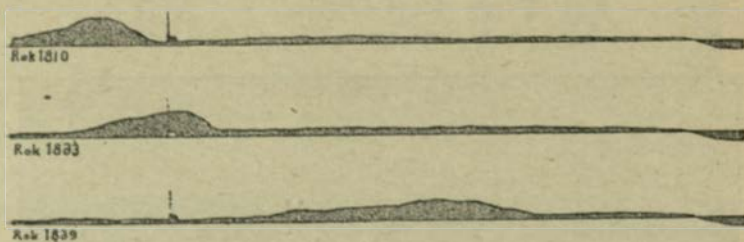
Wydma utworzona z lotnego piasku w kształcie paraboli. Wędruje ona pod wpływem wiatru z prawej strony na lewą.



Wydmy na pustyni piaszczystej (Sachara).

klimat suchy¹⁾. Wtedy wiatry, wiejące od północy, niosły drobny pył z suchych już mialów polodowcowych i zniszczonych materiałów skalnych, naniesionych przez lody północne.

Do kategorii warstw osadowych, pochodzenia eolskiego, można do pewnego stopnia zaliczyć wydmy piaszczyste i piaski lotne, znajdujące się w licznych okolicach nad morzem lub zdala od niego. Piaski, wyrzucane skutkiem falowania na płytkich brzegach mórz, jak Bałtyk, morze Północne, zatoka Biskajska i t. d., bywają przez wiatry, często od morza wiejące, przenoszone lub raczej przesypane stopniowo w głąb kraju. W głębi kraju pod działaniem wiatrów tworzą się czasem na obszarach, obfitujących w drobny piasek, jak prawie wszędzie, gdzie były lody skandynawskie, wydmy kształtu napoly eliptycznego, które pochodzą z materiałów zaczerpniętych z pobliskich osadów polodowcowych. Takie wydmy występują w obfitości w okolicach Warszawy, na wschód i północno—wschód od Pragi, w północnej Lubelszczyźnie i t. d.



Wydmy wędrujące w głąb kraju (nad Bałtykiem).

§ 18. Skąły osadowe pochodzenia wodnego.

Rzeki, rzeczki, strumienie i źródła, mające wodę ruchomą, wykonywują ogromną pracę niszczenia już istniejących skał, oraz przenoszenia stąd powstałego materiału na inne, często bardzo oddalone miejsca, i wytwarzania rozmaitego rodzaju osadów, jużto na brzegach swych, jużto w łożysku, jużto przy ujściu. Potoki, biorące początek w górach, płynąc po znacznej zwykle pochyłości, posiadają na

¹⁾ O zmianach klimatu i ich powodach w okresie czwartorzędowym podane będzie dalej, w części „Stratygrafia“.

tyle silny prąd, że mogą porywać i unosić w niżej położone miejsca nie tylko drobne materiały, jak piasek, muł, żwir, drobne kamyki, ale i większe odłamy skalne.

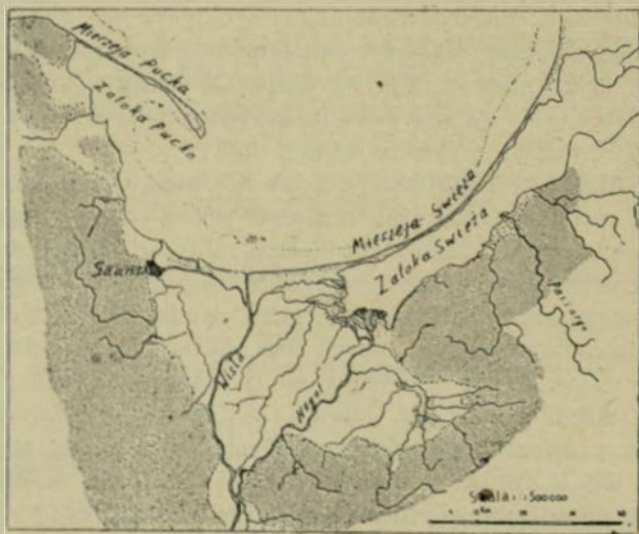
Potok, po wyjściu na dolinę, traci pęd i nie może wlec ze sobą cięższych kawałów skalnych, które pozostają zwykle jeszcze u podnóża gór, skąd wypływa strumień. Inaczej się rzecz ma z drobniejszym materiałem skalnym. Nawet spore kamyki są unoszone daleko od gór. Rzeki, płynące z Karpat do Wisły, jak *Raba*, *Skawa*, *Dunajec* z *Popradem* w czasie topnienia śniegów bardzo wzbierają, z ogromnym pędem płyną i unoszą na *nizinę podkarpacką* i dalej do Wisły żwiry i kamyki, czyli otoczaki rzeczne, oraz materiał drobniejszy. Gdy wody wiosenne opadają, znaczna część tych materiałów pozostaje na brzegach rzek. Stąd to dopływy karpackie Wisły i inne rzeki górskie zwykle są zasypane na brzegach i na dnie kamykami i żwirami, przyniesionymi z gór.

Materiały najdrobniejsze, jak il, piasek itd., składające się z rozpuszczonych lub zawieszonych w wodzie mikroskopijnie małych cząsteczek kwarcu, gliny, wapienia lub innych minerałów czy skał, unoszone są przez rzeki bardzo daleko nawet na równinach, gdzie woda płynie wolno. To przenoszenie czyli transport zachodzi oczywiście daleko szybciej w czasie wezbrania wody na wiosnę, lub podczas dużych deszczów letnich (w Karpatach i Tatrach). Wisła w swym biegu środkowym i dolnym niesie jeszcze materiały z Karpat. Ławice piaszczyste w łożysku wiślanym zawierają w sobie, oprócz piasku z innych okolic pochodzącego, także piasek z Karpat.

Przy ujściu rzeki często tworzą się tak zwane delty. Są to nagromadzone materiały osadowe wtórne, a pochodzące z górnego i środkowego biegu rzeki. Jeśli brzeg morski i inne czynniki nato pozwalają, to materiały te tworzą rozległe płaszczyny o gruncie często wilgotnym, poprzerzynane ramionami rzecznoimi. Materiał osadowy drugorzędowy spoczywa często w deltach na gruncie zupełnie innego pochodzenia. Zatem delty są przykładem skał osadowych wtórnych.

W niektórych wypadkach, gdy duża rzeka, płynąca z gór, lub mająca liczne dopływy górskie, niesie wyjątkowe

ilości materiałów do płytkiego morza, te ostatnie mogą w części zasypać dno morskie i wtedy zachodzi zjawisko przyrastania brzegu na niekorzyść morza. Stopniowo przyrastający brzeg tworzy płaską, wilgotną równinę. Przykładem takich nadmorskich równin, utworzonych z materiałów rzecznych, jest wschodnia część niziny *Lombardzkiej*, gdzie rzeka *Po*, płynąca z Alp, podobnie jak jej dopływy, powoduje nagromadzenie się osadów drugorzędowych. Miasto *Rawenna*, dawniej portowe, dziś już leży na pewnej odległości od morza, brzeg bowiem tu dosyć szybko przyrasta i morze Adryatyckie stopniowo się cofa.



Delta Wisły. Materiał deltowy niezacieniony.

Równina Indostanu, na której płynie *Ganges* z dopływami, również w pewnej mierze jest utworzona z osadów rzecznych. Delta Gangesu stopniowo coraz dalej posuwa się w głąb zatoki Bengalskiej. Zatem niektóre części Lombardji i Indostanu są utworzone ze skał osadowych rzecznych pochodzenia drugorzędowego.

Z powyższego widać, że rzeki cały materiał, który przenoszą, rozdzielają w ten sposób, że osady z części najgrubszych zostawiają bliżej źródeł, z najdrobniejszych zaś — przy ujściu.

§ 19. Skąy osadowe pochodzenia lodowcowego. Na wysokich górach, w miejscach odpowiednich, nagromadzają się śniegi, które trwają przez lato. Góry muszą się wznosić po za „linię wiecznych śniegów“, która



Delta rz. Missisipi. Materiał deltowy zacieniony.

zależy od szerokości geograficznej oraz od ilości opadów atmosferycznych. W wyższych szerokościach linia śniegów jest niższa, zaś w okolicach podzwrotnikowych, wobec wyższej ciepłoty powietrza—jest wyższa. Im więcej opa-

dów jest w górach, tem niższa jest linja śniegów. Stąd na niektórych wysokich górach, jak *Himalaje*, można obserwować napozór dziwne zjawisko, że na ich południowej stronie więcej nawadnianej, lodowce spadają niżej w doliny, niż na stronie północnej, suchszej.

Koniecznym warunkiem wytwarzania się lodowców, czyli stwardniałych mas śniegowych w górach, jest obecność lekko pochyłych, wysoko wzniesionych zboczy gór. W *Tatrach*, które sięgają ponad linję wiecznych śniegów, takich zboczy czy kotlin brak, zatem niema tam obecnie większych przestrzeni, pokrytych nigdy nie topniejącym śniegiem, tylko nieznaczne płyty stwardniałego śniegu leżą na zboczach turni.

Alpy posiadają sporo zboczy i kotlin odpowiednich dla wytwarzania się lodowców, tam też są obecnie dobrze rozwinięte lodowce. W *Tatrach* w ubiegłej epoce geologicznej, zwanej *czwartorzędem*, były spore lodowce, ponieważ klimat wtedy był tam bardziej wilgotny i chłodny.

Lodowce nie pozostają w spokoju, lecz stopniowo, powoli zsuwają się po pochyłościach w niżej położone doliny, gdzie latem temperatura jest już na tyle wysoka, że niższy kraniec lodowca topnieje, dając początek potokom górskim.

Działalność geologiczna lodowców górskich polega na tem, że dzięki swemu ruchowi wprawdzie powolnemu, ale potężnemu, odłamują one kawały skał z gór, koło których się przesuwają, a także ze swego dna, po którym się suną. Materjały, które lodowiec porywa i wlecze ze sobą są różnorodne, nietylko co do pochodzenia swego, lecz też i co do wyglądu i wielkości. Noszą one miano materjałów *morenicznych*.

Kawałki skalne, które lodowiec pcha przed sobą lub w sobie, a które, w miarę jak jego kraniec dolny topnieje i części środkowe stają się krańcem dolnym, nagromadzają się przed tym krańcem, nazywają się *moreną czołową*. Ta ostatnia zazwyczaj składa się z odłamów sporych, po kilka metrów średnicy, lecz pomiędzy dużemi kawałkami są i mniejsze, a nawet drobne.

Materjały moreny czołowej, w ciągu posuwania się lodowca, nie ulegają zbyt silnemu miażdżeniu, zatem mogą

zachować się w całości, czyli tak wielkie, jakie były oderwane od góry. Rzadko kiedy odłamki moreny czołowej ulegają szlifowaniu i zaokrągłaniu przez tarcie lodu. Zwykle zachowują swe kształty kanciaste. Jest to zrozumiałe, że względu na to, że znajdując się przed lodowcem lub we środku, nie są naciskane i gniecione.

Jeżeli lodowce istnieją przez czas dłuższy, to przed niemi stopniowo nagromadzają się rumowiska skalne, czyli morena czołowa, pod postacią wałów, wydłużonych prostopadle do kierunku ruchu lodowca.

Lodowce tatrzańskie, z których dziś nic już nie zostało, ze względu na ocieplenie się i osuszenie klimatu, potworzyły w niektórych dolinach wspaniałe rumowiska moren czołowych. Najlepiej rozwinięte znajdują się w *dolinie Małej Łąki*, gdzie lodowce spływały z *Czerwonych Wierchów*, w dolinie *Kościeliskiej* z lodowca z *Ornaku* i przełęczy *Pysznej*, *Błyszcz* i *Kamienistej*, w dolinie *Pańszczyca* z *Krzyżnego*, w kotlinie *Morskiego Oka* z *Rysów*, szczytów *Mięguszowieckich*, *Miedzianego* i t. d.

Na daleko większą skalę ale mniej wyraźnie występują moreny czołowe na niżu polskim. W miarę posuwania się ku południowi lodowca skandynawskiego i następnie jego topnienia, utworzyły się grzędy moreniczne, przebiegające przeważnie w kierunku z zachodu na wschód. Najwyraźniejsze są na obszarze Litwy historycznej. Tam widać trzy wały główne — od *Nowogródka do Nieświeża*, czyli morena czołowa *nowogródzko-nieświeska*, od *Wilna przez Oszmianę za Mińsk*, czyli morena *wileńsko-oszmiańsko-mińska*, oraz od *Święcian w kierunku wschodnim*, czyli morena *święciańsko-dokrzycka*.

Bardziej północne moreny czołowe są późniejsze i lepiej zachowane. Dobrze zachowana morena przebiega krzywą linią wzdłuż południowego brzegu Bałtyku przez północną Polskę oraz Prusy.

Lodowiec wlecze rozmaite materiały skalne także i pod sobą, krusząc i miażdżąc je własnym ciężarem o podłoże, po którym się sunie. Materiały te, zwane *moreną denną*, mają zwykle inny wygląd niż morena czołowa. Skąły granitowe, a z tych przeważnie składa się morena lodowcowa, ponieważ wyższe szczyty w wielu łańcuchach

górkich są z granitów, — rozarte przez lodowiec, zamieniają się na gliny. Bardziej twarde odłamki, które wytrzymały tarcie, nie zachowują jednak swych pierwotnych kształtów, lecz zostają oszlifowane i otoczone, często zaokrąglone przez tarcie o dno łożyska i otrzymują nazwę „otoczaków“.

Morena denna widoczna jest tam, gdzie lodowce już zupełnie stopniały. Leży ona zwykle, jako warstwa zbitej gliny z otoczkami, z góry często przysypana piaskiem lub większymi kamieniami, które leżały na grzbiecie lodowca — wyżej od moreny czołowej.



Schemat moreny czołowej (M). Na prawo (z tyłu) od niej leżą osady moreniczne (D), dalej osady moreny dennej (C). Na lewo (przed czołem moreny leżą) piaski sandrowe (T).

W Tatrach morena denna ze względu na niezbyt obszerne doliny jest słabo rozwinięta.

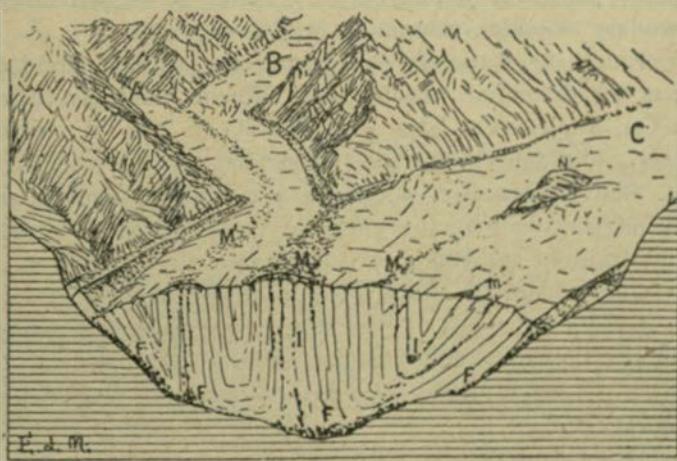
Warstwy moreny dennej, zawierając dużo gliny są zwykle słabo przepuszczalne dla wody, to też na morenie dennej tworzą się często bagna, a z urwistych jej krańców sączą się źródła. Grunt podmokły i wilgotny — to cecha tej moreny.

Na równinach polskich, które były przykryte lądolodem skandynawskim, morena denna zalega na bardzo znacznych obszarach, nie wszędzie jednak grubość jej jest taka sama, w niektórych została spłóknana przez wody topniejących lodów. Zwykle na niżu polskim morena denna spoczywa na warstwach z innych epok geologicznych na północ od wałów moren czołowych. Przestrzeń zajęta przez morenę denną stanowi prawie $\frac{3}{4}$ obszaru polskiego. Morena denna w licznych miejscach dochodzi do brzegu Bałtyku, gdzie się urywa dosyć stromo gliniastą ścianą (pod m. Puck).

Do kategorii osadów wtórnych pochodzenia lodowcowego, ale utworzonych przy udziale wód z topniejącego

ładolodu (lodowca z gór Skandynawskich) należą tak zwane *sandry* czyli drobne, przeważnie żółtawe lub szarawe piaski kwarcowe, które zostały wypłukane z moreny dennej i czołowej i uniesione przez wody w chwili topnienia nieco dalej (niżej od moreny czołowej), gdzie utworzyły smugi piaszczyste.

Sandry w Tatrach nie zachowały się. Są one natomiast bardzo pospolite na niżu polskim zwłaszcza na południe od moreny czołowej święciańsko-dokrzyckiej oraz nowogródzkiej.



Schemat przecięcia lodowca, pokazujący różne rodzaje moren. (M) morena górna, (N) sterząca z pod lodu skała zwana *nunatak*, (I) morena wewnętrzna, (F) morena denna. (Według E. de Martonne).

§ 20. Skały wtórne pochodzenia morskiego.

Skały wtórne tworzą się nie tylko na lądach, ale i na dnie morza w pobliżu brzegów wysokich. Fale morskie, uderzając w wysoki brzeg, stopniowo go niszczą i podmywają. Zjawisko podobne można obserwować na południowym brzegu wyspy Wielkiej Brytanji oraz na brzegach prowincji Normandja we Francji. Cieśnina Kaletańska przez niszczenie brzegów Anglji i Francji stopniowo się rozszerza. Materiały stąd powstałe fale unoszą w głąb morza, gdzie osadzają na dnie, tworząc warstwy wtórne. Lecz nie tylko miękka kreda, z której utworzone są brzegi cieśniny Kaletańskiej, ulega zniszczeniu. Bardziej twarde granity i pias-

kowce brzegów wysokich półwyspu Bretońskiego i północno-zachodniego krańca Hiszpanji również są podmywane. Jeżeli istnieje prąd morski przybrzeżny, jak to ma miejsce przy północnych brzegach Hiszpanji, to materiały ze zniszczonych brzegów są przenoszone i wyrzucane na niskich brzegach. Piaski, z których tworzą się wydmy na brzegu Gaskonji, pochodzą z rozkruszonych piaskowców „riasowych“ z okolic La Coruna, Bilbao i Santander'u.

§ 21. Skały pierwotne. Cechy ogólne. Skały pierwotne, jak to było wyżej zaznaczone, tworzą się z materiałów, które od niepamiętnych czasów są rozpuszczone w wodzie morskiej, czasami w wodzie lądowej.

Kiedy te materiały się rozpuściły, skąd pochodzą, o tem nic dokładnie niewiadomo. Główne materiały to *sól* (Na Cl), *wapień* (Ca CO₃), *gips* (Ca SO₄ + 2 H₂O), *krzem* (Si O₂), sole zawierające jod, brom (Br) itd. .

Skały pierwotne, podobnie jak wtórne, tworzą się przy udziale rozmaitych czynników, i w zależności od tego, jakie czynniki powodują ich osadzanie się na dnie wód, dzielą się te skały na *dwie* główne kategorie:

Skały, tworzące się wskutek wyparowywania wody, czyli przy pomocy wysokiej temperatury otaczającego powietrza — nazywają się *skalami pierwotnymi pochodzenia chemicznego*.

Skały, tworzące się przy pomocy organizmów zwierzęcych i roślinnych, które mają własność wyciągania z wody rozpuszczonych w niej nawet w ilościach minimalnych wapienia lub krzemu, i tworzenia z nich sobie skorupki i szkieletów, z których w następstwie tworzą się pokłady osadowe na dnie — noszą miano *skaal pierwotnych pochodzenia organicznego*.

Zatem czynniki, które wytwarzają skały pierwotne (wysoka temperatura i parowanie wody oraz organizmy zwierzęce i roślinne) są zupełnie różne od czynników, tworzących skały wtórne.

§ 22. Skały pierwotne pochodzenia chemicznego. Materiały, podlegające osadzaniu się w miarę wyparowywania wody z płytkich mórz lub jezior bezodpływowych, to przedewszystkiem *sól* i *gips*, rzadziej *wapień*. Badanie warstw skorupy ziemskiej i osadów daje dowody,

że w ubiegłych epokach geologicznych były jużto płytkie morza, jużto jeziora w miejscowościach, odznaczających się klimatem suchym i gorącym. Morza te i jeziora, nie mające dopływu wody świeżej, lub mające dopływ niedostateczny, stopniowo wyparowywały, natomiast sól, gips lub wapień coraz bardziej koncentrowały się i osadzały na dnie.

Okolice Krakowa dostarczają przykładu koncentrowania się wody mocno słonej w ubiegłej epoce geologicznej. Woda stopniowo wyparowała, jednak parowanie to trwało bardzo długo, przy ciągłym dopływie nowej słonej wody. Gdy wreszcie zupełnie wyschła, pozostały grube pokłady soli, występujące w *Wieliczce*, *Bochni* i innych miejscach.



Jezioro słone, napół wyschnięte, w Azji środkowej. Po lewej stronie widać białe osady soli.

W środkowej Azji, w północnym Tybecie było dawniej jezioro, które wyschło zupełnie, pozostawiając ślad po sobie pod postacią warstw soli na gruncie (*Tsai Dam*). W naszych czasach w wielu miejscowościach w Australji środkowej, w Azji centralnej, Ameryce Południowej i Pół-

nocnej (okolice *Wielkiego Słonego jeziora*) wysychają stopniowo jeziora, a na ich miejscu tworzą się pokłady soli. W Europie są dwa spore słone jeziora *Elton* i *Bas-kunczak*, które są na drodze do wyschnięcia. Zatoka *Kara Bugaz* morza Kaspijskiego ma wodę daleko bardziej słoną niż samo morze. Gdyby nie ciągły dopływ świeżej wody z morza Kaspijskiego, Kara Bugaz w niedalekiej przyszłości wyschnęłaby, a na jej miejsce utworzyłyby się osady słone.

W okolicach Paryża w wodach zamkniętych osadzał się wodnik gipsu ($\text{Ca SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$), który po wyparowaniu wody utworzył warstwy, a nawet wzgórze (*Gypse de Montmartre*). Nieco na południe od Paryża, na wyżynie Brie osadziły się w jeziorze, które wyschło zupełnie, wapienie słodkowodne (Calcaire de Brie). Zjawisko osadzania się wapieni w wodach lądowych można obserwować w okolicach Rzymu, pod *Tivoli*.

Jeżeli w warstwach skał z ubiegłych epok geologicznych znajdują się osady pochodzenia chemicznego — to dowodzi, że klimat w danej epoce w miejscu występowania tych osadów był suchy i gorący.

§ 23. Skały pierwotne pochodzenia organicznego. Z poprzedniego widać, że rozprzestrzenienie geograficzne skał pochodzenia chemicznego jest stosunkowo nieznaczne i że te skały w budowie skorupy ziemskiej nie odegrywają znacznej roli. Inaczej się rzecz ma ze skałami pierwotnymi pochodzenia organicznego. Te w przyrodzie zajmują znaczne przestrzenie i stanowią więcej niż połowę powierzchni ziemi.

Skały pochodzenia organicznego można podzielić na dwie kategorie, w zależności od gatunku minerałów, z których się składają, a także i od miejsc i sposobu tworzenia się. Stwierdzono na zasadzie sondowań i czerpania osadów z dna morskiego, że inne osady tworzą się przeważnie w okolicach podzwrotnikowych, zatem w wodach ciepłych, inne zaś w okolicach umiarkowanych i podbiegunowych, czyli w wodach chłodnych. Zauważono, iż da się stwierdzić, że rozgraniczenie osadów wód chłodnych i ciepłych wypada w pobliżu linii izotermy rocznej, na powierzchni morza $+10^\circ$. (Na dnie mórz i oceanów temperatura jest prawie

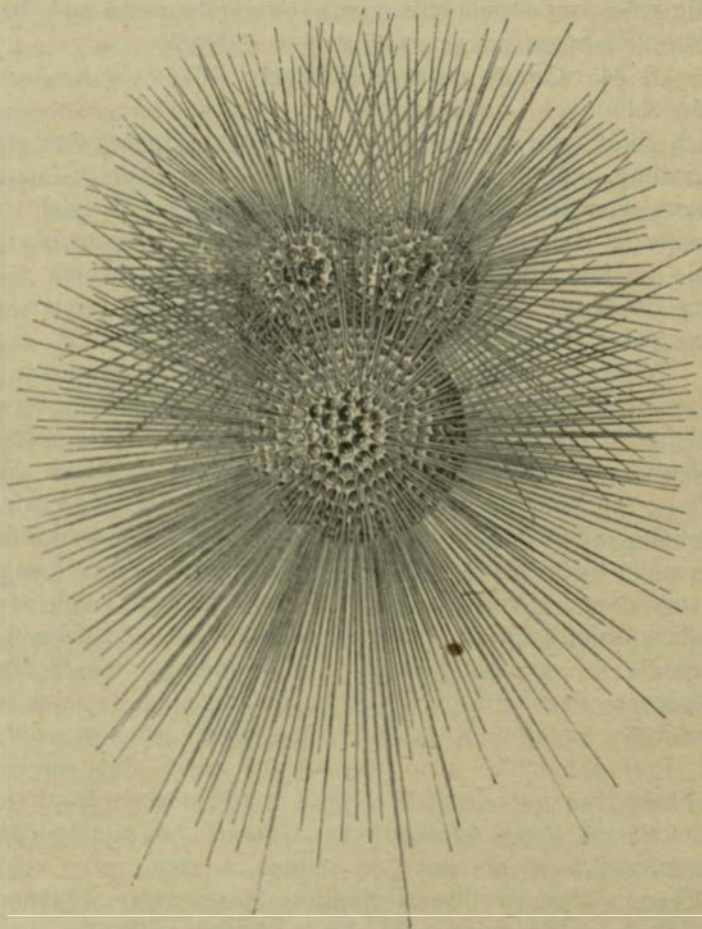
jednostajna zarówno w okolicach podzwrotnikowych, jak podbiegunowych i waha się lekko w okolicach $+4^{\circ}$). Osady, które tworzą się w morzach o temperaturze na powierzchni od $+10^{\circ}$ do -2° , czyli w wodach chłodnych to są *osady wód chłodnych*, zaś te, które osadzają się na dnie wód przy temperaturze górnych warstw wody od $+10^{\circ}$ do $+26^{\circ}$, noszą nazwę *osadów wód ciepłych*.

§ 24. Osady mórz chłodnych. Różnica w osadach wód chłodnych i ciepłych jest spowodowana tem, że w wodach chłodnych mogą żyć i rozwijać się inne zwierzęta i rośliny, niż w wodach ciepłych. Zatem badając faunę i florę w oceanach i morzach da się zauważyć podział na *provincje zoologiczne i botaniczne*. Łatwo zrozumiałym staje się fakt, dlaczego w morzach ciepłych tworzą się inne osady na dnie, niż w wodach chłodnych — ponieważ inne zwierzęta i rośliny je zamieszkują.

Wody w morzach i oceanach nie pozostają w spokoju. Prawie we wszystkich oceanach i obecnie, i w czasach odległych były prądy spowodowane wiatrami. Takie prądy niosą często wodę z okolic podrównikowych daleko na północ lub południe do stref polarnych, lub też odwrotnie, z okolic podbiegunowych do umiarkowanych a nawet podzwrotnikowych płyną wody chłodne. Zatem rzecz jasna, że tak zwane „wody ciepłe“ niekoniecznie w okolicach podzwrotnikowych się znajdują, co zatem idzie „provincja zoologiczna czy botaniczna“ ciepłowodna w niektórych miejscach sięga prawie do koła polarnego, a są miejsca w pobliżu zwrotników, gdzie chłodna woda jużto przybyła od stref polarnych, jużto podnosząca się z dna morza, pozwala rozwinąć się zwierzętom i roślinom zimnowodnym w okolicach podzwrotnikowych. Granice zatem prowincji organicznych w oceanach są bardzo niestałe; jako konsekwencja tego, że utwory ciepłowodne czasem spotykane są obok chłodnowodnych. Na podstawie rozkładu tych osadów niektórzy uczeni próbują wykreślić mapki prądów morskich w ubiegłych epokach.

W morzach i oceanach chłodnych (temp. waha się od $+10^{\circ}$ do -2°) rozwijają się przeważnie (ale nie wyłącznie) organizmy zwierzęce i roślinne, mające własność pochłaniać z wody *krzem*, chociaż ten ostatni rozpuszczony

jest w ilościach nieznacznych. Z roślin to przede wszystkim glony brunatne, jak mikroskopijne *okrzemki (Diatoma)* w olbrzymiej ilości pływają w wodzie morskiej. Ich małe szkieleczki krzemowe przez niezmiernie przestrzenie czasu nagromadzają się na dnie, tworząc warstwy drob-



Bardzo silnie powiększone promienice Radjolarja, posiadające szkielet i kolce z krzemu.

nego mialu krzemowego. Jeżeli nastąpi scementowanie dolnych warstw osadów krzemowych przez ciśnienie warstw górnych, to z mialu otrzymuje się skała spoiста — rodzaj *piaskowca*.

Jednak rzadko kiedy osady na dnie mórz tworzą się czyste, bez domieszek innego rodzaju czy pochodzenia. Zwykle w wodach, zamieszkałych przez okrzemki, znajdują się w dużej ilości mikroskopijne zwierzątka pierwotniaki, z rodziny *promienice* (*Radjolarja*), które tworzą sobie również z krzemu szkielecik. Całe ich ciało pokryte jest mikroskopijnymi kolcami krzemowemi. Po śmierci zwierzęcia ciało gnije i rozpuszcza się w wodzie — natomiast szkielet i kolce spadają na dno i przez nagromadzenie się wytwarzają razem ze szkieletami okrzemków warstwy piasku krzemowego. Z takich osadów wytwarzają się piaszkowce.

Jeżeli zatem jakieś kraje utworzone są przeważnie z warstw piaskowca, to przypuszcza się, że w czasach, gdy morze zalewało cały obszar, klimat był chłodny i wody w morzu były zimne.



Mikroskopijne żyjątko wód chłodnych.

W wodach chłodnych tworzą się także osady glin zielonych lub innych. Dokładnie niewiadomo, skąd pochodzi materiał, jest on jednak rozpuszczony, a raczej w zawieszeniu w wodzie morskiej. Należy jednak zaznaczyć, że niewszędzie na dnie mórz chłodnych tworzą się osady. Są miejsca, gdzie dno skaliste jest niczem nie przykryte, jużto dlatego, że w wodzie brak jest organizmów, jużto silne falowanie (w miejscach niegłębokich, — na znacznych głębokościach na dnie falowania się nie odczuwa) na porywistości skalistego dna spłókuje wolno osadzające się materiały.

Ponieważ ilość rozpuszczonego krzemu w wodach chłodnych jest nieznaczna — osady krzemowe wytwarzają się bardzo wolno. Potrzeba niezmiernie długiego czasu na osadzenie się kilkometrowej warstwy piaskowcowej.

§ 25. Osady mórz ciepłych. W wodach ciepłych (temp. na powierzchni $+10^{\circ}$ — $+26^{\circ}$) rozwijają się przeważnie organizmy zwierzęce i roślinne, budujące sobie skorupy lub szkielety z *wapienia*. Zarówno ilość, jak i różnorodność tych organizmów jest daleko większa, niż ilość i gatunki organizmów krzemowych.

Wapienie występują w naturze pod rozmaitemi postaciami. Zwykle jednak są zbite, tworzą dosyć jednolitą masę koloru białego, szarego, żółtawego, ciemnego, prawie czarnego, w zależności od domieszek. Twardość wapieni bywa bardzo rozmaita. Jedne są tak miękkie, że rozsypują się w palcach (kreda), inne są dosyć twarde i trwałe, zdolne do budowania domów, inne jeszcze są tak twarde jak kamień (marmury). Wapienie bardzo twarde często mają budowę krystaliczną.

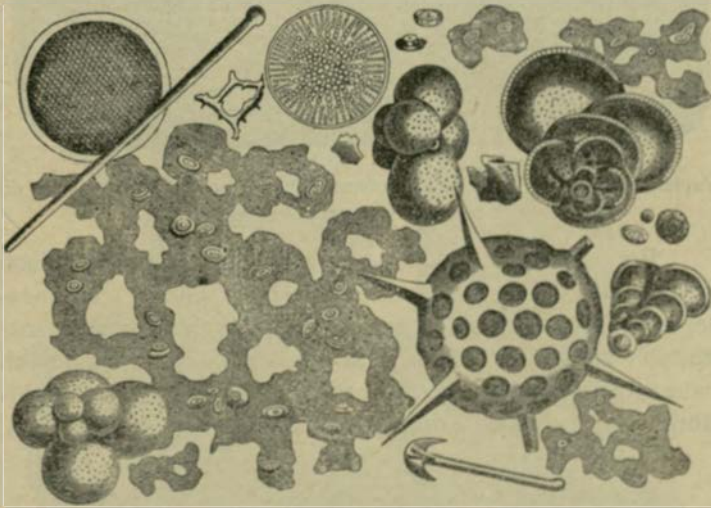
Kryształy wapienia bywają dwojakiego rodzaju: *kalcyt* (Ca CO_3), z którego utworzone są *marmur* i przezroczysty *szpal islandzki*, oraz *aragonit* (Ca CO_3), posiadający ten sam skład chemiczny, ale inaczej się krystalizujący. Aragonit jest o wiele rzadszy w naturze.

Dolomit różni się od wapienia tem, że zawiera domieszkę *węglanu magnezji*, cechy jego są nieco inne (54% Ca CO_3 i 46% Mg CO_3). Dolomity są bardzo rozpowszechnione na świecie, tworzą często zbocza wysokich gór (w Tatrach, Alpach, Pirenejach itd.).

Margiel jest to mieszanina w rozmaitych stosunkach procentowych wapienia i gliny. Kolor jego bywa szarawo-żółtawy.

Z roślin najważniejszy jest wodorost *Lithotamnium*, tworzący skorupę z wapienia. Jednak ilość tych wodorostów jest nieznaczna i osady z niego utworzone nie zajmują dużych przestrzeni na dnie morza. *Osady wapienne naogół tworzą się nie tylko w wodach ciepłych, ale przeważnie na nieznacznych głębokościach, a to dlatego, że na większych głębokościach po pierwsze temperatura jest dla organizmów, wydzielających wapien zbyt niska, po drugie*

w wodach morskich im głębiej, tem większa jest ilość rozpuszczonego dwutlenku węgla (CO_2), który powoduje łatwiejsze rozpuszczanie się skoruppek wapiennych. Skorupki z tego materiału, spadając w miejscach niegłębokich na dno, dochodzą do niego i stopniowo się nagromadzają, zaś skorupki organizmów, pływających po powierzchni wody w miejscach bardzo głębokich, spadając niżej, na znacznej głębokości ulegają często rozpuszczaniu w wodzie i nie osadzają się na dnie.



Mikroskopijne pierwotniaki, tworzące skorupkę z wapienia. Ze skorupek tych organizmów utworzona jest kreda.

Daleko ważniejsze i bardziej różnorodne są organizmy zwierzęce, tworzące osady wapienne. Z pomiędzy jednokomórkowych (pierwotniaków) ogromnie ważną rolę odgrywają, a jeszcze większą grały w ubiegłych epokach *otwornice* (*Foraminifera*). Różne gatunki otwornic w ciągu ubiegłych epok tworzyły osady wapieni i kredy na dnie mórz ciepłych. Najbardziej zasługują na uwagę otwornice zwane *nummality*, które w ciągu pierwszej połowy trzeciorzędu przyczyniły się do wytworzenia się grubych warstw wapienia¹⁾. Wapienie nummulitowe w obfitości

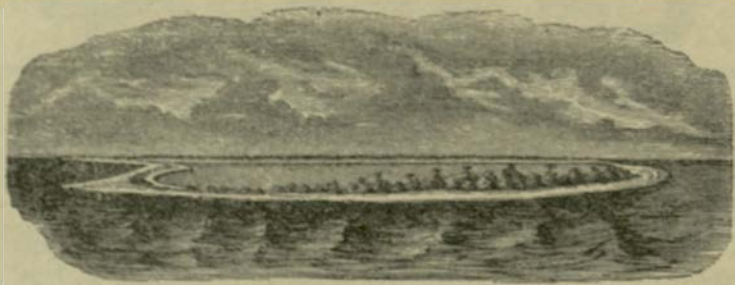
¹⁾ Dokładniejsze wiadomości o nummulltach podane będą w części „Stratygrafia”.

znajdują się we Francji północn. (*Basen paryski*), w południowo-zachodniej, w Niemczech, na zboczach Alp, w łańcuchach młodych gór azjatyckich, w Ameryce Północnej i Południowej.



Wapień utworzony ze skorupek nummuliłów. Skorupki te dochodzą do wielkości małego pieniązka.

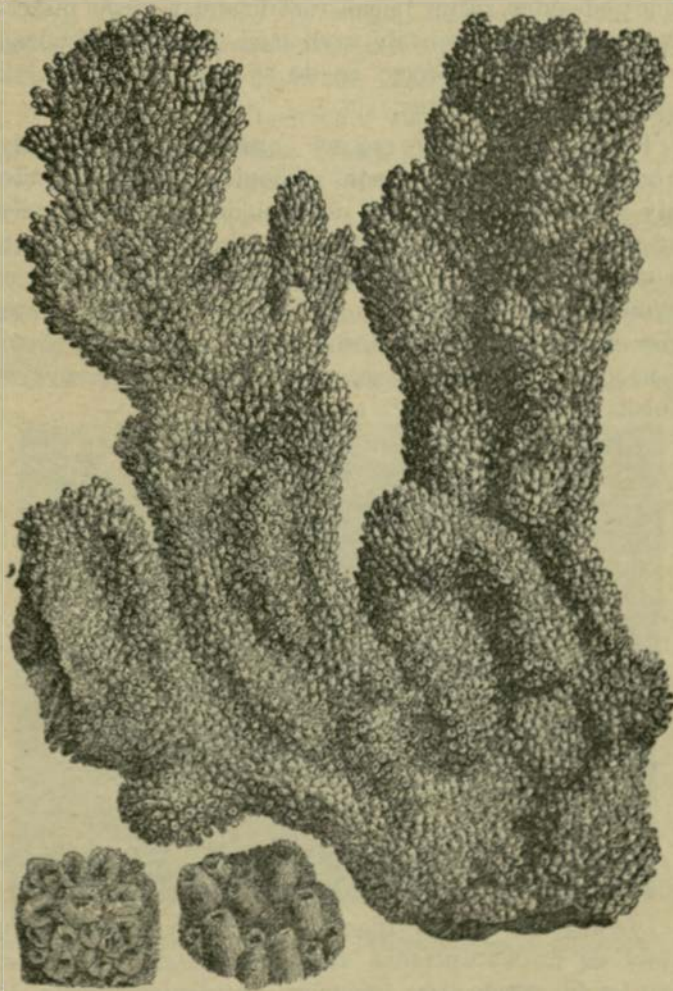
Potężne warstwy kredy w wielu miejscowościach (wybrzeża cieśniny Kaletańskiej, Szampanja i t. d.) w znacznej mierze utworzone są z mikroskopijnych skorupek rozmaitych gatunków otwornic, z domieszką skorupek innych zwierzątek. Stąd łatwo wnioskować, jak dużą rolę w historii tworzenia się skorupy ziemskiej grały pierwotniaki.



Wyspa koralowa, tak zwany atoll, utworzona z rafy w kształcie podkowy.

Nie mniej ważną rolę grały i grają nadal niektóre gatunki *jamochłonów* (*Coelenterata*). Zwłaszcza rodzaje koralu — zwierzęta żyjące kolonjami, tworzą w wielu ciepłych i niegłębokich morzach, w miejscach dokąd nie dochodzi woda rzeczna (koralu nie znoszą tej ostatniej) potężne skały wapienne zwane rafami w kształcie jużto wy-

dłużonych *barjer* — ciągnących się równoległe do brzegu lądu, na pewnej odległości od niego, jak to ma miejsce przy północno-wschodnim brzegu Australji, jużto wysepek w kształcie podkowy, czyli tak zwanych *atolli*, jużto nie-



Kawałek rafy, utworzonej ze szkieletów korałi.

prawidłowych wysepek, jakie są bardzo liczne przy południowo-wschodnich brzegach Ameryki Północnej, przy brzegach Florydy (wyspy *Bahamskie* i *Bermudzkie*, wyspa *Key West* i t. d.). Na oceanie Spokojnym w oko-

licach podrównikowych, w pasie nie przekraczającym 30° szerokości geograficznej na północ i południe są całe archipelagi drobnych, ale licznych wysp koralowych.

Fale morskie, uderzając w brzegi tych wysp i w skały drobne podwodne, zwane rafami, rozkruszają, w części niszczą je, a materiał stąd powstały czyli miał koralowy osadzają w pobliżu na dnie, tworząc co do sposobu osadzania się warstwy wapienne wtórne.

Korale nie tylko w czasach obecnych tworzą rafy. Już od niepamiętnych czasów geologicznych korale mieszkwały w morzach ciepłych i niegłębokich i tworzyły rafy, które później po ustąpieniu morza potworzyły często szeregi małych wzgórz na płaskiej równinie. Wzgórza na wyżynie podolskiej *Gołogóry*, *Woroniaki*, *Miodobory Grzymałowskie* są to rafy koralowe, które się kiedyś rozwijały na dnie płytkiego morza, w czasach, gdy wyżyna podolska była zalana przez morze.



Inny rodzaj skały koralowej.

Rafy i skały wapienne pochodzenia koralowego są bardzo pospolite w całej Europie.

Jeżowce morskie w znacznie słabszym stopniu przyczyniły się do wytwarzania skał wapiennych. W warstwach kredy często się znajdują skorupy zwapniałe jeżowców.

Inaczej się rzecz ma z pokrewnymi jeżowcom *liłjowcami* morskimi. Te zwierzęta zarówno w swem małym ciele, jak też i w lodydze, na której są przytwierdzone do dna — posiadają szkielet z wapienia. Zwierzęta te w nie-

których epokach geologicznych (*trias*) rozwijały się na dnie płytkiego morza w tak olbrzymich ilościach, że naprz. w dorzeczu *Menu* pod *Frankfurtem*, w południowej Francji i innych miejscowościach wytworzyły ze swych szkieletów i łodyg grube pokłady twardego, doskonałego do wznoszenia budowli *wapienia krynoidowego* (nazwa *krynoidowy* pochodzi od rodzaju liljowców *Encrinus*).

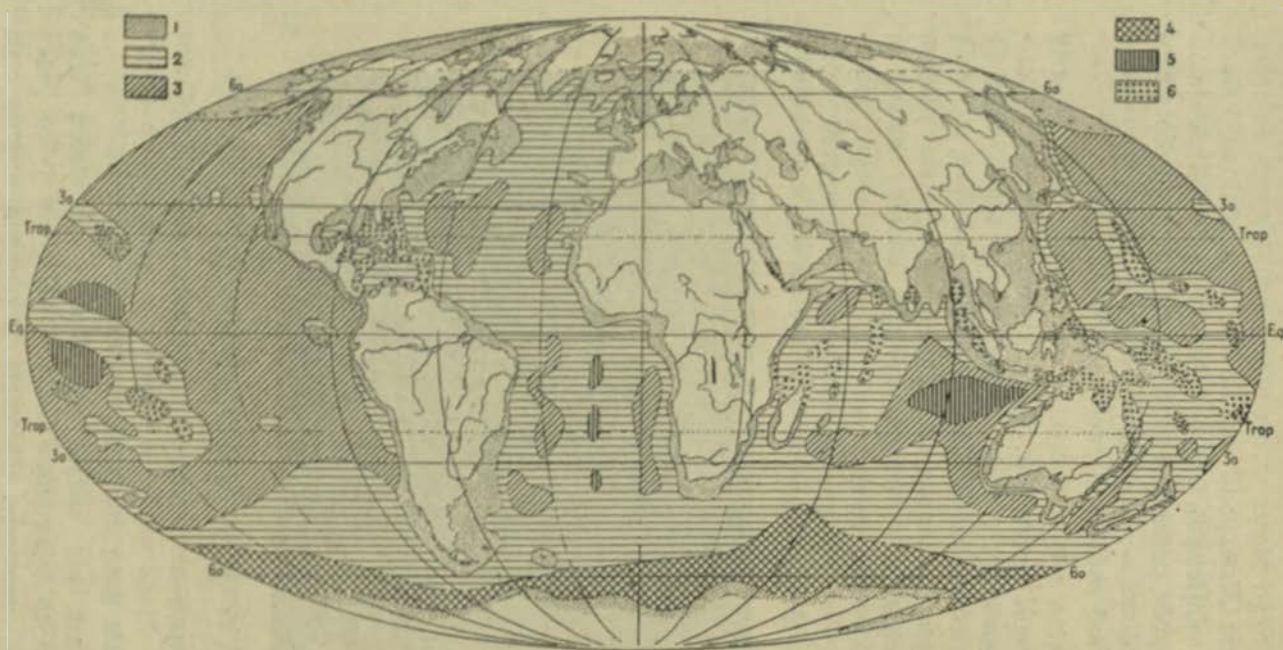
Potęzną rolę w tworzeniu wapiennych osadów grały różne gatunki *mięczaków*. Małże, które się zjawily od czasów niepamiętnych, rzadko gdzie tworzą same przez się warstwy, jednak często skały wapienne zawierają ogromną ilość skorup tych zwierząt. Rodzaj *ostryga* jest jednym z najważniejszych. W wielu epokach skorupy ostryg są częścią składową warstw wapienia nawet innego pochodzenia. Zwłaszcza osady, utworzone na brzegach mórz, gdzie ostrygi najlepiej się rozmnażają—obfitują w ich skorupy.



Wapień krynoidowy utworzony z połamanych łodyg liljowców.

Ślimaki nie mniej od małży przyczyniły się do urozmaicenia składu wapienia. Wapienie nummulitowe zawierają zwykle dużo drobnych skorupek ślimaków.

Jednak ani małże, ani ślimaki nie mają tego znaczenia co głowonogi — lecz właściwie tylko jeden ich rodzaj *ammonity*. Zwierzęta te pomimo małego ciała



Mapka różnego rodzaju osadów na dnie mórz i oceanów. 1. Osady przeważające wtórne, pochodzenia lądowego. 2. Osady mórz głębokich (gliny i ropy). 3. Osady mórz bardzo głębokich (ropy diatomowe). 4. Osady mórz chłodnych (ropy radjolarjowe). 5. Osady podwodnych wulkanów. 6. Rąfy koralowe.

budowały sobie znacznie większe skorupy z wapienia (*z konchitu lub kalcytu*). W pewnych epokach (jura) ammonity tak się rozmnożyły w morzach, że ich skorupy przyczyniły się do wytwarzania warstw wapiennych. Wapień, zawierający dużo skorup ammonitów, nosi miano ammonitowego. Takie wapienie znajdują się na wyżynie *krakowsko-wieluńskiej*, w południowo-zachodnich Niemczech, w licznych miejscach we Francji wschodniej i południowej, w Ameryce Północnej i t. d. Czasem nawet warstwy kredy— utworzonej ze skorup pierwotniaków, zawierają w sobie skorupy ammonitów.

Skały wapienne, jak widać z poprzedniego, tworzą się przez pracę najrozmaitszych zwierząt. Ponieważ liczne gatunki tych ostatnich żyją w tych samych miejscach, więc bywają gatunki wapieni, utworzonych ze skorup najrozmaitszych zwierząt, gdzie obok ammonitów znajdują się jeżowce, małże, liljowce, ślimaki i t. d. Niema natomiast skał, zawierających skorupy ammonitów obok szkieletów nummulitów, ponieważ te zwierzęta żyły w różnych epokach.

Wapienie czasem łączą się z magnezją i wytwarzają tak zwany *dolomit*, skałę dosyć pospolitą zwłaszcza w górach jak Alpy wschodnie, Tatry północne i t. d.

ROZDZIAŁ VII.

SKAŁY METAMORFICZNE.

§ 26. Pojęcie o metamorfizmie. Aby dokładnie wyrozumieć budowę i cechy skał metamorficznych, należy zastanowić się wpierr nad istotą *metamorfizmu*. Wyraz ten oznacza *zmianę formy*. Zatem skały metamorficzne to są takie, które pod wpływem pewnych czynników zmieniły silnie swą formę, czyli swą budowę i wygląd zewnętrzny. Skały metamorficzne niezawsze były takimi jak obecnie. Dawniej to były skały osadowe, które uległy przeobrażeniom i zamieniły się na coś pośredniego pomiędzy osadami a ogniwami. Odróżniają się skały metamorficzne od osadowych już to większą spoiistością, a zatem i twardością, już to nawet tem, że wyraźnie widać w nich budowę krystaliczną, jak u skał głębinowych. Większa spoiistość a jeszcze bardziej budowa krystaliczna świadczą, że skały

metamorficzne, zanim przyjęły swój ostateczny wygląd, musiały być pod silnem ciśnieniem, zatem skały te nie leżą odsłonięte na powierzchni, ale spoczywają zwykle pod grubą warstwą skał osadowych, a jeżeli wychodzą na powierzchnię, to zaszło tu sztuczne odsłonięcie górnych warstw, podobnie, jak to się zdarza ze skałami głębinowymi. Zatem fałdowanie się skorupy ziemskiej w pierwszym rzędzie, a także działanie wód płynących—oto czynniki *odslaniające skały metamorficzne*.

Ważniejszą rzeczą niż sposób odsłonięcia skał metamorficznych jest sposób ich przemiany ze skał osadowych, czyli czynniki metamorfizmu. Temi czynnikami są: w pierwszej linii *ruchy górotwórcze*, które fałdują, łamią i gniołą warstwy osadowe, wtłaczają je głęboko, ściskają z ogromną siłą i tem przyczyniają się do silniejszego scementowania cząsteczek, z których są utworzone. Gdy skała osadowa miękka, jak glina naprz., znajdzie się wtłoczona wskutek fałdowania się skorupy, to ulega ona olbrzymiemu ciśnieniu wyżej leżących warstw. To ciśnienie samo przez się może wywołać daleko idące zmiany w wyglądzie gliny — lecz jednocześnie przez wtłoczenie włąb skała osadowa ulega silnemu nagrzewaniu, ponieważ wewnątrz skorupy temperatura jest o wiele wyższa, niż na powierzchni. Te połączone dwa czynniki *ciśnienie i gorąco* są głównym powodem metamorfizmu skał, początkowo osadowych.

Lecz różne są rodzaje metamorfizmu. Oprócz wielkiego ciśnienia i gorąca wnętrza ziemi, czyli *metamorfizmu skutkiem ruchów górotwórczych*, na skały osadowe może silnie działać zetknięcie się z rozpalonemi lawami wulkanicznymi. Lawa w stanie ognistopłynnym, rozlewając się na warstwach skał osadowych, ogromnie silnie je nagrzewa i to nagrzewanie może wywołać zmiany w wyglądzie i budowie skał osadowych. Takie zmiany nazywają się *metamorfizmem przez kontakt* czyli zetknięcie się z gorącą lawą.

Trzeci rodzaj metamorfizmu, najrzadszy, wywołany jest przez działanie źródeł gorących, których woda zawiera w sobie rozpuszczone różne substancje chemiczne, działające na skałę osadową. Takie zmiany nazywają się *metamorfizmem przez działanie chemiczne*.

Skały metamorficzne utworzone przez działanie chemiczne zawierają często różne drogie kamienie, jak *djamenty, rubiny, topazy, szafiry* i t. d. Są to minerały o składzie chemicznym przeważnie bardzo złożonym prócz djamentu, który jest czystym węglem (C).

§ 27 Podział i rodzaje skał metamorficznych.

Skały metamorficzne dzielą się na *gliniaste, wapienne, krzemionkowe*, w zależności od tego, z jakich skał osadowych wytworzyły się.

Glina zmetamorfizowana przez ruchy górotwórcze zamienia się na *łupek*, czyli skałę metamorficzną niezbyt silnie zmienioną. Łupek zwykły przeważnie koloru szarego, daje się łupać na cienkie warstewki, jednak ma budowę niekrystaliczną. *Łupki* zwykle, czasem ilaste, jeżeli wytworzyły się z itów słodkowodnych, są skałami bardzo pospolitemi zwłaszcza na zboczach wysokich gór. *Są one w górach młodych, Tatrach, Karpatach, oraz w Alpach, a także w starych, dawno utworzonych górach Europy środkowej i zachodniej.* Na równinach łupki prawie wcale się nie znajdują, tylko tam, gdzie równina utworzyła się na miejscu zniszczonych przez działanie wód starych gór, jak *Bretanja*.

Jeżeli metamorfizm gliny jest dalej posunięty, zatem zachodzi dłużej i działał silniej, to glina zamienia się na *łupek krystaliczny*, podobnie jak poprzedni, dzielący się na warstewki, lecz wyraźnie się różniący od łupka zwykłego swą budową krystaliczną. Łatwo zauważyć, że składa się łupek krystaliczny z dobrze wykształconych minerałów, jak *skaleń, kwarc* oraz *mika*, zatem ma ten sam skład petrograficzny co granit. Jednak ten ostatni nigdy nie dzieli się na warstewki, i kryształki w nim są rozrzucone chaotycznie. Łupki krystaliczne, zwykle zwane też staremi, znajdują się w obfitości w starych zniszczonych górach, jak *Skandynawskie, Szkockie, Walijskie*, w południowej Francji (*Montagne Noire, Lozère, Corbières*), w niektórych starych górach niemieckich, w Polsce łupki krystaliczne w bardzo nieznacznej ilości występują w granitowym trzonie tatrzańskim (na zboczach przełęczy Pysznej i t. d.).

Wielkie pokrewieństwo zachodzi pomiędzy łupkami krystalicznymi a *gnejsem*; ten ostatni ma budowę petro-

graficzną identyczną z granitem i łupkami krystalicznymi, jednak odróżnia się od nich daleko silniejszą spoiistością cząsteczek i grubszymi warstwami. Gnejsy pomimo iż posiadają minerały, ułożone w wyraźne warstwy, czasem równe, czasem pofałdowane, nie dzieli się wzdłuż tych warstw, lecz jest prawie tak twardy, jak granit. To uwarstwienie cząsteczek mineralnych jest powodem, że gnejsy zalicza się do skał metamorficznych, pochodzących od gliny.

Gnejsy zwykle znajdują się tam, gdzie granity, zatem w obfitości występują w *Finlandji*, w *górach Skandynawskich* na *płycie czarnomorskiej*, w *Tatrach*, *Alpach wysokich*, *Pirenejach*, na *Korsyce*, w *środkowej Francji* i t. d. Są to skały dosyć pospolite w miejscach, gdzie zaszły silne ruchy górotwórcze.

Podobnie jak glina — może ulec metamorfizmowi wapieni — zamienia się on wtedy na *marmur*, skałę o wyglądzie jednolitym, lecz mogącą mieć zaczątki kryształów. Rodzaje marmurów są rozmaite. Jeżeli metamorfizm nie jest zbyt daleko posunięty, to marmur jest niezbyt twardy i wtedy mało się różni na oko od twardego wapienia. Marmury występują zwykle tam, gdzie skały wapienne uległy ruchom górotwórczym. W Polsce znajdują się one w niezbyt dużej ilości w *górach Kielecko-Sandomierskich* pod *Częcinami*. Są to właściwie wapienie koralowe niezmetamorfizowane.

Jeżeli metamorfizm jest bardzo silny, to wapień zamienia się na bardzo twardy, prawie krystaliczny marmur (kryształki mogą być widziane tylko pod mikroskopem specjalnym, zwanym *polaryzacyjnym*). Takie marmury przeważnie białawego, czasem różowego koloru, mają wysoką cenę. Znajdują się one we *Włoszech* pod miastem *Carrara*, w *Grecji* i kilku innych miejscowościach. Naogół jednak w budowie skorupy ziemskiej marmury odgrywają nieznaczną rolę.

Wapień pod wpływem źródeł gorących ulegają czasem metamorfizmowi chemicznemu, zamieniając się na rozmaite połączenia, czasem krystaliczne.

Skały krzemowe, jak *piaskowiec* przez metamorfizm w *górach* zamieniają się na *kwarcyt*, który zwykle bywa koloru białawego, czasem jest zabarwiony domieszkami.

Kwarcyt jest to skała twarda, ale nietrwała i często pod wpływem czynników atmosferycznych oraz wody czy lodowców rozpada się na rumowiska.

Góry Kielecko-Sandomierskie częściowo utworzone są z kwarcytów. Wierzchołki niektóre zawałone są odłamkami tych skał. Pozatem kwarcyty znajdują się w starych górach niemieckich, Ardennach i w Walji. Kwarcyty zatem są produktem metamorfizmu górotwórczego.

Skały osadowe, wybuchowe i metamorficzne zawierają często w sobie tak zwane *rudy metali*. Są to najczęściej mieszaniny różnych metali z minerałami lub gazami. Zauważono, że na wielkich równinach, gdzie warstwy ziemi ułożone są poziomo, rud albo wcale niema, lub znajdują się w ilościach bardzo nieznacznych. Przeciwnie, w miejscach górzystych, gdzie warstwy zostały połamane lub pofałdowane, a zwłaszcza uległy silnemu zniszczeniu przez wody płynące lub działanie innych sił, tam rudy częściej się trafiają i występują w większej ilości. Prawie wszystkie metale występują pod postacią rud. Tylko złoto, czasem srebro w czystym stanie znajdują się w naturze. Żelazo, miedź, cynk, cyna, ołów i inne bardzo rzadko i w małych ilościach występują w stanie czystym (żelazo rodzime).

Rudy metali można zaliczyć do skał ogniowych, ponieważ były poprzednio w stanie ognistopłynnym. Najważniejsze rudy żelaza są: *hematyt* (Fe_2O_3), *magnetyt* (Fe_3O_4), *limonit* ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), *piryt* (FeS_2). Dla eksploatacji najlepsze są hematyt, magnetyt. Tak zwane rudy błotne lub łąkowe jest to mieszanina limonitu z piaskiem.

Rudy miedzi najważniejsze są: *chalkopiryt* (FeCuS), *kupryt* (Cu_2O) jest to najlepsza ruda.

Ruda cynku *blenda* (ZnS), ruda ołowiu (PbS).

TABLICA PRZEGLĄDOWA SKAŁ.

SKAŁY

OGNIOWE				OSADOWE				METAMORFICZNE		
Głębinowe		Wulkaniczne		Pierwotne		Wtórne		Gliniaste	Wapienne	Kwarcowe (piaskowcowe)
Kwaśne	Zasadowe	Kwaśne	Zasadowe	Chemiczne	Organiczne	Wodne (rzeczne)	{ <i>żwiry</i> <i>ity</i> <i>piaski</i>			
						Lodowcowe	{ <i>Morena</i> <i>czołowa</i> <i>denna</i> <i>Sandry</i>	<i>Łupek zw.</i> <i>Łupek kry-</i> <i>staliczny</i> <i>Gnejs</i>	<i>Marmur</i>	<i>Kwarcyt</i>
<i>Granit</i> <i>Sienit</i> <i>Protogin</i> <i>Pegmatyt</i>	<i>Dioryt</i> <i>Gabro</i>	<i>Riolit</i> <i>Liparyt</i> <i>Pantel-</i> <i>laryt</i> <i>Trachit</i> <i>Andezyt</i>	<i>Bazalt</i> <i>Andezyt</i>	<i>Sól</i> <i>Gips</i> <i>Trawertyn</i>	<i>Krzem</i> <i>Piasko-</i> <i>wiec</i> <i>Wapień</i> <i>Kreda</i>	Eolskie	{ <i>Less</i> <i>Wydmy</i>			
						Morskie	{ <i>Produkty</i> <i>zniszczenia</i> <i>brzegów</i>			

DYNAMIKA

ROZDZIAŁ VII.

CZYNNIKI EWOLUCJI GLOBU.

§ 28. Pojęcie o zmianach na ziemi i w ziemi.

Przy obserwacjach skorupy ziemskiej łatwo zauważyć nie tylko różnorodność materiałów, wchodzących w jej skład ale też i zjawiska niezależne od składu petrograficznego gruntu — mianowicie ciągle zmiany, zachodzące zarówno na powierzchni, jak też i wewnątrz skorupy. Zmiany niektóre odbywają się ze znaczną szybkością i łatwo dają się zaobserwować, inne zaś potrzebują długiego szeregu wieków, aby rezultat ich był widoczny. Przy rozpatrywaniu składu petrograficznego było już wielokrotnie stwierdzone, że zmiany na powierzchni i wewnątrz prowadzą w rezultacie nie tylko do destrukcji, lecz i odwrotnie do tworzenia. Zamiast zniszczonych i rozkruszonych skał poprzednio utworzonych—tworzą się z ich materiałów nowe osady — często na tem samym miejscu, jeszcze częściej w innym. Zachodzi obok destrukcji i budowy transport,—powierzchnia globu się przeobraża, działanie fal morskich oraz ruchów skorupy ziemskiej powoduje daleko idące zmiany w zarysie brzegów morskich,—łądy całe zmieniają kształty; na miejscu zniszczonych lub obniżonych do poziomu morza łądów powstają nowe.

Zadaniem dynamiki będzie rozpatrzyć wszystkie mniej lub więcej dostrzegalne zmiany na powierzchni i wewnątrz, oraz zbadać, jakie czynniki je wywołują.

§ 29. Cztery czynniki zmian. Z chaosu wszystkich zmian i ich bezpośrednich lub pośrednich powodów

należy wyciągnąć *dwa* główne i *dwa* drugorzędne czynniki, wywołujące zmiany na ziemi.

Dwa główne — to są: *ciepło wnętrza ziemi*, oraz *ciepło słoneczne*.

Dwa drugorzędne — to: *ruch obrotowy ziemi dokoła osi*, oraz *przyciąganie słońca i księżyca*.

Ciepło wnętrza ziemi jest czynnikiem, który, działając od chwili oderwania się ziemi od słońca (w myśl hipotezy *Kanta—Laplace*), dokonał i jeszcze dokona w przyszłości dużych zmian—nie tyle na powierzchni, ile pod zewnętrzną warstwą. Ponieważ jednak od czasu oderwania się ziemi od słońca — zaszło stopniowe ostygnięcie ziemi, zatem obecnie nasz glob nie posiada już takiej ilości ciepła co dawniej, a zatem to zmniejszone ciepło nie wywołuje już takich zmian jak w ubiegłych epokach.

Skutki ciepła ziemi są różnorodne. Lecz zanim się je rozpatrzy—należy stwierdzić, czy rzeczywiście wnętrze ziemi jest nagrzane do wysokiej temperatury. Istnienie na ziemi *wulkanów*, wybuchających od czasu do czasu rozpaloną lub płynną lawą, *ciepłych* lub *gorących źródeł gejzerów*, już jest dowodem ciepła wnętrza ziemi. Ale wulkany i gorące źródła są rzadkie — istnieją ogromne obszary lądów, jak cała równina *północno-europejska* lub *amerykańska*, gdzie niema jednych ani drugich. Lecz wzamian w wielu miejscach, pozbawionych *wulkanów* i gejzerów są *kopalnie*, sięgające w głąb skorupy ziemskiej do 2240 metrów (w *Czuchowie* na południe od *Gliwic* na Śląsku Górnym).

Temperatura wysoka na dnie kopalni jest dowodem ciepła wnętrza ziemi. Stwierdzono bowiem, że w miarę zagłębiania się w dół kopalni—temperatura warstw ziemi, a zatem i powietrza wzrasta. Przeciętnie wzrost o 1° odpowiada obniżeniu się o 33 metry. *Jednym stopniem geotermicznym* nazywa się ilość metrów na jaką potrzeba się zniżyć, aby temperatura wzrosła o 1° Celsjusza. Lecz są miejscowości, gdzie jeden stopień geotermiczny odpowiada 12-20 metrom. Te okolice leżą w pobliżu czynnych wulkanów, lub na gruntach wulkanicznego pochodzenia świeżej daty. Przeciwnie, tam gdzie w pobliżu są duże jeziora lub morze, stopień geotermiczny wzrasta do 60 nawet 120 metrów.

Z powyższego widać, że temperatura, panująca w głębokich kopalniach bywa tak wysoka, że ludzie tam nie mogą długo przebywać i zachodzi potrzeba sztucznego ochładzania dla celów przemysłowych. Temperatura na dnie kopalni w *Czuchowie* wynosiła ostatnio 83,1° C.

Jeżeli już na głębokości 2240 m. wynoszącej 1/3000 część promienia ziemskiego, panuje temperatura zbliżona do temperatury wrzenia wody, to na głębokościach daleko większych, wobec stopniowego wzrostu temperatury w miarę zniżania się w głąb — musi panować temperatura, przy której skały są w stanie rozżarzonym, lub ognistopłynnym. Dotychczas jednak niewiadomo, czy wewnątrz kuli ziemskiej masy ją wypełniające są w stanie płynnym, czy stałym.

Ciepło słoneczne wywiera jeszcze potężniejszy wpływ na powierzchnię ziemi, ponieważ skutki jego są bardziej powszechne, wszędzie dające się wykryć. Są one różnorodne i przejawiają się pod najrozmaitszemi postaciami i formami.

Ruch obrotowy ziemi dookoła osi jest czynnikiem drugorzędnym, jednak pewne zjawiska, jak kierunek wiatrów stałych w okolicach podzwrotnikowych, zwanych pasatami — i ich skutki, tem się tylko tłumaczą.

Przyciąganie słońca i księżyca powoduje ważne i wpływające na zmiany wybrzeży i lądów ruchy wody morskiej.

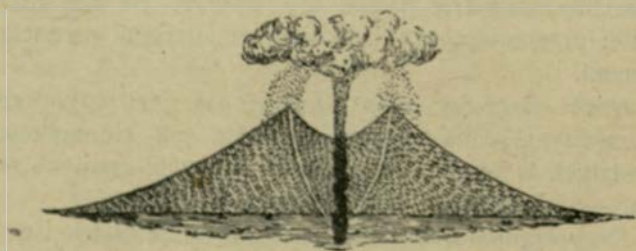
ROZDZIAŁ VIII.

SKUTKI CIEPŁA WNEŹRZA ZIEMI.

§ 30. **Rzut oka ogólny.** Ciepło wnętrza ziemi, jak już o tem było zaznaczone wyżej, działać musiało dawniej z większą siłą, niż obecnie, wobec stopniowego ochładzania się ziemi, jednak działa ono w dalszym ciągu. *Działalność wulkaniczna, ciepłe źródła, trzęsienia ziemi, ruchy podnoszące i obniżające skorupę* ziemską, oraz *faldowania się tejże* — to są przejawy zewnętrzne. Gdyby od najdawniejszych czasów glob nasz był w stanie zupełnie wychłodzonej bryły, to lądy i morza nie zmieniałyby szybko swych zarysów, warstwy skorupy nie piętrzyłyby się

w potężne łańcuchy górskie, nie byłoby czynnych wulkanów, wylewów gorącej lawy, nie byłoby niebezpiecznych dla życia mieszkańców miast ruchów skorupy ziemskiej. Zmiany na powierzchni ziemi zachodziłyby, ale bardzo wolno.

§ 31. Działanie wulkaniczne. *Wulkanem* nazywa się otwór lejkowy, prowadzący w głąb skorupy ziemskiej i otoczony zazwyczaj dokoła materiałami wydobywającymi się podczas wybuchu, wskutek czego w olbrzymiej większości wypadków wulkan przedstawia się pod postacią mniej lub więcej wysokiej góry w kształcie *ściętego stożka*. Góra wulkaniczna *zawsze* jest utworzona z materiałów, które wydostały się z *krateru* czyli otworu w skorupie ziemskiej, zatem po każdym wybuchu mogą się zmieniać jej kształty i wysokość. Tem się wulkan odróżnia od góry niewulkanicznej.



Schematyczny przekrój wulkanu, dający pojęcie o jego kształcie i o kraterze

Na szczycie wulkanu istnieje krater w kształcie lejka—przyczem szerszy koniec zwrócony jest ku górze — im głębiej tem otwór w kraterze jest węższy. Jeżeli wulkan przez dłuższy czas jest nieczynny, to zdarza się, że otwór w kraterze jest zapchany odłamkami, i wtedy z niego na razie nie mogą się wydobyć materiały wybuchowe.

Materiały te, to lawa płynna lub zastygła, zależnie od ilości procentowej zawartego w nich krzemu, *bomby wulkaniczne*, czyli okrągławe, wydłużone na 10—15 c. zakrzepłe kawałki lawy, *bloki*, czyli stwardniałe większe kawałki, *lapilli*, kawałki zastygłej lawy wielkości orzecha laskowego, *popiół wulkaniczny*, czyli drobny proszek, który może się mieszać z wodą i wytwarza gorące błoto, czasem w ogrom-

nej ilości płynące z wulkanu. Takim błotem zostały zalane *Herkulanum* i *Pompei*, miasta leżące u podnóża Wezuwjusza w 79 r. po Chrystusie. Czasem, zamiast popiołu wydobywa się z krateru *piasek wulkaniczny*.

Prawie zawsze podczas wybuchu wydobywają się różne gazy, niektóre w stanie palnym.

Chlor (Cl), azot (N) i węglowodory są najbardziej pospolite, rzadziej wydobywa się bezwodnik węglowy (CO_2).



Krater na szczycie wulkanu Jorullo w Meksyku.

Wulkany w większości wypadków wybuchają w nieregularnych odstępach czasu — czasem co parę tygodni lub miesięcy, to znowu nastąpi przerwa, trwająca parę, kilkadziesiąt lub kilkaset lat. Im częściej wybuchają wulkany, z tem większą łatwością to zachodzi, — po przerwie dłużej trwającej zdarza się, że materiały wulkaniczne nie mogą wydobyć się przez zapchany krater, a gazy prężne z wielką siłą cisną na ścianki krateru, wtedy powstają *boczne* czyli *dodatkowe* kratery, przez które wylewa się lawa lub uchodzą gazy. Może przytem zająć wstrząsanie wulkanu, lub gruntu, położonego dokoła niego, jest to tak zwane lokalne trzęsienie ziemi pochodzenia wulkanicznego.

Stwierdzono, że im dłuższa jest przerwa w działaniu wulkanu, tem gwałtowniejszy i silniejszy bywa wybuch po przerwie. Stosuje się to do *Wezuwjusza* i do innych.



Bomba wulkaniczna, utworzona z zastygłej lawy.



Wezuwjuż wybuchający. Z krateru wydobywa się olbrzymia ilość pary wodnej.

Wulkany po okresie mniej lub więcej długim i intensywnym swej działalności wygasają. Jako objaw wygasania uważa się działanie tak zwanych *solfatar* i *fumarol*.



Czterdzieści wulkanów wygasłych w Auvergne (Środkowa Francja).

Solfatary i fumarole są to słupy pary wodnej i innych gazów, które się wydzielają nietylko z głównego krateru, ale też i z bocznych kraterów lub szpar. Niektóre wulkany od bardzo dawnych czasów są w stadium solfatar i fumarol.

Przy wygasaniu wulkanów pierwsze *chlor i fluor* przestają się wydzielać, za nimi idą gazy siarczane, wreszcie wydziela się tylko kwas węglowy oraz czasem ciepłe źródła.

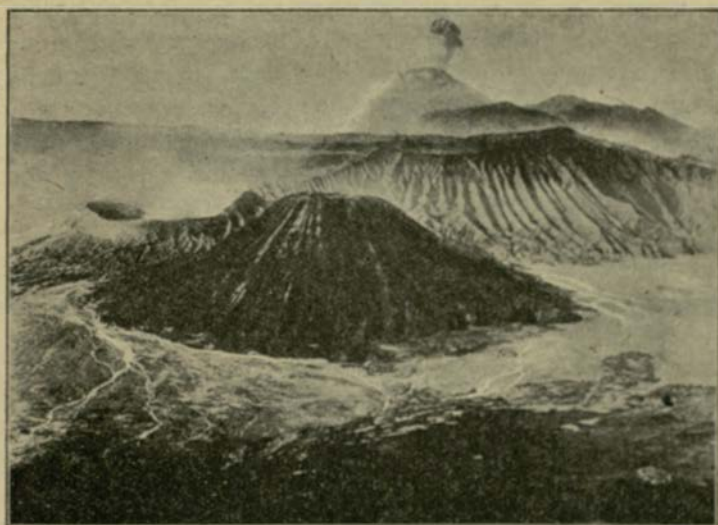
Bardzo trudno jest stwierdzić z całą pewnością czy jakiś wulkan jest rzeczywiście i ostatecznie wygasły, czy tylko nastąpiła długa przerwa w jego działalności. Jeżeli jest duży obszar, zawierający kilkanaście lub kilkadziesiąt wulkanów, z których *wszystkie* oddawna są nieczynne, to wtedy tylko można uważać te wulkany za wygasłe (*Auvergne* w środkowej Francji, *Eifel* w zach. Niemczech).

Ilość wulkanów czynnych jest znacznie mniejsza niż wygasłych — Europa posiada 8 czynnych i wiele oddawna nieczynnych wulkanów.

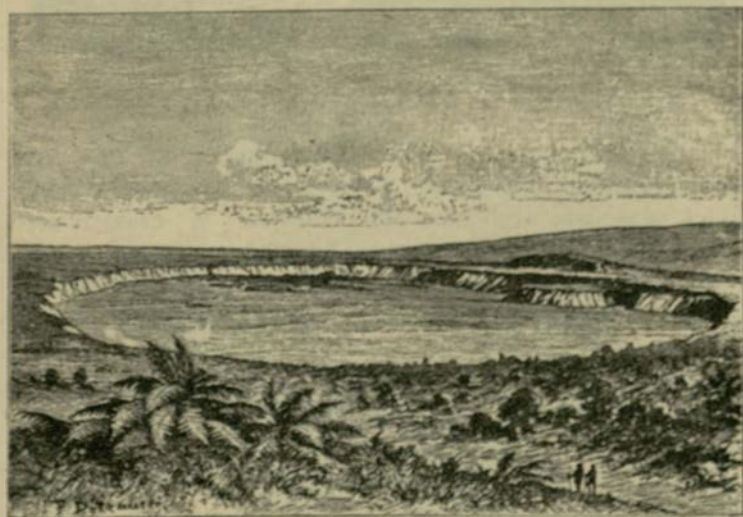
Geograficzne rozprzestrzenienie wulkanów daje pewne wskazówki co do tego, gdzie się one najłatwiej wytwarzają. Zatem stwierdzono, że wulkany tworzą się przeważnie tam, gdzie niedawno jeszcze zachodziły silne ruchy górotwórcze i powstały młode łańcuchy górskie. W Europie okolice zbliżone do morza *Śródziemnego* lub jego brzegi odpowiadają tym warunkom — prócz tego wyspa Islandja również wykazuje energiczną działalność wulkaniczną.

Najwięcej wulkanów zgromadziło się na azjatyckich i amerykańskich wybrzeżach oceanu Spokojnego. Wyspy *Zundskie*, archip. *Japoński*, wyspy *Hawajskie*, *Aleutskie*, brzegi zachodnie Ameryki Północnej i Południowej tworzą jakby *ogniste koło*, otaczające ocean Spokojny.

Dawniej przypuszczano, że wulkany mogą się wytwarzać tylko na brzegu morza, i że woda morska musi przez szpary w gruncie przeciekać do ogniska podziemnego, gdzie wytwarza się olbrzymia ilość pary, która następnie wyrzuca masy ogniste przez krater. W ostatnich czasach jednak stwierdzono, że wulkany istnieją nawet w odległości kilkuset kilometrów od brzegu morza (w Persji, w Afryce centralnej i t. d.).



Grupa czynnych wulkanów na w. Jawie (Arch. Zundzki).



Obecny wygląd krateru *Kilauea* na wysp. Hawajskich (Oc. Spokojny).

Powody wybuchów wulkanicznych nie są jeszcze w zupełności poznane. Są poglądy, że pod wpływem wielkiego gorąca w ognisku pod wulkanem wytwarzają się coraz to nowe połączenia chemiczne, między innymi z wodoru i tlenu, zawartego w skałach, powstaje H_2O czyli para wodna, która odrazu przez swą prężność powoduje wybuch. Stwierdzono również, że niektóre skały pod wielkim ciśnieniem, przy ostygnięciu nie kurczą się, lecz przeciwnie, rozszerzają (Tamman). Zatem powodem wybuchu może być rozszerzanie się mas ognistych, wskutek stopniowego ostygnięcia tych ostatnich, — co powoduje, że masy te nie mogą się pomieścić i muszą szukać sobie drogi do wydobywania się nazewnątrz. Wulkany nadbrzeżne w wyjątkowych okolicznościach mogą być sprowokowane do wybuchu wskutek przedostania się wody do mas rozpalonych i wytworzenia się pary.



Szczyt podwodnego wulkanu *Santorin* na morzu Egejskim

Wulkany czynne i wygasłe znajdują się też i na dnie morza. Znaną jest wyspa *Santorin* na m. Egejskim, będąca właściwie wulkanem podwodnym. W czasach niedawnych *Santorin* wybuchał, wyrzucając masy *pianki* wulkanicznej, będącej rodzajem mieszaniny popiołu z wodą. Taka pianka jest bardzo lekka i może jakiś czas pływać po powierzchni wody.

Na północ od wyspy Sycylii są wulkaniczne wysepki *Liparyjskie* i wulkan *Stromboli*, sterczący z wody. Jest on również przykładem podwodnego wulkanu. Niedaleko również od Sycylii przed kilkudziesięciu laty utworzyła się wulkaniczna wysepka *Ferdinanda*, jako skutek wybuchu podwodnego wulkanu. Wysepka ta po pewnym czasie znikła.



Rozmieszczenie geograficzne wulkanów czynnych, wygasających i wygasłych na kuli ziemskiej.

Największa ilość podwodnych wulkanów znajduje się na oceanie Spokojnym. Cały szereg wysp na nim utworzony jest z lawy wulkanicznej. Do tej kategorii należą wzmiankowane już wyspy *Hawajskie*, *Fidży*, *Aleutskie* i t. d.

Działanie geologiczne wulkanów sprowadza się do tworzenia skał wulkanicznych, pokrywających znaczne przestrzenie w wielu krajach (patrz „Skały wulkaniczne” w „Petrografji”). Popiół i *tuf* (materiał wybuchowy sypki), wydobywające się z niektórych wulkanów, tworzą zupełnie wyraźne *warstwy*, jednak nie są to skały osadowe. Warstwy z materiałów wybuchowych są pospolite na półwyspie *Azji Mniejszej*, na *Jawie* i innych miejscach.

§ 32. Trzęsienia ziemi. Innem zjawiskiem, wywołanem ciepłem wnętrza ziemi—są wstrząsania jej skorupy. Dawniej przypuszczano, że trzęsienie ziemi jest zjawiskiem wyjątkowym, rzadkiem, że zdarza się tylko w niektórych okolicach i ustaje, aby po pewnym czasie znowu się powtórzyć. Wtedy obserwowano trzęsienia ziemi bezpośrednio w ich skutkach i znaczne obszary lądu uważano jako zupełnie „spokojne”, nie podlegające trzęsieniu. Dopiero wynalezienie *seismografu* a zwłaszcza *seismometru* czyli aparatu do notowania najlżejszych wstrząsań skorupy, zmieniło poglądy na ten rodzaj zjawisk geologicznych.

Dobrze urządzone seismometry notują niepokój w skorupie ziemskiej prawie stale. Można stwierdzić, że niema jednej chwili, aby nie zachodziło trzęsienie ziemi w jakimś miejscu, jeżeli nie na lądzie, to na dnie morza, jeśli nie w północnej to południowej półkuli. Seismometr stwierdza, że trzęsienia lekkie zachodzą czasami na tych obszarach, na których bezpośrednia obserwacja nic nie wykazuje, że zatem dawniej uważane za „spokojne” kraje, w rzeczywistości takimi bynajmniej nie są.

Istota trzęsienia ziemi polega na tem, że skorupa ziemska w jakimś miejscu zaczyna nagle, narazie nieznacznie, później silniej kołysać się i drżeć; tworzą się czasem szpary i pęknięcia w gruncie, kilkometrowej czasem szerokości, bardzo głębokie. Po pewnym czasie takie szpary mogą się zamknąć, w innych wypadkach pozostają czas dłuższy, zanim czynniki atmosferyczne, jak deszcz, śnieg i t. d. nie zetrą śladów trzęsienia.

W miejscu, gdzie zaszło silne trzęsienie, budowle murowane bywają rozwalane, przyczem jednak gruz czasem może nie być podrzucany do góry, czasem zaś odłamki muru wylatują wysoko w powietrze, tak jakby zaszło potężne uderzenie z dołu do góry. Jeszcze w innych wypadkach domy są ukośnie rozwalane.

Obserwując bezpośrednio po trzęsieniu ziemi jego skutki, często da się zauważyć, że najsilniejsze zniszczenie zaszło na pewnej, a mniej lub więcej obszernej przestrzeni, w promieniu 10—15 kilometrów, natomiast im dalej od tego centrum zniszczenia, tem skutki są mniej wyraźne. Stąd łatwo wyciągnąć wniosek, że przy silnem trzęsieniu ziemi nie na całej przestrzeni, gdzie się ono wydarzyło, siła jego była jednostajna — lecz że w środku obszaru, nawiedzonego kataklizmem, ta siła była największa, zatem i jej skutki najsilniejsze; na peryferjach zaś siła maleje, aby na pewnej a bardzo rozmaitej odległości od centrum, ustać zupełnie.

Centrum najsilniejszego trzęsienia na obszarze jego rozprzestrzenia na powierzchni ziemi nazywa się „epicentrum”. Nie jest ono czemś wyraźnie ograniczonym od „peryferji” czyli obszarów sąsiednich o słabszych skutkach.

Kierunek pęknięć skorupy wskazuje, że na pewnej głębokości pod epicentrum (od 12—18 kilom. a zatem w miejscach niedostępnych dla ludzi) znajduje się ognisko, skąd rozchodzi się siła, wywołująca wstrząsanie skorupy. To miejsce nosi miano „hipocentrum”. Na czem polega siła ta, co jest w hipocentrum, o tem nic dokładnie nie wiadomo.

Siła trzęsienia rozprzestrzenia się po powierzchni ziemi, jużto w kierunku poziomym „trzęsienia ziemi poziome”, jużto w kierunku z dołu do góry, — „trzęsienia ziemi pionowe”. Kształt epicentrum bywa czasem bardzo wydłużony, czyli że uderzenie najsilniejsze zachodzi jednocześnie na przestrzeni, wyciągniętej wzdłuż jakiejś linii — takie trzęsienie nazywa się „linjowem”, gdy zaś epicentrum jest mniej lub więcej okrągłe, to trzęsienie jest „centralne”.

Wielkość epicentrum i peryferji bywa bardzo rozmaita. Zwykle im silniejsze jest uderzenie w centrum, tem na znaczniejsze obszary ono się rozprzestrzenia. Czasem daje

się odczuwać na olbrzymich przestrzeniach, zajmujących tysiące kilometrów kwadratowych.

Siła trzęsienia bywa najrozmaitsza—od tak słabej, że tylko aparat bardzo czuły, zwany seismometrem, może zanotować, przechodzi przez stadję pośrednie, gdzie ludzie wyczuwają jako drżenie lamp wiszących, szklanek blisko siebie poustawianych, dalej, gdzie tworzą się tylko szpary w ścianach — do bardzo silnych, gdzie góry zmieniają swe kształty, grunt pęka, ze szpar czasem wypływa błoto, tworzące małe stożki na podobieństwo wulkanów w stadjum zaczątkowem, a całe miasta zamieniają się na kupę gruzów.

Przed silnem trzęsieniem często daje się odczuwać głuchy, na podobieństwo grzmotu, odgłos podziemny. Przed głównem uderzeniem często bywają lekkie wstrząsania, jakby ostrzegawcze.

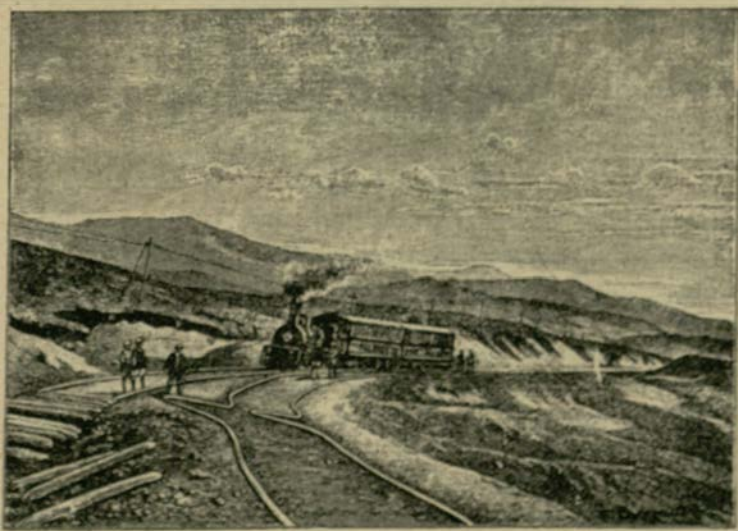


Widok przedstawiający szparę w gruncie po silnem trzęsieniu ziemi.

Powody trzęsień ziemi bywają rozmaite i dzielą się na trzy grupy. Do pierwszej należą *trzęsienia natury wulkanicznej*, zachodzące w pobliżu czy u podnóża wulkanu, zdarza się bowiem, że przed wybuchem wulkanu i najbliższe okolice podlegają drganiom. Lecz tylko wtedy można nazwać takie trzęsienie wulkanicznem, gdy po wstrząsaniu zachodzi rzeczywiście wybuch. Jeżeli trzęsienie zachodzi w miejscowości wulkanicznej ale są i epi-

centrum i peryferje, a wybuch po niem nie następuje, lub drgania skorupy zachodzą w pobliżu wygastrych wulkanów, to powód leży gdzie indziej.

Inny powód trzęsień ziemi polega na tem, że w niektórych miejscowościach, gdzie grunt zbudowany jest z warstw wapiennych lub z osadów soli, woda zaskórna, zawierająca dwutlenek węgla, wypłykuje podziemne pustki lub groty. Zdarza się, że sklepienie takiej groty, wskutek własnego ciężaru zapada się, przyczem zachodzi wstrząsanie i obniżanie się zapadających warstw. Takie trzęsienie ziemi, również spowodowane przez czynniki lokalne, nazywa się *trzęsieniem zapadlinowem*. Zdarzać się ono może tylko tam, gdzie grunt utworzony jest z niezbyt twardych warstw wapienia, bowiem twardy wapień podlega wprawdzie rozpuszczaniu przez wodę z dwutlenkiem węgla, jednak sklepienia nad wypłókanemi pustkami zwykle mocno się trzymają i tworzą w ten sposób groty i jaskinie.



Widok zniszczonego skutkiem trzęsienia ziemi toru kolejowego, przyczem szyny uległy dziwnemu powyginaniu.

Przykładem „zapadlinowego” trzęsienia ziemi, spowodowanego działaniem wody zaskórnej, było silne trzęsienie na wyspie *Ischji* przy brzegach półwyspu Apenińskiego.

Wyspa ta, utworzona z wapienia, miała w sobie pod zewnętrzną warstwą gruntu — pustki i grotty. Sklepienia niezbyt mocne, uległy zawaleniu, przyczem miasto *Casamicciola* poważnie ucierpiało.

Na wyżynie wapiennej *Karst*, zajmującej znaczny obszar wzdłuż morza Adrjatyckiego, woda zaskórna powoduje często zapadanie sklepienia nad pustką, przyczem tworzą się zagłębienia w gruncie, zwane „*polje*” i „*doliny*”. Tego rodzaju zapadłości na płaskowyżu wapiennem *Causses* w południowej Francji nazywają się *aven'y*. Tworzeniu się *avenów*, *polji*, *dolin* i t. d. towarzyszą zawsze lekkie wstrząsania gruntu.



Wyspa Ischia. Czarne linje wskazują kierunek pęknięć gruntu.

Warstwy soli pod ziemią również ulegają rozpuszczaniu i wypłókiwaniu przez wody płynące. W tym wypadku zawalenia się gruntu zachodzą jeszcze łatwiej niż na terenach wapiennych, ponieważ górne warstwy nad pokładem soli zazwyczaj bywają sypkie lub kruche (piaski, glina i t. d.). Takie zapadania z towarzyszącym wstrząsaniem gruntu zaszły w woj. Poznańskim, pod *Inowrocławiem*, tam bowiem w ziemi są pokłady soli.

Lecz ani wulkany, ani woda wypłókująca wapień nie powodują właściwych trzęsień na wielkich obszarach z epicentrum i hipocentrum. Istnieje trzeci rodzaj trzęsień ziemi, zwanych „*tektonicznymi*” czyli górotwórczemi. Tego

rodzaju trzęsienia, spowodowane są ruchami górotwórczymi czyli fałdowaniem się skorupy. Rzecz jasna, że na wytworzenie się łańcucha górskiego na miejscu, gdzie go pierwiej nie było, trzeba niezmiernie długiego przeciągu czasu, setek tysięcy, może milionów lat, zatem ludzie bezpośrednio nie mogą obserwować takiego zjawiska, jak powstawanie gór fałdowych (tworzenie się gór wulkanicznych czasem odbywa się dosyć szybko i może być obserwowane), jednak takie ruchy górotwórcze przejawiają się przez wstrząsanie gruntu, tworzenie się szpar, obsuwanie lub podnoszenie części terenu i t. d.

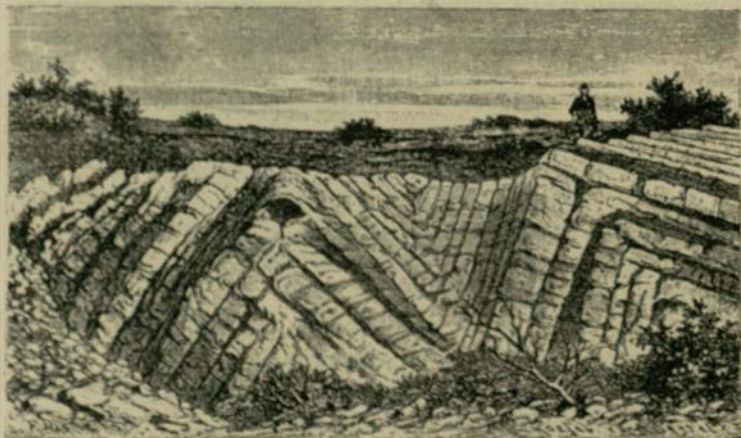
Jako dowód, że trzęsienie ziemi jest ściśle związane z ruchami górotwórczymi, służy ten fakt, że silne trzęsienia, a właściwie ich epicentra leżą w okolicach gór świeżo utworzonych, czyli młodych, jak *Alpy*, *Apeniny*, *Bałkańskie* i t. d. w Europie, *Kaukaz*, *Himalaje* i inne w Azji. Powodem zatem bezpośrednim trzęsienia są wciąż jeszcze zachodzące ruchy w skorupie ziemskiej. Bynajmniej nie należy przypuszczać, aby takie góry, jak *Alpy* czy *Bałkany* już były zupełnie sfałdowane i że wszelkie ruchy górotwórcze w nich ustały. Ruchy te, trwające od bardzo dawna, jeszcze i dzisiaj zachodzą, przejawiając się od czasu do czasu wstrząsaniem już to samych gór, już to okolic podgórskich.

Nietylko okolice młodych gór ulegają wstrząsaniom. Pęknięcia skorupy ziemskiej, obsuwania się jednych części, i t. d. połączone z wstrząsaniem, mogą się zdarzać i zdale od młodych łańcuchów. Są bowiem miejsca na kuli ziemskiej, gdzie od najdawniejszych czasów skorupa jest pod wpływem sił „tektonicznych” czyli górotwórczych. Jednak naogół silniejsze trzęsienia bywają na terenach młodych ruchów górotwórczych.

Aby dokładniej zrozumieć istotę trzęsienia ziemi należy wziąć pod uwagę samą budowę skorupy ziemskiej. W dziale „Petrografia” zwrócona była uwaga na różnorodność i jakość materiałów skalnych, wchodzących w skład skorupy. Zatem poszczególne jej części bardzo się pod względem petrograficznym różnią. Lecz istnieją różnice w poszczególnych częściach skorupy nietylko w gatunku skał, ale też i w ich układzie. W wielu miejscach skały

ułożone są na dnie morza, zatem spoczywają na sobie pod postacią warstw *poziomych*. Nawet wtedy, gdy morze znikło i dno jego zamieniło się na ląd stały, układ poziomy warstw mógł pozostać niezmieniony. Takie miejsca nie uległy fałdowaniu ziemi i pozostały równinowe.

W innych miejscach, warstwy początkowo poziomo lub prawie poziomo osadzone na dnie morza, uległy później pofałdowaniu, czasem nawet popękały, jedne części się *obsunęły* niżej, inne pozostały wysunięte wyżej lub jedne nasunięte na drugie. Ruchy w skorupie, rezultatem których jest wyprowadzenie z układu poziomego warstw, pogięcie, pofałdowanie, nasuwanie jedne na drugie, obniżanie lub podnoszenie niektórych części, nazywają się *dyzlokacyjnemi*, a sam proces — *dyzlokacją* warstw.



Warstwy wapienne, skutkiem dyslokacji, wyprowadzone z układu poziomego.

Dyzlokacja warstw, jak to liczne wiercenia gruntu lub głębokie kopalnie, a także wysokie brzegi niektórych rzek lub zbocza dolin wskazują, nie zaszła na wielkich równinach. Tam warstwy po dziś dzień zupełnie lub prawie zupełnie poziomo są ułożone, przeciwnie, w górach na każdym kroku widać, że warstwy są wyprowadzone z dawnego układu poziomego i czasem wręcz prostopadłe, najczęściej zaś pod pewnym kątem są ułożone. Stąd wniosek, oparty na bardzo licznych badaniach i obser-

wacjach, że dyzlokacja zachodzi tam, gdzie skorupa ziemską jest pofalowana, zatem na terenach górzystych; nie zaszła lub zaszła w zupełnie słabym stopniu na równinach obszer-nych.

Dlaczego jednak skorupa ziemską w wielu miejscach uległa dyzlokacji, w innych zaś jej się oparła i pozostała pozioma? Odpowiedź na to pytanie będzie dana w rozdziale o ruchach górotwórczych; dla zrozumienia zaś istoty trzęsień tektonicznych, czyli natury dyzlokacyjnej, zagadnienie powyższe niema znaczenia. Wystarczy tu pamiętać, że trzęsienia ziemi tektoniczne zachodzą tam, gdzie skorupa uległa i w dalszym ciągu ulega dyzlokacji, że zatem trzęsienie ziemi *jest tylko zewnętrznym przejawem ruchów w skorupie ziemskiej.*

W miejscach zatem, gdzie leżą epicentra trzęsień ziemi, skorupa ulega marszczeniu się, lub wogóle dyzlokacji, a więc tam budowa tej skorupy nie jest solidna, lecz na tyle niemocna, że może się wyginać, łamać, pękać i ulegać wstrząsaniom.

Przeciwnie, gdzie nie zachodzą trzęsienia, dające się obserwować bezpośrednio, bez pomocy seismometru, gdzie skorupa przez szereg epok geologicznych pozostawała bez zmiany, tam jej budowa jest mocna i solidna.

Należy zauważyć, że seismometr może zanotować trzęsienie ziemi nawet na wielkich równinach, jednak nie znaczy to, aby na równinie zaszło miejscowe lekkie wstrząsanie gruntu. Jest to tylko „odgłos” wstrząsania w innym, odległym miejscu. Silne bowiem trzęsienie ziemi na lądzie, czy na dnie morza lub oceanu, powoduje słabe drgania całej skorupy ziemskiej.

Rozprzestrzenienie geograficzne trzęsień ziemi jest bardzo zbliżone do rozprzestrzenienia wulkanów. W Europie okolice nadśródziemnomorskie, półwysep Pirenejski, Apeniński, Bałkański, wyspy na m. Śródziemnym, zwłaszcza wulkaniczna Sycylja, w Azji cała olbrzymia część pokryta górami, zatem bez Syberji, Chin, Tybetu, w Ameryce Północnej i Południowej przedewszystkiem wybrzeża oceanu Spokojnego, oraz pasmo młodych gór Kordyljerów—jednak w Ameryce Północnej ulegają wstrząsaniom także i części południowo-wschodnie — leżące naprzeciw bardzo niespo-

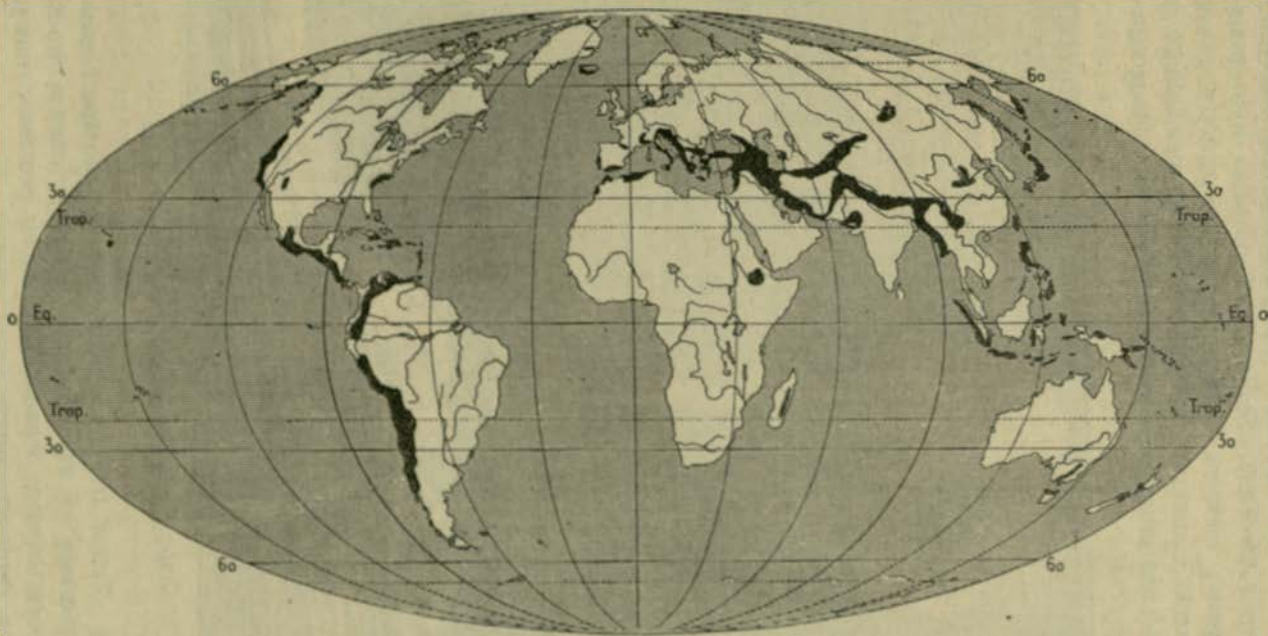
kojnego pod tym względem *archipelagu Wielkich i Małych Antylli*. Do najmniej spokojnych okolic należą wyspy *Sundajskie*, arch. *Filipiński* i *Japoński*.

Wielkie równiny europejskie jak północno-niemiecka, polska, a zwłaszcza rosyjska, dalej Syberja zachodnia, Afryka środkowa, Australia zachodnia i środkowa, równiny Ameryki Północnej (prerje) i południowej (selwasy, pampasy) ulegają tylko bardzo słabym wstrząsaniom, które są jakby odbiciem silnych trzęsień w innych miejscach. Bardzo różnie zachowują się wybrzeża oceanu Atlantyckiego w porównaniu z brzegami oc. Spokojnego. Te ostatnie bywają często nawiedzane przez silne trzęsienia, zaś brzegi Atlantyku są stosunkowo bardzo spokojne z wyjątkiem wybrzeży półw. Pirenejskiego i Maroka na wschodzie, oraz Ameryki Środkowej na zachodzie.

Epicentra silnych trzęsień ziemi leżą też na dnie oceanów i mórz i dlatego czasem trudno jest ustalić ściśle ich miejsce. Jednak udoskonalone seismometry prawie dokładnie określają epicentra trzęsień ziemi.

Dotychczas nie zostało wyjaśnione, czy istnieje jaki faktyczny związek pomiędzy trzęsieniami ziemi, a wulkanami. Wprawdzie ich geograficzne rozprzestrzenienie jest bardzo podobne, jednak są kraje o częstych i silnych trzęsieniach jak Hiszpanja południowa, nie posiadająca wulkanów, to samo się tyczy półwyspu Bałkańskiego. Można do pewnego stopnia trzęsienia ziemi i wulkany porównać do choroby wysypkowej. Są wielkie obszary na ziemi, gdzie skorupa jest chora, przyczem trzęsienie ma pewną analogję z febrą, a wulkany z wysypką. Te dwa ostatnie objawy choroby od siebie nie są zależne, lecz świadczą o istnieniu w organizmie powodu jednego i drugiego objawu, którym to powodem w stosunku do człowieka jest choroba, w stosunku zaś do miejsc na powierzchni ziemi, podlegających trzęsieniom i wulkanicznej działalności jest powód: *słaba i niewytrzymała budowa skorupy ziemskiej*.

Działalność geologiczna trzęsień ziemi sprowadza się do przyspieszenia ewolucji niektórych gór przez niszczenie szczytów, obrywanie zboczy, zasypywanie dolin i t. d. Przed kilkunastu laty bardzo silne trzęsienie ziemi w *rosyjskim Turkiestanie*, w okolicach jeziora *Issyk-Kul*



Rozprzestrzenienie geograficzne trzęseń ziemi. Miejsca czarne oznaczają tereny, gdzie zachodzą dyzlokacje i trzęsienia.

spowodowało zmianę wysokości i kształtów gór, otaczających jezioro (*Ala-Tau*). Sporo dolin górskich było przytem zasypane, niektóre bardziej wysmukłe szczyty zawaliły się, rzeki i strumyki musiały zmienić kierunek i długo pracować nad usunięciem materiału skalnego, tamującego im

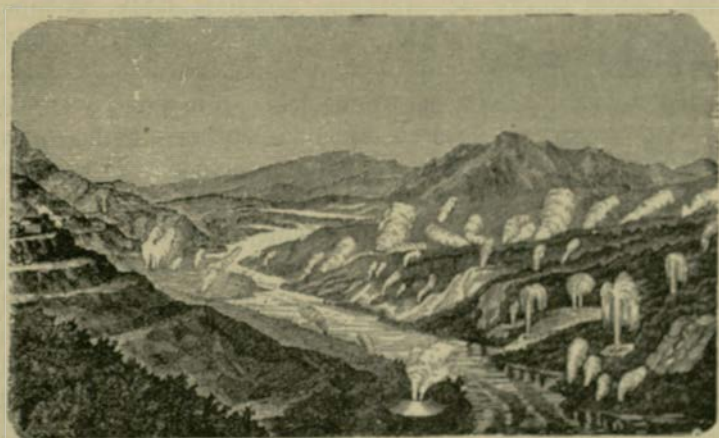


Wybuch wrzącej wody z Wielkiego Gejzeru.

drogę. Zatem trzęsienia ziemi, niszcząc skorupę ziemską, przyspieszają jej zniwelowanie, ułatwiają czasem wodom płynącym erozję, denudację, zatem i tworzenie nowych osadów deutogenicznych.

§ 33. **Źródła gorące.** Źródła gorące tworzą się wyłącznie w miejscowościach wulkanicznych, w pobliżu czynnych lub czasowo wygasłych wulkanów. *Działalność geologiczna* źródeł gorących jest nieznaczna. Ponieważ woda gorąca ma własność rozpuszczania pewnej ilości krzemu, więc dokoła otworów, przez które wydobywa się woda, tworzą się stożki z krzemionki, parometrowej wysokości.

Powodem wybuchów gorącej wody jest wysoka temperatura warstw gruntu, przez który się woda sączy. Wytwarza się duża ilość pary, która wyrzuca wodę na wysokość do 70 metrów.



Ogólny widok gejzerów na północnej wyspie Nowej Zelandji.

Rozprzestrzenienie geograficzne źródeł gorących zwanych geizerami jest zbliżone do rozprzestrzenienia wulkanów — w Europie liczne źródła gorące są na wyspie Islandji (*Wielki Gejzer i Strokr*) pozatem na zboczach Pirenejów są źródła ciepłe nie wybuchające w regularnych odstępach czasu, lecz równomiernie sączące się. W Tatrach jest jedno ciepławe źródło o temperaturze około 20 stopni (*Jaszczurówka*). W innych częściach świata liczne geizery są w Parku Narodowym *Yellowstone* w Stanach Zjednoczonych, oraz na północnej wyspie *Nowej Zelandji*. Materjały, wyrzucone przez źródła gorące są osadzane dokoła, tworząc warstwy krzemu lub wapienia.

§ 34. Ruchy górotwórcze. Jednym z najważniejszych skutków ciepła wewnątrz ziemi są ruchy górotwórcze, rezultatem których są łańcuchy górskie lub kraje górzyste. Formowanie się łańcuchów górskich, jak o tem już było mówiono w dziale o trzęsieniu ziemi, odbywa się bardzo wolno. Obecnie istniejące łańcuchy młodych gór pozornie tylko wydają się zupełnie sformowane, w rzeczywistości ruch górotwórczy istnieje nadal, jak o tem świadczą wstrząsania skorupy ziemskiej.

Istota ruchów górotwórczych polega na tem, że skorupa ziemska pod wpływem ściskania z dwóch, czasami z jednej strony w kierunku poziomym, marszczy się, fałduje, zatem kurczy się, przyczem powstają fałdy, ułożone najrozmaiciej, czasem fałdowanie jest tak silne, że fałdy się obalają i przesuwiają na ogromne przestrzenie od miejsca ich powstania. Takie nasuwania fałd, które mogą odrywać się od swego „korzenia” zachodzą przy silnym ruchu dyzlokacyjnym. Fałda przesunięta i obalona nazywa się „płaszczowiną”. Rzecz jasna, że może wtedy zajść taki wypadek, że warstwy starsze, dawniej utworzone na dnie morza, wyniesione do góry i obalone, spoczywają na warstwach młodszych, które przed sfałdowaniem się leżały wyżej. Zatem przy silnych dyzlokacjach warstw zmienia się nie tylko początkowo poziomy ich układ, ale nawet ich kolejność, a także miejsce występowania, bowiem płaszczowiny mogą być przesunięte na kilkadziesiąt i więcej kilometrów od swego miejsca wyfałdowania się. A więc taka płaszczowina, silnie pofałdowana i połamana, spoczywająca na obcej dla siebie podstawie, pochodzi czasem z miejscowości odległych i jest jakby nasadzona na warstwach innych.

W Polsce, jak i w innych krajach, gdzie zaszły silne ruchy dyzlokacyjne, znajdują się płaszczowiny. Są one w *Tatrach*, *Karpatach* a nawet *górach Świętokrzyskich*.

Dotychczas nie została wyjaśniona w zupełności kwestja, dlaczego skorupa ziemska ulega w niektórych miejscach tak znacznemu kurczeniu się wskutek sfałdowania i wypiętrzenia do góry na tysiące metrów.

Niektórzy to tłumaczą tem, że kula ziemska, wskutek stopniowego ostygnięcia nieoś się zmniejsza, podobnie jak

prawie wszystkie ciała stałe ostygając zmniejszają swą objętość. Skorupa ziemska już pierwiej utworzona, zimna, nie może się inaczej dostosować do zmniejszonej objętości kuli, jak marszcząc się, lub zapadając, inaczej wytworzyłaby się próżnia pod skorupą, na podobieństwo pustki, jaka czasem się tworzy w bochenku chleba pod skórka, po jego ostygnięciu.

Zachodzi teraz pytanie, dlaczego skorupa ziemska, w miarę ostygnięcia i zmniejszania się kuli ziemskiej, marszczy się, to jest wyfałdowuje się w łańcuchy lub grupy górskie niejednostajnie na całej swej przestrzeni, lecz tworzą się pasma wysokich gór w jednych miejscach, w innych zaś warstwy skorupy pozostają od najdawniejszych epok geologicznych nieruchome, poziome? Jedyne tłumaczeniem tego zjawiska według geologów amerykańskich (*Bayley Willis, James Hall*), oraz francuskich (*Haug, Lippman, Termier*), jest to, że skorupa nie jest jednostajnej grubości, że tam, gdzie są wielkie równiny, lub „*prawie równiny*“ (*peneplains*), czyli obszary zrównane przez działanie czynników atmosferycznych pracujących tu od bardzo dawna, jest ona o wiele grubsza i wytrzymalsza na ciśnienia boczne, zatem nie fałduje się tak łatwo. Stąd to na wielkich równinach brak jest wulkanów i trzęsień ziemi.

Inaczej się rzecz ma z temi obszarami, gdzie dziś utworzone są góry. Tam należy przypuszczać, że przed utworzeniem się łańcuchów górskich skorupa była cieńsza, a przynajmniej łatwo ulegająca fałdowaniu.

Badania najnowsze struktury gór, oraz ich petrograficznego składu, a także wieku i zawartości resztek organizmów zwierzęcych w ich warstwach, dowodzą, że łańcuchy górskie utworzyły się w ogromnej większości na miejscu głębokich fos, czyli wydłużonych w kształcie rowów podwodnych głębin.

Rozmaite są dowody na to, że tam, gdzie ongi było głębokie morze, obecnie piętrzą się wysokie góry. A więc zbocza, a czasem i niższe szczyty gór zbudowane są ze skał osadowych, zawierających resztki skorup i szkieletów zwierząt, które żyły, jak tego dowodzą specjalne badania i porównywania ze współczesnymi organizmami, w morzach głębokich (facja głębokowodna). Zatem znajdują się często

w wapieniach górskich *ammonity* i inne skamieliny, które trzymały się na pełnym głębokim morzu, natomiast brak jest raf koralowych, famienionogów i t. d., które mieszkają w morzach płytkich, lub w pobliżu brzegu lądów. Skały w górach są przeważnie pierwotne; niema tam skał wtórnych, utworzonych z materiałów, naniesionych przez rzeki do mórz, bo te, jak to było zaznaczone w odpowiednim rozdziale, opadały na dno przeważnie w pobliżu brzegów. (Są jednak wyjątki, ponieważ w bezpośrednim sąsiedztwie brzegów, naprz. na północ od *Puerto-Rico*, lub koło brzegów zachodnich Ameryki Południowej, są wielkie głębiny).

Prócz powyżej przytoczonych dowodów, na poparcie poglądu, że łańcuchy górskie tworzą się na miejscu głębokich, wydłużonych zakłębłości w dnie mórz czy oceanów, zwanych „*geosynklinami*“, można przytoczyć i inne. Warstwy zdyzlokowane w górach są zwykle bardzo grube. Warstwy wapienia lub dolomitu miewają często do kilku tysięcy metrów grubości. Trudno przypuścić, aby tak grube warstwy mogły nagromadzić się na równym dnie płytkiego morza. Trzebaby było na to całego szeregu epok geologicznych, aby w morzu płytkim osadziły się warstwy tak grube. Tymczasem na dnie geosynkliny łatwiej mogą się nagromadzić grube warstwy, zwykle bowiem tak jest, że do miejsc bardziej zakłębłych nagromadza się więcej osadów, ponieważ sam proces osadzania się materiałów na dnie czegokolwiek, chociażby garnka z jaką mieszaniną, dąży do wyrównania nierównej powierzchni dna i uczynienia ją równą. Zatem geosynkliny są to miejsca, gdzie większa ilość materiałów się nagromadza. Są jednak dane, że w miarę stopniowego zapełniania geosynkliny, dno tej ostatniej wgina się głębiej i w ten sposób ten proces wypełniania może się przedłużać. Stąd to w górach później znajdują się warstwy ogromnej grubości, pochodzące z jednej epoki geologicznej.

Już sama zakłębłość w miejscu, gdzie istnieje geosynklina, jest powodem, że skorupa ziemska pod nią musi być cieńsza, niż w miejscach, gdzie morze jest płytkie, czyli gdzie są *równiny podmorskie*. Niema żadnych bowiem powodów do przypuszczania, że masa ognista pod skorupą nie jest okrągła, lecz wznosi się wyżej pod ładami

i płytkami morzami, a niżej pod geosynklinami. Zatem z konfiguracji lądów i mórz płytkich, oraz geosynklin wynika, że skorupa ziemska jest cienka, a zatem podatna do marszczenia się pod geosynklinami, gruba, a zatem mocna i odporna na fałdowanie pod równinami, niezależnie od tego, czy te równiny są na lądzie stałym, czy pod cienką warstwą wody płytkiego morza.

Gdy zatem po dłuższym lub krótszym okresie *sedymencji* (osadzania się warstw na dnie morza) zaczną działać potężne siły, kurczące skorupę ziemską, to zalane wodą płaszczyzny podmorskie, tak zwane *platformy kontynentalne podwodne*, wychodzą z tych zmagani zwycięsko, to jest zachowują swój poziomy układ warstw. Jednak czasem się zdarza, że płaszczyzna kontynentalna uległa w bardzo słabym stopniu skurczeniu. Niema tam fałd, ani gór, jednak lekkie, równoległe do siebie przebiegające wypiętrzenia, rozdzielone obniżeniami gruntu, tak zwane *ondulacje*, dadzą się zauważyć.

Typową platformą kontynentalną z lekkimi ondulacjami, wyciągniętą z północo-zachodu na południo-wschód jest *równina północno-francuska*, tak zwany *Basen paryski*.

Inaczej się rzecz ma z geosynklinami. Pod nimi skorupa ziemska cienka, przysypana tylko grubymi, ale niewytrzymałymi warstwami osadów, ulega gwałtownemu kurczeniu się, fałdowaniu; tworzą się wysoko wypiętrzone fałdy, czyli masa jeszcze niekształtna, ale z której później różne czynniki, a przedewszystkiem woda płynąca, wyrzeźbią góry.

W ten sposób powstały wielkie łańcuchy górskie zarówno njebotyczne *Alpy, Himalaje, urocze Tatry*, góry młode, jeszcze niezniszczone przez czynniki zewnętrzne, jak też i stare, dawno utworzone góry: *Szkockie, Skandynewskie, Ardenny, Świętokrzyskie, Uralskie i południowo-niemieckie*¹⁾.

Zachodzi teraz pytanie, co się robi z wodą, która wypełnia zarówno geosynklinę, jak też i sąsiednie platformy kontynentalne? W ciągu wypiętrzania się gór woda

¹⁾ O kilku okresach tworzenia się łańcuchów górskich będzie powiedziane w dziale „Stratygrafia”

ustępuje z geosynkliny, a stopniowo zalewa coraz znaczniejsze obszary płaszczyzn. W ciągu epok geologicznych można zauważyć, że każdy okres wytwarzania się łańcuchów górskich zbiega się z większym rozszerzaniem się mórz płytkich.

Budowa gór jest bardzo rozmaita i skomplikowana. Najpospolitsze są góry wyciągnięte w łańcuch, a utworzone wskutek fałdowania się skorupy. W tym wypadku mogą być 1) góry *symetryczne* czyli *dwuboczne*, co znaczy, że na obu zboczach występują warstwy osadowe, spoczywające na trzonie krystalicznym, najczęściej z granitu utworzonym, a który w geosynklinie był właściwym dnem, na którym stopniowo się ułożyły osady, 2) góry *asymetryczne* czyli *jednoboczne*, co znaczy, że skały osadowe na jednym zboczu zostały usunięte przez obsunięcie się granitu, czyli tak zwany *uskok*. W takich górach skały osadowe występują na jednym zboczu, zaś na drugim bezpośrednio od otaczających równin wznoszą się granity. Przykładem gór pierwszego rodzaju są *Alpy*, *Pireneje* i wiele innych, przykładem gór drugiego rodzaju są *Tatry*, których zbocza południowe słowackie nie są przykryte warstwami osadowymi; te ostatnie występują tylko na zboczach północnych, polskich.

Sudety są to góry uskokowe, to znaczy, że utworzyły się skutkiem zapadnięcia się jednej strony, a podniesiona krawędź nad zapadłością stanowi właściwy grzbiet. Tego rodzaju góry niekoniecznie są sfałdowane.

Inny rodzaj gór jest utworzony przez tak zwany *horst*, jak naprzykład *Czarny Las (Schwarzwald)*; tam zapadły się tereny z jednej i drugiej strony, a pasmo górskie stanowi przestrzeń niezapadniętą. Wreszcie mogą być góry, wyrzeźbione przez wody płynące, przeważnie na terenach osadowych, naprzykł. zbocza Jury Szwabskiej (*Rauhe Alb, Saska Szwajcaria, Amby w Abisynji*).

Stąd widać, że nie wszystkie pasma górskie są utworzone z pofałdowanych przez ruchy górotwórcze warstw. Jednak wszystkie *wysokie* góry są pochodzenia fałdowego.

Oprócz łańcuchów górskich są kraje górzyste, niewydłużone w kształcie pasm. Te są przeważnie pochodzenia fałdowego. Trudno tam wysledzić jakiś główny kierunek,

szczyty są tam nagromadzone bezplanowo. Jako przykład krainy górskiej bez łańcuchów może służyć *Armenja*.

§ 35. Ruchy epeirogenetyczne. Ruchy skorupy ziemskiej zachodzą nietylko tam, gdzie się utworzyły lub tworzą w dalszym ciągu góry. Zachodzić one mogą i na wielkich równinach, jednak przyjmują tam inny charakter i prowadzą do innych rezultatów. Zauważono na zasadzie obserwacji niskich równinowych brzegów morskich, a także z zachowania się niektórych rzek, że równiny mogą jużto podnosić się lekko do góry, jużto się obniżać, przyczem układ warstw pozostaje niezmienny czyli poziomy. Zatem w tym wypadku nie zachodzi fałdowanie skorupy ziemskiej we właściwym tego słowa znaczeniu. Takie podnoszenie się, lub opadanie części równin, nazywa się ruchem *epeiro* lub *epirogenetycznym*. Jest to do pewnego stopnia kurczenie się skorupy ziemskiej, przyczem wypiętrzenie lub wgięcie jest o niezmiernie wielkim promieniu.

Wyśledzenie w naturze ruchów epeirogenetycznych jest o wiele trudniejsze, niż ruchów górotwórczych, a to dlatego, że one nie zostawiają żadnych śladów w układzie warstw i dlatego, że nie przejawiają się, jak ruchy górotwórcze, trzęsieniem ziemi. Ruch epirogenetyczny zachodzi niezmiernie wolno i spokojnie bez wstrząsania skorupy.

Najłatwiej wykryć ten ruch można na brzegu morza. Jeżeli jakiś kraj o płytkich brzegach obniża się, to poziom morza w stosunku do niego podnosi się i wskutek tego woda dąży do zalewania niziny nadbrzeżnej. Obecnie takie zjawisko obserwuje się w Holandji; kraj ten przed kilku tysiącami lat nie posiadał jeszcze tam ani wałów ochronnych, a jednak wody morza Północnego nie zalewały go. Obecnie nadbrzeżna równina holenderska leży niżej od poziomu morza i tylko dzięki wyteżonej pracy inżynierów, polegającej na sypaniu wałów ochronnych, ocala się ją od zalania wodą. Gdyby poniszczono tamy i wały, woda zalałaby prawie połowę Holandji. W ciągu ostatnich paru tysięcy lat zatem poziom równiny Holenderskiej uległ obniżeniu.

Dno Bałtyku w zatoce Gdańskiej niedawno jeszcze było wyżej od poziomu morza, obecnie jest już pod wodą. Jednak na nieznacznej głębokości, pod warstwą świeżo

naniesionych piasków, znajdują się pokłady torfu, co świadczy, że dno zatoki było kiedyś pokryte wilgotnymi łąkami i bagnami, lecz niezalewane przez wody morskie (torf tworzy się z mchów *Sphagnum* tylko w wodach słodkich).

Przeciwnie — brzegi Bałtyku na północ od Kłajpedy są dowodem, że tam woda morska stopniowo się cofa od brzegu, zatem tu widać zjawisko odwrotne, czyli podnoszenie się stopniowe równiny kurlandskiej. Pod Lipawą wydmy piaszczyste nad morzem są na tem miejscu, gdzie przed kilkuset laty dochodziło morze.

Rosją północna dostarcza również przykładu cofania się morza pod wpływem podnoszenia się lądu. Teren, zajęty obecnie przez tundrę *Wielką* i *Małoziemielną*, leżącą między ujściem Dwiny a Uralem północnym był niedawno jeszcze dnem morskiem. Muszle i zwierzęta morskie znajduwane są w odległości kilkuset kilometrów od obecnego brzegu morskiego.

Ruchy epirogenetyczne, zachodzące zdala od brzegu morskiego, są daleko trudniejsze do stwierdzenia i wykazania. W tym wypadku, jedynie zachowanie się rzek jest wskaźnikiem tych ruchów. Jeżeli jakaś równina lub jej część podnosi się stopniowo — to rzeki, płynące na tej równinie i uchodzące do morza — również są podnoszone do góry lecz ich ujście pozostaje wciąż na jednym poziomie. Zatem w miarę podnoszenia się równiny, *pochyłość łożysk rzek*, czyli ich *spadek się zwiększa* — co zatem idzie przy podnoszeniu się równiny, *zwiększa się szybkość prądu w rzekach*, wskutek czego *zwiększa się siła erozyjna*, czyli *siła złobienia dna*. Jeżeli po dłuższych, ścisłych obserwacjach nad systematami rzecznych, da się zauważyć, że rzeki coraz energiczniej pracują nad pogłębieniem swego łożyska, że ich brzegi są wyraźnie ustalone i materiały aluwialne nie pozostają w łożysku, ale są wynoszone do ujścia, to można stąd wnioskować, że zachodzi tu ruch *epeirogenetyczny*, *podnoszący* obszar równiny, gdzie leżą środkowe i górne biegi badanych rzek.

Jednak wysokość brzegów i silna erozja dna same przez się jeszcze nie świadczą o ruchach epirogenetycznych. Wszystkie rzeki, płynące po znacznej pochyłości, nawet na terenie zupełnie nieruchomym, szybko złobią sobie

łożyska i ustalają profile i brzegi. Wtedy tylko można przypuszczać istnienie ruchów epirogenetycznych, gdy są pewne dane, że dawniej erozja łożyska w rzece odbywała się wolniej i że zachodzi stopniowe *przyspieszenie* złożeń i coraz silniejszy transport.

Odwrotnie, jeżeli zachodzi opadanie równiny, to środkowy i górny bieg rzek również się obniża, zatem *spadek maleje*, szybkość prądu się zmniejsza; takie rzeki są jakby uśpione, dna ich się nie pogłębiają, wody suną w takich rzekach niepostrzeżenie w brzegach nieustalonych, zarośniętych trawami i wodnemi, których leniwy prąd nie może porwać i unieść. Materiały aluwialne nie są przenoszone do ujścia.

I w tym wypadku „uśpienie erozji dna” jeszcze nie jest dowodem odwrotnego (opadającego) ruchu epirogenetycznego. Trzeba mieć dowody, że dawniej rzeki energiczniej pracowały i że stopniowo ustaje pogłębianie dna i transport. Nasuwa się tu jednak pewna trudność, której niema w wypadku podnoszenia się lądu. Polega ona na tem, że nawet na terenie zupełnie nieruchomym wszystkie rzeki w miarę ustalania swego profilu, tracą siłę erozyjną, zatem trzeba ustalić, że to stopniowe „usypianie” rzeki zachodzi szybciej, niżby wypadało na skutek ustalania profilu¹⁾.

Przykładem rzek pierwszej kategorii (pracujących energicznie) są: *Wilja, Dźwina*, górny brzeg *Dniepru*, drugiej zaś (uśpionych) górny bieg *Niemna, Prypeć*. Stąd można wnioskować, że północna część Litwy historycznej ulega *podnoszeniu*, zaś południowa, *opadaniu*.

Ruchy epirogenetyczne zachodziły w ciągu wszystkich epok geologicznych i one to właśnie w stopniu daleko silniejszym niż ruchy górotwórcze, wpływały na stopniowe zmiany w rozkładzie lądów i mórz. Ogromne obszary również w różnych epokach były zalewane przez morza

¹⁾ Sprawa ewolucji łożysk rzecznych została tu poruszona tylko w związku z geologicznym zagadnieniem ruchów epirogenetycznych. Bardziej szczegółowe roztrząsanie tego zagadnienia, jako nie mającego większego wpływu na stosunki geologiczne, przerasta zakres niniejszej książki.

lub wynurzane z pod wody dzięki tym ruchom. Tak zwana *transgresja* morska na ląd jest właśnie zalewem lądu przez wody morskie, zachodzącym po pewnym okresie wynurzenia.

ROZDZIAŁ IX.

SKUTKI CIEPŁA SŁONECZNEGO.

§ 36. **Rzut oka ogólny.** Z poprzedniego rozdziału widać, że ciepło wnętrza ziemi, jakkolwiek wywiera wpływ bardzo różnorodny i silny, jednak nie *wszędzie* przejawia się na kuli ziemskiej, że zatem bywają obszary, które są poza wpływem tego ciepła, czyli, że żadne zmiany na powierzchni ani we wnętrzu ziemi nie zachodzą pod jego wpływem.

Inaczej się rzecz ma z ciepłem słonecznym. Promienie słoneczne dochodzą *wszędzie* na ziemi w stopniu silniejszym lub słabszym, zatem *wszędzie* da się wykryć ich *bezpośredni* lub *pośredni* wpływ.

Wpływ *bezpośredni* promieni słonecznych polega na nagrzewaniu skorupy ziemskiej, lub obszarów zalanych wodą. To nagrzewanie prowadzi do pewnych zjawisk, jak *rozszerszenie się* skał i ich *zwięźnienie* przy ostyganiu, a to znowu wywołuje rozluźnianie się kryształków i cząsteczek skalnych i rozsypywanie się nawet najtwardszych skał w gruzy.

Rzecz jasna, że niszczenie skał pod wpływem nagrzewania i ostygania zachodzi w stopniu najsilniejszym tam, gdzie wahania temperatury są największe, zatem w krajach o klimacie suchym, niebie pogodnym i silnem promieniowaniu ciepła. Takie kraje, to przeważnie pustynie lub wysokie płaskowzgórza. Tam też odbywa się najsilniejsza destrukcja skał przez *bezpośredni* wpływ słońca.

O wiele silniejsze są skutki *pośrednie* ciepła słonecznego. Od nagrzewania niejednostajnego warstw powietrza powstaje wiatr, a od nagrzewania wody, zwłaszcza w oceanach i morzach, wytwarza się para wodna. Wiatr wpędza parę na lądy, stąd wytwarzają się chmury, które

dają deszcze. Wody lądowe w znacznym stopniu są rezultatem deszczów lub śniegów. One to dopiero w stopniu najsilniejszym wywołują daleko idące zmiany na powierzchni.

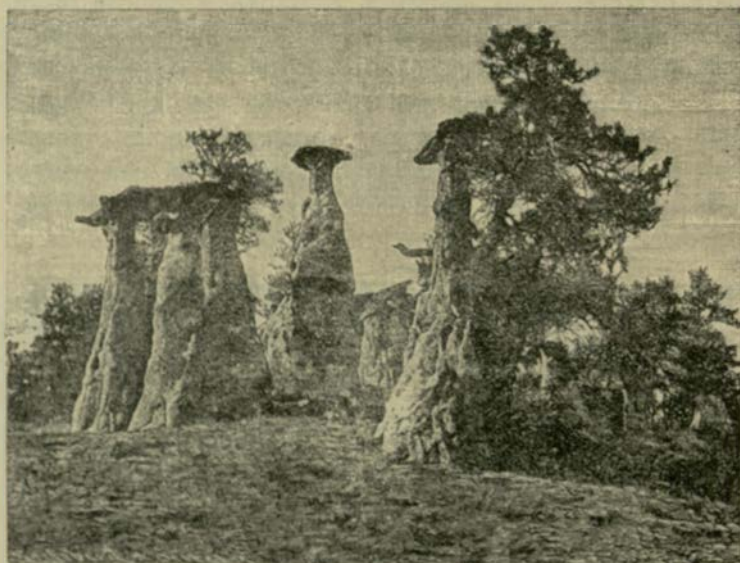
Cały obszar lądów jest zatem pod działaniem już to ciepła, już to wód płynących. Działanie ciepła i zmian temperatury na skały nosi miano *wietrzenia*, zaś wpływ wód płynących lub lodowców nazywa się *erozją i denudacją*.



Przykład zniszczonych przez wietrzenie skał w krajach suchych.

§ 37. Wietrzenie skał. W miejscowościach o klimacie wilgotnym, gdzie powierzchnia porośnięta jest wszelaką roślinnością, wietrzenie skał, jeżeli i zachodzi, to odbywa się wolno i jego skutki są ukryte z powodu silniejszej działalności erozji i denudacji wodnej. Zatem obserwować zjawisko wietrzenia skał w całej pełni można tylko tam, gdzie ani roślinność, ani wody płynące nie przeszkadzają, zatem na pustyniach.

Skały twarde na Sacharze i pustyni Arabskiej pod wpływem wietrzenia przekształcają się, przyjmując najdziwniejsze kształty; niektóre skały stają się podobne do grzyba, inne do piramid, jeszcze inne znowu stają się



Inny rodzaj skał zwietrzałych w kształcie słupów, rozszerzonych na szczycie.



Tak zwane „kominki” czyli zwietrzałe skałki dolomitowe, bardzo pospolite w Tatrach i Alpach dolomitowych.

wydrążone lub z dziurami. Proces wietrzenia bardzo powolny, jednak prowadzi nieuchronnie do tego, że twarde skały na pustyniach rozpadają się na duże odłamy, te ostatnie na drobne, przyczem wytwarza się drobny pył, który jest przenoszony przez wiatr w dalsze okolice i może wytwarzać osady eolskie¹⁾.

Na Sacharze tak zwane *Hammady* są to zniszczone przez wietrzenie skały twarde (przeważnie piaskowcowe). Podobnie zniszczone skały znajdują się w środkowej Azji, a nawet na wyżynie *Utah i Arizona w Ameryce Północnej*.

§ 38. Erozja i denudacja wodna. Daleko silniej na zmiany powierzchni wpływa erozja *wodna* i jej bezpośredni skutek — denudacja. Woda płynąca przede wszystkim łąbi sobie łożysko, przyczem na równinach, gdzie prąd jest zwykle słaby, łożyska rzeczne w wyjątkowych tylko okolicznościach bywają bardzo głębokie. Ogromnie na siłę łąbienia wpływa gatunek skał, po których woda płynie. Ewolucja powierzchni odbywa się w zależności nie tylko od *ilości wód płynących*, ale w stopniu jeszcze silniejszym od *twardości, składu chemicznego i mineralogicznego podłoża*. Inaczej się przekształca powierzchnia granitowa, a wapienna czy piaskowcowa.

W górach, gdzie prąd w rzekach jest większy, przekształcanie się zachodzi szybko, i skutki są bardzo wyraźne. Większość dolin górskich poprzecznych zawdzięcza swe powstanie strumieniom i rzeczkom. W pierwszych chwilach po swem utworzeniu się góry fałdowe nie są porzbijane na oddzielne grupy dolinami, głęboko się wcinającymi w łańcuch. Lecz wody z deszczów i śniegów zaczynają spływać z *wałów* wypiętrzonych, korzystając z najmniejszych naturalnych (utworzonych w czasie fałdowania się) obniżzeń, wcinając się coraz głębiej w zbocza wałów i w ten sposób naturalne obniżenia stopniowo, w zależności od gatunku skał, przekształcają się w doliny poprzeczne. Czasem się zdarza, że z dwóch stron wału górskiego naprzeciw siebie wrzynają się doliny, które

¹⁾ O osadach eolskich patrz w dziale „Skały pochodzenia drugorzędowego”.



Widok kanjonu rzeki Kolorado.

wreszcie pod działaniem wód łączą się ze sobą, wtedy powstaje dolina poprzeczna całkowita, ułatwiająca przejście z jednej strony łańcucha na drugą.

Doliny górskie pochodzenia erozyjnego zwykle bywają o wiele szersze niż strumień, który je wyżłobił. Dzieje się to dlatego, że już to strumień dawniej był obfitszy

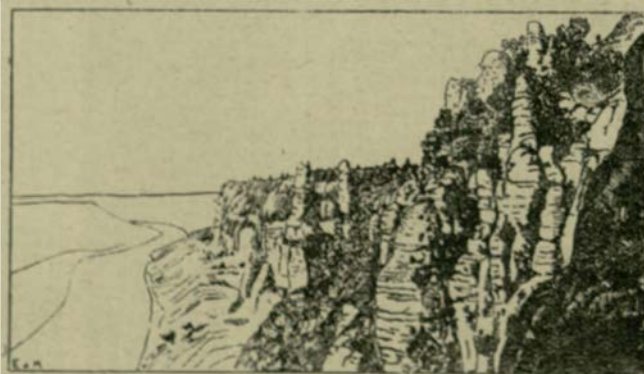


Jedna z grot wapiennych ze stalaktytami (u góry) i stalagmitami (u dołu).

w wodę, już to dlatego, że zbocza doliny są utworzone z materiału, łatwo podlegającego niszczeniu.

Kształt i wygląd dolin górskich jak też i łożysk na terenach bardziej równinowych zależy od gatunku skał. Na gruntach *wapiennych* rzeki złością sobie łożyska głę-

bokie, o zboczach bardzo stromych, urwistych. Niektóre doliny tatrzańskie, jak *Kościeliska*, *Strążyska*, *Za Bramką* i t. d. wyżłobione są w gruncie wapiennym, stąd posiadają bardzo malownicze wysokie zbocza. Nietylko w górach, lecz i na równinach wapiennych rzeki płyną w wysokich prostopadłych brzegach. *Prądnik* pod Ojcowem na wyżynie wapiennej krakowsko-częstochowskiej, tworzy malowniczą dolinę — dopływy lewe *Dniestru* na wyżynie *podolskiej* płyną w wysokich brzegach, tworząc głębokie i wąskie łożyska zwane *jarami*. W południowej Francji rz. *Taru*, dopływ *Garonny*, przepływając przez wapienną wyżynę *Causses*, utworzyła sobie rodzaj *kanjonu*, czyli głą-



Przełom Elby przez piaskowcowe góry Saskie. Prawy brzeg utworzony jest z rozkruszonych piaskowców (*Quadersandstein*).

bokiego o prostopadłych zboczach łożyska. Najwspanialszym przykładem doliny rzecznej na gruncie wapiennym jest kanjon rz. *Kolorado* na wyżynie Kolorado w Stanach Zjednoczonych Am. Półn. Rzeka Kolorado wyżłobiła sobie parów o zboczach zupełnie prawie prostopadłych, wysokich na 1000 — 1500 metrów i wyżej. Stąd widać, że ewolucja płaszczyny wapiennej pod wpływem wód płynących polega głównie na porozcinaniu jej przez głębokie parowy o stromych zboczach.

W gruntach wapiennych, zwłaszcza w wapieniu z epoki jurajskiej, wody zaskórne zawierające w sobie CO_2 (dwutlenek węgla) wypiókują groty i jaskinie. Niektóre z nich mają po parę kilometrów i więcej długości. Woda, sącząca

się ze sklepienia, zawiera rozpuszczony wapień, który tworzy tak zwane „stalaktyty“, czyli sople wapienne wiszące, zaś na dole ze spadających kropel tworzą się „stalagmity“. Groty są w Tatrach (*Mylina* i inne w dolinie Kościeliskiej). Najwspanialsze groty w Europie są na wyżynie Karst.

Inaczej się zachowuje teren *piaskowcowy*. Przykładem tego jest tak zwana „*Saska Szwajcarja*“, czyli miejsce gdzie Elba przecina góry Kruszcowe Saskie. Powierzchnia piaskowca pęka na odosobnione części, tworząc rodzaj baszt i słupów (*Quadersandstein*).



Morskie Oko. Widok na granitowe Tatry Wysokie, mające wysmukłe szczyty.

Tereny *gliniaste* pod wpływem wód płynących przekształcają się w ten sposób, że nigdzie nie tworzą się wysokie brzegi, ponieważ glina nie utrzymuje się, w przeciwieństwie do wapienia, w pozycji zbyt prostopadłej. Brzegi gliniaste są zwykle zaokrąglone, warstwy gliny po silnych deszczach spełzają po pochyłościach górskich, a na równinach brzegi łóżysk nie trwają i złączają.

Ewolucja terenu *granitowego* odbywa się w sposób bardzo charakterystyczny. Naogół zachodzi ona wolno, to też typowe krajobrazy terenów granitowych znajdują

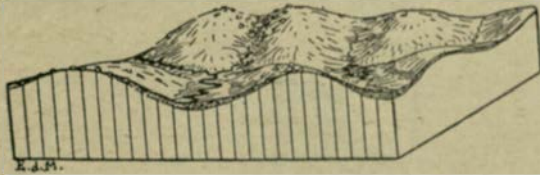
się tam, gdzie tereny te już od bardzo dawna, przez ciąg kilku epok geologicznych są pod wpływem erozji i denudacji. Tereny granitowe młodsze, jak masyw Tatrzański, jeszcze nie miały czasu się przekształcić całkowicie. Granit bowiem jest to skała trwała i uporczywie nie poddająca się niszczeniu.

Ostre, wysmukłe szczyty tatrzańskie w dalekiej przyszłości ulegną ewolucji i Tatry zmienią swój krajobraz, upodabniając się do dzisiejszych okolic granitowych w Bretanii lub środkowej Francji (*Plateau du Morvan*). Tam ewolucja, trwająca oddawna, przekształciła pierwotny krajobraz. Obecnie tereny granitowe o daleko posuniętej ewolucji stanowią tak zwaną typową *penepłenę* czyli *prawie równinę*. Kraj pokryty łagodnie zaokrąglonymi wzgórzami, pomiędzy nimi zaś leżą szerokie i płaskie dolinki o zboczach bardzo pochyłych. Produkty denudacji, czyli odsłonięcia dolnych warstw, wypełniają dolinki. Są to gliny, stąd dna dolinek, przy dostatecznym nawadnianiu, są często zabagnione — ponieważ glina jest trudno przepuszczająca wodę. Rzeki na granitach płyną w łożyskach płaskich o brzegach łagodnie pochyłych.

Tereny utworzone z *łupków krystalicznych* lub zwykłych, jako materiału łatwo ulegającego zniszczeniu i denudacji, przekształcają się szybciej niż obszary granitowe. Jednak czasami łupki bardziej trwale tworzą rodzaj grzbietów dosyć ostrych. Widać to na południu Francji, na wyżynie *Lozère*, gdzie tak zwane *łupki Isniące* (*Schistes luisantes*) tworzą krajobraz dosyć urozmaicony ostremi grzbietami o zboczach dosyć stromych. Sąsiadująca z nimi wyżyna granitowa jest typową dla *penepłeny*.

Erozja i denudacja *lodowcowa* zachodzi na wysokich górach, jednak naogół znaczenie jej dla ewolucji gór i równin jest o wiele mniejsze, niż znaczenie erozji wodnej. Lodowce przy odpowiednim pochyleniu łożbią sobie rodzaj łożysk, po których się zsuwają w doliny, jednak stwierdzono w Alpach i innych wysokich górach, że często pod lodowcem płynie strumień wody, który również ze swej strony przyczynia się do pogłębienia łożyska. Jeżeli lodowiec zsuwa się pomiędzy dwiema górami, zajmując całą przestrzeń między nimi, to boki lodowca trą się o zbocza

gór i dolina nie tylko się pogłębia, lecz też i rozszerza. W przeciwieństwie do dolin górskich pochodzenia wodnego, które, jak to było wyżej zaznaczone, mają formy zależne od materiału skalnego, doliny, wyżłobione przez erozję lodowcową, mają przeważnie w przecięciu formę litery U.



Schemat bardzo silnie zniszczonej przez erozję wyżyny granitowej. Wzgórza są łagodnie zaokrąglone, rzeki płyną w brzegach niskich na gruncie gliniastym i żwirowym.

Lodowce na równinach nie potworzyły widocznych dolin, dlatego, że zajmowały bardzo wielkie przestrzenie. Niż polski i północno-niemiecki były pokryte lodowcami, jednak lodowce tu tylko równały nieco teren poza osadzeniem materiałów morenicznych.

ROZDZIAŁ X.

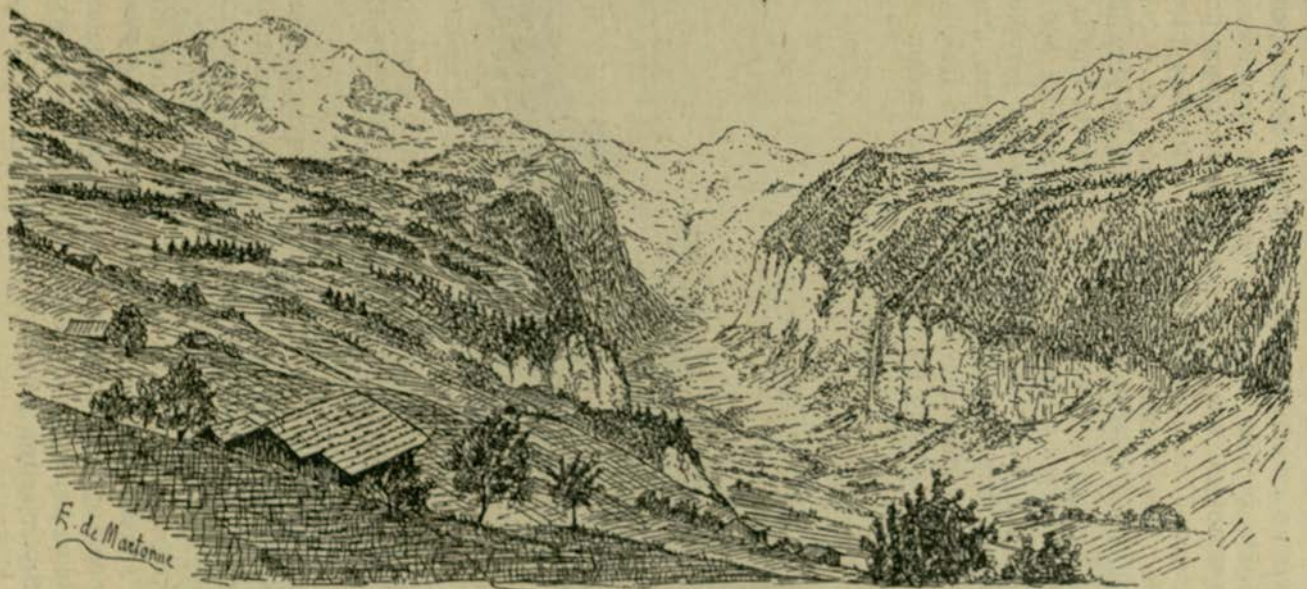
SKUTKI PRZYCIĄGANIA SŁOŃCA I KSIĘŻYCA.

§ 39. Objawy. Objawy przyciągania ziemi przez słońce i księżyc są dwójakiego rodzaju 1) *widoczne i wyraźne*, 2) *niewidoczne*. I jedne i drugie wpływają nieco na ewolucję naszego globu. Objawy *wyraźne*, to *przyplawy i odpływy* w oceanach i niektórych morzach. Objawy niewyraźne, a przynajmniej nie łatwo dające się wykazać, to niedokładnie jeszcze poznane *przyplawy i odpływy płynnej magmy*, znajdującej się pod twardą skorupą ziemską, oraz zmiany w położeniu i kierunku osi ziemskiej, co wpływa na ogrzewanie stref klimatycznych na ziemi.

§ 40. Skutki przyplawów i odpływów wody. Jak wiadomo, morza zamknięte, a przynajmniej połączone wąskim przejściem z oceanem mają tak słabe przyplawy i odpływy, że te ostatnie trudno dadzą się zauważyć,

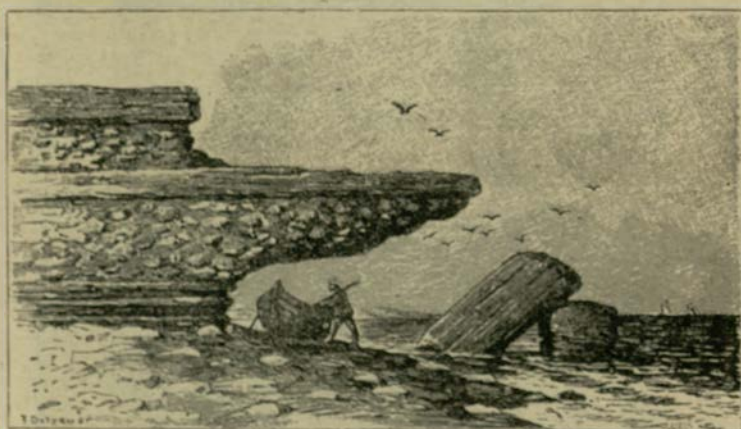


Jeden z większych lodowców alpejskich (Aletsch), płynący wolno z prawej strony ilustracji na lewo. Znać na jego powierzchni pęknięcia i szpary.



Widok jednej z dolin alpejskich, utworzonej przez erozję lodowcową, w czasie gdy lodowce były większe. Obecnie dolina ta jest zupełnie wolną od lodów. (Według E. de Martonne).

przeciwie morza zupełnie otwarte a zwłaszcza oceany mają wyraźne perjodyczne ruchy wody. Skutek geologiczny tych ruchów daje się wyraźnie zauważyć na brzegach wysokich, tam regularnie się powtarzający przypływ wzmacnia *abrazję* morską, czyli niszczenie brzegu przez fale. Nawet podczas zupełnej pogody fale w czasie przypływu silnie uderzają w wysoki brzeg, przyczyniając się tem do jego niszczenia. Obserwować to można na wysokich skalistych brzegach Normandji, Bretanji, północnej Hiszpanji i t. d. Przy brzegach niskich przypływy i odpływy przyczyniają się do spłókiwania osadów drugorzędowych, nagromadzających się przy ujściach rzek, i do bardziej równomiernego ich rozkładu wzdłuż brzegu.

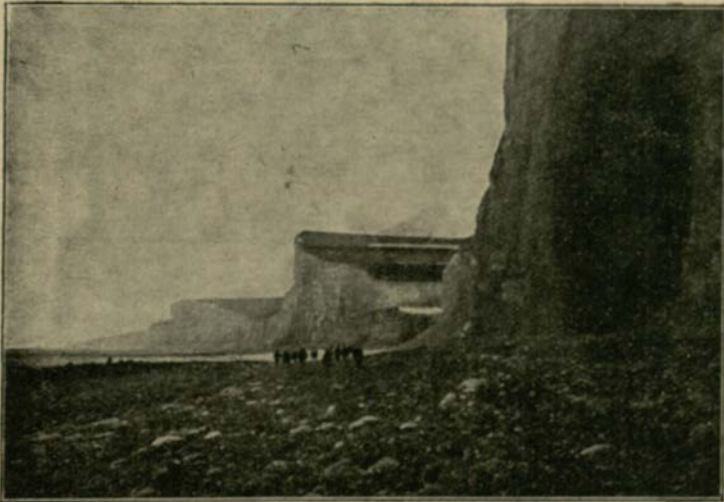


Przykład działania abrazji morskiej. Bardziej miękkie warstwy skał u spodu są silniej niszczone, zaś twardsze tworzą rodzaj daszku, zanim nie runą.

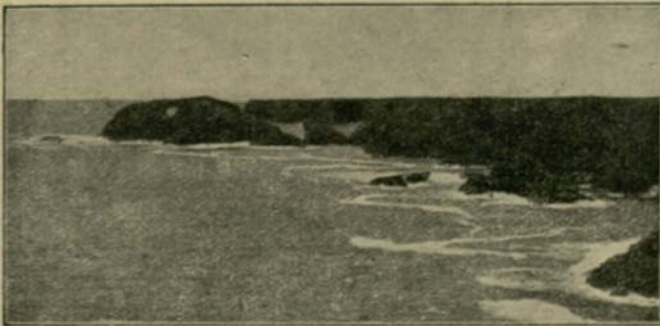
Abrazja morska nie jest wywołana wyłącznie przez przypływy i odpływy. Morza falują skutkiem wiatrów, które biorą swój początek w niejednostajnym nagrzewaniu powietrza.

Abrazja, działająca od tysięcy lat w cieśninie Kalańskiejskiej, stopniowo rozszerza ją, podrywając brzegi Francji a w stopniu jeszcze silniejszym — Anglii południowej. Cała cieśnina jest wytworem abrazji. Dawniej bowiem wyspa Wielka Brytania była połączona z Francją.

§ 41. Skutki ruchów magmy płynnej. Przy obecnym stanie wiedzy kwestja ta nie jest dostatecznie poznana, można jednak mniemać, że ruchy magmy wywierają wpływ na działanie wulkaniczne, trzęsienia ziemi, a także ruchy epeirogenetyczne.



Działanie abrazji na wysokie kredowe wybrzeża Normandji (Francja północno-zachodnia). Między brzegiem a morzem wytwarza się płaszczyna, zawalona rumowiskiem kredowym.



Abrazja przy brzegach skalistych odrywa małe wysepki od lądu.

Skutki zmiany kierunku osi ziemskiej. W astronomji skutek ten zaznacza się zmianą punktów równonocnych i zmianą bieguna niebieskiego — w geologii



Różne rodzaje zjawisk dynamicznych na lądach: 1. Erozyja i denudacja góraska. 2. Wietrzenie skał na pustyniach. 3. Wietrzenie i przenoszenie piasku na pustyniach. 4. Erozyja i denudacja rzeczna. 5. Erozyja w zamkniętych basenach z osadzaniem soli. 6. Osadzanie glinki nawianej skutkiem wietrzenia. 7. Osady dawnych mórz. 8. Erozyja i denudacja lodowców współczesnych. 9. Erozyja i denudacja lodowców czwartorzędowych. 10. Transport materiałów lodowcowych w czwartorzędzie.

bierze się pod uwagę zmianę położenia biegunów ziemskich i równika, a co zatem idzie przemieszczanie stopniowe stref klimatycznych, temperatury wody oraz związanych z tem osadów organicznych i nieorganicznych na dnie mórz i lądów. Dotychczas mało geologów zastanawiało się nad tą sprawą. Należy jednak przypuszczać, że okresy lodowcowe w Europie i Ameryce związane były z przemieszczeniem biegunów ziemskich, wywołanem przyciąganiem przez słońce.

ROZDZIAŁ XI.

SKUTKI RUCHU OBROTOWEGO ZIEMI.

§ 42. Objawy widoczne. Skutkiem ruchu obrotowego ziemi następuje po dniu noc i odwrotnie. Wpływ tych zmian w niektórych okolicach globu jest bardzo doniosły na ewolucję powierzchni. Na pustyniach i wysokich płaskowzgórzach w dzień skały zwłaszcza ciemne, bardzo silnie się nagrzewają, temperatura bowiem dochodzi tam czasem do 50°C , natomiast po zachodzie słońca szybko bardzo się ochładza zwłaszcza na wyniosłych płaskowzgórzach i spada nad ranem do 10°C i niżej. Takie silne wahania są prawie stałym zjawiskiem nie tylko latem lecz i w zimie, z tą tylko różnicą, że w zimie w dzień na słońcu temperatura się podnosi do $+15^{\circ}\text{C}$, w nocy zaś opada czasem do -50°C . Te silne zmiany, jak już poprzednio było zaznaczone, powodują szybkie rozkruszanie się i wietrzenie skał na pustyniach i płaskowzgórzach. Zatem nie tylko same promienie słoneczne, lecz i wahania, spowodowane ruchem obrotowym ziemi, przyczyniają się do przyspieszenia ewolucji globu.

Drugim ważnym skutkiem tego ruchu jest kierunek *passatów*, wiatrów stałych w strefie podzwrotnikowej. Passaty powodują przesuwanie się wydm na Sacharze nie od brzegu w głąb kraju, lecz odwrotnie z północo-wschodu na południowozachód. Prócz tego passaty powodują powstawanie przy zachodnich brzegach Afryki i Ameryki Południowej prądów ciepłych w oceanie. Wpływ tych prądów jest olbrzymi na klimat Ameryki, Europy, Azji wschodniej, nawe

Australji. W znacznej mierze wilgotność powietrza i obfite opady atmosferyczne w pomienionych krajach są spowodowane sąsiedztwem prądów morskich. Obfite opady zasilają rzeki i rzeczki i przyczyniają się do silniejszej erozji i denudacji lądu, zwłaszcza gór, i do osadzania się nowych warstw deutogenicznych w morzach i na wybrzeżach.

STRATYGRAFJA.

ROZDZIAŁ XII.

PODZIAŁ NA OKRESY I EPOKI.

§ 43. Rzut oka ogólny. Po zapoznaniu się ze skałami, czyli materiałem, z którego składa się skorupa ziemska oraz z różnemi zjawiskami, przekształcającemi tę skorupę, należy zastanowić się nad historją naszej planety, z jej stopniowemi przekształceniami.

Kula ziemska w czasach odległych miała zupełnie inny wygląd, — był czas, gdy życie organiczne (rośliny i zwierzęta) jeszcze nie istniało na niej, lądy i morza miały inne zarysy, — później zjawiają się organizmy żyjące, ale zupełnie inne niż współczesne. Trzeba było nieskończenie długiego szeregu wieków, aby ziemia i jej mieszkańcy, skutkiem stopniowego a ciągłego przeobrażania się, stali się takimi, jakimi ich widzimy.

Historja naszej planety zaczyna się właściwie od tej chwili, gdy po okresie ognistopłynnym, skutkiem ostygnięcia wytwarza się pierwsza twarda skorupa, a w zagłębieniach zgromadzają się wody, tworząc pierwsze morza i oceany. Co było przedtem, nauka dotychczas jeszcze nie zupełnie stwierdziła. Istnieją tylko hipotezy, z których najpowszechniejszą są *Kanta—Laplace'a* oraz *Svante Arhenius'a*. Filozof niemiecki i astronom francuski prawie jednocześnie i niezależnie od siebie wyrazili przypuszczenie, że ziemia się oderwała od słońca w czasie, gdy to ostatnie było jeszcze bardziej rozżarzone niż obecnie. Zatem i ziemia początkowo musiała być w stanie rozżarzenia. Niedawno zaś uczony szwedzki wypowiedział pogląd, że w ciemnych

i świecących ciałach niebieskich nagromadzona jest olbrzymia ilość energii pod postacią materji wybuchowych, zawierających w sobie *hel* oraz, prawdopodobnie! hipotetyczny *nabul*, w połączeniu z *węglem* i *metalami*. Ciała te czasem zderzają się ze sobą, wtedy wydobywają się z nich gazy, poruszające się ruchem wichrowym; gazy te zamieniają się następnie w mgławice spiralne. W te mgławice, wskutek ciśnienia promieni przenika od słońca pył kosmiczny, który częściowo i przy kondensacji gazów wytwarza meteory i komety, oraz planety. Według tej hipotezy system słoneczny wytworzył się z materji *obcych*, które przeniknęły do mgławicy spiralnej, i zgęściły dokoła siebie materję mgławicową. Wobec tego zaś, że materje obce mogły przeniknąć z różnych stron, ziemia mogła wytworzyć się z ciał innego pochodzenia niż słońce.

Niezależnie od tego, czy hipoteza *Kanta-Laplace'a*, czy *Svante Arhenius'a* ma więcej prawdopodobieństwa, geologja zajmuje się ziemią dopiero od chwili, gdy już utworzyła się skorupa ziemiska. Od tej chwili zaczyna się okres *archaiczny*. Trwał on niezmiernie długo i przy końcu jego już tworzyły się prawidłowe skały, ponieważ były już morza, zatem mogły się osadzać i przekształcać skały drugorzędowe.

§ 44. Podział na okresy i epoki. Przyjęto obecnie dzielić całą historję ziemi na cztery wielkie okresy zwane *pierwszorzęd*, *drugorzęd*, *trzeciorzęd* i *czwartorzęd*. Okres *archaiczny* i bezpośrednio po nim idący *algonkijski* stanowią wspólnie okres *prakambryjski*. Dopiero przy końcu tego okresu są dane o zjawieniu się zwierząt. Niewątpliwie zwierzęta musiały istnieć i poprzednio, jednak nie pozostało z nich żadnych śladów. Następne epoki już obfitują w rozmaite rośliny i zwierzęta.

Pierwszorzęd:

Epoka kambryjska — zwierząt dużo, roślin dotychczas nie wykryto.

Epoka sylurska — zwierząt dużo, roślin mało.

Epoka dewońska — obfitość zwierząt i roślin.

Epoka węglowa — okres olbrzymich lasów.

Epoka permska — zwierząt i roślin nieco mniej.

Drugorzęd:

<i>Epoka triasowa</i>	}	Obfitość wszelkich zwierząt i roślin.
<i>Epoka jurajska</i>		
<i>Epoka kredowa</i>		

Trzeciorzęd:

<i>Epoka paleogeńska</i>	}	Fauna i flora bardzo bogata.
<i>Epoka neogeńska</i>		

Czwartorzęd:

Epoka dyluwium (pleistocenu) — Flora i fauna podobna do współczesnej.

Epoka aluwium czyli współczesna.

§ 45. Cechy wszystkich epok geologicznych.

Niema żadnych poważnych danych, aby w przybliżeniu nawet określić na lata czy setki, czy nawet tysiące lat czas trwania każdej epoki geologicznej. W historii ludzkości operuje się setkami, najwyżej tysiącami lat, w historii ziemi to są okresy zbyt krótkie, aby mogły wprowadzić jakieś wyraźniejsze zmiany na globie.

W dziale „petrografia” rozpatrzone były różne sposoby tworzenia się warstw skał osadowych, lub metamorficznych. W ciągu epok geologicznych wytworzyły się różne gatunki skał, przyczem niektóre skały tworzyły się tylko w pewnej określonej epoce, inne zaś w różnych epokach, w zależności od tego, czy czynniki, przy pomocy których skały się tworzyły, trwały chwilowo czy ciągle. I tak wszystkie skały pochodzenia *wtórnego* mogły ciągle tworzyć się, ponieważ ich czynniki działały i wciąż działają. Przeciwnie, skały pochodzenia *pierwotnego* tworzyły się w zależności od czynników, działających okresami. Naprzykład niektóre wapienie wytworzyły się ze skorup pierwotniaków (nummulitów) tylko w czasie istnienia tych zwierząt, to samo stosuje się do wapieni ammonitowych, natomiast wapienie koralowe tworzyły się od niepamiętnych czasów i tworzą się nadal, ponieważ koralce przetrwały liczne epoki.

Z petrografji już można było wywnioskować, że na to, aby ze skorupki małych *otwornic* mogła wytworzyć się gruba warstwa wapienia czy kredy, trzeba było bardzo długiego przeciągu czasu. To też epoki geologiczne obli-

czane są w przybliżeniu na setki tysięcy, nawet na miliony lat trwania. Naogół przyjęto uważać, że dawniejsze epoki trwały dłużej, zaś późniejsze krócej.

Każda epoka geologiczna zaznacza się tem, że w ciągu jej trwania na dnie mórz lub oceanów osadzały się te lub inne materiały skalne, tworząc warstwy. Jeżeli zatem nastąpiło później wynurzenie dna morskiego, czyli na miejscu morza, dzięki ruchom *orogennym* czyli górotwórczym, a zwłaszcza *epeirogenetycznym*, utworzył się ląd, to ląd ten utworzony jest z warstw różnych skał, odpowiadających epokom zanurzenia; warstwy z epoki najdawniejszej leżą na dole, są zatem starsze, zaś warstwy wyższe utworzyły się w epokach późniejszych, a więc są młodsze. Jednak zachodzą czasem w miejscowościach silnie zdyktowanych, górskich wyjątki od tej reguły. Zdarza się tam czasem, jak to było już raz zaznaczone, że warstwy później utworzone leżą pod warstwami starszemi. Takie odwrócenie się warstw mogło nastąpić tylko tam, gdzie zaszło gwałtowne fałdowanie się skorupy, zatem niema tego na dużych równinach, gdzie warstwy na ogromnej przestrzeni są ułożone poziomo.

Materiały skalne, pochodzące nawet z tej samej epoki, mogą być rozmaite, zarówno pod względem *petrograficznym*, zatem składać się z rozmaitych skał, jak też i pod względem *paleontologicznym*, to znaczy zawierać rozmaite szczątki zwierzęce lub roślinne w stanie skamieniałym (*skamieliny*). Czasem jednak na wielkich przestrzeniach zarówno gatunek skał jak i skamieliny są jednostajne. W tym ostatnim wypadku mówi się, że *facja* jest ta sama, w pierwszym zaś wypadku, gdy skład osadów i skamieliny są różne, że *facje* są rozmaite. Zwykle w ciągu jednej nawet epoki na dnie mórz osadzają się warstwy o rozmaitych *facjach*, zaś w ciągu epok geologicznych ma się dużą ilość różnych *facji*.

Ponieważ w ciągu jednej epoki morza i oceany miały rozmaite głębokości, więc w zależności od tego osady są rozmaite. W miejscach przybrzeżnych *facja* jest *brzegowa*, dalej znajdują się osady *facji* mórz płytkich, jeszcze dalej *mórz głębokich*. Warstwy *facji* brzegowej często ogromnie się różnią od warstw *facji* głębokiego morza.

Przy brzegach bowiem działają silnie dwa czynniki destrukcyjne i budujące zarazem: *abrazja morska*, zwłaszcza przy brzegu wysokim, która niszcząc i rozbijając brzegi, wytwarza obfity materiał dla tworzenia się nowych warstw *deutogenicznych* (wtórnych), oraz *akumulacja* materiałów erozyjnych i ich osadzanie się przy ujściach rzek pod postacią delt, a nawet dalej od brzegów, dzięki ruchom wody morskiej. Stąd to woda morska przy brzegach nigdy prawie nie bywa zupełnie czysta, zawiera ona sporą ilość *ilu, gliny, piasku, wapienia rozartego, zlepieńców* i innych materiałów, pochodzących z lądu. W takiej wodzie rozwijają się specjalne organizmy, inne zaś wcale żyć nie mogą. *Korale* na przykład nie znoszą zmaconej wody z domieszką wody rzecznej. Zatem przy brzegu nigdy nie rozwijają się korale, trzymają się one w pewnej odległości od tego ostatniego, przeciwnie, niektóre *małże*, oraz *ramienionogi* doskonale się czują przy brzegu. Stąd można wnioskować, że facja brzegowa odznacza się obecnością materiału skalnego, pochodzącego ze zniszczonego lądu, natomiast brak tam osadów wapiennych koralowych i wogóle skał pochodzenia pierwotnego.

Przeciwnie facja *wód głębokich* odznacza się prawie zupełnym brakiem osadów deutogenicznych, tylko drobna glina czerwona lub zielona w bardzo małych ilościach osadza się i to przeważnie w okolicach chłodnych. W czystszej cieplej wodzie (na niezbyt znacznych głębokościach) rozwijają się korale i inne organizmy, wydzielające wapień, w wodach chłodnych zwierzęta krzemowe, — zatem zdala od lądów przeważają osady organiczne *protogeniczne*. Lecz nie tylko głębokość wody wpływa na fację, w stopniu jeszcze silniejszym działa *temperatura* wody. Zatem bywa facja *mórz chłodnych i ciepłych*. Słoność wody również ma swe znaczenie; niektóre zwierzęta morskie nie znoszą wody lądowej — lub odwrotnie zwierzęta słodkowodne nie mogą żyć w wodach słonych, zatem są facje *słodko* i *słonowodne*.

Mikroskopijne glony *okrzemki* najlepiej rozwijają się w wodach niezbyt słonych, które są w strefach polarnych, przeciwnie organizmy wapienne wolą słoną wodę.

Z działu petrograficznego już było widać, że zwierzęta o szkielecie krzemowym trzymają się przeważnie mórz o temperaturze chłodnej (-2°C do $+10^{\circ}\text{C}$), zatem facja wód chłodnych w ciągu jednej epoki różni się znacznie od facji mórz ciepłych ($+10^{\circ}\text{C}$ do $+26^{\circ}\text{C}$), gdzie tworzą się w stopniu daleko silniejszym osady wapienne, dzięki temu, że tam zwierzęta wapienne silniej się rozwijają. Tak na przykład przy badaniu osadów wykrycie raf koralowych jest wystarczające, aby te osady zaliczyć do facji płytkich mórz ciepłych.

Ammonity, zwierzęta niezmiernie rozpowszechnione w końcu pierwszorzędu, a zwłaszcza w ciągu całego drugorzędu, trzymały się mórz głębokich, otwartych, zwykle dalej od brzegów. Zatem obecność ammonitów w warstwach badanych, pozwala zaliczać je do facji głębokowodnej. Osady z okrzemkami i radjolarjami zaliczane są do facji chłodnych mórz głębokich. W ten sposób na zasadzie gatunku skał oraz zawartości w nich resztek organicznych, i przez porównywanie z formami zwierzęcymi współczesnymi, oraz ich miejscem występowania — można z pewną dozą prawdopodobieństwa określić warunki, w jakich warstwy badane tworzyły się.

Na lądach w ciągu różnych epok również tworzyły się osady, inne wprawdzie niż w morzach. W wodach lądowych żyły zwierzęta słodkowodne, zaś w pobliżu rzek i jezior w bagnach — ziemnowodne.

Poczynając od epoki *sylurskiej* na lądach zaczęła rozwijać się roślinność leśna, która zwłaszcza w epoce węglowej doszła do olbrzymich rozmiarów i przyczyniła się do wytworzenia pewnego rodzaju osadów pochodzenia organicznego. Materiał drzewny osadzał się, tworząc warstwy *węgla kamiennego*¹⁾. Zwierzęta lądowe na ogół nie przyczyniły się do wytwarzania osadów na lądach. Przeciwnie, skały pochodzenia nieorganicznego są bardzo rozpowszechnione. Zwłaszcza utwory *eolskie*, osady *lodowcowe*, skały pochodzenia *chemicznego*, jak *gips* lub *sól*, *ity słodkowodne*, i t. p. osady, wytworzone bez udziału wód

¹⁾ Szczegółowiej o węglu kamiennym będzie podane w rozdziale o epoce węglowej.

morskich, znajduwane pod warstwami osadów morskich, świadczą o czasowym wynurzeniu lądu i późniejszym ponownym zalaniu.

Lądy często były zalewane przez wody morskie — wtedy osady morskie tworzyły się na osadach pochodzenia lądowego. Facje tych osadów mocno się różnią, i stąd można wywnioskować, kiedy nastąpiło zalanie lądu. Bywa też odwrotnie, że po pewnym okresie morskim ląd się wynurza i na jego powierzchni osadzają się warstwy skał pochodzenia lądowego, jak piaski i glinki nawiane, osady słodkowodne, i t. p. Zjawia się fauna lądowa, zatem w tym wypadku można określić, kiedy nastąpiło podniesienie dna i cofnięcie się morza. Zatem facje bywają rozmaite nie tylko na przestrzeni poziomej, lecz też przy badaniu warstw w kierunku pionowym.

Jeżeli dwa obszary lądowe były przez pewien czas pod wodą, następnie jeden z nich się wyłonił i stał się lądem w ciągu pewnej epoki, drugi zaś pozostawał wciąż pod wodą, następnie i ten pierwszy został ponownie zalany, to przy badaniu warstw w kierunku pionowym jednego i drugiego, można zauważyć, że ten ląd, który *nie wyłaniał się* w ciągu żadnej epoki, utworzony jest z warstw ciągłych, pochodzących ze wszystkich epok, w ciągu których był zalany, zatem tam jest cały komplet warstw, ułożonych jedna na drugiej w ciągu okresu zalania, ten zaś ląd, który *wyłonił się* na przeciąg jednej epoki, ma lukę w swych warstwach, brakuje mu bowiem warstwy, odpowiadającej czasowi wynurzenia, — zamiast niej może być warstwa pochodzenia lądowego o zupełnie innym wyglądzie i cechach, zatem innej facji, najczęściej jednak okres wynurzenia nie jest okresem tworzenia się warstwy lądowego pochodzenia, a to dlatego, że w ciągu epoki, gdy ląd był wynurzony, *erozja i denudacja* pracowały silnie nad tem, aby zmyć i usunąć z powierzchni wynurzonego lądu nie tylko osady pochodzenia lądowego, ale nawet i warstwy górne pochodzenia morskiego. Jako skutek działania erozji i denudacji jest to, że przy badaniu warstw lądu, który się wynurzył na przeciąg *jednej* epoki, okazuje się czasem, że mu brakuje dwóch warstw, odpowiadają-

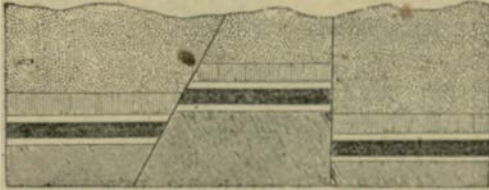
cych *dwóm* epokom, to znaczy tej, w ciągu której ląd był wynurzony, i poprzedniej, gdy był jeszcze pod wodą. W tym wypadku nietylko osady lądowe, jakie mogły się utworzyć, zostały spłókanę przez czynniki atmosferyczne, lecz też i warstwa pochodzenia morskiego. Bywają przykłady, że erozja i denudacja tylko w niektórych miejscach, gdzie warstwa osadowa jest cienka, zdołała ją spłókać, w innych zaś, gdzie jest grubsza, zostały jej resztki. Zatem na podstawie *braku* jakichkolwiek warstw i przerwy w ciągłości sedymentacji *nie można* sądzić o tem, jak długo ląd był wynurzony. Taka przerwa czyli brak pewnych warstw świadczy jednak o czasowem wynurzeniu, czyli o *stadjum lądowem*. Ponowne zalanie przez wody morskie lądu nazywa się *transgresją* morza.

Jeżeli w ciągu stadjum lądowego, ląd dany został zdzłokowany, i warstwy jego uległy pofałdowaniu i pogięciu, następnie czynniki atmosferyczne, w pierwszym rzędzie wody płynące, nieco zrównały nierówno pofałdowaną powierzchnię, i wtedy zaszła transgresja morska, to nowe warstwy układają się *poziomo* na *podstawie* czyli *substratum* pofałdowanem. Takie warstwy poziome leżą *niezgodnie* na warstwach zdzłokowanych. Niezgodność warstw jest też dowodem, że dany ląd w pewnym momencie był wynurzony i następnie ponownie zalany przez wody. Wtedy łatwo jest ustalić, kiedy zaszło wynurzenie i następnie transgresja wód morskich. Jeżeli ruchy górotwórcze powtórzyły się po osadzeniu górnych warstw niezgodnie ułożonych na substratum zdzłokowanem, to wtedy to substratum jest *podwójnie* (powtórnie) zdzłokowane, ale i warstwy transgredujące na niem również uległy zdzłokowaniu, i wtedy jest o wiele trudniej ustalić moment wynurzenia i transgresji.

Jeżeli zaś warstwy wynurzone ani w czasie stadjum lądowego, ani przedtem nie uległy ruchom dyzlokującym i zachowały nienaruszony swój układ poziomy, i wtedy zaszła transgresja, to nowe górne warstwy układają się *zgodnie* na substratum starszem. Wtedy też dosyć trudno na pierwszy rzut oka wykazać, gdzie się kończą warstwy starsze w układzie pionowym, a gdzie zaczyna się warstwa młodsza transgredująca. Jedynie porównywanie facji dol-

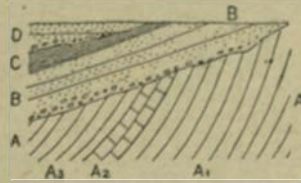
nych i górnych warstw może wykazać, gdzie jest przerwa, to jest gdzie powinna być warstwa brakująca.

W chwili zalewania lądu, wynurzonego przez transgresję morską, wody morskie dokonywują abrazji i denudacji morskiej, zatem w pierwszej chwili po zalaniu na dnie



Schemat pęknięć i obsunięć gruntu. Część środkowa warstw pozostała wyższą, zaś boczne uległy obniżeniu.

osadzają się przeważnie warstwy *drugorzędowe* (deutogeniczne), jako materiały, zaczerpnięte z lądu zalanego, *piaski, ropy, zlepionce, konglomeraty* itd., natomiast skały pierwotne są na razie rzadkie, lub też brak ich zupełny. Po pewnym



Schemat warstw podłoża, które uległo dyzlokacji. Na niem spoczywają niezgodnie warstwy transgresyjne 1) poziomo ułożone, 2) przechylone, na których spoczywa warstwa drugiej transgresji.

czasie jednak, gdy wody stają się głębsze i czystsze, zjawiają się w nich organizmy roślinne i zwierzęce, a wtedy na warstwie osadów drugorzędowych tworzą się warstwy *pierwszorzędowe* (protogeniczne) piaskowce, wapienie, lub ich mieszanina z gliną (margle). Zatem, obserwując warstwy transgredujące na podłożu starszym, można na zasadzie facji osadów, pochodzenia miejscowego, zauważyć granicę pomiędzy nimi.

Jednak najpewniejszy sposób określania wieku warstw, jest to wyszukanie w nich resztek organizmów. I tak okres *pierwszorzędowy* zaznaczony jest w swych *dolnych* warstwach obecnością *trylobitów*, należących do grupy *skoru-*

piaków, w górnych zaś, pewnymi gatunkami *ramienionogów*, oraz *głownogów*; okres *drugorzędowy*, to era *ammonitów* (głownogi) w morzu i *gadów* wszędzie. W okresie *trzeciorzędowym* ammonitów niema wcale, zato *ślimaki*, *małże* i *otwornice* (pierwotniaki) w morzach są bardzo liczne. Zdarza się czasem, że w warstwach młodszych przypadkowo znajdzie się skamielina z epoki dawniejszej. Jest to spowodowane tem, że w chwili transgresji naprzykład trzeciorzędu na warstwy z drugorzędu, fale morskie porwały kawałek skały ze skamieliną z drugorzędu i osadziły ją w warstwach dolnych trzeciorzędu. Rzecz jasna, że podobny wypadek nie może mieć miejsca, gdy niema przerwy w sedimentacji.



Warstwy wapienne, transgredujące na podłożu (substratum) granitowem.

Przy badaniach osadów, pochodzących z jednej epoki, można często zauważyć, jak o tem już było wzmiankowane, znaczne różnice facji w poszczególnych miejscach. Te różnice prowadzą często do pojęcia „*provincji geologicznych*”. Takie prowincje dadzą się wykazać nie we wszystkich epokach. Są mianowicie osady, pochodzące z niektórych epok (sylur), gdzie różnice występują tak nieznaczne w facjach, że można mniemać, iż podczas tej epoki wa-

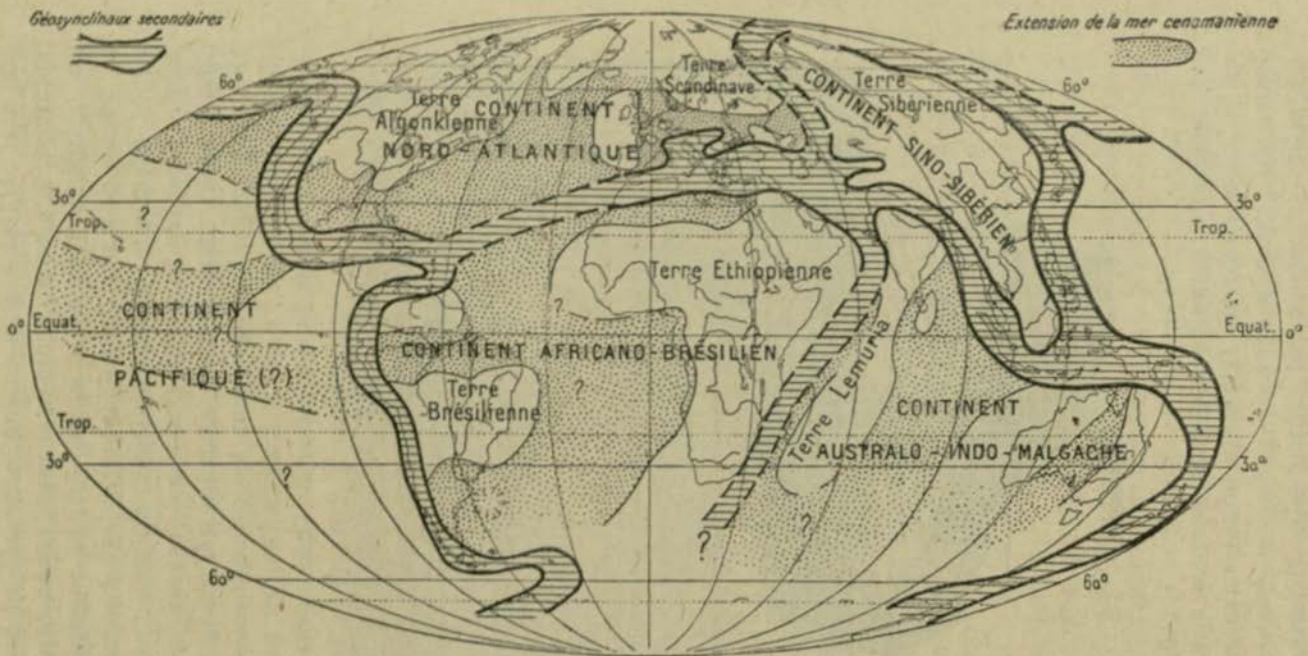
runki sedymentacji były bardzo jednostajne na całym globie. Przeciwnie, w innych epokach warunki były bardzo rozmaite, wskutek czego utworzyły się różne facje. Są zatem prowincje *borealne* czyli *podbiegunowe*, prowincje *wód ciepłych*, itd.



Przekrój sfałdowanych warstw uskoku. Strona lewa obsunęła się niżej.

Na zasadzie gatunku zwierząt, przeważających w różnych epokach, oraz porównywania z formami współczesnymi, można często mniemać o klimacie epok ubiegłych. W niektórych osadach stwierdzono obecność materiałów lodowcowych, co pozwala przypuszczać o klimacie chłodnym, a nawet zlodowaceniu w danej epoce. Różne dane o klimacie dowodzą, że klimat epok ubiegłych ulegał rozmaitym wahaniom, przyczem *nie można* z tych danych sądzić, aby od epoki kambryjskiej stopniowo się ochładzał, przeciwnie, są dane, że właśnie w tej epoce był chłodniejszy, niż w niektórych następnych.

Ponieważ ruchy górotwórcze i epirogenetyczne zachodziły od najdawniejszych czasów, więc kształt i wielkość lądów stopniowo się zmieniały, odpowiednio do tego zmieniały się zarysy oceanów i mórz. Mapa lądów i wód morskich z okresu pierwszorzędu, drugorzędu, a nawet trzeciorzędu, wygląda zupełnie inaczej, niż mapa lądów z epoki współczesnej. Należy jednak brać pod uwagę, że ustalić dokładnie kształty lądów w epokach ubiegłych jest rzeczą bardzo trudną i można to zrobić tylko w przybliżeniu. Zatem tylko do pewnego stopnia można przyjąć, jako pra-



Mapka lądów w drugorzędzie. 1) Continent nord-atlantique — Ląd północno-atlantyki. 2) Continent africano-bresilien — Ląd afryk.-brazylijski. 3) Continent sino-siberien — Ląd chińsko-syberyjski. 4) Continent australo-indo-malgache — Ląd australijsko-ind.-madagaskarski. — 5) Continent pacifique? — Ląd pacyficzny? — Geosynclinaux secondaires — Geosynkliny drugorzędowe (według E. Hauga).

wie dowiedzione, że w ubiegłych epokach, a przynajmniej do końca epoki kredowej, istniały następujące lądy.

Ląd północno-atlantycki, z którego pozostały jako resztki: *Labrador*, *Grenlandja* i *Irlandja*.

Ląd fińsko-skandynawski, czasowo łączący się w jedną całość z poprzednim, w skład jego wchodziły między innymi *Finlandja*, wschodnia część *Skandynawji*.

Ląd chińsko-syberyjski, który stosunkowo dobrze się zachował, jako *Chiny* i część wschodniej *Syberji*.

Ląd australijsko-indyjsko-madagaskarski; *Australja*, *Indje* i *Madagaskar* są jego resztką, pozostałe części zostały zalane morzem.

Ląd afrykańsko-brazylijski, obejmujący złączone wówczas w jedną całość: *Afrykę* środkową i południową oraz *Brazylię*.

Stąd widać, że dawne lądy w niczem nie przypominają współczesnych, że nawet rozkawałkowane skutkiem zalania poszczególnych ich części przez wodę, poprzymasowały do innych obszarów. I tak *Dekan*, część lądu afrykańsko-indyjsko-madagaskarskiego, dawniej połączony z Australją, chwilowo był wyspą, aby następnie złączyć się z lądem Azji, przez zasypanie materiałem rzeczonym cieśniny morskiej. (Patrz str. 32).

Różne czynniki ewolucji globu, jak ruchy epirogenetyczne i orogenetyczne, erozja i denudacja, abrazja i wulkanizm, a nawet zmiany klimatu oraz proces sedymentacji, pracowały od najdawniejszych czasów nad tworzeniem nowego materiału skalnego, oraz niszczeniem staro i jego przerabianiem, aby wciąż zmieniać *oblicze* ziemi i wreszcie z jej pierwotnego stanu doprowadzić do wyglądu obecnego.

ROZDZIAŁ XIII.

OKRES PRAKAMBRYJSKI.

§ 46. **Cechy ogólne.** Okres ten przyjęto dzielić, jak to było już zaznaczone, na dwie epoki.

Pierwsza—*archaiczna*, druga—*algonkińska*. Okres prakambryjski dawniej uważano za czas, kiedy jeszcze

żadne istoty żywe nie istniały na świecie. Zatem utwory z tego okresu są to przeważnie skały ogniowe lub metamorficzne. W ostatnich jednak czasach znaleziono faunę w utworach prakambryjskich, zatem i wtedy życie już się rozwijało. Okres ten obfitował w ruchy górotwórcze, więc wszystkie skały, utworzone wtedy, uległy połamaniu lub pofałdowaniu. Przy fałdowaniu się gór zachodziły w wielu miejscach transgresje morskie, zwłaszcza wtedy, gdy góry zostały przez erozję i denudację zniszczone i obniżone. Osady późniejsze spoczywają zatem niezgodnie na miejscu gór dawnych.

§ 47. Epoka archaiczna. Warstwy skorupy ziemskiej, pochodzące z tej epoki, to przeważnie skały ogniowe lub silnie zmetamorfizowane. Dolnej granicy tych warstw niema, bowiem wszystko, co tylko jest najstarsze na skorupie, może być zaliczone do skał archaicznych. Górna granica również jest trudna do ustalenia, ze względu na zupełny brak skamieniałości.

Gatunki skał. W większości krajów, gdzie skały archaiczne są odsłonięte, naprzykład przez działanie sił niszczących, zwłaszcza *wód płynących, lodowców, oraz ruchów górotwórczych*, skały te to *granity, sienity, diabazy, dioryty, gnejsy, łupki krystaliczne mikowe*; jednak w niektórych miejscach obok tych skał ogniowych i metamorficznych, występują także *łupki niekrystaliczne, kwarcyty i konglomeraty*, które są skałami osadowymi, lecz uległy zupełnej lub częściowej metamorfizacji.

W warstwach dolnego kambru, czyli w skałach osadowych czasem trafiają się skały ogniowe z epoki archaicznej. Skały te to *diabazy, riolity i andezyty*, które też pod wpływem metamorfizmu i ściskania uległy zmianom. Jednak należy zaznaczyć, że bynajmniej niewszystkie skały krystaliczne pochodzą z epoki archaicznej. Niektóre się wytworzyły w epokach późniejszych.

Ślady organiczne. W warstwach gnejsów i łupków mikowych archaicznych często się znajdują cienkie warstewki *wapienne*, jednak w nich nigdy nie znaleziono skamieniałości. Tak zwany *Eozoon canadense*, czyli warstewki wapienia i piroksenu, znaleziony w Kanadzie, obecnie uważany jest za materiał pochodzenia nieorganicznego.

W Finlandji znaleziono w łupkach archaicznych substancję węglową niewiadomego pochodzenia.

Rozprzestrzenienie geograficzne skał archaicznych. W Europie skały archaiczne występują w wielu miejscach. *Płyta czarnomorska*, obejmująca południowo-wschodnią część Polski, Wołyń, Podole, Ukrainę prawo i lewobrzeżną, utworzona jest ze skał krystalicznych. Ogromne obszary skał archaicznych znajdują się w *Finlandji*, *Karelii*, *półwyspie Kola*, oraz na półwyspie *Skandynawskim*, na wyspach *Hebrydzkich* w *Szkocji*, północnej *Irlandji* i t. d. W górach *Pirenejskich*, *Alpach*, *Tatrach* i t. d. granity, jak o tem kilkakrotnie było mówione, stanowią masyw środkowy. Granity te i gnejsy im towarzyszące zaliczane są do skał archaicznych. Po za Europą skały archaiczne są bardzo rozpowszechnione w *Ameryce Północnej*, dookoła zatoki *Hudsonskiej*, oraz w sąsiedztwie wielkich jezior kanadyjskich i w wielu innych miejscach. Fundament *kañjonu Kolorado* utworzony jest z gnejsów archaicznych. W Azji *Chiny północne* mają formacje archaiczne i t. d.

§ 48. **Epoka algonkieńska.** Trudno jest ustalić wyraźną granicę pomiędzy utworami z tych epok, również niewszędzie można zauważyć rozgraniczenie górnego algonkienu i dolnego kambriu czyli osadów, pochodzących z początku epoki kambryjskiej.

Gatunki skał. Skały osadowe nawet wcale nie-zmetamorfizowane są pospolite. Jednak są to prawie wyłącznie skały deutogeniczne, jak naprz. konglomeraty. Kwarcyty i łupki pochodzenia gliniastego są liczne. Rzecz bardzo charakterystyczna, że osady algonkieńskie spoczywają niejednostajnie na podłożu archaicznem, w niektórych miejscach zgodnie, w innych niezgodnie. Tylko w tym ostatnim wypadku osady czasem nie uległy metamorfizmowi, i to tam gdzie nie zostały połałdowane.

Skały osadowe z tej epoki w wielu miejscach są przerywane wylewami skał wulkanicznych, jak riolitów, porfiryków, bazaltów i t. d. Są też skały wulkaniczne.

Resztki organiczne. W przeciwieństwie do osadów z poprzedniej epoki, osady z algonkienu zawierają niewątpliwe resztki organizmów. W Finlandji znaleziono

warstwy węgla, zwanego „szungit“, pochodzenie którego jednak nie jest wyświetlone. We Francji w warstwach z algonkienu znaleziono szkieleciki promienic i gąbek krzemowych. W innych miejscach stwierdzono istnienie robaków, nawet skorupiaków i innych zwierząt.

Rozprzestrzenienie geograficzne. W Europie północnej osady algonkieńskie zajmują najznaczniejsze obszary, w *Finlandji, Szwecji, Szkocji północnej, Anglii, Irlandji* tu i owdzie we *Francji, w Niemczech, w Czechach*. W innych krajach te osady są bardzo rozpowszechnione: w Ameryce Północnej w okolicach *Wielkich jezior, w kańjonie Kolorado* i t. d. w Chinach, w Syberji środkowej.

Cechy ogólne. W ciągu epoki algonkieńskiej klimat był zimny. Świadczą o tem znalezione w Ameryce Północnej gliny lodowcowe. Łądy ówczesne częściowo pokryte były lodami, które pozostawiły po sobie moreny denne.

Podczas niezmiernie długo trwającej epoki algonkieńskiej zachodziły kilkakrotnie silne ruchy górotwórcze, przy czem wypiętrzył się potężny łańcuch górski z zachodu na wschód, który łączył ówczesne okolice Wielkich jezior z północną Europą (*Łańcuch Huroński*). Oprócz tego łańcucha, resztki którego można obserwować jeszcze w zdzylokowanych warstwach w *Kanadzie*, na wyspach *Hebrydzkich* i *Lofoteńskich*, wytworzyły się inne łańcuchy w Skandynawji i Finlandji. Wogóle tereny algonkieńskie są silnie sfałdowane. W Azji okolice zdzylokowane jeziora Bajkałskiego pochodzą z tej samej epoki.

ROZDZIAŁ XIV.

EPOKA KAMBRYJSKA.

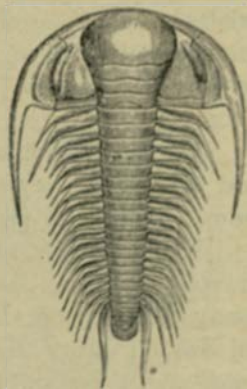
§ 49. **Życie organiczne.** Jak to już było wyżej zaznaczone, początkowo przypuszczano, że zwierzęta zjawiły się dopiero w epoce kambryjskiej. Obecnie już ten pogląd jest zarzucony. Jednak w porównaniu z poprzednimi epokami, epoka kambryjska odznacza się daleko bogatszą fauną. Zjawiają się takie zwierzęta, jak *otwornice, gąbki, jamochłony, ramienionogi, mięczaki* są bardzo liczne

oraz najważniejsze *skorupiaki*, których rodzaj *trylobity* jest najbardziej charakterystyczną skamieliną dla epoki. (*Agnostus*, *Paradoxides* etc.).

Ani *kregowców*, ani *roślin* nie znaleziono dotychczas w warstwach kambryjskich.

§ 50. Gatunki osadów. Cechą zasadniczą osadów tej epoki jest to, że tworzyły się wtedy przeważnie skały *włórne* (piaski, konglomeraty, formacje lodowcowe), skały łupkowe, kwarcyty, piaskowce, natomiast wapienie są bardzo rzadkie.

§ 51. Rozprzestrzenienie geograficzne. W Polsce osady kambru są znane w *górach Świętokrzyskich* jako kwarcyty, łupki, piaskowce; w *Mińszczyźnie (Kawanicze)*, jako piaskowce. Najwyższy szczyt w górach Świętokrzyskich góra *Lysica*, utworzona jest z kwarcytów kambryjskich, które są mocno zdyzlokowane skutkiem ruchów górotwórczych. Poza tem w Europie formacje kambryjskie są znane dokoła północnej części morza Bałtyckiego, na półwyspie Skandynawskim, w Szkocji, w Walji; na lądzie Europy: na półwyspie Bretońskim, w Ardennach, środkowych Niemczech, w Czechach, południowej Francji itd.; w innych częściach świata osady kambru są zbadane w Ameryce-Północnej, Syberji, Chinach, Korei, Indjach, w Australji, Ameryce Południowej i Afryce.



Trylobit *Paradoxides spinosus* z łupków środkowokambryjskich.

§ 52. Cechy ogólne epoki kambryjskiej. Wobec znalezienia w kilku miejscach materiałów morenicznego (lodowcowego) pochodzenia, oraz wobec stwierdzenia faktu, że w osadach kambryjskich wapienie grają bardzo nieznaczną rolę, uczeni doszli do wniosku, że w ciągu tej epoki klimat był, jeżeli niewszędzie, to w każdym razie w wielu miejscach na ziemi, chłodny. Z działu „Petrografia“ widać było, że osady wapienne tworzą się przeważnie w wodach ciepłych, otóż ich brak lub słaby rozwój

uważany jest jako dowód na korzyść poglądu o klimacie chłodnym.

W ciągu epoki kambryjskiej, w przeciwieństwie do tego, co było poprzednio, ruchy górotwórcze wcale nie zachodziły. Osady kambryjskie wszędzie spoczywają na sobie *zgodnie*, nie znąc żadnych dyzlokacji i tworzenia się nowych łańcuchów. Jednak niewszędzie morza trwały w ciągu całej epoki. W niektórych miejscach zachodziło częściowe lub czasowe wynurzenie, skutkiem czego warstwy kambryjskie są transgredujące. Jeżeli transgresja zachodziła na podłoże prakambryjskie, to osady kambru leżą na niem zwykle niezgodnie, wobec tego, że to starsze podłoże zwykle jest silnie sfałdowane i zrównane przez działanie erozji i denudacji. Jeżeli zaś osady górnego kambru transgredują na warstwy dolnego — to niezgodności zwykle niema. Działalność wulkaniczna była wtedy słaba.

Warstwy kambru w g. Świętokrzyskich przerywane są pod Iwaniskami wylewami skał ogniowych (lamprofirów), jednak wylewy te musiały zajść znacznie później.

Rozkład mórz i lądów nie jest dostatecznie poznany. Przypuszcza się istnienie *geosynkliny północnej*, gdzie osady kambru wykazują fację głębokowodną, a obejmującej Szkocję i góry Skandynawskie, oraz *geosynkliny Europy środkowej*, przechodzącej przez Ardenny, środkowe Niemcy i kończące się górami Świętokrzyskimi w Polsce.

ROZDZIAŁ XV.

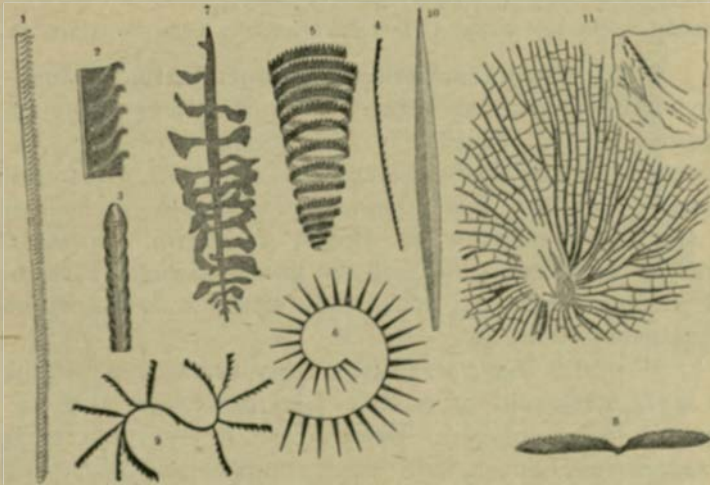
EPOKA SYLURSKA.

§ 53. Życie organiczne. W przeciwieństwie do epoki kambryjskiej w sylurze już zachowały się resztki roślin, zarówno morskich (*glony ze szkieletami wapiennymi*), jak też i lądowych (*skrzypy*). Co się tyczy zwierząt, to te są bardzo rozpowszechnione. Wszystkie grupy bezkręgowców, mających szkielet lub skorupę, lub też dających odbitki na skałach osadowych, są znane. Różnica, rzucająca się w oczy, przy porównywaniu fauny kambryjskiej z sylurską, polega na tem, że w tej ostatniej epoce zjawia

się ogromna ilość zwierząt, tworzących sobie szkielet lub skorupę z wapienia. Świadczy to, że klimat stał się wtedy cieplejszy, niż w epoce ubiegłej. Dotychczas jednak nieznane są powody zmiany klimatu.

Jakkolwiek bogate jest życie organiczne i dużo zwierząt rozwija się w morzach sylurskich, jednak dla znajomości warstw geologicznych tej epoki i porównywania ich z warstwami w innych krajach, najważniejsze są dwa gatunki zwierząt zupełnie różnych.

Pierwszy gatunek należy do grupy *jamochłonów* (*Coelenterata*). Są to niezmiernie rozpowszechnione w sylurze drobne, planktoniczne zwierzątka, zwane *graptolity*. Zamieszkiwały one wtedy wszystkie morza, zarówno w okolicach podbiegunowych, jak podrównikowych.



Rozmaite *graptolity* z łupków sylurskich.

Drugi gatunek zwierząt należy do grupy *skorupiaków* (*Crustacea*). Są to już poznane dawniej *trylobity*, których nowe rodzaje zjawiają się w sylurze. O ile graptolity były zwierzętami drobnymi, pływającymi po powierzchni wody, o tyle znowu trylobity żyły przeważnie na dnie mórz.

W niektórych okolicach Podola i wschodniej Galicji i innych miejscach w warstwach sylurskich znaleziono resztki *ryb*. Zatem należy uważać, że w epoce tej już żyły obok bezkręgowych zwierząt, także i *kręgowce*.

§ 54. **Gatunki osadów.** Warstwy osadowe z epoki sylurskiej, znane obecnie, pochodzą jużto z osadów brzegowych, płytkowodnych, jużto z mórz płytkich lub głębokich, natomiast formacji lądowych nie poznano dotychczas. Jak zawsze, w osadach brzegowych przeważają skały wtórne, jak piaskowce, konglomeraty, gliny itd. W osadach morskich ogromną rolę grają rozmaite wapienie, łupki ilaste, z graptolitami itd.



Mięczak morski (głowonóg) *Orthoceras truncatus* z warstw sylurskich.

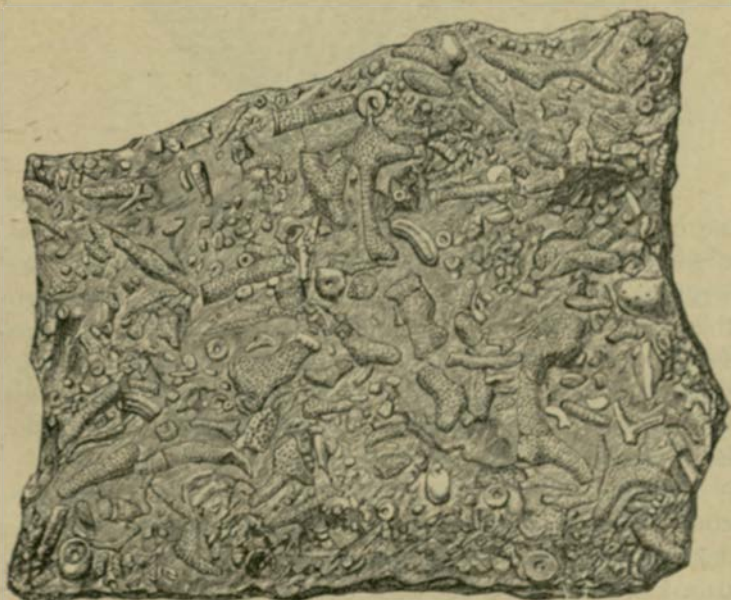
§ 55. **Rozprzestrzenienie geograficzne.** W Europie osady sylurskie są dobrze rozwinięte i leżą zazwyczaj zgodnie na podłożu z kambru na miejscu geosynklin północnej i środkowoeuropejskiej, zatem w *Szkocji, Norwegji, Szwecji, krajach nadbałtyckich*, w Europie zachodniej i środkowej, zatem w *ks. Walji, Ardennach, Turynji*, oraz w znacznych ilościach w górach Świętokrzyskich. Na Podolu i na Białej Rusi, osady sylurskie są utworzone poza geosynkliną.

W górach *Świętokrzyskich*, skały sylurskie występują w wielu miejscach, przeważnie jako piaskowce glaukonitowe i inne, dolomity, wapienie, kwarcyty, oraz łupki *graptolitowe*. Spoczywają one przeważnie na warstwach kambryjskich, jednak nie jest stwierdzone, czy nie zaszła przerwa w sedimentacji, zatem być może, sylur jest transgresyjny, co by świadczyło o chwilowem wypiętrzaniu się lądu.

Podobnie jak osady kambru, warstwy sylurskie są mocno zdyzlokowane i nigdzie nie zachowały położenia poziomego. Ta dyzlokacja zaszła już później, ponieważ w końcu kambru i na początku syluru ruchy górotwórcze były niezbyt silne w obrębie gór Świętokrzyskich. Pozatem sylur jest znany w *Czechach, Bretanji, Francji południowej* i kilku innych miejscach.

W innych częściach świata osady syluru są również bardzo rozpowszechnione.

§ 55. Cechy ogólne epoki sylurskiej. Wszystkie dane zdają się świadczyć, że klimat w sylurze na całej kuli ziemskiej był prawie jednostajnie ciepły. I tak rafy koralowe wytworzyły się zarówno na północy Syberji, jak w Europie środkowej i Australji, a już wiadomo, że koral mogły i mogą żyć tylko w ciepłych morzach. Graptolity znajduwane są w łupkach i innych skałach sylurskich, pochodzących ze wszelkich szerokości geograficznych. Na korzyść poglądu o klimacie ciepłym świadczą



Wapień z epoki sylurskiej, zawierający w sobie kawałki gąbek wapiennych, resztki trylobitów, koral i innych zwierząt.

także osady protogeniczne pochodzenia chemicznego, jak gips i sól, znajduwane w Syberji i Stanach Zjednoczonych. Skały te bowiem, jak to było w „Petrografji“ zaznaczone, tworzą się w okolicach o klimacie suchym i ciepłym. Prócz tego, nie znaleziono nigdzie osadów pochodzenia lodowcowego.

Ruchy górotwórcze w epoce sylurskiej są zupełnie

nieznaczne. Niektóre platformy kontynentalne pod wpływem ruchów epirogenetycznych nieco się obniżają i morze rozszerza się na lądach, jak naprz. na *Podolu*. Zatem osady sylurskie spoczywają *zgodnie* przeważnie na osadach kambryjskich, a *niezgodnie* na prakambryjskich. Przeciwnie, w miarę coraz większego zalewu lądów przez morza sylurskie, wody stają się coraz płytsze w geosynklinach.

Działalność wulkaniczna w sylurze jest bardziej ożywiona niż w kambrze. Znane są wulkany wykopaliskowe w *Szkocji, Walji, Irlandji, Bretanji, Czechach* i t. d. Jako ślady tych wulkanów pozostały wylewy lawy *diabazowej, andezytowej* i innej.

ROZDZIAŁ XVI.

EPOKA DEWOŃSKA.

§ 56. **Życie organiczne.** Epoka dewońska różni się od poprzedniej głównie tem, że życie roślinne jest o wiele bogatsze. Jest to już jakby preludjum do epoki węglowej, gdy świat roślinny doszedł do niesłychanego rozwoju. Oczywiście głównymi przedstawicielami tego świata są rośliny *bezkwiatowe naczyniowe*, jak *skrzyppy, widłaki*, ale też są dane, że były już i rośliny *kwiatowe nagonasienne*. Wszystkie te rośliny rozwijały się na lądach, w morzach zaś były wodorosty.

Świat zwierzęcy w dewonie jest bogaty i urozmaicony. Wszystkie grupy zwierząt bezkręgowych są poznane. Jako najważniejsze, dające doskonałe skamieliny, na zasadzie których określa się wiek osadów dewońskich, są uważane różne gatunki *trylobitów*, które to zwierzęta w ciągu tej epoki i poprzedniej dochodzą do kulminacyjnego punktu swego rozwoju. Obok nich ważną rolę grają różne *ramienionogi*, pomiędzy niemi pewien rodzaj *Spiryfer'a* uważany jest jako skamielina typowa dla epoki; *głownogi* coraz więcej się rozmnażają i dają doskonałe skamieniałości, zwłaszcza przy końcu epoki dewońskiej.

Do gatunku *głownogów* należy, znany już i w warstwach sylurskich, *Orthoceras* oraz kilka rodzajów *Climenidae*, i *goniatitów*, które są pokrewne *ammonitom*. Natomiast

graptolity, tak pospolite w warstwach sylurskich, w dewonie są bardzo rzadkie i nie odgrywają żadnej roli do określania wieku osadów.

Z pomiędzy kręgowców jedynie różne gatunki *ryb* są dosyć pospolite. Dotychczas bowiem nie znaleziono w warstwach dewonu kręgowców, chodzących na nogach.



Ramienionóg *Spirifer*, z wnętrzem wypreparowanym.

§ 57. **Rodzaje osadów.** Najbardziej typowymi skałami z dewonu są *piaskowce czerwone*. Są to osady w części deutogeniczne przybrzeżne, zawierają bowiem resztki zwierząt płytkowodnych. Jednak w bardzo wielu miejscach wcale niema tego rodzaju skał, natomiast są dobrze rozwinięte wapienie, łupki, gliny, piaskowce szare, margle dolomitowe, czyli skały zarówno pierwotne, jak i wtórne. Wapienie dewońskie utworzone są przeważnie z *krynooidów* (Liljowce), z koralami i innych organizmów.

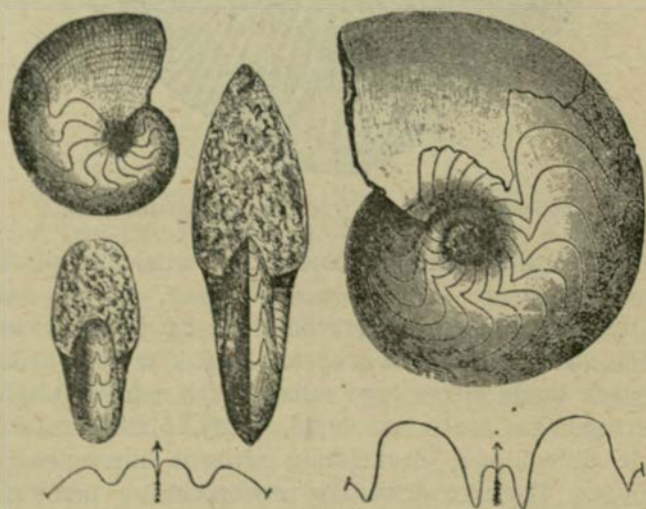
§ 58. **Rozprzestrzenienie geograficzne.** Warstwy dewonu są bardzo rozpowszechnione prawie w całej *Anglii*, *Bretanji*, na półwyspie *Pirenejskim*, w Niemczech zwłaszcza okolice *Nadreńskie* są utworzone z dewonu. W Polsce, warstwy dewońskie zajmują duże obszary w górach *Świętokrzyskich*, w północnowschodniej części Litwy historycznej (*Wilęszczyzna*, *dorzecze Dźwiny* i t. d.).

W górach *Świętokrzyskich* osady dewońskie spoczywają, jużto zupełnie *zgodnie* na warstwach sylurskich (w części północnej pasma górskiego), jużto *niezgodnie*, jako *transgresja*. Materiały skalne są to piaskowce ilaste, koloru czerwónawego, piaskowce innych kolorów, łupki,

kwarcyty. Pospolitą skamieliną jest *Spirifer*. Słynna *Miedziana Góra*, zawierająca w sobie rudę miedzi, utworzona jest z piaskowców kwarcytowych. Jest ona *plaszczowiną*, ponieważ spoczywa na utworach późniejszych.

Tak zwane „marmury chęcińskie“ utworzone są z wapieni koralowych (rafy) z epoki dewońskiej. Nie są one wcale zmetamorfizowane, zatem nazwa „marmur“ dawana im jest niesłusznie.

Podobnie, jak warstwy starsze, osady dewońskie w granicach gór Świętokrzyskich uległy silnym ruchom górotwórczym, stąd są silnie zdykowane.



Mięczaki (głowonogi). *Goniatity* dewońskie.

W Krakowskiem osady dewońskie podobne do świętokrzyskich występują pod *Dębnikiem*. Na nich spoczywają *zgodnie* warstwy wapieni dolnowęglowych i późniejsze osady.

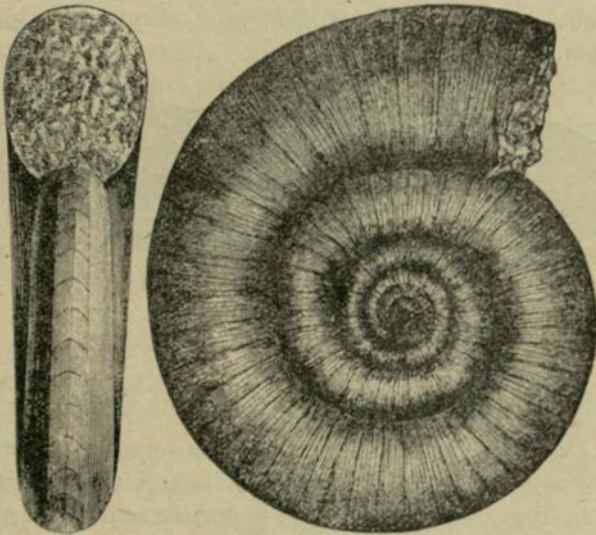
Warstwy dewońskie na północy ziem polskich w dorzeczu Dźwiny utworzone są przeważnie z glin, margli, a nawet dolomitów (w łożysku Dźwiny między Jakobszątem a Frydrychsątem). Zawierają one *Spirifer'a* i są prawie zupełnie poziomo ułożone.

Na półwyspie *Skandynawskim* dewon jest problematyczny.

Po za Europą dewon został stwierdzony w Azji (Sy-

berja, Chiny, Turkiestan), Australji, Ameryce Północnej (Stany Zjednoczone), Południowej i Afryce.

§ 59. **Cechy ogólne epoki dewońskiej.** Co się tyczy klimatu, to dotychczasowe dane nie pozwalają nic pewnego powiedzieć. Niektórzy sądzą, że klimat w wielu miejscach był tropikalny, jednak w pokładach dewońskich Afryki południowej znaleziono głązy oszlifowane przez lodowce.

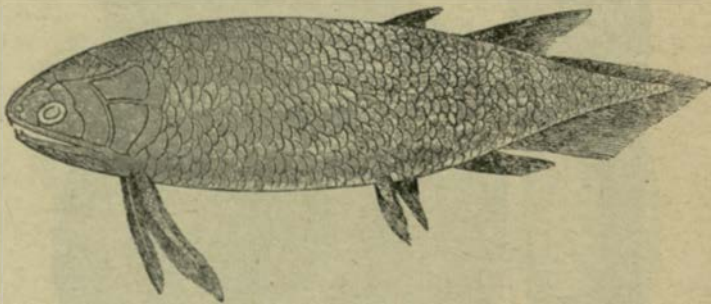


Głównóg *Clymenia undulata* z warstw górnych dewonu.

Ruchy górotwórcze odwrotnie do tego co się działo w dwóch ubiegłych epokach w dewonie były nader intensywne i w rezultacie doprowadziły do uformowania się potężnego łańcucha górskiego. Ruchy te zaczęły się właściwie już w środku epoki sylurskiej, lecz wtedy było to tylko preludjum. W końcu syluru zaczyna się fałdować skorupa ziemska na dnie geosynkliny zarówno północnej jak też i środkowoeuropejskiej. Powstaje na miejscu głębokiego morza potężny łańcuch górski zwany *Kaledońskim*, który zajmował części Europy środkowej, przechodził przez *południową Anglję, Ardenny, góry Taunus* w Niemczech, *Turyngję* i *Morawy*. Na miejscu zaś geo-

synkliny północnej powstał łańcuch, którego resztki dziś są w *Szkocji* i górach *Skandynawskich*.

Ten potężny łańcuch górski został prawie całkowicie zniszczony przez działanie czynników atmosferycznych, częściowo nawet uległ zawaleniu się i w ten sposób obecnie tylko resztki jego sterczą na obszarze Europy. Miejsca zaś obniżone i zapadłe zostały później zalane wodami morskimi, które osadziły nowe, młodsze warstwy; w ten sposób w wielu okolicach ślady fałd i warstw zdzłokowanych łańcucha Kaledońskiego ukryte są głęboko w ziemi.



Ryba *Holoptychius* z warstw morskich dewonu.

Działalność wulkaniczna była nader intensywna w ciągu epoki dewońskiej. W wielu krajach wulkany wybuchwały diabazami, andezytami i porfirytami. Znajdowane są te skały we Francji, w Szkocji, Niemczech i t. d.

ROZDZIAŁ XVII.

EPOKA WĘGLOWA.

§ 60. **Życie organiczne.** Epoka węglowa w historii naszej planety odróżnia się od innych niesłychanym ani przedtem ani potem nawet, rozwojem roślinności lądowej. Można z całą pewnością twierdzić na zasadzie tego co pozostało, że rosły wtedy w miejscach wilgotnych bagnistych olbrzymie lasy drzew wysokopiennych, należących przeważnie do bezkwiatowych naczyniowych. Lasy te przez szereg wieków wyrastały na tem samym miejscu, pnie drzew starych obalały się, na nich się rozwijały nowe

drzewa i w rezultacie w niektórych miejscach nagromadziła się olbrzymia masa drzewna. Drzewa te przy sprzyjających warunkach ulegały zasypaniu piaskiem lub innym materiałem skalnym (naprz. na brzegach rzek) i w ten sposób mogły się znaleźć pod mniej lub więcej grubą warstwą skał osadowych.

Takie zasypanie masy drzewnej zabezpieczało ją od zupełnego zgnicia lub od spalania się; masa taka naciskana z góry warstwą skał osadowych ulegała powolnemu procesowi metamorfizacji, stawała się bardziej utlenioną, przez łączenie się z tlenem, jednak to utlenienie nie było połączone ze spalaniem się w ogniu. Ciśnienie górnych warstw z jednej, a wyższa niż powietrza temperatura panująca na głębokości, gdzie leżała warstwa drzewna łącznie spowodowały zmianę masy drzewnej na substancję dosyć twardą, czarną lub ciemnobrunatną, spalającą się prawie bez płomienia, a zwaną pospolicie węglem kamiennym.

Z punktu widzenia geologii węgiel kamienny jest skałą osadową pochodzenia roślinnego utworzoną na łądach w ciągu epoki węglowej, znacznie rzadziej w epokach późniejszych. Jednak niepodobna zaliczyć węgla do grupy skał pierwotnych pochodzenia organicznego. Jest to wytwór zupełnie odrębny, związany z warunkami specjalnymi i nie będący skutkiem normalnej rzecznej czy morskiej sedymentacji. Zresztą węgiel jest substancją organiczną, wszystkie inne skały osadowe utworzone są ze związków chemicznych lub mineralnych. Dla tych to powodów węgiel kamienny nie został wymieniony przy rozpatrywaniu głównych gatunków skał osadowych.

Świat roślinny w tej epoce był tak bogaty, że należy wymienić kilka rodzajów roślin, które w silnym stopniu się przyczyniły do wytworzenia warstw węgla.



Odbitka gałązki paproci drzewiastej *Sphenopteris* na kawałku węgla kamiennego.

Z paproci drzewiastych: *Sphenopteris*, z pomiędzy skrzypów: *Calamites*, *Annularia*, z pomiędzy widłaków olbrzymich: *Lepidodendron*, *Sigillaria*.

Oprócz wyżej wymienionych wyższych bezkwiatowych roślin już wtedy kwiatowe nagonasienne, z których najważniejsze należą do rodzaju *Cordaites*.



Kawałek pnia widłaka *Lepidodendron* w węglu kamiennym.



Gałązka rośliny kwiatowej nagonasiennej *Cordaites* z epoki węglowej.

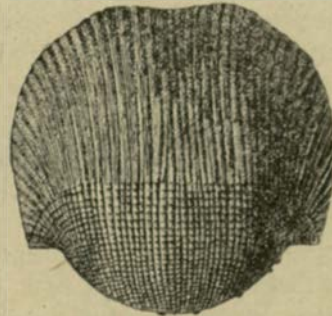
W morzach żyły rozmaite wodorosty (głony).

Również bogatą i urozmaiconą jest fauna epoki węglowej, zarówno w morzach jak też i na lądach. W morzach zachodzą jednak pewne zmiany w świecie zwierzę-

cym. Ginie sporo gatunków *trylobitów*. Jest to zatem epoka stopniowego wymierania tych skorupiaków. Wzajemian zjawiają się nowe gatunki *ryb morskich*, *ramienionogów*, *głownogów*, a na lądach, przynajmniej w końcu epoki węglowej już istnieją gady chodzące (*Sauravus Costei*) oraz niektóre płazy. Najbardziej charakterystyczne skamieliny dla epoki węglowej są z pośród ramienionogów *Productus*, oraz z pomiędzy głownogów *Glyphioceras*.

§ 61. **Gatunki osadów.** W epoce węglowej powtórzyły się osady na lądach, które zostały dobrze zbadane. I tak warstwy zawierające węgiel kamienny zaliczane są do formacji *blotnych* lub *jeziorowych* (drzewa nagromadzały się w bagnach lub zostały zawleczone przez rzeki do jezior).

Prócz warstw, zawierających węgiel kamienny, zwanych „warstwami produkcyjnymi“ na lądach tworzyły się również osady piaszczowców i łupków, zawierających szkielety płazów i gadów. Znalaziono też osady lodowcowe, pod postacią bloków oszlifowanych.



Ramienionóg *Productus semireticulatus* z warstw węglowych.

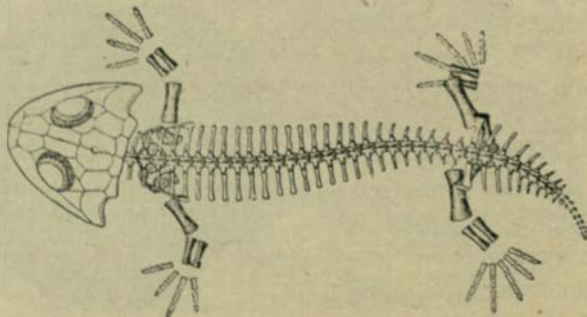
W morzach karbońskich *) osadzały się głównie wapienie, przyczem te ostatnie często utworzone są ze skoruppek *otwornic*; wapienie z *Produktusem*, z koralami, krynoidów, pochodzenia roślinnego. W innych miejscach osadzały się łupki, zawierające skorupki *głownogów* i t. d.

§ 62. **Rozprzestrzenienie geograficzne.** Osady utworzone na dnie mórz w epoce węglowej zajmują ogromne obszary w Europie wschodniej, mianowicie w *Rosji środkowej*, w *Zagłębiu donieckim*, w *okolicach podurskich* oraz na skrajnej północy, w pobliżu morza Białego. Pozatem tereny węglowe są znane w *Anglii*, *północnej Francji*, *Belgji*, w *środkowych i zachodnich Niemczech*,

*) Epoki węglowej.

wreszcie na *wyżynie śląskiej*, gdzie formacje morskie są przemieszane formacjami lądowymi.

W górach *Świętokrzyskich* osady morskie z epoki węglowej składają się przeważnie z wapieni, zawierających typową skamielinę *Productus semireticulatus* i inne. Spoczywają one zupełnie zgodnie i bez przerwy w sedimentacji na podłożu dewońskim, co świadczy, że w ciągu epoki dewońskiej i przez dłuższy czas epoki węglowej morze zalewało część gór Świętokrzyskich.



Szkielet płaza *Branchiosaurus* z osadów lądowych epoki węglowej.

W końcu epoki węglowej zachodzą silne ruchy górotwórcze, które sfałdowały nie tylko osady świeżo uformowane, ale też i podłożę starsze z osadów kambru, syluru i dewonu. Zatem wtedy to (w końcu epoki węglowej), dopiero wypiętrzyły się ostatecznie nasze góry Świętokrzyskie, jako część potężnego łańcucha *Waryscyjskiego*, ciągnącego się z zachodu przez środkowe Niemcy i góry Saskie. Części tego łańcucha ulegają zapadnięciu, pozostałości zaś są silnie niszczone przez erozję i denudację. Wkrótce wytworzyły się w tych górach doliny erozyjne, w które wkracza morze w następnych epokach i osadza warstwy transgresyjne.

W *Krakowskiem*, jak to już było zaznaczone, pod *Dębnikiem*, wapień węglowy spoczywa na podłożu dewońskim.

W innych częściach świata osady węglowe są bardzo rozpowszechnione zwłaszcza w *Ameryce Północnej*, *Chinach*, *Astralji wschodniej*.

§ 63. Cechy ogólne epoki węglowej. Klimat epoki był według wszelkiego prawdopodobieństwa cieplejszy niż obecnie. Są przypuszczenia, że nadzwyczajny rozwój świata roślinnego był spowodowany tem, że w atmosferze wtedy znajdowało się więcej dwutlenku węgla, to jest gazu niezbędnego roślinom do wyrastania. Prócz tego, temperatura powietrza była dosyć wysoka przy częstych i obfitych deszczach. W tych warunkach roślinność mogła się rozwinąć nadzwyczajnie, jak nigdy przedtem ani potem. Dlatego było wtedy cieplej — niewiadomo, niektórzy przypuszczają, że wtedy jeszcze na temperaturę powietrza wpływało ciepło wnętrza ziemi, inni nie podzielają tych poglądów. Obfitość osadów wapiennych, pochodzenia organicznego w morzach, pozwala przypuszczać, że i w morzach temperatura wody była dosyć wysoka.

Jednak w wielu miejscowościach półkuli południowej znaleziono ślady zlodowacenia, które miało miejsce przy końcu epoki węglowej. W Europie śladów podobnych dotychczas nie znaleziono — stąd można przypuszczać, że w niektórych okolicach przynajmniej w końcu epoki węglowej, klimat się ochłodził.

Ruchy górotwórcze były nader intensywne w ciągu karbonu. W Europie zachodzą fałdowania, które prowadzą w rezultacie do wypiętrzenia się łańcuchów zwanych „*Harcyńskimi*”. Łańcuchy te zajmowały prawie cały pień lądowy Europy zachodniej i środkowej. Trudno przeprowadzić podział pomiędzy fałdowaniami epoki węglowej a dewońskiej.

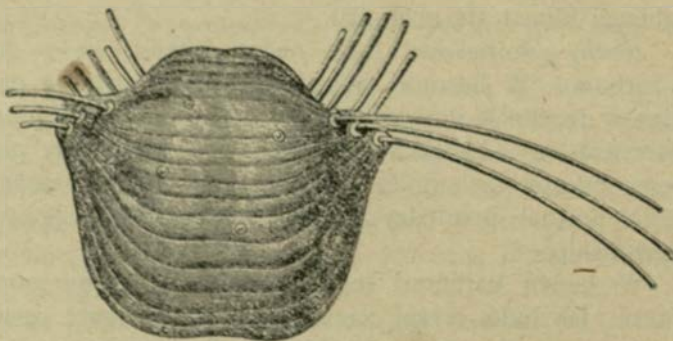
W końcu karbonu (epoki węglowej) ruchy górotwórcze, jak było wyżej zaznaczone, wytworzyły pasmo górskie, poczynające się na półwyspie Bretońskim, i przez całą Europę zachodnią i środkową ciągnące się do obecnej Wisły — gdzie się kończyło jako góry Świętokrzyskie. Istnieje przypuszczenie, że łańcuch ten ciągnął się jeszcze dalej ku wschodowi — aż do wyżyny donieckiej, jednak to nie jest stwierdzone.

Działalność wulkaniczna w tej epoce jest równie silna jak i ruchy górotwórcze. Wiele wulkanów czynnych było wtedy w Szkocji i innych miejscach.

ROZDZIAŁ XVIII.

EPOKA PERMSKA.

§ 64. **Życie organiczne.** Jeżeli porównać epokę permską do poprzedniej pod względem życia organicznego, to się okaże, że prawie wcale zmian jakościowych nie da się zauważyć, natomiast są duże zmiany pod względem ilościowym. A więc naogół zarówno fauna, jak zwłaszcza flora stają się znacznie uboższe. Zwierzęta rozwijają się słabiej, wyrastają gorzej; są duże warstwy osadowe z epoki permskiej, prawie wcale nie zawierające skamielin. Na łądach w tej epoce już widocznie były inne warunki dla roślin — znikły olbrzymie wilgotne lasy skrzypów, widłaków i paproci drzewiastych — drzewa rosną w ilościach mniejszych. Z roślin nagonasiennych najbardziej rozpowszechniona jest *Walchia*, pokrewna naszym drzewom iglastym; w morzach zaś żyją ramienionogi, z których typowym dla epoki permskiej jest *Productus horridus*, z ryb *Paleoniscus*, ze ślimaków *Bellerophon*.

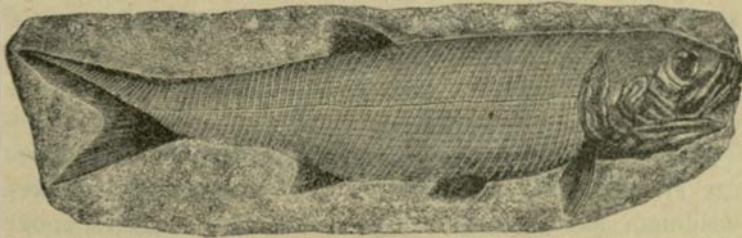


Ramienionóg *Productus horridus* z warstw permskich.¹

Trylobity tak ważne w epokach ubiegłych już nic nie znaczą w epoce permskiej. Natomiast głowonogi z grupy *ammonoidów* są wprawdzie nieliczne, jednak jest to ich epoka stopniowego rozwoju. Bowiem już w następnej epoce triasowej ammonity stają się najważniejszymi skamielinami.

Na łądach epoki permskiej żyją duże gady chodzące, jak na przykład *Pereiasaurus*, *Inostrancevia* etc.

§ 65. **Gatunki osadów.** W przeciwieństwie do ubiegłej epoki, w ciągu epoki permskiej osadza się w morzach mniej warstw wapiennych. Zato skały piaskowcowe, łupki, kwarcyty są bardziej rozpowszechnione.



Ryba *Paleoniscus* z permu.

§ 66. **Rozprzestrzenienie geograficzne.** Najbardziej rozpowszechnione osady mórz permskich są we wschodniej Rosji, u podnóża Uralu. Tam to one zostały przez geologów angielskich po raz pierwszy poznane i opisane, zwłaszcza w okolicach miasta *Perm*, stąd pochodzi ich nazwa. Osady permskie sięgają na zachód do Wołgi, jednak środek Rosji nie był zalany przez morze w tej epoce. Znaczne obszary warstw z epoki permskiej znajdują się w *Niemczech północnych i środkowych*; jest pewne prawdopodobieństwo, że morza wschodniej Europy komunikowały się z morzami Europy zachodniej przez Polskę, dotychczas jednak poza *górami Świętokrzyskimi**) w Polsce na powierzchni warstw permskich nigdzie nie znaleziono.

Osady permskie w granicach gór Świętokrzyskich są wybitnie transgresyjne, ponieważ zostały one osadzone przez morze, które wdarło się pod postacią zatoki do doliny erozyjnej, lub pochodzenia tektonicznego w górach, dawno już wypiętrzonych i częściowo zniszczonych przez działanie czynników atmosferycznych. Zatem osady permskie spoczywają na podłożu o wiele starszem, sylurskiem *najzupełniej niezgodnie*. Składają się one przeważnie z ciemnych wapieni, zawierających typową skamielinę *Productus horridus*, oraz z piaskowców i innych skał.

*) Koło wsi *Kajetanów*, o 11 kilometrów na północ od Kielc oraz w kilku innych miejscach.

Przy pomocy tak zwanych otworów świdrowych, czyli wierceń głębokich w ziemi, dla celów przemysłowych, osady permskie znaleziono na znacznej głębokości pod warstwami młodszymi, koło *Inowrocławia* (woj. Poznańskie); osady te zawierają warstwy *soli*. Pozatem osady permu są znane w środkowych i zachodnich Niemczech, Anglii, Czechach, w okolicach nadśródziemnomorskich, w Alpach, we Francji, Sycylii itd. Poza Europą we wszystkich innych częściach świata znaleziono te utwory.

§ 67. Cechy ogólne epoki permskiej. Co się tyczy klimatu epoki permskiej, to nic dokładnie o tem wiadomo. Jednak zostało stwierdzone, że w ciągu tej epoki w wielu miejscach tworzyły się skały osadowe pochodzenia chemicznego, jak *gips, sól, piaskowce*, wytworzone skutkiem wysychania płytkich zatok; to pozwala przypuszczać, że w licznych miejscowościach w epoce permskiej wysychały jeziora słone, laguny, nawet płytkie morza wewnętrzne. Zjawisko takiego wysychania może być wytłumaczone klimatem suchym, pustyniowym.

Ruchy górotwórcze w ciągu epoki permskiej są również intensywne, jak i w epoce węglowej. Wtedy to zostało ostatecznie sformowane *Zagłębie donieckie*, gdzie warstwy są silnie zdzlokowane, to samo zaszło z geosynkliną uralską, która wtedy została zamieniona na łańcuch Uralski. Góry, które sformowały się w ciągu okresu pierwszorzędownego, jako bardzo dawne, noszą miano gór starych.

Ruchy epirogenetyczne były dosyć intensywne i wskutek obniżenia środkowej Europy spowodowały stopniowy zalew znacznych części Niemiec i Czech.

Wulkany w tej epoce były czynne w Szkocji, wybuchając *diabazami, bazaltami, andezytami*. Również i na lądzie obecnym Europy działalność wulkaniczna w końcu epoki permskiej była intensywna, zwłaszcza w pasie fałdowań górskich harcyńskich.

§ 68. Cechy ogólne okresu pierwszorzędownego. Okres pierwszorzędowny, jak to widać z powyższego, trwa niezmiernie długo. Lądy i morza miały czas zmieniać swe kształty, ruchy epirogenetyczne obniżające, powodowały zalewania płaszczyn, zaś podnoszące — wynurzały dno

morskie. Ruchy górotwórcze wypiętrzały potężne łańcuchy, z których obecnie zaledwie nieznaczne resztki pozostały w niektórych miejscach. Polska prawie cała była zalana wodami morza, tylko od dewonu część gór *Świętokrzyskich* a od karbonu wyżyna ślązka sterczały na morzu, jako wyspy. Ani długiego łańcucha *Karpackiego*, ani potężnej grupy skalistej *Tatr* jeszcze nie było.

Na ich miejscu szumiało głębokie morze, tylko na dnie tego morza, pod warstwami wciąż grubiejącymi skał osadowych, wytworzyły się jeszcze uprzednio *granity*, *gnejsy*, *łupki krystaliczne*, stanowiące trzon *Tatr*.



Strefy fałdowań górskich w Europie. (Według M. Bertrand). 1) Fałdowania kaledońskie; 2) Fałd. harcyrńskie; 3) Fałdowania alpejskie; 4) Fałdowania dynarskie; 5) Fałdowania pirenejskie; 6) Fałdowania hurońskie; 7) Fałdowania harcyrńskie zawarte w fałd. alpejskich.

Osady pierwszorzędowe w Tatrach dotychczas są mało poznane. Prawdopodobnie należą do nich łupki krystaliczne w Tatrach zachodnich (*przełęcz Pyszna* i t. d.) oraz kwarcyty *Ornaku*, góry przy dolinie Kościeliskiej. Brak skamielin nie pozwala ściśle określić ich wieku.

Klimat na łądach, które się wynurzały z odmętów morskich w ciągu okresu pierwszorzędowego — był zmienny. Dotychczas nauka nie wyświeiliła, dlaczego zachodziły tak

znaczące wahania klimatyczne, wpływające natychmiast na temperaturę wody w morzach i wywierające silny wpływ na gatunek i rodzaj osadów na dnie morza.

Niema żadnych danych, aby przypuszczać, że temperatura wnętrza ziemi dawała się odczuć na powierzchni i wpływała na temperaturę wody w morzach i powietrza. Wprawdzie w epoce sylurskiej i węglowej gatunek osadów w morzach lub na lądach świadczy o klimacie może cieplejszym niż obecnie, jednak czegoś podobnego nie da się stwierdzić w epoce kambryjskiej, w dewońskiej, w końcu epoki węglowej i t. d.

Rzecz jasna, że w pierwszorzędzie nasza Europa miała zupełnie inny wygląd, niż obecnie, — jest rzeczą możliwą, że przynajmniej do pewnego stopnia, była ona połączona z Ameryką Północną przez *kontynent północno-atlantycki*, zatem ocean Atlantycki w tej postaci, jak teraz, jeszcze nie istniał.

Świat zwierzęcy był bardzo urozmaicony w ciągu pierwszorzędu, ale tylko w morzach — co się tyczy lądów, to niema na to dostatecznych danych. Można przypuszczać, że szkielety zwierząt lądowych źle się zakonserwowały i stąd fauna lądowa nie jest zbyt obfita. Jednak już w epoce węglowej a zwłaszcza permskiej życie zwierzęce na lądach staje się dosyć urozmaicone na skutek obecności gadów wielkich i płazów. Czy przodkowie tych zwierząt żyli w poprzednich epokach na to niema danych.

W morzach, oprócz *ryb*, których istnienie nie ulega wątpliwości już od epoki sylurskiej, żyły prawie wszystkie rodzaje *bezkęgowych* z przewagą liczebną *trylobitów*. Te ostatnie dały doskonałe odbitki na wapieniakach i łupkach i służą dla określania warstw stratygraficznych. Tylko w epoce węglowej i permskiej podział stratygraficzny musi być oparty na innych skamielinach. Używane są do tego *głównogi (ammonoidy)*, a także *ramienionogi*.

Dawniej uważano, że koniec pierwszorzędu i początek drugorzędu zaznaczył się jakimś kataklizmem, przy czem cała fauna miała zginąć i dopiero w drugorzędzie powstała nagle inna fauna i flora; obecnie ten pogląd jest już obalony. Stwierdzono bowiem, że w wielu miejscach przejście od permskich osadów górnych do osadów tria-

sowych zachodzi zupełnie stopniowo, że trudno nawet ustalić, gdzie się kończą osady jedne (permskie) a zaczynają drugie (triasowe), (tak jak w górach Świętokrzyskich), że wreszcie warstwy z dwóch sąsiednich okresów (pierwszo- i drugorzędu) spoczywają na sobie zupełnie zgodnie, bez żadnej przerwy w sedymentacji. O żadnym nagłym zjawieniu się nowej fauny nie może być mowy (tak zwana dawniej *kreacja spontaniczna*).

Lecz są również miejsca, gdzie warstwy triasowe transgredują na osadach z pierwszorzędu, co świadczy o czasowym wynurzeniu, a nawet leżą niezgodnie, co świadczy, że w czasie tego wynurzenia ruchy górotwórcze lub epirogenetyczne nieco lub silnie przechyliły lub sfałdowały podłoże starsze, zanim morza z okresu drugorzędu-ego zalały ponownie to podłoże zdzłokowane.

ROZDZIAŁ XIX.

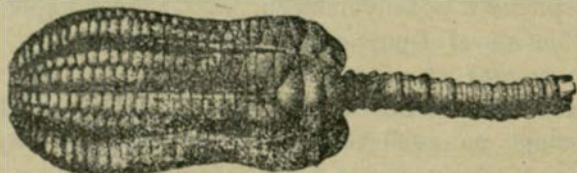
EPOKA TRIASOWA.

§ 69. Życie organiczne. Na epoce permskiej kończy się okres pierwszorzędowy, a zaczyna drugorzędowy. Na razie żadnych wyraźnych zmian nie znać w świecie zwierzęcym, jednak stopniowo zwiększa się na lądach ilość i rodzaje płazów i gadów, chodzących na wysokich nogach, a także pełzających; w morzach zaś epoka triasowa jest chwilą ogromnego rozwoju głowonogów — mianowicie *ammonitów*, które stają się najważniejszymi skamielinami nie tylko dla triasu, lecz też i dla całego drugorzędu.

Roślinność triasowa ustępuje znacznie pod względem bogactwa i ilości roślinności epoki węglowej, ale nie jest ubogą, zwłaszcza na lądach. Jednak warstwy węgla kamiennego nie wytwarzają się. Jest tylko trochę lignitów. W morzach rozwijają się w znacznych ilościach glony, tworzące sobie rodzaj szkieletu wapiennego.

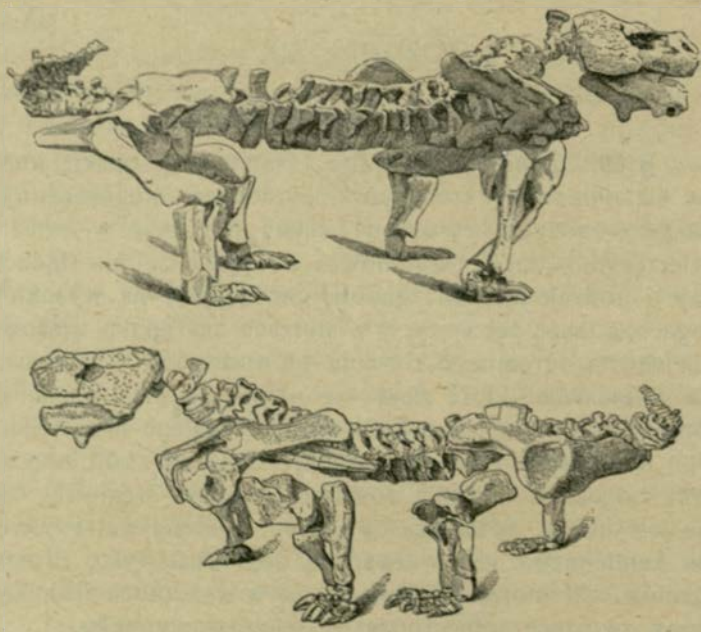
Po za *ammonitami*, które są bardzo liczne w osadach facji morza otwartego, i z których najważniejsze są *Ceratites*, *Ptychites*, *Halorites*, wszystkie grupy bezkręgowych żyją w tej epoce. Godne uwagi są różne *korale*, *krynoidy* (liljowce) i z pomiędzy nich niezmiernie rozpo-

wszczęchniony *Encrinus liliiformis*, ze szkieletów którego tworzyły się warstwy wapienia krynowidowego; liczne są ramienionogi, ślimaki, małże (*Halobia*); z pomiędzy skorupiaków żadne nie zasługują na uwagę, trylobity bowiem wyginęły już dawno.



Liljowiec *Encrinus liliiformis* z triasu.

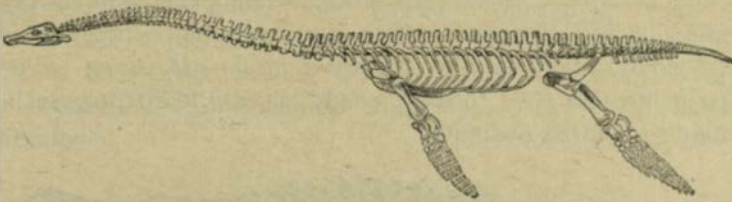
Kręgowce stają się liczne zarówno w morzach, jak i na lądach. Ryby są bardzo rozpowszechnione. W miejscowościach błotnistych żyją różne *plązy*, naprz. wielka



Szkielet gada *Pereiasaurus Bairdi*.

żaba *Labyrinthodon*, z gadów zjawiają się wtedy bardzo ciekawe wielkie zwierzęta lądowe, zarówno trawożerne, jak mięsożerne, należące do rodziny *dinosaurów*. Te wielkie, chodzące na długich nogach gady drugorzędowe nadają

piętno charakterystyczne całego okresowi. Najważniejsze z pośród innych gadów są *Plesiosaurus* oraz *Ichtyosaurus*, żyjące w morzach, zaś na lądach krokodyl *Belodon*, wielki gad chodzący *Zanclodon* itd. Prócz tego istnieją już zwierzęta ssące (workowce).



Szkielet morskiego gada *Plesiosaurus*.

§ 70. **Gatunki osadów.** Znane są osady lądowe z materiałów deutogenicznych, często z odblaskami łap pewnych zwierząt (Labyrinthodonów) *Chirotherium*. Nadzwyczaj są rozpowszechnione formacje nadbrzeżne, lagu-

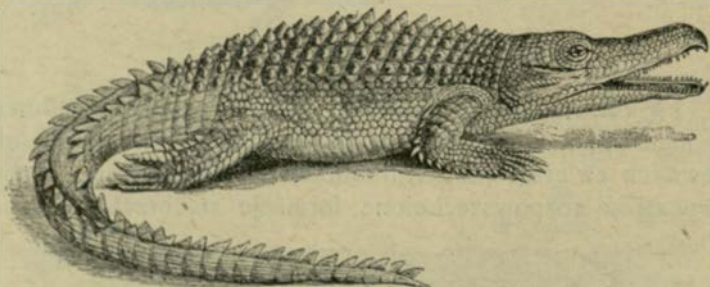


Ślady łap, tak zwane *Chirotherium*.

nowe, gdzie również przeważają osady wtórne. Osady mórz otwartych są to wapienie organicznego pochodzenia.

§ 71. **Rozprzestrzenienie geograficzne.** W zależności od rodzaju osadów i sposobu osadzania się przyjęto

dzielić warstwy triasowe na dwie grupy. Do *pierwszej* zaliczone są osady mórz niezbyt głębokich—gdzie warstwy zachowały całkowicie lub prawie całkowicie układ poziomy. Te osady nazwane zostały *triasem niemieckim*, z powodu, że je najdokładniej zbadano i posiadają wielkie rozpowszechnienie w Niemczech środkowych; przeciwnie osady mórz bardzo głębokich, gdzie warstwy uległy przeważnie zdzłokowaniu, nazwane zostały *triasem alpejskim*, w Alpach bowiem tego rodzaju osady są dosyć rozpowszechnione i dobrze poznane.



Odrestaurowany krokodyl *Belodon* z triasu.

Trias niemiecki zajmuje bardzo znaczne przestrzenie w Niemczech, mianowicie w prowincji hanowerskiej, Turynji, Bawarii, koło *Frankfurtu nad Menem*. W Polsce osady podobne znajdują się na Śląsku Górnym, w Zagłębiu krakowskim oraz w południowo-zachodnich częściach b. Kongresówki. Są jednak często przykryte innymi osadami.

Skąły wieku triasowego facji wierzchowej znajdują się w Tatrach, gdzie tworzą przeważnie w zachodniej części pasma, zbocza niektórych dolin i przełęczy. Do niedawna jeszcze uważano wiele zboczy dolin, a nawet szczytów zbudowanych z wapieni i dołomitów, jako wieku jurajskiego, dopiero najnowsze badania wykazały*), że te wapienie dołomitowe są starsze i osadziły się w geosynklinie tatrzańskiej w triasie. Do nich należą zbocza południowe *Giewontu*, *turnie Smytniańskie* na zboczach doliny *Kościeliskiej* itd. Co do swej facji, to trias w Tatrach ma więcej podobieństwa do alpejskiego, niż do niemieckiego.

*) *D-r Ferdynand Rabowski*. Komunikat ustny.

W górach *Świętokrzyskich* osady triasowe są, podobnie jak warstwy permskie — wybitnie transgresyjne. Morze triasowe oblewało z kilku stron ląd, część którego stanowiły góry Świętokrzyskie. Morze to wdzierało się w głąb tych gór tam, gdzie były doliny erozyjne. Osadzały się wtedy zlepieńce, czyli kawałki kwarcytów, wapieni i innych odłamków, scementowanych czerwonym iłem. Prócz tego piaskowce czerwonego koloru z kośćmi zwierząt z rodzaju *Labyrinthodon'a* znajduwane są w okolicach Opatowa.



Turnie Smytniańskie Kominów Tylkowych w dolinie Kościeliskiej.
(Wapienie dolomitowe z triasu).

We *Francji* tego rodzaju osady występują w wielu miejscach, zwłaszcza na południu, są one także w *Anglii* i w wielu innych okolicach.

Trias alpejski klasycznie jest rozwinięty w *Alpach wschodnich*. Występują tam przeważnie skały dolomitowe.



Gad morski *Ichthyosaurus*, zakonserwowany w wapieniu z epoki triasowej.

Poza Europą formacje triasowe są znane we wszystkich młodych łańcuchach górskich jak *Himalaje*, *Kordyljery* itd.

§ 72. Cechy ogólne epoki triasowej. Trudno jest coś wyraźnego powiedzieć o *klimacie* epoki triasowej. W wielu miejscach znalezione osady *sol*i, *gipsu* i innych skał pierwotnych pochodzenia chemicznego, pozwalają przypuszczać klimat suchy i ciepły,—pozaatem nigdzie nie znaleziono osadów pochodzenia lodowcowego. Zatem można przypuszczać, że klimat był nieco cieplejszy, niż w epoce ubiegłej.

Ruchy górotwórcze i epirogenetyczne w tej epoce są bardzo słabe. W końcu permu ustają wielkie fałdowania skorupy ziemskiej, tak, że przez cały drugorzęd panuje spokój. Jeżeli zatem warstwy triasu alpejskiego są silnie zdzłokowane i wyfałdowane w góry, to fałdowanie to zaszło o wiele później, już w okresie trzeciorzędowym. Nie znaczy to, aby w ciągu triasu żadne ruchy górotwórcze nie zachodziły, ruch słaby odbywał się na dnie *geosynkliny* Europy południowej, gdzie później mają powstać Alpy, Karpaty, Bałkany itd. Ruch ten jednak w triasie, a nawet w ciągu całego drugorzędu nie doprowadził jeszcze do powstania gór.

Co się tyczy działalności wulkanicznej, to ta w przeciwieństwie do ruchów górotwórczych jest dosyć silna. W wielu miejscach są ślady działania wulkanicznego w tej epoce. W Europie takie wulkany istniały w miejscu dzisiejszych gór Pirenejskich, Dynarskich, w Alpach dolomitowych w Tyrolu. Jednak najsilniejsza działalność wulkaniczna była w Ameryce Północnej w epoce triasowej (na obszarze obecnej Kolumbji brytańskiej).

ROZDZIAŁ XX.

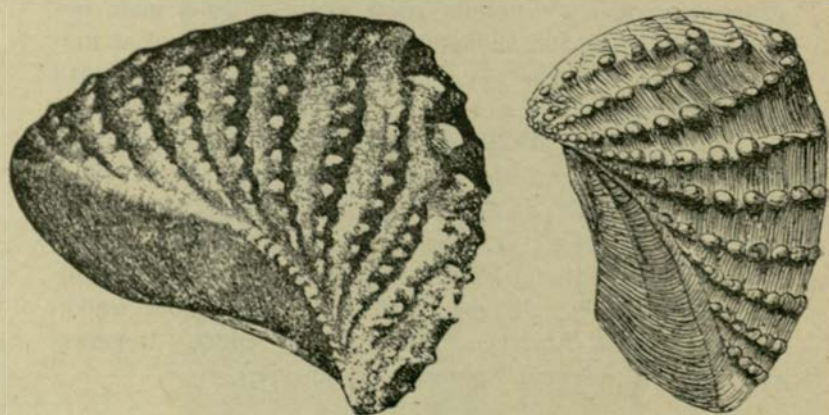
EPOKA JURAJSKA.

§ 73. Życie organiczne. Roślinność tej epoki staje się coraz bardziej podobna do form współczesnych. W ciągu epoki jurajskiej bowiem wygasły niektóre dotychczas istniejące rośliny z dawnych epok. Flora składa się w jurze

przeważnie z roślin nagonasiennych, zwłaszcza iglaste rośliny są bardzo rozpowszechnione. Tak na przykład już istnieją takie drzewa, jak *sosna*, *sequoia* (drzewa olbrzymie, istniejące dotychczas w niektórych okolicach Ameryki Północnej).



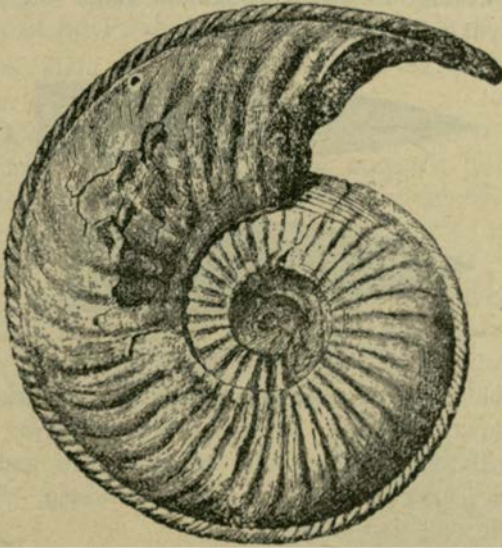
Małż *Gryphaea arcuata* z warstw jurajskich.



Małże *Trigonio*.

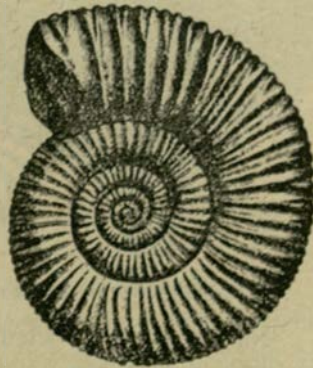
Ze zwierząt żyją prawie wszystkie te same, co i w trzecie. Jednak teraz dopiero, w epoce jurajskiej, do *maximum* swego rozwoju i ilości dochodzą *ammonity*. Wszystkie warstwy morskie, pochodzące z jury mają charakterystyczne, sobie właściwe, *ammonity*. Dzięki tym skamieniałościom badanie osadów jurajskich, określanie ich wieku, porównywanie tych osadów w różnych miejscowościach globu,

jest bardzo ułatwione. Należy stanowczo uważać, że ani trylobity z pierwszorzędu, ani żadne inne skamieniałości nie są tak dobre do badań warstw, ich facji i wieku, jak ammonity, zwłaszcza z epoki jurajskiej.



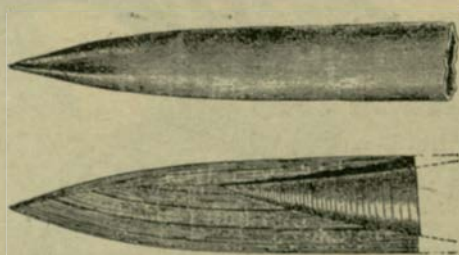
Ammonit *Amaltheus margaritatus*. (Dolna jura).

Mięczaki te były wtedy niezmiernie liczne, lecz jak pierwiej, tak i teraz znajdują się ich skorupy z kalcytu, rzadziej z konchitu, przeważnie w osadach facji morza otwartego, co świadczy, że ammonity trzymały się przeważnie na morzu *nie* przy samym brzegu.



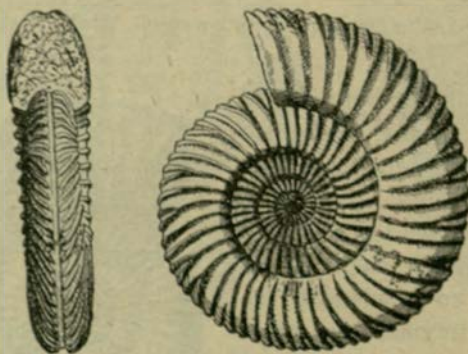
Oprócz ammonitów w epoce jurajskiej żyły różne inne mięczaki. Z pomiędzy Ammonit *Perisphinctes Tiziani* małżów zaznaczyć należy różne rodzaje *ostryg*, które trzymały się brzegów lądów, *trygonji*; z pomiędzy ślimaków różne gatunki *paludin*.

Do *głowonogów* oprócz ammonitów należy ciekawy rodzaj *belemnitów*, których skorupy w kształcie prostego patyczka, cieńszego na jednym końcu, czasem uważane bywają przez lud za tak zwane *strzałki piorunowe*. Ten rodzaj *głowonogów* jednak później stanie się znacznie pospolitszym w morzach.



Głowonogi *Belemnites* z jury.

Z pomiędzy *stawonogów* liczne są gatunki owadów. Kręgowce w jurze są nader liczne. Ryby rozmaite są doskonałym pokarmem dla mięsożernych gadów morskich, jak *Ichthyosaurus*, już znany z triasu. *Plesiosaurus* istnieje w dalszym ciągu.



Ammonit jurajski *Parkinsonia-Parkinsoni*.

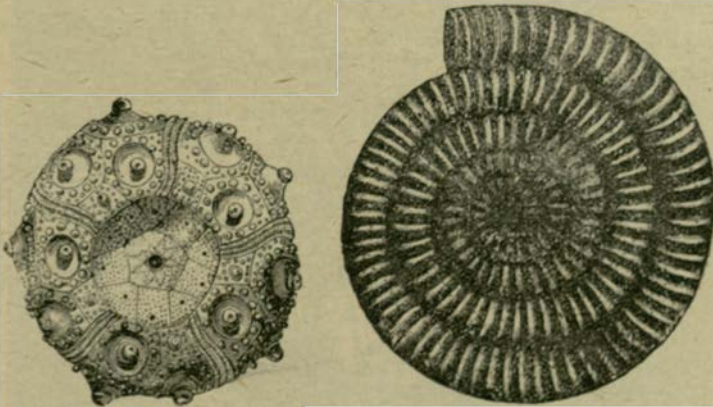
Na łądach żyją wtedy olbrzymie gady trawożerne z gatunku *dinosaurów*, jak *Brontosaurus* (do 30 metrów długości) lub *Atlantosaurus* (jeszcze większy), które to gady pomimo olbrzymich rozmiarów, miały głowę nieproporcjonalnie małą i żywiły się liśćmi drzew. Oprócz tych, były gady dziwaczne, z łuską na karku, jak *Stego-*

saurus; z mięsożernych należy zaznaczyć kilka gatunków krokodyli jurajskich.

W warstwach jurajskich po raz pierwszy zjawia się szkielet *ptaka*. Ptak ten nazwany *Archaeopteryx* miał jeszcze zęby w dziobie, stąd niektórzy uczeni przypuszczają, że pochodził od *gadów latających* (Pterosaury)

Ssaki stają się coraz liczniejsze. Są to przeważnie workowce.

§ 74. Rodzaje osadów. Skąły z epoki jurajskiej są nieco mniej urozmaicone, niż w epokach poprzednich. W otwartem morzu, w zależności od odległości do brzegu, tworzyły się osady wtórne lub pierwotne organiczne. Te ostatnie to przeważnie wapienie różnych gatunków zwłaszcza koralii. Koło tych ostatnich tworzyły się tak zwane *oolity*, czyli osady z wapienia chemicznie rozpuszczonego i koncentrującego się w kształcie kuleczek dokoła cząsteczek zawieszonych w wodzie.

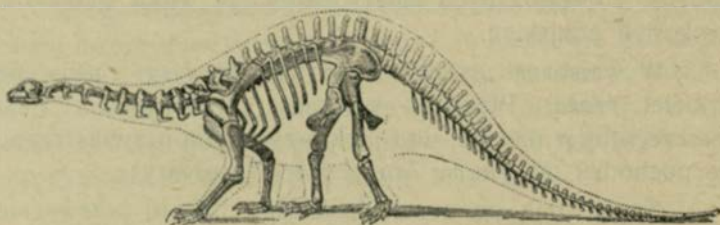


Jeż morski *Cidaris coronata*
(facja płytkowodna).

Ammonit (facja głębokowodna).

Wapień oolitowy robi wrażenie składającego się z drobnych, pozlepianych kuleczek. Zarówno wapienie organiczne, jak też i osady deutogeniczne zawierają bardzo często skorupy amonitów.

Jeżeli w ciągu osadzania się wapieni organicznych, woda zawierała cząsteczki gliny, to wtedy tworzyły się *margle*, dosyć pospolite w epoce jurajskiej.



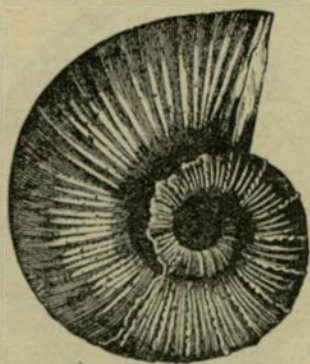
Gad z rodziny dinosaurów *Brontosaurus* (szkielet).



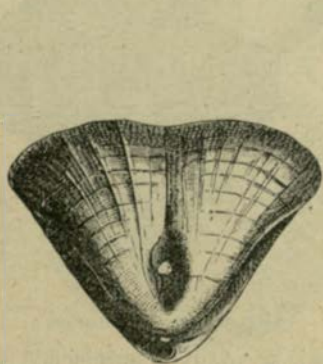
Ptak jurajski *Archaeopteryx lithographica*, zakonserwowany w wapieniu litograficznym.

W morzach bardzo głębokich osadzały się *łupki bituminowe* i *gliny czarne*; zawierają one liczne skorupy niektórych ammonitów, które trzymały się morza głębokiego (naprz. rodzaj *Lytoceras*).

W osadach głębokowodnych skorupy wapienne stają się rzadkie.

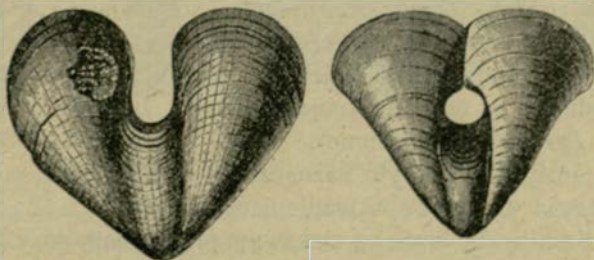


Ammonit *Lytoceras fimbriatus*
z facji głębokowodnej jury.



Ramienionóg *Pygope* z osadów
jurajskich.

§ 75. Rozprzestrzenie geograficzne. Osady jurajskie należą do najbardziej rozpowszechnionych w całym świecie. W Europie zajmują one wielkie obszary w Rosji, Niemczech środkowych, Francji i wielu innych krajach. Wyjątek stanowi tylko półwysep Skandynawski, Irlandja i północno-zachodnia Hiszpanja.



Inne rodzaje ramienionogów *Pygope janitor*.

W Polsce osady jurajskie zajmują okolice południo-zachodnie; tworzą one pasmo *krakowsko-wieluńskie*, zbudowane z wapieni; na północy sięgają do Pilicy. Jed-

nak nie wszystkie warstwy z epoki jurajskiej są znalezione. Brakuje bowiem osadów z okresu początkowego (Ljas).



Ślimak *Pleurotomarja*.

Pasma krakowsko-wieluńskie utworzone jest z wapieni jurajskich, które uległy lekkim dyzlokacjom. Wody zaskórne wytworzyły pod ziemią kilka grot (*grota Łokietka*), rzeki zaś wyłobily sobie, jak zwykle na terenach z wapienia — głębokie malownicze łożyska.

Na niżu polskim, pod osadami lodowcowymi, w różnych miejscach są osady jurajskie (koło Radomia, Tomaszowa i t. d.). Są to warstwy, pochodzące ze *środku* i *końca* epoki jurajskiej, bowiem na początku tej epoki cała prawie Polska była wynurzona.

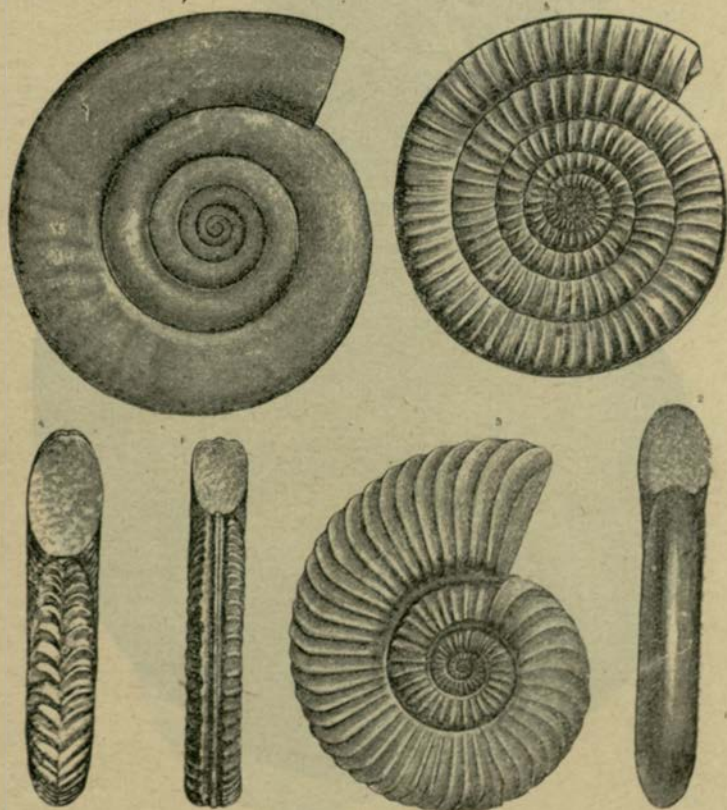
W *Tatrach polskich* osady jurajskie należą do dosyć pospolitych. Niektóre szczyty na zboczach północnych utworzone są z wapienia lub dolomitu jurajskiego, przykładem takiego szczytu z wapienia jurajskiego jest *Giewont* w pobliżu Zakopanego (1900 m. wysokości) i wiele innych gór i zboczy dolin w Tatrach utworzone jest ze skał jurajskich. *Turnie Raptawickie*, stanowiące część północną góry, zwanej *Kominy Tylkowe*, zbudowane są z wapieni jurajskich. Turnie te zasługują na uwagę ze względu, że w nich się znajdują dosyć znaczne, ciekawe groty (*grota Mylna* i inne).

Groty, jak to było zaznaczone w dynamice, tworzą się prawie wyłącznie w wapieniach jurajskich.

Kominy Tylkowe są ciekawym przykładem góry, której część południowa (*turnie Smytniańskie*) utworzone są z warstw triasowych, zaś część północna (*turnie Raptawickie*) — z warstw jurajskich.

W innych częściach świata osady jurajskie są również bardzo rozpowszechnione.

§ 76. **Cechy ogólne epoki jurajskiej.** Opierając się na danych paleontologicznych i facji osadów, uczeni doszli do wniosku, że podczas epoki jurajskiej *klimat* na kuli ziemskiej był tego rodzaju, że istniała szeroka *strefa równikowa* o klimacie *ciepłym*, oraz *dwie strefy północna*

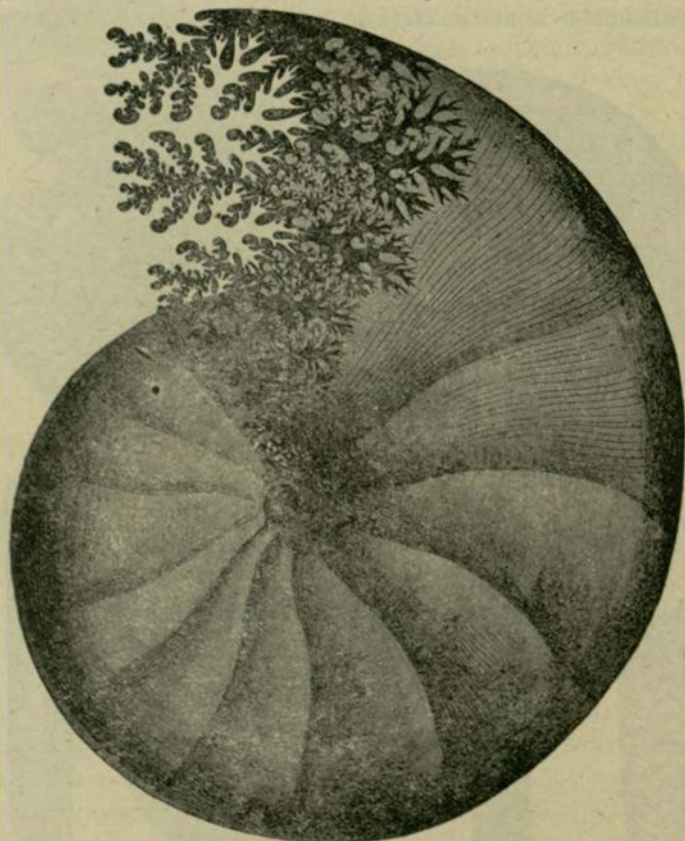


Ammonity z jury dolnej 1—2. *Psiloceras planorbis* 3—4. *Schlotheimia angulata* 5—6. *Arietites spiratissimus*.

i południowa o klimacie *chłodnym*, jednak ze względu na pewne przemieszanie gatunków osadów przypuszcza się istnienie w tej epoce *prądów morskich*, które przynosiły ciepłą wodę w okolice polarne i ta powodowała osadzenie się w niektórych miejscach warstw ciepłowodnych.

Klimat zatem w epoce jurajskiej różni się od klimatu w epokach ubiegłych tem, że wtedy to już istnieją do pew-

nego stopnia strefy klimatyczne, a bieguny są wyraźnie zaznaczone. Te warunki wpłynęły na rozwój niektórych drzew iglastych w ten sposób, że w jurze pień tych drzew posiada wyraźne warstewki, pochodzące z każdego roku.

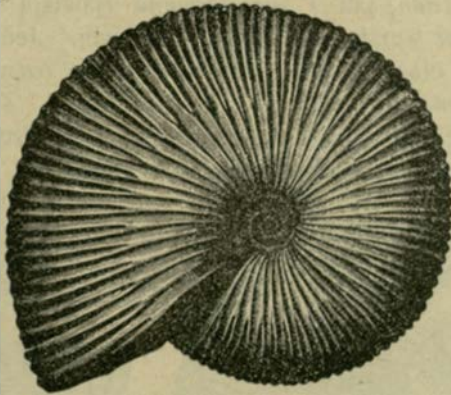


Ammonit *Phylloceras Zetes* z jury.

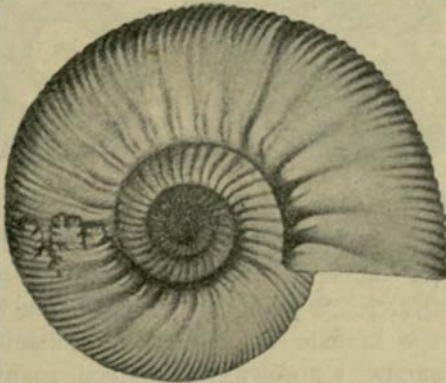
Obecnie takie warstewki tworzą się tylko u drzew iglastych, rosnących w strefach umiarkowanych lub chłodnych, natomiast nie tworzą się wcale u drzew tych, rosnących w strefie zwrotnikowej. Można zatem mniemać, że w jurze już były wyraźne pory roku.

Ruchy górotwórcze w ciągu epoki jurajskiej są bardzo słabe. Na dnie głębokiej geosynkliny południowo-europejskiej, gdzie później, jak było to już zaznaczone, mają

powstać Alpy i inne młode góry, zachodzą lekkie ruchy, kurczące dno i osady na niem spoczywające, lecz są to tylko bardzo nieznaczne drgania skorupy ziemskiej, nie prowadzące do wypiętrzenia gór.



Ammonit *Stephanoceras (Macrocephalites) macrocephalus* z jury środkowej.



Ammonit *Perysphinctes Lothari* z jury górnej.

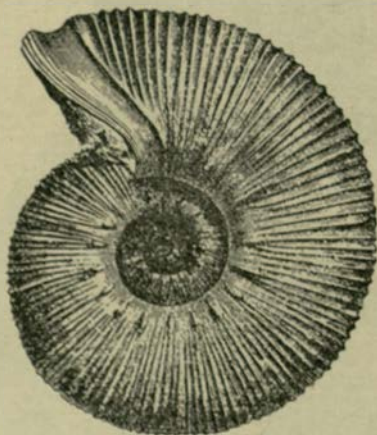
Ruchy epirogenetyczne obniżające ląd zaszły w wielu miejscach naprz. w obecnych Niemczech środkowych i Rosji, wskutek czego morze rozszerza się tam na niekorzyść lądu. Polska w okresie triasowym przeważnie była wynurzona, natomiast niektóre jej części uległy obniżeniu i zalaniu w ciągu jury.

Działalność wulkaniczna, z małemi wyjątkami, była w zupełnem uśpieniu.

ROZDZIAŁ XXI.

EPOKA KREDOWA.

§ 77. **Życie organiczne.** Rośliny *okrytonasienne*, zarówno *jedno*, jak i *dwuliścienne* zjawiają się po raz pierwszy w warstwach epoki kredowej. Jednak istnieją w dalszym ciągu, a nawet coraz lepiej się rozwijają rośliny *nagonasienne* oraz *bezkwiatowe naczyniowe*. Z kwiatowych okrytonasiennych stwierdzono z całą pewnością obecność takich drzew jak *topola*, *wierzba*, *brzoza*, *dąb*, *orzecz*.

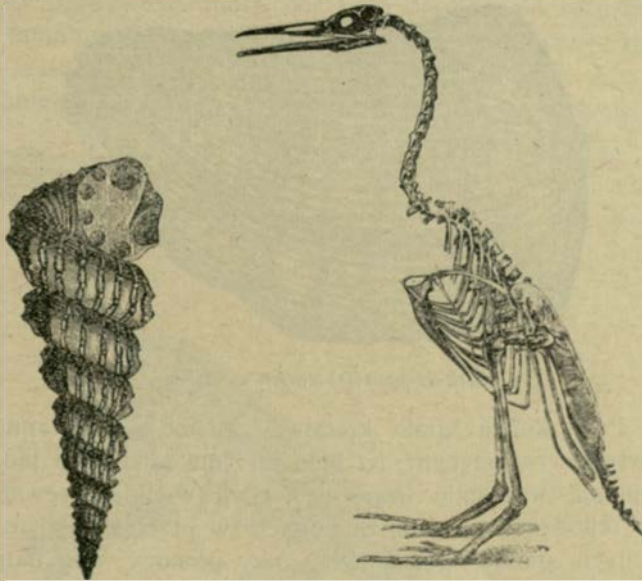
Ammonit *Astieria astieriana* z kredy.Ammonit *Crioceras*
z kredy.

Zwierzęta tej epoki naogół są bardzo podobne do zwierząt jurajskich. W morzach po dawnemu żyją *ammonity*, które i w kredzie są najlepszymi skamielinami dla określania warstw i porównywania facji różnych krajów. Jako cecha ammonitów tej epoki, to obecność gatunków, o innym wyglądzie, niż normalny typ. Gatunek *Turrilites* zwija się niespiralnie, lecz na podobieństwo skorupy niektórych ślimaków. Jako najbardziej typowe ammonity dla tej epoki są: *Astieria*, *Turrilites*, *Acanthoceras* i t. d.

Z pomiędzy innych bezkręgowych zasługują jeszcze na uwagę *głównonogi* z grupy *belemnoidów* (Belemnity), różne *ślimaki* i *małże*, z tych ostatnich rodzaj *Trigonia*.

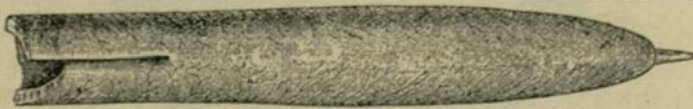
W ciągu epoki kredowej żyją w dużej ilości w mo-

rzach tak zwane *rudisty* i *hippuryty*. Te mięczaki pomimo swego małego ciała budowały sobie wielką skorupę wapienną; skorupy hippurytów przyczyniły się w niektórych miejscach do wytworzenia się warstw wapieni pochodzenia zwierzęcego.



Ammönit *Turrilites catenatus*. Ptak z kredy *Hesperornis regalis*.

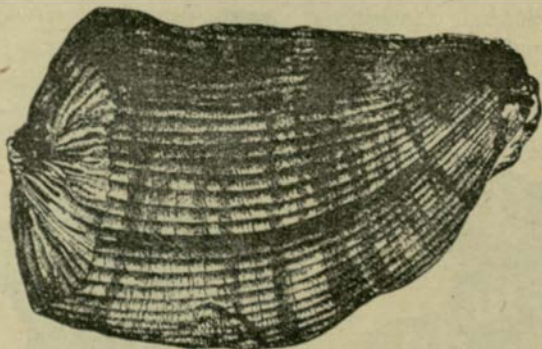
W epoce kredowej, zwłaszcza przy końcu, rozwinęły się nader licznie pewne gatunki *jeżów morskich*, dosyć typowych dla niektórych warstw z końca epoki (*kreda pisaćca*). Tak na przykład *Ananchytes* i *Micraster* często się znajdują w osadach kredy.



Głównóg *Belemnitella mucronata* z górnej kredy.

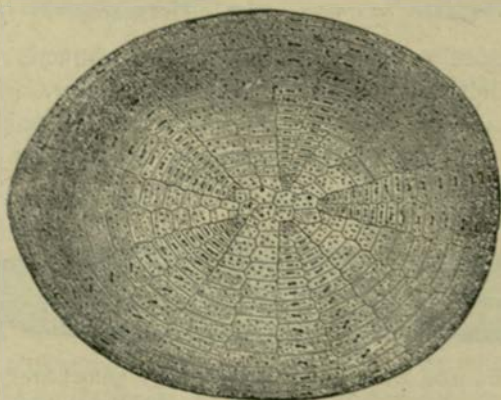
Z *kregowców*, wszystkie grupy jurajskie żyją jeszcze. Najciekawsze są gady, które wtedy dochodzą do swego maksymalnego rozwoju. Gady morskie z triasu i jury przetrwały jeszcze (*Ichthyosaurus*, *Plesiosaurus*). *Dino-*

saury panują w dalszym ciągu na lądach. Godzien uwagi jest wielki mięsożerny *Iguanodon* i *Triceratops*, natomiast już nie istnieją wielkie *dinosaur*y trawożerne, jak *Brontosaurus* jurajski. Gady *latające* są bardzo liczne. Ptaki są w większej ilości niż w jurze, podobnie jak i *ssaki*.



Małż *Hippurites cornu vaccinum*.

Przy końcu epoki kredowej zachodzą duże zmiany w świecie zwierzęcym na lądach i morzach. Na lądach wymierają wszystkie *dinosaur*y, czyli wielkie przeważnie gady, chodzące na długich nogach (w przeciwieństwie do obecnych gadów pełzających przy pomocy nóg bardzo

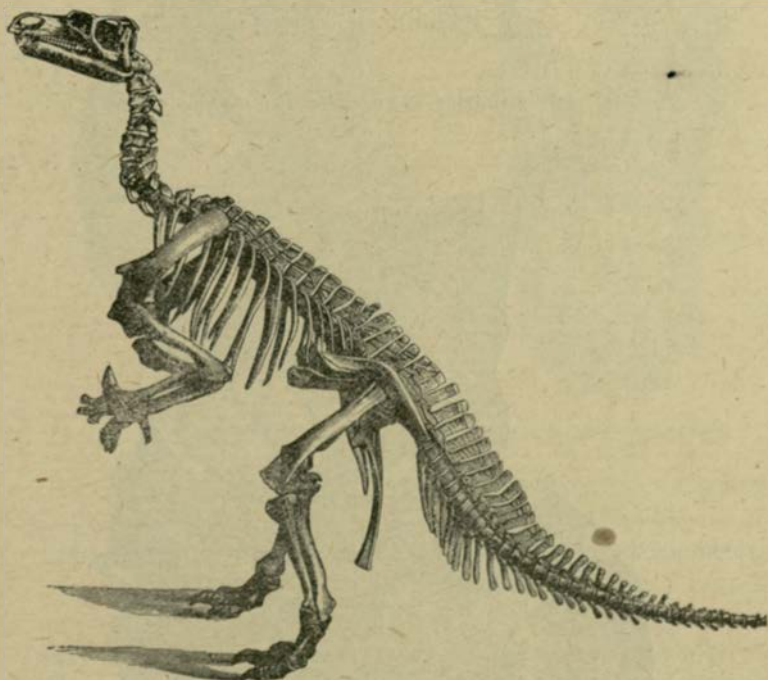


Jeżowiec *Ananchytes ovatus* z górnej kredy.

krótkich). Stąd zamiast gadów, które w ciągu całego drugorzędu panowały niepodzielnie na lądach, przewagę zyskują w następnym okresie *trzeciorzędowym* zwierzęta

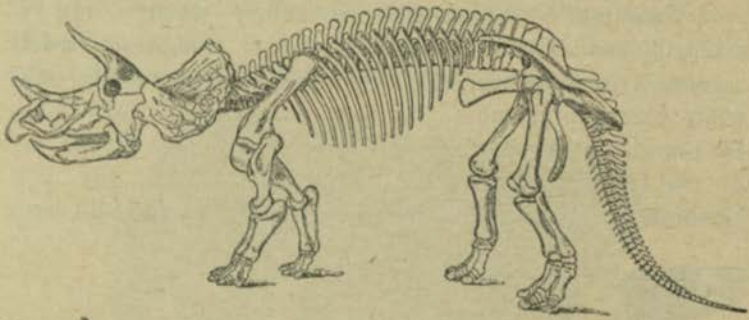
ssące. Jednak niektóre gatunki gadów, jak *jaszczurki*, *węże*, *żółwie* i *krokodyle*, przetrwały po dziś dzień.

Również i w morzach zachodzą ważne zmiany, z chwilą bowiem końca epoki kredowej zbiega się chwila wymarcia *ammonitów*, które od końca pierwszorzędu ożywiały przestworza mórz. Już było parokrotnie zaznaczone, że *ammonity* w stopniu bardzo silnym przyczyniają się do ułatwienia badań warstw z drugorzędu—stąd, gdy tych skamieniałości zabrakło w trzeciorzędzie — badania jęgo



Szkielet gada z rodziny *dinosaurów Iguanodon* z kredy.

osadów są naogół trudniejsze. W morzach trzeciorzędowych zamiast *ammonitów* rozmnażają się jeszcze silniej, niż dotychczas, inne rodzaje mięczaków, zwłaszcza *małże* i *ślímaki*; ich skamieliny jednak nie są tak dobre dla określania wieku warstw i dzielenia ich na *piętra*. *Małże* i *ślímaki* bowiem, jako zwierzęta trzymające się przeważnie brzegów lądów, nie są tak powszechne, nie rozszerzają się w tym stopniu co *ammonity* po całym świecie.

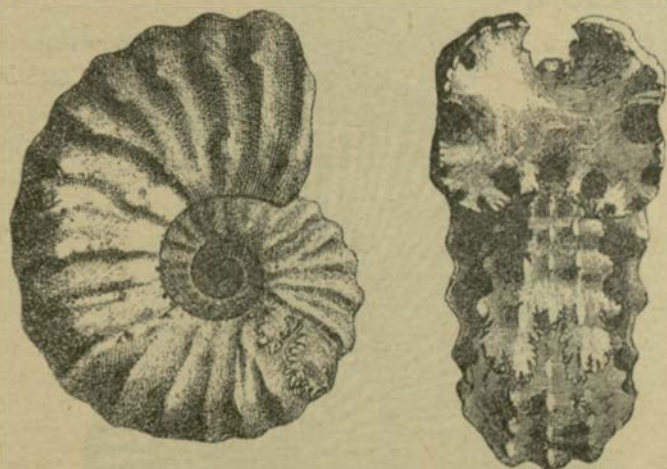


Szkielet gada z rodziny dinosaurów *Triceratops prorsus*.



Ammonit *Crioceras Roemeri* z dolnej kredy.

§ 78. **Gatunki osadów.** W ciągu epoki kredowej osadzały się rozmaite gatunki skał. Najbardziej rozpowszechnione są gliny, margle, wapienie. Te ostatnie utworzone są przeważnie ze skorup małżów, ślimaków, jeżowców. Rafy koralowe są mniej liczne, niż w warstwach z epoki jurajskiej. Do wytwarzania się wapieni organicznych przyczyniły się też i glony.



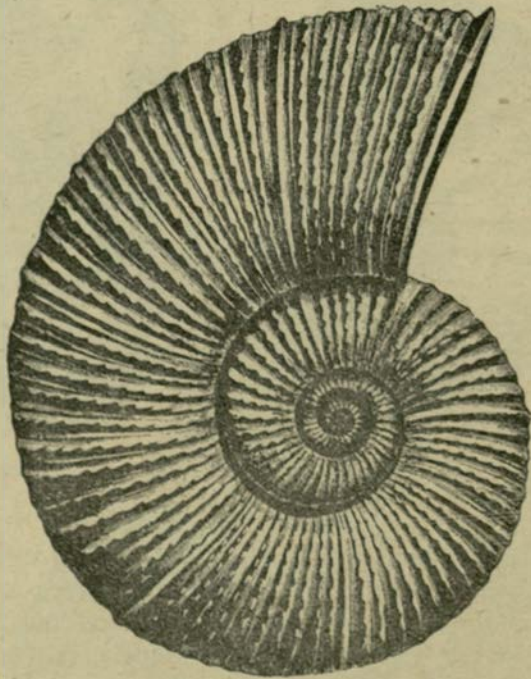
Ammonit *Acanthoceras rhotomagense* z warstw kredy środkowej.

Kreda piaszcząca wytwarzała się prawie wyłącznie w końcu epoki kredowej. Składa się ona przeważnie ze skorupek mikroskopijnych otwornic, z drobnych kawałeczków pokruszonych skorupek małżów, jeżowców i innych organizmów zwierzęcych. Warstwy kredy często zawierają skamieliny większe, niepokruszone jeżowców (*Ananchytes*, *Micraster*) belemnitów (*Belemnitella*), przeciwnie skamieliności ammonitów w kredzie są bardzo rzadkie. Jest to spowodowane tem, że w końcu epoki kredowej liczba żyjących w morzach ammonitów zmalała.

Warstwy kredy osadzały się na niezbyt znacznych głębokościach, jednak na dnie otwartych mórz, ponieważ rzadko zawierają one domieszki osadów wtórnych, zaczerpniętych z lądów, jak glinę.

W kredzie (skale) często znajdują się kawałki krzemieni, pod postacią tak zwanych *konkrecji* krzemiennych.

Nazwa epoki kredowej jest powodem mylnego ale pospolicie spotykanego przypuszczenia, że kreda (skała) wszędzie występuje, gdzie tylko są osady z tej epoki. Tak bynajmniej nie jest. W wielu krajach warstwy z epoki kredowej nie zawierają wcale kredy piszącej, lecz ich facja jest wapienna, piaskowcowa, marglistą i t. d. Naogół kreda pisząca w osadach tej epoki stanowi podrzędny materiał skalny.

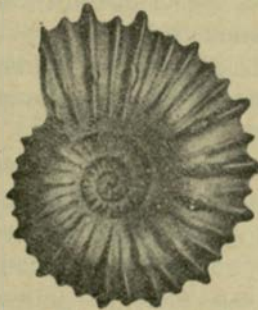


Ammonit *Astieria*.

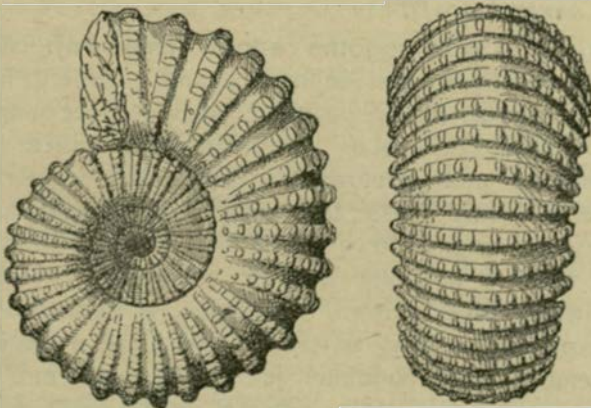
§ 79. **Rozprzestrzenienie geograficzne.** Ponieważ morza w epoce kredowej zajmowały olbrzymie obszary i wtedy zostały zalane nawet te kraje, które dotychczas były wynurzone, więc osady kredowe są niezmiernie pospolite, prawie we wszystkich krajach. W Europie *nie* były zalewane przez morza kredowe tylko następujące kraje: *półwysep Skandynawski* i *Rosja północna*, z wyjątkiem okolic poduralskich, większa część *Irlandji* i *ks. Walji*, północno-zachodnia część *Hiszpanji* i półwysep

Bretoński, pozatem w kilku innych miejscach osadów kredowych nie znaleziono.

W *Polsce* warstwy z epoki kredowej (bynajmniej niekoniecznie kredapiszczą) występują stosunkowo w niewielu miejscach na powierzchni, a to dlatego, że prawie wszędzie są one zasypane osadami pochodzenia lodowcowego.



Ammonit Douvilleiceras Martini z kredy. Tylko w Lubelszczyźnie południowej (okolice *Lublina* i *Chelma*), na wyżynie *Nidy* i w kilku innych miejscach kreda występuje niezasypana materiałami lodowcowymi. Ogromne obszary osadów kredowych w południowej *Kongresówce*, w dorzeczu *Niemna*, na *Polesiu* południowym, w delcie *Wisły* i w wielu innych miejscach są



Ammonit Douvilleiceras mamillatum z kredy.

zakryte nie tylko osadami lodowcowymi, lecz też i warstwami, pochodzącymi z następnego okresu trzeciorzędowego. W tych miejscach kreda (w znaczeniu stratygraficznym) została stwierdzona przy pomocy tak zwanych otworów świdrowych, to jest sztucznych wierceń w ziemi przy pomocy odpowiednich maszyn.

Na niżu polskim prawie wszędzie występują osady kredy, jako piaskowce, margle, kreda piszcząca i t. d.

Na większej części obszaru osady kredowe są przykryte osadami młodszymi.

Na wyżynie *Nidy* osady kredowe występują przeważnie jako urodzajna gleba marglowa, zaś pod *Chelmem* jest kreda piszcząca.

Kredowe osady znaleziono też na północnych zboczach *Tatr* polskich oraz w *Karpatach*. W tych ostatnich górach osady kredowe są ogromnie silnie rozwinięte. Są to warstwy kredy górnej, wytworzone w ciągu drugiej połowy tej epoki. Jednak materiał petrograficzny tych warstw w *Karpatach*, to przeważnie *piaskowiec szary*. Czasem trudno jest z całą pewnością określić wiek piaskowców kredowych w *Karpatach* polskich, ze względu na nieznaczną ilość skamielin morskich. Piaskowce wieku kredowego są w wielu miejscach przykryte piaskowcami później osadzonemi (trzeciorzędowemi), które są dosyć podobne do piaskowców kredowych. Cały ten kompleks piaskowców i innych skał, *łupków*, *margli*, nawet *wapieni*, nosi nazwę *fliszu karpackiego*¹⁾.

§ 80. Cechy ogólne epoki kredowej. *Klimat* epoki kredowej nie jest dobrze poznany. Stwierdzono jednak, że istniały wtedy, podobnie jak i w epoce jurajskiej, strefy klimatyczne, oraz że temperatura zmieniała się w okolicach podbiegunowych w zależności od pór roku, ponieważ rośliny iglaste, zachowane z tego czasu jako skamieliny, wykazują budowę warstwową łądygi, co może nastąpić tylko w wypadku przerwy zimowej w wyrastaniu. Przeciwnie, inne drzewa, znalezione w okolicach podrównikowych nie mają warstw, co świadczy o ciągle cieplej temperaturze, podobnie jak to jest i obecnie. Również są pewne dane, że w Europie południowej, to znaczy w tych jej częściach, które nie były zalewane w ciągu epoki kredowej, flora była podzwrotnikowa. *Palmy* bowiem rosły wtedy nietylko na południu, ale też i w niektórych częściach Europy środkowej.

¹⁾ Bliższe szczegóły o fliszu karpackim patrz niżej w rozdziale o paleogenie.

Ruchy górotwórcze w ciągu kredy były znacznie silniejsze niż w epoce poprzedniej. Wprawdzie i teraz jeszcze nie wytwarzają się łańcuchy górskie, ale na dnie *geosynkliny Europy południowej*, na miejscu późniejszych Alp i innych gór, powstałych jednocześnie z niemi, zachodzą ruchy kurczące i marszczące dno, przyczem wielka geosynklina dzieli się na kilka podłużnych geosynklin, poprzedzielanych podłużnymi wypukłościami, tak zwanymi *geantyklinami*. Ta wielka geosynklina Europy południowej, nazwana *Thetys*¹⁾ jest zatem miejscem, gdzie ruch górotwórczy dokonywa pracy przygotowawczej do wypiętrzenia wielkich łańcuchów, zwanych *alpejskimi*. Chwilami ruchy górotwórcze na dnie Thetys prowadzą do tego, że głębokie morze zamienia się na lagunę, dno jej nawet na bardzo krótko się wynurza, tak, że warstwy późniejsze są transgredujące na warstwach starszych i da się wykryć mała przerwa w sedimentacji. To się obserwuje w Alpach dzisiejszych, gdzie brakuje warstw, pochodzących ze środka epoki kredowej. Dopiero przy końcu epoki dno geosynkliny znowu się obniża, i morze ponownie staje się głębokie, a na dnie jego tworzą się osady.

Podobne ruchy górotwórcze zachodzą i w *geosynklinie karpackiej*, będącej właściwie przedłużeniem ku północ-wschodowi linją esowatą geosynkliny alpejskiej. Niektórzy badacze przypuszczają, że te ruchy górotwórcze w epoce kredowej były natyle silne, że spowodowały wtedy właśnie wytwarzanie się *plaszczowin* (przesuniętych i oderwanych od korzenia fałd) w *Tatrach*.

Na zasadzie tego, że w Tatrach tylko w niewielu miejscach występują osady z trzeciorzędu, jako wapienie transgresyjne, wielu badaczy twierdzi, że w końcu epoki kredowej Tatry już były uformowane jako góry.

W ciągu epoki kredowej właśnie nastąpił wylew olbrzymich mas bazaltów na półwyspie *Dekan* (Indje wschodnie). Bazalty te, jak to już w części „Petrografia“ było zaznaczone, — zalały obszar, wynoszący około 300 000 kil. kwadratowych (prawie tak wielki, jak cała Rzeczpospolita Polska) warstwą, grubą do 2000 metrów. Bazalt ten spo-

¹⁾ Przez geologa wiedeńskiego *Suess'a*.

czywa na warstwach osadowych, pochodzących ze środka epoki kredowej.

Wszędzie, gdzie tylko są młode góry, czy to Kordyljery, czy Himalaje, czy inne, ruchy górotwórcze przedwstępne zachodziły już w epoce kredowej.

Jednocześnie z ruchami górotwórczemi zachodziły także i ruchy epirogenetyczne, obniżające lub podnoszące wielkie płaszczyny. Pierwsze mają przewagę, to też w epoce kredowej olbrzymie obszary wynurzonych równin, na przykład Rosji południowo-wschodniej, Polski i t. d. zostały zalane.

Działalność wulkaniczna w epoce kredowej była znacznie silniejsza, niż w jurajskiej. Natychmiast po ruchach górotwórczych w niektórych geosynklinach nastąpiły wylewy skał ogniowych, które potworzyły żyły w warstwach osadowych.

Takie wylewy są znane na Bałkanach, na półwyspie Pirenejskim i t. d.

§ 81. Cechy ogólne okresu drugorzędowego.

Rozkład lądów i mórz w ciągu drugorzędu ulegał oczywiście bardzo silnym zmianom, jednak pomimo tych zmian lokalnych, spowodowanych zalewami równin, lub chwilowym wynurzaniem się dna niektórych mórz — można zauważyć istnienie kilku wielkich lądów. I tak w Europie tarcza paleozoiczna (pierwszorzędowa) *finno-skandynawska* trwa przez cały drugorzęd. Wchodziła ona dawniej w skład kontynentu *północno-atlantycznego*, lecz ten kontynent uległ częściowemu zalaniu. Na południe od tarczy skandynawskiej w Europie leży strefa ulegająca zalewom, chwilowo tylko niektóre jej części się wynurzają.

Polska należy zatem do tej strefy, podlegającej zalewom. Pozatem tylko niewielkie wysepki, jak na przykład *północno-zachodnia Hiszpanja* nie ulegają zalaniu.

Bardziej na południe od *Thetys* leży kontynent *afrykańsko-brazylijski*, którego część północna (Sachara) była zalana przez morza kredowe, transgredujące.

Kontynent *australijско-indyjsko-madagaskarski* również częściowo jest zalewany, natomiast kontynent *chińsko-syberyjski* naogół przetrwał cały okres bez zalewów. Do-

tychczas bliżej nic niewiadomo, co się działo w ciągu okresu drugorzędowego na obszarze oceanu Spokojnego.

Klimat okresu tego stopniowo staje się podobny do klimatu obecnego. Wytwarzają się strefy klimatyczne, bieguny, równik, są już pory roku. Jednak obfitość osadów wapiennych pochodzenia organicznego, raf koralowych itd. pozwala przypuszczać, że klimat był cieplejszy niż obecnie. Wyżej było zaznaczone, że nawet w Europie środkowej rosły palmy.

Świat zwierzęcy w ciągu całego drugorzędu wykazuje bardzo specjalne cechy. Jest to okres największego rozwoju mięczaków morskich. Nietylko *ammonity* nadają piętno charakterystyczne temu okresowi; *rudysty* w kredzie, *belemnity* i inne mięczaki grają główną rolę wśród zwierząt morskich.



Iguanodon bernissartensis z warstw kredy w Belgji.

Jest to też okres panowania gadów. Żyją one wtedy w morzach, na brzegach, w głębi lądów, a nawet latają w powietrzu. Żywią się morskie gady pokarmem zwierzęcym (Ichtyosauury), rybami, mięczakami itd. Na lądach wielkie ale niezręczne i nie umiejące się bronić brontosauury padają

ofiara mięsożernych. W kredzie żyjący *Iguanodon* był postrachem dla innych zwierząt.

Pierwsze ptaki i ssaki zjawiają się wtedy. Są one jednak nieliczne i nie grają żadnej roli w świecie zwierzęcym. Ich czas rozwoju i panowania ma dopiero później nastąpić, gdy wyginą wszystkie *dinosaur*y, co dziwnym zbiegiem okoliczności wypada jednocześnie z chwilą wymierania *ammonitów* i *rudystów* w morzach.

Chwila przełomowa między *drugo-* a *trzeciorzędem* jest zatem wyraźnie zarysowana, — inaczej więc rzecz ma się niż z końcem *pierwszo* i początkiem *drugorzędu*. W *trzeciorzędzie* i w morzach i na lądach żyją przeważnie inne zwierzęta, stąd i facja osadów trzeciorzędowych prawie zawsze różni się od facji drugorzędowej. Jednak podobnie jak z końcem *pierwszorzędu*, tak i z końcem *drugorzędu* ani żadnego kataklizmu ani kreacji spontanicznej nie było. Tylko jedne organizmy wymarły i pozostawiły więcej miejsca do rozwoju innym organizmom.

ROZDZIAŁ XXII.

EPOKA PALEOGENSKA.

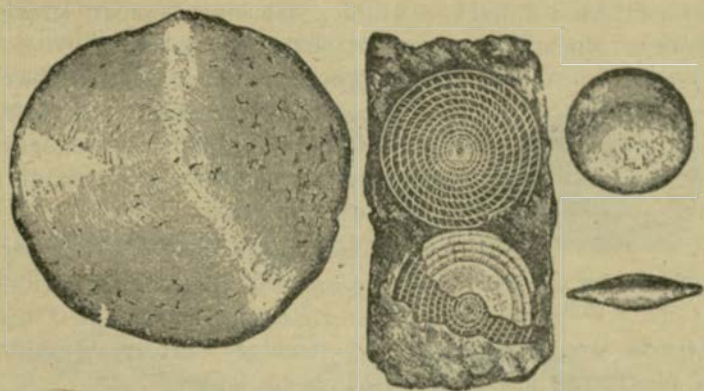
(Nummulityczna).

§ 82. Życie organiczne. Roślinność tej epoki nie przedstawia nic specjalnego. Wiele drzew i traw ówczesnych przetrwało do dzisiejszego dnia. Zwierzęta bezkręgowce również wykazują raczej zubożenie. Z *głównogów* żyją jeszcze tylko niektóre *belemnoidy*. Lepiej już z *małżami* i *ślimakami*, te bowiem nie tylko co do liczby rodząją, ale też i ilościowo wzrastają.

Z rodziny ślimaków zasługuje na wzmiankę rodzaj *Ceritium*. Są to dosyć małe przeważnie ślimaki 1 lub 1½ centymetra długości, tylko rodzaj *Ceritium* (*Campanula giganteum*) dochodzi do 15 i więcej centymetrów długości.

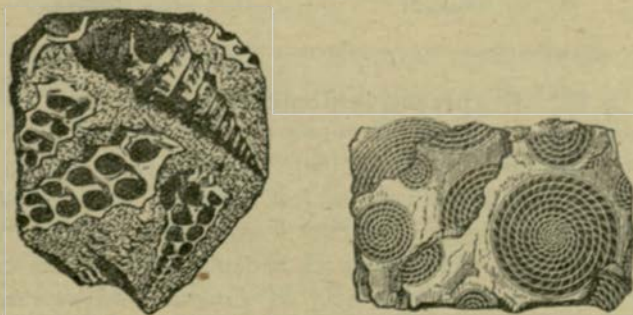
Pierwotniaki również bardzo się rozmnażają. Zjawia się rodzaj *Nummulites*, tworzący sobie szkielet wapienny. Nummulity w paleogenie dochodzą do największego rozwoju, jednak bynajmniej nie giną z końcem tej

epoki, ponieważ niektóre ich gatunki żyją po dziś dzień w morzach podzwrotnikowych.



Pierwotniaki *Nummulites giganteus*.

Najbardziej charakterystyczne zwierzęta epoki należą do kręgowców lądowych. Z gadów pozostały tylko formy współczesne (krokodyle, jaszczurki, żółwie, węże), natomiast ssaki zdobywają przewagę na lądach. Pomiedzy nimi są już małpy, zwierzęta trawożerne, mięsożerne i owadożerne. Już istnieją przodkowie mamuta. Istnieje kilka gatunków ssaków, właściwych tylko epoce paleogeńskiej.



Ślimak *Ceritium*.

Nummulites distans z dolnego paleogenu.

§ 83. Rodzaje osadów. Osady z paleogenu są różne. Znane są utwory lądowe, jak wapienie słodkowodne (trawertyny). Osady mórz otwartych są to przedewszyst-

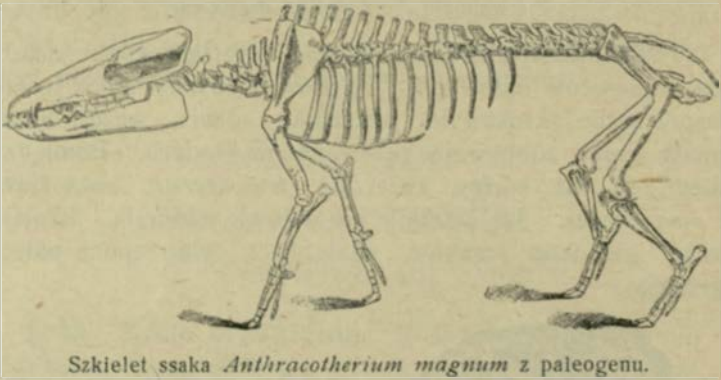
kiem wapienie organicznego pochodzenia, *litotamniowe*, a zwłaszcza *nummulitowe*. Te ostatnie oprócz skorupek nummulitów i innych otwornic, zawierają bardzo często skorupki ślimaków, zwłaszcza rodzaju *Ceritium*.



Małż *Cyrena cuneiformis* z paleogenu.

Oprócz wapienia nummulitowego, wytwarzał się również wapień z innych otwornic. Powstały stąd materiał skalny używany jest w wielu krajach do budowy domów.

Piaski i piaskowce, często zawierające *glaukonit*¹⁾, zatem zabarwione na kolor zielony, a utworzone z materiałów drugorzędowych, są również bardzo pospolite. W niektórych miejscach tworzyły się łupki.



Szkielet ssaka *Anthracotherium magnum* z paleogenu.

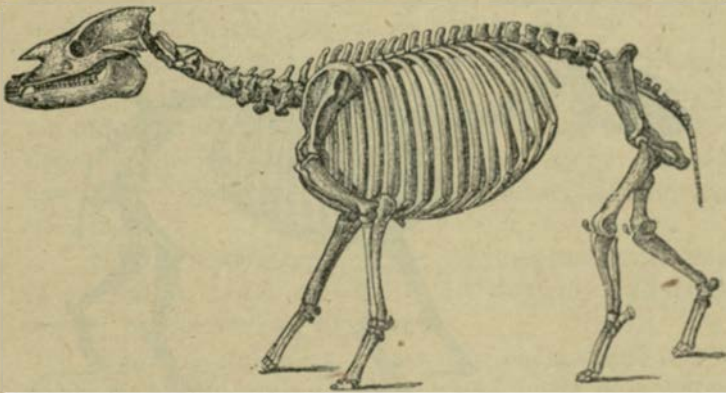
§ 84. Rozprzestrzenienie geograficzne. Osady paleogeńskie zajmują olbrzymie obszary, zwłaszcza w Europie środkowej i zachodniej. Cała prawie Polska na pewnej głębokości utworzona jest z osadów paleogeńskich. Osady paleogenu zajmują cały prawie niż polski, lecz osady polodowcowe utrudniają ich badania. Wschodnia część niżu polskiego, mniej więcej od Łukowa—Międzyrzecza—Radzynia ku wschodowi do Dniepru i dalej utworzona jest z osadów paleogeńskich, przykrytych na wierzchu materiałami młodszymi z czwartorzędu. Niż na zachód od Łukowa również ma osady z paleogenu, są one jednak

¹⁾ *Glaukonit* jest to substancja chemiczna koloru zielonego.

przykryte nie tylko materiałem polodowcowym, lecz też i osadami z następnej po paleogenie epoki neogeńskiej.

Można przypuszczać, że w końcu paleogenu cała wschodnia część niżu polskiego wynurzyła się z wody i zamieniła się na ląd stały, natomiast część zachodnia pozostała jeszcze pod wodą.

Osady paleogeńskie na niżu polskim utworzone są z piasków bez domieszki wapna (oligocen), czasem z gliny z glaukonitem, zatem przeważnie koloru zielonego. Nie jest zupełnie pewnym, w jakich warunkach osadzały się te piaski i gliny w morzu.



Szkielet ssaka *Paleotherium* z paleogenu (oligocen).

Na miejscu obecnego Pomorza i Prus wschodnich był wtedy ląd, na którym rosły lasy sosny bursztynowej (*Pinus succinifera*), z żywicy tej sosny wytworzył się bursztyn.

W Tatrach dolne warstwy paleogenu (eocen) występują pod postacią warstwy wapieni z nummulitami, transgredujących na warstwach starszych z drugorzędu. Takie wapienie znajdują się przy wejściu do doliny Kościeliskiej. Charakter transgresyjny wapieni nummulitycznych świadczy o chwilowym wynurzeniu, pod wpływem silnych ruchów górotwórczych dna morskiego, które to wynurzenie musiało zajść przy końcu kredy.

Łańcuch karpacki jest utworzony z osadów dwóch epok.

Niżej leżą wasty kredowe, występujące w wielu miejscach na powierzchni, na nich zaś spoczywają pias-

kowce paleogeńskie. Pospolicie materiały, z których zbudowane są Karpaty polskie nazywane są, podobnie jak to ma miejsce i w Alpach — *fliszem*. Trudno jest dokładnie określić, co to właściwie jest flisz. Zawiera on bowiem bardzo mało skamielin. Uczni niezupelnie są zgodni co do tego, w jaki sposób tworzyły się warstwy fliszu i w jakich wodach one się osadzały. Flisz bowiem składa się przeważnie z *piaskowców* dosyć wielkich, kruchych, łatwo wietrzejących, *iłów*, *łupków* i materiałów deutogenicznych (*zlepieńców*), oraz czasem zawiera skamieniałości morskie (nummality) na zasadzie których zalicza się do osadów dolnego (starszego) paleogenu.



Szkielet *Paleotherium magnum* z gipsów Montmartre pod Paryżem.

Są poglądy, że te materiały zostały podczas fałdowania się Karpat silnie przesunięte z południa ku północy, jako płaszczowina, jednak nie jest jeszcze z pewnością ustalone, czy flisz karpacki osadzał się w geosynklinie, czy w morzach płytkich. Podobny do poprzedniego, ale prawie nie naruszony *flisz* leży też na całej nizinie *Podhalańskiej* u stóp Tatr. Przykryty tam jest on osadami z czwartorzędu.

We wschodniej Europie osady paleogenu tworzą znaczne obszary nad Wołgą i na południo-wschodzie.

Basen paryski, okolice bliższe i dalsze stolicy Francji są utworzone z wapieni i piaskowców paleogeńskich. To samo jest i w wielu miejscach w Alpach zachodnich. Pozatem paleogen jest stwierdzony w wielu innych krajach Europy.

Przeciwnie, można przypuszczać, że wyspa z drugorzędu—*Hiszpanja północno-zachodnia* pozostała wynurzona przez cały czas paleogenu. To samo się stosuje do *tarczy fińsko-skandynawskiej, Rosji północnej, Irlandji* i niektórych okolic *Europy środkowej*. Tam bowiem żadnych śladów osadów *morskich* z paleogenu nie znaleziono.

§ 85. Cechy ogólne epoki paleogeńskiej. *Klimat* tej epoki był rozmaity, zarówno na lądach, jak i w morzach. Osady morskie wykazują różne warunki tworzenia się. Były wtedy w morzach zarówno ciepłe, jak i chłodne prądy. Na lądach flora była dość bujna. W ówczesnej Europie klimat musiał jednak być *zwrotnikowy*, bowiem w okolicach basenu paryskiego rosły *palmy*.

Ruchy górotwórcze w ciągu paleogenu były silniejsze niż w kredzie i prowadzą w rezultacie do wytworzenia się prawdziwych łańcuchów górskich. W Karpatach i Alpach brakuje niektórych warstw z końca kredy i początku paleogenu. Świadczy to o chwilowym wynurzeniu tych łańcuchów.

Góry *Pireneje* wytworzyły się w paleogenie, zatem są one nieco starsze od Alp, które dopiero w epoce następnej ostatecznie się uformowały.

Wybuchy wulkaniczne są wtedy nader częste w wielu miejscowościach, gdzie zachodziły silne ruchy górotwórcze.

ROZDZIAŁ XXIII.

EPOKA NEOGEŃSKA.

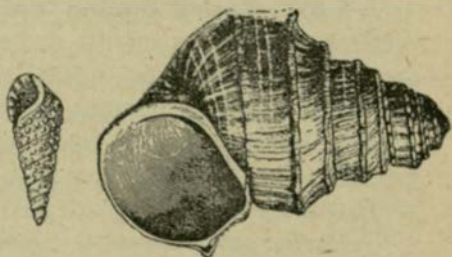
§ 86. Życie organiczne. *Roślinność* jeszcze bardziej staje się podobną do współczesnej. Bardzo niewielka ilość okazów żyła wyłącznie w tej epoce. Lasy w neogenjum są zależne od klimatu, ale tam, gdzie ten ostatni jest umiarkowany, roślinność leśna prawie wcale się nie różni od obecnej. Jednak ze względu na to, że klimat, przynajmniej na obszarze Europy środkowej, a zatem i tych części Polski, które były już wtedy uwolnione od wody, był tropikalny, więc też i roślinność leśna w neogenjum u nas była zupełnie inna niż obecnie—rosły wtedy w całej

Europie lasy podzwrotnikowe, z palmami, ljanami i innymi okazami flory stref ciepłych.

Zwierzęta tej epoki naogół niezbyt się różnią od zwierząt z paleogenu. *Nummulity* kilku rodzajów istnieją w dalszym ciągu, jednak ani pod względem ilości, ani wielkości nie dorównywiają nummulitom z paleogenu.



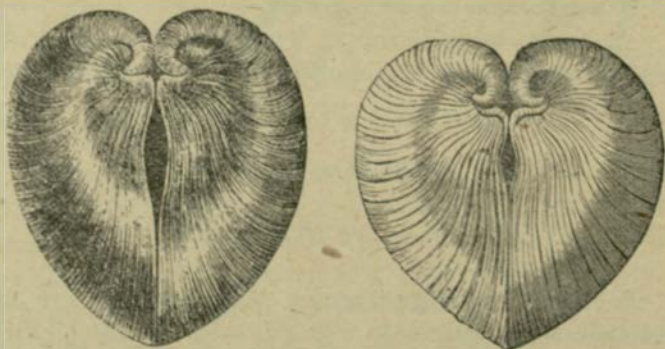
Ślimak *Ceritium ruginosum*.



Ślimak *Paludina*.

Co się tyczy innych bezkręgowych, to większość ich przetrwała do czasów obecnych.

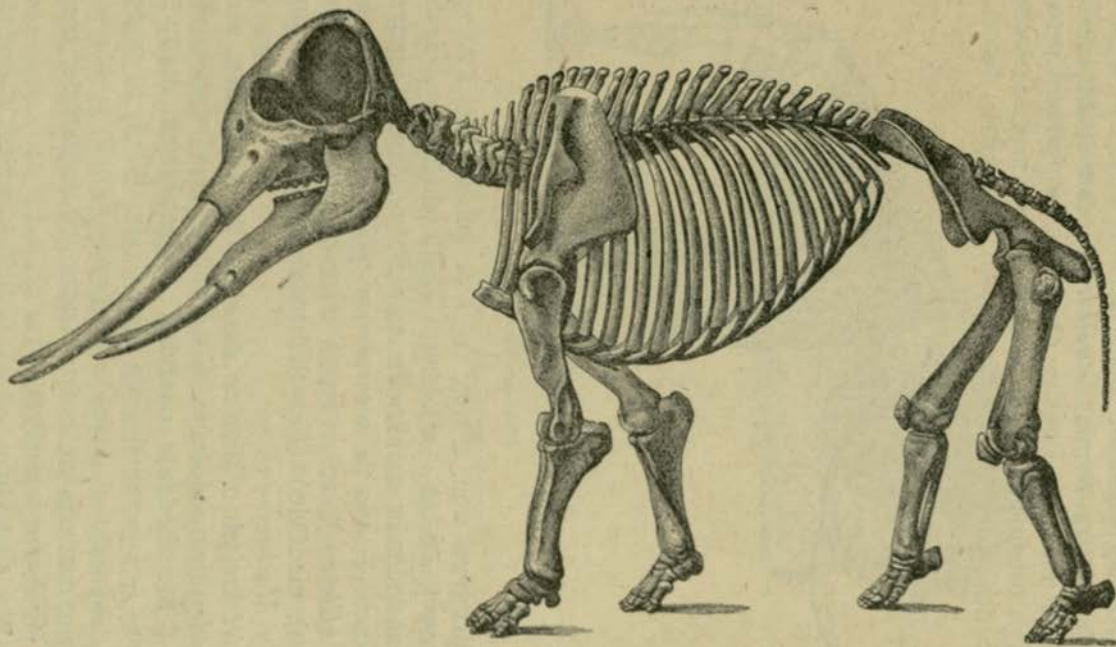
Jedne z najlepszych skamielin epoki należą do mięczaków. Z pomiędzy małżów zasługuje na uwagę *Congeria* dosyć typowa skamieniałość dla niektórych warstw neogenu.



Małże *Congeria* z górnych warstw neogenu (pliocen).

Z pomiędzy kręgowców *ptazy*, *gady* i *ptaki* są również podobne do współczesnych.

Inaczej się rzecz ma ze *ssakami*. Te ostatnie naogół rozpatrywane, różnią się nieco zarówno od ssaków paleo-geńskich przez dalej posunięty stopień ich ewolucji, jak

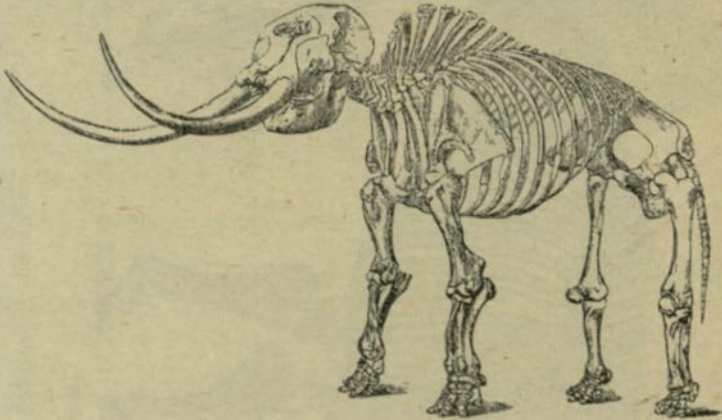


Wielki ssak lądowy z neogenu *Mastodon angustidens*.

też i od form obecnych i stanowią zatem stadjum przejściowe od fauny paleogeńskiej do współczesnej.

Jest to okres istnienia wielkich ssaków, przeważnie żywiących się roślinami.

Wielkie trawożerne *Dinotherium*, posiadające parę kłów, jest pokrewne słoniom obecnym. Bezpośredni przodek tych ostatnich *Elephas* oraz blizki krewniak *Mastodon* mający dwie pary kłów, żyją nie tylko tam, gdzie dotych-



Szkielet *Mastodona*.

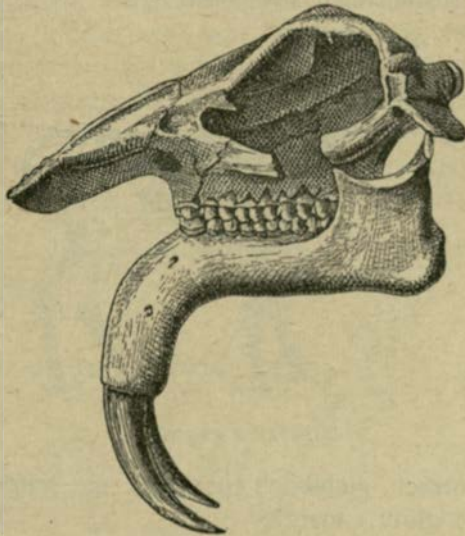
czas przetrwał słoń, a więc w Azji południowej i Afryce środkowej, ale też i w różnych okolicach Europy. Szkielety mastodonów znajduwane są w Polsce, Francji i innych miejscach. Zjawia się nosorożec, wszędzie tam, gdzie i mamut (*Elephas*), ze zwierząt mięsożernych przodek psa (*Canis*), niedźwiedź (*Ursus*), przodek tygrysa, groźny, drapieżny *Machaerodus*.

W krajach o klimacie gorącym istnieją ciekawe, wielkie zwierzęta owadożerne. W morzach istnieją już wieloryby.

§ 87. Rodzaje osadów. W neogenjum osady lagunowe (przybrzeżne) grają ważną rolę. Wtedy to w płytkich lagunach, u podnóża obecnych Karpat, w klimacie suchym, osadzają się potężne złoża soli, najbardziej znane pod *Wieliczką* i *Bochnią*.

We wschodniej części Galicji, również u podnóża Karpat, osady solonośne, mocno zdyzlokowane, zawierają oprócz soli, także ropę naftową, oraz wosk ziemny (*ozokeryt*). W innych miejscach, gdzie na brzegu płytkich za-

tok rosły na gruncie bagnistym duże lasy (pewne podobieństwo do tego, co było na daleko większą skalę w epoce węglowej); później wytworzyły się warstwy *lignitu*, rodzaj węgla kamiennego, ale mało zdatnego do palenia, ze względu na dużą domieszkę substancji nieorganicznych.



Czerep *Dinotherium giganteum*.

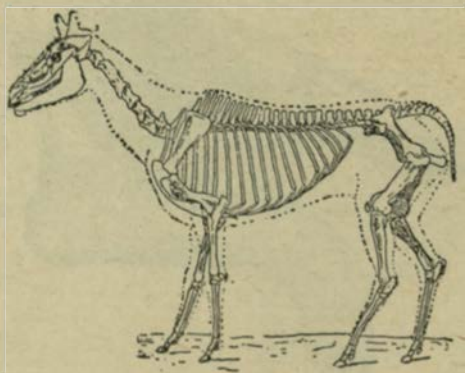
Na morzu otwartem, ale niezbyt głębokiem, w pobliżu łądów tworzyły się ciekawe, typowe dla danej epoki osady tak zwanego *crag'u*. Jest to materiał, utworzony z całkowitych lub pokruszonych muszli, skorup mięczaków lub innych zwierząt, scementowanych ze sobą, z domieszką piasku.

Oprócz *crag'u* zasługuje na uwagę tak zwana *molasa*, utworzona z miękkiego piaskowca, zawierającego często *glaukonit* i ułożonego warstwami na warstwach marglowych.

Wapienie organiczne tworzyły się ze szkieletów glonów wapiennych (*Lithotamnium*), z pierwotniaków (rodzaj wapieni nummulitowych, bez dużych nummulitów).

Jest rzeczą godną uwagi, że w neogenjum *rafy koralowe* tworzą się wyłącznie w okolicach podzwrotnikowych, to znaczy, że koralowe wtedy już rozwijały się tam tylko,

gdzie i obecnie. Jak to widać było z poprzednich rozdziałów, korale istniały w dawniejszych epokach w wielu miejscach w Europie, u nas na przykład na Podolu, w Pieninach i gdzie indziej. W neogenjum korale już się w morzach europejskich nie rozwijają. Świadczy to, że temperatura wody stała się dla nich zbyt niska.



Hipparion gracile.

W morzach głębokich osadzały się bardzo rozpo-
wszechnione gliny i margle.

§ 88. Rozprzestrzenienie geograficzne. Polska w neogenjum już w znacznej swej części była wynurzona i stanowiła ląd stały. Cały wschód Polski, od Łukowa czy Międzyrzecza na Podlasiu poczynając, jak już o tem było wzmiankowane, nie posiada osadów neogeńskich. Niepodobna przypuszczać, ze względu na olbrzymi obszar, aby osady z neogenjum zostały tam całkowicie spłókanne przez denudację i erozję wodną. Zatem wschodnia Polska była już lądem, natomiast Polska zachodnia, *Mazowsze, Kujawy, Pomorze, Poznańskie* były jeszcze zalane wodami. Później dopiero wody ustępują.

Te wody to jednak nie morze, ale wielkie płytkie zbiorniki wody słodkiej, rodzaj rozległych jeziorzysk, w których osadzają się warstwy *brunatnego węgla, lignitów, pstrych ilów* itd. Te dziwne osady lądowo-wodne zajmują ogromne obszary na zachodzie Polski, na północy dochodzą do morza Bałtyckiego, gdzie występują jako warstwy pod osadami lodowcowemi, widoczne w wysokim

brzegu morza (naprz. między Gdynią a Sobotami). Prawie zawsze zawierają one warstewki węgla ciemnego koloru. Przykryte są z góry moreną denną lub innymi osadami lodowca. Na niżu grubość osadów neogenu bywa bardzo rozmaita, od 3 metrów do 225 m. W niektórych, nielicznych miejscach, warstw neogenu niema wcale, i tam osady dyluwjalne (lodowcowe) leżą bezpośrednio na warstwach z paleogenu, a nawet z kredy. Ten brak osadów neogenu w kilku punktach tłumaczy się działaniem erozji i denudacji. Zanim lodowiec pokrył ziemię polskie, wody płynące czy inne czynniki atmosferyczne spłókały osady neogenu, w miejscach, gdzie te ostatnie były bardzo cienkie.



Mapka morza Sarmackiego w środku neogenu.

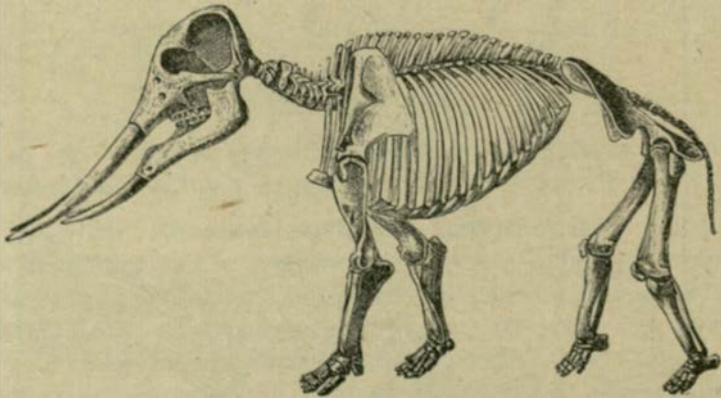
Alpy na początku epoki jeszcze nie są uformowane, przeciwnie, morze wciąż się jeszcze trzyma byłej geosynkliny alpejskiej, chociaż ta ostatnia już prawie zupełnie została wypełniona różnymi osadami. Ruchy górotwórcze później, przy końcu epoki, wypiętrzają potężne łańcuchy.

Prawie cała równina wschodnio — środkowo i zachodnio-europejska jest już wolna od wód morskich. W wielu

jednak miejscach, gdzie były morza, pozostały duże płytkie jeziora, które stopniowo, — przez ciągły dopływ wody rzecznej, odślaniają się i wreszcie wysychają zupełnie. Okolice nadczarnomorskie jeszcze w środku neogenu są zalane wodami *morza Sarmackiego*, które dochodzi na północy do Wołynia, a na północo-zachodzie do gór Świętokrzyskich.

Morze Sarmackie podobnie jak inne morza, oblewające góry Świętokrzyskie, w epokach poprzednich wkraczało w głąb gór pod postacią wąskich zatok, w których osadzały się *piaskowce wapienne*, podatne do budowli.

Stopniowo morze Sarmackie cofa się ku południowi, pozostawiając po sobie bagna albo małe jeziora. Na brzegach tych jezior żyły duże ssaki, jak *Mastodon*, *nosorożec Hipparion*.



Szkielet *Mastodona* z okolic morza Sarmackiego (odrestaurowany).

W pierwszej połowie neogenu północna część Polski jest zalana tylko wodami jezior i bagien, w których osadzają się warstwy, zawierające *wągiel brunatny i lignit*, przeciwnie część południowa, podkarpacka, jeszcze uległa inwazji wód morskich. To morze zatem oblewa od północy Karpaty, już uformowane poprzednio. Morze to wysychając zostawiło pokłady soli.

W Europie zachodniej tylko niewielkie obszary jeszcze pozostają pod morzem. Jest to *Belgia, Szlezwig*, okolice *Londynu*, oraz we Francji okolice zachodniej *Normandji*

i część równiny *gaskońskiej*. *Półwysep Apeniński* prawie całkowicie jest zalany.

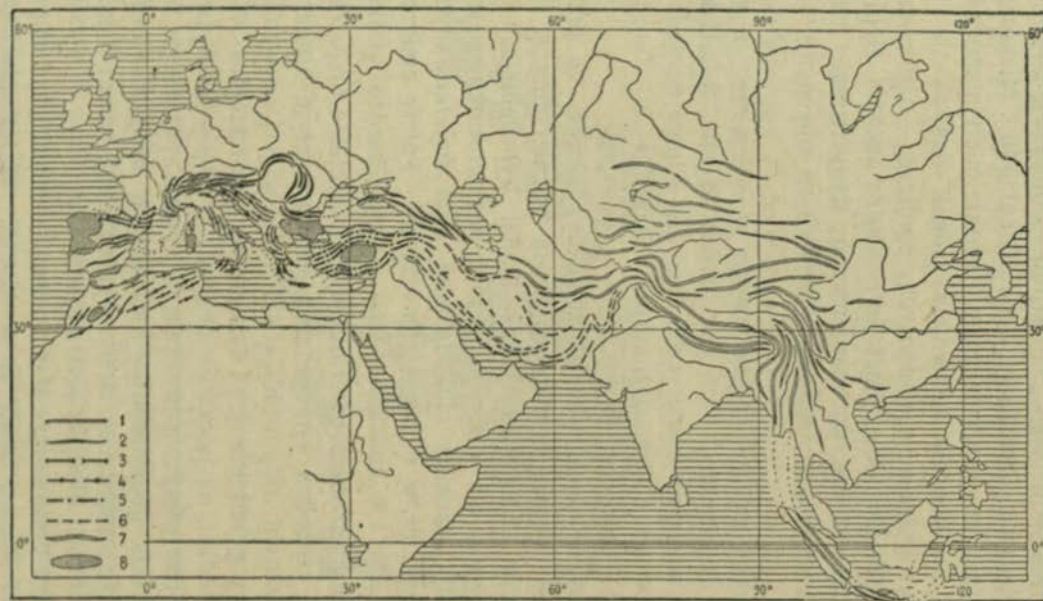
§ 89. Cechy ogólne epoki neogenjum. Klimat epoki jest dotychczas mało poznany. Stwierdzono jednak, że palmy rosły nie tylko w Europie środkowej, ale nawet na wyspach Szpicberg i na Grenlandji. Niektórzy przypuszczają, że wtedy bieguny ziemskie miały nieco inne położenie, niż obecnie. Pewnych jednak danych na to nie ma. Niewątpliwie w niektórych okolicach, na przykład w Polsce południowej, klimat był bardzo suchy i ciepły, i to przyczyniło się do stopniowego wysychania i osadzenia soli w słonych lagunach morskich na obecnym Podkarpaciu.

Żadnych osadów lodowcowych w warstwach z tej epoki nie znaleziono — co jest bardzo dziwne, jeżeli się zważy, że następna epoka odznacza się silnym ochłodzeniem i zlodowaceniem ogromnych obszarów w Europie i Ameryce Północnej.

Są pewne dane, pozwalające przypuszczać, że przynajmniej w Europie środkowej, która później ulegnie inwazji lodów skandynawskich — klimat był cieplejszy na początku epoki niż w końcu. Flora podzwrotnikowa stopniowo się zamienia tam na florę stref umiarkowanych, przez zubożenie w okazy strefy ciepłej. Palmy emigrują ku południowi i w końcu neogenu stają się bardzo rzadkie.

Ruchy górotwórcze zasługują na specjalne rozpatrzenie. Nie zachodzą one jednocześnie na całym obszarze zdyktowanym, odpowiadającym mniej więcej geosynklinie Europy południowej. I tak główna siła fałdująca *Alpy* dała się odczuć na początku neogenu. Wtedy też wytworzyły się tam płaszczowiny pod wpływem potężnego fałdowania dna geosynkliny. Przy końcu neogenu morza już zupełnie ustąpiły ze strefy wypiętrzonej, zatem właściwie już łańcuch alpejski jest sformowany.

Ruchy górotwórcze w Karpatach zachodziły niezupełnie w tym samym czasie co w Alpach. W Karpatach już pierwsze stadium fałdowania się przypada, jak to było zaznaczone, na kredę, jednak jeszcze w paleogenie osadzały się warstwy tak zwanego *fliszu* zarówno na zboczach Karpat,



Mapa łańcuchów alpejskich w Europie i Azji (według E. Suess'a): 1, 2—łańcuch alpejsko-karpacko-kaukaski; 3—łańcuch pirenejski; 4—łańcuch apenińsko-dynarski; 5—łańcuchy anatolijskie; 6—łańcuch irański; 7—łańcuchy odchodzące od Pamiru; 8—płyty starokrystaliczne w obrębie strefy fałdowań.

jak też i u podnóża Tatr (Podhale). Natomiast osady z neogenu (miocen) w Karpatach są transgresyjne.

Przeciwnie na Podkarpaciu, wzdłuż północnej krawędzi łańcucha, wszędzie znajdują się morskie osady z *neogenu*, w których to warstwach są pokłady soli w Wieliczce i Bochni.

Trudno z całą ścisłością określić, kiedy zaszły główne ruchy w Karpatach, które wytworzyły płaszczowiny. Mniej więcej przypadają one na środek neogenu, jednak inaczej się zachowywały poszczególne części gór. I tak gdy Karpaty polskie już były wypiętrzone, ruch górotwórczy trwał w dalszym ciągu w Karpatach wschodnich i rumuńskich. Wielkie młode góry w Azji (*Himalaje* i inne) wypiętrzyły się również w neogenie, ale według wszelkiego prawdopodobieństwa dopiero w końcu epoki.



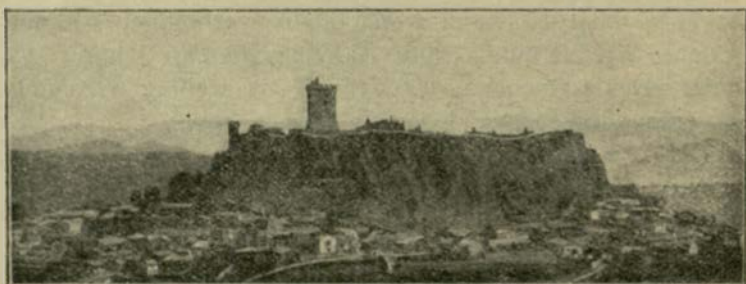
Schemat przecięcia poprzecznego przez łańcuch górski fałdowy.

Jednocześnie z ruchami górotwórczymi, które w rezultacie prowadzą do wypiętrzenia się potężnych łańcuchów górskich, a zatem do wyparcia wody z geosynklin, zachodzą ruchy epirogenetyczne, które powodują częściowy zalew równin (Czechy, okolice morza Kaspijskiego).

W ciągu drugiej połowy neogenu zachodzą pewne zjawiska, związane z ruchami górotwórczymi, ale różniące się od nich. Mianowicie część lądu stałego w Europie, który się znajdował na miejscu *części zachodniej* obecnego morza Śródziemnego, ulega *zawaleniu się i zalaniu wodami morskimi*. Wtedy to po tem zawaleniu oddzielił się wyraźniej półwysep Pirenejski, dotychczas ściślej połączony z Afryką, i utworzyła się *cieśnina Gibraltarska*. Skala gibraltarska ze swą prawie prostopadłą ścianą jest pozostałością po terenie, który się zawałił.

Działalność wulkaniczna w neogenium była nader intensywna. Wtedy to jeszcze były czynne wulkany ba-

zaltowe w *Auvergne* (*Srodkowa Francja*). Masy bazaltu, które się wylewały z kraterów i ze szpar w gruncie — pokryły początkowo jednolitym pancierzem skalnym wyżynę centralno-francuską; dopiero pod działaniem wód płynących i innych czynników destrukcyjnych pancierz ten uległ częściowemu pokrajaniu, zmyciu i usunięciu; jednak, tam gdzie był on grubszy, resztki skał bazaltowych spoczywają do dnia dzisiejszego na podłożu innego pochodzenia, pod postacią odosobnionych, stromych, o płaskich szczytach, blokach bazaltu, tak zwanych *temoins* (*świadki*).



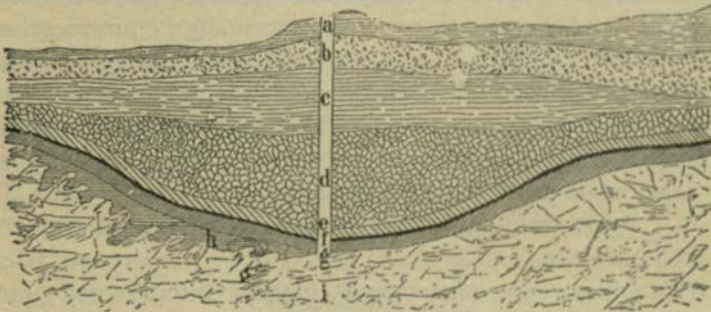
Tak zwany „świadek” czyli resztką skorupy bazaltowej na wyżynie Auvergne.

Niektóre wulkany wygasłe oddawna, a znajdujące się na stronie wewnętrznej (węgierskiej) łańcucha karpackiego pochodzą z tego czasu.

W Karpatach polskich, właściwie wzdłuż północnej granicy *Pienin*, na przestrzeni około osiemnastu kilometrów znajdują się całe wzgórza, jak naprzykład *Wzear*, utworzone ze skał wybuchowych, mianowicie z *andezytów*. Skały te pochodzą z wylewów, które zaszły w okresie trzeciorzędowym, ale dotychczas nie jest wiadomo, w jakim czasie. Andezyty znajdują się zarówno w warstwach pochodzących z epoki kredowej, jak też i z paleogenu, ale nie znaczy to, że wylew tych skał ogniowych zaszedł w czasie osadzania się otaczających je skał osadowych. Mógł on zajść nawet znacznie później. Andezyty pienińskie (właściwie znajdują się one na pograniczu skałek pienińskich i fliszu karpackiego) zawierają więcej niż 50% krzemu, zatem można je zaliczyć do skał kwaśnych.

§ 90. Cechy ogólne okresu trzeciorzędowego.

W okresie tym lądy i morza stopniowo zaczynają przyjmować zarysy obecne. Odbywa się wielka praca na dnie geosynklin, które wreszcie zamieniają się na łańcuchy górskie; inne tereny, pozostałości z dawnych czasów zapadają się w morze i wreszcie przy końcu trzeciorzędu Europa i inne lądy stają się mniej więcej takie, jakie je widzimy na mapach. Jednak w wielu szczegółach jeszcze się różnią. Dopiero w następującym po trzeciorzędzie okresie czwartorzędowym ostatecznie się formują lądy współczesne.



Schemat przecięcia poprzecznego przez wypełnioną osadami geosynklinę. Warstwy osadowe oznaczone są literami od *a* do *g*, *f* jest podłożem.

W trzeciorzędzie, jak to było wyżej zaznaczone, zaszły główne ruchy górotwórcze, które wytworzyły współczesne łańcuchy górskie, tak zwane alpejskie. Okres tych fałdowań zaczął się jednak już w drugorzędzie, kiedy to na dnie geosynkliny, a właściwie morza *Thetys* powstały podłużne grzędy wypiętrzone, tak zwane *geantykliny*. Oczywiście, że tam gdzie była taka geantyklina, morze miało daleko mniejszą głębokość, niż w sąsiedniej fosie. To też niewszędzie na dnie *Thetys* osadzały się *grube* warstwy skalne. Nietylko w Alpach, lecz nawet w Karpatach niektóre warstwy są dosyć cienkie, co świadczy, że osadzały się w morzu niegłębokim. Ten fakt istnienia cienkich warstw w łańcuchach górskich w ostatnich czasach zachwiał nieco pogląd niektórych amerykańskich i francuskich geologów (*James Hall, Emil Haug*), że *łańcuchy górskie tworzą się na miejscu dawniej istniejących geosynklin w morzu*.

Jeżeli jednak weźmie się pod uwagę możliwość istnienia podłużnych wypiętrzeń na dnie geosynkliny, to jest że w geosynklinie są miejsca dosyć płytkie, wtedy zrozumiałą się staje obecność w górach warstw, wytworzonych w morzu płytkiem, a tem samym pogląd wyżej wymienionych badaczy otrzymuje nowe uzasadnienie i poparcie (patrz § 34 na str. 80).

Polska wprawdzie przy końcu okresu jest już lądem, lecz jej powierzchnia w dziewięciu dziesiątych jeszcze nie była taka jak teraz. Były wtedy na obszarze polskim miejsca niższe i wyższe, płynęły rzeki, złożące sobie łożyska, zatem wytworzyła się pewna morfologia powierzchni, być może zupełnie inna niż teraźniejsza. Z tego wszystkiego nic prawie nie zostało, ponieważ w czwartorzędzie nie tylko Polska, ale z nią i wiele innych krajów na północy Europy zostało przykryte lodami, które zmieniły do niepoznania morfologię powierzchni.

Tylko południowa część naszego kraju w stopniu daleko słabszym została zmieniona. Tatry i Karpaty po swem wypiętrzeniu się ostatecznym ulegają intensywnej pracy czynników atmosferycznych, zwłaszcza wód płynących, które je stopniowo przekształcają na góry bardziej urozmaicone.

Klimat okresu trzeciorzędowego nie jest łatwy do określenia, jednak pewne dane, naprz. obecność palm w Europie, a nawet na wyspach północnych, pozwalają przypuszczać, że był on znacznie cieplejszy niż obecnie. Dotychczas badacze nie wyświetlili, dlaczego tak było, czy położenie biegunów uległo zmianie, czy inne jakie czynniki wywołały późniejsze ochłodzenie się klimatu.

Świat zwierzęcy w morzach zubożał w porównaniu z drugorzędem. Niema już gadów morskich, ammonitów, rudystów, zamiast tych okazów fauny rozwijają się małe nummality. Na lądach jest to okres panowania ssaków, podobnie jak obecnie, jednak wiele gatunków ssących nie przetrwało długo i nie spotyka się ich w czwartorzędzie (*wielkie owadożerne, Dinotheria, Mastodony* i t. d.). Gady trzeciorzędowe podobne są do dzisiejszych.

Roślinność w trzeciorzędzie coraz bardziej staje się podobna do obecnej. Wiele gatunków drzew naszych zo-

stawilo po sobie ślady w osadach z tego okresu. Drzewa te jednak rosły przeważnie w krajach bardziej północnych.

Chwila przełomowa między *trzecio- a czwartorzędem* nie zawsze jest łatwa do ustalenia. Wprawdzie niektóre wyżej wzmiankowane ssaki, właściwie tylko trzeciorzędowi giną, a na ich miejsce zjawiają się nowe gatunki, jednak ta chwila ich wymierania nie jest tak wyraźna i jasna, jak czas wymierania ammonitów czy dinosaurów. W pomoc przychodzi klimat. Ten ostatni na obszarach Europy północnej i środkowej ulega na początku czwartorzędu silnemu ochładzaniu się, zatem ten początek ochładzania można przyjąć jako początek nowej ery. Jednak bynajmniej niewszędzie w Europie, nie mówiąc już o innych lądach, następuje ochłodzenie się klimatu. W tych krajach, gdzie ochłodzenie jest bardzo nieznaczne, żadne poważne zmiany nawet we florze nie zachodzą,—tam, jak na przykład w krajach nadśródziemnomorskich, ustalenie końca trzecio—i początku czwartorzędu jest trudne.

ROZDZIAŁ XXIV.

OKRES CZWARTORZĘDOWY.

§ 91. Rzut oka ogólny. Okres czwartorzędowy odznacza się przede wszystkim nadzwyczaj silnymi i bardzo wyraźnymi zmianami klimatu, które to zmiany dały się odczuć zwłaszcza w Europie północnej, zatem i na obszarze polskim, oraz w Ameryce Północnej.

Te silne wahania temperatury spowodowały wiele zjawisk, właściwych epoce i nadały jej piętno charakterystyczne, odróżniające ją od poprzednich epok.

Już przy końcu neogenu klimat w Europie północnej zaczyna się ochładzać. Lecz to stopniowe ochładzanie się, które spowodowało wymieranie roślinności tropikalnej na północy, a następnie zwiększanie się okazów flory północnej, daleko wyraźniej dało się odczuć już w czwartorzędziu.

Ciągłe ochładzanie się klimatu zmusza zwierzęta źle uzbrojone przeciwko chłodowi (nieprzykryte sierścią) emigrować do tych okolic Europy, gdzie klimat tylko nieznacznie się ochładzał. Takimi krajami pozostawały oko-

lice morza Śródziemnego. Tam też przez czas daleko dłuższy, niż w Europie północnej, trwały zwierzęta takie, jak nosorożce, *dinotheria* i *mastodony*.

Wreszcie klimat Europy północnej i równiny środkowo-europejskiej staje się na tyle chłodny, że śniegi padają zarówno w zimie, jak i latem, i nie topnieją. Kraj cały pokrywa się warstwą śniegu. Jednocześnie na górach *Skandynawskich*, i wogóle na całej tarczy *fińsko-skandynawskiej* z padających śniegów wytwarzają się olbrzymie lodowce, o jakich obecnie można tylko w przybliżeniu powziąć wyobrażenie, przyglądając się lodowcom na wyspie Grenlandji, która prawie całkowicie jest przykryta skorupą lodową, grubą na kilkaset metrów. Wtedy jednak lodowce na tarczy fińsko-skandynawskiej doszły do jeszcze większych rozmiarów i grubości. Oczywiście, że wytwarzanie się takich potężnych warstw lodu musiało trwać bardzo długo. Trzeba było może tysięcy lat, zanim góry Skandynawskie i kraje sąsiednie pokryły się panczerem z lodu, grubym na kilka kilometrów, jeżeli niewszędzie, to przynajmniej w naturalnych zakłębłościach gruntu. Ponieważ skorupa lodowa spoczywała na terenie górzystym, pochyłym z *północo-zachodu* na *południo-wschód*, więc podobnie jak to zachodzi i obecnie w Alpach, masy lodu, pchane własnym olbrzymim ciężarem z góry w doliny zwolna, ale bez przerwy, posuwały się po zboczach gór na południe lub południo-wschód.

Masy lodowe ruchem niepowstrzymanym po spłynięciu się na równinę skandynawską nie topniały tam, lecz szły dalej ku południowi, przekraczały cały obszar dzisiejszego morza Bałtyckiego, które wtedy nie było takie, jak obecnie, i wreszcie pokryły całą równinę środkowo-europejską, zatem *niż polski*, *Rosję północno-zachodnią*, *równinę północno-niemiecką*, oraz wyspy *Wielkiej Brytanji*.

Że wyżej wymienione obszary zostały przykryte lodami, i to przybyłymi z północy, na to są niezbite dowody. Jednym z najważniejszych dowodów jest ogromna ilość materiałów skalnych (morenicznych), które przez lodowiec skandynawski zostały przyniesione z gór Skandynawskich, z Finlandji i z innych okolic. Całe masy kamieni granitowych na niżu polskim, rozrzuconych bezład-

nie na polach, zwłaszcza w okolicach więcej zbliżonych do Bałtyku, ma budowę petrograficzną identyczną z budową skał w Finlandji (pewne rodzaje granitu gruboziarnistego) lub skał, z których się składają góry Skandynawskie (granity, gnejsy, łupki krystaliczne, piaskowce i inne). Jest zatem rzeczą pewną, że te kamienie polne, zwane *erratycznymi*, zostały przyniesione z północy.

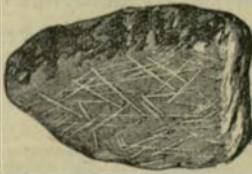


Mapka obszarów zlodowacenia czwartorzędowego. Obszar pokryty lodami, zacieniowany (według A. Pencka).

Drugim dowodem jest to, że materiały te ułożone są na niżu północno-europejskim w sposób, bardzo przypominający rozkład materiałów morenicznych w Alpach, czy innych wysokich górach. Na zasadzie tych podobieństw w rozkładzie moreny w górach i na niżu, badacze doszli do wniosku, że materiały moreniczne niżowe przywleczone zostały i pozostawione przez olbrzymie lodowce, które wędrowały z północy.

§ 92. Życie organiczne. Ponieważ w czwartorzędzie zaszły tylko bardzo nieznaczne zmiany linii brzego-

wej łądów, to znaczy, że w ciągu całej tej epoki łądy już miały prawie takie same kształty, jak obecnie, więc osady morskie są naogół mało znane. Spoczywają one

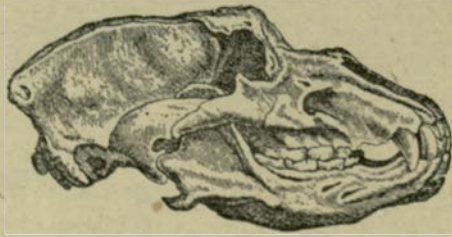


Blok granitowy z rysami,
wskutek tarcia lodu

bowiem na dnie mórz, i nie zostały wynurzone. To też badanie fauny morskiej czwartorzędowej dla geologii ma znaczenie tylko w niektórych miejscach, tam gdzie zachodziły znaczne zmiany linii brzegowej, jak na przykład na brzegach tarczy *fińsko-skandynawskiej* i morza Bałtyckiego. Daleko

ważniejszą jest fauna łądowa w tej epoce.

Z chwilą rozpoczęcia się epoki czwartorzędowej zjawiają się w Europie zwierzęta nieznanne jeszcze w trzeciorzędzie,

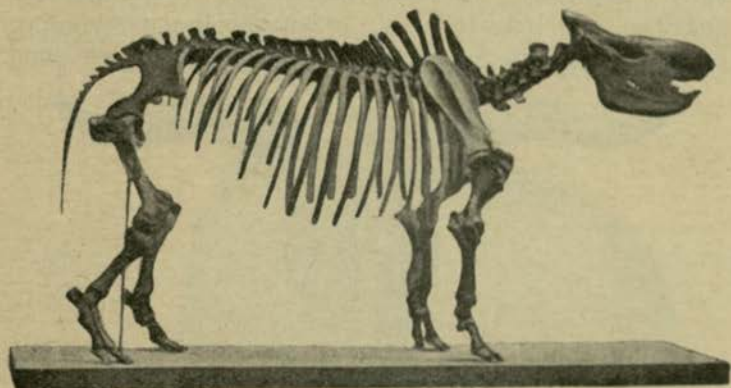


Czerep niedźwiedzia jaskiniowego.

jak mamut włochaty (*Elephas primigenius*), koń (*Equus*), byk, tur (*Bos*), jeleni olbrzymi (*Cervus megaceros*), nosorożec włochaty (*Rhinoceros tichorhinus*), nosorożec niewłosiony (*Rhinoceros Mercki*), niedźwiedź jaskiniowy (*Ursus spelaeus*). Skąd przywędrowały te okazy ssaków, dotychczas nie jest to wyjaśnione.

Sporo gatunków zwierząt żyło wyłącznie w czwartorzędzie i już wymarło. Do nich należą *mamuty, tury, niedźwiedzie jaskiniowe, nosorożce pewnych gatunków*.

Rzecz godna uwagi, że w czwartorzędzie znajdują się resztki zwierząt i roślin podzwrotnikowych, obok resztek organizmów polarnych. Jest to spowodowane tym faktem, że w ciągu czwartorzędu klimat nie pozostawał wciąż chłodny, lecz po *okresie lodowcowym*, gdy Europa północna i środkowa pokrywała się skorupą lodową, i tylko zwierzęta za-



Szkielet nosorożca *Rhinoceros antiquitatis* z początku czwartorzędu.



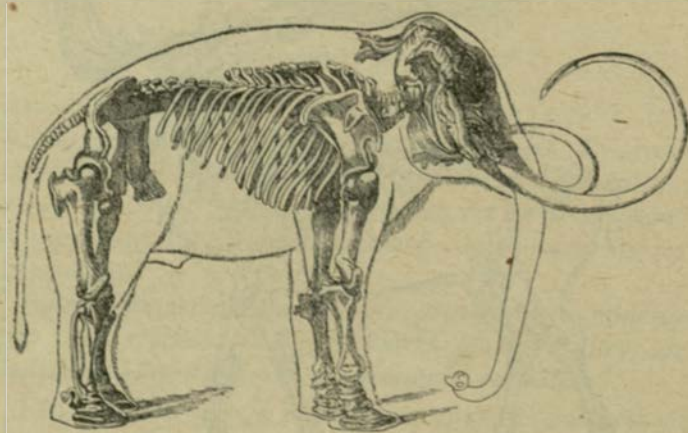
Szkielet jelenia *Cervus megaceros* z dyluwium.

patrzone w bujną sierść mogły chwilowo egzystować (mamuty i nosorożce włochate) następował *okres międzylodowcowy*, gdy lody topniały, przynajmniej w południowej części swego zasięgu, i zjawiały się zwierzęta nieowłosione.



Czerep z rogami byka z czwartorzędu późnego *Bos primigenius*.

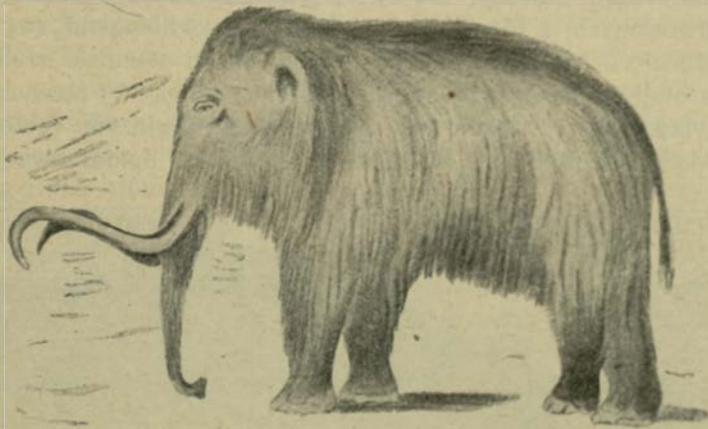
Fauna kilkakrotnie musiała się zmieniać, ponieważ jest stwierdzone *kilka* okresów lodowcowych i międzylodowcowych.



Szkielet mamuta *Elephas primigenius* z okresu lodowcowego.

W Europie środkowej znaleziono resztki roślin, które obecnie istnieją tylko w krajach nadśroziemnomorskich; przeciwnie w innych miejscach tejże Europy środkowej są ślady roślin polarnych.

Ze musiało nastąpić czasowe silne ochłodzenie się temperatury, i to nawet na południu Europy w morzu Śródziemnym, dowodzi fakt zjawienia się tam zwierząt morskich ze stref chłodnych. Później te zwierzęta giną zupełnie.



Mamut *Elephas primigenius* odrestaurowany.

§ 93. Rodzaje osadów. W morzach czwartorzędowych osadzają się materiały *wtórne*, jako ropy, gliny, piaski, które się trzymają brzegów. Z osadów pierwotnych zasługują na uwagę wapienie litotamniowe, koralowe w okolicach podzwrotnikowych, drobne piaski diatomowe w okolicach chłodnych, miał ze skorupki otwornic.

Wszystkie te osady są stwierdzone przy pomocy odpowiednich instrumentów do czerpania z dna morza.

Nieskończenie ważniejszą rolę grają osady lądowe. Są one różnorodne, w zależności od czynników, przy pomocy których się tworzą. Zatem w krajach, gdzie *lody skandynawskie nie dotarły*, osadzały się formacje *eolskie*, głównie *less*, *wydmy*; rzeki wyrzucały na brzeg materiały takie jak *piasek*, *kwiry*, *ropy*, *mul rzeczny* w miejscach wilgotnych, w wodzie słodkiej i czystej tworzyły się *warstwy torfu*.

W krajach, które uległy inwazji lodowców skandynawskich, na warstwach podłoża (substratum), które to podłoże w większości wypadków jest utworzone z osadów

morskich *pierwszo* — *drugo* — lub *trzeciorzędu*, spoczywają osady, przyniesione z północy. Już w dziale „petrografia“ były pobieżnie rozpatrzone najważniejsze rodzaje tych osadów. Są to zatem *moreny denne*, czyli materiały skalne, które uległy zmiążdżeniu i roztarciu, ponieważ leżały pod lodowcem. Składają się one z *glin zwałowych*, nieuwarstwionych, z różnej wielkości blokami kamiennymi, zwykle nieco zaokrąglonymi lub oszlifowanymi wskutek tarcia o podłoże i jedne o drugie. Morena denna w niewielu tylko miejscach zachowała się w stanie świeżym (przeważnie na północy), w okolicach bardziej południowych



Morena denna, utworzona z glin zwałowych nieuwarstwionych z glazikami i wielkimi blokami.

uległa ona późniejszemu (już po ustąpieniu lodowca) przerobieniu przez wody płynące, które mogły znacznie zmodyfikować jej wygląd, rozpuścić i wypłókać glinę, piasek zaś cięższy, mniej poddający się transportowi, oraz bloki kamienne pozostawić na miejscu. Takie przerobienie moreny dennej przez wody, w czasie roztopów lądolodu, zachodziło zwykle nie na całej jej grubości lecz na powierzchni, na głębokość do kilku metrów.

Pod tą warstwą przepłokanych i przemytych materiałów lodowcowych, można często znaleźć glinę zwałową nieprzemytą, w stanie większej konserwacji. Stąd to na pierwszy rzut oka często trudno jest ustalić, czy dane osady lodowcowe są moreną denną czy nie, ponieważ zewnętrzna warstwa może się składać z piasków przepłokanych, żwirów; lecz jeżeli te piaski zawierają większe bloki kamienne oszlifowane i zaokrąglone, a pod nimi, na głębokości kilku metrów znajduje się glina zwałowa z blokami, to wtedy można być pewnym, że się ma do czynienia z moreną denną, na wierzchu zniszczoną przez czynniki atmosferyczne. Warstwy piasku z blokami, przykrywające gliny moreny dennej, nazywają się *eluwjami lodowcowymi*, lub piaskami *eluwjalnymi*. W Polsce, Rosji północno-zachodniej, w Niemczech północnych i t. d. rzadko gdzie morena denna występuje nazewnątrz nieprzykryta eluwjami. Zatem zachodzi prawie wszędzie konieczność kopania dołków kilkometrowej głębokości, aby stwierdzić istnienie glin zwałowych z blokami.



Piaski z głazami, pozostałe po zniszczeniu i przemyciu moreny dennej, w pobliżu moreny czołowej.

Piaski eluwjalne i rzeczne (aluwjalne), wyrzucane w czasie roztopów wiosennych na brzeg (zjawisko bardzo pospolite na niżu północnoeuropejskim), a także piaski *sandrowe*, wypłokane z moreny *czołowej* przez wody to-

pniejącego lodowca, zostają często przerabiane przez wiatry w ten sposób, że najdrobniejsze, lekkie ziarenka są wydmuchiwane i przenoszone stopniowo na inne miejsca. Takie piaski przesypane nazywają się eolskimi. Wytwarzają się z nich *wydmy* śródlądowe. Na ziemiach polskich wydmy, utworzone z piasków pochodzenia lodowcowego, są nader pospolite, jednak ich ruch jest zwykle bardzo słaby z dwóch powodów: po pierwsze w naszym kraju *wiatry mają kierunek zmienny*, z przewagą tylko kierunku zachodniego, zatem wydmy nie mogą się wyraźnie orjentować, powtóre *klimat nasz jest zbyt wilgotny*, zatem piasek często jest mokry, stąd staje się bardziej spoisty, mniej poddający się przesypaniu, a także roślinność łatwo się rozwija na piasku zwilżanym. Wydma, która porasta roślinnością (niektórymi trawami, sośniną, wrzosem) jest już zatrzymana, i nazywa się martwą. Jednak w niektórych okolicach *Mazowsza* (*puszcza Kampinoska, okolice Pragi*), pod *Ostrowiem* w powiecie *Włodawskim*, na *prawym brzegu Bugu* między *Brześciem* a *Opalinem* itd.) są wydmy, które nie zostały opanowane przez roślinność i mają powolny ruch na wschód. Jeżeli rzeka wyrzuca piasek z dna, to wydmy tworzą się przeważnie na jej brzegu prawym (gdy rzeka płynie z południa na północ).

Ponieważ, jak to było wyżej zaznaczone, lodowce skandynawskie kilkakrotnie nasuwały się na niż północnoeuropejski, a pomiędzy jednym nasunięciem a następnym była przerwa czyli okres międzylodowcowy (*interglacjał*), więc właściwie na niżu spoczywa kilka warstw moreny dennej i eluwjów, przedzielonych warstwami, osadzonemi w okresach międzylodowcowych, czyli tak zwanemi osadami *interglacjalnemi*. Przeprowadzenie ścisłych podziałów stratygraficznych, ustalenie, które warstwy moreny dennej pochodzą z pierwszego okresu zlodowacenia, które zaś z drugiego, ewentualnie z trzeciego, jest sprawą nadzwyczaj trudną, i wszelkie próby, czynione w tym kierunku dały rezultaty niezupełnie pewne. Trudność w ustaleniu warstw w osadach dyluwjalnych (lodowcowych) polega głównie na tem, że przy każdym następnym zlodowaceniu lodowce, posuwając się z północy, pchały przed sobą masy materiałów nie tylko ze Skandynawji czy Finlandji, ale

też i z niżu, czyli materiały zarówno podłoża starszego, jak też i osadów z poprzedniego zlodowacenia, zatem następowała tu mieszanina różnych materiałów skalnych, stąd warstwy dolne często są zmieszane z osadami późniejszymi. Drugi powód trudności polega na tem, że osady dyluwjalne naogół zawierają nadzwyczaj mało resztek organizmów zwierzęcych, i że te organizmy niedokładnie określają wiek osadów. Resztki zwierząt nie osadzały się spokojnie na dnie morza, jak to miało miejsce w dawniejszych epokach, gdzie prawie zawsze skamielina pochodzi z tej samej epoki co skała, w której się znajduje. W czwartorzędzie zwierzęta lądowe przeważnie żyły w innych warunkach, ich szkielety wskutek ruchu lodowców często zostały niszczone, kruszone, lub nawet wtłaczane głębiej, do warstw starszych.

Określanie wieku czy okresu zlodowacenia na zasadzie skamielin jest dla osadów dyluwjalnych—rzeczą bardzo ryzykowną.

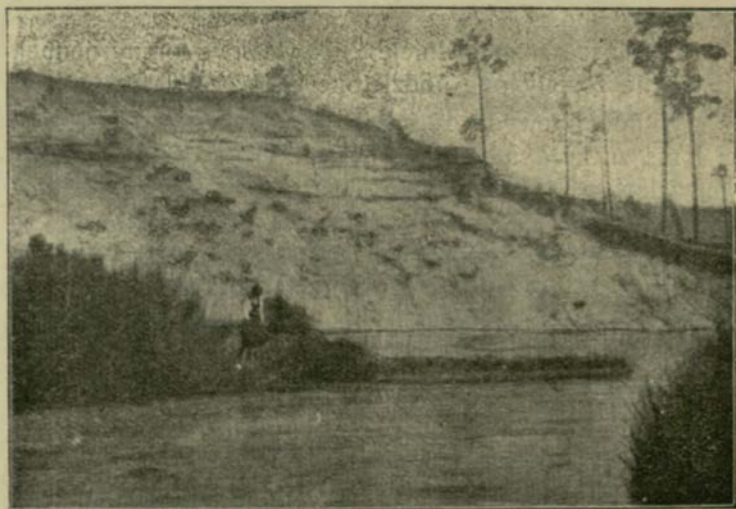
W Polsce zatem istnieje kilka warstw moreny dennej, jednak nie zostały one podzielone stratygraficznie.

W południowych częściach kraju lodowce trwały krócej i nie za każdym razem tam dochodziły. Tam też osady dyluwjalne są cieńsze i daleko bardziej zostały zniszczone. Przeciwnie, w częściach północnych, na *Pomorzu*, na *Litwie historycznej* dyluwjum jest bardzo grube i mniej zniszczone. Sama grubość osadów lodowcowych do 100 i więcej metrów pozwala przypuszczać, że tam na północy było kilka okresów zlodowacenia, i że za każdym razem nowe masy materiałów morenicznych osadzały się na dawniejszych.

Morena denna, mało zniszczona, zajmuje duże obszary w *Wileńszczyźnie*, między *Wilją* na południu a *Disną* na północy. Występuje ona tam pod postacią zbitej gliny nieuwarstwowanej koloru czerwonawego, zatem utworzonej z rozartych granitów skandynawskich, zawierających dużo różowego skalenia, z dużemi blokami z tegoż granitu i z gnejsu. Z wierzchu prawie wszędzie morena ta jest przysypana piaskiem na $\frac{1}{2}$ —1 metr grubości, oraz produktami gnicia roślin.

W innych okolicach niżu moreny denne, mniej wyraźne, zajmują również duże obszary.

W okresach międzylodowcowych, to znaczy w okresach znacznego ocieplenia się klimatu i topnienia ogromnych mas lodu, osadzały się wypłókanne z moren dennych i czołowych *gliny, żwiry, piaski, ropy, margle gliniaste*, czasem inne jeszcze materiały skalne. Materiały te, nanoszone wodą, a często osadzone wprost w licznych podczas roztopów, ale niekoniecznie głębokich jezior słodkowodnych, posiadają często zupełnie wyraźne uwarstwienie, przyczem warstwy spoczywają zupełnie poziomo tylko tam, gdzie od tego czasu nie zaszły żadne ruchy górotwórcze czy epirogenetyczne. Takie osady uławiconych (uwarstwianych) piasków, margli lub ropy nazywają się *interglacjalniami*, lub wprost, chociaż niewłaściwie, *interglacjalem*.



Warstwowane piaski i ropy interglacjalne na brzegu rzeki.

Ponieważ w okresach międzylodowcowych klimat był bardziej sprzyjający rozwojowi życia organicznego, więc osady interglacjalne często zawierają dosyć bogatą faunę nie tylko zwierząt bezkręgowych (różne gatunki mięczaków słodkowodnych i innych), lecz też szkielety wielkich ssaków, jak *mamuty, nosorożce*. Tych ostatnich było kilka

gatunków, z których jedne żyły w okresach lodowcowych czyli chłodnych, inne zaś przeciwnie — podczas okresu cieplejszego, w interglacjale. Wtedy żyły nawet hippopotamy w Europie.

Niektóre osady interglacjalne utworzone są ze słodkowodnych iłów, tak zwanych „*wstążkowych*“, spotykanych w wielu miejscach pod warstwami piasków lub osadami moreny dennej. Iły te mają wyraźne warstewki jaśniejsze i ciemniejsze.

Zwłaszcza w północnych okolicach niżu ily wstążkowe są dosyć pospolite, istnieją one jednak i na wyżynie świętokrzyskiej, gdzie osady dyluwjalne pochodzą z jednego tylko zlodowacenia i są naogół mocno zniszczone.



Wielkie bloki granitowe moreny czołowej.

Określenie i rozpoznanie moreny dennej i osadów interglacjalnych, tam gdzie one są w dobrym stanie zachowane, nie przedstawia poważniejszych trudności. Inaczej się rzecz ma z *morenami czołowymi*, które, jak to już było w petrografji zaznaczone, pchane były przez lodowce podczas ich ruchu i składają się z grubszych odłamków skalnych, czasem kilkumetrowej objętości, obok których zwykle jest i materiał skalny drobniejszy, nawet żwir i piasek. Rozpoznanie i określenie moren czołowych jest

z tego powodu trudniejsze, że zachowały się one w stanie dosyć dobrze zakonserwowanym tylko na północy, w Finlandji południowej, w Szwecji; natomiast na niżu polskim i niemieckim zostały już mocno rozmyte i rozwleczone przez wody, zniszczone przez wietrzenie i roślinność, a także w znacznym stopniu i człowiek przyczynił się do ich zubożenia lub zniekształcenia. W krajach bardziej kulturalnych, gdzie pobudowano dużo szos, moreny czołowe, składające się w części z kamieni, dostarczają doskonałego materiału brukowego, stąd olbrzymia ilość bloków granitowych lub innego składu petrograficznego została zdawna zużytkowana do celów technicznych i budowlanych.

Cechą charakterystyczną moren czołowych jest to, że utworzone są z chaotycznie nagromadzonych bloków i grubszych materiałów, prawie zawsze pochodzenia skandynawskiego lub fińskiego. Orograficznie ten materiał zwykle wznosi się wyżej — zarówno od osadów moreny dennej na północy, jak też od sąndrów na południu. Stąd moreny czołowe na niżu zwykle tworzą, słabo zaznaczone w morfologii terenu wzniesienia, rodzaj wałów wydłużonych z zachodu na wschód, ale nie w linii prostej, tylko w kształcie *festonów*, wypukłością zwróconych na południe, których oddzielne łuki czasem się łączą w jedną całość, czasem zaś są porozrywane. Taki wał moreny czołowej świadczy, że w tem miejscu lodowiec stacjonował przez długi czas. Jest rzeczą godną uwagi, że w rumowiskach moreny czołowej, obok odłamków skalnych, przywleczonych z północy, przeważnie krystalicznych, trafiają się często kawałki skał młodszych, osadowych, naprzykład *wapieni* z wyspy *Gotland* lub *kredy*, a zwłaszcza *krzemieni*, zawierających się w warstwach kredy, z obecnych brzegów Bałtyku. Te kawałki skał osadowych zostały, podobnie jak bloki granitowe, porwane przez posuwający się lód i przeniesione dalej ku południowi. Czasem odłamki wapieni czy piaskowców w morenie czołowej zawierają skamieliny — naprz. wapienie z *Gotlandu* mają skamieliny z *drugiej połowy syluru*, kreda posiada skamieliny kredowe itd. Są to tak zwane „*porwaki*”.

Lecz jeszcze ciekawsze są *duże* kawały skał osadowych z *trzecio-*, *drugo-*, lub *pierwszorzędu*, które czasem

znajdują się w morenie dennej. Otwory świdrowe w osadach dyluwjalnych dosyć często trafiają na warstwę skały starszej, niedyluwjalnej, pod którą, na pewnej głębokości znajdują się znowu osady dyluwjalne. Jeżeli zatem na nieznacznej głębokości pod warstwą lodowcowego pochodzenia znajduje się warstwa starsza, to jeszcze niema żadnej pewności, że ta warstwa starsza jest podłożem (substratum) osadów lodowcowych, ponieważ pod nią może znowu spoczywać materiał lodowcowy. W tym wypadku warstwa starsza spoczywa na osadach dyluwjalnych, lecz tu nie może być mowy o sfałdowaniu i obaleniu się warstw starszych na młodsze, jak to często się zdarza w górach wysokich. Taka warstwa skały starszej została poprostu odetwana przez lodowiec, wciągnięta na już dawniej ułożone osady dyluwjalne i z góry zasypana takimiż osadami.

W grubych na sto kilkadziesiąt metrów osadach dyluwjalnych na niżu polskim, zwłaszcza na północy, takie kawałki skał starszych, na przykład *wapieni* z Gotlandu lub *piasków glaukonitowych z paleogenu (oligocenu)*, czy *lignitów z neogenu (miocenu)* są dosyć częste. Nazywają się one „*krami*”. Tylko przy pomocy otworów świdrowych można stwierdzić obecność takiej *kry* w dyluwjum.

Pod Gdańskiem *kra* z piasków *trzeciorzędowych* spoczywa na dyluwjum, utworzonym z piasków lodowcowych.

Jeżeli lodowiec, po pewnym okresie stacjonowania i utworzeniu moreny czołowej, zaczyna posuwać się znowu naprzód, wtedy jego morena czołowa zostaje zniszczona, zmiażdżona i częściowo zamienia się na morenę denną, częściowo zaś posuwa się przed lodowcem, aby w innym, bardziej południowym miejscu utworzyć festony.

Przeciwnie, gdy lodowiec topnieje, to znaczy cofa się, stopniowo odsłania się morena denną, obramowana od południa moreną czołową. Powierzchnia moreny dennej w pobliżu czołowej bardzo często bywa urozmaicona lekko wznoszącymi się wzgórzami eliptycznymi, których *oś większa jest prostopadła do moreny czołowej*. Te wzgórza, utworzone z materiałów morenicznych grubszych, nawet żwirów nazywają się *drumlina*mi. Na niżu polskim drumliny naogół są źle zachowane. Są one na północy od

moreny czołowej *święciańsko-dokszyckiej* w Wileńszczyźnie, na *Pomorzu* i w *Niemczech północnych*.

Oprócz drumlinów, na tyłach moreny czołowej topniejące wody osadzały uwarstwowane żwiry i piaski pasmami, tworząc rodzaj chaotycznie rozrzuconych płaskich pagórków czyli tak zwanych *kamesów* oraz wydłużonych w kształcie grzęd *ozów* (*åsar* skandynawskich geologów). Te ostatnie zachowały się tylko na północy.

Na gruncie moreny dennej w wielu miejscach wytworzyły się małe jeziora, a raczej sadzawki bezodpływowe, tak zwane „oczka“ (*Sölle* geologów niemieckich).

Zbocza moreny czołowej zwykle nie są symetryczne, północne zazwyczaj są bardziej strome, ponieważ tam do nich przypierał bezpośrednio lodowiec, zaś południowe bardziej pochyłe, rozmyte i rozwleczone przez wody z lodowca.

Można to zauważyć nietylko na morenie północnej, *święciańsko-dokszyckiej*, ale nawet na morenie południowej, niedostatecznie zbadanej dotychczas, poczynającej się przy *Bugu* na północ od *Chelma* i ciągnącej się ku zachodowi do *Wieprza*.

Już było kilkakrotnie zaznaczone, że w czasie topnienia lodowca, wody, spływając z jego krańca południowego — ku południowi, sączyły się przez grzędę moreny czołowej i przepłókiwały ją, zabierając i unosząc drobne materiały, które osadzały na równinach na południe od moreny czołowej. Te piaski mają zwykle bardzo lekką pochyłość, im dalej od moreny, tem są niższe. Nazywają się one piaskami *sandrowemi* lub wprost *sandrem*. Składają się prawie wyłącznie z piasków kwarcowych bardzo drobnych — tylko u podnóża moreny czołowej można znaleźć żwiry.

Sandry niewszędzie się zachowały. W wielu miejscach zostały one zatopione w bagnach, powstałych z ogromnych mas wody, która się gromadziła na południe od krańca lodowca. Na obszarze Litwy historycznej obszerne smugi piasków sandrowych zalegają teren, przytykający od południa do moreny *święciańsko-dokszyckiej*. Na niżu polskim sandry się zachowały także w ilości nieznaczej w północnej części Mazowsza. Tam, gdzie teren był zbyt

wilgotny, sandry zmieszane z bagnem często powlekły się warstwami torfu, jak to ma miejsce na południe od moreny nadbużańskiej — na wschód i północo-wschód od Chefma. W innych miejscach sandry zachowane porastają sośniną i wrzosowiskami.

Po ociepleniu się klimatu i stopnieniu lodów, pozostała po nich olbrzymia ilość wody, która dążyła w różnych kierunkach, aby spłynąć do morza. Powstały wtedy olbrzymie, po kilkanaście kilometrów szerokie rzeki i jeziorzyska. Bagna wilgotne lub wręcz zalane wodą zajmowały ogromne obszary. Niezliczona ilość jezior wytworzyła się w naturalnych zagłębieniach gruntu. Takie zagłębienia znajdują się głównie w *obrębie moren czołowych* oraz na *północ od nich*, gdzie gliny moreny dennej są materiałem trudno przepuszczającym wodę. Jeziora w obrębie moren czołowych odznaczają się zwykle znaczną głębokością, poszarpanymi brzegami, licznymi kamieniami na dnie i na brzegach oraz dnem piaszczystem. Jeziora na morenie dennej są dosyć płytkie, mają zwykle brzegi niższe, bagniste. Płytkie jeziorzyska lub bagniska porastały mchami, głównie z gatunku *Sphagnum*, z których potworzyły się rozległe na niżu północnoeuropejskim *torfowiska*. Rzeki polodowcowe osadzały w wielu miejscach ropy, piaski, żwir. Te osady późniejsze, wytworzone po stopnieniu się lodów, nazywane są pospolicie *aluwjami*. Są to zatem materiały rzeczne, torfowiska, eluwja moren dennych i t. d.

Ciekawą formacją z epoki czwartorzędowej pochodzenia wietrznego jest *less*. Nie ma on nic wspólnego z wyżej rozpatrzonymi formacjami eolskimi, jak wydmy. Te ostatnie wytwarzają się z miejscowych piasków, less zaś został nawiany czasem z okolic odległych. Składa się on z mikroskopijnych ziarenek *krzemionki*, oraz ze sproszkowanego *węgla wapna*, zawiera też domieszkę *sproszkowanej gliny*. Często w lessie znajdują się drobne kawałki wapienia dziwnych kształtów, czasem przypominają *laleczki*. Less jest koloru szaro-żółtawego, miękki, w warstwach jego znajdują się pory czyli drobne kanaliki, orjentujące się pionowo, skutkiem czego woda deszczowa szybko wsiąka na powierzchni lessowej. Less nawiany na miejsca suche nie posiada uwarstwienia i rzadko za-

wiera muszle mięczaków lądowych. Przeciwnie, warstwa lessu, osadzona w jezioru jest bardziej zbita i ma wyraźne uwarstwienie. Skorupki mięczaków w lessie jeziorowym są w większej obfitości.

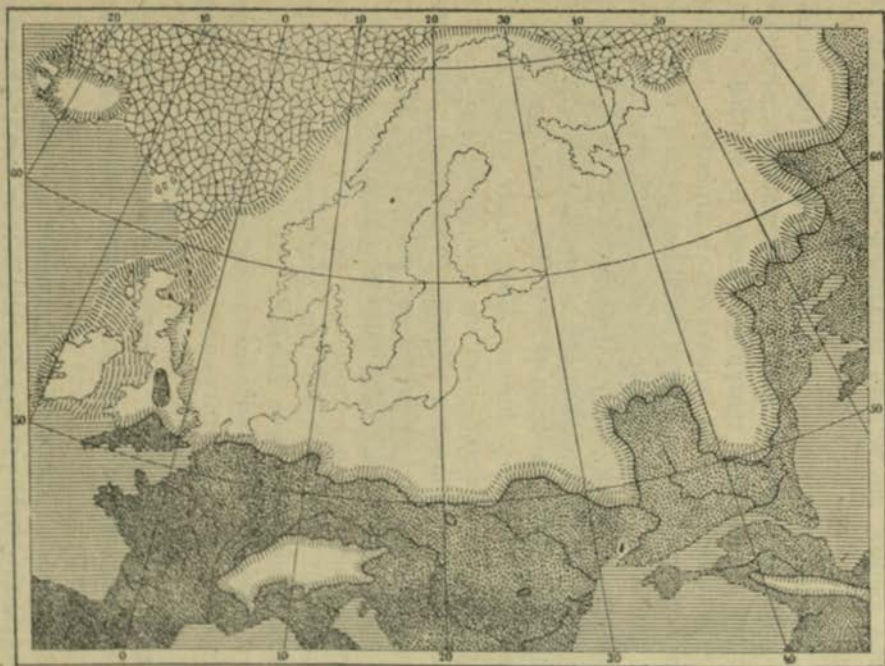
Less na ziemiach polskich zalega dosyć znaczne obszary na wyżynie *małopolskiej*, w *Lubelszczyźnie*, zwłaszcza nad Huczwą, dopływem Bugu, na południowym *Wołyniu*, na *Podolu i Ukrainie*. Stanowi on glebę bardzo urodzajną dla pszenicy i buraków cukrowych, ale drzewa źle na nim rosną.

§ 94. Rozprzestrzenienie geograficzne. Jeżeli brać pod uwagę wszelkiego rodzaju osady czwartorzędowe, to rzecz jasna, że prawie wszędzie na lądach i na dnie mórz istnieją one pod taką czy inną postacią. Mało jest bowiem takich miejsc na lądach obecnych, gdzieby nie było jakichkolwiek osadów, utworzonych w ciągu czwartorzędu. Nawet tam, gdzie sterczą nagie skały granitowe, czy wychodzą na powierzchnię odkrywki skał osadowych dawnych, zwykle tworzy się cienka powłoka ze zniszczonego podłoża. Taka powłoka, będąca czemś już przekształconem, do pewnego stopnia może być zaliczona do osadów czwartorzędowych.

W Tatrach granitowych naprzykład oprócz rumowisk morenicznych są w wielu miejscach tak zwane *piargi*, czyli usypiska drobnych rozkruszonych kawałków skalnych, powstałych ze zniszczenia granitu. Piargi te występujące w obfitości na zboczach Zawratu i w innych miejscach, są przykładem osadów pochodzenia wodnego lub wietrznego (skutek wietrzenia skał).

Lecz najbardziej zasadniczymi osadami czwartorzędowymi są materiały lodowcowe, rozpatrzone wyżej. Nie zajmują one wprawdzie znacznych obszarów na lądach, występują głównie w półkuli północnej. Zatem podczas największego rozszerzenia się lodowców zostały niemi przykryte w Europie: *Półwysep Skandynawski*, *Finlandja*, *Rosja północna*, *środkowa* i *zachodnia*, przyczem lody sięgały za Kijów i dochodziły do środkowego biegu Donu, *cała Polska* z wyjątkiem łańcucha karpackiego oraz szczytów gór Świętokrzyskich, które przez pewien czas sterczały z pod lodu jako *nunatak* (patrz rys. na str. 37).

Jednak później nawet najwyższe szczyty gór Święto-



Tarcza lodowa w Europie w czasie największego rozprzestrzenienia się lodowców.

krzyskich pokryły się cienką warstwą lodu, który przyczynił się do pogruchotania kwarcytów i wytworzenia ruinowisk gładów, zalegających na zboczach górskich (Goloborza).

Lodowce tylko raz jeden wspinały się na góry Świętokrzyskie. Następne zlodowacenia nie dochodziły do nich.

Tatry, w przeciwieństwie do Karpat, były pokryte skorupą lodową, ale te lody tatrzańskie nie pochodziły ze Skandynawji, lecz się wytworzyły na miejscu ze śniegów.

Lodowce tatrzańskie nie zajmowały znacznych obszarów. Były to niewielkie masy lodu, spływające ze szczytów w doliny pochodzenia erozyjnego. Lody te spychały w doliny duże ilości kamieni większych i drobnych, tworząc moreny czołowe. Rzecz jednak charakterystyczna, że główne wały moren zwykle znajdują się nie u wylotu dolin tatrzańskich, ale są umieszczone głęboko, prawie u podnóża tych gór, skąd zostały zsunięte. I tak w dolinie *Kościelskiej* morena czołowa leży przy końcu właściwej doliny u podnóża *Ornaku*; w dolinie *Małej Łąki* zaraz na północ od dawnego jeziora, obecnie *hali Małej Łąki*; w dolinie *Pańszczyca* prawie u podnóża *Krzyżnego*; w dolinie *Rybiego potoku* bezpośrednio na północ od *Morskiego Oka* i t. d. Świadczy to, że lodowce tatrzańskie nie miały siły sunąć się daleko i topniały u stóp gór. Lodowce te, podobnie jak niżowe, kilka razy rozszerzały się i cofały. Największy był w dolinie *Białki*.

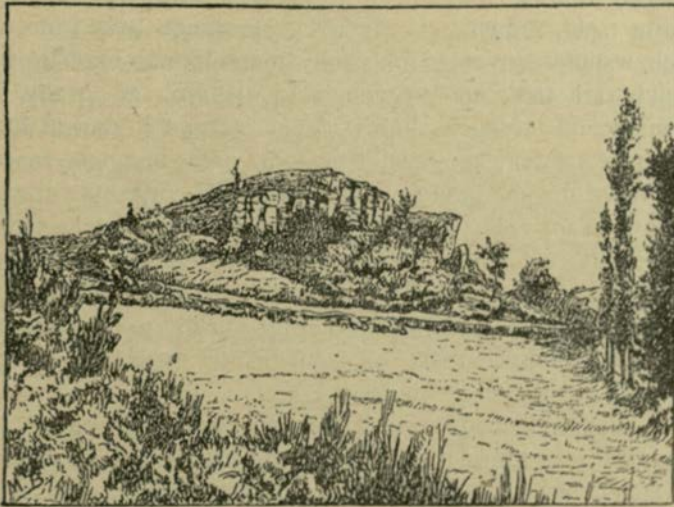
Działalność lodowców tatrzańskich ciekawą jest z tego względu, że im to przypisywane jest wytwarzanie głębokich kotlin, które obecnie wypełnione są wodą i stanowią tak zwane „stawy“ czy „oczy“, to jest jeziora górskie. Przykładem takiego stawu jest Czarny Staw nad Morskiem Okiem.

Pomiędzy lodowcami tatrzańskimi a niżowymi (skandynawskimi) była przerwa, ponieważ lody skandynawskie nie miały sił wspiąć się na wał karpacki.

Cała *równina północnoniemiecka* uległa zlodowaceni. Jednak w dorzeczu Odry i Łaby lody nie sięgały tak daleko na południe, jak w dorzeczu Wisły, a to dlatego, że i tam lody zatrzymały się przed Sudetami, górami Saskimi i Harcem. W dorzeczu Renu lodowców nie było. *Holandja*,

Danja, cała prawie *Wielka Brytania i Irlandja* uległy inwazji lodowców.

Łańcuch alpejski wtedy pokrył się lodowcami daleko potężniejszymi niż obecnie. Jednak lodowce alpejskie ówczesne nie miały połączenia z lodowcami niżowemi. Pozostawiły one wspaniałe amfiteatry moren czołowych, na przykład na południe od jeziora *Garda*.



Wzgórze przechylone przez lodowiec, tak zwany „barani łeb”.

Pozatem lodowce lokalne wytworzyły się na wszystkich wyższych górach europejskich, jak Pireneje, Dynarskie i t. d.

Lodowce alpejskie i inne, spływając z gór, wspinały się na małe wzgórza—zmieniając nieco ich kształty, wskutek przechylania szczytu wzgórza w kierunku ich ruchu i tworząc tak zwane *baranie łby*.

W Ameryce Północnej lody zajęły obszar większy niż w Europie, pokrywając sobą całą obecną *Kanadę*, oraz północne części Stanów Zjednoczonych. Tylko w północnej części Alaski, gdzie klimat był zbyt suchy, lody nie wytworzyły się.

Wyspa *Islandja*, dziś wolna od wiecznych lodów, wtedy była zlodowaciała. *Grenlandja* i po dziś dzień pozostała pokryta lodowcami.

Rzecz dosyć dziwna, że w Azji tylko nieznaczne skrawki *Syberji* uległy zlodowaceniowi, pozatem tylko wysokie góry jak *Himalaje* i niektóre inne pokryły się lodem.

W Ameryce Południowej pokrywa lodowa istniała w *Patagonji*, czyli na skrajnym południu oraz, rzecz jasna, na górach, okalających Patagonję od zachodu.

§ 95. Wpływ lodowców na hydrografię. W ciągu drugiej połowy neogenu na obszarach Europy płynęły rozmaite rzeki, jednak ich wielkość i kierunek były inne, niż rzek współczesnych. Dokładnie niepodobna określić kierunku rzek trzeciorzędowych, a to dlatego, że osady dyluwjalne na terenach zlodowacenia zasypały dawne łożyska rzeczne tak, że wszelki ślad po nich zaginął. Inaczej się rzecz ma oczywiście z terenami, gdzie nie było inwazji lodów. Tam rzeki obecne już istniały i w trzeciorzędzie, może nawet dawniej, zmiany w ich kierunku zachodziły stosunkowo nieznaczne (pogłębianie i rozszerzanie łożyska, przepiłowywanie meandrów, kaptaż czyli pochwytywanie dopływów innych rzek, nagromadzanie materiału aluwjalnego i powiększanie delt i t. d.).

Badanie stopniowych zmian w sieci hydrograficznej na terenach, które nie są przykryte osadami lodowca, jak Francja, kraje nadśródziemnomorskie, nawet nadczarnomorskie itd., nie przedstawia większej ciekawości dla geologii i jest sprawą, należącą do geografji.

Przeciwnie, stopniowa ewolucja rzek, a zwłaszcza ich powstawanie na terenach zlodowacenia czwartorzędowego, mają daleko donioślejsze znaczenie dla geologii, ponieważ obszary, zajęte przez łożyska rzek dyluwjalnych, są na niżu północnoeuropejskim bardzo znaczne i na dnie tych łożysk nagromadziły się osady, mogące stanowić przedmiot badań.

Po zupełnem wynurzeniu się niżu polskiego w końcu trzeciorzędu, powstała prawdopodobnie Wisła, która według niektórych badaczy wytworzyła sobie jeszcze wtedy łożysko między pasmem świętokrzyskiem, a wyżyną Lubelską.

Gdy lody stopniowo zbliżały się do Karpat, wody tej rzeki nie miały odpływu ku północy i musiały wytworzyć rodzaj dużego jeziora z zatamowania. To jezioro zaj-

mowało znaczną przestrzeń tam, gdzie dziś San wpada do Wisły. Ponieważ dokoła tego jeziora grunt wznosił się do 40 metrów ponad poziom obecny Wisły, więc też poziom jeziora doszedł do tej wysokości. Na dnie tego jeziora, jak to zawsze zachodzi, osadzały się różne materiały wtórne, jak *piaski, ily, żwiry*; materiały te częściowo pochodziły z moreny lodowcowej, ponieważ wtedy już lodowiec sięgał tych okolic.

Gdy wreszcie wody jeziora przerwały tamę, oddzielając je od łożyska Dniestru, który już wtedy istniał, wtedy jezioro spłynęło, zostawiając po sobie tylko ślady pod postacią osadzonych na dnie warstw.

Warunki wytwarzania się rzek dyluwjalnych były następujące. Gdy lody skandynawskie podczas największego swego rozprzestrzenienia pokryły cały niż północnoeuropejski, a krańce lodów wparły się w Karpaty, Sudety, góry środkowoniemieckie, wtedy prawdopodobnie na podobieństwo tego, co się obecnie dzieje na Grenlandji, w cieplejszej porze roku płynęły *potoki w łożyskach lodowych*, zatem na powierzchni skorupy lodowej, a jednocześnie możliwe, że inne strumienie tworzyły się pod lodem, na gruncie, powolnie łożbiąc w nim sobie łożysko. Potoki „*górne*”, czyli płynące na lodzie (bardzo liczne latem na Grenlandji) nie pozostawiły po sobie żadnych śladów, przeciwnie, strumienie „*dolne*”, łożbiąc łożysko w gruncie i siłą rzeczy osadzając częściowo w niem materiał moreniczny, już wtedy naznaczały sobie przyszłe łożysko, z którego miały korzystać, jak z gotowego, po stopieniu się lodów. Rzecz jasna, że jeżeli na terenie pod lodowcem, zatem na niżu polskim, na gruncie z osadów trzeciorzędu, były naturalne pochyłości lub zakłębłości, to rzeki „*dolne*” mogły z nich korzystać, to znaczy wytwarzać się właśnie tam, gdzie były zagłębienia w podłożu poddyluwjalnym (trzeciorzędowym) i spływać w tym kierunku, w jakim była pochyłość podłoża. Stąd rzeki, które zaczęły płynąć jeszcze pod lodem, miały wtedy, i rzecz prosta w pewnych wypadkach mogły zachować do dziś dnia, kierunek, wskazany przez warunki morfologiczne czyli naturalne zakłębłości i pochyłość podłoża, na którym spoczywają osady dyluwjalne.

Kierunek Wisły obecnej na nizinie mazowieckiej jest dosyć zgodny z pochyłością i ukształtowaniem podłoża z trzeciorzędu. To samo można powiedzieć o Bugu i niektórych innych rzekach. To pozwala przypuszczać, że te rzeki zaczęły płynąć jeszcze pod lodem i wtedy już przy pomocy erozji do pewnego stopnia wytworzyły sobie łożyska.

W czasie roztopów lodowca skandynawskiego powstała stąd olbrzymia ilość wody, która szukała sobie ujścia do morza. Woda ta początkowo nie mogła płynąć ku północy do Bałtyku, ponieważ jeszcze jego wybrzeża, zatem dzisiejsze Pomorze, Prusy Wschodnie i Litwa historyczna przez dłuższy czas pozostawały pod lodem; wody te musiały płynąć ku wschodowi zatem lub ku zachodowi. Sprawa kierunku rzek dyluwjalnych jest bardzo trudna do ustalenia. Dawniej panowało powszechne przypuszczenie, że wody spływały ku zachodowi, wzdłuż południowego krańca lodowca, stacjonującego jeszcze jakiś czas w wyżej wymienionych krajach, aby daleko na zachodzie wpaść do morza Północnego tam, gdzie obecnie do niego uchodzi *Łaba*.

Ta rzeka olbrzymia, która jakoby brała początek na Polesiu, na obszarze polskim nosi nazwę „Prawisły“, w Niemczech północnych „Praodry“ lub „Praelby“. Wytworzyła ona ogromnie długą, a szeroką na kilka do kilkunastu kilometrów dolinę, przechodzącą mniej lub więcej wyraźnie przez cały niż polski i niemiecki, między innymi i pod Warszawą; lewy brzeg tej doliny „Prawisły“ wznosi się na kilkadziesiąt metrów i na nim zbudowana jest Warszawa, zaś Praga leży nie na brzegu prawym, lecz na *dniej* tej pradoliny, która pod Warszawą ma do 7 kilometrów szerokości.

W ostatnich czasach pogląd na kierunek Prawisły nieco się zachwiał. Stwierdzono mianowicie, że pod Toruniem, a nawet bardziej w górę Wisły znajdują się w aluwjach rzecznych materiały przyniesione z północy; prócz tego znaleziono pochodzące stamtąd skamieliny. Poza to dolne biegi wielu dopływów Wisły mają kierunek wręcz odwrotny do kierunku obecnej rzeki. Jeszcze inne, bardziej skomplikowane zjawiska, jak tworzenie się jeziorzysk (*płockie, gostyńskie, grudziądzkie* i inne) czyli roz-

ległych jezior, które później spłynęły, spowodowały, że dziś niepodobna z całą pewnością mówić o tem, że kierunek Prawisły był ze wschodu na zachód.

Badania dolin rzek dyluwjalnych na niżu polskim nie są jeszcze na tyle posunięte, aby można było stwierdzić kierunek wód, które płynęły w czasach międzylodowcowych lub w pierwszych chwilach ostatniego roztopu. W Niemczech podczas trzeciego zlodowacenia wielka rzeka, składająca się z górnego biegu Odry, środkowego Łaby i dolnego Wezery, płynęła ku północo-zachodowi i wpadała do morza Północnego tam, gdzie obecnie wpada *Wezera*; później, gdy południowa część lodowca stopniała, wytworzyła się inna rzeka, bardziej północna, Odra wtedy wpadała do dolnego biegu Elby. Wreszcie, gdy lodowiec jeszcze bardziej stopniał, wtedy dopiero wytworzyła się olbrzymia rzeka *Prawisła* czy *Praodra* lub *Praelba*. Dolny bieg tej rzeki, od Bydgoszczy, doliną zabagnioną *Noteci*, *Warty dolnej*, *Szprewy* i dolnej *Elby*, niewątpliwie miał kierunek ze wschodu na zachód i wytworzył słynną zabagnioną i zatorfioną dolinę *Toruńsko-Eberswaldzką*.

Oprócz Prawisły, na nizinie mazowieckiej płynęła duża rzeka *Pranarew*, która według wszelkiego prawdopodobieństwa w górnym biegu otrzymywała dopływ, obecnie stanowiący górny bieg *Niemna* oraz *Pramereczankę*.

Bug w swym środkowym i dolnym biegu również stanowił dopływ Prawisły. Wszystkie te wyżej wymienione rzeki polodowcowe wytworzyły sobie szerokie, zabagnione i zatorfione doliny.

Osady rzeczne, które się wytworzyły na dnie tych szerokich dolin, zwanych „glacjalnemi“, ponieważ swe powstanie zawdzięczają lodowcom, są to piaski, ropy, muł, żwir itd. Naniesione i osadzone jeszcze w czasie roztopów lodowcowych — zatem dawno, nazywają się „staremi aluwjami“ dla odróżnienia od „aluwjów młodych“, wytwarzających się obecnie wzdłuż rzek.

W miarę topnienia lodowca, ilość wody malała, i wreszcie, gdy lody znikły z powierzchni niżu, warunki dla istnienia wielkich rzek ogromnie się zmieniły. Już tylko deszcze i śniegi odtąd miały nadal zasilać rzeki, jednak, jak o tem niżej będzie podane, klimat na razie



Mapka dolin glacialnych i moren czołowych na niżu północnoeuropejskim: I dolina wrocławsko-magdeburgska; II glogowska; III warszawsko-berlińska; IV toruńsko-eberswaldzka; V pomorska. (Według *Wahnschaffe i Keilhacka*).

był chłodny i suchy, opadów prawie wcale nie było. Stąd rzeki szybko ubożały w wodę i łożyska szerokie na kilkanaście lub kilka kilometrów stały się dla nich zbyt wielkie. Znaczne obszary dna tych łożysk glacialnych wtedy obeschły i pokryły się *torfami* w miejscach odpowiednich.

Rzeki po zupełnem ustąpieniu lodów w wielu miejscach zmieniły swój dawny kierunek; wiele z nich, jak Wisła i Odra, przerwały wzniesienia, oddzielające je od morza i popłynęły wprost na północ.

Łożysko dolnej Wisły między Toruniem a morzem jest jednak zagadkowe. Są dane, przytaczane wyżej, że wody początkowo płynęły z północy na południe, podobnie jak jej wszystkie dopływy w tym biegu. Dotychczas ta kwestja nie jest dostatecznie wyjaśniona.

§ 96. Klimat okresu czwartorzędowego. Już dawniej było zaznaczone, że klimat epoki zlodowacenia ulegał znacznym wahaniom. I tak po zakończeniu epoki neogenu klimat stopniowo się ochładzał do tego stopnia, że cała tarcza fińsko-skandynawska i niż północnoeuropejski pokryły się lodami, które doszły do podnóża Karpat. Lody te osadziły u podnóża Karpat słabo zachowaną morenę czołową.

Po pewnym okresie trwania tego lodowca, klimat się ocieplił — i nastął okres międzylodowcowy. Wtedy klimat był umiarkowany — lody stopniały na ogromnych obszarach niżu.

Później zaszło znowu ochłodzenie, i nowe masy lodu przywędrowały z północy, jednak tym razem krawędź południowa lodowca zatrzymała się nie u podnóża Karpat, jak poprzednio, lecz na linii *środkowego biegu Pilicy—dolnego Wieprza* — dalej do Bugu, gdzie wyraźnie znać morenę czołową między *Łęczną a Uhruskiem* i dalej w *południowym Polesiu*.

I te lody wkrótce stopniały. Zaczął się drugi okres międzylodowcowy z jego umiarkowanym klimatem. Uczeni przypuszczają, że okresy międzylodowcowe, podobnie jak i lodowcowe — trwały niejednostajnie długo, niepodobna jednak ustalić ich długości.

W czasie pierwszego i drugiego okresu międzylodowcowego lody trwały nietylko w Finlandji i Skandynawji,

ale też i w północnej części niżu, na brzegach Bałtyku i na Litwie historycznej.

Po ponownym ochłodzeniu się klimatu znowu lody wędrują z północy. Jest to trzeci okres lodowcowy, jednak tym razem lody zajęły tylko Pomorze, Prusy wschodnie, Litwę historyczną; pas wielkich dolin był wolny od nich.

Na ziemiach polskich zatem trzy główne wały moren czołowych — 1) u podnóża Karpat; — 2) w środkowej części niżu; — 3) wzdłuż południowo-wschodniego brzegu Bałtyku i na Litwie historycznej świadczą o trzech okresach ochłodzenia się klimatu, i dwóch okresach międzylodowcowych (interglacjalnych).

Jednak oprócz trzech zasadniczych pasem moren czołowych istnieje na niżu północnoeuropejskim znaczna ilość lokalnych moren czołowych, świadczących o chwilowym stacjonowaniu lodowca, wywołanem prawdopodobnie przez czasowe ochładzanie się klimatu.

Moreny czołowe lokalne są dosyć silnie zniszczone i zatarte, jak to już wyżej było zaznaczone, w częściach południowych niżu — tam bowiem wytworzyły się one daleko wcześniej (w czasie *pierwszego lub drugiego* okresu zlodowacenia, a raczej *topnienia lodów*). Na Pomorzu niemieckim lub na Litwie historycznej moreny czołowe lokalne są daleko lepiej zachowane. W Wileńszczyźnie doskonale rozwinięte grzędy moreniczne występują na północ od Wilji i w okolicy dużych jezior: *Narocz*, *Swir*, *Miadsioł*.

Gdy jeszcze lody stacjonowały na północy, południowa część niżu miała klimat chłodny i dosyć suchy. Ciepłe i wilgotne wiatry od oceanu Atlantycznego prawie wcale nie dochodziły. Na ziemiach polskich i w Niemczech wytworzyły się wtedy *tundry*, mieszkaly na nich renifery, mamuty i nosorożce włochate (*Elephas primigenius* i *Rhinoceros tichorhinus*) jelenie olbrzymie (*Cervus megaceros*).

Roślinność ówczesna podobna jest do roślinności obecnej na tundrach w północnej Rosji: brzozy karłowate (*Betula nana*), wierzby polarne (*Salix polaris*), małe rośliny wrzosowate (*Empetrum nigrum*).

Stopniowe ocieplanie się klimatu spowodowało zmianę w szacie roślinnej i wśród zwierząt. Tundra przekształca się na *step* dosyć suchy. Step zajmuje całą południową część Polski, Niemiec. Znikają rośliny polarne, zwierzęta silnie owłosione, jak mamut, wędrują na północ.

Wtedy to na pasie wyżyn południowych w Polsce, oraz na północnych zboczach gór środkowoniemieckich osadza się *less*, nawiany przez wiatry północne. Less ten według przypuszczeń wydmuchany został z osadów moreny dennej. Na zboczach gór Świętokrzyskich tu i owdzie warstwy lessu mają do 20 metrów grubości, w Lubelskiem nad *Huczwą* do 30 metrów. To samo jest i na Ukrainie.

Gdy lody stopniały na północy, klimat na niżu europejskim staje się jeszcze cieplejszy, a zwłaszcza *wilgotniejszy*. Wtedy dopiero mogła zacząć rozwijać się roślinność leśna, która przywędrowała z dwóch stron — przez *Karpaty* od południa, oraz przez *Rosję* od wschodu. Cały niż stopniowo porasta olbrzymimi lasami, gdzie panują *sosna*, *świerk* a także *modrzew* i *jodła*; z liściastych te same co i dziś. W tych lasach obok zwierząt współczesnych żyły takie jak tury (*Bos primigenius*). Zwierzęta te zostały wytępione w końcu wieków średnich. Żubr litewski należy już dziś do zwierząt wymierających.

Okres rozwoju lasów jest ostatnim etapem ewolucji klimatu czwartorzędowego. Od tego czasu żadna poważna zmiana nie zaszła.

§ 97. Ruchy górotwórcze i epirogenetyczne.

Okres czwartorzędowy w porównaniu z trzeciorzędowym jest pod względem ruchów skorupy ziemskiej daleko bardziej spokojny. Nie znaczy to, aby w ciągu czwartorzędu i obecnie nie zachodziły żadne niepokoje w skorupie. W rozdziale o trzęsieniach ziemi (patrz str. 68—78) było zaznaczone, że tam, gdzie one zachodzą, ruchy górotwórcze trwają nadal. Z mapki załączonej na str. 77 widać, że znaczne obszary lądów podlegają trzęsieniom, zatem i ruchom dyzlokacyjnym.

Obszar podlegający dyzlokacjom w czwartorzędzie byłby daleko większy, gdyby dokładnie poznano obszary trzęsień ziemi na dnie mórz i oceanów. Zwłaszcza dno oceanu Spokojnego przy brzegach archipelagów wschod-

nioazjatyckich nie jest spokojne. Jest rzeczą prawdopodobną, że tam tworzą się dyzlokacje, z których w dalekiej przyszłości może powstać góra.

Południowa część półwyspu Bałkańskiego w Europie uległa częściowemu zawaleniu się już w czwartorzędzie. Grupy wysp na morzu Egiejskim są prawdopodobnie resztkami tego zawalonego lądu.

Ruchy epirogenetyczne w czwartorzędzie były dosyć silne. Zaszły one na wielką skalę na obszarach lądowych, pozostałych po dawnym *kontynencie północno-atlantycznym*. Godne uwagi są wahania *Skandynawji*. Na zachodnich wybrzeżach Norwegji znać wyraźnie, że niegdyś poziom morza był wyższy o 180 metrów niż obecnie. Jeszcze ważniejsze są osady morskie ze skamieniałościami, znajduwane daleko od obecnego brzegu. W środku mniej więcej czwartorzędu Skandynawja pod wpływem ruchów epirogenetycznych, obniżających ląd, częściowo została zalana przez morza chłodne; osady morskie z tego zalewu zawierają typowe skamieliny małżów, żyjących w wodach zimnych (*Yoldia arctica*). Osady z *Yoldia* znajduwane są do 200 metrów ponad współczesny poziom morza. Wtedy morze Bałtyckie było daleko większe niż dziś. Osady zawierające *Yoldia* znajdują się też na brzegach południowych Bałtyku, między *Sobotami* a *Gdynią*, jednak nie jest wiadome, skąd te osady tam się znalazły. Przypuszcza się, że przyniesione zostały z północy jako „porwak“.

Po pewnym czasie zaczął się ruch epirogenetyczny odwrotny, Skandynawja podniosła się do góry, morze częściowo ustąpiło, nawet przerwała się łączność Bałtyku z oceanem. W ten sposób Bałtyk zamienił się na jezioro, w którym żyły mięczaki słodkowodne (*Ancylus fluvialis*). Ten okres jeziora ancylusowego zbiega się z okresem znikania lodów i ocieplania się klimatu.

Później znowu Skandynawja się obniża; jezioro ancylusowe otrzymuje łączność z morzem, woda w niem staje się słoną i na miejsce słodkowodnych mięczaków zjawiają się morskie (*Litorina litorea*). Wtedy uległy zalewowi morskiemu nie tylko części Skandynawji, ale też Pomorza i północnych Niemiec. Klimat w tym czasie był już dosyć ciepły i lodowce stopniały (patrz str. 85).

Wreszcie po okresie *litorinowym* Skandynawja i brzegi Bałtyku znowu podnoszą się do góry, Bałtyk przyjmuje swój wygląd obecny.

Niema w Europie innego kraju poza Skandynawją, gdzieby w ciągu jednej epoki zachodziły takie wahania poziomu. Skandynawja zatem jest klasycznym krajem nie tylko lodowców czwartorzędowych, ale też i silnych ruchów epirogenetycznych.

Ruchy epirogenetyczne na ziemiach polskich zostały już pobieżnie rozpatrzone na str. 85—88.

Ruchy epirogenetyczne w czwartorzędzie zachodziły nie tylko na terenach równinowych, lecz też i górzystych. Stwierdzono, że wielkie łańcuchy górskie: *Alpy, Kaukaskie, góry na Korsyce* uległy ogólnemu podniesieniu, jakby wyparciui z dołu do góry. Według poglądów niektórych uczonych, zlodowacenie w czwartorzędzie spowodowane zostało takim podniesieniem się łańcuchów górskich, które wskutek tego stały się wyższe. Ten pogląd nie jest powszechnie przyjęty.

§ 98. Człowiek. Resztki szkieletów ludzkich są naogół bardzo nieliczne i źle zachowane w osadach czwartorzędowych. Najdawniejsze części szkieletów pochodzą z okolic *Heidelbergu (Maur)*. Obok tych resztek znaleziono szkielety mamuta i nosorożca (*Elephas antiquus, Rhinoceros Mercki*), zatem zaliczane są do *środkowego czwartorzędu* z okresu międzylodowcowego.

Szkielety znaleziono również w *dolinie Neandru (Neanderthal)* pod Dysseldorfem niedaleko Renu. Człowiek z tego okresu nazwany jest pierwotnym (*Homo primigenius*). W innych miejscach również znaleziono szkielety podobne.

Na brzegu morza Śródziemnego pod *Mentoną*, w grocie, znaleziono szkielety innego wyglądu — nazwane zostały one resztkami ludzi z rasy *Grimaldi*. Byli to ludzie pokrewni murzynom.

We Francji południowej znaleziono szkielety ludzi z rasy *Cro-Magnon* — wzrostu wysokiego.

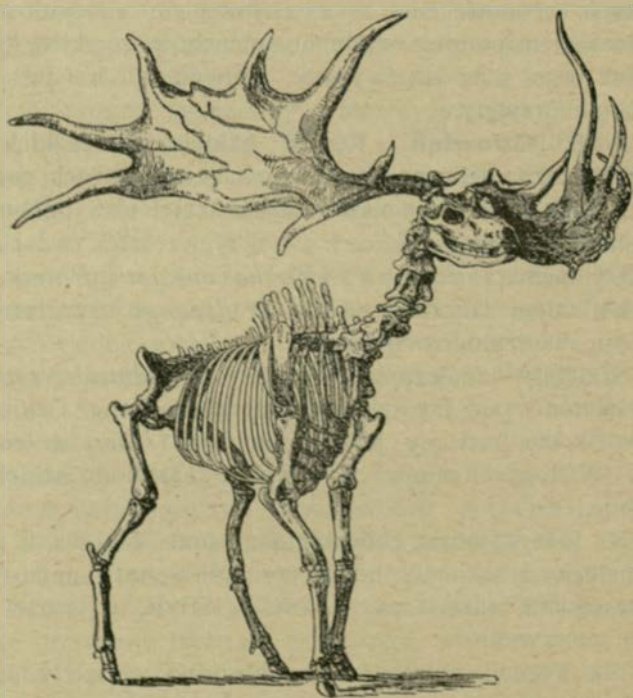
Rasa *Neandertalska* żyła przed ostatnim okresem zlodowacenia.

Rasa *Grimaldi* jest nieco późniejsza.

Rasa *Cro-Magnońska* jest znacznie późniejsza od dwóch poprzednich. Żyła ona już po ostatnim okresie zlodowacenia, gdy w Europie panował klimat stepowy (patrz str. 217).



Czerep byka *Bos primigenius*.



Jeleń olbrzymi *Cervus (Megaceros) giganteus*.

Szkielety ludzkie, znajduwane w wielu miejscach Europy i innych części świata, nie nadają się do określa-

nia *wieku* osadów, na których spoczywają. Naprzykład szkielety znajduwane w grotach wapiennych leżą na podłożu ze skał jurajskich. Tylko w niewielu miejscach szkielety znajdowano w osadach tego samego wieku, co człowiek. W niektórych grotach szkielety ludzkie znajdują się obok szkieletów niedźwiedzi jaskiniowych (*Ursus spelaeus*), mamutów (*Elephas antiquus* lub *primigenius*). Zatem nasi przodkowie musieli nieraz toczyć walki o życie lub o mieszkanie w grotach z ówczesnymi przedstawicielami świata zwierzęcego. Tur (*Bos primigenius*) był ulubioną zwierzyzną na łowach jeszcze w wiekach średnich.

Człowiek pierwotny pozostawił po sobie nietylko szkielety, lecz w ilości daleko znaczniejszej *broń, narzędzia* oraz *naczynia domowe*. Na zasadzie wyglądu oraz sposobu wyrobienia różnych przedmiotów z kamienia można podzielić dzieje przedhistoryczne naszych praocjów na kilka okresów. Podział i badanie tych okresów, które z punktu widzenia geologicznego są czasami najnowszymi (*aluwjum*), należy już do *archeologii*. Geologia ogranicza się na badaniach *osadów rzecznych, jeziorowych, eolskich, wulkanicznych* itd., czyli na tworzeniu się warstw najmłodszych, współczesnych i te badania stanowią część dynamiki.



Biblioteka Muzeum i Inst. Zoologii PAN

K. 2089/II



1000000000409



DRUKARNIA I INTROLIGATORNIA

□ LEONA NOWAKA □

WARSZAWA, WARECKA 12.