Dr. WILHELM FRIEDBERG
PROFESOR UNIWERSYTETU POZNAŃSKIEGO

ZASADY GEOLOGJI

Z 334 RYCINAMI I MAPKĄ
GEOLOGICZNĄ POLSKI

BIBLIOTEKA
Kuratorjum Szkolnego Poleskiego
w Brześciu n/B.
№ 74
Wpisano

WYDAWNICTWO M. ARCTA W WARSZAWIE
1923

Biblioteka Pedagogiczna CEN
nr inw.: KG - 178659
BC KSK / 178659

ZASADY GEOLOGJI

NAPISAŁ

Dr. WILHELM FRIEDBERG

PROFESOR UNIWERSYTETU POZNAŃSKIEGO.

Z 334 RYCINAMI I MAPKĄ GEOLOGICZNĄ POLSKI.

BIBLIOTEKA
Kuratorjum Szkolnego Poleskiego
w Brześciu n/B.
No 475
Wpisano dn.

1923
WYDAWNICTWO M. ARCTA W WARSZAWIE

CENTRUM EDUKACJI NAUCZYCIELI
Biblioteka Pedagogiczna
178659
w Białymstoku

279/8
55

M. ARCT

ZAKŁADY WYDAW. SP. AKC. W WARSZAWIE,
KSIĘGARNIA I SKŁAD NUT NOWY-ŚWIAT 35.

ODDZIAŁY WŁASNE:
KRAKÓW, Wiślna 3.
POZNAŃ, Plac Wolności 7.

SKŁADY GŁÓWNE:
KATOWICE, Księgarnia Polska. Tow. Akc. Księgarń Polskich na Śląsku.
LUBLIN, M. Arct i S-ka, Krak.-Przedm. 17.
LWÓW, Księgarnia Naukowa, Zimorowicza 17.
ŁÓDŹ, M. Arct i S-ka, Piotrkowska 105.
RÓWNE, Księgarnia Naukowa, Szosowa 27.
WILNO, Księgarnia Stow. Naucz. Polskiego, Królewska 1.

SKŁAD GŁÓWNY DLA KSIĘGARZY:
Dom Książki Polskiej, Warszawa, plac Trzech Krzyży 8.

DRUKARNIA M. ARCTA W WARSZAWIE, NOWY-ŚWIAT 41.

Miejska
w Białymstoku
Biblioteka
4427

PRZEDMOWA.

W naszej literaturze brak zupełnie książki, któraby podawała całokształt geologji w zakresie większym jak szkoły średniej; odczuwają to głównie ci słuchacze szkół wyższych, których studjum wymaga pewnych, chociażby mniej szczegółowych, wiadomości tej nauki. W książce obecnej staram się temu brakowi częściowo zaradzić.

Podręcznik geologji, jeżeli ma być łatwo zrozumiałym, musi się opierać na geologicznych stosunkach ojczystej ziemi; to przekonanie było przewodnią myślą mej pracy. Ponieważ chciałbym, aby książka mogła służyć także tym wszystkim, którzy interesują się naukami przyrodniczemi, przeto starałem się rzecz przedstawić w sposób przystępny. z tej też przyczyny położyłem w drugiej części książki główny nacisk na rozwój świata organicznego i na rozmieszczenie systemów geologicznych na ziemiach polskich, a stosunki innych obszarów podałem tylko w mniejszym zakresie. Zależało mi jednakowoż na tem, aby czytelnik znalazł potrzebne przygotowanie do zrozumienia prac opisujących stosunki geologiczne Polski i dlatego, omawiając stosunki geologiczne krajów innych, podałem wtedy nieco więcej szczegółowe wiadomości, jeżeli te kraje były klasycznym obszarem studjów nad pewnym systemem.

We wstępie dałem spis ważniejszych podręczników, dlatego też literatury naogół nie podaję. Wyjątek uczyniłem dla prac tyczących się Polski, z których podaję tylko nowsze, albo ważniejsze; dokładną literaturę znajdzie czytelnik w „Geologji ziem polskich" Siemiradzkiego.

W obecnych trudnych warunkach wydawniczych muszę z uznaniem podnieść ofiarność księgarni wydawniczej M. Arcta w Warszawie, która nie żądała ograniczeń w doborze części ilustracyjnej książki. Także Kasa Mianowskiego w Warszawie ułatwiła wydanie, zezwalając wydawcy na korzystanie z klisz wykonanych dla „Dziejów Ziemi" Neumayra, których tłumaczenie wyszło jej nakładem; za ten obywatelski czyn winienem złożyć Zarządowi Kasy należne podziękowanie. W przedstawieniu rzeczy i w układzie miałem w znanych podręcznikach Hauga i Kaysera gotowe wzory, z których wiele korzystałem. Prof. Dr. K. Wójcikowi w Poznaniu dziękuję za niektóre cenne wskazówki, nie mniej też tym Panom, którzy zechcieli udzielić mi swych zdjęć fotograficznych.

W. Friedberg.

Poznań w lipcu 1922 r.

OMYŁKI DRUKU.

str.	10	ryc. 2	zamiast 2500	ma być 1700
„	13	wiersz 7 z góry	„ 2°C	„ „ −2°C
„	13	„ 9 z dołu	opuścić mórz	
„	15	„ 17 „	zamiast ziemi,	„ „ ziemi
„	22		„ ryc. 21	„ „ ryc. 12
„	40	„ 16 „	opuścić wy-	
„	44	„ 14 z góry	zamiast ta,	„ „ ta
„	59	„ 22 „	„ okolicach,	„ „ okolicach
„	201	„ 1 „	„ (Lithistidae)	„ „ (Lithistidae),
„	213	„ 3 „	„ Cyahophyllum	„ „ Cyathophyllum
„	240	„ 14 „	„ Pareiosaurus	„ „ Pareiasaurus
„	253	„ 10 z dołu	„ ornatus	„ „ tornatus
„	265	„ 1 „	„ Ichtyosaurus	„ „ Ichthyosaurus
„	272	„ 12 „	„ „	„ „ „
„	272	„ 9 „	„ Gryphea	„ „ Gryphaea
„	275	„ 3 „	„ Klauschichten	„ „ Klausschichten
„	280	„ 6 z góry	„ Kimmerydu	„ „ Kimerydu
„	316	„ 4 z dołu	„ paleogonie	„ „ paleogenie
„	317	„ 8 z góry	„ peleoceńskie	„ „ paleoceńskie
„	331	„ 8 „	„ nauważyć	„ „ zauważyć
„	334	„ 13 „	„ pozaeropejski	„ „ pozaeuropejski
„	339	„ 6 z dołu	„ Wojciechą	„ „ Wojciecha
„	342	„ 3 „	opuścić stąd	
„	352	„ 7 „	po a dodać o	
„	352	„ 4 „	zamiast niespeła	„ „ niespełna

WSTĘP.

Geologja jest nauką o ziemi, lecz nie cała ziemia jest przedmiotem jej badania. Astronomja zajmuje się ziemią jako planetą, geofizyka bada ją w całości jako ciało, geografja—jej powierzchnię, geologja natomiast bada skorupę ziemi, docieka przyczyn powodujących na niej ustawiczne przemiany, a nadto kreśli jej dzieje. Może rozeznać tę dawną przeszłość, badając skały, które są dla geologa głównym przedmiotem dociekań, zarówno jak też zawarte w nich resztki dawnych zwierząt i roślin, zwane skamielinami. Dzieje świata organicznego na ziemi są więc także zadaniem geologji i dlatego też ma ta nauka niejedną styczność z botaniką i zoologją.

Rozmaite są drogi geologicznego badania. Pierwszą i zasadniczą jest obserwacja w terenie i zbadanie w pracowni zyskanego na wycieczkach materjału; z faktów dostrzeżonych wysnuwa geologja wnioski, jest więc czysto indukcyjną nauką. Czasem musi uciec się do doświadczeń, aby odtworzyć sztucznie zjawisko i poznać przyczynę jego powstania. W trudniejszych wypadkach używa hipotez, które podczas dalszego rozwoju nauki albo bywają potwierdzone, albo też innym ustępują miejsca. Nie jest już obecnie geologja, jak może było przed laty, nauką, w której hipotez jest zbyt wiele, przeciwnie, przybyły jej tak liczne spostrzeżenia ze wszystkich części świata, że mogła już nastąpić synteza całości, jaką jest np. genjalne dzieło E. Suessa „Oblicze ziemi" [1]) i znana książka E. Hauga. Dzisiaj tłumaczymy już przyczynę kształtów powierzchni ziemi, znamy dawne dzieje zarówno skorupy ziemskiej, jak też i zamieszkującego ją świata organicznego, a możemy nawet przewidzieć dalsze zmiany, którym ziemia ulegnie.

Kto zna zasady geologji, ten patrzy innem okiem na krajobraz, który go otacza. W rozlicznych jeziorach tatrzańskich rozpozna on dowody istnienia kiedyś lodowców w tych górach, w andezytach Szczawnicy, lub w porfirach Miękini w Krakowskiem zobaczy resztki dawnych wulkanów, a w nieznacznych obecnie górach Świętokrzyskich rozezna najstarsze góry, które wznosiły się już wtedy, gdy morza zalewały pra-

[1]) E. Suess: «Antlitz der Erde» tom 1–3. Wiedeń. 1886–1909.

wie całe obszary ziem polskich. Kto zaznajomił się z zasadami geologji historycznej, ten wie już, że człowiek razem z dzisiejszą fauną dopiero niedawno istnieje na ziemi i że dawniej był całkiem odmienny świat zwierzęcy, nieraz kształtem i ogromem dziwny. Czasem widział człowiek już za dawnych czasów wśród warstw skalnych kości tych olbrzymów, stąd też tak częste legendy o smokach i innych potworach.

Każda nauka ma własny zakres badania i każda powiększa ze swej strony całokształt wiedzy ludzkiej, geologja jest jednakowoż nauką o doniosłem znaczeniu praktycznem, jak zresztą prawie każda gałąź wiedzy przyrodniczej. Spostrzeżenia górnika, pracującego w głębi ziemi, dały początek geologji i dostarczają jej ciągle nowego materjału, nic przeto dziwnego, że narodziła się geologja w krajach o silnie rozwiniętem górnictwie i że profesor akademji górniczej we Freibergu w Saksonji Bogumił Werner [1]) był pierwszym, który uczył tej nauki, zwanej wówczas geognozją. Wzamian za to obserwacje geologów wskazują górnikowi, w których miejscach może się spodziewać pożytecznych minerałów, często w jakiej głębokości i w jakiej ilości. Geolog i górnik powinni pracować, użyczając sobie nawzajem wiadomości i spostrzeżeń, gdyż wtedy zyskują obaj. Wystarczą nawet niezbyt gruntowne wiadomości geologiczne, aby orzec, że na Mazowszu lub na Podolu nie można znaleźć pokładów węgla kamiennego, lub też, że wiercenia za naftą gdzie indziej w Polsce, niż w Karpatach będą bez rezultatu.

Inżynier i rolnik korzystają również wiele z badań geologicznych. Znajomość budowy geologicznej okolicy wykaże, czy i w jakiej głębokości znajduje się woda wgłębna, któraby mogła zasilać studnie. Dokładne zbadanie okolicy przez geologa jest konieczne, jeżeli opracowuje się projekt założenia wodociągów. Budowę tunelu musi poprzedzić zbadanie geologiczne, gdyż niejeden projekt już upadł, skoro przekonano się, że budowa geologiczna przedstawia zbyt wielkie dla technika trudności, np. z powodu obecności źródeł, lub zbyt wysokiej temperatury. Geolog wskaże budowniczemu i inżynierowi, gdzie znajdzie w dostatecznej ilości materjał skalny, potrzebny do dróg, czy też do budowli.

Gleba jest, jak poznamy później, produktem rozkładu skał głębiej leżących, od nich zależy jej jakość i skład chemiczny. Inne własności ma tam gleba, gdzie w głębi są skały nieprzepuszczalne, inne, gdzie podglebie przepuszcza łatwo wodę, a z tem wszystkiem musi się liczyć i rolnik i leśnik. Typowym przykładem różnych gleb mogą być jałowe piaski Mazowsza lodowcowego pochodzenia i nader urodzajne gleby nadrzeczne, lub obszarów zajętych przez glinę nawianą. Rolnik pozna lepiej glebę i lepiej dostosuje do niej gospodarstwo rolne, jeżeli zna i rozumie geologiczną budowę podłoża.

[1]) Abraham Bogumił Werner, urodz. w r. 1750, zm. w r. 1817, był od r. 1775 profesorem we Freibergu.

Oceniając doniosłe praktyczne znaczenie tej nauki, założono prawie we wszystkich krajach rządowe instytuty geologiczne i stacje doświadczalne, których zadaniem jest zbadanie geologicznej budowy, sporządzenie dla każdego łatwo dostępnych map geologicznych i udzielanie potrzebującym fachowej porady. Przed wojną światową miały je wszystkie państwa europejskie, z małemi tylko wyjątkami (Turcja, Bułgarja, Grecja), nadto wiele państw pozaeuropejskich, nic więc dziwnego, że już w pierwszych miesiącach wskrzeszenia państwa polskiego założono w Warszawie państwowy instytut geologiczny, otwarty dnia 7 maja 1919 r.

Po tych uwagach naszkicujemy krótki plan książki. Rozpoczniemy rzecz od ogólnych wiadomości wstępnych o skorupie ziemi, o jej powłoce wodnej, czyli hidrosferze i gazowej, czyli atmosferze, które utworzą geograficzną część naszych wstępnych rozpatrywań. Właściwa rzecz rozpadnie się na dwie części. Geologja ogólna zajmie się siłami zmieniającemi powierzchnię ziemi (geologja dynamiczna) i ułożeniem warstw skalnych, tworzących jej skorupę (tektonika); o skałach mówić nie będziemy, gdyż są przedmiotem osobnej nauki, zwanej petrografją. Dopiero w drugiej części zajmiemy się dziejami ziemi i rozwojem na niej życia organicznego, będzie to geologja historyczna.

Wreszcie podajemy dla orjentacji tych, którzyby chcieli rozszerzyć swe wiadomości, kilka podręczników geologji, zaznaczając, że w literaturze polskiej mamy ich, niestety, niewiele. W toku naszych rozpatrywań podamy też niejedną pracę, mającą ogólne znaczenie, uwzględniając szczególnie te, które odnoszą się do geologji Polski.

E. Haug: Traité de géologie t. 1—2. Paryż 1907.
E. Kayser: Lehrbuch der Geologie t. I (geologja ogólna), wyd. 6. Stuttgart 1921,
— t. II (geologja histor.), wyd. 4 Stuttgart 1911, nowe w druku.
A. de Lapparent: Traité de géologie t. 1—3, wyd. 5. Paryż 1906.
M. Neumayr: Erdgeschichte tom 1—2, wyd. 2. Lipsk 1895.
— „ „ I, wyd. 3 opracowane przez F. Suessa. Lipsk 1920.
— Dzieje ziemi tom I. Warszawa 1906,
— „ „ „ II. Warszawa 1908 [1]).
Fr. Schaffer: Grundzüge der allgemeinen Geologie. Lipsk 1916.
Fr. Toula: Lehrbuch der Geologie, wyd. 3. Wiedeń 1918.
J. Walther: Geschichte der Erde und des Lebens. Lipsk 1918.

J. Grzybowski: Przeglądowa mapa geologiczna ziem polskich. Warszawa 1912 (mapa i tekst objaśniający).
J. Siemiradzki: Geologja ziem polskich, tom I. Lwów 1903,
— „ „ „ „ II. Lwów 1909.

[1]) Tłumaczenie to, wydane staraniem Kasy Mianowskiego, zawiera szereg nowszych dopełnień, uwzględniających stosunki Polski.

GEOLOGJA OGÓLNA.

WIADOMOŚCI WSTĘPNE.

Kształt ziemi. Ziemia nie jest, jak wiadomo, kulą, lecz sferoidem spłaszczonym na obu biegunach. Jej średnica równikowa mierzy 12.755 km.; biegunowa zaś 12.712 km.; wielkość spłaszczenia wynosi więc $^1/_{299}$. Później przekonano się, że ziemia nie jest regularnym sferoidem, lecz że okazuje znaczne zboczenia od tej postaci. Nawet powierzchnia oceanów nie odpowiada sferoidowi, co jest naturalnem, jeżeli uwzględnimy, że kontynenty spiętrzają wodę przy brzegach. Pominiemy zapatrywania, że ziemia ma kształt czworościanu, względnie czworosześcianu, zaznaczymy tylko, że ową nieprawidłową bryłę zdeformowanego sferoidu nazywamy geoidą.

Gęstość ziemi. Oznaczenie gęstości ziemi jest ważne ze względu na hipotezy o stanie jej jądra, o którem nie możnaby w inny sposób wnioskować. Wedle ostatnich, ogólnie przyjętych obliczeń, wynosi gęstość ziemi 5·6.

Znaczna gęstość ziemi doprowadza nas do ważnych wniosków. Gęstość skał, które znamy na skorupie ziemi, jest nieznaczną, gdyż osadowych i przeważnej części wybuchowych wynosi 2·5 – 2·8, najcięższych zaś skał wybuchowych, jak bazaltów i im pokrewnych, nie przenosi 3·3, nie mówiąc wcale o powietrzu i o wodzie, których gęstość jest bardzo małą. W głębi ziemi muszą się przeto znajdować składniki o znacznej gęstości (większej niż 5·6), które powodują większy ciężar całej ziemi. Tę najgłębszą i najcięższą jej część nazywamy barysferą [1]). Przypuszczamy, że między składnikami barysfery należy do ważniejszych żelazo z niklem, za czem przemawia także obecność ich w meteorytach [2]),

---

[1]) Nazwa z języka greckiego, (barys ciężki i sfaira kula).

[2]) Meteorytami nazywamy spadłe na ziemię resztki ciał niebieskich, należących tylko może pośrednio do systemu słonecznego. Wielkość ich jest nader rozmaita, nader rzadko wagi kilkucetnarowej, lub nawet większej, są czasem tak drobne, że waga ich wynosi ułamki grama. Bardzo drobne tworzą przejście do pyłu kosmicznego, który nieraz na ziemię spada.

Skład ich chemiczny wskazuje na te same pierwiastki, które znane są na ziemi, chociaż nie zawsze w tych samych związkach; żelazo w połączeniu z niklem, oliwin,

które w odróżnieniu od aerolitów uważamy za resztki rozbitego jądra ciał niebieskich.

W związku z gęstością ziemi pozostają niektóre spostrzeżenia. Wiemy, że ruch wahadła zależy od przyciągania ziemi, dlatego też jest szybszy, im bliżej bieguna, również im mniejsze jest wzniesienie danego miejsca nad poziom morza. W nowszych czasach zauważono jednakowoż, że ruch wahadła w górach jest powolniejszy, niżby być powinien, natomiast na morzu i na obszarach nizinnych szybszy. Pomiary, wykonane w różnych okolicach ziemi, doprowadziły zgodnie do tego samego rezultatu. Mówimy dlatego, że na obszarze lądów stałych daje się zauważyć ubytek masy, a na obszarach oceanicznych jej nadmiar. Z nowszych spostrzeżeń wynika, że lokalne stosunki powodują zmiany od tej ogólnej zasady, np. podczas gdy we wschodnich Karpatach Sterneck znalazł ubytek masy (anomalje ujemne), to w zachodnich Birkenmajer zauważył anomalje dodatnie, będące zapewne wynikiem leżących tu w głębi mas sudeckich, na które nasunęły się Karpaty.

Przyczyny tego zjawiska, na które powołamy się na innem miejscu, nie znamy jeszcze. Wedle jednych zapatrywań, są na dnie obszarów oceanicznych masy skalne oziębione chłodzącem działaniem wody morskiej i skurczone, a jako takie gęstsze; naodwrót na obszarze lądów stałych są głębsze warstwy ogrzane i przez to rozszerzone, więc gęstość mają mniejszą. Inni zwracają uwagę na to, że na obszarach zapadniętych, a takiemi są zwyczajnie nisko położone, skały uległy zgnieceniu, co musi spowodować ich większą gęstość, natomiast w pasmach górskich z powodu ruchów fałdowych uległy rozluźnieniu, co zmniejsza ich gęstość. W każdym razie ów nadmiar masy na nisko położonych obszarach i jej ubytek na wysoko wzniesionych jest przyczyną dziwnej równowagi (izostazy) na ziemi, a jej zaburzenia powodują, jak później poznamy, ruchy, objawiające się jako twórcze przy powstawaniu pasm górskich.

Temperatura wnętrza ziemi. Temperatura powierzchni ziemi i atmosfery zależy od ciepła słonecznego i zmienia się w ciągu dnia i nocy, a nadto zależnie od pór roku; im dalej w głąb ziemi, tem mniej są jednakowoż te zmiany widoczne. W nieznacznej głębokości (u nas 1—1·5 m.) niema różnicy między temperaturą dnia i nocy a w nieco większej

---

niektóre piroksény i plagioklazy należą do najczęstszych. Ze względu na skład chemiczny rozróżniamy dwa typy: meteoryty właściwe i aerolity, czyli kamienie meteoryczne, chociaż między temi oboma typami są przejścia. Stwierdzenie, że na innych ciałach niebieskich są te same pierwiastki, jak na ziemi, jest rzeczą pierwszorzędnego znaczenia.

Ilość spadających na ziemię meteorytów jest wcale znaczną, obliczają ich ciężar na 450 ton rocznie, wskutek czego przyrost masy ziemi z biegiem czasu nie byłby nieznaczny. W osadach głębinowych mórz znaleziono cząstki żelaza metalicznego, któreby mogły być tylko meteorycznego pochodzenia, a na lodowcach Grenlandji obserwował Nordenskjöld pył zapewne również tego powstania.

(u nas 20—25 m.) jest latem i zimą temperatura ta sama, a odpowiada mniej więcej średniej rocznej temperaturze danego miejsca. Klasycznym przykładem jest piwnica obserwatorjum astronomicznego w Paryżu; termometr, zawieszony w niej w głębokości 27·6 m. jeszcze w r. 1783 przez znanego fizyka Lavoisiera, wskazuje od tego czasu bez zmian temperaturę 11·6°C. Z licznych pomiarów, wykonanych podczas wierceń, wynika, że temperatura podwyższa się z głębokością, o czem wiedziano już dawniej na podstawie obserwacyj w kopalniach, a czego dowodzą również źródła gorące i lawy wulkanów.

Ważnem teoretycznie i praktycznie jest zbadanie, o ile musimy posunąć się w głąb ziemi, aby temperatura podwyższyła się o 1°C, czyli jak wielki jest stopień geotermiczny[1]). Pomiary, wykonane w kopalniach, studniach artezyjskich i w tunelach, dały zmienne rezultaty. W kopalniach saskich wynosił on średnio 41·8 m., w Szczawnicy Bańskiej na Węgrzech 41·4 m., w angielskich kopalniach węgla 15·5—26·2 m., natomiast w kopalniach miedzi nad jeziorem Górnem w Kanadzie nawet 68 m.; najmniejszy obserwowano w czeskich kopalniach węgla brunatnego (5·2 m.). Te zmienne wyniki możemy z łatwością wytłumaczyć, jeżeli weźmiemy na uwagę zmienne warunki geologiczne. W kopalniach węgla, w których z powodu ciągle trwających przemian chemicznych panuje wyższa temperatura, jest stopień geotermiczny mniejszy, również wtedy, jeżeli w kopalni jest wiele siarczków, np. pirytów, które utleniają się łatwo. Zrozumiemy natomiast nietrudno nader wielki w kopalniach miedzi nad jeziorem Górnem, jeżeli uwzględnimy, że tak wielki zbiornik wody musi oddziaływać oziębiająco na pokłady skalne.

Pomiary w kopalniach nie dają dokładnych wyników, ponieważ wentylacja szybów, roboty górnicze, obecność wody i t. p. wpływają na temperaturę. Lepsze wyniki dały pomiary czynione wewnątrz głębokich otworów wiertniczych i w tunelach.

Wiercenia za wodą, lub za pożytecznemi minerałami nadają się przy zastosowaniu pewnych środków ostrożności najlepiej do tego celu. Zwłaszcza liczne głębokie wiercenia, wykonane za solą i węglem brunatnym w Prusiech i na Górnym Śląsku, dostarczyły najpewniejszych spostrzeżeń np. w Sperenbergu koło Berlina, w Paruszowicach i w Czuchowie na Śląsku, ostatnie doprowadzone do głębokości 2239 m. jest najgłębszym otworem wiertniczym na ziemi. Stopień geotermiczny wynosił w Sperenbergu 33·7 m., w Paruszowicach 34·1, a w Czuchowie 31·8. Przy tej sposobności dodamy, że po Czuchowie drugi co do głębokości otwór wiertniczy jest w Szubinie koło Bydgoszczy doprowadzony do głębokości 2149·45 m., temperatura na dnie wynosiła w nim 73°C. Podczas tych wszystkich pomiarów przekonano się, że stopień geotermiczny zwiększa się z głębokością.

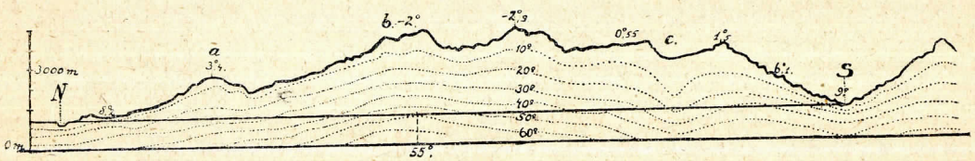
---

[1]) Nazwa z języka greckiego — ge ziemia, termos ciepły.

Jako przeciętną wielkość stopnia geotermicznego możemy uważać 35 m. Nie należy jednakowoż zapominać o tem, że nie wiemy wcale, jakim jest stopień geotermiczny w większych głębokościach, niż dostępne naszemu badaniu, a także, że największe wiercenie jest znikomo małe w porównaniu do wymiarów ziemi, odpowiada bowiem zaledwie $^1/_{3180}$ promienia ziemi, albo, abyśmy użyli porównania, nie jest większe jak zaklęsłość 1 mm. głęboka na kuli, mającej 6 metrów średnicy.

Ważnych wyników dostarczyły spostrzeżenia w tunelach, które dalej niż wiercenia w głąb ziemi sięgają, jeżeli uwzględnimy grubość skał znajdujących się ponad niemi. W tunelu przez górę Mont Cenis, a również w tunelu Św. Gottharda wynosił stopień geotermiczny 30 m. Przekonano się równocześnie, że, nie licząc zboczeń lokalnych, temperatura wzrastała zawsze ze wzrostem miąższości warstw wyżej leżących, że jednakowoż stosunki geologiczne, np. obecność źródeł gorących, lub zimnych, także minerałów ulegających łatwo rozkładom chemicznym, powodują znaczne różnice.

Największy z tuneli, simploński, dostarczył niektórych nowych spostrzeżeń. Niespodziewanie znaleziono w nim temperaturę 55°C, chociaż wedle obliczeń najwyższa miała wynosić 42°C. Przekonano się mianowicie, że stopień geotermiczny zależy od ułożenia warstw, o czem nie wiedziano przedtem, przy stromo nachylonych jest większy, maleje zaś przy poziomem uławiceniu. W pierwszym wypadku wynosił on 35 do 37 m., a w drugim 28—29.; w części tunelu, w której natrafiono na wysoką temperaturę, były warstwy poziome (ryc. 1).



Ryc. 1. **Geoizotermy w tunelu simplońskim.** Linje kropek oznaczają geoizotermy, linja jednociągła linję tunelu, przy b poziomo ułożone warstwy, przy c źródła zimne. (Z Kaysera).

Fakt zwiększania się temperatury z głębokością ma doniosłe zarówno teoretyczne, jak też i praktyczne znaczenie. Od temperatury w kopalni zależy możliwość odbudowy. Normalna temperatura ciała człowieka wynosi 36·5, przy wyższej jest praca tylko wyjątkowo możliwą, jeżeli pot, parując, ochładza ciało. Bardzo bogate kopalnie złota i srebra w Comstock w Ameryce północnej mają już w głębokości 600 m. temperaturę wyższą niż 40°C i tutaj musiano też w niektórych poziomach zaprzestać robót mimo obfitości rudy. Projekty tuneli muszą się również z tem liczyć, jaka będzie temperatura w środku. Przed budową tunelu simplońskiego musiano odrzucić niektóre plany, ponieważ obawiano się zbyt wysokiej.

Zwiększanie się temperatury z głębokością musi prowadzić do wniosku, że wewnątrz ziemi jest bardzo wysoką. Jeżeli przyjmiemy 35 m. jako stopień geotermiczny, to już w głębokości 70 km. wynosiłaby temperatura 2000°C, a w takiej byłyby przy normalnych warunkach ciśnienia wszystkie skały płynne. Na tej podstawie przypuszczamy, że pod skorupą znajduje się płynna masa o wysokiej temperaturze, zwana p i r o s f e r ą [1]).

Nie wiemy dokładnie, jak grubą jest skorupa ziemi, czyli w jakiej głębokości zaczyna się pirosfera. Gdy dawniej przypuszczano grubość 50 km., przyjmują inni znacznie większą. Prawdopodobnie nie jest ona wszędzie jednakową, a przejście od litosfery do pirosfery odbywa się zwolna w ten sposób, że górna część pirosfery jest gęstsza, a głębsza więcej płynna.

Wedle innych zapatrywań jest wogóle rzeczą wątpliwą, czy pirosfera jest płynną. Zwracano uwagę na olbrzymie ciśnienie, które tam musi panować, a wiadomą jest rzeczą, że im większe jest ciśnienie, tem wyższą musi być temperatura ciała, aby ze stałego przeszło w stan płynny, dlatego też miałaby być pirosfera stałą mimo wysokiej temperatury. Wydobywanie się z wulkanów płynnej lawy nie jest istotną przeszkodą dla przyjęcia stałej pirosfery, ponieważ zwrócono uwagę na to, że przed wybuchem wulkanu powstają za naciskiem gazów szczeliny w skorupie ziemi, wskutek czego zmienia się ciśnienie w tej części pirosfery, a stała przedtem magma przechodzi w płyn.

O stanie jądra ziemi jeszcze mniej powiedzieć możemy. Wiemy, że przy bardzo silnem ciśnieniu nie mogą mimo wysokiej temperatury przejść w płyn ciała stałe, dlatego też, uwzględniając olbrzymie ciśnienie, które musi panować wewnątrz ziemi, przypuszczają niektórzy uczeni, że jądro ziemi jest ciałem stałem. Zwolennikiem tego zapatrywania jest między innymi W. Thomson (lord Kelwin). Spłaszczenie ziemi na biegunach wcale nie przeczy temu, jak sądzą niektórzy, aby jądro ziemi nie mogło być stałem, gdyż ów uczony przekonał się rachunkiem, że kula tej wielkości jak ziemia i o tej samej prędkości obrotu musiałaby ulec spłaszczeniu na biegunach pod wpływem siły odśrodkowej nawet wtedy, gdyby była ze stali, lub szkła, a więc ciałem nader sztywnem.

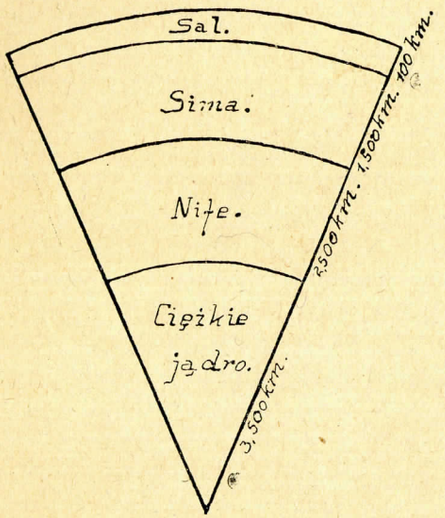
Nie wszyscy zgadzają się z tem, że jądro ziemi jest stałe. Niektórzy sądzą, że jest gazowe o temperaturze wyższej niż krytyczna, t. j. tak wysokiej, że nawet przy najwyższem ciśnieniu nie mogą ciała tworzące je, przejść w płyn, chociaż ze względu na olbrzymie ciśnienie gazowe jądro ma gęstość większą niż żelazo.

Dokładniejszych danych w tej mierze dostarczyły obserwacje nad trzęsieniami ziemi, względnie nad rozchodzeniem się fal seismicznych. Przekonano się (Wiechert), że fale, przechodzące przez ziemię, nie roz-

[1]) Nazwa z jęz. greckiego — sfaira kula i pyr ogień.

chodzą się z jednakową chyżością, lecz głębsze z większą, co wskazuje na to, że kula ziemska składa się z kilku kulistawych warstw o różnej gęstości.

Zewnętrzna powłoka, składająca się z najlżejszych materjałów, jest, wedle badań Wiecherta i późniejszych, grubości około 1600 km. W niej wyróżnimy wedle Suessa najlżejszą powłokę, złożoną przeważnie z krzemu i glinu jako Sal (Si i Al.), miąższości około 100 km. i niższą, grubszą a cięższą, w której najważniejszą rolę odgrywają krzem i magnez (Si i Mg), nazwaną przez Suessa (Sima); ona jest zapewne masą półpłynną. Poniżej owej zewnętrznej powłoki leży druga o przybliżonej grubości 1700 km., złożona przeważnie z żelaza i niklu (Nife wedle nomenklatury Suessa), a najniżej z jeszcze cięższych metali złożone jądro. Niektórzy przypuszczają, że zewnętrzna powłoka (Sal) nie jest obecnie jednociągłą, lecz że pływa niejako na gęstszej Sima w podobny sposób, jak lód na wodzie (teorja Wegenera przesuwania się kontynentów).



Ryc. 2. Przekrój przez kulę ziemską.

Wiemy już, co jest przyczyną tak wysokiej temperatury wnętrza ziemi, bo tłumaczy nam to teorja Kanta i Laplace'a [1]). Jako część olbrzymiej mgławicy o nader wysokiej temperaturze, z której powstał cały system słoneczny, cała ziemia była w stanie ognisto gazowym; z biegiem czasu ostygała na powierzchni i utworzyła twardą skorupę, ale we wnętrzu zachowała jeszcze wysoką temperaturę, tem wyższą, im bliżej środka. Były usiłowania, aby na podstawie ostygania skorupy obliczyć czas, który upłynął od rozpoczęcia się tego procesu. Przeprowadził ten rachunek William Thomson, a za podstawę obliczeń wziął temperaturę, przy której rozpoczęło się tworzenie skorupy, przewodzenie ciepła przez skały i stopień geotermiczny. Przyjmując rozmaite liczby dla tych podstawowych danych, otrzymał on różne wyniki, gdyż czas, który upłynął od początku tworzenia się skorupy, nie miałby być większy jak 400 miljonów lat, a mniejszy jak 20 miljonów. Liczby te mają jednakowoż tylko względną wartość, gdyż nie są pewne podstawy rachunku,

[1]) Według niej powstał cały system słoneczny z mgławicy wirującej naokoło swej osi. Przez wzrost siły odśrodkowej odrywały się z niej w pasie równikowym pierścienie, które rozerwane utworzyły planety (teorja mgławicowa, albo nebularna).

a dane geologji historycznej, jak później poznamy, dowodzą stanowczo znacznie dłuższego okresu czasu. W nowszych czasach zwrócono uwagę po poznaniu radu i ciał radjotwórczych, że przez rozkład tych ciał przybywają ziemi znaczne ilości ciepła, które zwolniły proces oziębiania się ziemi, zwłaszcza że ilość radu, zawartego w skałach, nie jest bynajmniej zbyt małą.

Atmosfera. Powietrze otacza ziemię nakształt wydrążonego sferoidu, którego grubości dokładnie podać nie możemy; prawdopodobnie sięga do wysokości kilkuset kilometrów.

Jak wiemy, jest powietrze mieszaniną tlenu i azotu w stosunku objętościowym 1 : 4, nadto domieszana jest nieznaczna ilość innych gazów, pomiędzy któremi należą do najważniejszych bezwodnik węglowy, para wodna i argon. Prawdopodobnie skład powietrza ulega zmianom z wysokością, zmniejsza się mianowicie ilość azotu, a przybywa wodoru, którego nie zawierają niższe warstwy atmosfery. Wedle przypuszczeń rozpoczyna się na wysokości około 70 km. [1]) lekka atmosfera wodorowa, a ustaje ciężka azotowa.

Zawartość pary wodnej w powietrzu jest obecnie nieznaczną, dawniej była większa, gdyż prawdopodobnie wszystkie wody ziemi wzięły początek z pary wodnej, zawartej w atmosferze. Zarówno para wodna, jak bezwodnik węglowy przepuszczają promienie słoneczne, padające na ziemię, nie przepuszczając jednakowoż z powrotem odbitych, któreby przez promieniowanie ziemia utracić miała. Z tej też przyczyny zawartość tych gazów w powietrzu ma wybitny wpływ na temperaturę ziemi. Ilość bezwodnika węglowego w powietrzu jest nieznaczną (0·03%), ulega jednakowoż małym wahaniom. Chemik Arrhenius twierdził, że zwiększanie się zawartości jego musiałoby wpłynąć na wzrost temperatury, gdyż więcej promieni słonecznych dostałoby się do ziemi, więcej odbitych byłoby zatrzymanych. Obliczył on, że gdyby zawartość CO_2 w powietrzu wzrosła trzykrotnie, podwyższyłaby się temperatura w krajach podbiegunowych o 8 do 9°C, natomiast zmniejszenie się jej o połowę spowodowałoby spadek temperatury w naszej szerokości geograficznej o 4 do 5°C, coby spowodowało zlodowacenie.

Badania późniejsze wykazały jednakowoż niesłuszność tych poglądów. Wedle obliczeń innych autorów zmiana ilości CO_2 nie ma prawie żadnego wpływu na przepuszczanie promieni cieplnych, jedynie bardzo silny jego ubytek miałby wpływ nieznaczny.

Znaczenie powietrza jako geologicznego czynnika rozpatrzymy w innym rozdziale. Jest ono chemiczne, gdy tlen, para wodna i bez-

[1]) Po silnym wybuchu wulkanu na wyspie Krakatau koło Jawy w r. 1883 dochodził do tej wysokości najlżejszy popiół wulkaniczny, który wówczas dostał się do atmosfery w ogromnej ilości.

wodnik węglowy powietrza łączą się z minerałami skorupy ziemskiej, tworząc nowe związki, a także mechaniczne, gdy nierówno ogrzane powietrze zostanie w ruch wprawione.

Hidrosfera. Woda, która obecnie wypełnia zaklęsłości terenu, tworząc morza, była pierwotnie zapewne w atmosferze zawartą, chociaż wedle zapatrywania wiedeńskiego geologa Suessa znaczne ilości wody pochodzą z głębi ziemi, dostając się w powietrze podczas wybuchów wulkanicznych jako para wodna, lub też wypływając jako źródła gorące. Te podczas krzepnienia pirosfery z niej oswobodzone i z głębi ziemi wydobywające się wody nazwał Suess młodocianemi (juvenil) w odróżnieniu od powierzchownych wód opadów atmosferycznych (vados) [1]. Jakkolwiek otrzymuje ziemia tą drogą nowe ilości wód, to przecież przez chemiczne związki z minerałami zostaje zabraną wcale znaczna ich część, a w rezultacie, wedle niektórych zapatrywań, maleje w ten sposób ustawicznie ilość wody, zawartej w hidrosferze.

Morza zajmują znacznie większe obszary powierzchni ziemi, jak lądy stałe, gdyż $^5/_8$ całej powierzchni kuli ziemskiej. Pierwsze są nagromadzone przeważnie na półkuli południowej, podczas gdy ostatnie wybitnie przeważają na północnej.

Ze względu na znaczny zasób soli mineralnych jest woda mórz gęstszą od rzecznej. Jakkolwiek ilość soli wynosi w morzach przeciętnie 3·5%, to przecież ulega nawet dosyć znacznym wahaniom. Morza zamknięte, leżące w klimacie suchym, które tracą więcej wody przez parowanie, niż wynosi przybytek przez rzeki, mają większą zawartość soli, np. morze Śródziemne do 4% (koło Korsyki i Sardynji 3·7—3·8%, między Cyprem a morzem Syryjskiem 3·9—3·95%), a morze Czerwone nawet ponad 4%. Naodwrót morza zamknięte, których parowanie jest słabe, a ilość wody przynoszonej rzekami znaczna, mają mniejszy procent soli, np. morze Czarne 1·8, Azowskie 1·2, a Bałtyk w Wielkim Bełcie 1·27%, ale zasolenie maleje ku wschodowi, gdyż wynosi koło Rugji 0·7—0·8%, a koło Kronstadtu tylko 0·2%. Morza o mniejszej zawartości soli jak normalna, nazywają p ó ł s ł o n e m i. Przeciętny skład chemiczny wody morskiej jest następujący:

NaCl	78·32%	$MgSO_4$	6·4%
KCl	1·69%	$CaSO_4$	3·94%
$MgCl_2$	9·44%		

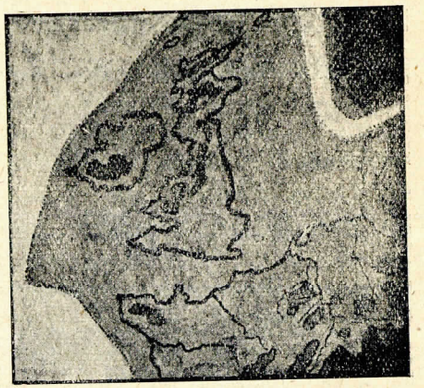
Uderzającym jest brak węglanu wapniowego, chociaż wody rzek przynoszą znaczne ilości tego związku, przyczyną zaś jest zużywanie przez zwierzęta (mięczaki, korale, otwornice) i przez rośliny (glony), które z węglanu wapniowego budują twarde części swych ciał.

[1] Nazwa z języka łacińskiego — vadosus płytki.

Oprócz soli jednakowoż wody morskie mają także rozpuszczone gazy, zwłaszcza bezwodnik węglowy i tlen. Pierwszego z nich jest więcej w wodach zimnych, niż ciepłych, a ilość jego jest znaczną, gdyż 27 razy większą od zawartego w atmosferze.

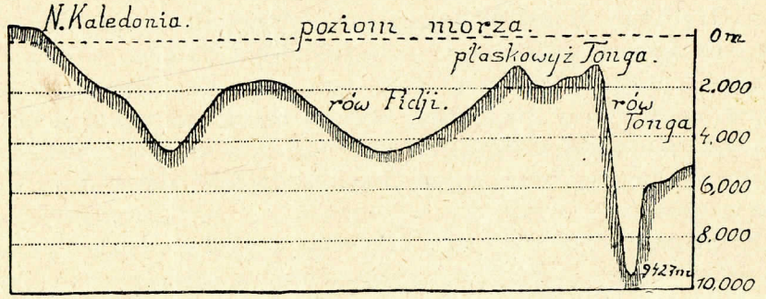
Temperatura wody oceanów jest różną, zależnie od szerokości geograficznej, ale tylko wierzchnich warstw. W wielkich głębinach jest mniejszą niż 4°C, a w największych dochodzi nawet 2°C; zimne wody pochodzą z oceanów lodowatych, zwłaszcza z antarktycznego, który komunikuje łatwo z wszystkiemi oceanami. Jednostajna temperatura największych głębin wszystkich oceanów sprawia, że bez względu na szerokość geograficzną zamieszkuje je jednostajna fauna.

Zauważyć należy, że dzisiejszy rozkład lądów i mórz nie jest stałym, gdyż w różnych czasach były, jak później poznamy, inne morza i kontynenty. Obecna linja brzegowa nie zawsze odpowiada brzegom właściwych kontynentów. Nieraz wywoła przeto nieznaczne podniesienie się lądu zupełnie inny rozkład mórz, o czem można się łatwo przekonać, rozpatrując np. załączoną mapkę mórz (ryc. 3). Wystarczyłoby tam podniesienie się dna morskiego o mniej więcej 50 m., aby Anglja z Irlandją i Francją połączyła się w jeden ląd, oddzielony wąską cieśniną od Norwegji.



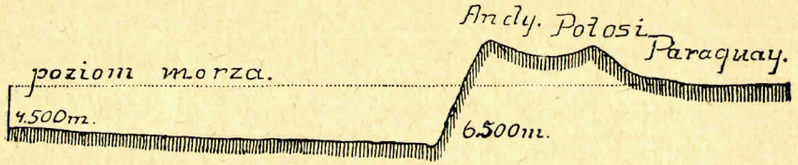
Ryc. 3. Cokół łączący Anglję i Irlandję z kontynentem. (Z Kaysera).

Przedstawiano sobie kiedyś morza jako nieckowate zaklęsłości, najpłytsze po brzegach, a najgłębsze w środku. Obecnie wiemy na podstawie licznych sondowań, wykonanych podczas zakładania podmorskich



Ryc. 4. Profil dna oceanu Spokojnego między Nową Kaledonją a wyspami Tonga. (Z Lapparenta).

kabli i podczas osobnych wypraw naukowych, że jest inaczej. Dno mórz, podobnie jak powierzchnia lądów, okazuje liczne nierówności, gdzie niegdzie wznoszą się całe podmorskie wyżyny, albo progi, gdzie indziej opada morze w głębokie kotliny, albo w głębokie rowy, ciągnące się setkami kilometrów (ryc. 4 i 5). Na dnie rowów mierzono największe głębie mórz, nieco większe od najwyższych wzniesień. W rowie Filipinów leży największa znana głębia 9788 m. koło wyspy Mindanao, w ro-



Ryc. 5. **Profil przez Andy** wzdłuż 20 równoleżnika południowej szerokości. (Z Lapparenta).

wie Marjanów głębia Nero [1]) (9636 m.), w rowie Tuscarory na wschód od wysp Japonji są głębie powyżej 8500 m., a na wschód od wysp Tonga koło Australji znaleziono w cieśninie Kermandek dochodzącą 9427 m. Największe głębie mórz nie leżą w ich środku, lecz w pobliżu lądów. Klasycznym przykładem jest rów Atakama na oceanie Spokojnym u wybrzeży Chile, który jest do 7600 m. głęboki, podczas gdy na pobliskim lądzie są wzniesienia dochodzące 6000 m., różnice wysokości dochodzą tu więc 14000 m.

W ogólności objętość obszarów kontynentalnych jest znacznie mniejsza od objętości mórz. Jeżelibyśmy wzięli do pomocy liczby, otrzymalibyśmy dla lądów 104 miljony kilometrów sześciennych, dla mórz zaś 1330 miljonów. Gdybyśmy więc lądy z ich górami zdołali pogrążyć w oceanach, wypełniłyby one zaledwie $^1/_{13}$ ich objętości. Przy tych wszystkich rozpatrywaniach należy pamiętać o tem, że w porównaniu do wymiarów ziemi są najwyższe góry i największe głębie oceanów nader małe. Dla lepszego uzmysłowienia powtórzymy porównanie J. Walthera: „Gdybyśmy sporządzili globus, na którym mila geograficzna odpowiada milimetrowi, miałaby ta kula średnicę 1720 mm., a więc równą wysokości dorosłego człowieka. Na tym globusie byłby Gaurisankar zaledwie nieco wyższy niż 1 mm., również największa znana głębia morska, a przeciętna głębokość mórz (3440 m.) odpowiadałaby połowie milimetra. Oceany są więc w porównaniu do całej ziemi jej tylko cieniutką powłoką".

Rozpatrując wzajemny stosunek mórz i lądów, tudzież wzniesień, znajdujemy morza, których brzegom towarzyszą pasma górskie, tworząc niejako ich obramowanie. Za przykład może służyć ocean Spokojny, u któ-

[1]) Od nazwy amerykańskiego okrętu Nero, który ją odkrył.

rego wschodnich i zachodnich brzegów ciągną się potężne łańcuchy górskie; Suess nazwał ten typ **pacyficznym**, a przedstawiają go także do pewnego stopnia brzegi morza Śródziemnego. Innych mórz nie okalają góry, przeciwnie przebieg pasm górskich i brzegów morza nie okazuje żadnych analogij, jest to typ **atlantycki** Suessa, nazwany tak, ponieważ ocean Atlantycki jest jego typowym przykładem.

Wiek ziemi. Wiemy już, że upłynęły znaczne okresy czasu od wytworzenia się twardej skorupy na planecie, którą zamieszkujemy. Dzieje jej od tej chwili kreśli geologja, podczas gdy poprzednie są zadaniem astronomji. Usiłowano poznać bezwzględny wiek ziemi (w latach), jednakowoż wszelkie rachuby zawodziły.

Mówiliśmy już poprzednio (str. 9) o obliczeniach lorda Kelwina, jego wyniki wahają się jednakowoż w zbyt wielkich granicach (20—400 miljonów lat), a przecież, jak poznaliśmy, nie są pewne.

Inni usiłowali obliczyć wiek ziemi z zasolenia mórz, chociaż niepewnem było ich założenie, że pierwotnie była słodką woda oceanów, a dopiero z biegiem czasu uległa zasoleniu, ponieważ rzeki przynosiły do nich sole z lądów wypłókane. Otrzymał tą drogą Romer [1]) liczbę 158 miljonów lat.

Z grubości skał osadowych usiłowano wnioskować również, uwzględniając grubość skał osadowych, wytworzonych we wszystkich okresach geologicznych i przyjmując pewną grubość osadu rocznie składanego; w ten sposób otrzymał Penck 135—187 miljonów lat jako wiek ziemi. Ze względu na niesłuszne założenie, iż sedymentacja, czyli tworzenie się osadów przez cały czas trwania ziemi, miałaby się zawsze odbywać prawidłowo i ponieważ miąższość wszystkich skał osadowych od czasu obliczeń Pencka przez nowe odkrycia okazała się znacznie większą, są też i wyniki jego rachunku mało pewne.

Inne próby nie dały także lepszych rezultatów, gdyż okazało się, że wogóle nie możemy nawet w przybliżeniu poznać bezwzględnego wieku warstw, lecz że musimy zadowolić się względnym wiekiem, czyli poznaniem, które warstwy są starsze, a które młodsze.

W danej okolicy nietrudno odróżnić starsze skały od młodszych, gdyż pierwsze leżą niżej od ostatnich. Inaczej będzie jednakowoż, jeżeli porównywamy warstwy z różnych okolic, np. dewońskie wapienie (marmury) gór Świętokrzyskich, z wapieniami jurajskiemi okolic Krakowa, lub z t. zw. litotamniowemi wapieniami Podola. W skałach, które są osadem wodnym, znajdujemy prawie zawsze resztki twardych części zwierząt, jak szkielety kręgowców, skorupy mięczaków, szkielety korali, gąbek i t. p. czyli **skamieliny**. Poznano z biegiem czasu, że warstwy wyższe, a więc młodsze mają inne skamieliny, niż niższe, starsze

[1]) E. Romer: O wieku ziemi. Lwów 1900. Czasop. Kosmos t. 25 str. 36—51.

i że w równoczasowych warstwach różnych okolic świata znajdują się często te same skamieliny, które jako skamieliny przewodnie służyć mogą do oznaczania wieku warstw. W wapieniach dewońskich okolicy Kielc znajdziemy inne skamieliny, niż w wapieniach jurajskich Krakowa, zupełnie odmienne w wapieniach litotamniowych Podola, a paleontologja[1]), czyli nauka o skamielinach, pouczy nas, że skamieliny dewońskie są resztkami zwierząt, które żyły wcześniej, niż jurajskie i że te są starsze od znajdowanych w wapieniach litotamniowych.

Przyczyną tego, że w różnych okresach czasu żyły różne zwierzęta, jest powolny rozwój, czyli ewolucja jestestw żyjących. Jak wykazał Darwin, doskonalił się zwolna świat organiczny, wskutek czego z form niepozornych, o nader prostej budowie, powstał zwolna obecny, tak urozmaicony świat roślin i zwierząt.

Jak historja dzieli dzieje ludzkości na ery i okresy dla łatwiejszego przedstawienia całości, tak też dzieli geologja dzieje ziemi. Głównemi działami są ery; dzielimy je na perjody, te na epoki, zwane także formacjami, względnie na mniejsze jeszcze poddziały. Podajemy poniżej schemat podziału[2]), szczegółowem omówieniem dziejów ziemi zajmie się geologja historyczna.

Era	Perjod	
V Kenozoiczna	czwartorzędowy	aluwjum pleistocen, albo dyluwjum
	trzeciorzędowy	
IV Mezozoiczna	kredowy	
	jurajski	
	triasowy	
III Paleozoiczna	permski	
	węglowy	
	dewoński	
	sylurski	
	kambryjski	
II Algonkjańska albo eozoiczna[3])		
I Archaiczna.		

[1]) Nazwa z języka greckiego—palaios stary, on będący, logos nauka.
[2]) Najstarszą jest archaiczna; szczegółowy podział poznamy później.
[3]) Nazwy z języka greckiego—kainos nowy, mezos środkowy, palaios dawny, eos jutrzenka i zoon zwierzę.

TEKTONIKA SKAŁ.

NIEKTÓRE WIADOMOŚCI O SKAŁACH.

Skorupę ziemi tworzą skały, które składają się z minerałów. Czasem tworzy skałę jeden tylko minerał np. wapień, gips, lub sól kamienna (skały jednorodne), zwyczajnie jednakowoż składa się skała z osobników różnych minerałów, złączonych w jedną całość (skały złożone); granit jest np. skałą złożoną, ponieważ składa się z ziarn kwarcu, skalenia i łyszczyku, rozmieszczonych obok siebie.

Dzielimy skały ze względu na powstanie na wybuchowe, czyli masowe i na osadowe; pośrednie miejsce zajmują łupki krystaliczne, zwane także skałami metamorficznemi. Skały wybuchowe nie są warstwowane, nie zawierają nigdy skamielin, ponieważ powstały przez zastygnięcie gorącej magmy, t. j. masy, tworzącej pirosferę. Skały osadowe są zwykle dobrze warstwowane, zawierają resztki dawniej żyjących zwierząt i roślin, natomiast łupki krystaliczne zajmują pośrednie miejsce, gdyż są pozornie warstwowane, chociaż zwyczajnie jest ta budowa wtórnego pochodzenia, skamielin nie zawierają, a powstanie ich jest rozmaite, gdyż częściowo są to przeobrażone skały wybuchowe, częściowo najstarsze skały osadowe.

Skały wybuchowe. Jedne z nich są magmą zaskrzepłą na powierzchni, lub bliżej powierzchni i te są zwykle młodszego wieku, niż zastygłe w głębi ziemi; pierwsze nazywamy wulkanicznemi, także wylewnemi (effuzywnemi), drugie zaś plutonicznemi.

Budowa tych skał jest rozmaita; plutoniczne są przeważnie budowy ziarnistej, składniki ich bowiem tworzą ziarna rozmieszczone obok siebie, które wolnem okiem wyróżnić można. Powstała ona przez powolne stygnięcie magmy w głębszych częściach litosfery, a więc znajdującej się pod znacznem ciśnieniem. Skały wulkaniczne są budowy porfirowej, krystalicznej, lub szklistej. W pierwszym wypadku można wyróżnić gęstą, jednostajną, zasadniczą masę[1]) (ciasto skalne), w której tkwią większe, wolnem okiem dostrzegalne, ziarna mineralne (osobniki porfirowe), u skał budowy zbitej (skrytokrystalicznej) widzimy dopiero

[1]) Składa się z tych samych minerałów, które są osobnikami porfirowemi.

Miejska ... w B... Biblioteka

pod mikroskopem drobne ziarna minerałów rozmieszczone obok siebie. Budowę porfirową przybrały skały powstałe z magmy szybciej stygnącej, znajdującej się pod nieco mniejszem ciśnieniem, a więc w wyższych partjach litosfery, w której już były zawarte większe kryształy wyniesione z głębi ziemi. Przy bardzo szybkiem krzepnięciu na powierzchni ziemi wytworzyły się skały o budowie szklistej, czyli szkliwa wulkaniczne, np. obsydjan. Jedne ze skał wybuchowych zawierają więcej krzemionki (60—80%), nazywamy je kwaśnemi, inne zaś mniej (45—60%), a te mają zasadowy charakter.

Najważniejsze skały wybuchowe możemy zestawić w następującej tabeli [1]), w której stojące w jednym poziomym rzędzie mają od lewej strony ku prawej coraz mniejszą ilość krzemionki, a więc coraz bardziej

skały wulkaniczne	młodsze	trachit kwarcowy	trachit bezkwarcowy	andezyt	bazalt
	starsze	porfir kwarcowy	porfir bezkwarcowy	porfiryt	diabaz melafir
skały plutoniczne		granit	sienit	dioryt	gabbro

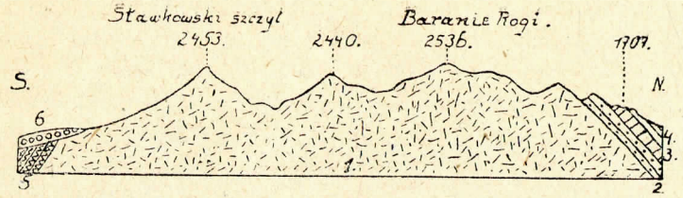
zasadowy charakter, stojące zaś w tym samym pionowym rzędzie — ten sam skład mineralogiczny. Skały wulkaniczne starsze wytworzyły się przed trzeciorzędem, młodsze zaś w trzeciorzędzie, lub jeszcze później.

Skałami zajmuje się petrografja, naszem zadaniem będzie tylko poznanie ich ułożenia, czyli tektoniki. Dodamy, że określenie skały nie jest rzeczą łatwą, ponieważ ich podział oparty jest nie tylko na mineralogicznym składzie, lecz także na strukturze i wieku geologicznym, dlatego też nie wystarcza jedynie makroskopowe badanie, lecz należy także wykonać analizę chemiczną skały i zbadać ją mikroskopowo. W tym celu otrzymuje się przez polerowanie nader cienką płytkę skały, czyli t. zw. szlif, którą badamy pod mikroskopem zarówno w świetle zwyczajnem, jak też w spolaryzowanem.

W odróżnieniu od skał osadowych nie znajdują się nigdy, jak już wiemy, skały wybuchowe w warstwach, lecz w innych kształtach, które rozpatrzymy obecnie.

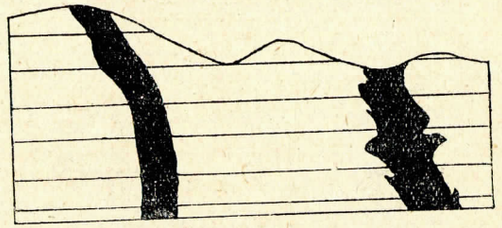
Skała tworzy pień, jeżeli jej wymiary są we wszystkich kierunkach mniej więcej jednakowe (ryc. 6). Zwyczajnie rozszerzają się pnie w głąb, nie znamy więc ich podstawy, a takie, zwane batolitami, odpowiadają rozległym wybuchom lawy zastygłej w głębi ziemi; omawiając zjawiska wulkaniczne, zwrócimy jeszcze na nie uwagę. Pnie tworzą naj

[1]) Z geologji Kaysera.



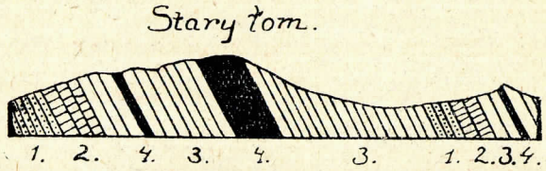
Ryc. 6. **Trzon granitowy Tatr** wedle Uhliga. 1—granit, 2—perm, 3—trias, 4—jura, 5—oligocen, 6—żwiry morenowe

starsze skały wybuchowe, jak granity, np. w Bretanji, Harcu, a zapewne także w trzonach krystalicznych gór pasmowych (Alpy, Karpaty).

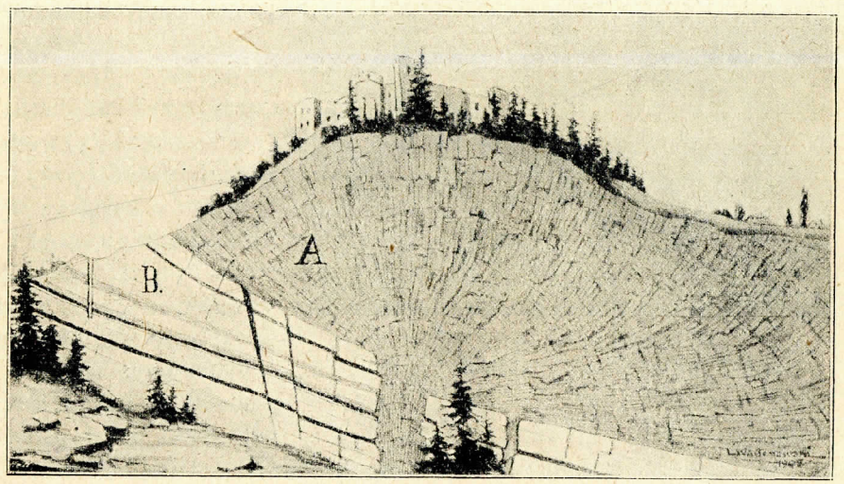


Ryc. 7. **Żyły w skale osadowej.**

Żyła (ryc. 7) wypełnia szczeliny zarówno wśród skał osadowych, jak też wybuchowych, które przerzyna niezgodnie z ich kierunkiem. Wobec tego ma kształt taki jak szczelina, a więc, przy nieznacznej grubości, długość i szerokość znaczną. Nieraz rozdziela się na pochodne,



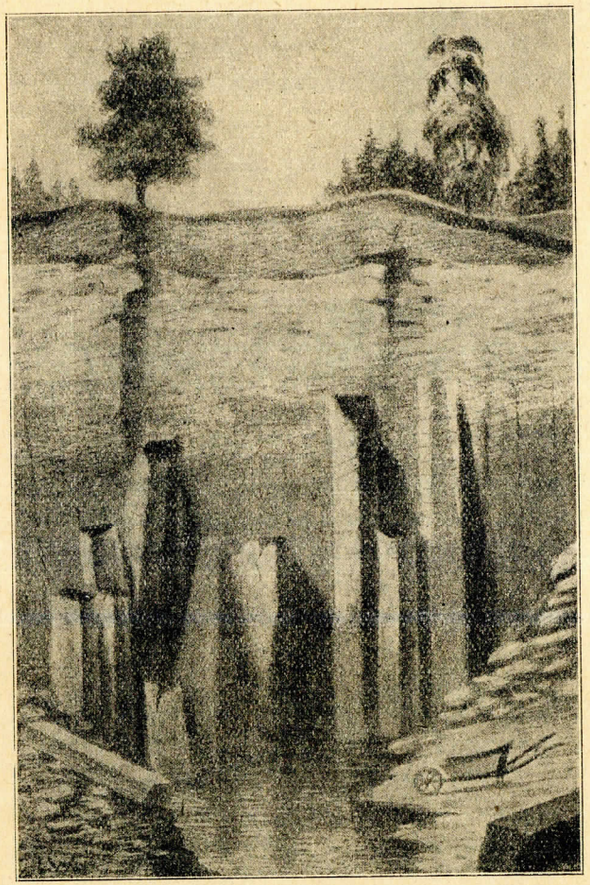
Ryc. 8. **Żyły pokładowe cieszynitu** w Boguszowicach k. Cieszyna wedle Uhliga. 1—dolny łupek cieszyński, 2—wapień cieszyński, 3—górny łupek cieszyński, 4—cieszynity.



Ryc. 9. **Odkrywka diabazu w Tenczynku.** A — diabaz, B — warstwy systemu węglowego. (Wedle Bartoneca z «Zarysu geologji», autora).

a zawsze jest młodszą od warstw, przez które przechodzi. Jeżeli żyła biegnie między warstwami, nie przecinając ich, mówimy o żyłach pokładowych (ryc. 8). Powstały one zapewne z tej przyczyny, iż magma wcisnęła się między warstwy, nie znajdując w tym kierunku większego oporu. Nieraz przechodzi żyła pokładowa w żyłę zwyczajną.

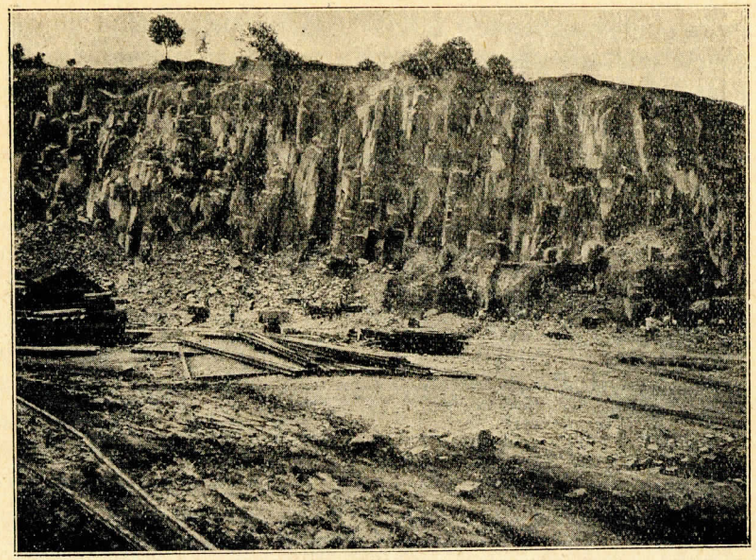
Wydobywająca się żyłą lawa zastyga na powierzchni, tworząc masy rozszerzające się ku górze nakształt dzwonu, zowiemy je kopułami (rys. 9). Wypływająca z wulkanu tworzy strumienie nieznacznej szerokości, albo powały, jeżeli są nader rozległe.



Ryc. 10. Bazalt w Berestowcu koło Równa na Wołyniu. (Z podr. Wiśniowskiego).

U skał masowych występują często pewne płaszczyzny spękań, które rozdzielają je na części, powodując u nich zjawisko, zwane oddzielnością. Kurczenie się magmy podczas stygnięcia, a nadto nacisk sił górotwórczych jest jego przyczyną.

Jeżeli skała rozpada się na części wzdłuż równoległych do siebie płaszczyzn, mówimy o oddzielności płytowej, np. u fonolitów częstej; jeżeli płyty są znacznej grubości—o oddzielności bryłowej. Liczniejsze, krzyżujące się płaszczyzny spękań powodują oddzielność słupową, częstą np. u bazaltów (ryc. 10), także u porfirów (ryc. 11); płaszczyzny słupów są prostopadłe do powierzchni stygnącej magmy. Jeżeli oddzielność występuje w 3 do siebie prostopadłych kierunkach, skała rozpada się na szereg brył wielościennych. Rzadszą jest oddzielność kulista, znana np. u diabazu, granitu, widoczna zwłaszcza u zwietrzałych skał.



Ryc. 11. Łom porfiru w Miękini koło Krakowa. (Wedle fotografji autora).

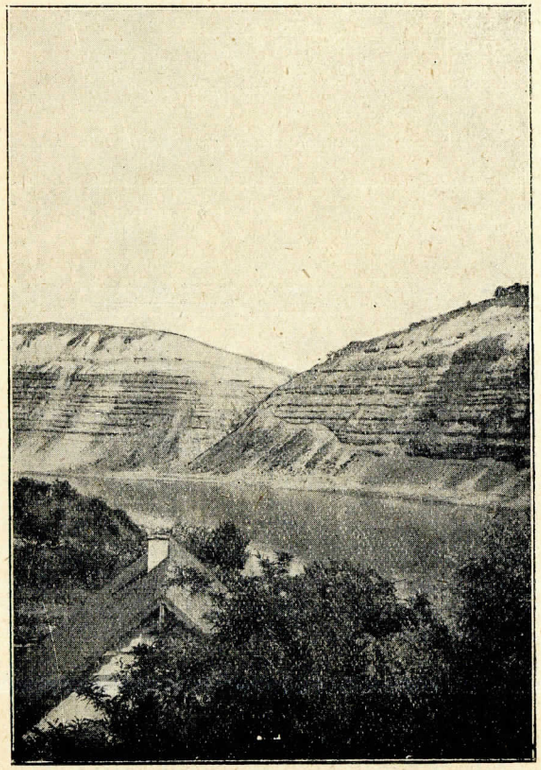
Skały metamorficzne. Skały tu zaliczane pojmowano w rozmaity sposób, a dopiero nowsze badania wyjaśniły nieco ich powstanie. Tworzą one przeważnie najstarsze skały skorupy ziemi, znane pod nazwą skał archaicznych; budowy ziarnistej lub zbitej, przy równoległem ułożeniu składników, odznaczają się pozornem warstwowaniem, które raczej odpowiada oddzielności łupkowej.

Skały metamorficzne tworzą często środkowe partje młodszych gór pasmowych, jak Alp, Pirenejów, Karpat w ich centrach krystalicznych (Tatry, góry Marmaroszy). Ponieważ leżą najgłębiej pod niewątpliwemi skałami osadowemi, przeto odpowiadają częściowo najstarszym skałom osadowym, zmienionym przez działanie silnego nacisku i wysokiej temperatury. Niektóre z nich (gnejs) uważano za resztki pierwotnej skorupy ziemi, chociaż zapewne niesłusznie.

Najczęstsza ze skał metamorficznych gnejs składa się z tych samych składników, jak granit. Jedne (ortognejsy) są zapewne zmetamorfizowaną skałą wybuchową, na co wskazuje brak cząstek węgla i zjawiska kontaktowe przy zetknięciu się z właściwemi skałami osadowemi, a także liczne przejścia między gnejsem i granitem, inne zaś (paragnejsy) są zapewne zmienioną skałą osadową. Z innych skał metamorficznych należą do częstszych łupki łyszczykowe i fyllity, składające się z kwarcu i łyszczyku, lecz podczas gdy w pierwszych składniki wolnem okiem wyróżnić można, fyllity są drobnoziarnistej budowy.

Skały osadowe charakteryzują się budową warstwową, materjałem ich są przeważnie rozkruszone resztki skał wybuchowych i innych, osady chemiczne wód, lub resztki zwierzęce, względnie roślinne. Większa ich część powstała pod wodą z materjału, który przygotowała erozja rzeczna, lub morska. Jeżeli oddzielimy skały, które są osadem chemicznym (np. gips, sól kamienna) i będące organicznego pochodzenia (węgiel, nafta, przeważna część wapieni), możemy wyróżnić ze względu na skład mineralogiczny:

1) skały kwarcowe, znane w stanie luźnym jako żwiry i piaski. Spojone substancją mineralną, zwaną lepiszczem, lub spoiwem, zaokrąglone ziarna żwirów tworzą zlepieńce, ostrokrawędziste zaś konglomeraty, albo brekcje. W ten sam sposób powstają z piasków piaskowce, najczęstsze skały osadowe, zależnie od materjału spoiwa (krzemionka, wapień, ił) zwięźlejsze, lub mało spójne; nader zwięzłe piaskowce o krzemionkowem lepiszczu nazywamy kwarcytami. Rozróżniamy piaskowce wedle wieku, np. dewońskie, trzeciorzędowe, wedle miejscowości np. szydłowiecki, karpacki, trembowelski, wedle wielkości ziarn jako grubo i drobnoziarniste i t. p.



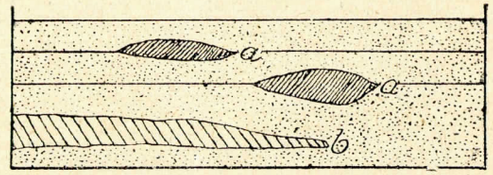
Ryc. 21. **Poziome warstwy sylurskie, dewońskie i młodsze nad Dniestrem koło Zaleszczyk.** (Wedle fotografji autora).

2) skały iłowe o budowie ziemistej, których głównym składnikiem jest kaolin. Zwyczajne iły zawierają małą ilość kaolinu, a znaczną różnych domieszek, zwłaszcza piasku i limonitu (glina), także wapienia (margiel). Zwięźlejszemi i o wyraźnej budowie łupkowej są iły łupkowe i łupki iłowe.

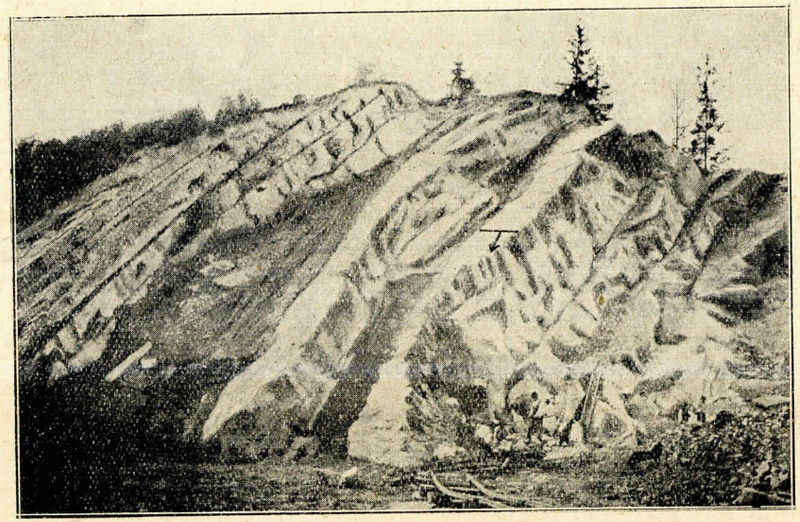
Warstwowanie. Prawie wszystkie skały osadowe ułożone są warstwami (rys. 12), a wyjątkowo tylko brak u nich warstwowania, np. u gliny nawianej, niektórych gipsów, lub wapieni koralowych.

Przyczyną powstawania warstw jest zmiana w jakości osadu, gdyż wyjątkowo tylko tworzą się przez dłuższy czas tak dalece jednolite osady, aby warstwowanie w nich wystąpić nie mogło. Wśród warstw nad sobą leżących wyróżniamy niższe jako spąg od wyżej leżących nadkładowych, czyli od ich stropu. Grubość warstwy nazywamy jej miąższością, a bywa ona rozmaita, np. kilkumilimetrową u liściastych łupków menilitowych, a kilkumetrową u również karpackiego gruboławicowego piaskowca jamneńskiego.

Warstwy rozprzestrzeniają się na pewnej, mniejszej, lub większej przestrzeni, a potem maleje ich grubość i nikną, czyli wykliniają się (ryc. 13). Jeżeli osad tworzy się u brzegu morza, jest rozprzestrzenienie jego wzdłuż brzegu znaczne, ale małe w głąb morza, z oddaleniem od brzegu maleje też miąższość pokładów. Osady powstające u ujścia rzek rozprzestrzeniają się wachlarzowo (stożki nasypowe), a miąższość ich maleje z oddaleniem od brzegu. Nieraz warstwa ma tak nieznaczne rozprzestrzenienie się we wszystkich kierunkach, że wyklinia się szybko, a wtedy mówimy, że ma kształt soczewki (ryc. 13).

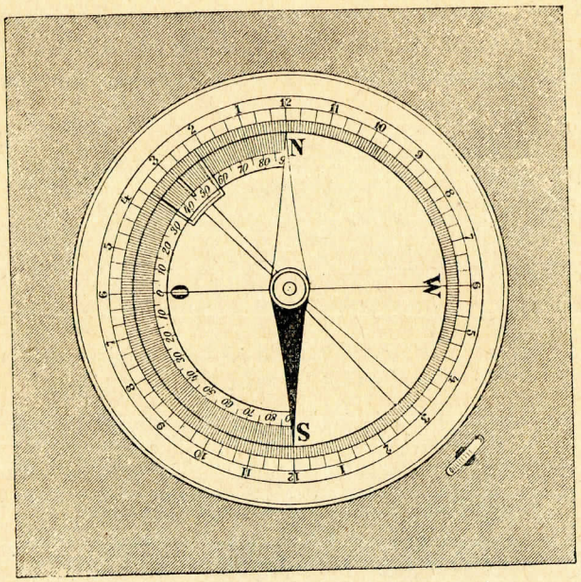


Ryc. 13. **Soczewki** (a) **i wykliniająca się warstwa iłu** (b) **wśród warstw piasku.**

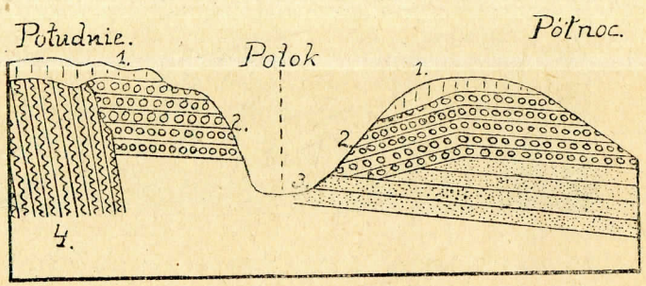


Ryc. 14. **Nachylone warstwy piaskowca ciężkowickiego w Kamionce koło Nowego Sącza,** linja pozioma oznacza bieg, strzałka—nachylenie warstw. (Wedle fotografji autora).

Pierwotnie miały osady ułożenie poziome, a zachowało się ono czasem nawet u bardzo starych utworów, np. u sylurskich Podola (ryc. 12), u których w odkrywce nachylenia stwierdzić nie możemy. Częściej są jednakowoż warstwy nachylone, a wtedy wyróżniamy ich bieg (kierunek) i nachylenie (ryc. 14). Kierunek oznacza nam linja, którą tworzy powierzchnia warstwy z płaszczyzną poziomą, a nachylenie prostopadła do kierunku na warstwie leżąca. W geologicznych opisach podajemy kierunek warstw ze względu na strony świata np. NW – SE, a także jej nachylenie np. ku SW i kąt nachylenia. W tym celu używamy kompasu górniczego (ryc. 15), który tem się różni od zwyczajnego, że, oprócz podziałki w stopniach, ma obwód koła podzielony na 24 części (godziny górnicze[1]), a oznaczenie wschodu i zachodu przeciwne, niż u zwyczajnych kompasów, co umożliwia odczytanie wprost kierunku warstw. W tym celu przykładamy kompas poziomo ustawiony równolegle do warstwy w ten sposób, aby linja



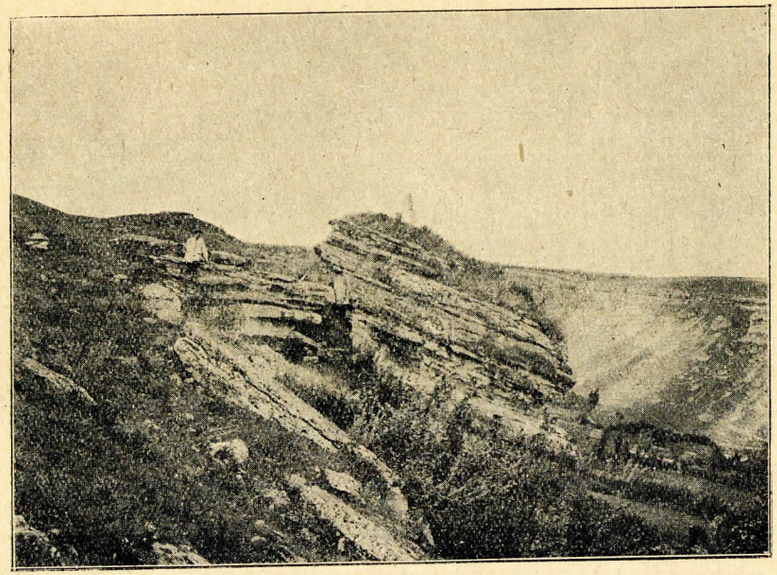
Ryc. 15. **Kompas górniczy** z klinometrem. (Z Neumayra).



Ryc. 16. **Przekrój przez Niechobrz koło Rzeszowa.** 1 – glina nawiana, 2—wapień litotamniowy, 3—piaski, 4—łupki menilitowe, 2 i 3—miocen, 4—oligocen; wapienie na poł. zboczu góry obalone.

[1]) Godzina górnicza (hora) odpowiada 15° obwodu koła. Zwykle używamy kompasu z podwójną podziałką na 12 godzin, a więc każde półkole jest podzielone na 12 części, jak na załączonej rycinie.

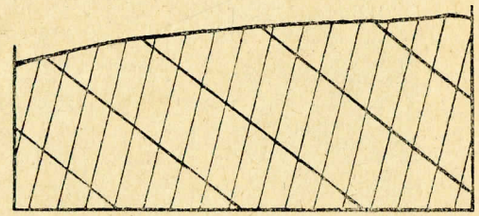
łącząca północ i południe podziałki kompasu była równoległą do kierunku warstwy, a wtedy igła podaje nam wprost kierunek np. NW—SE, co odpowiada 9 godzinie górniczej. Do mierzenia kąta nachylenia służy klinometr do kompasu dodany. Na mapach geologicznych podają nam



Ryc. 17. **Obalone warstwy cenomańskiego piaskowca w Bedrykowcach koło Zaleszczyk.** (Wedle fotografji autora).

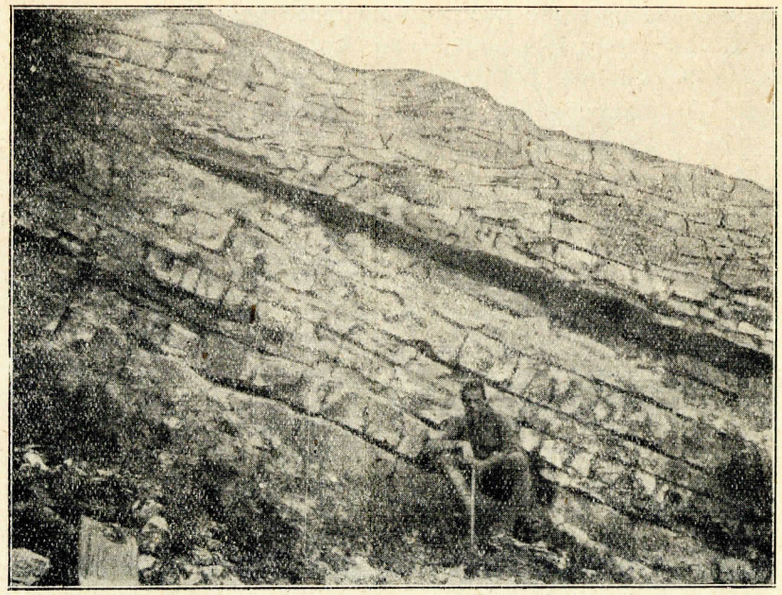
umieszczone znaki bieg i nachylenie warstw, np. znak wskazuje warstwy o biegu NW—SE, a nachylone ku SW.

Tam, gdzie warstwy wychodzą na powierzchnię, czyli w odkrywkach, nie zawsze mają istotny bieg i nachylenie, gdyż nieraz są wyruszone z pierwotnego położenia. Szczególnie w parowach są za działaniem ciężkości często ku nim nachylone, mają więc inne nachylenie, niż właściwe (ryc. 16 i 17).

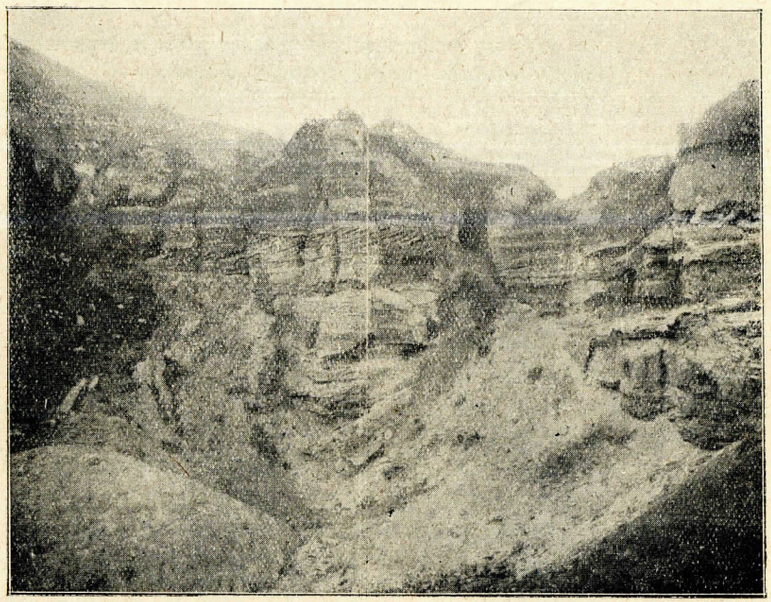


Ryc. 18. **Spękanie poprzeczne warstw skalnych.**

Nieraz obserwujemy u skał osadowych oprócz właściwego warstwowania także rozpadanie się na płyty o powierzchniach niezgodnych z płaszczyznami warstw. Zwyczajnie jest to pozorne warstwowanie wywołane przez nacisk sił górotwórczych (diaklazy, clivage, rycina 18 i 19).



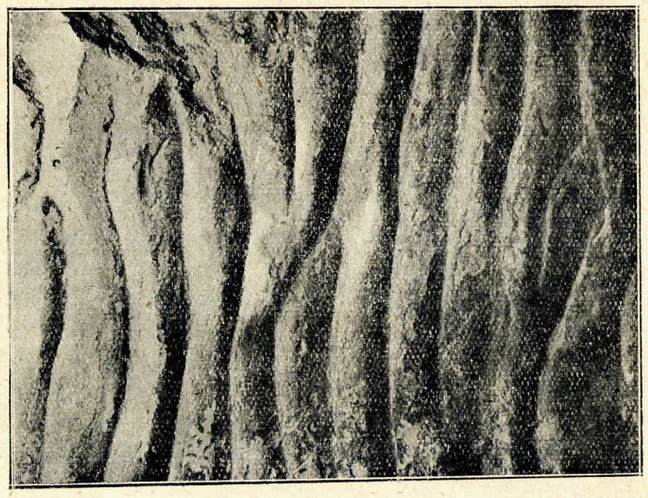
Ryc. 19. **Spękanie nachylonych warstw wapienia jurajskiego w Korytnicy.** (Wedle fotografji autora).



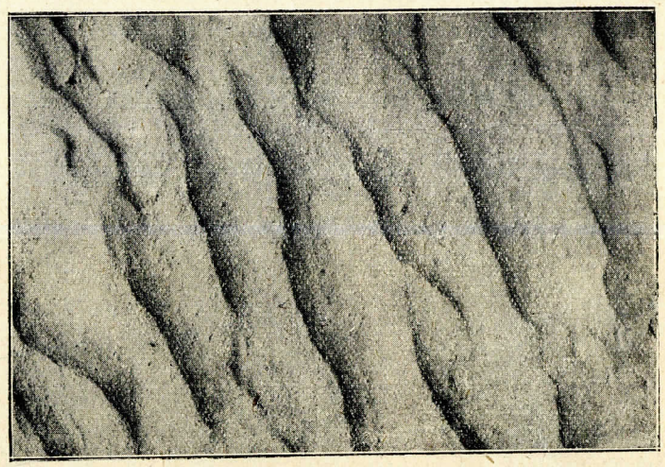
Ryc. 20. **Warstwowanie poprzeczne piasków sarmackich w Dwikozach koło Sandomierza.** (Wedle fotografji autora).

Normalnie biegną warstwy równolegle do siebie, zdarza się jednakowoż, że przebiegają bezładnie, krzyżując się ze sobą, co można obserwować zwłaszcza u osadów rzek szybko płynących, także morskich przybrzeżnych (rycina 20), również na piaskach wydm, dlatego też niektórzy geologowie (Walther) uważają bezładne warstwowanie za cechę utworów pustynnych.

Zwyczajnie powierzchnia warstw jest gładką, czasem skorupowato powyginaną, a zdarzają się także faliste zmarszczenia, czyli pręgi faliste (ripplemarks), częste u piaskowców karpackich (ryc. 21). Tworzą się one na piaszczystem dnie mórz w nieznacznej głębokości (do 50 m.), a spowodowane są drgającym ruchem falującej wody, a także na piaskach pod wpływem wiatru (ryc. 22).

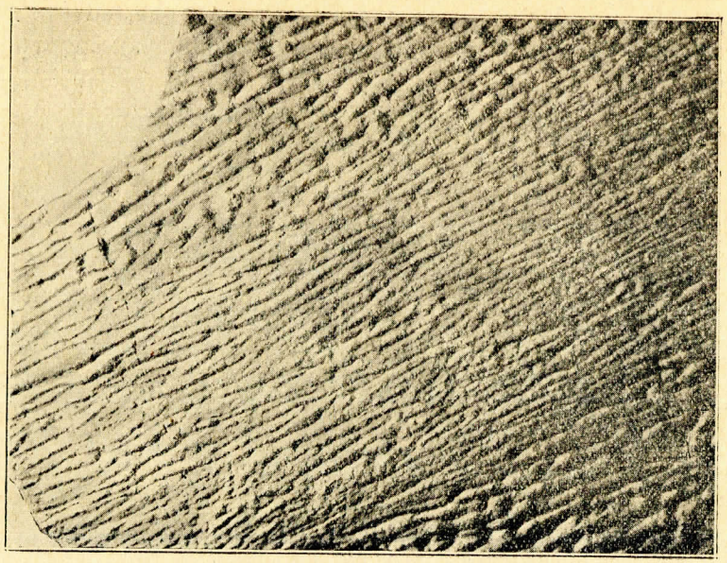


Ryc. 21. **Pręgi faliste** na płycie piaskowca karpackiego. Warstwy dobrotowskie. Okolica Nadwórnej. (Z Zubera).

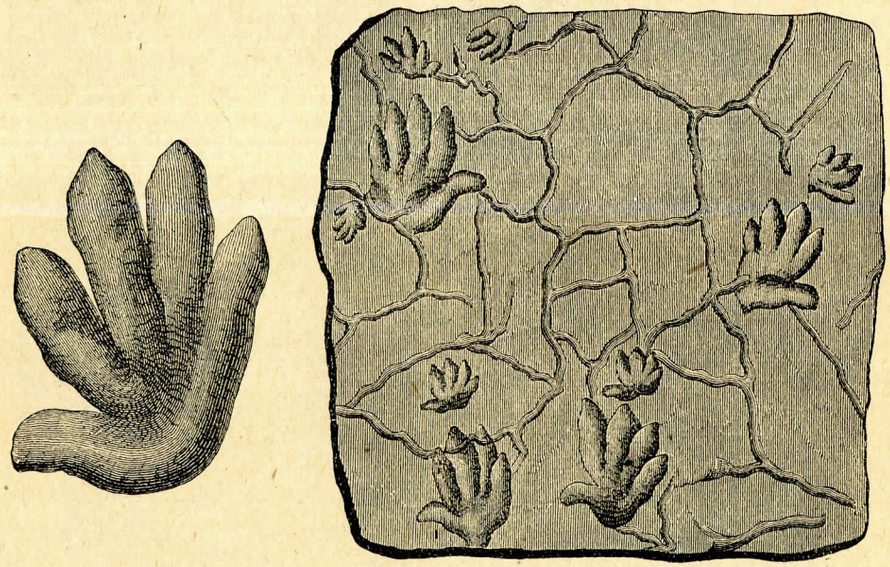


Ryc. 22. **Pręgi faliste** na piasku. Karaczynów koło Lwowa. (Wedle fotografji autora).

Nierówną powierzchnię warstw powodują nadto rowy ściekowe (ryc. 23), będące śladem spływającej wody deszczowej, spękanie wysychających osadów (ryc. 24), które widzimy często na schnącym namule, ślady zwierząt,



Ryc. 23. **Rowy ściekowe** na płycie piaskowca karpackiego. Warstwy dobrotowskie. Okolica Nadwórny. (Z Zubera).



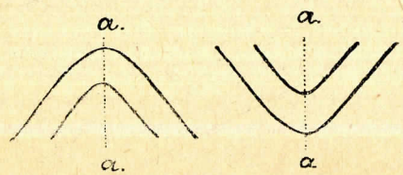
Ryc. 24. **Ślady spękania i odciski nóg na płycie piaskowca.** Trias, piaskowiec pstry. (Z Neumayra).

i zagadkowego pochodzenia hieroglify (rycina 25), charakterystyczne zwłaszcza dla karpackich piaskowców, nagromadzenia skamielin i t. p.

Ryc. 25. **Hieroglify na piaskowcu karpackim.** Piaskowiec z warstw inoceramowych, Krasiczyn, okolica Przemyśla. (Z Zubera).

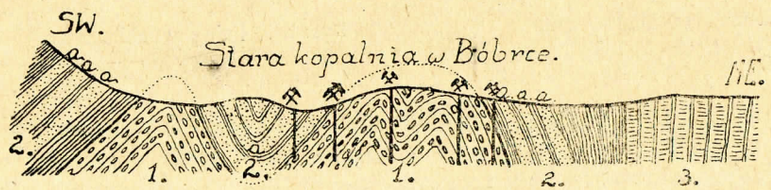
TEKTONIKA SKAŁ OSADOWYCH.

Fałdy. Osady tworzące się na dnie zbiorników wodnych są ułożone poziomo, mają więc warstwy pierwotnie poziome ułożenie, chociaż zostały najczęściej z niego wyruszone. Nierzadko tylko w odkrywce wydają się warstwy poziome, w rzeczywistości zaś nachylają się słabo, ale możemy to stwierdzić dopiero obserwując odkrywki na większej przestrzeni. Wspomniane poprzednio (stronica 24), pozornie poziome warstwy podolskiego syluru i dewonu, nachylają się słabo ku południowemu zachodowi.



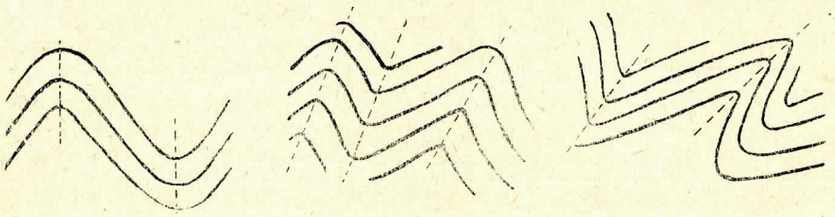
Ryc. 26. **Siodło i łęk.** a a — oś siodła i łęku.

Najczęściej możemy stwierdzić rozpatrując szereg odkrywek, że nachylenie warstw wkrótce zmienia się na przeciwne, warstwy są wówczas pofałdowane. Wśród pogiętych warstw wyróżniamy ich części wypukłe, ku górze zbieżne, które nazywamy siodłami (antyklinala) i części wklęsłe ku dołowi zbieżne, czyli łęki



Ryc. 27. **Przekrój przez część obszaru naftowego w Bóbrce.** (Z Zubera). 1 — eocen (pstre iły i piaskowce ropne), 2 — łupki menilitowe i piaskowce ciężkowickie (a), 3 — warstwy krośnieńskie.

(synklinale [1]) (ryc. 26). Każde siodło dzieli płaszczyzna symetrji na dwie części, wzdłuż niej biegnie poziomo oś siodła. Na rycinie 27 widzimy wśród warstw pofałdowanych siodła i łęki. Ponieważ, jak wiemy, erozja niszczy łatwo wyniosłości, przeto zwyczajnie uległy siodła częściowo zniszczeniu, wskutek czego nie zachowała się ich część najwyższa; linja kropkowana przedstawia nam brakujące części siodła, czyli siodło powietrzne.



Ryc. 28. **Fałdy normalne** (stojące, nachylone i obalone).

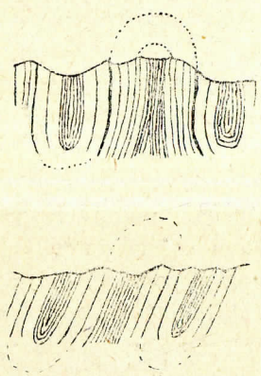
Fałdy, a więc siodła i łęki, mogą być naogół rozmaicie wykształcone, wyróżniamy wśród nich:

1) Fałdy normalne, których skrzydła są w przeciwne strony nachylone; mogą być one stojące, nachylone, obalone i leżące (ryc. 28).

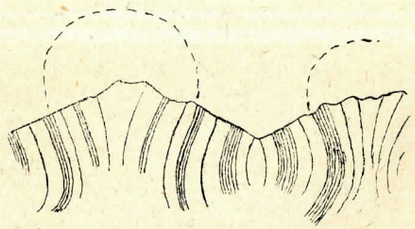
2) Fałdy izoklinalne o skrzydłach równoległych. Są one również albo stojące, lub obalone (ryc. 29).

3) Fałdy wachlarzowe, których skrzydła zarówno w siodłach, jak w łękach są zrazu rozbieżne, a dopiero potem ku sobie się zbliżają (ryc. 30).

Ryciny przedstawiały nam dotychczas



Ryc. 29. **Izoklinalne siodła i łęki** (stojące i nachylone).

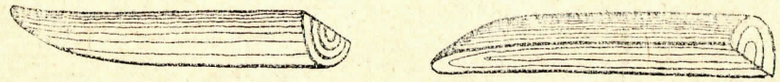


Ryc. 30. **Fałdy wachlarzowe.**

poprzeczne przekroje fałdów, wzdłuż biegną siodła i łęki tylko na określonej długości, a potem gubią się. Tam, gdzie fałdy wygasają, zmienia się bieg warstw zwolna na przeciwny i oba skrzydła łączą się, co

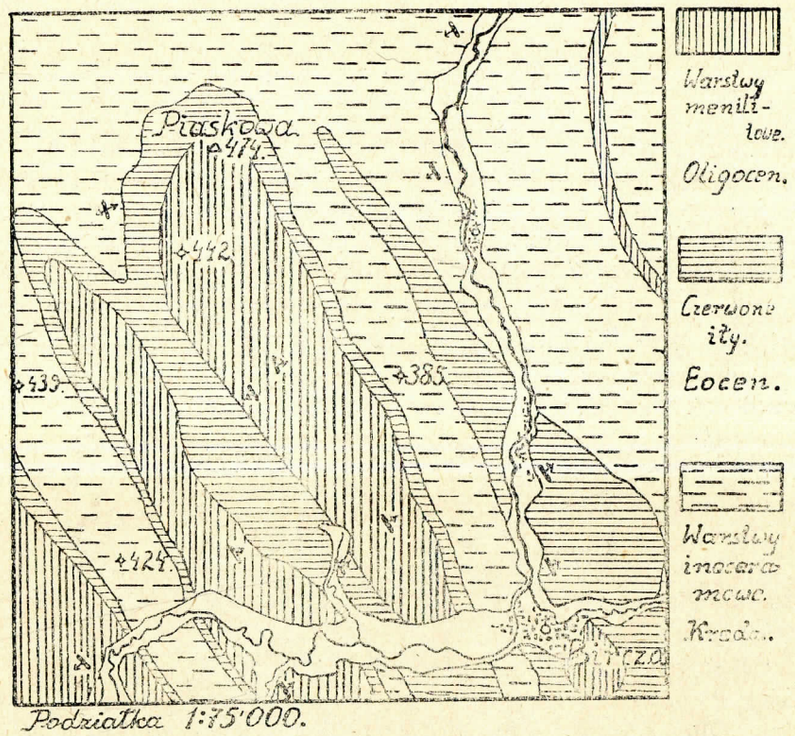
[1]) Nazwy z języka greckiego: anti przeciwnie, syn razem, ku sobie, klinein nachylać się.

nam uzmysławia ryc. 31, na której przedstawiono część siodła i łęku, i ryc. 32, na której widzimy w rzucie poziomym wygasające fałdy, co w ten sposób przedstawiają je nam mapy geologiczne.



Rys. 31. **Wygasający łęk i siodło.** (z Kaysera).

Bieg fałd oznaczamy kompasem, oznaczając przez to przebieg ich osi. Nie zawsze jest ona poziomą, gdyż może być także nachyloną. Wzdłuż przebiegu mogą siodła podnosić się i opadać, są to więc ich wahania, czyli undulacje.

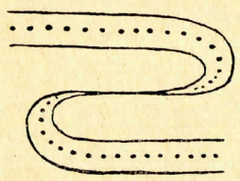


Ryc. 32. Wygasające fałdy w rzucie poziomym. (Z mapy geologicznej Wiśniowskiego, mapa Dobromila, wycinek Bircza).

W nowszych czasach, tłumacząc budowę Alp, zwrócono uwagę, że występują tam rozległe siodła leżące, zwane płaszczowinami, które zostały tak dalece nasunięte z południa ku północy, że utraciły łączność

z macierzystą skałą. Francuscy geologowie (Bertrand, Lugeon i inni) wprowadzili do geologji pojęcie płaszczowin, a później przekonano się, że nie tylko Alpy składają się z licznych płaszczowin, ale także inne młodsze góry pasmowe (Tatry, Karpaty), a nawet starsze. Przy omawianiu powstania gór wrócimy jeszcze do tej rzeczy, teraz zwrócimy tylko uwagę na płaszczowinę, jako na rodzaj fałdu.

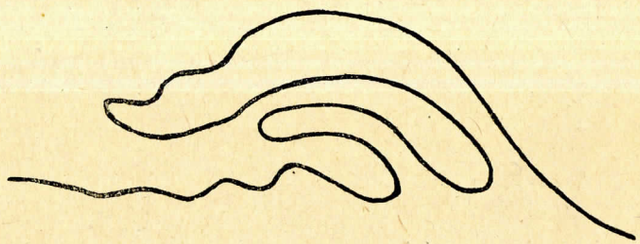
Skrzydła dolne siodeł leżących, zwane brzusznemi, są często przez zgniecenie silnie spłaszczone, wskutek czego jest ta część siodła znacznie mniejszej grubości, niż górna, czasem nawet zupełnie wyprasowaną (ryc. 33), a wtedy brak części brzusznej, co jest znamienną cechą płaszczowiny.



Rys. 33. **Fałd leżący z wyprasowaną częścią brzuszną.** (Wedle Limanowskiego).

Zwyczajnie leży szereg płaszczowin na sobie (ryc. 34), najmłodsza, najwyższa jest przeważnie największą. Rozdzielając się na drugorzędne fałdy, tworzą płaszczowiny dygitacje, a w przebiegu ich osi zaznaczają się wahania (undulacje), gdyż się podnoszą (elewacja), albo obniżają (depresja).

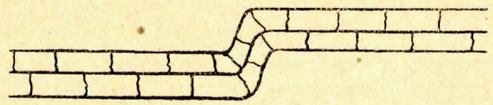
Płaszczowiny, jak w ogólności fałdy obalone, leżą często na młodszych od siebie skałach, które dopiero po ich zniszczeniu przezierają z pod nakrywającej je powłoki (okna tektoniczne). Zwyczajnie zachowały się płaszczowiny tylko ułamkowo, gdyż przez erozję zniszczone zostały; często trudno znaleźć ich początek, czyli korzeń. Nieraz leżą na młodszych od siebie warstwach resztki płaszczowin, tworząc t. zw. skałki, przykładem nasze Pieniny.



Ryc. 34. **Schemat płaszczowiny.** (Wedle Lugeona).

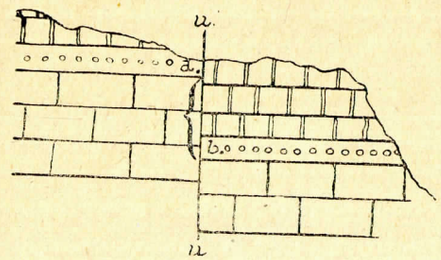
Widzieliśmy, że twarde skały są wygięte w fałdy, co jest tem więcej uderzającem, że twarda skała nie wygina się, lecz pęka za naciskiem. Zwrócono jednakowoż uwagę, że w większej głębokości z powodu nacisku warstw wyższych, a także pod wpływem podwyższonej temperatury, stają się wszystkie skały do pewnego stopnia plastyczne, a wtedy wygiąć się mogą. Im dłużej trwał nacisk i im wyższą była temperatura, tem łatwiej skała się wyginała. Jeżeli nacisk skał wyżej leżących był mniejszy, wówczas mniejszą była plastyczność i skały pękały przy zgięciu, ale często zostały ich ułamki znowu w jedną całość spojone. Oglądając pod mikroskopem szlify skał, nietrudno zauważyć

tę budowę, zwaną kataklastyczną [1]). Skamieliny okazują nierzadko ślady zniszczenia, a także spłaszczenia i wywalcowania. Jeżeli poziomo leżące warstwy uległy wygięciu, ale potem znowu przybrały poziome ułożenie, mówimy o f l e k s u r a c h, albo o fałdach monoklinalnych (ryc. 35); występują one na obszarach zajętych przez poziomo ułożone warstwy.

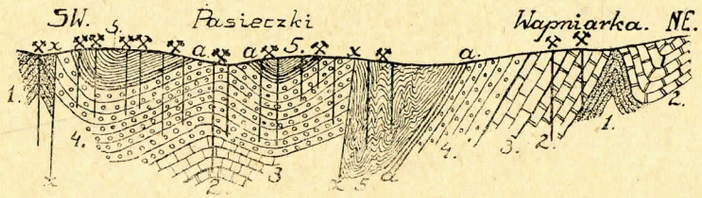


Ryc. 35. **Schemat fleksury.**

Uskoki i zjawiska przez nie spowodowane. Przy fałdowaniu, wogóle podczas ruchów górotwórczych, nie zawsze wyginają się warstwy, lecz czasem pękają. Jeżeli wzdłuż wytworzonej w ten sposób szczeliny zapadnie się część warstw, powstaje u s k o k, który poznać można po tem, że, śledząc warstwę skalną, nie znajdujemy jej w dalszym ciągu odkrywki (ryc. 36 i 37), lecz inną, różną wiekiem. Szczelinę, wzdłuż której obsunęły się warstwy, nazywamy szczeliną uskokową, a głębokość, do której warstwy opadły, wysokością uskoku. Wzdłuż ciągną się uskoki na znacznej przestrzeni, ale gubią się wreszcie, gdy ich wysokość się zmniejszy, względnie zmaleje do zera. Naturalnie nie zachowuje się zwyczajnie przez uskok spowodowana nierówność terenu, lecz przez wyrównywające działanie denudacji zostaje zniesioną, a dopiero geologiczne spostrzeżenia dowodzą obecności linij spękań (dyslokacje, linje tektoniczne).



Ryc. 36. **Schemat uskoku.** u u — uskok, a b — wysokość uskoku.

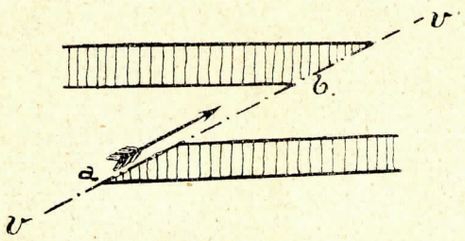


Ryc. 37. **Przekrój geologiczny Schodnicy** wedle Zubera. 1—warstwy inoceramowe dolne, 2 — warstwy inoceramowe górne, 3 — piaskowiec jamneński, 4 — eocen, 5 — warstwy menilitowe, x x — uskok.

Uskoki mają doniosłe znaczenie dla górnika. Jeżeli zostaną niemi objęte pokłady węgla, zapadają wzdłuż uskokowej szczeliny czasem tak

[1]) Nazwa z języka greckiego: kataklao — rozłupuję, niszczę zupełnie.

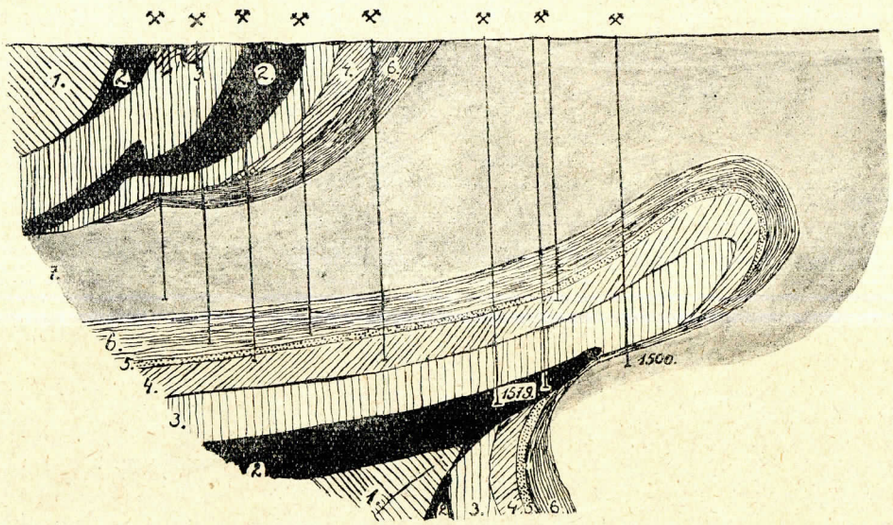
głęboko, że są stracone dla człowieka. Żyły rud, jeżeli ciągną się w skale dotkniętej uskokiem, giną również górnikowi z oczu, czasem bezpowrotnie. Pokłady naftonośne tracą naftę w pobliżu uskoku, gdyż przelała się w głąb uskokową szczeliną.



Ryc. 38. **Schemat nasunięcia** wzdłuż płaszczyzny V V', a b wielkość nasunięcia.

Nasunięcia powstają wśród warstw sfałdowanych, jeżeli pęknie część siodła, a górna jego część zostanie przesunięta wzdłuż szczeliny nad dolną pozostałą w spoczynku (rycina 38). Największe nasunięcia znane są z młodszych gór pasmowych, np. z Alp i Karpat, a wynikiem ich jest fakt, że starsze warstwy leżą na młodszych (ryc. 39 i 40).

Rozległe nasunięcia znane są z różnych okolic, np. z zagłębia węglowego Belgji i północnej Francji. Warstwy sylurskie, dewońskie i dolnokarbońskie zostały tam nasunięte na warstwy zawierające węgiel, miej-

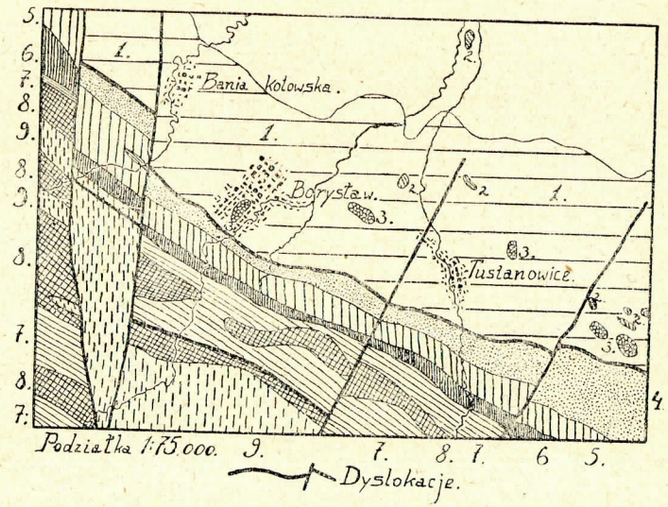


Ryc. 39. **Przekrój przez Borysław.** (Wedle B. Kropaczka). 1—warstwy inoceramowe, 2—piaskowiec jamneński, 3 — warstwy górnohieroglifowe, 4 — w. popielskie, 5—piaskowiec podstawowy, 6 — łupki menilitowe, 7 — warstwy dobrotowskie.

scami nawet na odległość 4000 m. Znacznie większe nasunięcia znane są z Apalachów.

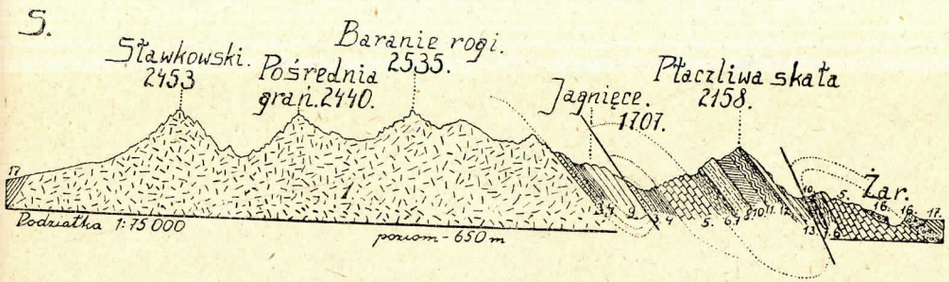
Przesuwające się masy skalne zostają u spodu wygładzone i sprasowane ze względu na swój ciężar, wskutek czego powstają na nich

gładkie, lśniące powierzchnie (lustra tektoniczne); w spodzie iłów dennych tkwią ogładzone i porysowane odłamy skalne, przypominające nam skały moren dennych. Nieraz są też rysy na skałach leżących pod nasuniętemi, które potęgują złudzenie, że mamy przed sobą lodowcowe objawy. Szczelina, wzdłuż której nastąpiło nasunięcie, wypełnia się gruzem, który, spojony później przyniesionym przez wodę wapieniem, lub krzemionką, zespala się w brekcję tektoniczną, znajdującą się nieraz u spągu nasuniętych mas skalnych.



Ryc. 40. **Mapka geologiczna Borysławia i okolicy.** 1 — pleistocen, 2—miocen, 3—zlepieniec truskawiecki, 4—warstwy dobrotowskie, 5—łupki menilitowe, 6—warstwy z Popiel, 7—warstwy górnohieroglifowe, 8 — piaskowiec jamneński, 9—warstwy inoceramowe (3—5 oligocen, 6—7 eocen, 8—9 kreda). (Wedle B. Kropaczka).

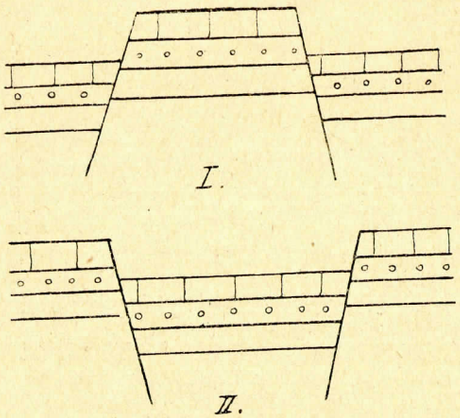
Nasunięte i zgniecione części fałdów sprawiają budowę łuskową, którą często spotykamy w górach pasmowych (ryc. 41).



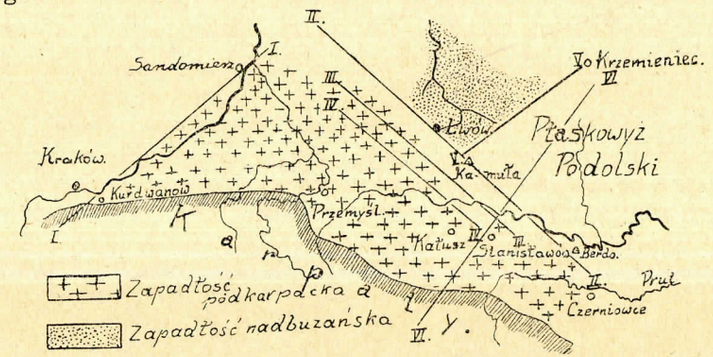
Rys. 41. **Przekrój przez Tatry.** 1—granit, 2—permski kwarcyt, 3—pstry łupek dolnotriasowy, 4—dolomit wapienia muszlowego, 5—kajper, 6—röt, 7—warstwy gresteńskie (dolny lias), 8 — wapień liasowy górnotatrzański, 9 — liasowe margle plamiste dolnotatrzańskie, 10—górny lias, 11—margle plamiste jurajskie i neokomskie, 12—wapień z Murania, 13 — wapień nummulitowy (eocen środkowy), 14—eocen górny i oligocen. (Z Uhliga).

Zdarza się w górotworach o warstwach poziomych, że równolegle do siebie biegnące linje uskokowe sprawiają stopniowe zapadanie się, wskutek czego teren opada tarasami. Jeżeli z powodu krzyżujących się

uskoków zapadły się obszary dokoła części pozostałej na miejscu, powstają góry załomowe, czyli horsty[1]), a gdy odwrotnie zapadła część środkowa, a boczne pozostały na miejscu, mówimy o załomach, czyli rowach tektonicznych (ryc. 42). Klasycznym przykładem rowu tektonicznego jest dolina średniego Renu, która jest podłużną zapadłością względem Wogezów i Czarnego Lasu, podczas gdy te góry można uważać za ocalałe horsty. Rowem tektonicznym jest częściowo niż nadwiślański, który od Krakowskiej wyżyny i od gór Świętokrzyskich oddziela uskok biegnący mniej więcej równolegle z biegiem Wisły (linja tektoniczna Kurdwanów—Zawichost Teisseyrego). Horstem jest wedle tegoż autora płaskowyż podolski, otoczony od północy, południa i zachodu zapadłościami i linjami tektonicznemi (ryc. 43), a także góry Świętokrzyskie[2]).



Ryc. 42. Schemat gór załomowych (I) i rowu tektonicznego (II).



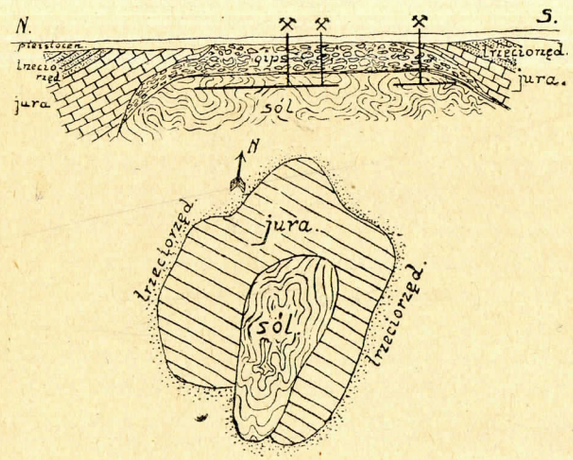
Ryc. 43. Szkic tektoniczny Podola. I linja Kurdwanów—Zawichost, II linja Berdo—Narol, III linja Bóbrka—Mikołajów, IV linja Gródek—Żurawno, V linja Gołogóry — Krzemieniec, VI linja Kowalówka — Smykowce. (Wedle Teisseyrego).

[1]) Termin, przyjęty z języka niemieckiego (Horst), w podobny sposób nazywają także rowy tektoniczne grabenami (Graben).

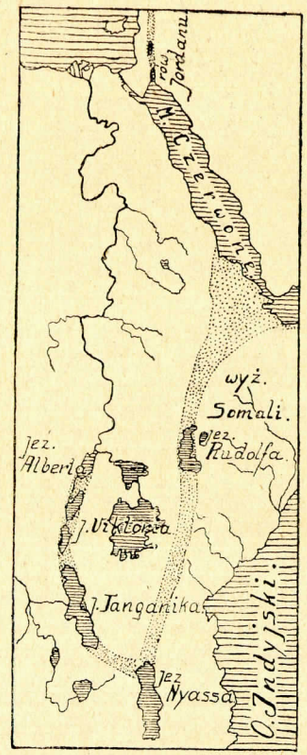
[2]) Z licznych prac tego autora wymieniamy ostatnią: «O stosunku wewnętrznych brzegów zapadlin przedkarpackich do krawędzi fliszu karpackiego». Sprawozdania polskiego Instytutu Geologicznego, tom I. Warszawa 1921. Wedle niej przedłuża się linja Berdo—Narol w linję: Radom—Skanja.

Największe rowy znajdują się we wschodniej Afryce, a w nich leżą tamtejsze jeziora południkowo przedłużone. Na południe od jeziora Niassa rozpoczyna się wielki rów wschodnio-afrykański, który potem biegnie przez jezioro Rudolfa i Stefanji, dalej zapadłością między wyżyną Abisynji i płaskowyżem Somali, przechodząc w zapadłość morza Czerwonego i w rów Jordanu i morza Martwego. Długość tego olbrzymiego rowu przenosi 7000 km. Powyżej jeziora Niassa oddziela się od niego rów środkowo-afrykański, w którym leży jezioro Tanganika i Alberta (ryc. 44).

Na tem miejscu należy wspomnieć o pewnego rodzaju horstach, w których znajdują się gdzie niegdzie pokłady soli, a więc np. w północnych Niemczech i w Polsce na Kujawach. Pokłady soli kamiennej, często przykryte gipsem, lub anhidrytem, zostały tam nakształt olbrzymich kopic podniesione w górę (ryc. 45). W ten sposób znajduje się sól w Inowrocławiu i w Wapnie koło Kcyni na Kujawach, podczas gdy między temi miejscowościami (Szubin) leży poziomo w bardzo znacznych głębokościach. Istnieją różnice zapatrywań co do powstania tych horstów solnych, zwanych ekzemami; jedni szukają w zjawiskach chemicznych przyczyny ich powstania, inni zaś sądzą, że nacisk wywierany w kierunku stycznym, podniósł wzdłuż szczelin do góry pokłady soli.

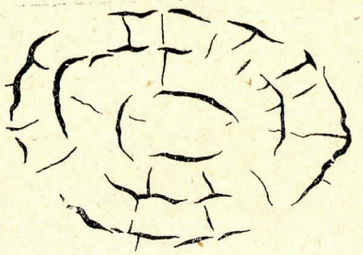


Ryc. 45. Przekrój przez kopalnię soli w Inowrocławiu. (Wedle Beyschlaga).



Ryc. 44. Rowy załomowe w półn.-wschodniej Afryce. Obszary zapadnięte—kropkowane. (Wedle Neumayra).

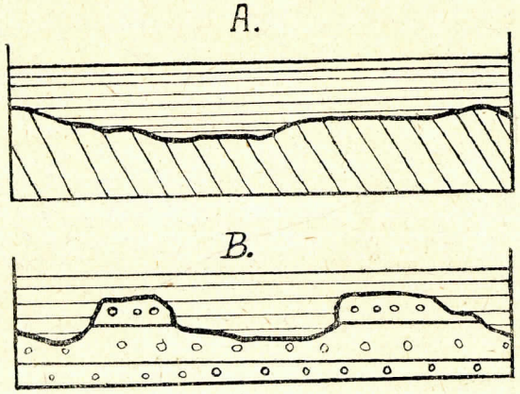
Jeżeli uskoki nie są do siebie równoległe, lecz biegną współśrodkowo, wówczas tworzą się kotlinowate zapadłości, których schemat przedstawia ryc. 46; nizina węgierska jest wielką tektoniczną zapadłością.



Ryc. 46. **Schemat poziomy kotlinowatej zapadłości.** (Z Kaysera).

Wzajemny stosunek warstw. Warstwy, które są osadem tego samego morza, leżą na sobie w ten sposób, że ich płaszczyzny są równoległe, a ich kierunek i nachylenie te same. Mówimy wtedy, że ułożenie warstw jest zgodne. Jeżeli nadległe warstwy nie wytworzyły się bezpośrednio po sobie, lecz z czasową przerwą, wtedy wzajemne ułożenie jest niezgodne.

Gdy na pofałdowanych warstwach, które zostały z biegiem czasu zalane przez morze, powstały nowe, poziomo ułożone osady, niezgodność ich jest bardzo wyraźną (ryc. 47 A). Jednakowoż rozeznać ją można nawet przy poziomem ułożeniu nadległych górotworów, jak to widzimy na załączonym profilu (ryc. 47 B).



Ryc. 47. **Niezgodne ułożenie warstw.**

Jeżeli morze zalewa lądy, mówimy o transgresjach [1]) morza. Nieraz objęły one znaczne obszary, wtedy leżą transgredujące (przekraczające) warstwy na różnych utworach. Podczas transgresji mioceńskiej zostały złożone osady tego morza u podnóża Karpat na kredowych i trzeciorzędowych warstwach, w okolicy Krakowa na skałach jurajskich, lub kredowych, tak samo na stokach gór Świętokrzyskich, o ile tam nie zalegają skał sylurskich, lub kambryjskich.

Zwyczajnie możemy łatwo stwierdzić transgresję po niezgodności warstw, wspomniane np. utwory mioceńskie u brzegu Karpackiego leżą, słabo tylko nachylone, na silnie zaburzonych warstwach karpackich (rycina 16). Profil, tam podany, poucza nas nie tylko o tem, że między powstaniem karpackich menilitowych łupków oligoceńskiego wieku, a górnomioceńskich wapieni litotamniowych, była czasowa przerwa, ale także o tem, że wypiętrzenie Karpat nastąpiło przed złożeniem owych wapieni, gdyż w przeciwnym wypadku uległyby one pofałdowaniu razem ze skałami karpackiemi. Śledzenie więc transgresyj i obserwacja wzajemnego

[1]) Nazwa z języka łacińskiego: transgredo przekraczam.

ułożenia warstw daje nam bardzo poważny materjał, służący do poznania geologicznych losów okolicy.

Przy pozornie zgodnem ułożeniu warstw (ryc. 12) poznajemy transgresję, oznaczając wiek skał na podstawie skamielin. Na Podolu, w południowo-wschodniej jego połaci, leżą na prawie poziomych dewońskich piaskowcach również poziome utwory kredy środkowej, cenomańskiego wieku. Na podstawie skamielin możemy określić wiek warstw, a ponieważ wiemy, że pomiędzy okresem dewońskim i kredowym jest znaczna czasowa różnica, przeto na dewońskich piaskowcach leżące cenomańskie warstwy są dowodem cenomańskiej transgresji na Podolu. Brak osadów od dewonu aż do cenomanu dowodzi, iż przez ten czas było Podole lądem stałym [1]), który dopiero podczas wielkiej cenomańskiej transgresji został zdobyty przez morze.

Równoczasowe skały różnić się mogą sposobem wykształcenia, czyli różną jest nieraz ich facja (facies [2]). W tym samym czasie tworzą się w morzu w pasie litoralnym żwiry, nieco dalej piaski, a w znacznem oddaleniu od brzegów — iły głębinowe, powstają więc skały o facji litoralnej, przybrzeżnej i głębinowej. Nie tylko materjał skalny różni te utwory, ale także w nich zawarte resztki zwierzęce, gdyż inna fauna mieszka przy brzegach, niż w głębinach morza. Osady przybrzeżne i głębinowe wyróżnimy więc jako różnofacjalne.

O wiele większą będzie różnica między skałami, które są osadem morskim, a temi, które powstały w rzekach, lub jeziorach, a więc między facją jeziorną, lub rzeczną, a morską. Przeciwieństwem osadów wodnych jest facja lądowa, np. eoliczna gliny nawianej, lub wydm piaszczystych.

Zadaniem geologa jest rozeznanie facji utworów. W tym celu musi on uwzględnić nie tylko ich skład petrograficzny, ale także faunę, a naturalnie nietrudno odróżnić, np. mięczaki słodkowodne od morskich, a więc fację słodkowodną od morskiej. W utworach ostatniego rodzaju wskazują gruboskorupne małże (np. ostrygi), połamane skorupy mięczaków na fację litoralną, a petrograficznie charakteryzują ją żwiry, gruboziarniste piaski, pręgi faliste, ślady pełzania i t. p. Brzegową fację poznamy po piaszczystych osadach, dobrze zachowanych, a niepokruszonych skamielinach, a także czasem po wtrąconych resztkach roślinnych, wskazujących na bliski brzeg; dla osadów nieco głębszego morza są znamienne osady iłowe z resztkami głowonogów (amonity, belemnity), cienkoskorupnych małży, osobnikowych korali i t. p.

[1]) Południowo-zachodnią część Podola (koło Niżniowa) zalewało już morze w górno-jurajskim okresie.

[2]) Nazwa z języka łacińskiego — twarz, oblicze.

GEOLOGJA DYNAMICZNA.

Powierzchnia ziemi, po utworzeniu się na niej twardej skorupy, przedstawiała zupełnie inny obraz, jak obecnie. Nie było wcale gór, ani mórz, nie było gleby rodzajnej, również roślin i zwierząt. Dopiero z biegiem czasu wytworzyła się zwolna, za działaniem rozmaitych czynników, dzisiejsza jej rzeźba.

Czworakie są naogół przyczyny zmieniające wygląd ziemi, mianowicie, działania wody, powietrza, organizmów i pirosfery. Pierwsze trzy czynniki można odnieść do działania ciepła słonecznego, które, zamieniając wodę w parę, powoduje krążenie wody, ogrzewając nierównomiernie powietrze jest przyczyną wiatrów, a nadto jest także niezbędnym warunkiem istnienia świata organicznego. Trzy pierwsze działania, t. j. wody, powietrza i organizmów, znoszą nierówności i wypełniają zaklęsłości, czyli działają niwelująco na powierzchnię ziemi, podczas gdy pirosfera, wyrzucając wulkanami z wnętrza ziemi masy skalne, lub, wywytwarzając przez kurczenie góry, wywołuje nowe nierówności skorupy. Kiedyś, po ostygnięciu pirosfery, będą czynne tylko czynniki pierwsze, działanie zaś pirosfery zaniknie, jak to obecnie na księżycu widzimy.

Dział geologji, który bada siły zmieniające powierzchnię ziemi, nazywa się geologją dynamiczną. Rozpatrzymy obecnie działanie każdego z czynników ważnych w geologji dynamicznej, a więc kolejno działanie wody, powietrza, organizmów i pirosfery. Jakkolwiek zmiany przez nie spowodowane, odbywają się nader zwolna, przecież po szeregu lat stają się widoczne, gdyż w geologji przysłowiowa praca kropli drążącej skałę, znajduje w zupełności potwierdzenie, chociaż w wyjątkowych wypadkach następują także szybko, np. podczas gwałtownych powodzi, lub silnych, wulkanicznych wybuchów.

DZIAŁANIE WODY.

Krążenie wody. Jak wiadomo, morza zajmują znacznie większą część powierzchni ziemi, niż lądy stałe; także jeziora, stawy i rzeki pokrywają niemałe jej obszary.

Woda tych wszystkich zbiorników paruje ciągle i zbiera się w powietrzu pod postacią chmur, z których skroplona spada na ziemię [1]), jako przeróżne opady atmosferyczne. Tutaj ulega różnemu losowi; częściowo spływa po powierzchni ziemi, dostając się do rzek, częściowo wnika w ziemię, tworząc tam wody wgłębne, a w części zamienia się w parę wodną i wraca z powrotem do atmosfery. Wody wgłębne tworzą źródła, te rzeki, które do mórz uchodzą; krążenie wody w przyrodzie odbywa się więc ustawicznie.

Jakkolwiek możnaby powiedzieć, że w normalnych warunkach paruje trzecia część wody spadłej na ziemię, trzecia część wnika w głąb, a pozostała część rzekami spływa do mórz, przecież jednakowoż zależnie od klimatu kraju i od jakości gleby rozmaicie się dzieje. Na suchych, pustynnych obszarach krajów gorących, gdzie deszcz pada rzadko, parują wody deszczowe tak dalece w powietrzu, że tylko nieznaczna część spada na ziemię; gdzie glebę tworzą nieprzepuszczalne iły, lub gliny, spływa do rzek przeważna część wód opadowych, a na przepuszczalnych, lub silnie spękanych obszarach wnika w głąb znaczniejsza część opadu.

Ilość opadu mierzymy ombrometrem, którym jest w najprostszej formie walcowate naczynie, umieszczone na wolnem miejscu. Co dnia mierzymy w milimetrach wysokość słupa wody, który zebrał się w naczyniu, a odczytana cyfra podaje wysokość dziennego opadu, gdy opad jest śniegiem, wysokość słupa wody otrzymanego po stopieniu. Średnia arytmetyczna opadów dziennych z całego miesiąca daje średni opad miesięczny, a średnia z całego roku — średni opad roczny.

Źródła. Woda, która przez warstwy przepuszczalne (żwiry, piaski, piaskowce) dostaje się w głąb ziemi, natrafia na warstwy nieprzepuszczalne [2]) (iły, wapienie, lub margle), które ją zatrzymują jako wodę wgłębną, albo gruntową. Im głębiej leży warstwa nieprzepuszczalna, w tem większej głębokości natrafimy na wodę. Ponieważ ta woda przeszła przez gruby pokład warstw przepuszczalnych, działających jak filter, przeto jest czystą i zdatną do picia, zwłaszcza że w odróżnieniu od miękkiej wody deszczowej ma więcej w sobie rozpuszczonych części mineralnych i gazowych, szczególnie węglanu wapniowego i bezwodnika węglowego.

Głębokość, w której znajdujemy wodę wgłębną, jest rozmaitą, zależnie od grubości warstw przepuszczalnych; nieraz jest już w metrowej, lub w kilkumetrowej głębokości, ale często znacznie niżej. Wiercenie, wykonane we Lwowie w r. 1894 na placu ówczesnej wystawy, nie natrafiło zupełnie na wodę, jak długo wiercono w marglu kredowym, chociaż

[1]) Ilość wody, wyparowanej rocznie z mórz, wynosi wedle obliczeń około 400.000 km. sześciennych, z niej spada na lądy stałe, pod postacią opadów atmosferycznych, około 112.000 km.^{3}.

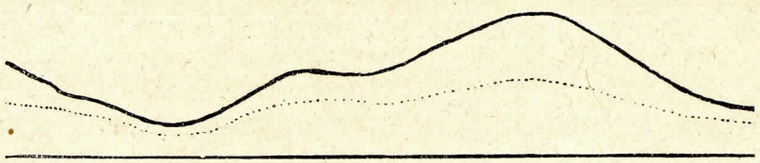
[2]) Właściwie trudno-przepuszczalne, gdyż w pewnym stopniu jest każda skała przepuszczalną.

przewiercona jego miąższość wynosiła 450 m. W Santage koło Calais wybudowano podczas projektowania tunelu pod kanałem, dzielącym Francję od Anglji, stumetrową sztolnię w marglu kredowym, która była zupełnie suchą, chociaż odstęp jej stropu od dna morza wynosił miejscami tylko 40 m.

Często jest kilka poziomów wody wgłębnej, zależnie od powtarzających się naprzemian warstw nieprzepuszczalnych i przepuszczalnych, np. na naszym niżu, gdzie w dyluwjalnych piaskach powtarzają się kilkakrotnie warstwy nieprzepuszczalnych margli i glin lodowcowych.

Woda gruntowa jest rzadko w spoczynku, zwykle jest w ruchu, płynąc w kierunku nachylenia podłoża. Ruch ten jest bardzo powolny z powodu wielkiego tarcia, które woda musi przezwyciężyć, wynosząc nieraz tylko 1 m. na dobę, w piaskach 4 m., a dochodząc w żwirach do 40 metrów.

Górna powierzchnia wód wgłębnych odpowiada do pewnego stopnia powierzchni naziomu, gdyż podnosi się z wzniesieniem terenu, a opada

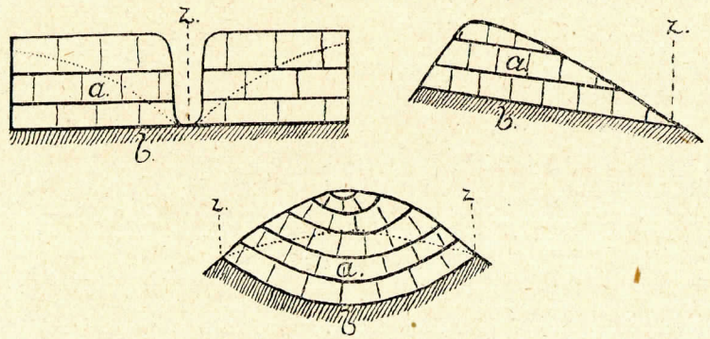


Ryc. 48. **Przebieg górnej powierzchni wody wgłębnej** (linja kreskowana).

z obniżeniem, chociaż nierówności jej są mniejsze, niż powierzchniowe (ryc. 48).

Temperatura wody wgłębnej zależy od głębokości. Należy pamiętać o tem, że dzienne zmiany temperatury są już niedostrzegalne w głębokości około 1·8 m. i że poniżej 20 m. nie dają się w naszych warunkach odczuwać roczne zmiany temperatury (por. str. 6). Jeżeli przeto warstwa nieprzepuszczalna leży w nieznacznej tylko głębokości (w kilkumetrowej, lub mniejszej), wtedy temperatura wody wgłębnej ulega nawet dziennym wahaniom, mówimy więc o wodzie zaskórnej. Jest ona nie tylko z tej przyczyny niezdatną do picia, ponieważ jest zbyt ciepła, ale także ponieważ nie jest jeszcze oczyszczona, gdyż przeszła przez filtrujące warstwy nieznacznej grubości. Chcąc otrzymać wodę do picia, zakładamy studnie; przebijamy wtedy warstwy przepuszczalne, aż natrafimy na strugę wody wgłębnej. Jeżeli warstwy nieprzepuszczalne odsłaniają się na zboczu góry, lub w parowie, wówczas wypływają wody na nich nagromadzone na powierzchnię jako źródła.

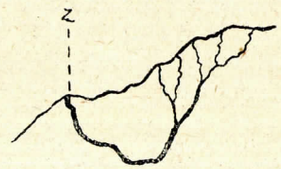
Warunki powstania źródeł zwyczajnych, czyli warstwowych, wskaże nam budowa geologiczna okolicy. W tym celu przypatrzymy się następującym rycinom (ryc. 49), w których *a* oznacza warstwy przepuszczalne, *b* nieprzepuszczalne, linja kreskowana górny poziom wody wgłębnej.



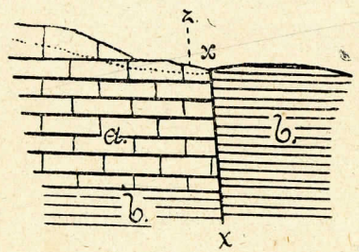
Ryc. 49. **Źródła warstwowe**. a—warstwa przepuszczalna, b—nieprzepuszczalna, z—źródło, linja kropkowana—poziom wody wgłębnej.

Naturalnie, obfitsze są źródła, jeżeli większą jest powierzchnia, z której wody wgłębne ku źródłu spływają. W naszym klimacie dają źródła przeciętnie z hektara powierzchni zlewnej w porze suchej 1—6 litrów na minutę, zwyczajnie 3—8, a podczas silnych deszczy 10—20. Z im większej wysokości spływają wody wgłębne, tem silniej bije źródło.

Inny typ tworzą źródła szczelinowe, częste w skałach silnie spękanych, nieprzepuszczalnych, a więc przejętych licznemi szczelinami; ryc. 50 przedstawia nam schemat takiego źródła. Wody opadowe krążą tu szczelinami, a uchodzą tam, gdzie najniższa szczelina otwiera się na powierzchni. Mamy tu jak gdyby system naczyń połączonych, w którym woda wypływa najniższem ramieniem. Wiele źródeł w Tatrach o bardzo zimnej wodzie należy tutaj zaliczyć.



Ryc. 50. **Schemat źródła szczelinowego**. z — źródło.



Ryc. 51. **Źródło uskokowe**. a — warstwa przepuszczalna, b — nieprzepuszczalna, z — źródło, x x— uskok.

Innem jest powstanie źródeł uskokowych, których zasadę przedstawia nam ryc. 51. Wzdłuż szczeliny obsunęły się po lewej stronie warstwy nieprzepuszczalne, wody opadowe zbierają się tutaj na warstwach przepuszczalnych, aż ich zwierciadło nie podniesie się do poziomu, przy którym mogą jako źródło wypłynąć.

Czasem jest źródłem wyjście rzek podziemnych ze skał, np. źródło Dunajca w dolinie Kościeliskiej; omawiając

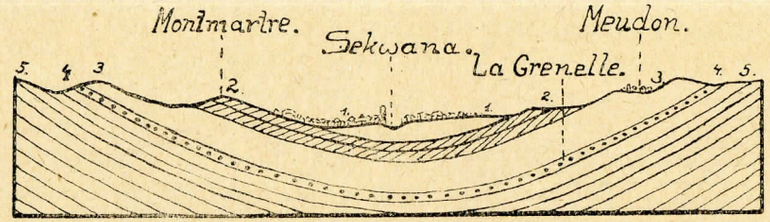
zjawiska krasowe, poznamy rzeki podziemne. Źródła rumowiskowe wydobywają się ze żwirowisk, leżących na nieprzepuszczalnych skałach (wywierzyska w Tatrach).

Obfitość wody wgłębnej, a więc także wydatność źródeł, zależy od ilości opadów, jest przeto różna w różnych porach roku, nic więc dziwnego, że w czasie długiej posuchy niknie niejedno źródło. Gdzie wody deszczowe spływają szybko ku rzekom, jest mniej wody wgłębnej, wydatność źródeł jest przeto małą. Lasy zatrzymują wody opadowe, w okolicach lesistych jest przeto więcej źródeł, natomiast po wytrzebieniu lasów wydatność ich maleje. Są źródła, zasilane wodą tylko po obfitszych opadach, lub w górach tylko wodą, powstałą z tajania śniegów; takie źródła są czasowemi.

Na obfitość wody wpływa także jakość i miąższość warstwy przepuszczalnej. Warstwa ta, jest ze względu na porowatość, zbiornikiem zatrzymanej wody, która też nie spływa tak szybko, jakby to odpowiadało ciśnieniu hydrostatycznemu. Gdzie na warstwie nieprzepuszczalnej leżą potężne masy żwirów, lub piasków, tam są najlepsze warunki do nagromadzenia znaczniejszej ilości wód wgłębnych.

Studnie artezyjskie. Źródła dostarczają nieraz wody, pochodzącej z bardzo znacznych odległości, o czem przekonano się przy zakładaniu studzien, zwanych artezyjskiemi.

Jeżeli warstwy, łękowato nachylone, zmieniają się w ten sposób, że pomiędzy nieprzepuszczalnemi, leży warstwa przepuszczalna, wtedy woda, która z powierzchni ziemi dostała się do niej, jest zamkniętą jak gdyby w rurze. Skoro więc w miejscu, niżej położonem, wykonamy wiercenie, które dojdzie do warstwy wodnej, wówczas wydobędzie się na powierzchnię woda wywierconym otworem, wytryskając na znaczną wysokość.



Ryc. 52. **Przekrój geologiczny przez kotlinę paryską.** 1 — czwartorzęd, 2 — trzeciorzęd, 3 — górna kreda, 4 — zielone piaski, 5 — dolna kreda i jura. (Z geologji Kaysera).

Studnie artezyjskie dają nieraz niespodziewanie wodę w okolicach zupełnie bezwodnych. Pierwsze założono we Francji, w prowincji Artois, skąd ich nazwa pochodzi. Studnia w Grenelle, wywiercona w r. 1842,

natrafiła na wodę w głębokości 548 m. i dostarcza jej dzisiaj jeszcze w ilości 3 miljonów litrów dziennie. Temperatura tej wody wynosi 28°C, jest więc wyższą o 17°C od średniej rocznej tego miejsca. W kotlinie paryskiej wywiercono liczne inne studnie artezyjskie z równie dobrym wynikiem, ponieważ budowa geologiczna przedstawia nam wyjątkowo dogodne warunki, gdyż są tam miseczkowato zaklęsłe warstwy piasków, leżące na nieprzepuszczalnem podłożu, przykryte nieprzepuszczalnemi iłami (ryc. 52, 3 i 5—warstwy nieprzepuszczalne).

W późniejszych czasach założono studnie artezyjskie w różnych okolicach świata, często z bardzo dobrym rezultatem. Na Saharze, na pustyniach Australji, gdzie brak zupełnie źródeł, dostarczają obfitej wody jedynie studnie artezyjskie, bijące ze znacznych głębokości, wobec czego możliwe są osady ludzkie w tych bezwodnych okolicach; nieraz pochodzi woda tych studzien z okolic odległych o setki kilometrów, np. na Saharze aż z gór Atlasu.

Cieplice. Woda źródeł, pochodzących z większych głębokości ma temperaturę wyższą, niż przeciętna roczna okolicy, takie źródła nazywamy cieplicami, albo termami. Wiemy już, że woda studni artezyjskiej w Grenelle ma ciepłotę 28°C, jest więc termą. Zwyczajnie nazywamy cieplicami właściwemi, albo absolutnemi, tylko źródła, których temperatura przewyższa średnią roczną najcieplejszego miejsca na ziemi, t. j. 30°C.

Temperatura cieplic jest różna, dochodzi nieraz 100°C, a zależy naturalnie od głębokości, z której biją źródła. Przekonano się, że czasem istnieje związek pomiędzy obecnością źródeł gorących i głębokich szczelin w litosferze. Dla cieplic półn. Czech stwierdzono np. rozmieszczenie ich wzdłuż głębokich pęknieć skorupy. W podobny sposób stwierdził Suess dla okolicy Wiednia obecność kilku linij spękań, na jednej z nich leżą cieplice Vöslau i Badenu. W innym rozdziale, przy rozpatrywaniu zjawisk wulkanicznych, będzie sposobność omówienia łączności między cieplicami a zaburzeniami w skorupie ziemi, zaznaczamy tylko, że źródła gorące są częstem zjawiskiem na wulkanicznych obszarach.

Jak wiemy już (str. 12), wyróżnił Suess źródła jako młodociane i powierzchniowe. Pierwsze z nich mają temperaturę wyższą, zwierciadło ich wody nie okazuje zależności od ilości opadów w okolicy, a charakterystyczną ich cechą ma być obecność pierwiastków częstszych w głębszych warstwach ziemi, jak bor, fluor, chlor, miedź, nikiel, arsen. Czy te zapatrywania są słuszne, trudno narazie jeszcze osądzić.

W Polsce mamy tylko jedną cieplicę w Jaszczurówce, koło Zakopanego, o temperaturze wahającej się między 19·3 a 19·7°C, wedle najnowszych pomiarów. Jakkolwiek są więc jej wody tylko bardzo słabą cieplicą, przecież obecność ciepłej wody daje się wyraźnie odczuwać, zwłaszcza w zimie, w najbliższej okolicy źródła.

Źródła mineralne. Wody wgłębne nie tylko roztwarzają łatwo rozpuszczalne minerały, ale ze względu na zawartość tlenu i bezwodnika węglowego, także trudno rozpuszczalne, nic przeto dziwnego, że wody źródlane zawierają zawsze w roztworze znaczniejszą ilość soli mineralnych. Woda zdatna do picia nie powinna zawierać więcej, jak 0·5 gr. części stałych na litr wody; zależnie od ilości części stałych, mówimy o różnych stopniach twardości wody [1]).

Wody źródlane, zawierające większy procent soli, nazywamy wodami mineralnemi. Zależnie od składników, rozróżniamy solanki (chlorek sodu), szczawy (nadmiar bezwodnika węglowego), siarczane (siarkowodór i siarczany), alkaliczne (węglan sodowy) i t. p.

Doniosłe lecznicze znaczenie wód mineralnych jest powszechnie znane, nic więc dziwnego, że tam, gdzie wydobywają się źródła mineralne, powstały zakłady kąpielowe, w których szukają ulgi tysiące chorych. W Polsce są źródła siarczane: w Krzeszowicach, Swoszowicach, Szkle, Niemirowie, Lubieniu, Pustomytach, Truskawcu, szczawy w Krościenku nad Dunajcem, Żegiestowie, Szczawnicy, Krynicy, Rymanowie, Iwoniczu, Oblęgorku i Nałęczowie; solanki są wszędzie na Podkarpaciu, a także: w Solcu, Busku, Ciechocinku i Inowrocławiu; wody z solami gorzkiemi w Morszynie, jod zaś i brom zawierają wody w Iwoniczu, Rabce i w Rymanowie.

CHEMICZNE DZIAŁANIE WODY.

Woda, znajdująca się w przyrodzie, nie jest chemicznie czystą, lecz zawiera niektóre minerały w roztworze. Jedne z nich rozpuszczają się bardzo łatwo, jak sól kamienna, inne nieco trudniej, jak gips i wapień, ale prawie każdy minerał jest rozpuszczalny w wodzie, chociażby w małej ilości. Większą jest zdolność rozpuszczania wody, jeżeli zawiera w sobie CO_2, a każda woda, zwłaszcza źródlana, zawiera ten związek. Łatwo zrozumiemy więc, że woda, krążąca w skałach, wytwarza próżnie rozmaitej wielkości, od małych szczelin i wgłębień do pieczar nieraz bardzo obszernych.

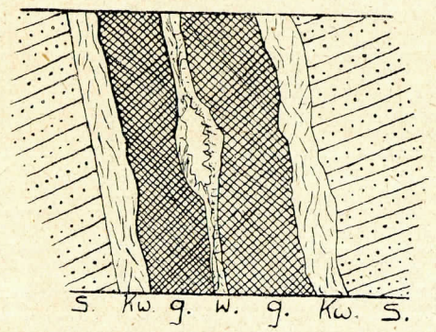
Nawet woda deszczowa, spływająca po skałach, zdoła nieraz przez roztworzenie wytworzyć bróżdy, biegnące w kierunku jej spadku, częstsze zwłaszcza na skałach wapiennych. Z powodu tego samego działania jest wiele wyżłobień i zaklęsłości na zboczach gór wapiennych. Tą drogą powstały t. zw. pola karrowe (Karren, albo Schratten) geologów niemieckich, najczęstsze na wysokich górach, poniżej linji wiecznego śniegu, chociaż nie brak ich także gdzie indziej.

[1]) Zawartość jednego miligrama węglanu wapniowego w litrze wody odpowiada we Francji jednemu stopniowi twardości. Dobra woda do picia ma 20—30 stopni, powyżej 36 stopni, nie nadaje się ani do picia, ani do gotowania.

Z wodą źródlaną dostają się rozpuszczone sole mineralne do rzek, a stąd do mórz. Zwrócono uwagę, że ilość soli, wydartych tą drogą lądowi, a więc ubytek mas skalnych, jest bardzo znaczny, skoro np. Wisła w dolnym biegu unosi w roztworze 201 gramów części stałych w jednym metrze sześciennym, a wedle obliczeń, przynoszą wszystkie rzeki ziemi rocznie w roztworze 4·92 km. sześciennych.

Rozpuszczając niektóre składniki skał, np. skalenie granitów, zmienia woda zwięzłość skał i sprawia, że wietrzenie wśród nich postępuje łatwo. Mineralogja bada, w jaki sposób za działaniem wody zmieniają się minerały dając nowe związki, nie należy więc to do naszych rozpatrywań.

Rozpuszczone minerały osadza woda z powrotem i tem się objawia jej twórcze działanie. W szczelinach wśród skał osadza kalcyt, dlatego też są tak częste żyłki tego minerału w skałach. Większe szczeliny wypełniają minerałami albo wody zimne, przyniesione z wierzchu, albo ciepłe, podnoszące się z głębi ziemi, tworząc żyły mineralne (ryc. 53): jałowe, jeżeli wypełniające ją minerały nie mają praktycznego użycia, szlachetne, jeżeli są wśród nich rudy metali. Wyszukiwanie żył i śledzenie ich przebiegu i wydobycie użytecznych minerałów jest zadaniem górnika.

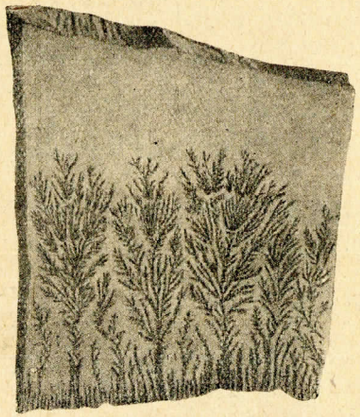


Ryc. 53. Przekrój żyły mineralnej. w—wapień, g—galenit, kw—kwarc, s—skała. (Freiberg. Saksonja).

W pieczarach osadzają wody wapień pod postacią przeróżnych nacieków, które wkrótce poznamy, gdy będzie mowa o pieczarach i ich powstaniu. Woda źródeł osadza wapień również, lecz jako skałę lekką, porowatą, znaną pod nazwą trawertynu. Wypływając ze źródła, utraca woda bezwodnik węglowy i z tej też przyczyny nie może rozpuścić tyle wapienia, ile miała przedtem. Gdy woda płynąc prędko, zwłaszcza na szypotach i wodospadach, traci więcej tego gazu, wytwarzanie się trawertynu postępuje szybko, przyczem doniosłe znaczenie należy przypisać roślinom wodnym, które, odbierając wodzie potrzebny im do asymilacji CO_2, wydzielają węglan wapniowy. U nas wytwarza się trawertyn często nad rzekami, np. nad Czarną koło Krakowa, w Zubrzy koło Lwowa, nad Strypą koło Jazłowca, a częste są na nim odciski liści roślin, dzisiaj rosnących. Olbrzymie pokłady znane są we Włoszech, wodospady rzeki Arno koło Tivoli wytwarzają wprost ogromne ilości tej skały. Czasem wydzielają wody wapień pod postacią kuleczek, z ich zespolenia powstaje wapień oolitowy, także pizolitowym zwany. Podczas gdy węglan wapniowy wydziela się ze źródeł zimnych przeważnie jako wapień, wydzie-

iają go wody gorące, jako aragonit, np. źródła Karlsbadu w Czechach. Czasem zawierają gorące źródła w roztworze krzemionkę; gdy będzie mowa o gejzerach, poznamy także ich krzemionkowe osady.

Oprócz węglanu wapniowego wydzielają wody rzeczne i stojące sole żelaza jako limonit (ruda bagienna). Znane są każdemu rdzawe naloty na wodach wolnopłynących, przez nieświadomych uważane czasem za ślady ropy naftowej, które są wydzielonym wodorotlenkiem żelaza.



Ryc. 54. **Dendryty na płycie wapiennej.** (Z Zarysu geologji autora).

Szczelinami wśród skał krążąca woda wydziela nieraz połączenia manganu pod postacią jak gdyby krzaczków, widocznych na powierzchni płyt skalnych. Są to dendryty (ryc. 54), dawniej uważane mylnie za ślady roślin. W mniejszych próżniach wśród skał osadza woda, np. geody ametystu, albo konkrecje wapienne w iłach trzeciorzędowych (septarje), lub w glinie nawianej (lalki lessowe). Woda, przepajając piaski wapieniem, lub krzemionką, wydziela spajające je spoiwo (lepiszcze) i tą drogą zamienia luźne piaski w zwięzłe piaskowce, względnie żwiry w zlepieńce.

PIECZARY I INNE ZJAWISKA KRASOWE.

Na obszarach, zajętych przez skały wapienne, lub dolomitowe, które są prawie zawsze spękane, nie spływają wody opadowe po powierzchni, lecz wnikają szczelinami w głąb. Okolice te są więc ubogie w wodę, która krąży natomiast wewnątrz skał i powiększając szczeliny, tworzy koryta rzek podziemnych.

Wszędzie, gdzie z wierzchu są skały wapienne, lub gipsowe, można zobaczyć na mniejszą lub większą skalę tego rodzaju zjawiska. W olbrzymich rozmiarach występują one jednakowoż na Krasie, t. j. na wapiennym obszarze, zalegającym prawie całą Krainę, Istrję, Dalmację i Hercogowinę (ryc. 55). W Postojnie (Adelsberg) w Krainie, gubi się w olbrzymich pieczarach rzeka Poik i wypływa dopiero z pieczary Planiny, odbywszy 8900 m. pod ziemią, z czego zdołano poznać 5900 m., dzięki niestrudzonym zabiegom odważnych badaczy. Potem płynie ta rzeka, otrzymawszy nazwę Unz, pewien czas na powierzchni, ale gubi się wkrótce pod ziemią, a dalsze jej losy nie są znane. Rzeka Reka płynie wprawdzie długi czas na powierzchni, jednakowoż w Św. Szkocjanie (St. Canzian) zapada w przepaściste pieczary; z podziemnego

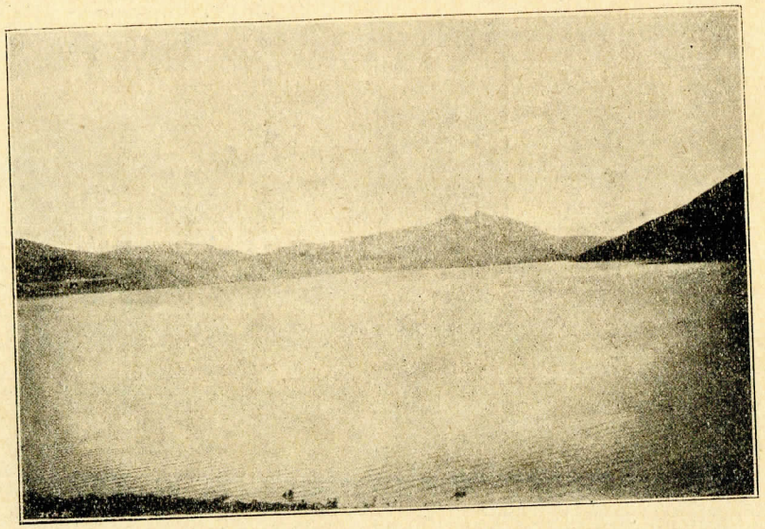
jej biegu zdołano zbadać tylko 2100 m. Przypuszczają, że wody jej wypływają później, jako krótka rzeka Timavo, wpadająca w San Gioviani di Duino, koło Triestu do morza; wedle innych przypuszczeń, biją wody Reki na północny zachód od tego miasta, jako źródła Auriziny, dostarczające wody wodociągom miejskim. Rzeka Trebinjčica w Hercogowinie gubi się w polju Popovo; prawdopodobnie wypływają jej wody koło Gravosy, obok Raguzy, jednem źródłem (Ombla) tak potężnem, że dają początek krótkiej rzece, po której jednakowoż tuż poza źródłem mogą płynąć małe okręty.

Ryc. 55. **Krajobraz krasowy z okolicy Św. Szkocjanu w Istrji.** (Z Neumayra).

Innem zjawiskiem pospolitem na Krasie są „**doliny**", miseczkowate zaklęsłości terenu o rozmaitej średnicy (100 m. i więcej), do 20 m. głębokie, rozsiane gęsto jedna obok drugiej. Wśród nieurodzajnych skał wapiennych są one jedynem miejscem, gdzie znajduje się nieco gleby, na której może tamtejszy mieszkaniec uprawiać jarzyny, lub zboże, tutaj zbiera się też mała ilość wody deszczowej, chociaż i ona ginie wkrótce, odpływając podziemnemi szczelinami. Wytworzyły się doliny przez rozpuszczenie wapienia przez wody ginące w szczelinach, powstają jednakowoż także przez zapadanie się pieczar, w które Kras obfituje.

Polja są dla Krasu znamiennym utworem innego rodzaju. Nazywają tak podłużne zaklęsłości o wyrównanem dnie, które są perjodycznie zalewane przez wodę. Z końcem wiosny wysycha polje, ponieważ pod-

ziemnemi otworami (ponory) odpływa woda, nagromadzona podczas pory deszczowej. Poljem jest znane jezioro Cyrknickie w Krainie, do więk-



Ryc. 56. Popovo polje w czasie zalewu. (Z Łozińskiego).

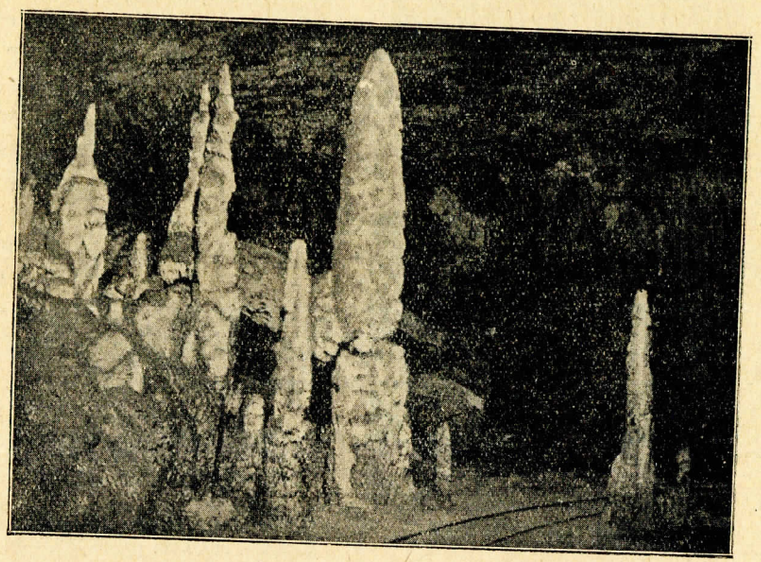
szych należy Popovo polje w Hercegowinie (rys. 56), w którem się kończy rzeka Trebinjčica, wypływająca później, jak mówiliśmy, jako źródło Ombla koło Raguzy.

Pieczary. Ponieważ wody krążące wśród wapieni roztwarzają je ciągle, przeto wytworzyły się w Krasie rozliczne pieczary, niektóre są opuszczonem łożyskiem wód podziemnych. Jest ich tam bez liku, a przypadek odkrywa nowe. Niektóre są olbrzymie, np. pieczary Postojny, w całości do 6 km. długie, w Opcinie koło Triestu, w Św. Szkocjanie i inne. Tajemniczą otchłanią podziemia nęcą pieczary nie tylko turystę, lecz także badacza. Na umysł turysty działa nęcąco niesamowita pustka olbrzymich przestrzeni, jeżeli jednakowoż światło rozprószy ciemności, widzimy w nich wiele przepięknych, a fantastycznych tworów: słupy wypełniają pieczary, tworząc jak gdyby kolumnadę tajemniczych zamków, a zasłony i draperje zwisają ze stropu. Gdy zwiedzamy pieczarę w Postojnie oświetloną światłem elektrycznem, wspaniałe efekta wnętrza występują wyraźnie.

Te słupy i zasłony, owe jak gdyby zaklęte postacie, to wszystko są wapienne nacieki. Krople wody parują, dostając się na strop pieczary [1]) i osadzają tem łatwiej nieco zawartego w sobie wapienia, iż woda

[1]) W suchych pieczarach tworzą się nacieki łatwo, ponieważ suche powietrze ułatwia parowanie wody, natomiast w wilgotnych nacieki nie tworzą się łatwo.

ich, nie będąc pod takiem ciśnieniem, jak wewnątrz skał, oddaje nieco bezwodnika węglowego, który przedtem ułatwiał roztworzenie wapienia. Spadając na dno pieczary, oddaje także kropla wody nieco wapienia i tą drogą tworzy nacieki rosnące od góry ku dołowi (stalaktyty) i od dołu ku górze (stalagmity). Rozmaitość kształtów w przyrodzie jest znana, przeróżne więc kształty przybierają nacieki, wypełniając pieczary w tak fantastyczny sposób, jak wnętrza pałaców z bajek (ryc. 57).

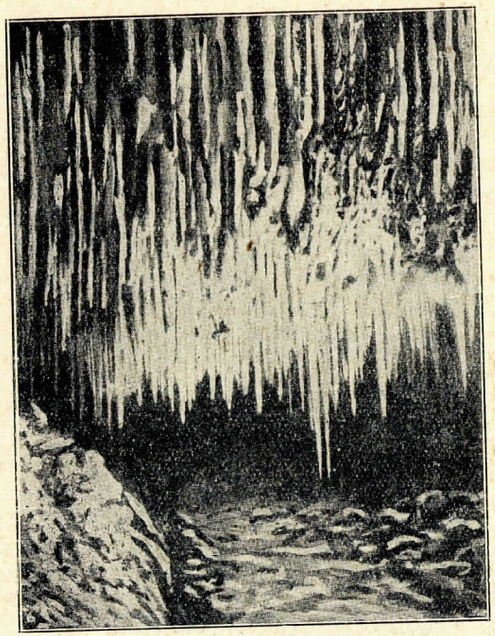


Ryc. 57. Część pieczar w Postojnie. (Wedle fotografji).

Pieczary, zwiększając się, mogą łatwo się zapaść, jeżeli warstwy tworzące strop są zbyt słabe; wiemy już, że niejedna z dolin w Krasie powstała tą drogą. Pieczary w skałach gipsowych, lub w pokładach soli, rosną szybko ze względu na łatwą rozpuszczalność tych skał, łatwo też zapadają się i niszczeją. Nierówności na powierzchni powstają naturalnie także przy zapadaniu się kopalń, przykładem zapadnięcia w Inowrocławiu, powstałe po zawaleniu się próżni w tamtejszych kopalniach soli.

W Polsce nie brak pieczar. Liczne są w wapiennej i dolomitowej części Tatr, kilka jest w dolinie Kościeliskiej (Mylna, Zbójnicka), są też w Kopie Magóry, ale największemi są Bialskie groty po południowej stronie Tatr, a chociaż są mniejsze od pieczar w Postojnie, przecież są rozległe i wypełnione pięknemi naciekami. Okolica Krakowa (wapienne pasmo krakowsko-wieluńskie) ma pieczary u stóp Wawelu (Smocza jama), w Mnikowie, Ojcowie (grota Łokietka i liczne inne). W gipsach w okolicy Buska, na południe od Kielc, są pieczary w Skorocicach; na Podolu są częścią w gipsach, częścią w skałach wapiennych, np. we Lwowie na

Pasiekach (Miodowa grota), w Łokutkach koło Tłumacza z pięknemi naciekami (ryc. 58), w Bilczu nad Seretem, lub też w niedostatecznie jeszcze poznanej grocie w Krzywczu koło Borszczowa.



Ryc. 58. Grota w Łokutkach koło Tłumacza. (Z Zarysu geologji autora).

Są także pieczary powstałe przez spękanie i obsunięcie warstw skalnych, np. niewielka, ale ciekawa pieczara w Malinowie u źródeł Wisły, koło wsi tej nazwy na Śląsku, lub pieczara w Stradczu koło Lwowa, rozszerzona przez działanie wody i przez człowieka, który w niej szukał schronienia w czasie nieprzyjacielskich napadów.

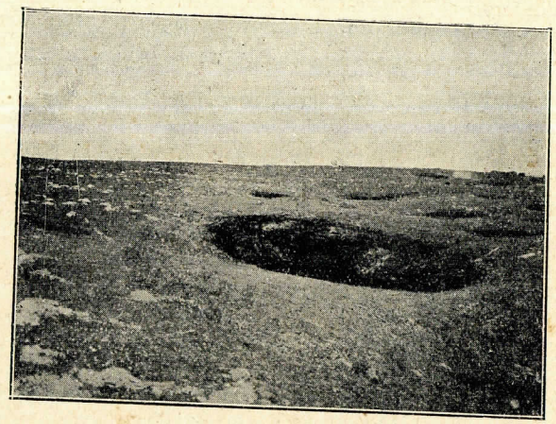
Pieczary mają znaczny interes naukowy także z tej przyczyny, ponieważ w nich znajdują się resztki dawnych zwierząt i dawnego człowieka. Zwierzęta miały kryjówki w pieczarach, tam mieszkał także i człowiek pierwotny, nim począł budować lepsze mieszkania. Najstarsze resztki tych dawnych mieszkańców są w glinach przykrytych rumowiskiem, spadłem ze stropu. Zmieniające się naprzemian warstwy glin z różną zawartością resztek zwierzęcych świadczą, jak kolejno zmieniali się mieszkańcy pieczar.

Tak zwane „okna" na Podolu powstały również przez wyługowanie wapieni. Są to głębokie, okrągławe stawki, np. Sine Okno w lasach między Podhorcami, a Pieniakami koło Brodów (ryc. 59). Silne źródła biją tu na granicy przepuszczalnych wapieni i nieprzepuszczalnego marglu kredowego i wypełniły dwie kolistawe zaklęsłości terenu, łączące się w dwa malownicze stawki. Leży Sine Okno w wąskim, śródleśnym parowie; niebieskawe jego wody przedstawiają zwłaszcza wiosną w obramowaniu lasów bardzo piękny widok. Pogłębienie się stawków, które z biegiem czasu złączyły się w jeden, jest zapewne wynikiem chemicznego roztwarzania zimnej wody źródlanej, bogatej w CO_2. Podobne stawki są koło Tomaszowa Rawskiego nad Pilicą, skąd znane są także i rzeki pod ziemią płynące (rzeczka Ginąca).

W okolicach, w których są gipsy, są częstem zjawiskiem lejki gipsowe. Nazywamy tak lejkowate zaklęsłości terenu o kilku, lub kilkunastumetrowej średnicy, a głębokości mniejszej od średnicy; zwyczajnie suche, wypełniają się z wiosną wodą, albo też są stale wodą wypełnione (ryc. 60). Okolica Szczerca na południe od Lwowa ma ich

Ryc. 59. Sine Okno koło Podhorzec. (Wedle fotografji autora).

wiele, liczne są na całem Podolu i na Pokuciu, zwłaszcza w okolicy Horodenki, nazywają je tam oknami. Powstają lejki gipsowe przez powolne wyługowanie gipsów. Są one tak znamienne dla obszarów gipsowych, że z ich obecności wnioskujemy słusznie na obecność gipsów w warstwach głębszych, chociaż na powierzchni nie znajdują się wcale. Łatwa rozpuszczalność gipsów sprawia, że wytworzyły się w nich pieczary, które, zapadając się, dały początek zaklęsłościom powierzchni. Część lejków gipsowych wytworzyła się niewątpliwie tą drogą, a także podłużne zapadłości, zwane na Podolu wertebami.



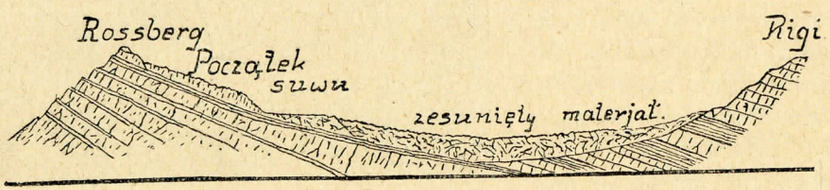
Ryc. 60. Lejki gipsowe koło Szczerca. (Wedle fotografji autora).

Z omówienia zjawisk krasowych wynika, że obszary niemi objęte charakteryzują się obecnością pieczar, wodami opadowemi, znikającemi w głębi, a dającemi początek wodom podziemnym i obecnością zaklęsłości terenu, powstałych przez wymycie wodą, lub przez zapadanie się pieczar. Na obszarach zajętych przez skały wapienne, gipsowe i dolomitowe, widzimy w Polsce nierzadko krasowe zjawiska, chociaż na mniejszą skalę, jak na Krasie właściwym; są one w wapiennej części Tatr, w wapiennem pasmie krakowsko wieluńskiem, na obszarach wapiennych gór Świętokrzyskich i na otaczających je jurajskich górotworach, także na Podolu, na obszarach zajętych przez wapienie i gipsy.

SUWY.

W górach zdarza się nieraz wśród nachylonych warstw skalnych, że warstwy iłów, lub miękkich łupków, przesiąkają tak dalece wodą wgłębną, iż stają się prawie półpłynną masą. Na nich leżące warstwy skał zwięzłych, jeżeli nachylenie jest zbyt silne, tracą z powodu zmniejszonego tarcia łączność z warstwami iłowemi i przez działanie siły ciężkości zesuwają się w dół; często przyczyną jest nacięcie warstw skalnych przez erozję potoków. Mówimy w tych wypadkach o suwach, albo o osuwiskach górskich. W Karpatach są wśród zwięzłych piaskowców często wkładki iłów, lub łupków iłowych, suwy nie są więc rzadkiem zjawiskiem. Częste są one z wiosną po tajaniu śniegów, a także w lecie lub w jesieni po długotrwałych deszczach; za przykład może służyć wielki suw na Doboczance w Karpatach wschodnich w r. 1897.

Suwy należą do zjawisk nieraz zgubnych dla człowieka. Czasem obsuwają się całe zbocza gór; z donośnym hukiem spadają, jak lawina, olbrzymie masy skalne, zmiatają lasy, a dostawszy się w dolinę, zasypują osady i grzebią mieszkańców. Nieraz jakby tamą zamykają rzeki, a wtedy klęska powodzi powiększa katastrofę. Znane są przykłady su-



Ryc. 61. **Suw w Goldau z r. 1806.** (Wedle Heima, z Neumayra).

wów w Alpach, które spowodowały bardzo wielkie zniszczenia. Dnia 2 września 1806 r. obsunęły się w okolicy Czterech Kantonów, w miejscowości Goldau, na górze Rossberg, wierzchnie warstwy zlepieńca, leżące na warstwach marglowych, które po długich deszczach nasiąkły wodą

obficie. Trzy wsie zostały zasypane, 457 osób zginęło, a dopiero na zboczach góry Rigi zatrzymały się obsunięte masy skalne, których objętość obliczano na 15 miljonów metrów sześciennych (ryc. 61).

Na obszarach zajętych przez glinę, lub iły, zdarza się, że pęcznieją one podczas pory deszczowej nieraz tak dalece, że spływają w dół, rozlewając się nakształt stożka. W Sandomierskiem i w Karpatach wśród gliny nawianej, koło Włocławka i Dobrzynia wśród iłów mioceńskich, obserwować można tego rodzaju suwy, zwane z włoskiego f r a n a m i. Tak było podczas suwu w Szymbarku w Karpatach zachodnich w roku 1913 [1]), lub w Tymowej, w powiecie Brzeskim, w r. 1908.

Jak suwy głównie działaniu siły ciężkości zawdzięczają swe powstanie, tak też wynikiem jej działania są stożki nasypowe, nagromadzone u zboczy ścian skalnych, powstające łatwiej, jeżeli warstwy skalne są mało zwięzłe. Ku zboczom parowów nachylają się nieraz warstwy obsunięte przez działanie siły ciężkości, chociaż ich właściwe nachylenie jest wręcz przeciwne (ryc. 17).

W mało zwięzłych warstwach skalnych (piaski i żwiry), zwłaszcza leżących na nieprzepuszczalnem podłożu, mogą ich cząstki ulegać wzajemnemu przesuwaniu, czego wynikiem są nachylenia, względnie nawet sfałdowania, nie mające niczego wspólnego z ruchami górotwórczemi.

DZIAŁANIE RZEK.

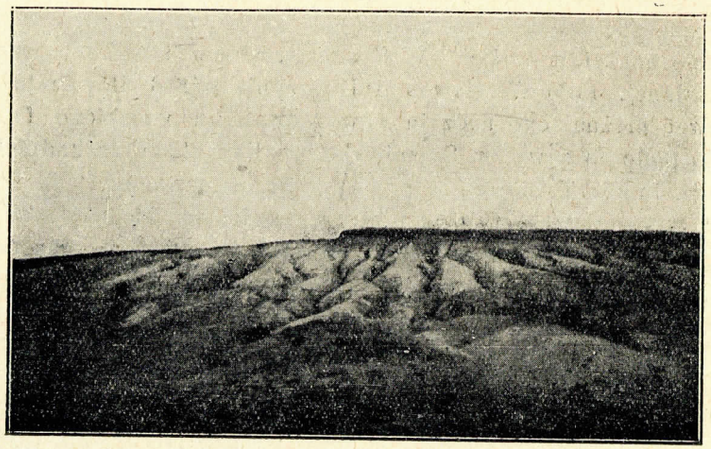
Zajmiemy się teraz losem tej części wód deszczowych, która spływa po powierzchni. W tych rzadkich wypadkach, gdy teren jest tak zupełnie poziomy, że wody nie mogą spływać, a z wierzchu, lub w nieznacznej głębokości są nieprzepuszczalne skały, gromadzi się woda na powierzchni, tworząc grząskie mokradła. Zwyczajnie nachyla się naziom, chociażby słabo, wskutek czego mogą wody odpływać w kierunku spadku.

Nawet nieznaczne strugi deszczowe unoszą lekki materjał skalny, co poznajemy łatwo po mętnej barwie ich wody. Przez zabranie go z podłoża powstają zrazu nieznaczne rowy, zwiększające się jednakowoż z każdym deszczem, które dają początek parowom. Dowodem tego, że nawet strugi, chwilowo po deszczach płynące, działają w ten sposób niszcząco, są liczne parowy o suchem dnie, które prawie wszędzie widzimy, tworzące czasem dziwne żebra erozyjne, nie rzadkie na zboczach (ryc. 62).

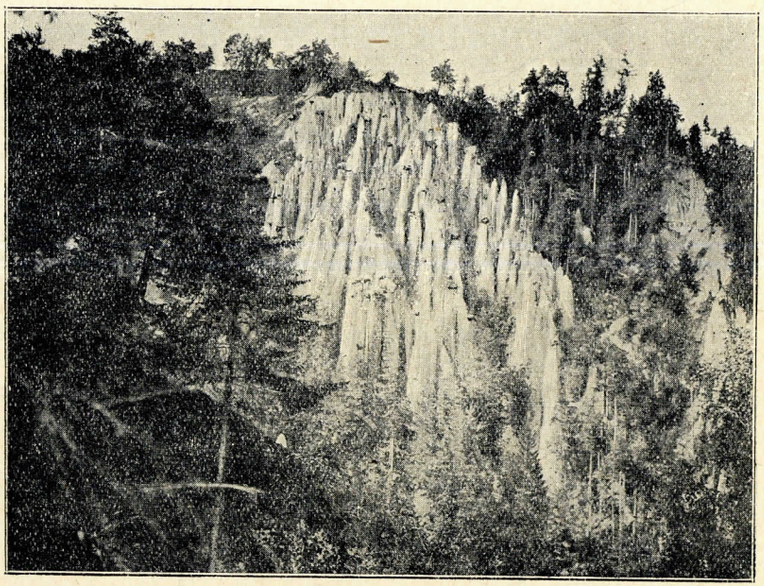
[1]) L. Sawicki: Osuwisko ziemne w Szymbarku... w r. 1913. Rozprawy Krak. Akad. Um., ser. III, t. 16, dział A. Kraków 1917.

W. Łoziński: O usuwaniu się gliny w Tymowej. Sprawozd. Kom. Fizjogr. Akad. Um., tom 43. Kraków 1909.

Wody deszczowe powodują żłobiąc czasem ciekawe zjawisko piramid ziemnych, które są częste np. koło miasta Bozen w południowym Tyrolu (ryc. 63). Zbocza gór pokrywa tam glina lodowcowa, zawierająca większe otoczone bryły skalne. Wody deszczowe, spływając po zboczach, spłókują glinę i wytwarzają głębokie, coraz silniej rosnące



Ryc. 62. **Żebra erozyjne w marglu kredowym**, wzgórze Hołdy k. Brodów. (Wedle fotografji autora)



Ryc. 63. **Piramidy ziemne w Oberbozen w Tyrolu.** (Wedle fotografji autora).

parowy. Miejsca, na których leżą głazy, zostają nietknięte, ponieważ one chronią przed wodą glinę pod niemi leżącą, nic więc dziwnego, że, wobec spłókania gliny w miejscach wolnych od głazów, sterczą ocalałe partje gliny nakształt słupów do 30 m. wysokich, przykrytych z wierzchu głazem skalnym.

U nas można także obserwować podobne zjawiska, np. w Kosowie u podnóża Karpat wschodnich, w mioceńskich piaskach, z których wyzierają nieraz wielkie, luźne bryły piaskowca, również w glinach morenowych niżu.

Erozja rzek. Woda płynąca wykonywa pracę mechaniczną przez unoszenie cząstek skalnych. Ziarna piasku i żwiry toczone przez wodę żłobią podłoże, chociażby niem była twarda skała i pogłębiają przez to koryto. Możnaby porównać działanie wody płynącej do piły w ruchu; ziarna piasku i żwiry są zębami tej piły, którą rzeka płynąca coraz głębiej wrzyna się w podłoże. To żłobiące działanie wody nazywamy erozją[1]). Jej wynikiem jest pogłębienie koryta rzeki, co nastąpi tem łatwiej, im mniej zwięzłe są skały, przez które rzeka płynie. Jednakowoż nawet bardzo twarde nie mogą stawić erozji dłuższego oporu, czego przykładem jest rzeka Simeto na Sycylji; wytworzyła ona 15 m. głębokie i tyleż szerokie koryto w strumieniu lawy, który ją zatamował w r. 1603. W miękkich skałach następuje szybko pogłębienie koryta rzeki. W glinach ulegających najłatwiej erozji powstają one tak szybko, że już po kilku latach widzimy tam głębokie parowy, gdzie przedtem ich wcale nie było.

Erozja wody polega nie tylko na wydzieraniu z koryta części skalnych, ale także na ich przenoszeniu. Przy nieznacznej prędkości unosi już woda łatwo materjał skalny. Z pomiarów wynika, że woda

przy prędkości 0·2 m. na sekundę unosi drobny piasek
„ „ 0·3 „ „ „ „ grubszy „
„ „ 0·7 „ „ „ „ drobny żwir
„ „ 0·9 „ „ „ „ żwir wielkości grochu
„ „ 1·6 „ „ „ „ „ „ jaja gołębiego
„ „ 1·7 „ „ „ „ kamienie wagi 1·5 kg.

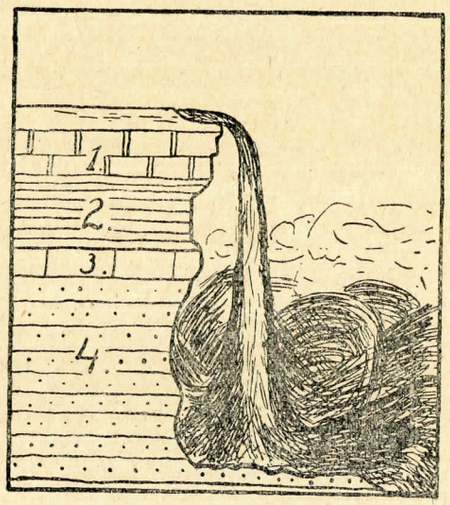
Unoszone kawałki skalne uderzają o siebie, wskutek czego bywają zmniejszone i zaokrąglone, przybierają więc kształt jajowaty. Jak szybko maleją wymiary żwirów, tego dowodzi spostrzeżenie, że np. w rzece o silnym spadku zamieniły się kawałki gnejsu i łupku łyszczykowego o średnicy 0·2 m. już po 5—6 km. drogi na żwir o średnicy 0·02 m. Naturalnie, szybkość zmniejszania się wymiarów żwiru zależy od jakości

[1]) Nazwa z języka łacińskiego erodo — żłobię.

skały; w podanym przykładzie zmniejszyły się w tym stopniu kawałki granitu dopiero po przebyciu 10 do 12 km.

Najsilniej erodują rzeki w górnym biegu, gdzie mają silny spadek, stąd też pochodzą głębokie doliny, któremi płyną. Od masy wody zależy również wydatność pracy erozyjnej. Podczas roztopów wiosennych i obfitych deszczy zwiększa się stan wody, rośnie także jej prędkość i wtedy erozyjne działanie potęguje się do niezwykłej siły.

U wodospadów objawia się erozja wydatnie. W górach są one częstem zjawiskiem, gdyż potoki płyną tam, tworząc szypoty i małe spady. Gwałtowny nacisk rzuconej w głąb masy wody sprawia, że dno wodospadu pogłębia się ciągle. Równocześnie ulega zniszczeniu tylna ściana wodospadu, skały jej obrywają się kawałami i wodospad cofa się wstecz.



Ryc. 64. **Przekrój przez wodospad Niagary.** 1—wapień Niagary, 2—margiel Niagary, 3—wapień Clinton, 4—piaskowiec i margiel Medina. (Z Kaysera).

W niektórych wypadkach potęguje się niszczące działanie wodospadu; klasycznym przykładem jest znany wodospad Niagary. Tworzy go, jak wiadomo, rzeka św. Wawrzyńca między jeziorem Erie i Ontario, z których pierwsze leży o 101 m. wyżej od drugiego; różnicę wysokości powoduje pokład skał sylurskich, który, tworząc wysoką terasę, opada ku jeziorowi Ontario koło miejscowości Queenstown (ryc. 64).

Pierwotnie odpływały wody jeziora Erie inaczej. Zatamowane podczas doby lodowej, zwróciły się w obecnym kierunku, spadły u brzegu terasy i wytworzyły wodospad koło Queenstown. Tutaj podmywały one miękkie skały leżące u spodu terasy, wskutek czego wyżej leżące twarde wapienie traciły podstawę i zapadały się w głąb. W ten sposób, cofając się wstecz, wyżłobił sobie wodospad powoli parów i doszedł obecnie od Queenstown aż do Niagary. Z wysokości 50 m. spada tu w bezdenną przepaść olbrzymia masa wody [1]), a mała wysepka Kozia dzieli wodospad na dwa ramiona: amerykańskie i kanadyjskie.

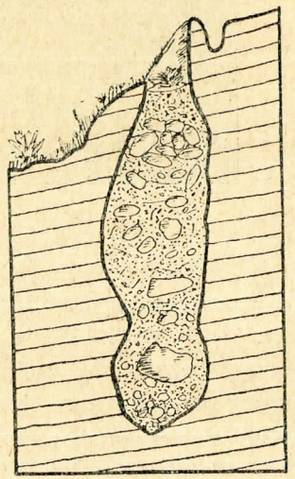
Od miejsca spadu płynie rzeka św. Wawrzyńca wytworzonym przez siebie jarem (kenjonem), który jest obecnie 12 km. długi, a 70–80 m. wysoki; ponieważ także obecnie cofa się wodospad wstecz, przeto kenjon przedłuża się ciągle. Wedle dawnych obliczeń, wykonanych przez znakomitego geologa Lyella, wynosi roczne cofanie się Niagary 33 cm., z czego obliczył, że cofnięcie się wodospadu od Queenstown do dzisiejszego położenia, dokonało się w ciągu 36.000 lat, przypuściwszy, że wodospad cofał się przez cały czas jednakowo. W dalszym ciągu należy przyjąć, że za 70.000 lat cofnie się wodospad aż do jeziora Erie; wtedy zniknie on, a wody jeziora w znacznej części przeleją się jarem.

[1]) 10.000 metrów sześciennych na sekundę.

Nowe obliczenia Gilberta i Woodwarda, oparte na danych od roku 1842 do 1875 wykazały, że wodospad Niagary cofa się silniej, mniej więcej 0·662 m. rocznie, przyczem amerykańskie ramię słabiej od kanadyjskiego. Z obliczeń ich wynika, że wytworzenie się jaru od Queenstown odbyło się w czasie znacznie krótszym, gdyż tylko w ciągu 7.000 lat.

Tego rodzaju obliczenia nie mogą być ścisłe, chociaż nie są bez znaczenia. Mówiliśmy już, że tworzenie się kenjonu rozpoczęło się z końcem doby lodowej, moglibyśmy przeto z pewnem przybliżeniem oznaczyć czas, który od niej upłynął.

Woda wodospadów porywa z sobą kamienie i odrzuca je, przez co wytwarza na dnie zagłębienia o stromych ścianach. Są to lodowcowe młyny, lub kotły, nie rzadkie wogóle tam, gdzie rzeki płyną szybko. Znajdujemy kotły także w okolicach, zajętych przez lodowce, na dnie ich leży zwyczajnie kamień, który kocioł wytworzył (ryc. 65).

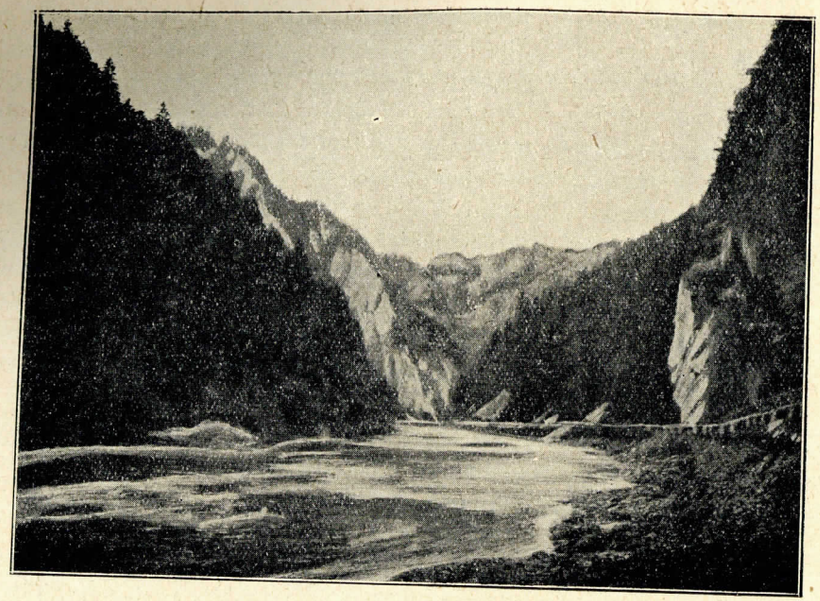


Ryc. 65. **Kocioł lodowcowy w przekroju.** (Wedle Bröggera).

W okolicach, gdzie warstwy skalne leżą poziomo, tworzą się doliny rzeczne w normalny sposób; w skałach o warstwach pofałdowanych, ulega kierunek częściej zboczeniu. Jeżeli rzeka płynie zgodnie z kierunkiem warstw, biegnie doliną podłużną, jeżeli płynie prostopadle do niego, mówimy o dolinach poprzecznych, przykładem karpackie dopływy Wisły i Dniestru. Właściwie płyną jednakowoż rzeki dolinami podłużnemi i poprzecznemi, wijąc się w rozmaity sposób, przyczem twardość skał, ich następstwo wzajemne i nachylenie mają pierwszorzędne znaczenie.

W górach widzimy rzeki płynące na dnie głębokich dolin, często o stromych, przepaścistych ścianach. Owe doliny są dziełem rzeki, chociaż czasem są zależne od linij pęknięć, np. górny bieg Wisły (ryc. 43), lub część doliny Czarnej Nidy między Ciekotami a Mąchocicami. Związek między biegiem rzek a linjami pęknięć nie jest w ogólności tak słaby, jak w ostatnich czasach sądzono, chociaż przedtem bywał przeceniany.

Pięknym przykładem głębokich dolin rzecznych jest przełom Dunajca przez Pieniny (ryc. 66), lub przełom Popradu przez Karpaty. Nie

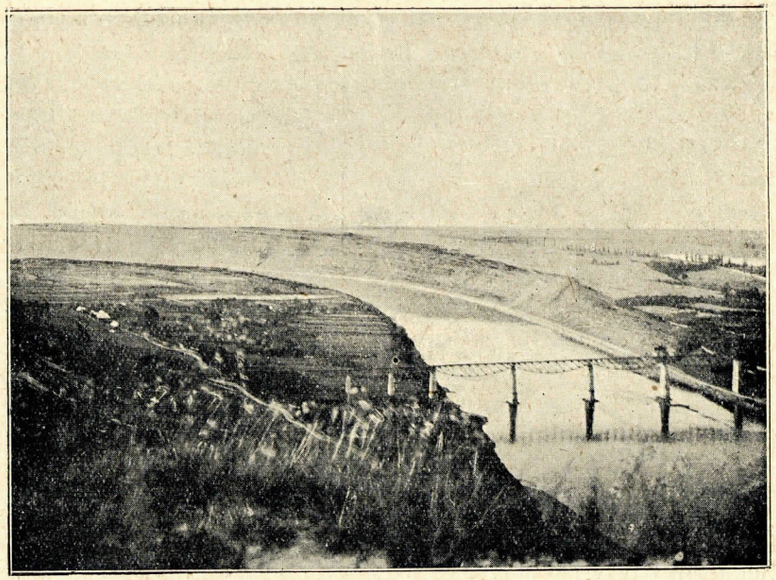


Ryc. 66. **Przełom Dunajca przez Pieniny.** (Wedle fotografji autora).

płyną te rzeki szczelinami, które wytworzyły się w pasmach górskich, lecz same wyżłobiły z biegiem czasu swe koryta. W tych wypadkach mamy przed sobą rzeki starsze od pasm górskich, a nie odwrotnie, jak przedtem sądzono. Góry nie powstawały nagle, lecz powoli, zwolna też wznosiła się zapora dla płynącej rzeki pod postacią tworzącego się wzgórza, rzeka miała jednakowoż dosyć siły, aby pokonać zaporę, wytwarzając przez to dolinę, która rosła w miarę tego, jak wypiętrzało się pasmo górskie.

Przyzwyczajeni jesteśmy widzieć tylko w górach rzeki płynące na dnie głębokich przepaści, czasem jednakowoż widzimy to zjawisko i poza obszarami przez nie zajętemi. Dniestr w części swego biegu przypadającej na płytę podolską, płynie na dnie głębokiego j a r u o pionowych ścianach, które są gdzie niegdzie do 150 m. wysokie (rys. 67), głębokiemi jarami płyną także rzeki podolskie, wpadające do Dniestru, jak Strypa, Seret, Zbrucz. Widok głębokich jarów jest tem bardziej niespodziewany, że podróżny, idąc po płaskowyżu, niespodzianie dochodzi nad brzeg jaru.

Przyczyną powstawania jarów jest brak licznych dopływów, które niszczą boczne ściany doliny rzecznej. Suchy, stepowy klimat i mniej obfite opady sprawiają, że erozja polega głównie na pogłębianiu koryta, a ponieważ Podole jest płaskowyżem o warstwach prawie poziomych, przeto proces żłobienia odbywał się tak prawidłowo. Wytworzenie się



Ryc. 67. **Jar Dniestru koło Zaleszczyk.** (Wedle fotografji autora).

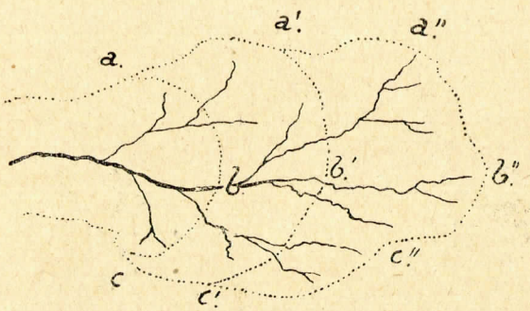
jarów należy odnieść do plejstocenu, kiedy Podole uległo częściowo wydźwignięciu, wskutek czego zwiększył się spadek wód i spotęgowała się ich erozja.

Znane są na ziemi głębsze jary, nawet do 2000 m. głębokie, zwane k e n j o n a m i. Pierwsze miejsce między niemi zajmuje Wielki kenjon rzeki Kolorado w Stanach Zjednoczonych. Rzeka ta wcięła się tak dalece w poziomo ułożone skały paleozoiczne, że wytworzył się jar miejscami do 2000 m. głęboki, a całkowitej długości 350 km. Właściwie są tu dwa kenjony; głębszy o pionowych ścianach, miejscami do 1000 m. wysokich i wyższy, rozleglejszy, o ścianach oddalonych od siebie nawet o 20 km. Strome jego brzegi okazują liczne wypukłości i zatoki, a ku przepaści zwrócone cyple przybierają przeróżne kształty, np. słupów, piramid, gzymsów skalnych i t. p.

Koniecznym warunkiem wytworzenia się kenjonu jest znaczna ilość wody w rzece, która ma wykonać erozyjną pracę, a nadto suchy klimat i brak bocznych dopływów, któreby niszczyły jego ściany. Poziome ułożenie warstw skalnych, często pionowo spękanych, ułatwia regularną erozję i wytworzenie przepaścistych ścian kenjonu. Górna, rozleglejsza część jego jest utworem znacznie starszym od dolnej, czyli od właściwego kenjonu, który powstał w ostatniej geologicznej dobie.

E r o z j a w s t e c z n a. Wiemy już, że rzeki unoszą, płynąc, materjał skalny, zabrany po drodze i że przez to i przez erozję dna pogłębiają

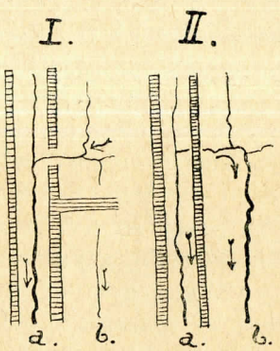
koryto. Ponieważ jednakowoż rzeki płyną po podłożu nachylonem, przeto wcinają się u źródeł w podłoże i przesuwają się ku szczytowi, a więc wstecz. Każdy dopływ rzeki przedłuża się w ten sposób, wskutek czego rzeka zwiększa obszar dorzecza. Rycina 68 unaocznia nam to zjawisko. Pierwotnie sięgał obszar dorzecza po linję a b c, następnie powiększył się po a'b'c', potem doszedł do a"b"c" i ustawicznie powiększa się dalej. To działanie rzek nazywamy erozją wsteczną.



Ryc. 68. Erozja wsteczna źródłowisk rzeki. (Z Kaysera).

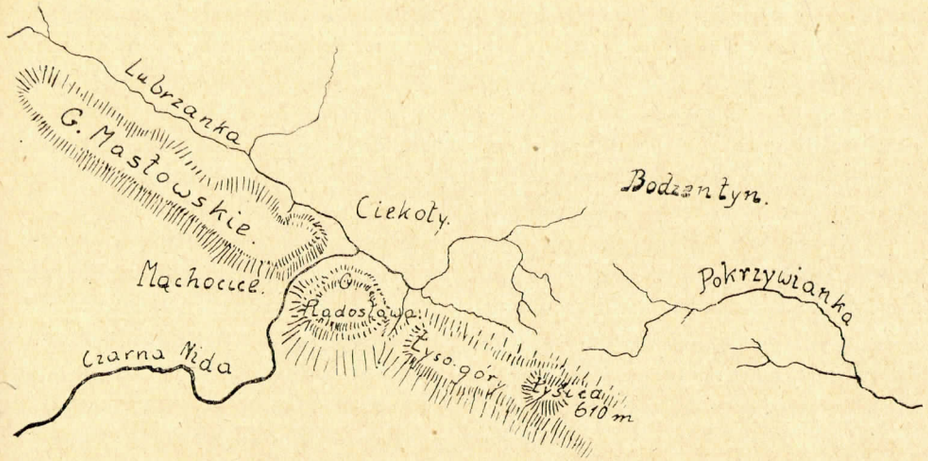
Jeżeli rzeki płyną po przeciwnych stronach pasma górskiego i wcinają się w nie coraz silniej, przybiera, przedtem prostolinijna linja działu wodnego, zygzakowaty przebieg, co widzimy wszędzie prawie, rozpatrując mapy. Naturalną jest rzeczą, że wskutek tego pasmo górskie ulega obniżeniu, zrozumiemy też, dlaczego najwyższe szczyty w Tatrach nie leżą na głównej linji działu wodnego, lecz na bocznych odgałęzieniach.

Nieraz zdarza się, że z dwu rzek płynących w przeciwnych kierunkach, jedna eroduje silniej niż druga, zwykle z powodu silniejszego spadku, chociaż mniej twardy materjał skalny mógłby być także przyczyną. Cofając się wstecz, może silniej erodująca rzeka dojść aż do doliny rzeki po przeciwnej stronie płynącej i zająć ją, a wtedy zwiększy pierwsza rzeka swe dorzecze kosztem drugiej (ryc. 69). Walka o dorzecze rozgrywa się wszędzie między rzekami; na ziemiach polskich nie jest ten objaw rzadkim. W górach Świętokrzyskich płynęła dawniej Lubrzanka ku Pokrzywiance, tworząc z nią jedną rzekę. Erozja wsteczna Czarnej Nidy koło Mąchocic przepiłowała zajętą przez żwir lodowcowy dolinę (por. str. 59) i zabrała nie tylko Lubrzankę, ale także część dawnej Pokrzywianki (ryc. 70) [1]). Silniej żłobiący Wiar (dopływ Sanu) poczynił zdobycze kosztem Strwiąża (dopływ Dniestru), co można dobrze widzieć na obszernej dolinie Błożewki wpadającej do Strwiąża,



Ryc. 69. Zdobywanie dorzecza przez rzekę silniej żłobiącą. (Z Kaysera).

[1]) St. Lencewicz: Dzieje górnej Lubrzanki (Czarnej Nidy) w czwartorzędzie. Warszawa 1913. Pam. Fizjograficzny t. 21.



Ryc. 70. Mapka górnego dorzecza Czarnej Nidy. (Wedle Lencewicza)

która jest obszerną, chociaż w niej płynie bardzo nieznaczny potok; dawniej Wiar i jego dopływy wpadały do Błożewki, która była potężną rzeką [1]). W podobny sposób zabrała wsteczna erozja rzeki Wiszni (dopływ Sanu) liczne małe dopływy Dniestru, np. Wiszenkę, która, chociaż zrazu kieruje się ku Dniestrowi, przecież później łączy się z Wisznią. W tem miejscu jest dział wodny tak wyrównany, że łatwo było połączyć rowami Wisznię z nieznacznym dopływem Dniestru, czyli Bałtyk z morzem Czarnem. Naturalnie te okolice, w których erozja wsteczna silnie obniżyła dział wodny, nadają się bardzo dobrze, aby kanałami połączyć rzeki, płynące w dwu przeciwnych kierunkach.

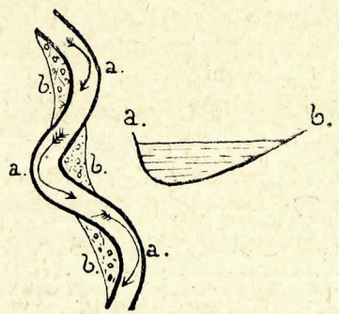
Erozją wsteczną należy tłumaczyć przełom Popradu, który, chociaż wypływa po południowej stronie Tatr, zamiast płynąć ku południowi do Tarczy, zmienia nagle koło Pławca kierunek na północny, przerzyna się przez Karpaty i wpada koło Starego Sącza do Dunajca. Dawniej płynął Poprad aż do Pławca, stąd zaś ku południowemu wschodowi doliną rzeki Tarczy. Ponieważ erozja wsteczna jednego z potoków płynących po północnej stronie Karpat przepiłowała to pasmo i wytworzyła dolinę niższą od doliny Popradu, a sięgającą aż do Pławca, przeto skierowały się wówczas wody Popradu w nową dolinę, którą z biegiem czasu powiększyły.

Każda rzeka żłobi ustawicznie koryto i unosi tak długo zabrany materjał skalny, jak długo płynie z należytą energją, w przeciwnym razie osadza go. Energja wody płynącej zależy, jak wiemy już, od prędkości i od masy wody. Pierwsza zmniejsza się z biegiem rzeki, gdyż

[1]) E. Romer: Kilka przyczynków do historji doliny Dniestru. Lwów 1906. Czasp. Kosmos, t. 31.

spadek jej maleje, dlatego też w górnym biegu jest erozja największą i doliny rzek najsilniej wcięte, natomiast w dolnym biegu, w którym przeważa osadzanie, doliny nie są głębokie. Naogół możemy powiedzieć, że w górnym biegu, przy silnym spadku, mają rzeki dolinę w przekroju kształtu litery V, w środkowym, ze względu na słabszy spadek i gromadzenie się osadów, kształtu niecek o silnie nachylonych ścianach, a w dolnym niecek szerokich, a płytkich.

Nawet w tym samym przekroju nie jest prędkość wody ta sama, lecz u rzek płynących prostolinijnie jest największą w środku koryta, tędy biegnie jej nurt, a ku brzegom podnosi się zwolna. Prostolinijny bieg rzeki jest jednakowoż wyjątkowym, gdyż zwyczajnie płynie rzeka, tworząc skręty (zakola, serpentyny, meandry). Na nich przenosi się nurt ze względu na siłę odśrodkową ku wypukłej części koryta, tutaj płynie przeto woda z największą siłą podmywając stromy brzeg, koryto rzeki jest więc tu najgłębsze, a brzegi jej strome. Na wklęsłym brzegu natomiast płynie woda powoli, osadza przyniesione żwiry i piaski, z tej też przyczyny jest w tem miejscu brzeg płaski z licznemi mieliznami, ławicami piasków i żwirów (ryc. 71).

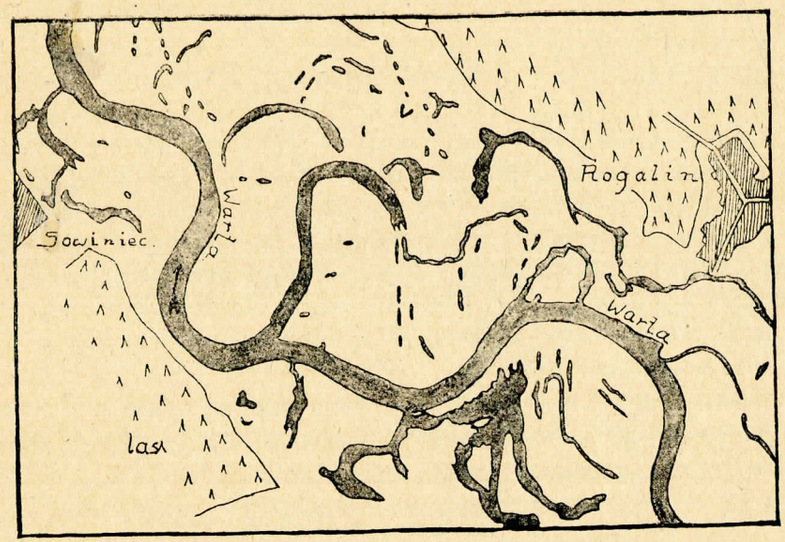


Ryc. 71. **Zakręty rzeki.** a — brzeg stromy, b—piaski i żwiry złożone przez rzekę, strzałka oznacza nurt.

Przyczyna tworzenia się zakoli jest rozmaita. Twarde skały i ławice piasków w korycie zmieniają pierwotnie prosty brzeg rzeki, powstałe krzywizny powiększają się ciągle ze względu na coraz silniejszą erozję wypukłego brzegu. Zakola są częste zwłaszcza w środkowym biegu i są dowodem dojrzałego wieku rzek, gdyż tworzą się dopiero z biegiem czasu. Przez wytworzenie się zakoli zwiększa się długość koryta, a zmniejsza prędkość wody płynącej, ponieważ z przedłużeniem się rzeki zmniejszył się jej spadek.

Zczasem znikają nieraz zakola. Coraz silniej rosnące krzywizny sprawiają, że wypukłe brzegi dwu pętli zbliżają się tak dalece do siebie, że wreszcie się łączą. Rzeka skraca teraz swój bieg, a odcięte zakola tworzą starorzecza z wodą stojącą, zarosłe zwyczajnie obficie roślinnością (ryc. 72).

Zakolami płyną prawie wszystkie rzeki nizinne. Wisła ma liczne serpentyny i starorzecza, również San w dolnym biegu. Dniestr na Podolu tworzy liczne zakola, chociaż wije się wśród twardych skał; największe jest koło Łuki, 28 km. długie, które rozpoczyna się pod Woziłowem, a kończy się również koło tej miejscowości w odległości około kilometra od początku skrętu. Tutaj między Woziłowem, a Uniżem projektowano skrócenie tunelem biegu Dniestru, by otrzymany w ten

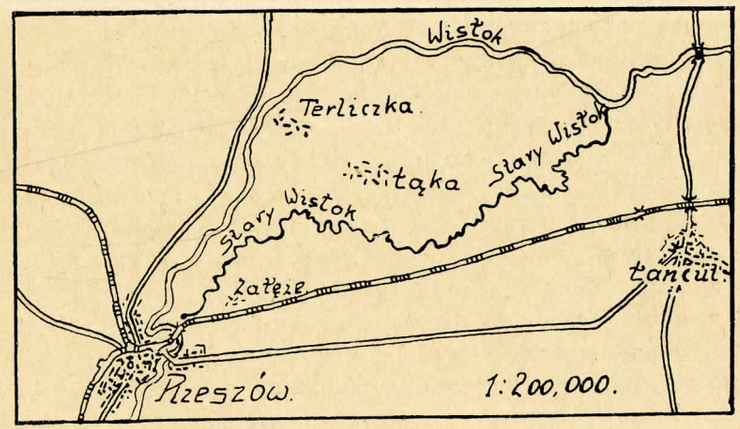


Ryc. 72. **Starorzecza Warty koło Rogalina.** Podz. 1 : 25.000.

sposób silny spadek wód użyć jako źródła siły dla wielkiej elektrycznej centrali.

Ponieważ rzeka podmywa brzeg na wypukłej stronie skrętów, przeto ubywa tu gleby rodzajnej, a chociaż cofa się po stronie wklęsłej, przecież przybywają tylko jałowe piaski i odsypiska. Niszczące to działanie staje się szczególnie widoczne podczas wysokiego stanu wody i z tej też przyczyny ma doniosłe znaczenie regulacja koryta i uniemożliwienie erozji brzegowej przez sprostowanie biegu rzeki i zniesienie zakoli.

Zmiana koryta jest nierzadkiem u rzek zjawiskiem. Podczas wysokiego stanu wody unosi rzeka tyle materjału skalnego, że może nim,

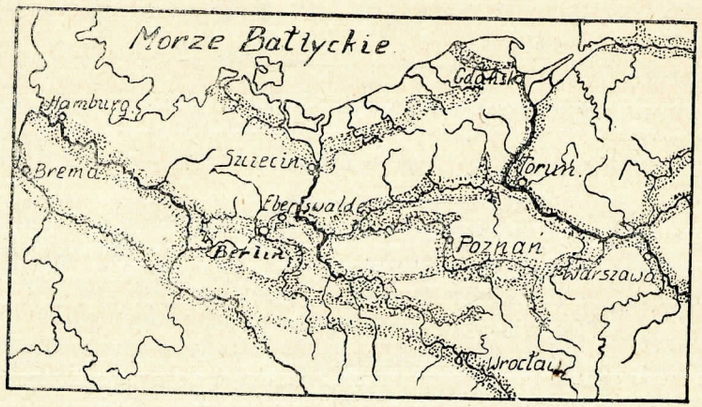


Ryc. 73. **Dawne koryto Wisłoka koło Rzeszowa.**

najłatwiej na skrętach, zatamować zupełnie koryto. Podczas ruszania lodów z wiosną mogą je zamknąć kry lodowe, a w takim razie przelewa się rzeka z konieczności w innym kierunku. Z podobnej przyczyny zmienił Wisłok swój bieg na wschód od Rzeszowa; nowe, dzisiejsze koryto, powstało prawdopodobnie z końcem doby dyluwjalnej, a dawne „Stary Wisłok" z licznemi zakolami zachowało się jeszcze dzisiaj (ryc. 73).

Posuwające się z wiatrem wydmy piaszczyste zamykają nieraz koryto rzeki, zmuszając je do zmiany kierunku. Klasycznym przykładem jest Amu-Darja w Turkiestanie. Pierwotnie płynęła ku południowemu zachodowi i wpadała do jeziora Kaspijskiego, później jednakowoż zasypały piaski tak dalece jej koryto, że skierowała swe wody ku północy do jeziora Aralskiego.

Większe zmiany w kierunkach rzek nastały na całym niżu polskim z końcem plejstocenu, kiedy wielki lodowiec, który od Skandynawji aż



Ryc. 74. Plejstoceńskie doliny rzek niżu polskiego i niemieckiego. (Wedle Wahnschaffa).

do Karpat się posunął, zaczął się stopniowo cofać ku północy. Podczas swych postojów, zamykając odpływ ku północy, sprawił lodowiec, że wody Wisły i tającego lodowca płynęły wzdłuż jego krawędzi ku zachodowi i wyżłobiły szereg równoleżnikowych dolin. Jedną z nich, rozpoczynającą się pod Warszawą, biegnącą dzisiejszem korytem Bzury, Neru i środkowej Warty, później Obry, Odry, a stąd przechodzącą doliną Sprewy na Berlin, nazywamy warszawsko-berlińską, ku wschodowi przedłużała się ona zapewne biegiem Narwi i łączyła się z doliną górnego Niemna. Na północ od niej biegnie dolina toruńsko-ebers-waldzka dolną Wisłą do Torunia, stąd doliną Noteci, Warty i Odry, łącząc się następnie z doliną Łaby i warszawsko-berlińską. Zachowały się one dzisiaj jako obszerne doliny miejscami do 15 km. szerokie. Stosunki te przedstawia ryc. 74. Po cofnięciu się lodowców przybrały rzeki na niżu (Wisła, Odra) obecny kierunek, zwróciły się więc ku północy.

U wielu rzek płynących południkowo można zauważyć nierówność (asymetrję) brzegów, gdyż zwyczajnie ich brzeg prawy jest stromy. Zjawisko to zauważył Beer u południkowo płynących rzek syberyjskich i usiłował wytłumaczyć działaniem obrotu ziemi na masy wód płynących, które, dążąc na północnej półkuli z południa ku północy, przechodzą w obszary o coraz mniejszej prędkości obrotowej, a przynosząc nabytą przedtem większą prędkość, wywierają nacisk na prawy (wschodni) brzeg. W myśl tych zapatrywań (prawo Beera) miałyby rzeki południkowo płynące mieć na północnej półkuli stromy brzeg prawy, na południowej zaś brzeg lewy. Jakkolwiek prawo Beera nie ma ogólnego znaczenia, przecież można często zauważyć u rzek naszych asymetrję dolin, czyli stromo nachylone prawe, a słabo lewe ich zbocza.

Dzikie potoki. Omawiając działanie rzek, nie możemy pominąć t. zw. dzikich potoków, które w okolicach górskich sprawiają często znaczne spustoszenia. Widzimy tam wszędzie liczne parowy, któremi zwykle woda nie płynie; gruz, przez zwietrzenie powstały, zalega obficie ich dno. Po gwałtownych deszczach spływają jednakowoż z sąsiednich pochyłości wielkie masy wody, wypełniają parowy i unoszą ze sobą zwietrzały materjał skalny, a wtedy huczy w nich dziki potok, tem więcej spieniony i rwący, im większe jest nachylenie parowu i im silniejsza ulewa. Prędkość wody dzikie potoki mają bardzo znaczną, gdyż nawet kilkunastu metrów na sekundę, a więc niemniejszą od prędkości silnego wiatru. Przy wysokim stanie wody unoszą one wiele materjału skalnego, wyrywają po drodze pnie drzewne, toczą olbrzymie bloki skalne i pędzą z tem do ujścia parowu w dolinę. Tutaj, z ustaniem nachylenia, ustaje też pęd wody i cały przyniesiony materjał zostaje nagle osadzony, rozprzestrzeniając się nakształt stożka (stożki napływowe, albo dejekcyjne) o różnem nachyleniu zboczy ($1^0 - 30^0$). Ponieważ z biegiem czasu nagromadziły się znaczne ilości żwirowisk u ujścia parowów, przeto stożki dejekcyjne doszły potężnych wymiarów, środkiem ich płynie strumyk, który tylko po ulewie więcej wody zawiera.

Czasem powodują dzikie potoki wielkie katastrofy, zawsze jednakowoż wywołują znaczne spustoszenia, nanosząc wiele kamieni i żwirów, które zamieniają urodzajną glebę w jałową i kamienistą pustynię. Wobec tego ważne są starania, aby zmniejszyć ich szkodliwe skutki. Obserwacja wykazała, że lasy zmniejszają znacznie niszczące działanie dzikich potoków, ponieważ teren lesisty zatrzymuje spływającą wodę i unoszony przez nią materjał skalny. Z tej też przyczyny pierwszym krokiem do ubezwładnienia dzikiego potoku jest zalesienie okolicy, poczem następuje jego „zabudowanie", polegające na wykonaniu całego szeregu poprzecznych tam, które osłabiają siłę wody płynącej, a nadto, zatrzymując głazy, odbierają jej czynnik szkodliwy.

Denudacja rzek. Wiemy już, że rzeki unoszą ze sobą materjał skalny pod postacią żwirów, piasku i namułu zawieszonego w wodzie, a także mineralnych części w niej roztworzonych. Ilość przenoszonego materjału jest bardzo wielką, nawet małe strugi przenoszą ich znaczne ilości podczas pory deszczowej, kiedy ilość wody w rzece jest kilkakrotnie większą.

Liczby przedstawiają nam najlepiej, jak znaczne ilości materjału skalnego co roku rzeka unosi. Oto przenosi rocznie:

Łaba	6·3	miljonów	cetnarów	metrycznych
Ren	40·5	„	„	„
Rodan	70·6	„	„	„
Dunaj	820·6	„	„	„
Indus	4462·3	„	„	„
Yangtsekiang	2531·1 [1])	„	„	„

Nadto przenoszą rzeki, jak wiemy (str. 47), chemicznie roztworzony materjał skalny, w którym przeważają naturalnie łatwo rozpuszczalne związki, jak chlorek sodu, węglan wapnia. Oceniano ilość składników, które rzeki w roztworze do mórz przynoszą, na $^1/_{6000}$ ciężaru wód uchodzących do morza. Z Polski wynoszą Odra, Wisła i Niemen rocznie 116 miljonów cetnarów metrycznych części stałych, co odpowiada rocznie spłókanej warstwie 0·018 mm. na obszarze dorzecza tych rzek. Wedle Geikiego obniżyłyby Europę jej rzeki do poziomu morza po upływie 2 miljonów lat.

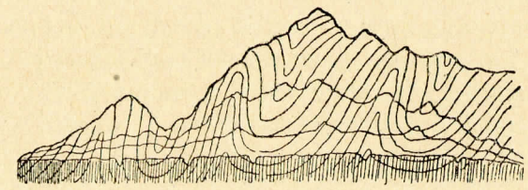
Na podstawie tych wywodów zrozumiemy łatwo, że rzeki, zabierając i unosząc materjał skalny, niszczą góry i obniżają dorzecza; tę niszczącą czynność wody nazywamy d e n u d a c j ą [2]).

Szybkość denudacji zależy przedewszystkiem od wzniesienia okolicy nad poziom, od masy wód płynących, a wreszcie od szybkości, z jaką postępuje wietrzenie, gdyż zwietrzały materjał skalny staje się łatwym łupem denudacyjnego działania. W górach wietrzeją skały łatwo, rzeki mają silny spadek, dlatego też góry ulegają najłatwiej denudacji. Z biegiem czasu stają się one coraz niższe, wobec czego, mówiąc o wysokości gór, mówimy tylko o ich obecnem wzniesieniu, gdyż dawniej były wyższe. Wedle obliczeń są Alpy o połowę niższe, niż były pierwotnie, a kiedyś będą tak samo nieznacznemi górami, jak wiele innych, z których obecnie zachowały się tylko resztki. Przykładem bardzo dawnych gór, obecnie szczątkowych, są u nas góry Świętokrzyskie, z których najwyższe są zaledwie do 619 m. wysokie (góra Św. Katarzyny),

[1]) Wedle nowych obliczeń nawet 5.300 miljonów; materjał ten rozmieszczony na powierzchni 240 km. kwadratowych, podwyższyłby ją w ciągu roku o 1 mm. Ilość połączeń rozpuszczonych jest wprost olbrzymią, skoro ta rzeka przynosi rocznie do morza 10 miljonów cetnarów połączeń fosforowych, i 170 miljonów potasowych, nic więc dziwnego, że mało użyźniona gleba daje 3—4 krotne plony.

[2]) Nazwa z języka łacińskiego: denudo — obnażam.

lecz są to najstarsze góry w Polsce, bo wytworzone w paleozoicznej dobie. Nic dziwnego, że najwyższe obecnie góry, jak Karpaty, Alpy, Himalaje, są równocześnie najmłodszemi ze względu na czas powstania. Z pofałdowanych warstw skalnych wnioskuje przeto geolog na obecność gór w przeszłości (ryc. 75).



Ryc. 75. **Powolne obniżanie się gór z powodu denudacji.** Linje poziome oznaczają kolejne poziomy pasma górskiego. (Z Walthera).

Ostatecznym wynikiem denudacyjnego działania byłoby zniszczenie wszystkich nierówności, a lądy przybrałyby wygląd prawie płaskiej, wyrównanej krainy, czyli t. zw. p e n e p l e n y [1]). Nie jest jednakowoż rzeczą pewną, czy w przyrodzie rzeczywiście często przychodziło do wytwarzania się peneplen, gdyż siły górotwórcze wytwarzałyby zapewne tam nowe wyniosłości, gdzie denudacja postąpiła znacznie.

WIETRZENIE SKAŁ.

Erozja i denudacja wód płynących nie postępowałaby tak szybko, gdyby skały były zawsze świeże i twarde, w rzeczywistości rozpadają się jednakowoż nawet najtwardsze skały na drobne kawałki, czyli kruszeją, lub wietrzeją. Przyczyna wietrzenia jest nader rozmaita.

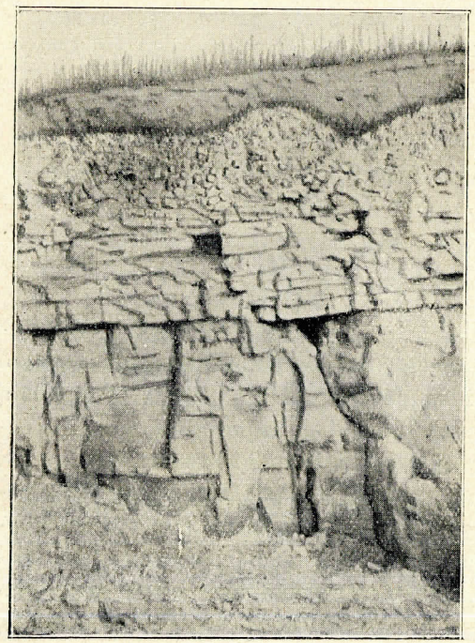
W pierwszym rzędzie jest nią chemiczne działanie wody deszczowej. Niektóre części składowe skały zostają rozpuszczone, nic więc dziwnego, że w ten sposób zostaje rozerwaną łączność jej cząstek. W skałach wybuchowych, przeważnie twardych, łatwo zamieniają się przez działanie wody skalenie w kaolin, czyli w glinkę, wskutek czego np. w granicie zostaje zniszczoną spójność całej skały i granit rozsypuje się w gruz.

Zmiany temperatury są dalszą przyczyną wietrzenia. Pod wpływem wysokiej temperatury dni gorących rozszerzają się skały, wieczorem zaś oziębiają się i kurczą. Ponieważ wskutek tego ustawicznie cząstki zbliżają się i oddalają, przeto naturalną jest rzeczą, że części skały rozluźniają się, a zaznaczyć należy, że w skałach złożonych z różnych minerałów rozszerzają się różne minerały rozmaicie. Jakkolwiek w naszym klimacie jest w zwykłych warunkach różnica między temperaturą dnia i nocy niewielką, przecież czasem, zwłaszcza latem w górach, jest wcale znaczną. Na pustyniach krajów gorących rozgrzewają się skały z powodu silnego nagrzania (insolacji) za dnia bardzo silnie, nawet do

[1]) Z języka angielskiego peneplain (prawie równina); nazwa wprowadzona przez amerykańskiego geologa Davisa.

70°C, nocą zaś oziębiają się prawie do 0° z powodu wydatnego promieniowania, wietrzenie postępuje więc tam bardzo energicznie.

Zamarzanie wody w szczelinach skał ułatwia również wietrzenie. Każda skała jest do pewnego stopnia porowatą i zawiera w sobie wilgoć; z końcem jesieni po długotrwałych deszczach zawiera jej więcej. Z nastaniem mrozów marznie woda, a ponieważ przy tem zwiększa gwałtownie objętość, przeto rozsadza skały i kruszy. Na wysokich górach, np. u nas w Tatrach, niszczeją bardzo energicznie skały z tej przyczyny, gdyż latem marznie tam woda każdej prawie nocy, a taje za dnia.



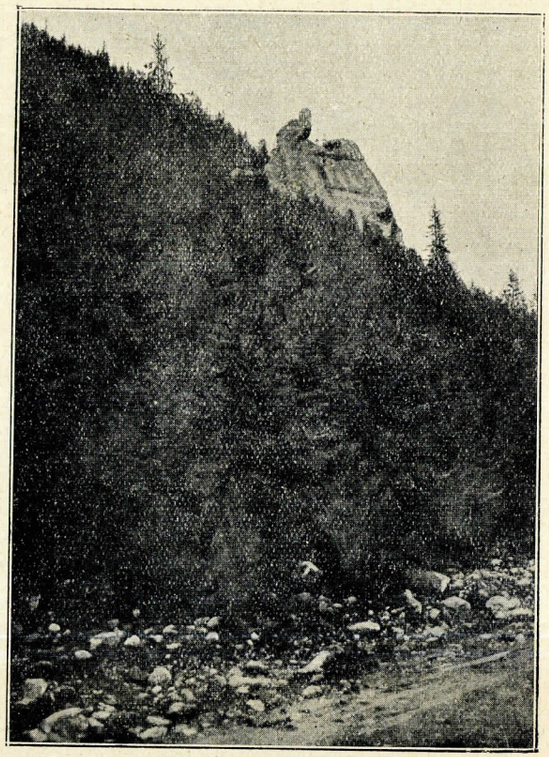
Ryc. 76. **Tworzenie się gleby.** Ściana łomu w Pustomytach koło Lwowa. a – gleba, b – podglebie, c – skała. (Wedle fotografji autora).

Świat organiczny, zwłaszcza roślinny, jest także niszczącym czynnikiem. Korzenie roślin mniejszych i większych, wnikając w skałę, rozsadzają ją, jakby klinem. Równocześnie działają one także chemicznie, wydzielają bowiem oddechając CO_2, który, łącząc się ze składnikami skały, tworzy łatwo rozpuszczalne węglany. Drobne rośliny, jak porosty, wodorosty i grzyby, rozpoczynają dzieło zniszczenia, gdy one wytworzą nieco gleby, pojawiają się wyższe rośliny i kruszą skałę dalej.

Niemałe znaczenie mają też bakterje, zwane azotowemi (nitryfikacyjnemi). Pochłaniają one z powietrza amonjak (NH_3) i przerabiają go na kwas azotowy, który zamienia części mineralne skał na łatwo rozpuszczalne azotany. Jako bardzo drobne, wnikają one w najdrobniejsze szczeliny skał, nic więc dziwnego, że wynik wspólnej pracy miljardów tych istot jest wcale niemały.

Ostatecznym wynikiem wietrzenia jest wytworzenie rodzajnej gleby, zawierającej przeważnie składniki iłowe, ziarna piasku i butwiejące części roślinne (połączenia humusowe). Wietrzenie nie postępuje z reguły zbyt daleko do wnętrza, pod glebą są skały mało zwietrzałe (podglebie), a niżej dopiero znajdujemy skałę litą (ryc. 76).

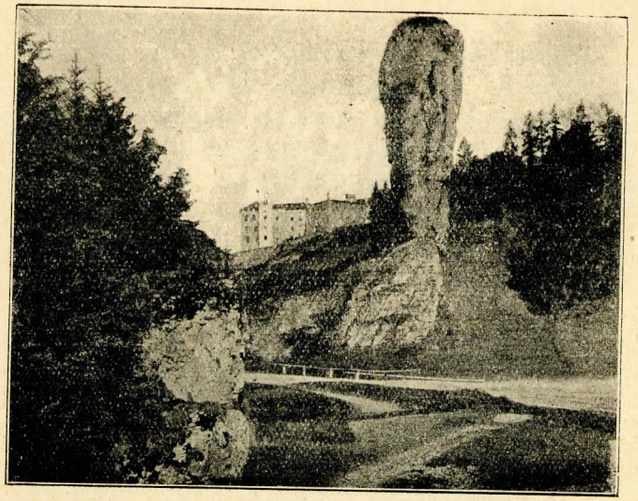
Od jakości zwietrzałych skał zależy jakość gleby i jej skład chemiczny, wskutek czego inną jest tam roślinność, gdzie skały wapienne są podłożem gleby, a inną, gdzie przeważają piaski, lub iły; przykładem całkiem swoista roślinność wapiennej części Tatr lub Pienin. Zależnie od klimatu, a przedewszystkiem od temperatury i od ilości opadów, przebiega proces wietrzenia w rozmaity sposób. Najenergiczniejszym jest on w krajach o klimacie gorącym, a równocześnie wilgotnym, gdzie przeważają chemiczne działania, w naszym klimacie równoważą się chemiczne i mechaniczne, a w krajach polarnych jedynie ostatnim zwłaszcza działaniu zamarzającej wody należy przypisać poważniejsze znaczenie. Zależnie od sposobu zwietrzenia powstają rozmaite rodzaje gleb; dla krajów gorących o niezbyt wysokiej ilości opadów jest znamienny l a t e r y t, którego powstanie nie jest jeszcze w zupełności wyjaśnione, dla okolic morza Śródziemnego również czerwonej barwy t e r r a r o s s a, a w naszej szerokości geograficznej sprawia domieszka humusowych części charakterystyczną, ciemną barwę gleby; specjalnym jej gatunkiem jest t. zw. czarnoziem, znany z Podola, Ukrainy, który zawiera do 16% części humusowych.



Ryc. 77. **Skała Sowy** w dolinie Kościeliskiej. (Wedle fotografji autora).

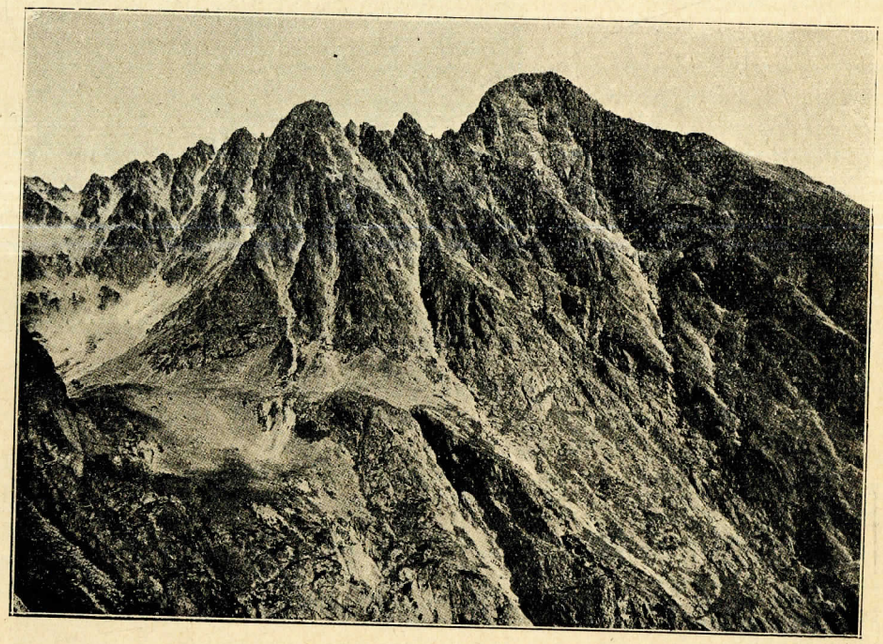
Na zboczach skał wystawionych na działanie wiatrów i deszczy nie może się utrzymać wytworzona gleba, gdyż wody deszczowe spłókują ją ciągle. Obserwując po deszczach mętne wody potoków, widzimy, jak szybko usuwają wody zwietrzały materjał skał. Deszcze, spłókując świeżo wytworzoną glebę, odsłaniają nowe, nie zwietrzałe części skał i wystawiają je na zniszczenie; wietrzenie więc postępuje szybko.

Nawet ta sama skała nie wietrzeje w jednakowy sposób, gdyż są w niej partje odporniejsze od innych, nic więc dziwnego, że zachowują



Ryc. 78. **Maczuga Herkulesa** w Pieskowej skale koło Ojcowa (Z Wiśniowskiego).

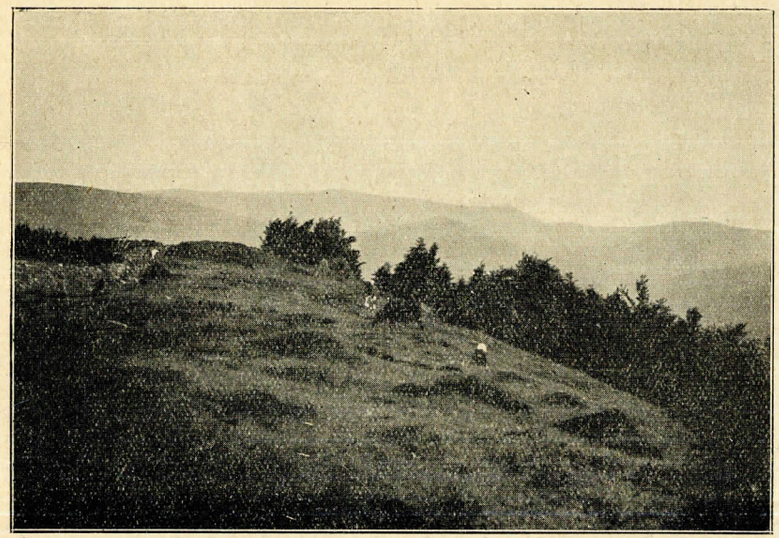
się one, gdy reszta skały niszczeje. Przypadkowo wytwarzają się w ten sposób skały o fantastycznych kształtach, np. Skała Sowy w dolinie Kościeliskiej (ryc. 77), lub Maczuga Herkulesa w dolinie Ojcowa (ryc. 78). Krajobraz górskich okolic zależy od jakości skał, ponieważ różne skały wietrzeją niejednakowo. Skały zwięzłe, jak granity, wietrzeją z trudnością, zachowują przeto czas dłuższy śmiałe zarysy, czego przykładem granitowa część Tatr, w której szczyty wznoszą się ostremi turniami i opadają głuchemi przepaściami (ryc. 79).



Ryc. 79. **Widok z Tatr granitowych.** Łomnica i Durny z drogi na Pośredni Grzebień. (Z fotografji Bizańskiego).

Przyjmują też skały granitowe kształty wyniosłych kopic, ponieważ zwietrzenie postępuje regularnie dokoła.

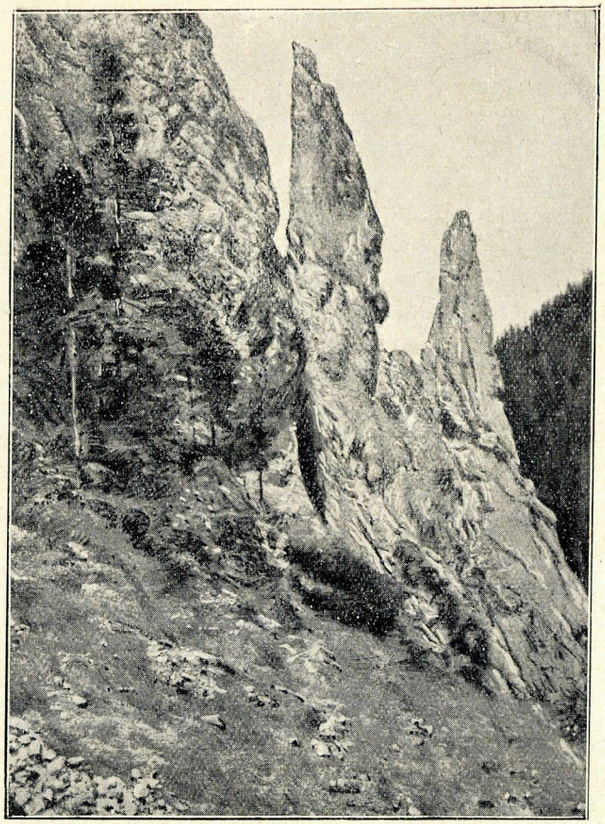
Łatwo wietrzejące skały osadowe zaokrąglają się łagodnie w połogie kopice o słabo nachylonych zboczach; widzimy je wszędzie w Karpatach, zbudowanych przeważnie z piaskowców (ryc. 80). Skały są często pionowo spękane, wzdłuż tych szczelin postępuje zwietrzenie szybko, ponieważ powietrze i woda mają przystęp dogodny. Z tej też przyczyny obsuwają się łatwo części skał, podczas gdy pozostałe wznoszą się nakształt słupów, baszt i t. p. Zwłaszcza skały wapienne, z reguły silnie spękane, opadając stromemi ścianami nadają okolicy malowniczy, chociaż dziki wygląd. Klasycznym przykładem może być północna,



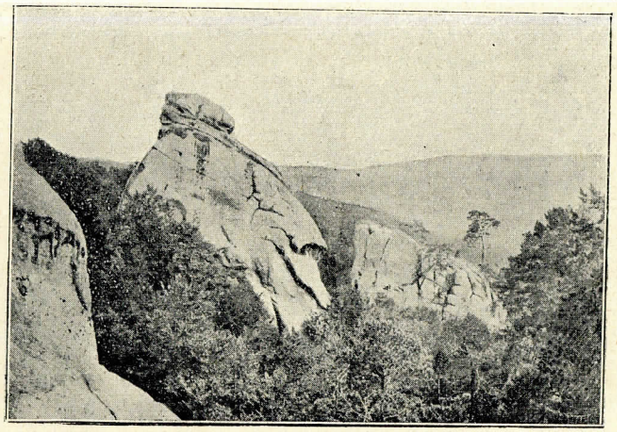
Ryc. 80. **Widok z Karpat piaskowcowych** ok. Wisły na Śląsku. (Wedle fotografji autora).

stroma ściana Giewontu w Tatrach, dolina Kościeliska, dolina Strążysk, której zwietrzałe, dolomitowe partje sterczą jako t. zw. „kominy" (rycina 81), dolina Ojcowa i wiele innych.

W wapiennej części Tatr, w skałach wapiennych okolicy Krakowa, w Pieninach, Miodoborach mamy liczne przykłady stromych ścian wapiennych, dzikich przepaści i fantastycznych zwalisk. Łatwe wietrzenie skał wapiennych sprawia, że są trudno dostępne i niebezpieczne dla wędrowca, gdyż pod stopami usuwają się ich zwietrzałe odłamy i przez to stają się nieraz przyczyną nieszczęśliwych wypadków turysty, który im niebacznie zaufał.



Ryc. 81. „Kominy" w Strążyskach.
(Wedle fotografji W. Kotiersa).

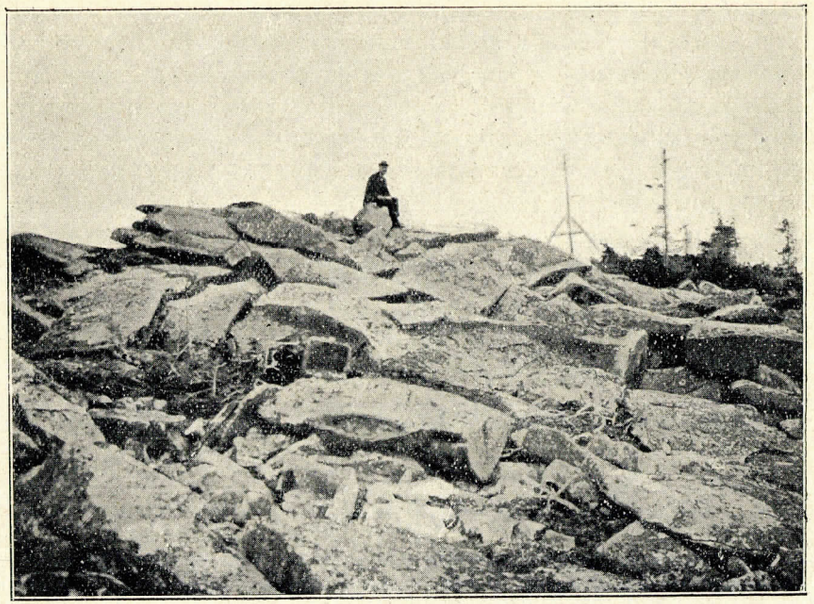


Ryc. 82. Skały w Bubniszczu koło Bolechowa.
(Wedle fotografji J. Augustaka).

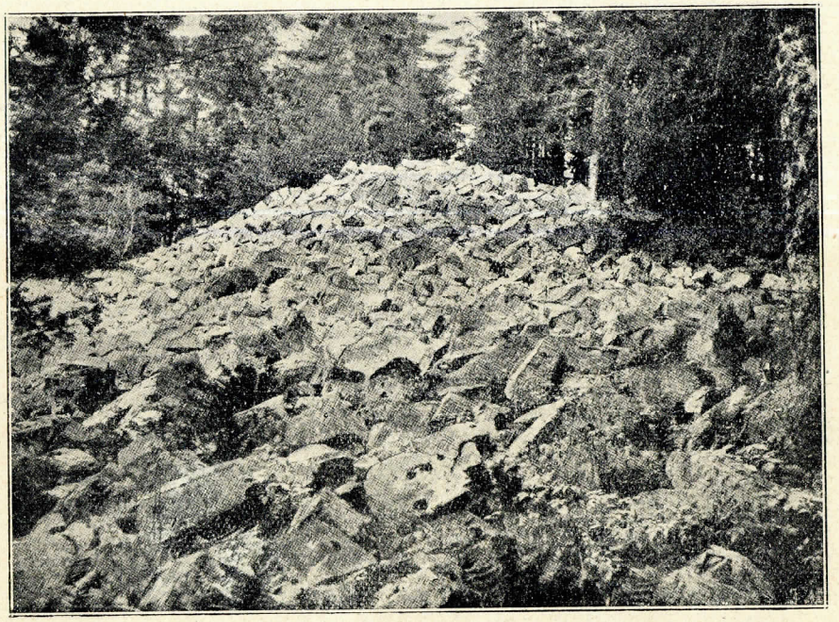
Gruboławicowe, dosyć zwięzłe, a silnie spękane, karpackie piaskowce, zwłaszcza piaskowiec jamneński i ciężkowicki[1]), przybierają czasem przez zwietrzenie do zwalisk podobne kształty, znane zwłaszcza z Urycza koło Schodnicy, lub z Bubniszcz koło Bolechowa (ryc. 82) w Karpatach Wschodnich. Dziwne kształty przybierają też skały piaskowcowe koło Ciężkowic, lub koło Odrzykonia (Prządki). Jeżeli wśród skał poziomych, lub słabo tylko nachylonych, następują po sobie zwięźlejsze, na zwietrzenie oporne i miękkie, łatwo mu ulegające, wtedy góry nie będą miały kształtu zaokrąglonych kopic, lecz częstsze będą ławice opadające terasowo, przykładem brzeg krawędzi podolskiej koło Lwowa, na której wyraźnie się zaznacza terasa, utworzona z twardego, erwiljowego[2]) piaskowca.

[1]) Nazwy od m. Ciężkowic na południe od Tarnowa i od wsi Jamny nad Prutem.

[2]) Nazwa od odcisków małży Ervilia pusilla, częstej w tym piaskowcu.



Ryc. 83. Złomiska na szczycie Czarnohorca w Karpatach wschodnich.
Piaskowiec jamneński. (Wedle fotografji J. Augustaka).



Ryc. 84. Złomisko (gołoborze) na szczycie góry Sw. Katarzyny.
(Z Czarnockiego).

Drobne, przez zwietrzenie powstałe odłamy skalne usuwają się po zboczach, tworząc u spodu stożki usypowe, częste wszędzie w górach, o silniejszym kącie nachylenia, niż je mają stożki nasypowe rzek (str. 67). Jeżeli spękane skały wietrzeją, a drobny, wytworzony przez to materjał zostanie zabrany przez rzeki, wtedy bryły skalne zalegają zbocza, lub podnóża gór, tworząc złomiska znane każdemu turyście. Częste są one wśród granitów tatrzańskich, a w Karpatach wśród piaskowca magórskiego i bryłowego; powstają także złomiska na szczytach gór (ryc. 83). Mniejsze odłamy tworzą piargi, które, sypiąc się ze zboczy, zalegają góry. Kwarcyty kambryjskiego wieku gór Świętokrzyskich tworzą złomiska, zwane gołoborzami (ryc. 84), powstałe tem łatwiej, że łupki ilaste, przegradzające zwięzłe kwarcyty, zostały wymyte przez wodę.

AKUMULACJA RZEK.

Jak wiemy, rzeka może unosić materjał skalny tylko przy pewnej prędkości; gdy bieg jej staje się powolniejszy, unosi tylko lżejsze części, a cięższe składa. Osadzanie, czyli akumulacja[1]) jest więc obok erozji i denudacji czynnością każdej wody płynącej, lecz podczas gdy w górnym biegu przeważają ostatnie działania, w dolnym przeważa osadzanie.

Właściwie osadza i eroduje rzeka na każdem miejscu, ponieważ w każdym przekroju są części wody płynące szybciej i zwolna tylko. Po gwałtownych deszczach następuje wysoki stan wody; wtedy zalewa rzeka wyżej położone części doliny, przenosi po nich nader obfity materjał skalny, który składa, gdy zacznie opadać. Z tej też przyczyny widzimy po brzegach rzek wielką ilość żwirów i piasku, które zalegają drugie, nieco wyższe, a szersze wylewowe, czyli inundacyjne koryto, używane przez rzekę tylko podczas wysokiego stanu wody.

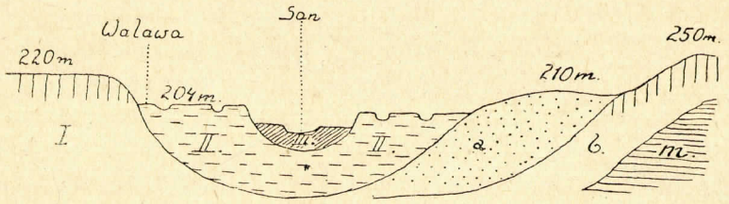
Terasy. Często widzimy ponad brzegami rzek tak wysoko położone żwiry i piaski, że nawet podczas najwyższego stanu woda tam nie sięga. W tym wypadku mamy przed sobą dawne obszary inundacyjne, które rzeka zalewała, gdy płynęła wyżej położonem korytem, wiemy zaś już, że erozja płynącej wody powoduje powolne obniżenie się koryta. Owe dawne, inundacyjne obszary oddzielają się często od dzisiejszych stromym progiem, wskutek czego wznoszą się terasowo. W wypadku przedstawionym na rycinie 85, wypełniła rzeka osadami dolinę (a), na-

Ryc. 85. **Terasy rzeki.** a — starsza, b — młodsza.

[1]) Nazwa z języka łacińskiego: acumulo — gromadzę.

stępnie podczas wzmożonej erozji wyżłobiła nowe koryto, które potem częściowo wypełniła nowym materjałem (b).

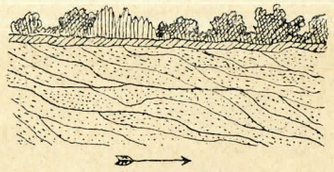
Niejednokrotnie widzimy cały szereg teras nad sobą leżących, czego przykładem mogą być terasy nad Sanem (ryc. 86); najwyższa z nich jest najstarsza, niżej leżące coraz młodsze.



Ryc. 86. **Terasy nad Sanem w okolicy Przemyśla.** I — terasa dyluwjalna, II—terasa rędzinna, III—terasa łęgowa. (Wedle M. Łomnickiego).

Jeżeli w skałach zwięzłych rzeka wcina się niejednostajnie, lecz w ten sposób, że po okresie silniejszej erozji następuje słabsza, wtedy po obu brzegach rzeki wytworzą się terasowe progi, które nie biegną zupełnie poziomo, lecz razem z korytem podnoszą się w górę rzeki, a nachylają się słabo, im dalej postępujemy z jej biegiem. Gdzie do doliny rzecznej uchodzą doliny poboczne, tam łączą się terasy doliny głównej z terasami dolin bocznych. Wytworzenie się teras jest tylko wtedy możliwe, jeżeli erozja postępuje niejednostajnie, gdyż każdy próg terasy odpowiada okresowi wzmożonej erozji, a terasa okresowi słabej erozji dna, lecz wzmożonego osadzania i rozszerzania doliny. Przyczyną owych wahań w erozji są nieraz pionowe ruchy, gdyż podniesieniu okolicy odpowiada zwiększony spadek rzeki i jej silniejsza erozja.

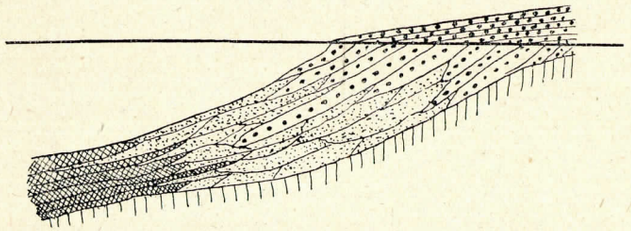
W dolnym biegu rzek przeważa osadzanie piasków, które tworzą w rzece potężne ławice. Są one nachylone stromo w części górnej, a słabo u dołu (ryc. 87). W przekroju mają ławice piasków budowę poprzeczną, charakterystyczną dla osadów rzecznych. Ławice piasku i żwirów nie są w spoczynku, lecz przeciwnie, posuwają się zwolna w dół rzeki, chociaż szybko podczas wysokiego stanu wody, dlatego też zmieniają się po długotrwałych deszczach mielizny i głębokie miejsca w rzece. Ponieważ w dolnym biegu nie może rzeka zwyczajnie unieść całego materjału, który się tu dostaje, przeto stają się koryta rzek wyższe, a nieraz się zatykają; w ostatnim wypadku może nastąpić wylew rzeki i zmiana koryta. Podnoszenie się koryt rzeki nie jest wcale rzadkiem zjawiskiem; przykładem Pad, który płynie przez nizinę lombardzką korytem nieco nad nią wzniesionem i dlatego też,



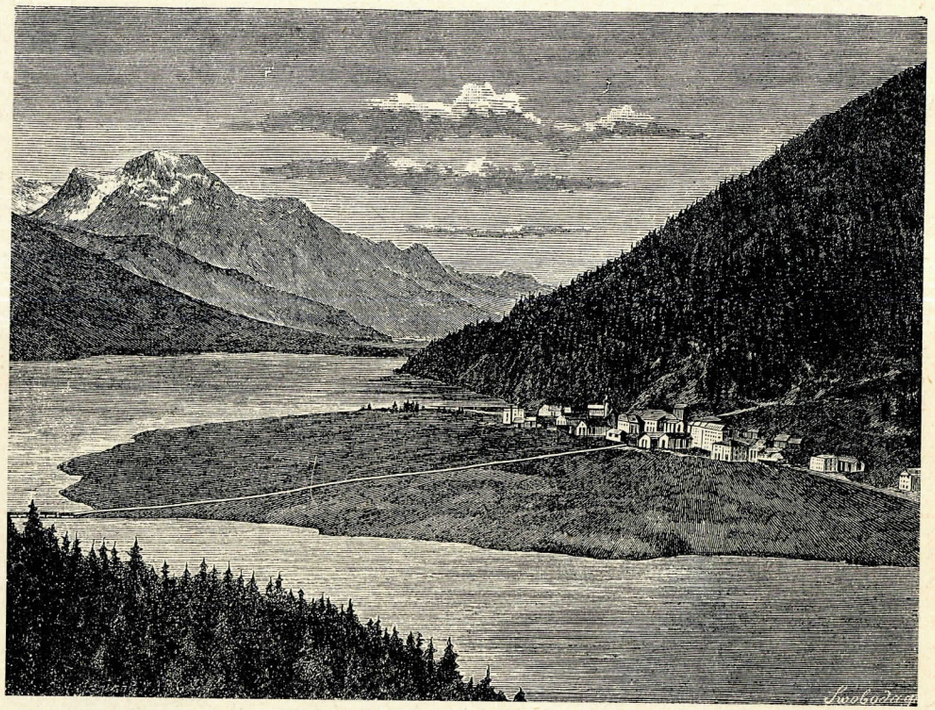
Ryc. 87. **Warstwowanie ławic piasku.** (Wedle Hochstettera).

idąc ku rzece, wkraczamy na małe wzniesienie; już koło Ferrary jest poziom rzeki o jeden metr ponad poziom okolicy wzniesiony.

Delty. W całości utraca woda unoszony materjał przy ujściu i wytwarza tu pod wodą stożki nasypowe, które rosną wachlarzowato; najbliżej brzegu zostaje złożony najcięższy materjał, t. j. żwir, dalej piasek, a najdalej namuł (ryc. 88), przyczem nachylone są złożone warstwy zrazu silnie, potem słabo w podobny sposób, jak to widzieliśmy u ławic piaszczystych (ryc. 87). Z biegiem czasu podwyższa się w tem miejscu dno tak dalece, że zacznie wystawać ponad powierzchnię wody, powstanie więc delta.

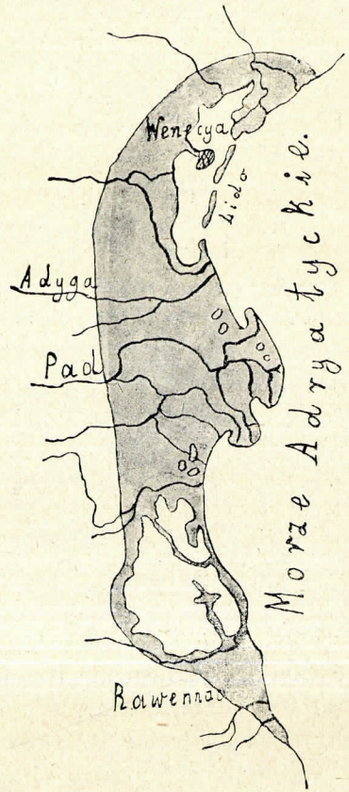


Ryc. 88. **Przekrój przez stożek nasypowy delty.** Kratki oznaczają iły, drobne kropki—piasek, grube kropki—żwiry. (Wedle Kaysera).



Ryc. 89. Stożek nasypowy w jeziorze Silavplana (Engadyn). (Z Neumayra).

Prawidłowo i bez przeszkody tworzą się delty u ujścia do jezior, lub stawów, ponieważ brak tu silnych ruchów, właściwych morzu. Wiemy, że stawy nasze, przez które przepływają rzeki, są najpłytsze u wejścia rzeki i tu zamienione w mokradła porosłe bujną, wodną roślinnością, a także, że są one obecnie znacznie mniejsze, niż były pierwotnie. W miarę wzrostu delty zmniejsza się jezioro, czy staw (ryc. 89), a z biegiem czasu zasypuje je delta zupełnie; stawy i jeziora są przeto przemijającym utworem. Prądy morskie utrudniają tworzenie się delt, gdyż niszczą już wytworzone; w zwyczajnych warunkach rośnie jednakowoż delta mimo tych przeszkód. Wzrost ich zdołano niejednokrotnie mierzyć, np. delta Rodanu w jeziorze Genewskiem posunęła się od czasów rzymskich o 2 km., skoro dawne miasto portowe Portus Valesiae (obecnie Port Valais) leży teraz o tę długość oddalone od brzegów jeziora. Prędzej rośnie delta Padu, gdyż dawna Hadrja (dzisiaj Adrja), która była za czasów Augusta miastem portowem, leży dzisiaj w dolinie Padu 31 km. oddalona od brzegu, z czego obliczono wzrost delty na 70 m. rocznie (ryc. 90). Najszybciej rośnie delta rzeki Terek, uchodzącej do morza Kaspijskiego, bo nawet o 500 m. rocznie.



Ryc. 90. **Delta Padu i rzek sąsiednich.** Kolor ciemny przedstawia przybytek lądu. (Wedle Touli).

Kształt delty jest rozmaity; od trójkątnej delty Nilu, która przypomina kształtem grecką literę Δ, otrzymały nazwę. Zależy on zresztą od przebiegu linji brzegowej; jeżeli jest równą, zacznie delta wystawać w morze nakształt półwyspu, jeżeli jednakowoż u ujścia rzeki tworzy morze zatokę, będzie delta wklęsłą, chociaż z biegiem czasu i tutaj wypełni zagłębienie, wyrówna linję brzegową i następnie zacznie tworzyć właściwą, wypukłą deltę.

Najenergiczniej rosną delty podczas wysokiego stanu wody, kiedy rzeki więcej materjału do ujść przynoszą. Najlepiej jest to widocznem na delcie Missisipi tem szczególniej, że rośnie trzema ramionami (passe) tylko podczas pory deszczowej, a mimo tego wzrost jej jest bardzo silny, gdyż wynosi 70, wedle innych 104 metrów rocznie.

Delta Nilu rozpoczyna się powyżej Kairu, gdzie rozdziela się rzeka na dwa ramiona, dawniej było ich 7, lecz częściowo uległy zamuleniu.

Rok rocznie wylewa Nil i pokrywa deltę cienką warstwą namułu, lecz wzrost jej jest naogół zapewne z tej przyczyny nieznaczny, że od bardzo dawnych czasów rozprowadza się systematycznie kanałami wodę Nilu po obszarze delty, wskutek czego nie osadza się u ujścia cały przez rzekę przyniesiony materjał, lecz tylko część jego. Także wzrost delty na grubość jest nieznaczny, skoro w okolicy Memfis, gdzie Nil się rozwidlał za czasów Herodota, miąższość osadów rzeki nie wynosi więcej jak 2·85 m., co dałoby roczny przyrost 0·9 mm.

Rzeka, tworząc deltę, pokonywa niszczące działanie morza, którego prądy i fale ją niszczą. Często wychodzi morze zwycięsko; delta Gangesu i Bramaputry należy do największych, gdyż podczas pory deszczowej składają te rzeki u ujścia wprost olbrzymie ilości materjału (180 miljonów metrów sześciennych), lecz podczas niskiego stanu wody w rzekach niszczy morze prawie zupełnie wytworzoną deltę, zwłaszcza, że częste są tu gwałtowne orkany, a falowanie morza silne.

Nie wszystkie rzeki tworzą delty; brak ich np. u rzek wpadających do morza Bałtyckiego i Północnego. R. Credner twierdził, że delty nie mogą powstać u wybrzeży, które zapadają się, a więc na które morze wkracza. Ścisła zależność w myśl tej teorji nie istnieje, gdyż wkraczanie morza utrudnia jedynie tworzenie się delt, a cofanie u brzegów ułatwia. W pierwszym wypadku wytworzy się delta, jeżeli proces tworzenia się osadów przeważa nad zalewaniem lądu przez fale.

JEZIORA I ICH DZIAŁANIE.

Małe zbiorniki wody stojącej, t. j. jeziora i stawy, nie mogą wywierać wielkiego wpływu na wygląd powierzchni ziemi, zwłaszcza że, jako utwory niestałe, łatwo ulegają zagładzie. Wiemy już (str. 79), że rzeki, wpływając do jezior i stawów, tworzą w nich delty, które ich obszar zmniejszają, wypływając zaś żłobią coraz silniej dno, przez co obniżają poziom wody w jeziorze, które więc zwolna maleje.

Powstanie jezior jest rozmaite. Oprócz śródlądowego pochodzenia, zawierających zwyczajnie wodę słodką, są jeziora powstałe przez odcięcie części mórz od reszty, a także muszą mieć wodę słoną, przykładem jeziora: Kaspijskie i Aralskie, które kiedyś tworzyły jedno olbrzymie jezioro, będące resztką morza sarmackiego. Z biegiem czasu przez dopływ wód słodkich zmniejszały jeziora nieraz zasób soli, lub nawet wysładzały się zupełnie, a jako ślady dawnego związku z morzem zachowały resztki fauny morskiej (foki jeziora Kaspijskiego). Często nawet w jeziorach, które zupełnie wysłodzeniu uległy, zachowały się zwierzęta morskie, zwolna przystosowane do wody słodkiej, a wówczas jest jedynie

owa szczątkowa fauna[1]) dowodem, że jezioro było kiedyś częścią morza. W tych wypadkach mówimy o jeziorach reliktowych, np. jezioro Bajkalskie, Kaspijskie, Aralskie, niektóre jeziora Szwecji.

Jednakowoż także jeziora śródlądowe, które nigdy nie były w związku z morzem, mają wodę słoną, jeżeli leżą na obszarach bezodpływowych. Nazywamy tak okolice o suchym klimacie, w których wody nie odpływają do mórz, lecz gubią się w piaskach pustyń, lub w nisko położonych jeziorkach. Ponieważ woda słodka zawiera pewien procent soli, przeto zagęszcza się sól przez ustawiczne parowanie, zwłaszcza, że rzekami dostają się nowe jej ilości, a dla braku odpływu nie może się z jeziora wydobyć najmniejsza jej cząstka. Wszędzie w krajach bezodpływowych o suchym klimacie znajdują się słone jeziora, są więc np. w południowo wschodniej Rosji, w Azji środkowej, w Ameryce północnej i t. p.

Powstanie jezior jest nader rozmaite. Za przykładem Muszketowa moglibyśmy je podzielić na powstałe wskutek działania tektonicznych (górotwórczych) czynników i na powstałe przez siły działające na powierzchni ziemi. Do pierwszej kategorji zaliczylibyśmy np. jeziora powstałe przez wypełnienie wodą zapadnięć w skorupie ziemi, przykładem jezioro Martwe, lub wielkie jeziora Afryki środkowej, leżące (str. 37) wzdłuż wielkiej wschodnio-afrykańskiej zapadłości, która przedłuża się aż do Palestyny.

Jeziora drugiej kategorji powstają np. przez zatamowanie rzek materjałem lawin, suwów górskich, lub moren lodowcowych. Morskie Oko w Tatrach (ryc. 108) powstało przez zatamowanie moreną doliny, nader liczne jeziora na pojezierzach Polski zawdzięczają powstanie dawnemu zlodowaceniu, które wytworzyło liczne wgłębienia, później wodą wypełnione. Erozja lodowcowa wydrążyła w górach kotły, które, wypełnione wodą, wytworzyły jeziorka (ryc. 109); przez wyługowanie gipsów, lub wapieni wytworzyły się również stawki, chociaż nieznaczne, przykładem lejki Podola, często wypełnione wodą, lub „okna" wśród skał wapiennych (por. ryc. 59). Liczne śródrzeczne stawy, częste zwłaszcza na Podolu (Gródecki, Brzeżański, Tarnopolski), powstały sztucznie przez zamknięcie rzek groblami. Dawne zakola rzek, obecnie od nich odcięte, tworzą stawy również.

Geologiczne działanie jezior jest nieznaczne, zwłaszcza ich mechaniczna czynność. Gdzie brzegi są strome i skaliste, niszczą je fale jeziora przy pomocy piasków i żwirów miotanych o brzeg, wytwarzając podobne formy erozyjne, jakie poznamy nad brzegiem mórz.

---

[1]) Czasem zostały zwierzęta morskie przyniesione przez ptaki wodne, lub dostały się rzekami wskutek dobrowolnych wędrówek, wtedy więc nie dowodzi ich obecność morskiego pochodzenia jeziora.

Czasem powstają nad jeziorami terasy. Jeżeli jezioro z powodu zmiany klimatu zmniejszyło swe rozmiary, wznoszą się dawne brzegi wysoko ponad obecny poziom, czego klasycznym przykładem jest Wielkie Jezioro Słone Ameryki Północnej, leżące w obszernej kotlinie, zwanej „Great Bassin". W znacznem oddaleniu od brzegów jeziora widzimy szereg wysoko wzniesionych teras (najwyższe 300—320 m.); wskazują one, tak samo jak liczne słodkowodne skały, że podczas doby plejstoceńskiej było tu olbrzymie jezioro, wypełniające całe dno kotliny. Owo pierwotne jezioro Lake Bonneville, jak je nazywali amerykańscy geologowie, miało powierzchnię 50.000 km. kwadratowych, podczas gdy dzisiejsze Wielkie Jezioro Słone ma zaledwie 4.500 km.^{2}.

Dla geologa są bezsprzecznie ważniejsze chemiczne osady jezior. Słone jeziora zagęszczają w sobie często tak dalece sole mineralne, że wody ich są nasyconym roztworem, a wtedy musi się przy dalszem parowaniu nadmiar soli wydzielić. Wiele jezior słonych doszło już do tego stopnia nasycenia, że osadzają sól, np. jezioro Eltońskie na stepach Kirgiskich, które wydziela rok rocznie na brzegach i na dnie do dwu miljonów cetnarów metrycznych tego minerału. W porze wiosennej zostaje wstrzymane osadzanie soli, gdyż wskutek tajania śniegu dostają się wielkie ilości wody do jeziora i rozpuszczają część poprzednio już wytworzonej soli. Ponieważ rzeki przynoszą do jezior ciągle świeże ilości soli, przeto mogą się w jeziorach słonych wytworzyć tak grube ich pokłady, jakie nie wytworzyłyby się tak łatwo w zatokach morskich.

Jak z wody morskiej wydziela się przy parowaniu oprócz soli kamiennej także gips i sole potasowe, tak też i z parujących jezior, jednakowoż inny jest stosunek ilościowy soli, gdyż często sól kamienna nie jest przeważającym składnikiem. W jeziorze Eltońskiem, którego zawartość soli wynosi 29%, przeważa chlorek i siarczan magnowy, w jeziorze Martwem o ogólnej zawartości soli 26% — chlorek magnowy.

Nie jest jeszcze rozstrzygniętem pytanie, czy pokłady soli u podnóża Karpat są pochodzenia morskiego, czy jeziornego. Sól Wieliczki i Bochni, zawierająca resztki zwierząt morskich, jest utworem morskim, jednakowoż formacja solna na wschodzie (np. Stebnika, Drohobycza, Kałusza), która, o ile dotychczas wiemy, jest prawie [1]) bez skamielin, jest może wytworem wysychających jezior w pustynnym klimacie.

Są jeziora, które zawierają w tak znacznej przewadze inne połączenia niż chlorek sodu, że nie nazywamy ich jeziorami słonemi, lecz np. sodowemi (znaczna zawartość siarczanu i węglanu sodu), boraksowemi (znaczna zawartość boranu sodowego, czyli boraksu); pierwsze

[1]) Ponieważ znalazły się przecież nieliczne skamieliny (Kałusz, Kosów), przeto i dla tych soli jest najprawdopodobniejsze morskie pochodzenie, chociaż może z wysychających zatok. Znaczna część iłów wyżej leżących jest zapewne pochodzenia eolicznego (pył pustynny), który przykrył i zabezpieczył wytworzone złoża.

z nich znajdują się np. w Egipcie, w Azji Mniejszej, Ameryce Północnej, drugie — w Toskanie we Włoszech, w Tybecie i t. p.

DZIAŁANIE MORZA.

Ponieważ morza zajmują znacznie większą część powierzchni ziemi niż lądy, przeto jest morze jednym z najpotężniejszych geologicznych czynników. Przeważną część skał tworzą osady mórz dawnych, które zalegały kilkakrotnie obszary dzisiejszych lądów. Mechaniczne działanie morza, zarówno twórcze, jak i niszczące, przewyższa znacznie poznane już działanie rzek, chociaż zrozumie je łatwiej mieszkaniec okolic nadmorskich, niż ten, kto zna morze tylko z opisów.

a) Niszczące działanie.

Woda mórz nie znajduje się u brzegów w spoczynku, lecz jest w ustawicznym ruchu. Z jednej strony odbywa się tu dwa razy w ciągu doby przypływ i odpływ, z drugiej strony faluje [1]) ciągle u brzegów. Pędzone wiatrem fale wpadają na brzeg, cofając się następnie, aby znowu na brzeg uderzyć.

Ponieważ powietrze nie jest nigdy w spoczynku, lecz w ustawicznym ruchu, przeto przypływ nie odbywa się spokojnie, lecz wiatry wzmagają jego siłę. Jakkolwiek zwyczajnie u mórz otwartych nie przenosi wysokość przypływu jednego metra, przecież w zatokach dochodzi kilkunastu metrów, a nawet w wąskiej zatoce Fundy u wybrzeży Nowej Szkocji—18 m.

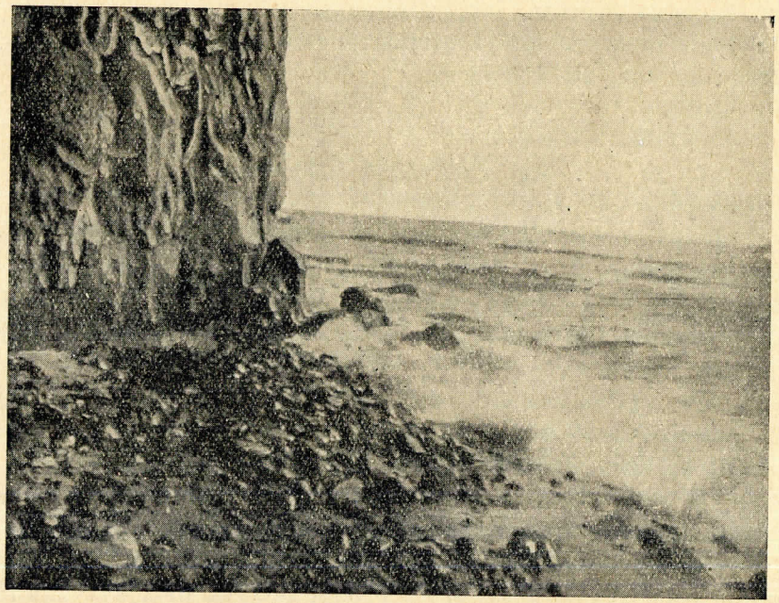
Ruchy morza podczas przypływu i odpływu nie mają wielkiego znaczenia jako czynnik niszczący. Prądy, podczas przypływu ku rzekom dążące, sprawiają, że ujścia rzek bywają lejkowato rozszerzone, tworząc estuarja, które widzimy u bardzo wielu rzek, np.: Łaby, Tamizy, Garonny, Amazonki, La Platy i innych. Prądy morskie utrudniają złożenie osadów, nieraz oczyszczają z nich dno morza i wytwarzają na niem nawet głębokie żłoby.

W wysokim stopniu niszczącem jest jednakowoż działanie fal kipieli morskiej, uderzających ustawicznie o brzeg. Siła wywieranego przez nie nacisku jest wprost olbrzymią, skoro wynosi wedle obliczeń Stevensona u wybrzeży Szkocji (w Edynburgu), gdzie falowanie jest silniejsze, w lecie 3.000, a w zimie 10.000 kg. na metr kwadratowy powierzchni, podczas

[1]) Niemcy nazywają ustawiczne falowanie morza u brzegów Brandung; w języku polskim nie mamy terminu na tę czynność, którąby można za Zejsznerem nazwać kipielą morską.

silnej burzy zaś nawet 30.500 kg.; doświadczenia, wykonane w Cherburgu i w Algierze, dały jako średni rezultat ciśnienie 3.000—3.500 kg. Za uderzeniem fal zostają przeto wyprowadzone ze swego położenia stucetnarowe i większe bryły, jak np. w miejscowości Wick w Szkocji, gdzie podczas silnej burzy wyrwały fale bryłę kamienia objętości 320 m.^{3} razem z trzema kostkami z betonu, do których była przymocowaną, o łącznym ciężarze 13.000 cetnarów metrycznych.

Jakkolwiek na otwartem morzu nie są fale bardzo wysokie, gdyż podczas burz dochodzą 4—6 m., przecież natrafiając u wybrzeży na opór skał, wznoszą się do wysokości wprost niezwykłych. Latarnia morska



Ryc. 91. **Stromy brzeg Bałtyku koło Orłowej.** Głazy wymyte z gliny morenowej zalegają brzeg. (Wedle fotografji autora).

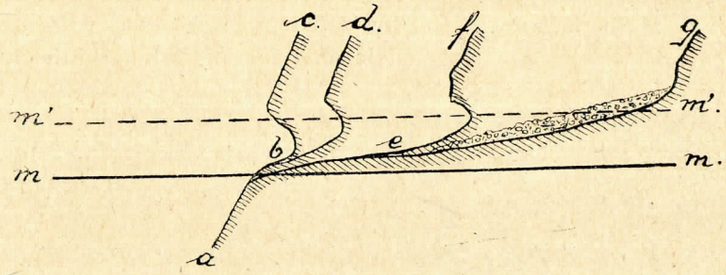
w Bell Rock u wybrzeży szkockich, która jest na 34 m. wysoka, jest często całkiem zakryta falami, a okna latarni morskiej w Unst na jednej z wysp Szetlandzkich, wzniesione na 60 m. ponad poziom morza, nieraz pękają za naciskiem fal.

Uderzając o nadbrzeżne skały, miotają równocześnie fale o brzeg piaskiem i kawałkami żwiru, jak gdyby całym szeregiem pocisków i ułatwiają sobie przez to dzieło zniszczenia. Łatwe wietrzenie skał nadbrzeżnych sprawia, że one szybko ulegają falom. W słonej wodzie morskiej rozpuszczają się minerały przeważnie łatwo, skałotoczne zwierzęta (małże, jeżowce), przeróżne wodorosty niszczą również skały, słowem, wie-

trzenie postępuje u skał nadmorskich niemniej energicznie, jak na lądzie stałym.

Omówione ruchy fal nie sięgają daleko w głąb; poniżej 50 m. są to tylko nieznaczne ruchy drgające, które mogą poruszać tylko bardzo lekki materjał, lub spowodować na dnie ślady podobne do podłużnych wypukłości (pręgi faliste).

Rozpatrzymy teraz bliżej przebieg niszczącej pracy fal. Jeżeli wybrzeże jest piaszczyste, działanie ich nie będzie niszczące, lecz ograniczy się co najwyżej do naniesienia świeżych mas piasku, lub żwiru. Inaczej jest jednakowoż, jeżeli brzeg jest stromy, gdyż wtedy fale mogą z łatwością wykonać pracę, łamiąc opór skał. Ustawicznie uderzające fale podrywają i wydrążają brzeg, wskutek czego wyżej leżące części skał tracą podstawę i zapadają się w głąb (ryc. 91). Wytworzone gruzowisko zabiera częściowo cofająca się fala, częściowo bywa roztarte na żwir coraz drobniejszy, a wreszcie na piasek. Jak energicznie rozdrabniają fale żwiry, zrozumie każdy, kto był nad brzegiem oceanu i sły-



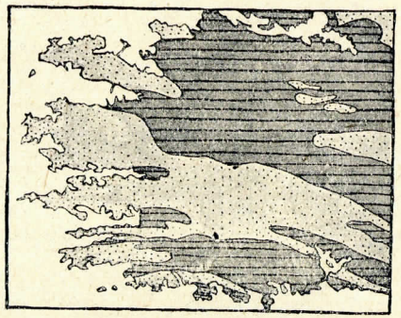
Ryc. 92. **Schemat erozji morskiej.** a b c, ab d, a e f, a e g—kolejne stadja zboczy, m m i m' m' — poziom morza podczas przypływu i odpływu.

szał łoskot i huk falującego morza, wśród którego wyraźnie odróżnić można uderzanie o siebie i tarcie żwirów. Niszczone falami posuwa się skaliste wybrzeże coraz bardziej wstecz, aż zniszczenie postąpi tak daleko, jak daleko sięgają fale podczas największego przypływu. W rezultacie wytworzy się nad brzegiem morza piaszczysta terasa, zamknięta stromą ścianą skały, której już nie dosięgają fale (wybrzeże klifowe, rycina 92).

Łatwość, z jaką postępuje niszczenie skał nadbrzeżnych, jest zależną od jakości warstw skalnych. Jeżeli zwięzłe przegradzane są miękkiemi, zostają ostatnie łatwo wymyte, wskutek czego wyżej leżące twarde tracą podstawę i zapadają się. Jeżeli kierunek warstw nie jest zgodny z biegiem wybrzeża, a stromo nachylone zwięzłe warstwy leżą naprzemian z miękkiemi, wówczas morze rozmywa i niszczy mało oporne skały, tworząc wąskie zatoki, zwięzłe zaś sterczą w morzu nakształt wydłużonych półwyspów. Wybrzeża tego kształtu nazywamy riasowemi,

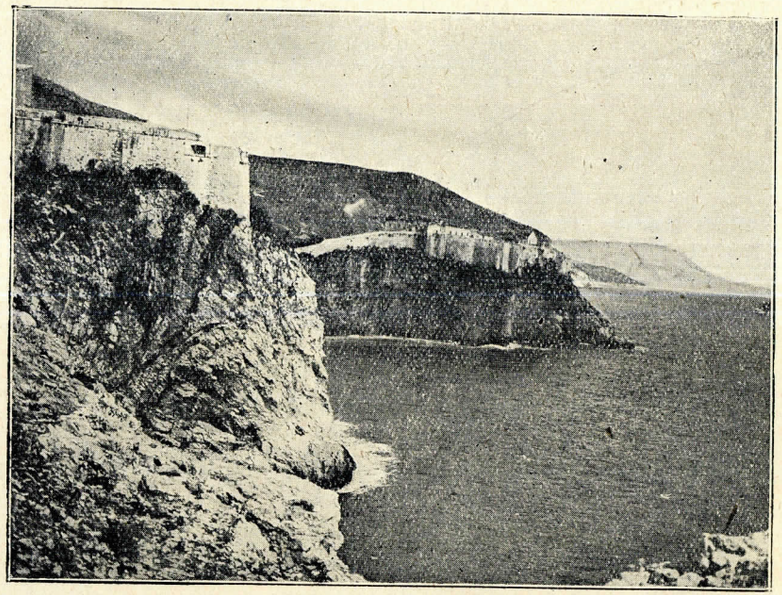
a typowym ich przykładem są północne wybrzeża Hiszpanji, Normandji, lub Szkocji (ryc. 93).

Sposób nachylenia warstw skalnych u brzegów morskich nie jest bez znaczenia dla erozji morskiej. Jeżeli skały są nachylone ku morzu, wznoszą się po nich fale coraz wyżej, jak gdyby po równi pochyłej, nie napotykając na znaczny opór, zniszczenie przeto jest tu nieznaczne. Poziomo ułożone warstwy, a w wyższym stopniu nachylone w stronę lądu stawiają znaczny opór falom, zostają przeto najłatwiej podmyte i zniszczone.



Ryc. 93. **Wybrzeże riasowe u brzegów Irlandji.** Kolor jasny oznacza zwięzłe piaskowce dewońskie, ciemny — wapień węglowy. (Wedle Kaysera).

Niszcząc skaliste brzegi wytwarzają często fale piękne formy erozyjne. Od reszty oddzielone skały sterczą wśród morza nakształt słupów, lub baszt, powstają też nieraz bramy wskutek przebicia skał falami, lub jaskinie, których

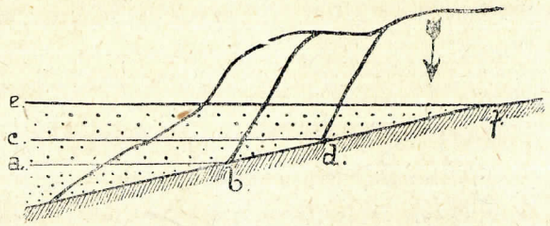


Ryc. 94. **Strome brzegi morza Adrjatyckiego koło Raguzy.** (Wedle fotografji autora).

przykładem może być bazaltowa grota Fingala na wyspie Staffa u wybrzeży Szkocji, lub grota Błękitna na wyspie Capri.

Jeżeli u brzegów jest morze głębokie, niszczą jego fale ciągle skaliste brzegi i powodują stałą utratę lądu (ryc. 94). W niejednym wypadku starano się ją mierzyć i otrzymano dla Havru 0·20—0·25 m. rocznie, dla wybrzeży Yorkshire w Anglji — 0·125 m. Znane są jednakowoż miejsca, gdzie utrata postępuje szybciej. Według Lyella, utraciły wybrzeża między Norfolk i Suffolk w czasie od r. 1824 do 1829 więcej niż 16 metrów. Miejscowość Reculwer, pierwotna rzymska stacja wojskowa (Regulvium), leżała jeszcze za czasów Henryka VIII prawie o milę angielską oddalona od brzegu, ale już w r. 1780 zagrażały fale murom tamtejszego kościoła. Mała wysepka Helgoland jest skazana na zupełną zagładę przez fale. Sądząc z map dawnych, utraciła w ciągu ostatnich 500 lat trzy czwarte powierzchni, a mimo wszelkich środków obronnych, maleje ciągle.

Wiemy już, że erozja brzegowa niszczy strome brzegi morza i zamienia je w płaską terasę, pokrytą żwirem i piaskiem. Jeżeli z biegiem czasu cofnie się morze, będzie leżeć terasa wysoko nad brzegiem; takie terasy nadbrzeżne w Grenlandji i w Norwegji dowodzą cofania się morza w tych okolicach.

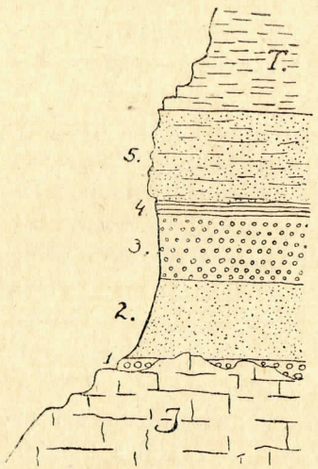


Ryc. 95. **Schemat abrazji morza.** a b, c d, e f — kolejne poziomy morza.

Inaczej będzie, jeżeli przy brzegu zacznie się ląd zapadać. Wówczas dostanie się zwolna dalszy pas lądu pod działanie fal morskich (rycina 95), a więc brzeg morza przesunie się od *b* do *d*, przy dalszem zapadaniu lądu do *f*, słowem cały zapadający się ląd zostanie w ten sposób ścięty przez fale, że powstanie równa powierzchnia, na której morze złoży nowe osady. Tego rodzaju niszczącą i wyrównywającą czynność morza nazywamy a b r a z j ą [1]).

Jak później poznamy, zdarzało się już nieraz, że morza wkraczały na obniżające się lądy i ścinały falami nawet całe pasma górskie. Na zniszczonych skałach tworzyły się nowe, poziomo leżące osady morskie, które mogły z biegiem czasu stać się lądem stałym, a wtedy widzimy na pofałdowanych warstwach skalnych niezgodnie, jak mówimy w geologji, leżące osady (ryc. 47). Zalewanie przez morze zapadających się lądów nazywamy t r a n s g r e s j ą. Przykładem wielkiej transgresji jest cenomańska transgresja z początkiem górnej kredy, która zajęła prawie całą Polskę. Z początkiem transgresji ulegają zniszczeniu skały ląd tworzące, nic więc dziwnego, że w najniższych osadach transgredującego morza znajdujemy wiele otoczaków i żwirów, spojonych w t. zw. dolne

[1]) Nazwa z języka łacińskiego: abrado — ścinam.

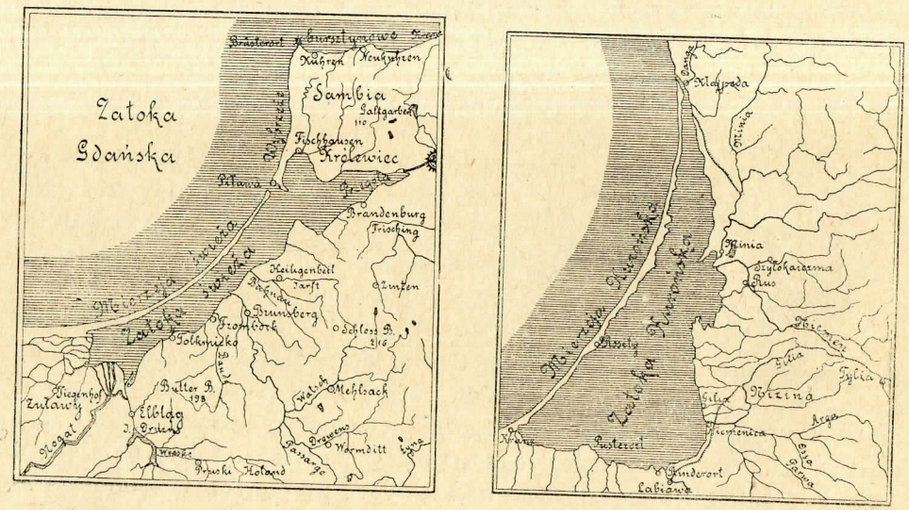


Ryc. 96. **Przekrój z brzegów Dniestru w Niżniowie.** J – wapień jurajski, T – biała kreda (turon?), 1–5 różne poziomy cenomanu, 1 – zlepieńce podstawowe. (Wedle Weignera).

(podstawowe) zlepieńce, których obecność wskazuje geologowi na rozpoczynającą się transgresję morza (ryc. 96).

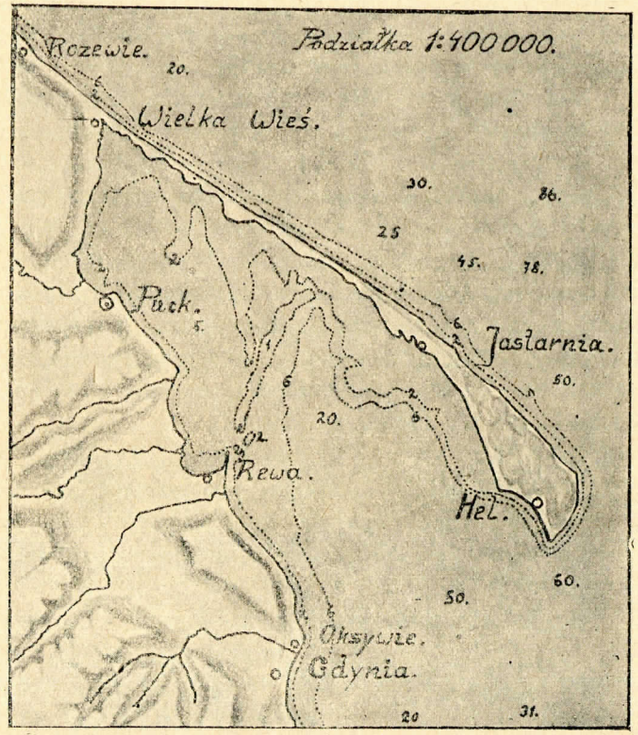
b) Twórcza czynność morza.

Dotychczas poznaliśmy niszczące działanie morza, ale jest także i twórcze. Podczas silnych burz wyrzucają wzburzone fale na płytki brzeg wiele żwirów i piasków, których nie może zabrać cofająca się fala nawet podczas najwyższego stanu wody. Z tego materjału tworzą się t. zw. wały brzeżne, biegnące równolegle z brzegiem morza, a wzrastające z biegiem czasu. Nieraz tworzą się one nakształt wąskich języków, które, wychodząc z półwyspu, odcinają zatokę morską. Są to mierzeje, lub kępy (we Włoszech lidi), a odcięta zatoka to zalew, np. mierzeja Świeża u ujścia Nogatu, oddzielająca zalew Świeży i mierzeja Kurońska u ujścia Niemna, która oddziela od morza zalew Kuroński (ryc. 97). Obie mierzeje są wąskie, a długie, jak również mniejsza mierzeja Helu (ryc. 98). Wytworzenie się ich spotęgowały wiatry, które usypały z morskich piasków szereg wysokich wydm.



Ryc. 97. **Zalew Kuroński i Świeży.** (Z Neumayra).

W tych wypadkach, gdy do morza wpada większa rzeka, rosną szybko wały brzeżne także z innej przyczyny. Oto woda rzeki stara się jak najdalej zanieść materjał skalny, natomiast falowanie morza niweczy to działanie, wynikiem będzie więc, że w miejscu, gdzie znoszą się oba prądy, zostaną złożone osady rzeki, wał brzeżny rośnie więc tu przeto szybciej. Mieszanie się wody słodkiej rzek z wodą morską przy ujściu wywołuje szybkie strącenie składników iłowych [1]), co również przyczynia się do wzrostu wałów brzeżnych.



Ryc. 98. Hel.

Na wielu miejscach widzimy mierzeje, albo ślady po nich. Jeżeli mierzeje zamknęły się z biegiem czasu, zamienia się zalew w jezioro, które czasem ulega wysłodzeniu. Tak zwane „étangs" w Landach u południowo-zachodnich wybrzeży Francji są przeważnie już wysłodzonemi zalewami. U wybrzeży Adrjatyku jest resztką dawnej mierzei „Lido" między miejscowością Chioggia, które można jeszcze śledzić już na lądzie stałym aż do miejscowości Comachio (ryc. 90).

Osady morza. Najwybitniejszym objawem twórczej działalności mórz są ich osady. Znamy ich część najbliższą brzegom, ponieważ odsłania nam ją morze podczas odpływu, położone dalej od brzegu zdołano zbadać dopiero przy pomocy sondowań, wykonanych przez wyprawy naukowe,

[1]) Wedle doświadczeń strąca się osad w mętnej wodzie morskiej w czasie 15 razy krótszym, niż w wodzie słodkiej. Brever obserwował, że iłowe części strąciły się w wodzie morskiej w ciągu 30 minut, chociaż w wodzie słodkiej były zawieszone jeszcze przez 30 miesięcy.

poświęcone wyłącznie badaniom mórz. Pierwszą i najbogatszą w rezultaty była wyprawa angielska na okręcie Challenger, za nią poszły wkrótce inne, urządzone przez inne narody.

Zależnie od oddalenia od brzegów, głębokości i od składanego materjału możemy wyróżnić osady, jako: litoralne, przybrzeżne i głębinowe.

Osady litoralne obejmują utwory pasu, zajętego przez przypływ i odpływ, a więc chwilowo tylko przykrytego wodą, składające się ze żwirów i gruboziarnistych piasków. Cofająca się fala odpływu nie ma już tej siły, aby zabrać żwiry na brzeg wyrzucone, unosi tylko najlżejszy materjał, a sortując i przemywając go, układa w gruboziarniste piaski nieregularnie warstwowane, zawierające poniszczone skorupy gruboskorupnych ślimaków i małży, ślady pełzania, pręgi faliste i t. p. Ponieważ pas ten jest podczas odpływu lądem stałym, przeto jest on przejściowym między lądem i morzem.

W osadach przybrzeżnych wyróżnimy utwory płytkiego morza i hemipelagiczne, materjał je tworzący jest pochodzenia lądowego, dlatego też można nazwać osady przybrzeżne także terrigenicznemi. Obejmują one pas szerokości zmiennej, a dochodzący głębokości 4.000 m. Wyróżniamy w nich:

1) Strefę wód płytkich, która pokrywa dno mórz pasem do 250 km. szerokim, jednakowoż zwężającym się gdzie niegdzie nieznacznie, chociaż osiąga on miejscami nawet szerokość 600 km., jak np. u wybrzeży Brazylji zapewne pod wpływem osadów Amazonki. Dochodzi on głębokości 200 m. [1]), a obejmuje cokoły lądów. Piaski drobno warstwowane, zawierające dobrze zachowane skamieliny, także iły piaszczyste wytworzyły się w tym pasie.

2) Strefę hemipelagiczną, albo mułów brzeżnych, która obejmuje utwory oddalone od brzegu, a złożone w głębokościach od 200 do 4.000 metrów. Są to muły powstałe z najdrobniejszego, roztartego materjału lądowego pochodzenia, a wyróżniamy w nich wedle barwy i składu chemicznego: muł niebieski, czerwony (tlenek żelaza), zielone iły i piaski (glaukonit), także wapienne, ostatnie w pobliżu wysp koralowych. Cienkoskorupne małże, liczne ramienionogi, głowonogi, otwornice i radjolarje znajdujemy wśród tych osadów.

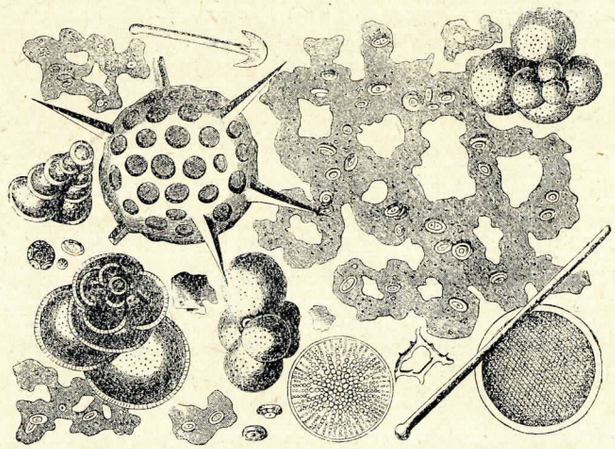
Osady głębinowe, albo pelagiczne nie są wcale lądowego pochodzenia, co je różni wyraźnie od osadów przybrzeżnych [2]). Jeżeli uwzględnimy, że powierzchnia przez nie zajęta równa się mniej więcej połowie powierzchni całej ziemi, zrozumiemy, jak wielkie mają rozprzestrzenienie. Tworzy je muł złożony przeważnie ze skorup drobnych istot morskich, mianowicie otwornic, okrzemek, radjolaryj i pteropodów;

[1]) Jest to głębokość 100 sążni morskich. W najwyższej części tej strefy (głębokości 1—20 m.) jest więcej żwirów, pokruszonych skorup gruboskorupnych mięczaków (ostrygi), śladów pełzania, pręg falistych i t. p.

[2]) Powstały w głębokościach większych, zwyczajnie od 900 m.

oprócz materjału organicznego bierze udział w ich składzie także pył meteoryczny (str. 6), popiół wulkaniczny przynoszony wiatrem, a także kawałki skał przynoszone lodami z okolic polarnych [1]). W szczególności wyróżniamy wśród głębinowych osadów:

1) Muł globigerynowy, złożony przeważnie z wapiennych skorupek pelagicznych otwornic, jak Globigerina, Pullenia, Sphaeroidina, Orbulina (ryc. 99), z tej też przyczyny jest to muł przeważnie wapienny (30—90% $CaCO_3$). O ilości resztek organizmów świadczy następujące obliczenie Gümbla. W jednym centymetrze sześciennym mułu globigerynowego w pobliżu wyspy Nowy Amsterdam znalazł on 5.000 skorup większych otwornic, 200.000 mniejszych, 220.000 resztek ich skorup, 7 miljonów kokkolitów, t. j. wapiennych skorupek pewnych wodorostów, czy też może pierwotniaków, 4.800.000 ułomków wapiennych, 150.000 ułomków igieł gąbek, 100.000 radjolaryj i okrzemek, a nadto 240.000 ziarn mineralnych. Najbardziej jest on rozpowszechnionym w głębokościach około 1.000 metrów, w znaczniejszych zmniejsza się w nim zawartość węglanu wapnia. Jego odmianą jest muł pteropodowy, zawierający obficie (do 30%) skorupy pteropodów, oprócz otwornic.



Ryc. 99. **Muł głębinowy** z otwornicami, radjolarjami, okrzemkami, igłami gąbek i kokkolitami. Silnie powiększony. (Z Neumayra).

2) Muł okrzemkowy jest złożony przeważnie ze szkieletów okrzemek, radjolaryj, igieł gąbek krzemionkowych i t. p., dlatego też zawiera mało węglanu wapnia, a przeważnie krzemionkę. W przeciwstawieniu do mułu globigerynowego zajmuje obszary mórz chłodniejszych.

3) Czerwony muł głębinowy bogaty w tlenek żelaza, który mu barwę nadaje, zawiera ziarna mineralne mikroskopowej wielkości, resztki drobnych organizmów krzemionkowych i cząstki kosmicznego pochodzenia. Często zawiera konkrecje manganowe i tlenku żelaza, które zawierają w sobie zęby rekinów, otolity (kostki słuchowe) i kręgi rybie.

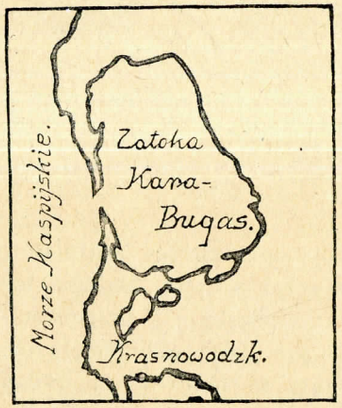
[1]) W mule globigerynowym znalazła wyprawa na okręcie Talisman między Azorami i Francją kawałki skał z trylobitami, a w oddaleniu 1.400 km. od brzegu kawałki skał z rysami lodowcowemi.

Muł czerwony zajmuje większą powierzchnię, niż inne głębinowe utwory, zalegając przytem największe głębokości. Prawdopodobnie powstał on z mułów głębinowych pochodzenia organicznego przez rozkład ich wapiennych części za działaniem bezwodnika węglowego.

Osady głębinowe zalegają największe głębie oceanów. W przeciwstawieniu do utworów przybrzeżnych, które rosną stosunkowo prędko, tworzą się one powoli, najwolniej czerwony muł głębinowy.

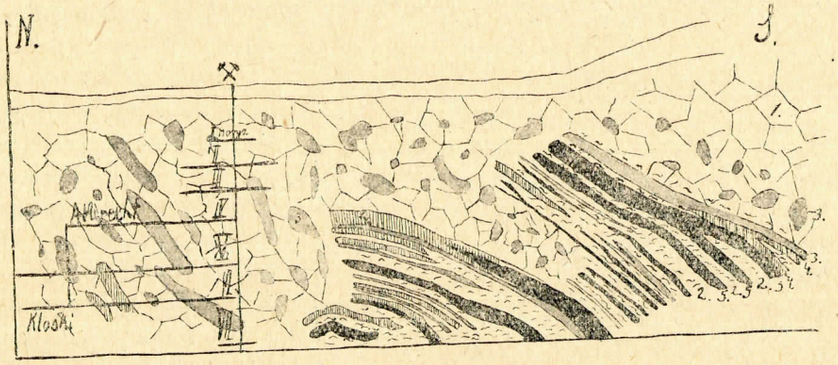
Rozpatrując skały morskiego pochodzenia, uważano niejedne z nich za osad głębinowy, jednakowoż niesłusznie. Okazało się przeciwnie, że nie znamy skał, które należałoby bez wątpliwości uważać za utwór głębinowy. Margle górnokredowe (senońskie), tak częste na ziemiach polskich, uważano nieraz za utwor głębinowy, chociaż między otwornicami nie przeważa wcale rodzaj Globigerina, a fauna mięczaków, o wiele bogatsza od fauny głębinowej, zawiera rodzaje, które wcale nie żyją w głębokich morzach. Prawdopodobną jest wogóle rzeczą, że największe głębie mórz zajmowały już od bardzo dawnych czasów położenie dzisiejsze i że zmiany w rozmieszczeniu dotyczyły głównie mórz płytkich.

Osady chemiczne mórz. Jeżeli wśród sprzyjających warunków np. w zatokach paruje woda morska, zagęszczają się w niej i wydzielają rozpuszczone sole w porządku swej rozpuszczalności. Nie licząc węglanu wapniowego, który nader rzadko osadza się z wody morskiej, ponieważ zużywają go organizmy budujące twarde szkielety, wydziela się najpierw siarczan wapniowy jako gips, lub anhidryt, przy dalszej utracie wody przeważna część chlorku sodu jako sól kamienna, a dopiero przy końcu reszta soli kamiennej i sole potasowo-magnowe, a w szczególności chlorek potasu, chlorek magnowy, siarczan potasowy i magnowy. Grubość wytworzonego w ten sposób pokładu soli jest jednakowoż nieznaczną, gdyż gdyby nawet wyparowało morze tak głębokie, jak Śródziemne, wytworzyłaby się warstwa soli zaledwie 27 metrowej grubości, podczas gdy pokłady soli w Wieliczce i Bochni mają miąższość przeszło 300 metrów, a znane są znacznie nawet grubsze złoża. Do wytłumaczenia ich powstania musimy szukać szczególnych warunków.



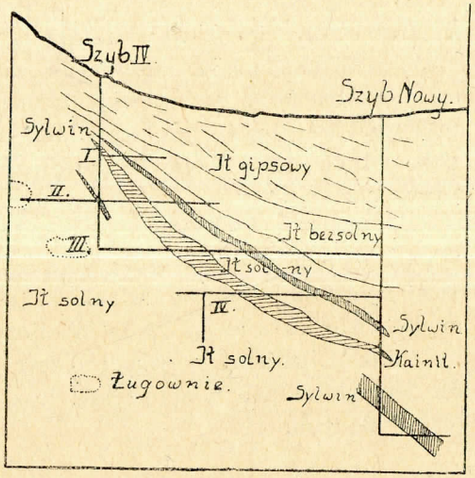
Ryc. 100. **Mapka zat. Karabugas.**

Na wschodniem wybrzeżu morza Kaspijskiego leży zatoka zwana Karabugas, albo Adschidarja (ryc. 100), tem szczególna, że od morza oddziela ją wąska mierzeja, a jedynie nader wąski kanał łączy ją z morzem. Ponieważ leży w klimacie suchym, przeto paruje silnie i utraciłaby rychło wodę, gdyby woda morza Kaspijskiego nie dążyła ciągle kanałem do zatoki. Chociaż zawartość soli w morzu Kaspijskiem jest nieznaczną (1·2%), przecież dopływają do zatoki ciągle nowe jej ilości, nic więc dziwnego, że zawartość soli w zatoce doszła 18%; gips osadził się już, a obecnie zaczęła się osadzać sól kamienna.



Ryc. 101. **Przekrój geologiczny Wieliczki.** 1—il solny górny, 2—il dolny z anhidrytem, 3—sól zielona, 4—sól spiżowa, 5—sól szybikowa. (Wedle Niedźwiedzkiego).

W ten sposób oddaje morze Kaspijskie zatoce swój zasób soli i dlatego mogą się w niej wytworzyć pokłady soli takiej miąższości, jak głęboka jest zatoka. Jeżeliby proces parowania dobiegł kresu, osadziłyby się sole potasowe, ale zachowałyby się jedynie w tym wypadku, gdyby nad niemi zostały złożone nieprzepuszczalne iły, któreby nie dopuściły do rozpuszczenia tych nader higroskopijnych związków. W licznych wypadkach nie osadziły się też nad pokładami soli kamiennej sole potasowe, lub osadzone wymyte zostały, tak jest np. w Wieliczce (ryc. 101) i Bochni, ale są wypadki, że zachowały się, np. u nas w Kałuszu[1]) (ryc. 102), lub w Stas-

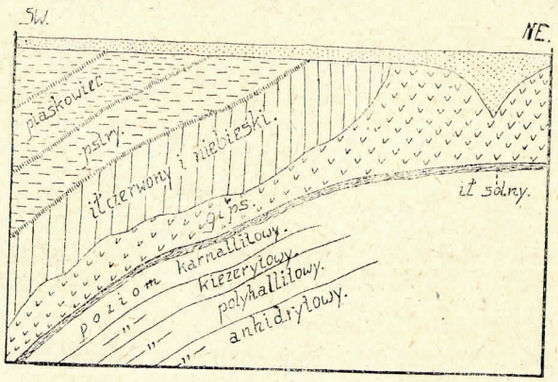


Ryc. 102. **Przekrój geologiczny przez kopalnię w Kałuszu.** I, II, III, IV — poziomy kopalni. (Wedle Niedźwiedzkiego).

[1]) Jest tu kainit (KCl, $MgSO_4+3H_2O$), sylwin (KCl), syngenit (K_2SO_4, $CaSO_4+H_2O$); w Stebniku znajduje się polyhalit (K_2SO_4, $2CaSO_4$, $MgSO_4+2H_2O$); w Truskawcu mirabilit ($Na_2SO_4+10H_2O$), a w Morszynie polyhalit i mirabilit.

sfurcie koło Magdeburga w Niemczech, a te kopalnie dostarczają też nader cennych jako nawóz sztuczny soli potasowo-magnowych.

W szczególności nie wydzielały się te związki razem, lecz kolejno, nie tylko zależnie od stopnia rozpuszczalności, ale także od oddziaływania na siebie związków pozostających w roztworze. W jaki sposób przy zupełnem wydzieleniu się soli następują po sobie różne z minerałów tutaj należących, przedstawia nam załączony profil przez kopalnię w Stassfurcie (ryc. 103). Wydzielono tu szereg poziomów; górny z nich karnallitowy zawiera przeważnie karnallit, niższy kiezerytowy przeważnie sól kamienną, nadto kiezeryt i karnallit, dalszy polihalitowy sól kamienną z wkładkami polihalitu, a najniższy poziom anhidrytowy, będący jednakowoż głównym poziomem solnym, ma wśród soli kilkumilimetrowe warstewki anhidrytu, które tworzą t. zw. pierścienie roczne, uważane przez niektórych za coroczne przerwy w tworzeniu się soli podczas pory deszczowej; dopiero najniżej leży właściwy pokład anhidrytu. Przykryty jest cały ten system warstw nieprzepuszczalnym iłem solnym, na którym leżące gipsy znaczą nam nową rozpoczętą serję tworzenia się osadów chemicznych przy powtórnym zalewie.



Ryc. 103. **Profil przez złoże w Stassfurcie.** (Wedle Fürera).

Jeżeli w ten sposób wytworzyły się pokłady soli w kompletnej serji, odpowiadającej teoretycznemu następstwu przy parowaniu wody morskiej wydzielających się związków, mówimy o złożach zupełnych. W przeciwieństwie do nich są złoża Wieliczki, lub Bochni niezupełnemi.

Jak mówiliśmy poprzednio (str. 82), przeważna część pokładów soli nie jest morskiego pochodzenia, lecz powstała zapewne z wysychających jezior słonych.

DZIAŁANIE LODU, LODOWCE.

Jakkolwiek działanie wody w stanie stałym, a więc pod postacią lodu i śniegu nie może dorównywać działaniu rzek, tem więcej mórz, przecież nie jest ono podrzędnem, ponieważ olbrzymie przestrzenie ziemi ($^1/_{10}$ całkowitej powierzchni) są pokryte lodem.

Śniegi, leżące na wysokich górach, zesuwają się czasem jako l a w i n y. Jeżeli zesunie się świeży, sypki śnieg, leżący na starszym, już stwardniałym, spada lawina puszystego śniegu, jeżeli jednakowoż podczas odwilży zesuwa się cała masa śniegu, aż do skalnego podłoża, spadają razem z nią porwane bryły skalne i dostają się w doliny. Nie licząc zniszczenia lasów i zasypania osad, nie powodują lawiny zmian większych, nie mówiąc o tem, że czasem mogą naniesionym materjałem zatamować koryto rzeki i spiętrzyć jego wody w jezioro, lub że, unosząc w dół zwietrzałe skały, spełniają denudacyjną czynność.

O wiele większe znaczenie mają jednakowoż l o d o w c e. W pewnej wysokości panuje wszędzie na ziemi temperatura tak niska, że opady atmosferyczne spadają pod postacią śniegu. Wysokość ta (linja wiecznego śniegu) leży w poziomie coraz wyższym im bliżej równika, a obniża się w miarę zbliżania do obu biegunów, jednakowoż kierunek wiatrów, ilość opadów, ekspozycja ku północy, lub ku południowi wywierają także wpływ znaczny. U północnych stoków alpejskich biegnie w wysokości 2.500—2.700 m., na południowych jednakowoż wyżej, gdyż od 2.700—3.000 m. W Himalajach jest odwrotnie, gdyż linja ta jest wyższą na północnych stokach (5.700 m.), niższą na południowych (4.900 m.) z powodu większej wilgotności południowych stoków.

Powyżej linji wiecznego śniegu nie taje śnieg prawie, nie licząc gorących dni lata, a ze świeżych mas jego musiałyby się utworzyć bardzo wielkie pokłady, gdyby nie zesuwały się w dół. Wysoko położone zaklęsłości między szczytami i górskiemi przełęczami są miejscem, gdzie zbierają się śniegi, które dają początek lodowcom. W nich zmienia śnieg budowę i wygląd, ponieważ taje nieco w ciepłe dni lata, a następnie w nocy zamarza. Powstała woda, przeciekając przez śnieg i zamarzając, czyni go spoistym, zamieniając śnieg zwyczajny w śnieg ziarnisty o krystalicznej budowie, jakim jest śnieg lodowców. Tę przemianę powoduje także nacisk warstw wyższych, a przytem traci śnieg znacznie na miąższości, gdyż z ośmiometrowej warstwy śniegu powstaje w Alpach tylko metrowej miąższości warstwa lodowcowego lodu. Cząstki pyłu spadającego na powierzchnię, tworzą nieznaczne warstwowanie, które zanika, ustępując miejsca pozornemu warstwowaniu, powstałemu przez ciśnienie wyżej leżących warstw lodu.

W lodowcach możemy wyróżnić część górną, leżącą wysoko pomiędzy górskiemi grzbietami, w której zbiera się śnieg, są to p o l a l o d o w e i właściwy lodowiec, który jest ich odpływem. Na bardzo stromych górach nie mogą się utrzymać pola lodowe, nie mogą się tam przeto utworzyć lodowce, z tej też przyczyny nie ma ich np. góra Ararat w Armenji, chociaż wznosi się na 1.000 m. ponad linję wiecznego śniegu. Najwyższe szczyty tatrzańskie wznoszą się wprawdzie także nieco ponad tę linję, ale strome ich zbocza i brak rozłożystych przestrzeni, niezbędnych dla pól lodowych, są przyczyną braku lodowców.

Najciekawszym objawem lodowców jest ich r u c h. Mieszkańcy gór wiedzieli już dawniej, że lodowce są w ruchu, a przypadkowe spostrzeżenia potwierdzały ich obserwacje. Zasłużony badacz lodowców alpejskich Saussure zostawił w r. 1788 podczas wycieczki na szczyt Mont Blanc drabinę na lodowcu Mer de Glace, którą o 4.050 m. niżej znalazł w r. 1832 Forbes, z czego wynika średnia roczna prędkość ruchu lodowca — 92 m.; w r. 1845 znalazł ją Martins tylko o 370 m. oddaloną, w tym okresie czasu byłaby więc prędkość ruchu mniejszą. W r. 1820 podczas wycieczki na ten sam szczyt zasypała lawina trzech uczestników, a po 41 latach okazały się u spodu lodowca ubrania zaginionych, które rozpoznali żyjący jeszcze przewodnicy; w rok później zwrócił lodowiec rękę jednej z ofiar.

Z biegiem czasu przeprowadzono w Alpach szereg dokładnych pomiarów. W tym celu wbija się w lodowce żerdzie, lub ustawia znaki kamienne, których położenie ściśle określono i obserwuje się późniejsze odchylenie od pierwotnego położenia. Okazało się, że lodowce płyną jak rzeka, największą prędkość mają w pośrodku, po bokach zaś mniejszą, większą jest też prędkość w górnych warstwach, niż w dolnych, na skrętach największą po stronie wypukłej, najmniejszą na wklęsłej, zwiększa się zaś szybkość ruchu, gdy lodowiec się zwęża, a maleje, gdy się rozszerza.

Przeciętna prędkość ruchu alpejskich lodowców wynosi 40—100 m. rocznie, czyli 0·1—0·3 m. na dobę, chociaż znane są wypadki większej prędkości, np. lodowców w Himalajach (2—3·7 m). Olbrzymie lodowce na zachodniem wybrzeżu Grenlandji posuwają się nawet o 8 do 10 metrów na dobę.

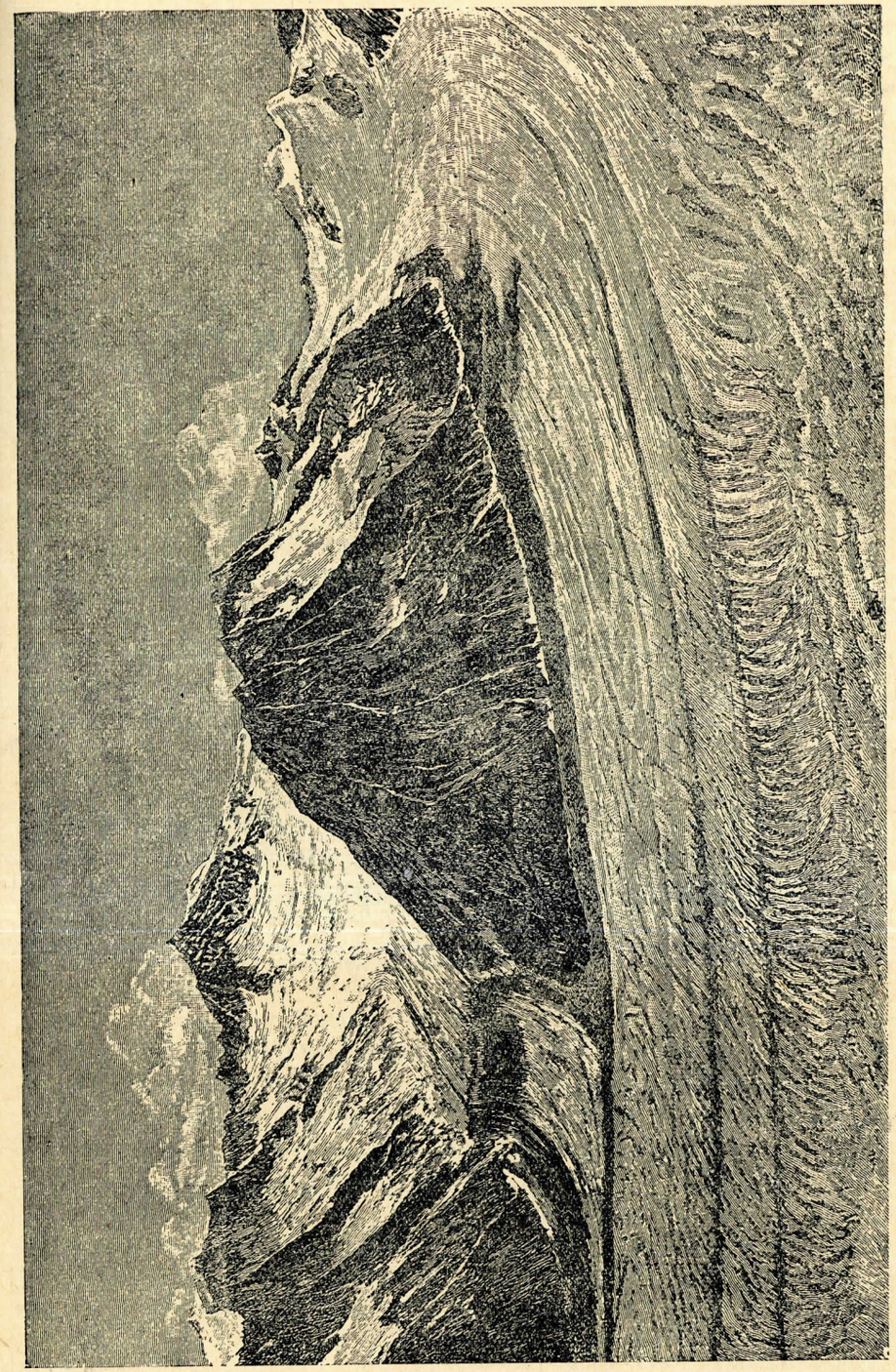
Przyczyną ruchu lodowców jest ich ciężar; po nachylonej powierzchni stoków muszą się one powoli zesuwać. Właściwie nie zesuwają się lodowce, lecz płyną podobnie jak płynie ciecz gęsta; rzecz tę wytłumaczyły badania Helmholza i innych.

Wiemy z zasad fizyki, że temperatura marznienia zależną jest od ciśnienia, jakiemu ciało ulega. Dla wody znajdującej się pod znacznem ciśnieniem jest niższą od 0^0, dlatego też lód silnie ściskany zamienia się na wodę; z chwilą jednakowoż, gdy nacisk ustaje, marznie woda z powrotem. Na tem zjawisku, zwanem r e g e l a c j ą [1]), polega doświadczenie, że dwa kawałki lodu w niskiej temperaturze przez sam nacisk złączyć możemy.

Dolne warstwy lodowca znajdują się pod znacznem ciśnieniem, wskutek czego rozpadają się częściowo w drobny gruz, częściowo zamieniają się w wodę i w tym stanie mogą łatwo się poruszać po nachylonej podstawie.

Zależnie od nachylenia porusza się lodowiec z rozmaitą chyżością. Jeżeli urywa się nagle na stromych zboczach, powstają kaskady lodu,

[1]) Nazwa z języka łacińskiego: znowu marznąć (re gelari).

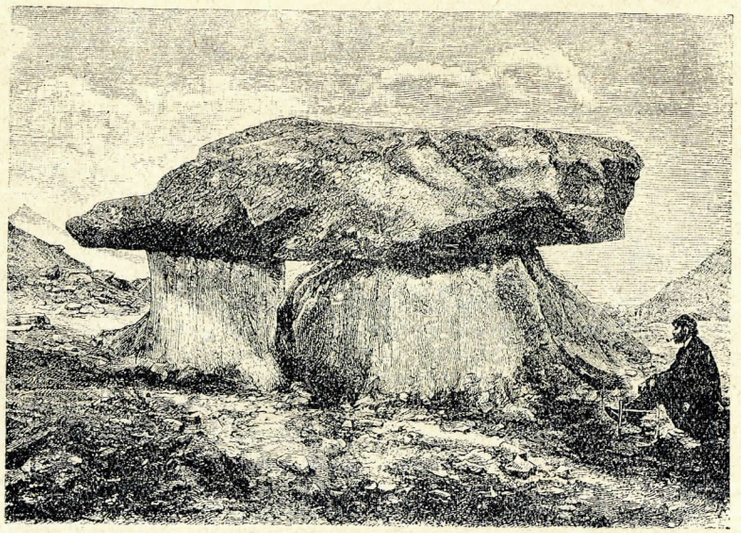


Ryc. 104. **Lodowiec Aletsch w Szwajcarji.** (Z Neumayra).

lecz luźne bryły łączą się u spodu znowu w prawidłowy lodowiec. Oprócz właściwych, bywają jeszcze wyróżniane lodowce wiszące, które ograniczają się na pola lodowe, nie schodząc w doliny.

Na powierzchni mają lodowce szczeliny podłużne i poprzeczne (ryc. 104). Pierwsze z nich powstają, jeżeli lodowiec przechodzi z węższej w szerszą dolinę, wskutek czego rozszerza się, drugie zaś są wynikiem nierówności koryta i powstają tam, gdzie nachylenie lodowca zwiększa się. Nieraz 200 i więcej metrów głębokie, są niebezpieczną przeszkodą podczas podróży po lodowcach.

Posuwający się lodowiec dostaje się wreszcie w obszary niżej linji wiecznego śniegu leżące, nieraz dopiero wśród lasów i zielonych pól kończy się jego panowanie; lodowce Nowej Zelandji schodzą nawet tak



Ryc. 105. **Stół lodowcowy na lodowcu Rodanu.** (Z Neumayra).

nisko, że gubią się wśród najbujniejszej, podzwrotnikowej, roślinności. Po drodze tają naturalnie i wskutek tego zmniejszają się ciągle. Zjawisko to nazywamy ablacją [1]) lodowcową, a odbywa się ona także w górnej części lodowców wśród pól śnieżnych podczas ciepłych godzin lata; zwiększają ją ciepłe wiatry i deszcze. Dla lodowców Szwajcarji oceniano jej wielkość w sierpniu na 3—4 centymetry dziennie, roczną na 1—6 m.

Woda powstała z ablacji lodowców płynie po nich, tworząc całe potoki. Przenika licznemi szczelinami w głąb i łączy się na dnie w potężny strumień, który niszczy lód od wnętrza (ablacja wewnętrzna [2]) i wytwarza pieczary i podłużne kanały, które rozszerzają się czasem tak

[1]) Nazwa z języka łacińskiego: zabranie.

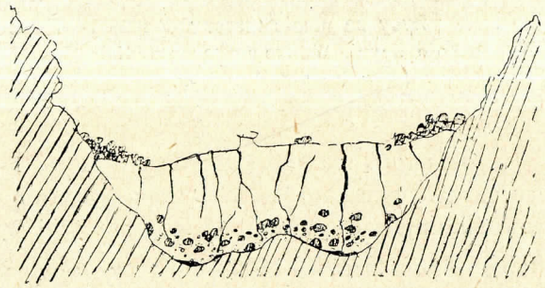
[2]) Temperatura na dnie lodowców jest wyższa od 0, dlatego też tają od spodu.

bardzo, że lodowiec przedstawia się właściwie jako wielkie sklepienie wsparte bokami o skałę.

Tając ustawicznie, maleje lodowiec, a kończy się tam, gdzie ubywa go tyle, ile narasta przez nasuwające się świeżo masy śniegu. U jego końca wypływają strumienie z dna i tutaj tworzy się potężne sklepienie, zwane bramą lodowcową. Strumienie tu wypływające dają początek rzekom górskim, które też płyną zasobne w wodę nawet w porze letniej posuchy, w odróżnieniu od rzek niezasilanych przez lodowce, które w tym czasie mają nader niski stan wody.

Na powierzchni lodowców widzimy często t. zw. stoły lodowcowe. Wielkie bryły skalne, które leżą na powierzchni lodowców, ochraniają niżej leżący lód przed deszczem i promieniami słońca, wskutek czego nie taje on pod niemi, chociaż ubywa go dokoła. W rezultacie będą leżeć po upływie pewnego czasu owe kawałki na słupie lodu (rycina 105). Małe odłamy skalne zagłębiają się natomiast coraz silniej w masę lodowca, ponieważ ogrzane więcej jak lód, oddają ze względu na drobne wymiary łatwo nabyte ciepło lodowi, który też taje pod niemi.

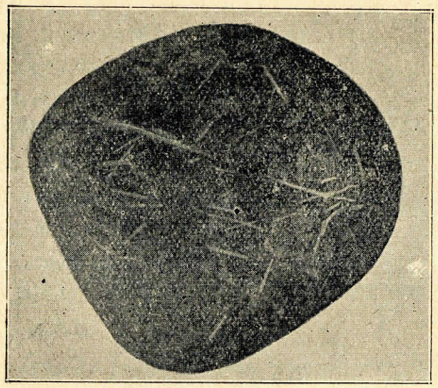
Wielkość, a więc także długość lodowca, nie jest stałą, przeciwnie, ulega wahaniom. W ciągu roku maleją lodowce nieco latem, a nabrzmiewają zimą, jednakowoż ważniejsze są perjodyczne zmiany, które zdołano zauważyć. Przekonano się, że mniej więcej co 35 lat następują okresy wzrostu lodowców, a po nich okresy malenia. Rozpoczynają zmianę małe lodowce, a za niemi postępują większe. Przyjmujemy za Brücknerem, że okresowe zmiany klimatyczne na całej ziemi, a więc wzajemne następstwo okresów wilgotnych i chłodnych po ciepłych a suchych, oddziaływują na lodowce powodując ich wzrost, względnie zanik.



Ryc. 106. **Przekrój poprzeczny przez lodowiec.** Po bokach—moreny boczne, u spodu - denna; szczeliny i stół lodowcowy. (Z Walthera).

Działanie lodowców jest niszczące i twórcze, ostatnie jednakowoż przeważa, podczas gdy pierwsze jest tylko podrzędnego znaczenia. Ze szczytów i otaczających grzbietów przez zwietrzenie oderwane, spadają liczne mniejsze i większe bryły skalne, które unosi po bokach posuwający się lodowiec; tworzą one jego moreny boczne. Ponieważ często łączą się tam mniejsze lodowce w większy, gdzie zlewają się ich doliny, przeto łączą się wtedy także ich boczne moreny w jedną całość, tworząc moreny środkowe. Ich ilość świadczy o tem, z ilu mniejszych wytworzył się główny lodowiec.

Odłamy skał, które lodowiec spotyka po drodze, dostają się w spód jego, również kawałki wyrwane ze skalistego podłoża; tworzą one morenę denną (ryc. 106). Powiększa ją gruz, który szczelinami dostaje się na dno, a nadto żwiry, które przynoszą potoki płynące u spodu lodowca. Naciskiem swej wielkiej masy rozciera on te kawałki skalne, wobec czego są materjałem moreny gliny (wapienne ze względu na zawartość roztartych wapieni), drobnoziarniste piaski i luźne, wtłoczone kawałki żwirów; wszystkie te składniki są bezładnie rozmieszczone i nie okazują śladu warstwowania. Ponieważ skały moreny dennej trą nawzajem o siebie, przeto mają otoczone krawędzie, są wygładzone i często porysowane (ryc. 107), a rysy przebiegają zwykle bezładnie w kilku kierunkach, widocznie kamienie te zmieniały swe położenie podczas posuwania się moreny. W odróżnieniu od nich są odłamy skalne moren górnych nieotoczone, lecz ostro krawędziste, ponieważ, unoszone na powierzchni lodowców, nie uległy starciu.



Ryc. 107. Rysy na głazie moreny dennej. Wapno koło Kcyni, Wielkopolska. (Wedle fotografji autora).

W miejscu, gdzie lodowiec się kończy, zostaje naturalnie złożony cały materjał moren, zarówno górnej, jak dennej; tworzy się z tego wysoki wał zamykający półkolisto dolinę, jest to morena czołowa. Wody wypływające z czoła lodowców rozmywają środkową część wału, wymywają gliny i piaski, pozostają więc tylko żwiry. Ponieważ pochodzą one z obu moren: górnej i dolnej, przeto są częściowo ostrokrawędziste, częściowo otoczone.

Obecność moren, zwłaszcza czołowych, ponieważ te są krajobrazowo bardzo wyraźne, jest dowodem pobytu lodowca w danej okolicy. Nieraz znajduje się koniec lodowca powyżej wyraźnych śladów moreny czołowej, co wskazuje na jego zanik. Dawne moreny boczne wznoszą się także nieraz wysoko ponad brzegami lodowca, jeżeli się zmniejszył.

Unoszenie i składanie materjału skalnego jest jednem z działań lodowca, ale są także inne. Koryto, którem lodowiec się posuwa, zostaje wygładzone, wskutek czego są na skałach rysy podobne do tych, które powstają na odłamach skał moreny dennej. Nadto zostają nierówności koryta wyrównane, wyniosłości wzniesień zaokrąglone, wskutek czego przybierają one kształt płaskich garbów, są to garby lodowcowe (roches moutonnées, Rundhöcker).

Naturalnym wynikiem trącego działania posuwających się lodowców jest pogłębienie ich dolin, a więc erozja. Doliny zajęte przez lodowce stają się szerokie, u spodu wyrównane, wobec czego przybierają kształt podłużnych wanienek, a w przekroju mają kształt litery U (ryc. 109), podczas gdy doliny rzeczne, mniej szerokie u spodu, o słabo nachylonych bocznych ścianach, mają kształt litery V, ponieważ lodowiec eroduje równomiernie na całem podłożu, rzeka zaś głównie po linji najszybszego biegu. Są jednakowoż różnice w zapatrywaniach geologów, gdyż niektórzy sądzą, że przecenia się znaczenie erozji lodowcowej, która, być może, jest tylko bardzo podrzędnego znaczenia.

Od górskich różnią się lodowce śródlądowe, które zalegają kraje dalekiej północy, np. Spitzbergu, Grenlandji, a również lądów południowego bieguna. Dokładnie poznano lodowce Grenlandji dzięki niestrudzonej odwadze Nansena, który w r. 1888 zwiedził wszerz tę krainę wiecznego zimna i lodu. Od najwyższych wzniesień, dochodzących 3.000 metrów, posuwają się ku wszystkim stronom olbrzymie masy lodu przeszło tysiącmetrowej grubości z szybkością nieznaczną, lecz rosnącą w miarę zbliżania się ku brzegom wyspy. W środku wyspy przedstawia lód jedną, gładką, słabo sfalowaną powierzchnię, im bliżej brzegów, tem więcej widać spękań i szczelin; gdzie niegdzie występują wśród mas lodu części lądu wolnego od nich, są to tak zwane przez krajowców nunataki.

Przeważnie nie dochodzą lodowce do brzegów morza, wskutek czego przybrzeżny pas Grenlandji jest zamieszkały i wolny od lodów; jedynie w dolinach posuwają się one aż do morza. Tu poruszają się zrazu po dnie, wreszcie odrywają się bryły lodu i wypływają na powierzchnię jako góry lodowe. Nieraz wznoszą się na 100 metrów ponad powierzchnię morza, a ponieważ lód zanurza się tak silnie, że tylko $^1/_9$ wystaje, przeto grubość gór lodowych dochodzi tysiąca metrów.

Oderwane góry lodowe wypływają na morze obładowane odłamami skał i pędzone prądami dostają się daleko ku południowi. Okręty płynące z Ameryki do Europy spotykają się z niemi często, a w wyjątkowych wypadkach zanoszą je prądy morskie aż w przyrównikowe okolice. Po stajaniu gór lodowych opada na dno gruz przez nie unoszony i dlatego też wśród osadów głębinowych znajdują się kawałki skalne obcego pochodzenia.

O wiele silniej zlodowaconą niż kraje leżące dokoła bieguna północnego jest Antarktyda, olbrzymi, mało jeszcze znany ląd południowego bieguna; tam zajmują lody już okolice leżące pod 50° szerokości geograficznej, a więc takiej, jak Lwowa lub Krakowa.

W krajach, w których średnia roczna temperatura jest niższą od zera (północna Syberja), zachowuje się śnieg od bardzo odległych czasów, gdyż nawet od plejstocenu, jako lód martwy. Na wyspach Nowej

Syberji jest on przykryty gliną i piaskiem, które zawierają obficie kości mamuta, mieszkańca tych okolic w dobie plejstoceńskiej. Również w tundrach północnej Syberji leży lód martwy, przykryty kilkumetrowym pokładem glin, a na Alaszce rosną potężne lasy na przykrywającej go kilkumetrowej warstwie glin i żwirów.

Poznaliśmy poprzednio, że obecność lodowców pozostaje w związku z temperaturą danego okresu i że lodowce zwiększają się z nastaniem klimatu zimniejszego, względnie pojawiają się tam, gdzie ich przedtem nie było wcale. Ponieważ pozostawiają po sobie niezbite ślady pod formą moren, rys na skałach i t. p., przeto dawne ich istnienie wyśledzić się daje.

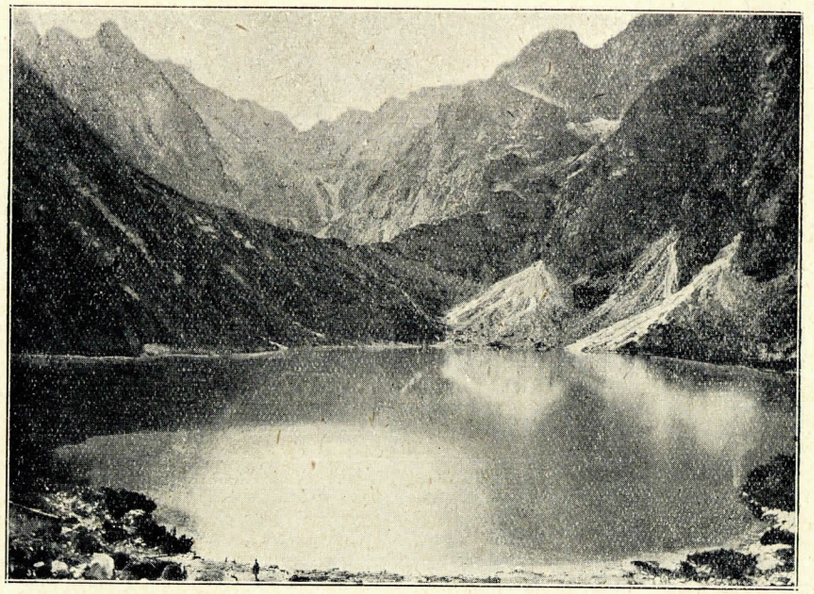
Sprawdzono, że w plejstocenie był klimat chłodniejszy niż obecnie, a wtedy zajmowały lodowce znaczniejsze obszary. Pokryły one prawie całe ziemie polskie, spłynąwszy ze Skandynawji i Finlandji na podobieństwo śródlądowych lodowców Grenlandji i oparły się aż o Karpaty. Przez nie zostały przyniesione, oprócz glin morenowych, piasków i żwirów, także w znacznej ilości kawałki skał starokrystalicznych, zwane głazami narzutowemi, lub eratycznemi, które okazują zupełną zgodność z materjałem Skandynawji i Finlandji. Posuwał się i cofał ten lodowiec stopniowo, dlatego też pozostawił moreny czołowe, zaznaczające się w krajobrazie wyraźnie. O wpływie ówczesnych lodów na kierunek rzek polskich była już mowa poprzednio (str. 66).

Równocześnie z lodowcem północnym powstały u nas lodowce w Tatrach i na innych wysokich górach (Babia Góra, Czarnohora); granica wiecznego śniegu obniżyła się wtedy bardzo, gdyż sięgała wysokości 1.600—1.700 m. Dolinami tatrzańskiemi posunęły się lodowce daleko w dół, pozostałością po nich są liczne głazy, które zalegają doliny jako moreny boczne, lub czołowe. Nieraz zatamował zanikający lodowiec dolinę moreną czołową, jak gdyby groblą, wskutek czego zamknięte wody spiętrzyły się w stawy. W ten sposób powstało np. Morskie Oko (rycina 108) i jezioro Szczyrbskie. Wał, na którym stoi schronisko nad Morskiem Okiem, jest właśnie moreną czołową.

W Tatrach znajdują się jednakowoż także jeziora innego typu. Są to stawy położone bardzo wysoko (nawet powyżej 2.000 m.), które powstały przez wypełnienie wodą zaklęsłości w litej skale, np. Czarny Staw nad Morskiem Okiem (ryc. 108), lub Stawy Hińczowskie za Wrotami Chałubińskiego (ryc. 109).

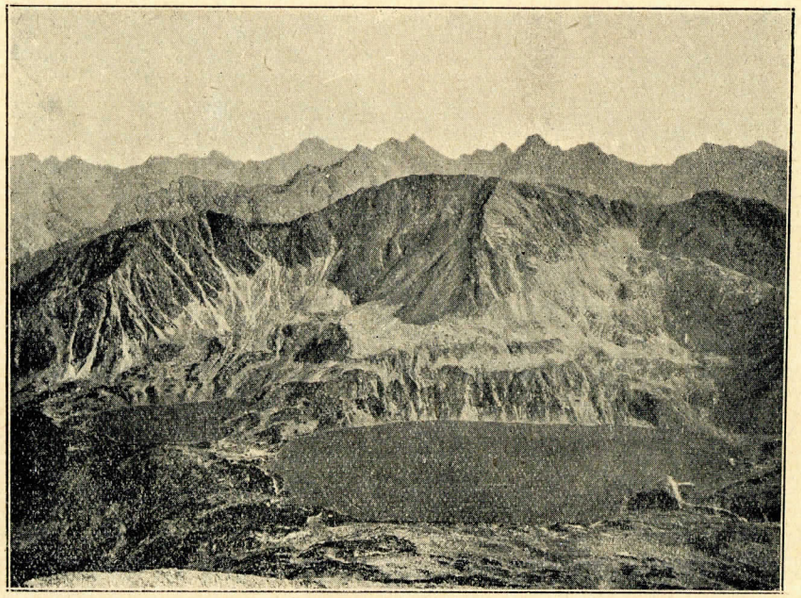
Czasem leżą stawy obok siebie na różnych wysokościach, najpiękniejszym ich przykładem jest Pięć Stawów Polskich (ryc. 110).

Stawy te wypełniają zagłębienia w litej skale, zwane kotłami, albo karami, które powstały z pogłębienia przez zesuwający się lodowiec nieznacznych zagłębień, wytworzonych przez erozyjną działalność górskich potoków. Najsilniejszem było trące działanie lodowców po stronie zwróconej ku grzbietowi gór i dlatego też jest po tej stronie największą



Ryc. 108. **Morskie Oko w Tatrach.**
W głębi próg skalny zamykający Czarny Staw. (Wedle fot. Bizańskiego).

Ryc. 109. **Stawy Hińczowskie.**
Dolina lodowcowa kształtu litery U. (Wedle fot. Bizańskiego).



Ryc. 110. **Część doliny Pięciu Stawów Polskich.** (Wedle fot. Bizańskiego).

głębokość stawów. Jeziorka tego typu znajdują się także na Czarnohorze i Babiej Górze, a wogóle są częste we wszystkich górach, które były zlodowacone.

Doba lodowa objęła nie tylko Europę, ale także inne części świata, obniżenie temperatury było bowiem ogólne. Jej skutki omówimy później, gdy w geologji historycznej rozpatrzymy dobę plejstoceńską.

DZIAŁANIE POWIETRZA.

W przeciwstawieniu do działania wody, które było znanem oddawna, uchodziły uwagi skutki działań powietrza, a dopiero w nowszych czasach zmieniły się zapatrywania. Podróże Richthoffena, Sven-Hedina, Walthera [1]) i innych po olbrzymich pustynnych obszarach Afryki, Azji i Ameryki, dostarczyły licznych spostrzeżeń, które pouczyły nas o doniosłem znaczeniu powietrza, jako geologicznego czynnika.

Prawie nigdy nie panuje w powietrzu absolutna cisza, przeciwnie, zawsze istnieją prądy powietrza, chociażby bardzo słabe. Nawet najsłabszy wiatr unosi z łatwością części iłowe, czego przykładem jest tak

[1]) Ważne jest zwłaszcza dzieło tego autora: «Das Gezetz der Wüstenbildung», wyd. 2. Lipsk 1912.

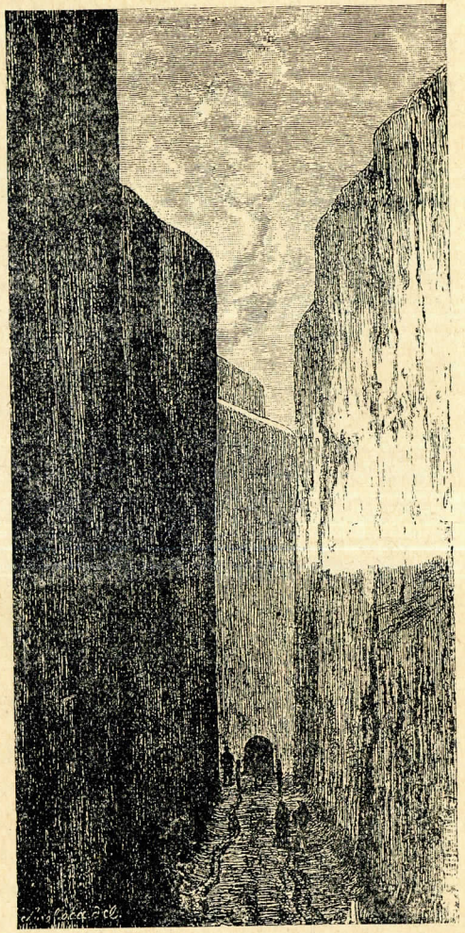
częsty wszędzie kurz uliczny; silniejszy wiatr może unieść nawet ziarna piasku, lub drobnego żwiru.

Z pomiarów, wykonanych przez Sokołowa, wynika, że wiatr o chyżości:

4·5— 6·7	m.	na	sekundę	unosi	ziarna	piasku	o średnicy	0·25	mm.
6·7 — 8·4	„	„	„	„	„	„	„	0·5	„
9·8 —11·4	„	„	„	„	„	„	„	1	„
11·4—13	„	„	„	„	„	„	„	1·5	„

Tylko bardzo silne burze, lub orkany zdołają porwać większe kawałki żwiru, które, spadając, są następnie przyczyną podań o deszczach kamiennych. W r. 1891 6. czerwca spadły w departamencie Aube we Francji kamyki wapienne o średnicy 25 — 35 mm., które, jak zbadano, odbyły w powietrzu drogę 150 km. Dnia 12 czerwca 1892 r. spadły w okolicy Sambora przy silnej burzy kwarcowe kamyki, mające 2 — 17 mm. w średnicy, najcięższe ważyły 4·5 gr.; obszar, na którym spadły, tworzył pas 8 km. długi. Gwałtowna burza przyniosła je zapewne z nieznacznej odległości (żwiry Dniestru, lub stoki Karpat).

Większe burze są jednak stosunkowo rzadkie, dlatego też dla geologa są ważniejsze słabe wiatry ustawicznie niemal wiejące, niż największe ich natężenie podczas burz, lub orkanów. Mechaniczne działanie powietrza, gdyż o chemicznem była już poczęści mowa poprzednio (str. 10), jest dwojakie: niszczące i twórcze, każde z nich rozpatrzymy zosobna.

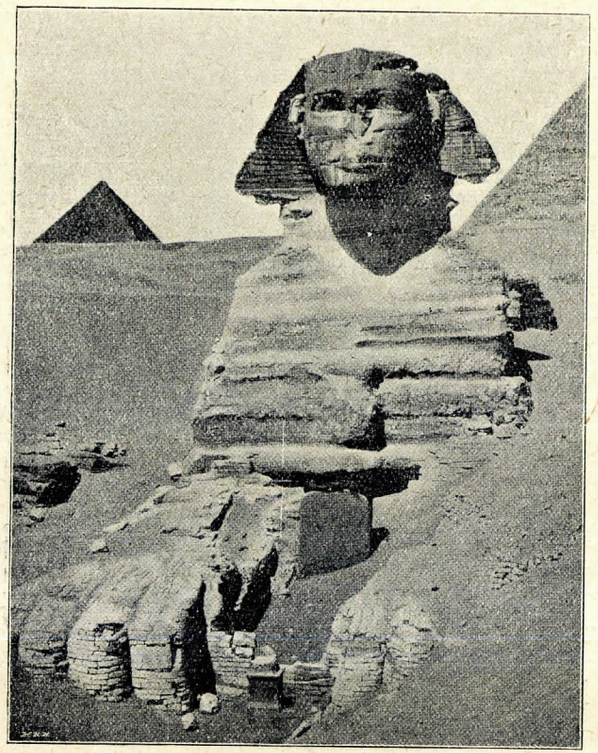


Ryc. 111. **Wąwóz w Chinach w glinie nawianej.** (Wedle Richthoffena, z Neumayra).

EROZJA WIATRÓW.

Wiatr, unosząc cząstki pyłu, lub ziarna piasku, zabiera je z jednego miejsca i przenosi w dalsze; to zwiewanie luźnego mate-

rjału skalnego nazwał Walther deflacją [1]). Naturalną jest rzeczą, że wystąpi ona tam, gdzie wysuszone cząstki wiatr unieść może, a więc na obszarach pustynnych, w naszym zaś klimacie podczas suchych dni lata. Obecność roślin nie jest również bez znaczenia, gdyż po zarosłej powierzchni przebiega wiatr bez wpływu, wiejąc zaś ponad obnażonemi skałami, zabiera z nich zwietrzałe części i unosi ze sobą. W ostatnim wypadku będzie tam silniejsza deflacja, gdzie niepokryta roślinnością gleba składa się z glin, lub z piasków, których drobne cząstki wiatr z łatwością unieść zdoła. Geolog Richthoffen wspomina, że w Chinach, w okolicach zajętych przez glinę, wiatr wywiewa na gościńcach tak znaczne ilości kurzu, iż droga pogłębia się coraz silniej i wrzyna w teren. Po obu stronach drogi leżące pola nie ulegają wywianiu, gdyż chroni je roślinność, podczas gdy na drogach, z powodu ciągłego ruchu podróżnych, roślinność utrzymać się nie może. Z biegiem czasu pogłębia się droga do 30 m. i więcej, biegnie więc głębokim parowem, a po obu jego bokach wznoszą się prostopadłe ściany gliny (ryc. 111).



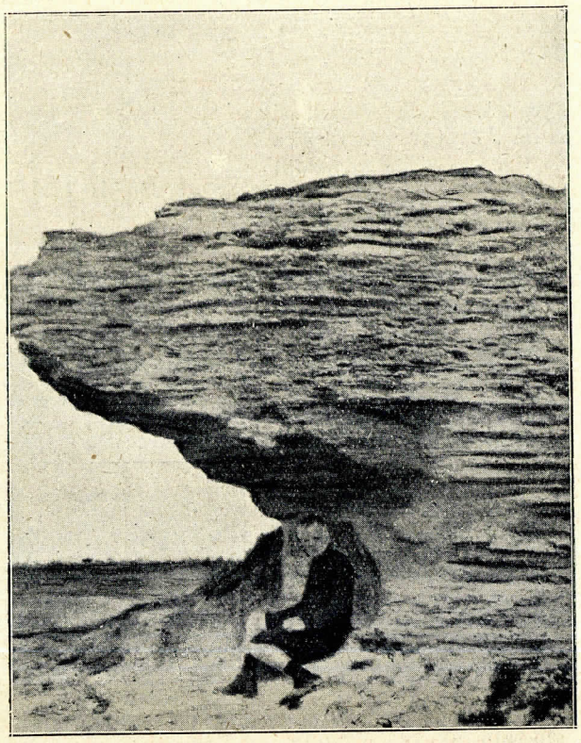
Ryc. 112. Sfinks w Egipcie. (Z Neumayra).

Wiatr sprawia, unosząc zwietrzałe części, że ciągle nowe partje skał ulegają zwietrzeniu. Gdzie małospójne znajdują się obok zwięzłych i opornych, tam sterczą nieraz resztki pozostałe po wywianiu zwietrzałych partyj, jak gdyby baszty, wieże, lub ruiny zamków. Jeżeli cały szereg skał uległ tego rodzaju działaniu powietrza, przedstawia się krajobraz nieraz dziko i ponuro. Widać to na t. zw. „Złych miejscach" Bads Lands wśród pustyń Dakoty i Utah w Stanach Zjednoczonych, gdzie łatwo wietrzejące skały osadowe zostały porozrywane w szereg słupów i zwalisk.

[1]) Nazwa z języka łacińskiego: deflare — zwiewać.

Nierzadkiem zjawiskiem na pustyniach Afryki, lub Ameryki Północnej są wzgórza wznoszące się nakształt wysp. Znajdują się one z reguły w szeregach, zwiastując terasowe wznoszenie się naziomu. Ponieważ składają się z tych samych warstw skalnych, jak poza niemi znajdująca się terasa i ponieważ są tej samej, jak ona wysokości, przeto są jej resztkami ocalałemi od zniszczenia.

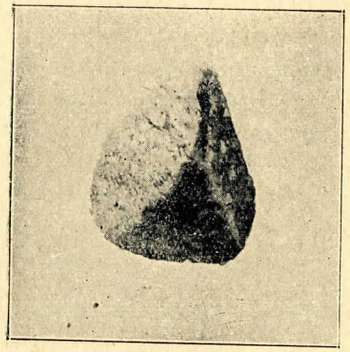
Erozyjną działalność wiatrów zrozumiemy łatwiej, jeżeli uwzględnimy, że wiatr unosi drobne ziarna piasku, któremi miota o skały. Jak w pracowni szlifierskiej matową staje się płyta, na którą piaskiem rzucamy, jak przy tem odłupują się drobne cząstki szkła, tak też rysuje się i ściera skała wystawiona na działanie wiatru obciążonego ziarnami piasku. To niszczące działanie powietrza nazywamy korrazją [1]). Za jej przyczyną jest często powierzchnia skał wygładzoną i jak gdyby lakierem powleczona (lak pustynny). Rysy powstałe przez działanie piasku na skałę widzimy na olbrzymim Sfinksie w Egipcie, który, wykuty z jednej ogromnej bryły, stoi na jednem miejscu od kilku tysięcy lat (rycina 112). W ogólności można często obserwować przez działanie wiatru wyżartą powierzchnię skał (ryc. 113).



Ryc. 113. Wyżarta powierzchnia sarmackiego piaskowca. Krzemieniec. Góra Bony. (Wedle fotografji autora).

Ostrokrawędziste kawałki żwirów wśród piasków leżące ulegają często oszlifowaniu, często wygładza piasek wiatrem niesiony dwie do siebie pod kątem nachylone powierzchnie. Tego rodzaju trójgraniaste głaziki (Dreikanter) (ryc. 114) leżą i u nas wśród piasków niżu. Dowodem niszczącego działania wiatrów może być fakt, że na linji kolejowej

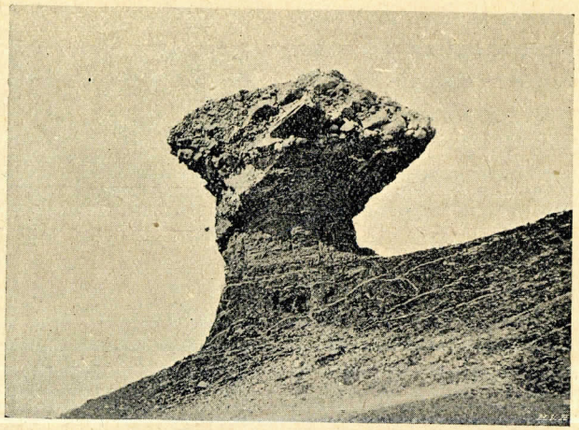
[1]) Nazwa z języka łacińskiego: corrodere — nagryzać.



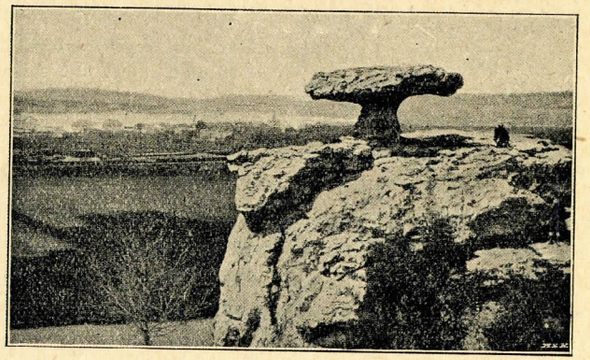
Ryc. 114. **Głazik trójgraniasty** ze żwiru lodowcowego. Okolica Torunia. (Wedle fotografji).

zakaspijskiej musiano po 11 latach zmienić drut telegraficzny, ponieważ ciągłe burze piasku zmniejszyły jego grubość do połowy. W październiku r. 1896 miotał tam wiatr tak silnie żwirem wielkości ziarn grochu, że lakier lokomotywy pociągu został zupełnie zniszczony.

Za wspólnem działaniem deflacji i korazji przybierają skały najrozmaitsze kształty, nieraz tak dziwne, że pozornie tylko ręka ludzka mogłaby je wytworzyć. Jeżeli górna część jest zwięźlejsza i bardziej oporna na zwietrzenie niż dolna, tworzą się nieraz skały mające kształt grzyba (ryc. 115 i 116), ponieważ z łatwo wietrzejącej niższej warstwy pozostaje nieznaczna resztka nakształt trzonu, oporniejsza zaś górna leży prawie cała na owej podstawie, jak kapelusz grzyba. Zdarzyć się może, że zwięźlejsza od otaczających skał bryła pozostanie po wywianiu całej warstwy. Nieraz leży wsparta dolną krawędzią na swej podstawie, a silniejszy wiatr porusza tym luźnym głazem. Są to t. zw. „chwiejące się skały", znane ze Stanów Zjednoczonych (Colorado) i z Argentyny. Widok brył skalnych o rozmiarach wielkiego domu, chwiejących się łatwo, jest naturalnie nader osobliwy (ryc. 117).



Ryc. 115. **Skała mająca kształt grzyba** w Chargeh (Egipt). (Z Walthera).



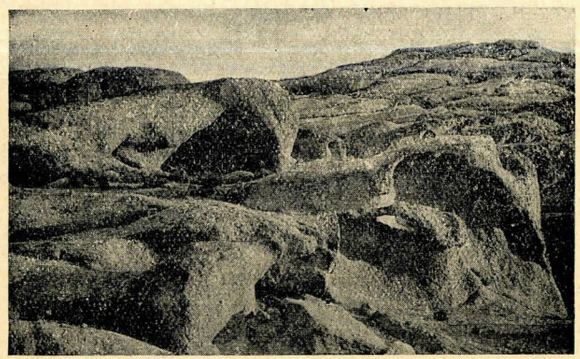
Ryc. 116. **„Stół djabelski"** w St. Mihiel, Francja. (Z Robina).

Skamieliny zawarte w wietrzejących skałach pozostają po wywianiu piasków, gdyż

wiatr unieść ich nie może. W ten sposób powstają nagromadzenia numulitów [1]), skorup ostryg, lub jeżowców na pustyni libijskiej. Skaliste części pustyni, zwane h a m m a d ą, zostały przez wywianie pozbawione piasków, jedynie głazy skalne, lub żwiry zalegają tam powierzchnię.

Ryc. 117. **Chwiejący się głaz.** Okolica Buenos-Aires. (Argentyna). (Z Walthera).

Na obszarach pustynnych mogą wiatry z łatwością chwytać lekki materjał, ponieważ wietrzenie mimo braku wody postępuje energicznie. Przyczyną są znaczne różnice temperatury dnia i nocy, a pamiętać należy, że skały nagrzewają się do znacznie wyższej temperatury niż powietrze, a w nocy przez promieniowanie oziębiają się znacznie. Jak Livingstone opowiada, rozgrzewają się w środkowej Afryce skały tak dalece, że wieczorem usiąść na nich nie można, nocą zaś pękają od silnego oziębienia. W kraju Zakaspijskim obserwowano temperaturę skał 70°C przy temperaturze powietrza 39°C, a Poeschel-Lösche mierzył w zachodniej Afryce u skał nagrzanych nawet temperaturę 84°C. Wynikiem ciągłego kurczenia i rozszerzania jest pękanie skał, które często łuszczą się na powierzchni, albo z głośnym hukiem pękają na części (ryc. 119). Nic dziwnego, że pustynie zalegają niekiedy ostrokrawędziste k a w a ł k i skalne. Na pustyni Atacama są kamienie tak ostre, że myśliwi wdziewają psom obuwie, aby nie kaleczyły nóg.

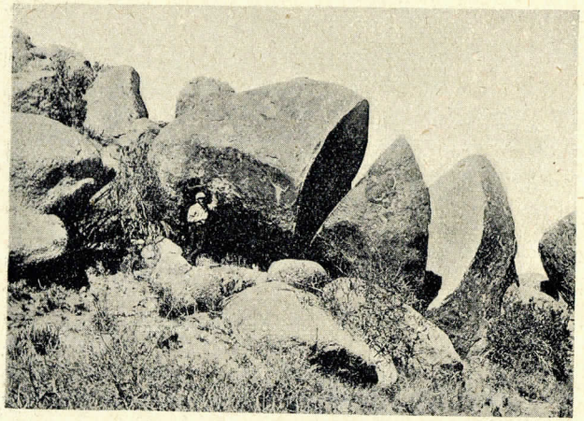


Ryc. 118. **Pieczary w zwietrzałym granicie z Azji środkowej.** (Z Walthera).

Wietrzenie w pustyniach ułatwia jeszcze inna okoliczność. Żar

[1]) Płaskie, soczewkowate otwornice o średnicy nawet kilku centymetrów, żyjące w starszym trzeciorzędzie.

słońca ciągnie z głębi ziemi wszelką wilgoć, a z nią także rozpuszczone w wodzie sole, zwłaszcza chlorek sodu. W naszym klimacie wyssane z głębi ziemi zmywa deszcz i zanosi do rzek, inaczej jednak jest na pustyniach. Przy parowaniu wody pozostają w skałach sole; świeże, aczkolwiek skąpe ilości wody, mozolnie z nader głębokich warstw wyciągnięte, powiększają ich zapasy, wskutek czego jest każda skała tak dalece przeniknięta solą, że na jej powierzchni tworzą się wykwity tego minerału. Żrące i niszczące działanie soli jest powszechnie znane, skały są więc na pustyni od wnętrza wyżarte, uderzone młotkiem dudnią z powodu licznych próżni, nic więc dziwnego, że, gdy wiatr wywieje z wnętrza zwietrzałe partje, powstają w nich łatwo pieczary (ryc. 118).



Ryc. 119. Bryła granitu spękana przez nagłe zmiany temperatury. Sierra de los dolores (Texas). (Z Walthera).

Porównywając działanie powietrza i wody widzimy w tem zasadniczą różnicę, że woda przenosi materjał skalny z miejsc wyżej położonych na niższe, ale nigdy odwrotnie, wiatr natomiast przenosi go zarówno na niższe, jak też na wyższe miejsca.

WYDMY PIASZCZYSTE [1].

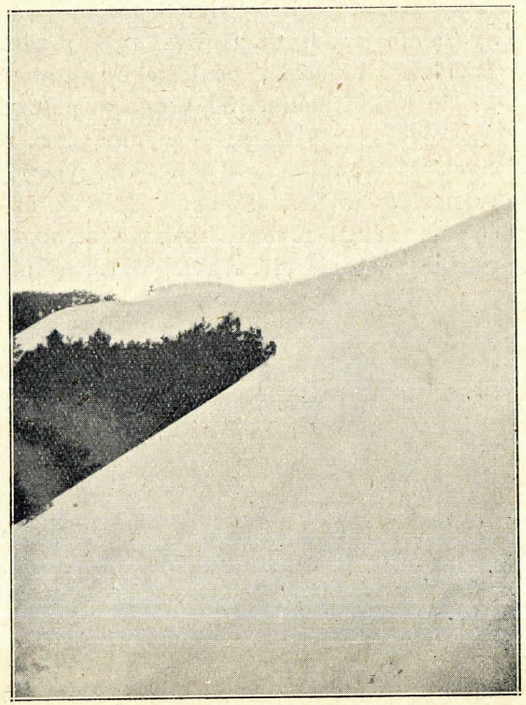
Twórcze działanie powietrza objawia się przez składanie unoszonego piaszczystego, lub iłowego materjału, a wtedy powstają nagromadzenia piasków jako wydmy piaszczyste, lub części kaolinowych, jako gliny nawiane. Oba te utwory omówimy osobno.

Śniegiem pokryta płaszczyzna przedstawia nam poczęści te same zjawiska, które widzimy na piaszczystych obszarach. Każdy widział zapewne, jak podczas zimy zmieniają wiatry równą i gładką powierzchnię

[1]) Z literatury wymienić należy, oprócz wspomnianego dzieła Walthera:
N. Sokołow: «Die Dünen». Berlin 1894. Tłumaczenie z orygin. rosyjskiego.
Fr. Solger: «Studien über norddeutsche Inlandsdünen». Stuttgart 1910.
„ «Geologie der Dünen» w pracy zbiorowej «Dünenbuch».
O wydmach w Polsce pisali np. E. Romer: Sprawozdanie z wycieczek do wydm niżowych, Kosmos. Lwów 1906, W. Friedberg: Kilka uwag w sprawie wydm niżu rzeszowskiego Kosmos. Lwów 1907, Małkowski: «Wydmy piaszczyste ok. Sadowego», Spraw. Komisji Fizjogr. Ak. Kraków 1913 i «O wydmach parabolicznych śródlądowych w okolicy Szczakowy». Kosmos. Lwów 1914.

śniegu, tworząc na niej wkrótce cały szereg wyniosłości. Każda przeszkoda, np. płot, drzewo, a nawet mały krzak zatrzymuje śnieg przed sobą i sprawia, że powstają coraz wyższe, do wałów podobne wzniesienia o nierówno nachylonych zboczach, ku wiatrom zwrócone podnoszą się bowiem słabo, podczas gdy przeciwne opadają stromo. Czas pewien rośnie wzgórek, wreszcie zaczyna posuwać się ku przodowi, zwykle bardzo powoli, chociaż podczas silnego wiatru rosną wzgórza niemal w oczach.

Wróćmy teraz do piaszczystych przestrzeni, udajmy się np. nad brzeg Bałtyku. Falujące morze wyrzuca piasek na płaskie brzegi tamtejsze, piaszczyste dno odsłania się także podczas odpływu. Wiatry wiejące od strony morza obsuszają szybko te piaski, a następnie unoszą ich ziarna w stronę lądu. W ten sposób tworzą się u wybrzeży mórz znaczne piaszczyste obszary, na których pod wpływem wiatru powstają wkrótce wydmy, zwane także dunami.



Ryc. 120. Strome zbocze wydmy koło Arcachon, południ. zach. Francja. (Wedle fotografji autora).

Jeżeliby przestrzeń pokryta piaskiem była zupełnie jednostajną, bez roślinności, żwirów, lub innych przeszkód, rozwiewałby zapewne wiatr piasek regularnie na całym obszarze, w rzeczywistości jednakowoż prawie zawsze spiętrzają się na obszarach przez lotne piaski zajętych piaski w wydmy.

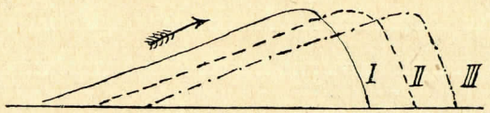
Wydma jest podłużnym pagórkiem o nierówno nachylonych zboczach; zwrócone ku wiatrowi, wznosi się słabo (kąt 5—12°), przeciwne opada stromo (28 – 32°). Kształty wydm są różne: sierpowate, prostolinijne, albo też inne pośrednie. Pierwotny kształt przybrała wydma pod wpływem wiatru, który ją wytworzył, każdy wiatr o innym kierunku zmienia ją, wskutek czego nieraz trudno poznać, jaki kierunek miały wiatry, które jej dały początek. Często łączą się pobliskie wydmy w jedną całość i w ten sposób tworzą wały piasku o nieregularnym przebiegu. Gdy końce wydmy zostały przez roślinność w ruchu wstrzymane, a środek posuwa się w kierunku wiatru, przybiera wy-

dma kształt podkowy o wklęsłości zwróconej w stronę wiatru. W ten sposób powstają t. zw. wydmy paraboliczne, częste zarówno nad brzegiem morza, jak też na niżu polskim. Wypukłą stroną zwrócone ku wschodowi powstały często pod wpływem wiatrów zachodnich.

Wysokość wydm jest zmienna. Rosną, jeżeli wiatr przynosi zawsze świeży materjał; przewaga niebardzo silnych wiatrów działa również dodatnio na wzrost, ponieważ zbyt mocne zwiewają szczyty i obniżają przez to wydmę.

Najwyższe w Europie wydmy w Landach (Gaskonja, ryc. 120) są do stu metrów wysokie, u wybrzeży morza Bałtyckiego do 60 m., a u wybrzeży Holandji, Szlezwiku i Jutlandji do 35 m. Są to cyfry najwyższe, zwyczajnie jest wydma niższą. W przekroju okazują piaski wydm nieprawidłowe ułożenie, poziomego warstwowania brak u nich zwykle, jeżeli się wykształciło, był przyczyną dowóz nierównego materjału.

Wydmy nie są w spoczynku, lecz poruszają się w kierunku panujących wiatrów, z następującej przyczyny. Oto wiatr toczy ziarna piasku po łagodnie nachylonem zboczu aż na szczyt wzgórza, przesypuje je na drugą stronę, tworząc strome zbocze nowego wzgórza. Poprzednio zebrał wierzchnią warstwę piasku, a odsłonił głębszą, która staje się łagodnem zboczem nowego, naprzód posuniętego pagórka. Ryc. 121 przedstawia nam kolejne stadja posuwającej się wydmy (I — pierwotny profil, II i III — późniejsze). Szybkość posuwania wydm jest zmienna, a zależy od siły wiatru i od wielkości ziarn piasku; im silniejszy jest wiatr i im drobniejsze ziarna piasku, tem silniej posuwają się wydmy; ustawiczny dowóz świeżych mas piasku jest koniecznym warunkiem ich ruchu.

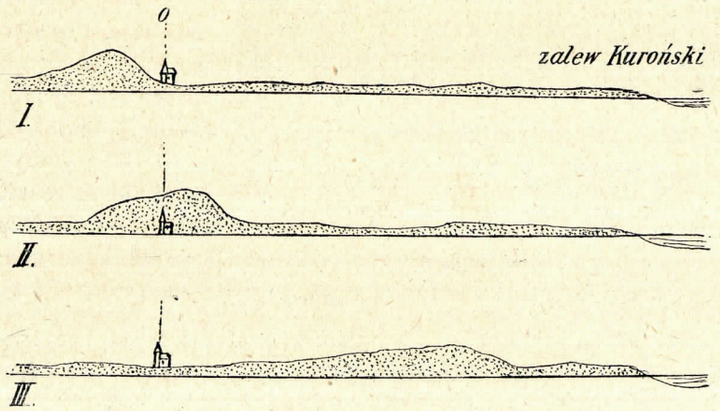


Ryc. 121. Kolejne stadja posuwającej się wydmy.

W ogólności jest ruch ten powolny, ale stateczny. Po upływie kilkunastu lat odbywa jednakowoż wydma drogę stosunkowo znaczną, dostaje się na urodzajne pola, nieraz do osad ludzkich i je zasypuje. W ten sposób objawia się zgubne działanie wydm; wprawdzie po wielu latach odsłania wydma przedtem zasypane obszary, ale zwraca zniszczoną i jałową glebę, niezdatną już pod uprawę.

W nowszych czasach poczyniono liczne obserwacje nad szybkością ruchu wydm. W Gaskonji nie jest wprawdzie przeciętnie chyżość większa jak 1—2 m. rocznie, ale niektóre z nich poruszają się nawet z chyżością 20—25 m. Na wybrzeżach Bretanji posunęły się w ciągu dwu stuleci o 27 km., a w hrabstwie Norfolk w Anglji zasypały część miasteczka Downham, chociaż przed stu laty były jeszcze od niego o 8 km. oddalone. Na mierzei Świeżej i Kurońskiej dochodzi roczna chyżość wydm 6 m. W tej samej okolicy bywa różną dla różnych wydm; rozmiary, kształt, obecność roślinności na zboczach i t. p., wpływają na szybkość ruchu.

Wydmy mierzei Kurońskiej badał Berendt; ciągną się tam one wzdłuż niej aż do Kłajpedy, tworząc wysoki, miejscami przerywany wał piasku; poruszają się mniej więcej w kierunku wschodnim, wskutek czego dążą ku zalewowi Kurońskiemu, a gdzie niegdzie nawet zbliżyły się do jego brzegów. Po drodze zasypały już niejedną osadę, a taki los czeka prawie wszystkie wsie leżące na wschodnim brzegu mierzei. Wieś Piłkopy jest już trzecią osadą tej nazwy, pierwotna wieś zniknęła pod piaskami jeszcze w XVIII wieku, a o pół mili dalej założyli mieszkańcy nową. Koło r. 1820 zaczęła wydma zasypywać i tę osadę, lecz opuściła miejsce pierwotnej wsi, wobec czego z przywiązania do miejsca rodzinnego wrócili tutaj mieszkańcy. Jednakowoż w ostatnim czasie zbliżyła się do niej nowa, jeszcze wyższa wydma, wobec czego będą musieli przenosić po raz czwarty swe domy i mienie.



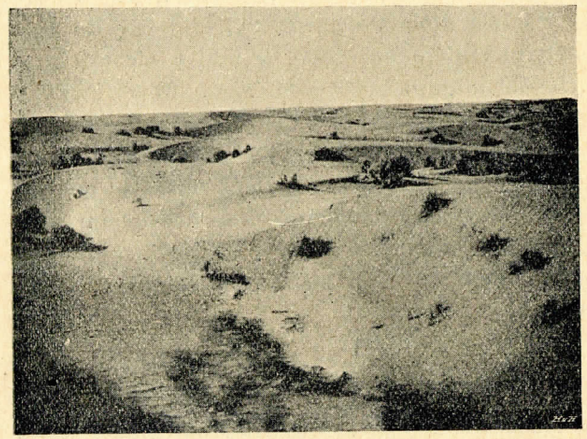
Ryc. 122. Kolejne stanowiska wydmy koło wsi Kunzen. (Podł. Berendta). I—z początkiem 19 wieku, II—w r. 1840, III—w r. 1870, O—kościół we wsi.

Wieś Kunzen zasypała wydma jeszcze z początkiem XIX wieku. Około r. 1840 leżały domy pod jej szczytem, a około r. 1870 posunęła się o tyle ku wschodowi, że odsłoniła ruiny kościoła i kilku domów (ryc. 122). Ponieważ olbrzymie wydmy posuwają się ciągle ku wschodowi, przeto zasypią z biegiem czasu te wsie, które jeszcze po drodze napotkają, a kiedyś wpadną do płytkiego zalewu i częściowo go zasypią.

Opisane wydmy znajdują się nad brzegami mórz, są to więc wydmy nadbrzeżne. Nieco inny typ tworzą wydmy śródlądowe, które zalegają olbrzymie przestrzenie piaszczystych pustyń. Przez zwietrzenie skał wytwarzają się tam znaczne ilości piasków, które są materjałem wydm. Na Saharze dochodzą wydmy wysokości 150 m., a podczas podróży po pustyni Taklamakan we wschodnim Turkiestanie nie widział Sven Hedin prawie niczego innego, jak tylko szereg wydm tworzących

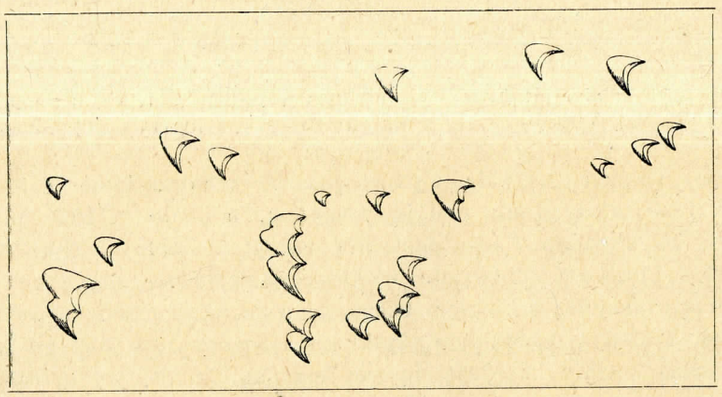
wzgórza do 60 m. wysokie; owe wydmy to jak gdyby fale piaszczystego oceanu, z którym tak często porównywają pustynie.

Charakterystyczną cechą wydm pustynnych jest ich kształt sierpowaty, a takie nazywamy barchanami (ryc. 123 i 124). Wypukłą stroną zwrócone ku wiatrom i z tej strony łagodnie nachylone, mają wklęsły stok spadzisty, często łączą się też pobliskie barchany ze sobą w grupy. Walther przypuszcza, że dla pustyń są takie wydmy regułą i że z nich dopiero mogą powstać prostolinijne.



Ryc. 123. Burchan w pustyni Kara-Kum w kraju Zakaspijskim. (Z Walthera).

Jak wydmy nadmorskie, tak też i pustynne posuwają się z wiatrem i zasypują całe osady. Badacze pustyń Azji Środkowej znajdowali nieraz resztki osad, wspaniałe nawet budowle miast większych, sterczące wśród martwej, piaszczystej pustyni. Egipski Sfinks jest prawie zupełnie zasypany piaskami, których naturalnie wtedy nie było, gdy stawiano ten kolos skalny.



Ryc. 124. Zarys barchanów koło Buchary. Skala 1 : 3000. (Z Walthera).

Wydmy Sahary, pędzone wiatrem, dostają się nawet poza obszar pustyni i wpadają u zachodnich brzegów Afryki koło wysp Kanaryjskich do oceanu Atlantyckiego.

Śródlądowe wydmy powstają nie tylko na pustyniach, ale tam wszędzie, gdzie są większe nagromadzenia piasków nieporosłe roślinnością. Prawie cały niż polski zaległy piaski, żwiry i gliny, przyniesione z północy przez lodowce podczas doby lodowej (str. 102). Piaski te, rozwiane po osuszeniu w wydmy, porosły z biegiem czasu gęstym lasem i zostały uwięzione korzeniami drzew. Gospodarka człowieka zniszczyła jednakowoż wygląd owych okolic, ponieważ wykarczowane miejsca miały służyć pod uprawę roli, nie mówiąc o tak częstej rabunkowej gospodarce leśnej. Uwolnione z wiążącej je pokrywy roślinnej, odzyskały piaski swobodę, stały się lotnemi i wytworzyły wydmy, które z biegiem czasu zaczęły zasypywać urodzajne pola, a nawet wsie. Wydmy nasze tworzyły się więc w różnych czasach, stąd też kierunki ich wałów są rozmaite.

Wobec rozmiarów klęsk wyrządzanych przez wydmy, mają naturalnie doniosłe znaczenie środki powstrzymujące ich ruch. W tym celu należy odciąć dopływ świeżych mas piasku, a następnie zalesić wydmę. Zrazu obsiewa się przestrzeń przed wydmą trawą (zwłaszcza wydmuchrzycą, Elyma arenaria), później sosną, wskutek czego piaski zostają na tej przestrzeni ustalone, a potem dopiero zalesia się właściwą wydmę.

GLINA NAWIANA.

Powietrze zawiera zawsze nieco kurzu, który jest rozmaitego pochodzenia. Nie licząc pyłu kosmicznego, o którym była już mowa poprzednio (str. 5) i pyłu wulkanicznego, który poznamy, gdy będzie mowa o wybuchach wulkanów, jest kurz atmosferyczny produktem rozkładu skał, które przez wietrzenie rozpadają się na coraz mniejsze części, a wreszcie na tak drobne, że je raczej pyłem nazwać należy. Skały wapienne rozpadają się łatwo w ten sposób, przeróżne skały zawierające skalenie jeszcze łatwiej, ponieważ ostatnie przechodzą łatwo w kaolin, również łatwo rozpadają się na cząstki blaszki łyszczyku, minerału bardzo częstego w rozmaitych skałach.

Jakkolwiek nigdzie nie brak w powietrzu kurzu, gdyż nawet w zimie pokrywa się śnieg z wierzchu brudną warstwą pyłu, to przecież w krajach o klimacie suchym jest ilość jego wprost zdumiewającą. Powietrze traci tam często tak dalece przezroczystość, że podróżny nie widzi nieraz nawet bliskich przedmiotów. Każdy podmuch wiatru wzbija nowe tumany kurzu, którego naturalnie jest najwięcej tuż przy ziemi, dlatego też, jak powiada Sven Hedin, nieraz giną pnie i dolne gałęzie drzew zupełnie z oczu, jak gdyby były w mgle, podczas gdy ich wierzchołki widać nieco. Na pustyniach tworzą się olbrzymie ilości kurzu przez zwietrzenie skał. Walther zwrócił uwagę, że piaski na pustyni wytworzyły się w znacznej mierze przez zwietrzenie skał wybuchowych, np. na półwyspie Synaj przez zwietrzenie tamtejszych granitów, które

składają się w jednej czwartej z kwarcu, w trzech czwartych z minerałów mogących dać po zwietrzeniu materjał iłowy. Piaski spiętrzone w olbrzymie wydmy tworzą tak znaczne masy, że ich obliczyć nie można, ale każda ilość piasku odpowiada cztery razy tak wielkiej ilości zwietrzałego granitu, przyczem wytworzyło się substancyj iłowych, rozwianych przez wiatr trzy razy tyle, co piasku. Aby wytworzyła się wydma 10 m. wysoka, a 20 m. szeroka, musiało równocześnie powstać, a następnie ujść w powietrze 5.000 metrów sześciennych części iłowych.

Wytworzony pył przenoszą wiatry z jednej okolicy w drugą, nieraz bardzo daleko, ale nigdzie nie zaznaje on spoczynku, przeciwnie, każdy następny wiatr zmusza go do dalszej wędrówki. Nierzadko zanoszą pasaty kurz z Sahary na ocean Atlantycki, z Arabji na morze Czerwone w tak znacznej ilości, że na morzu panuje jakby mgła niebezpieczna dla żeglugi. W r. 1863 spadła w pobliżu wysp Kanaryjskich olbrzymia masa pyłu, którą Fritsch oceniał w przybliżeniu na prawie 4 miljony metrów sześciennych. Czasem dostaje się kurz z Afryki do Europy, a ze względu na zawartość tlenku żelaza jest on czerwonawej barwy. Gdy spadnie na śnieg, daje powód do baśni o krwawym śniegu, gdy spadnie z deszczem, którego wody są czerwonawo zabarwione, powstają baśnie o krwawym deszczu, tak częste w czasach dawniejszych. W dniach od 4 do 6 lutego 1888 r. spadł na Śląsku kurz na powierzchni 8.125 km. kwadratowych, zajęwszy przestrzeń od Raciborza na Śląsku do Św. Marcina na Węgrzech i od Opawy do Skoczowa.

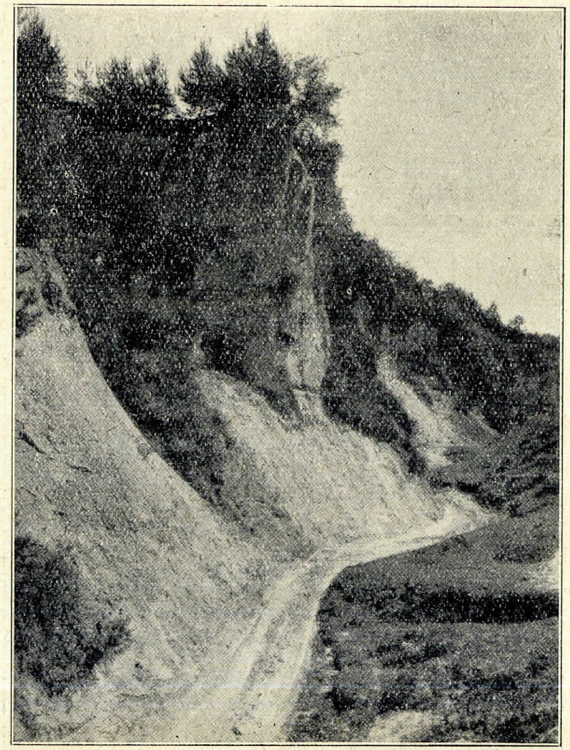
Na pustyniach zabierają część pyłu jeziora słone, gdzie z niego powstają warstwy iłu, zabezpieczające sól przed zmyciem (por. str. 82), ale większa część jego zatrzymuje się i utrwala w inny sposób, mianowicie przy pomocy roślin.

Pustynia w ścisłem tego słowa znaczeniu, czyli kraj bezwodny i ubogi w roślinność, przechodzi na brzegach w zarośnięte stepy. Tutaj chwytają rośliny cząstki pyłu, które każdy wiatr niesie. Sztywne ich łodygi osłabiają siłę wiatru, wskutek czego spadają między łodygi roślin cząstki przyniesionego kurzu, tworząc ciągle rosnącą warstwę. Z biegiem czasu obumierają rośliny, lecz z nasion ich powstaje nowa generacja, która kiełkuje na nieco już podwyższonej glebie.

Także u nas można się przekonać, że roślinność zatrzymuje cząstki pyłu. Podczas suchej pory roku widzimy bardzo często tumany kurzu, które unosi wiatr na gościńcu, lecz niema ich zaraz w pobliżu na polu pokrytem zbożem, chociaż gleba roli jest zupełnie sucha.

Zwolna staje się coraz grubszą warstwa kurzu więzionego przez łodygi roślin i wreszcie powstaje w tem miejscu pokład gliny, zwanej n a w i a n ą, albo e o l i c z n ą, także z niemiecka lessem (Löss). Jest to glina żółtawo-szara, która brakiem warstwowania różni się bardzo wyraźnie od glin rzecznych, jest też silniej piaszczystą, okazuje skłonność do pionowego spękania (ryc. 125 i 126) i jest porowatą, ponieważ prze-

bijają ją liczne, drobne, pionowe rureczki o ścianach często przesyconych solami mineralnemi, np. wapieniem, lub limonitem; rureczki te są resztkami łodyg i korzeni roślin, które kurz zatrzymały. Dalszą cechą gliny nawianej jest brak resztek zwierząt wodnych, są natomiast skorupy ślimaków lądowych, kości zwierząt stepowych, a także mamuta, dlatego też tę glinę nazywają mamutową. Wreszcie cechują less całe warstwy t. zw. lalek lessowych, czyli wapiennych konkrecyj rozmaitego kształtu, które powstały z cząstek wapiennych wymytych z gliny, a osadzonych następnie w szczelinach.



Ryc. 125. Parów w glinie nawianej. Michałowszczyzna koło Lwowa. (Wedle fotografji autora).

Glina nawiana znajduje się u nas na znacznych obszarach; pokrywając z wierzchu starsze skały i łagodząc wyniosłości, nadaje okolicy nieco sfalowaną powierzchnię. Północne zbocza Karpat osłania płaszczem nieraz do 30 metrów grubym, na Śląsku, w Krakowskiem, w Sandomierskiem (ryc. 126), w Lubelskiem, na Podolu i Wołyniu znajdujemy ją również. Gleba z niej wytworzona, ani zbyt tłusta, ani zbyt piaszczysta, jest nader urodzajna i dlatego też okolice, które ona zajmuje, należą do najurodzajniejszych. Pionowo spękane ściany i liczne, głęboko rozmyte parowy nadają tym okolicom swoisty charakter, nie pozbawiony krajobrazowego uroku (ryc. 125).

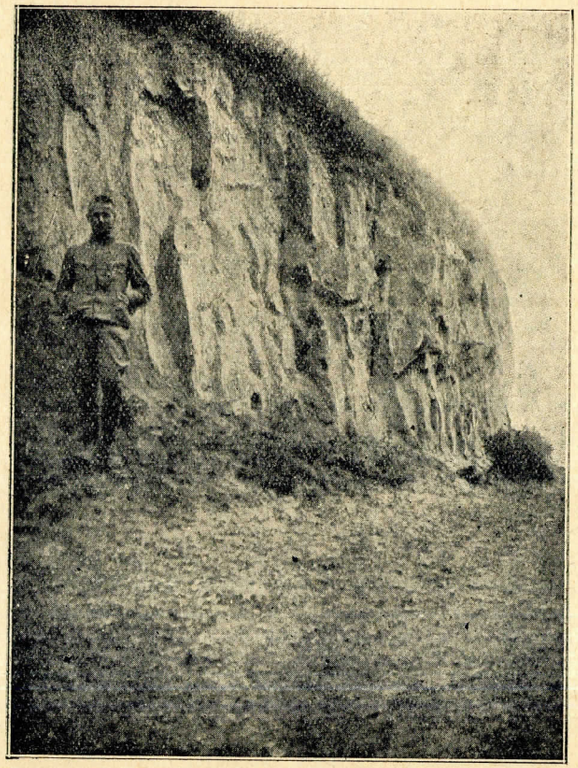
Największe rozmiary osiąga less w Chinach, gdzie pokrywa wszystko jednostajnym, miejscami do tysiąca metrów grubym płaszczem. Geolog Richthofen [1]) pierwszy zbadał go dokładnie i pierwszy rozpoznał w nim utwór powietrzny.

Krajobraz lessowy Chin powinienby być monotonny i nużący, jak

[1]) Richthofen: China. 1877, tom 1–4.

mówi Richthofen. W rzeczywistości jest on takim, jeżeli patrzymy na okolicę z wyższego miejsca; przy bliższem rozpatrzeniu widzimy jednakowoż, że pozorna równina rozcięta jest głębokiemi parowami.

Glina nawiana jest nieocenionym skarbem dla Chińczyka, ponieważ tworzy nader urodzajną glebę, umożliwiającą uprawę roli nawet na bardzo znacznych wysokościach. Jeżelibyśmy porównać mogli, pisze Richthofen, mapę rolniczą tamtejszych okolic z mapą geologiczną, przekonalibyśmy się, że obszary, na których rozwinęło się rolnictwo, zgadzają się zupełnie z zasięgiem gliny nawianej. Gdzie ona istnieje, tam też sięgają osady ludzkie i szerzy się kultura, gdzie jej brakuje, tam brak też zwykle i uprawy roli.



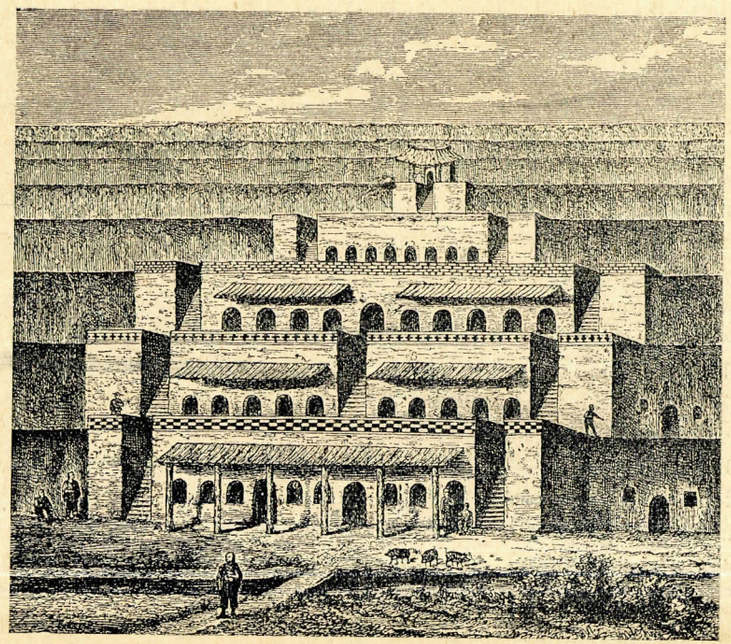
Ryc. 126. Ściana gliny nawianej, wcięcie drogi polnej. Dwikozy koło Sandomierza. (Wedle fotografji autora).

Jako gleba rodzajna jest less z tej przyczyny nieoceniony, ponieważ nie wymaga wcale nawozu; te same okolice, w których dzisiaj kwitnie rolnictwo, słynęły już z urodzajności przed 4.000 lat. Richthofen tłumaczy tę szczególną własność glin nawianych w następujący sposób. Glina nawiana jest porowata, drobne, prostopadłe r u r e c z k i przenikają ją aż do spodu i ciągną ze znacznych głębokości wodę wgłębną, która zawiera sole mineralne w wielkiej ilości. Wodę tę, razem z solami, ssie glina rurkami aż na wierzch i w ten sposób dostarcza wierzchnia warstwa ciągle świeżej wody i świeżych połączeń mineralnych wzamian za te, które poprzednio pochłonęła roślinność.

Glina nawiana nie tylko żywi Chińczyka, ale daje mu także mieszkania. W ścianach lessowych grzebią głębokie komory, zostawiając otwór na drzwi; zwykle mieszkanie składa się z kilku izb, do jednej prowadzą drzwi z zewnątrz, inne mają okna. „Mieszkania te są zresztą najroz-

maitszego rodzaju, od zwykłych pieczar aż do pałaców prawie, które mają ściany wyłożone wewnątrz cegłą i ozdobną fasadą z wierzchu". Bardzo często jest wiele takich mieszkań tuż obok siebie, a gdzie wznosi się glina terasami w górę, tam na każdej terasie wygrzebano mieszkania i w ten sposób powstaje osada, a nawet wieś wielka (ryc. 127).

W potężne pokłady tej gliny wrzynają się w Chinach rzeki głęboko i płyną jarami, których ściany są nieraz do 130 m. wysokie. Mętne, żółtawo brunatne fale toczą one do morza, które też Żółtem nazwano od charakterystycznej barwy wód jego; nic dziwnego, że kolor ten jest świętym dla Chińczyka, gdyż jest kolorem ziemi, która go żywi, wód,



Ryc. 127. Mieszkania Chińczyków w glinie nawianej. (Podług Richthofena, z Neumayra).

które tam płyną, a nawet możnaby powiedzieć także powietrza, którem oddycha. Kilkaset metrów grube pokłady gliny nawianej wytworzyły się w Chinach zwolna w ciągu tysięcy lat, lecz tworzą się także i dzisiaj. Jak znacznego okresu czasu potrzeba, aby powstały, dowodzą spostrzeżenia Loczego, który obserwował w Singafu dwumetrowy pokład lessu na starych grobach chińskich, pochodzących z przed 2.000 lat. Uwzględnić przytem należy olbrzymie ilości kurzu, które przynoszą wiatry wiejące z pustyni. Nawet przy prawie zupełnej ciszy, pisze Richthofen, jest powietrze nieprzezroczyste i żółtawe, widok jest zasłonięty dokoła, a słońce zjawia się jako mdła, niebieskawa tarcza. W prowincji Szensi,

gdzie powietrze jest rzadko kiedy czyste, przybiera cały krajobraz żółty kolor: ulice, domy, drzewa i krzewy, nawet podróżny, którego spotykamy na drodze, jest jednostajnie żółtawej barwy. W stepowych jeziorach ginie część kurzu atmosferycznego, który osadzając się, tworzy less jeziorny, różniący się słabem warstwowaniem od eolicznego. Po silniejszej burzy i po gwałtownym huraganie pyłu wysychają nieraz jeziora słone, ponieważ pył pokrył je znaczniejszą warstwą i pochłonął nieznaczną ilość wody, która tam jeszcze pozostała. Warstewka wytworzonego iłu ma ważne ochronne znaczenie dla tworzących się pokładów soli. Wiemy już (str. 93), że pokłady soli przykryte są z wierzchu warstwą iłów, która nie dozwala na ich spłókanie. U pokładów, które powstały z jezior słonych, są te iły zwyczajnie eolicznego pochodzenia.

Mówiliśmy już, że na pustyniach nabiera czynność wiatrów największej siły. Dla braku opadów nie ma tam woda prawie żadnego znaczenia jako czynnik twórczy, rzek prawie brak zupełny, a nieliczne giną wkrótce w piaskach, nie dochodząc do morza. Deszcz jest na pustyniach rzadkością, a często, chociaż ciężkie chmury zakrywają widnokrąg, nie spada z nich ani kropla wody. Wogóle brak tam długotrwałych deszczy, trafiają się tylko czasem gwałtowne ulewy, ale ich wody giną wkrótce wessane przez wyschniętą glebę. Ponieważ na pustyniach wody łatwo parują, przeto sole rozpuszczone w wodzie tworzą wykwity na skałach i na glebie, pokrywając wszystko białym szronem. Deszcze spłókują sól częściowo i unoszą w niżej położone miejsca, gdzie zbierają się wody, tworząc słone jeziora.

Obecność jezior słonych jest charakterystyczną nie tylko dla pustyń, lecz także dla t. zw. krajów bezodpływowych. Tą nazwą obejmujemy kraje nieraz obficie nawodnione, których rzeki nie wpadają do mórz otwartych, lecz do wielkich jezior. Typowym przykładem może być dorzecze morza Kaspijskiego. Do tego jeziora o obszarze 438.690 kilometrów kwadratowych wpada olbrzymia Wołga, Ural i rzeki Kaukazu, obszar dorzecza samej Wołgi jest znacznie większy od powierzchni morza Kaspijskiego, gdyż wynosi $1^1/_2$ miljona kilometrów kwadratowych. Poza obszar tego olbrzymiego dorzecza nie może się wydostać nawet żwir drobny, lecz wszystko dąży wraz z rzekami ku najniższemu miejscu, a więc ku jeziorowi. Nic dziwnego, że z biegiem czasu zmniejsza się obszar jeziora, które rzeki zasypują przyniesionym materjałem, aż je kiedyś wypełnią zupełnie. Inaczej jest na obszarach, które mają odpływ ku morzom otwartym, gdyż morza te są zbyt wielkie w porównaniu do obszaru dorzecza; materjał, przyniesiony rzekami, ginie w nich, nie zmieniając w widoczny sposób ich wymiarów.

Ponieważ w krajach bezodpływowych jest parowanie silne, dlatego też zmniejszają się jeziora i zamieniają w słone. Z jeziora Aralskiego paruje rocznie wedle obliczeń warstwa wysokości 1.150 mm., jezioro

Bałkasz utraca rocznie o 1.300 miljonów metrów sześciennych wody więcej, niż otrzymuje dopływami, dlatego też poziom tego jeziora obniżył się w ostatnich 15 latach o jeden metr. Mamy liczne przykłady zmniejszania się jezior w ostatnich okresach geologicznych, np. jezioro Bonneville, którego resztką jest Wielkie Jezioro Słone w Utah (str. 82), lub też dawne jezioro Aralo-Kaspijskie, z którego powstały dwa mniejsze, t. j. Kaspijskie i Aralskie. Ślady jego sięgają na północ aż do Samary, a małże dawniej w tem jeziorze żyjące, znajdują się dzisiaj koło Baku na wysokości 113 m. ponad poziomem jeziora Kaspijskiego. Zamierające jeziora słone krajów bezodpływowych zostały nieraz przykryte piaskami wkraczających na nie wydm, lub przysypane kurzem pustyń i stepów.

Obszary bezodpływowe mogą z biegiem czasu zyskać odpływ do morza; nizina węgierska była kiedyś półsłonem jeziorem bez odpływu do morza. Zdarza się jednakowoż i odwrotnie, iż obszary tracą ujście do mórz i stają się bezodpływowe. Obecnie zajmują ostatnie $^1/_5$ powierzchni kontynentów, największe przestrzenie w Azji (12 miljonów kilometrów kwadratowych), mniejsze w Australji (7 miljonów), Afryce (4 miljonów) i Ameryce (1·3 miljona).

DZIAŁANIE ORGANIZMÓW.

Już poprzednio (str. 70), omawiając wietrzenie, zwróciliśmy uwagę na współdziałanie roślin w tym procesie, których korzenie niszczą i kruszą skały częścią mechanicznie, częścią nawet chemicznie przez wydzielanie bezwodnika węglowego. Wiemy już także, że przytem mają donioślejsze znaczenie rośliny niższe, jak porosty i bakterje, z ostatnich zwłaszcza nitryfikacyjne, które wytwarzają z amonjaku zawartego w powietrzu nagryzający skały kwas azotowy. W podobny sposób są bakterje siarkowe (Beggiatoa alba) przyczyną, że w źródłach siarkowych wydziela się z siarkowodoru siarka, a bakterje żelaziste (Crenothrix Kühniana, Leptothrix ochracea) powodują wydzielanie się żelaza pod postacią tlenku, względnie wodorotlenku; proces ten odbywa się zwłaszcza na bagnach, przyczem powstaje ruda bagienna.

Niszczące działanie zwierząt jest nieznaczne. W morzach żyjące skałotoczne małże wiercą w skałach otwory; w ziemi grzebiące zwierzęta, jak krety, różne gryzonie, ryjąc spulchniają ziemię. Ważne znaczenie w tej mierze mają dżdżownice, gdyż nie tylko ryją w ziemi, ale także zjadają cząstki gleby, a następnie rozmiękczone wydzielają z powrotem.

W niektórych okolicach wschodniego Podkarpacia zauważyć można na rozległych pastwiskach liczne małe kopce, które powszechnie za kretowiska uważano (ryc. 128). Wedle nowszych spostrzeżeń [1]) utworzone

[1]) E. Niezabitowski: Kopce ziemne sypane przez mrówki. Lwów. Kosmos 1911.

zostały przez mrówkę Lassius flavus, która wewnątrz kopców ma suche komory przeznaczone dla wylęgu młodych. Kopce te, porosłe płonnikiem (Politrychum), zajmują u podnóża Karpat zwłaszcza koło Drohobycza, Stryja i Bolechowa olbrzymie przestrzenie.

Na kawałkach wapienia, leżących w jeziorach i stawach, znajdowano rynienkowate, nieregularne wgłębienia, których powstanie nie jest jeszcze dostatecznie wyjaśnione, gdyż jedni przypisują je mechanicznemu, lub chemicznemu działaniu gąsienic sieciarek, lub muchówek, inni zaś— niszczącemu działaniu wodorostów. Najwięcej spostrzeżeń w tej mierze wykonano na kamieniach wydobytych z jezior szwajcarskich. Niezabi-

Ryc. 128. **Kopce ziemne, utworzone przez mrówki.** Okolica Strzałkowa pod Stryjem. (Wedle fotografji E. Niezabitowskiego).

towski [1]) opisał tego rodzaju ślady z wapienia wydobytego ze stawu pod Wieliczką i odnosi je do chemicznego działania gąsienic muchówek z rodzaju Chironomus.

---

[1]) E. Niezabitowski: Gąsienice wyżłabiające wapienie. Kraków 1909. Sprawozd. Komisji Fizjogr. Ak. Um.

POWSTANIE WĘGLI MINERALNYCH.

Donioślejszem od niszczącego jest twórcze działanie organizmów zarówno zwierzęcych, jak roślinnych, które objawia się głównie w wytworzeniu węgli mineralnych i wapieni, o czem pomówimy obecnie.

Obumarłe ciała roślinne gniją leżąc na powietrzu, przyczem błonnik ($C_6H_{10}O_5$), będący głównym składnikiem drewna, rozkłada się przy pomocy bakteryj na składniki lotne, zwłaszcza na CO_2 i H_2O, w tym procesie współdziała tlen powietrza. Proces ten odbywa się tak długo, aż cała ilość węgla w błonniku zawarta, ujdzie w powietrze. Inaczej jest, jeżeli ciało roślinne dostanie się do wody, wskutek czego powietrze nie ma dostępu. Powstaje i teraz CO_2 i H_2O, nadto metan, czyli gaz bagienny (CH_4), ale dla braku powietrza zużywa się szybciej wodór i tlen błonnika, niż węgiel, wobec czego powstaje substancja zasobniejsza w węgiel, zwana węglem mineralnym; proces ten nazywamy zwęgleniem.

Im dłużej zwęglała się substancja roślinna, tem bogatszy w węgiel produkt powstawał, jak widzimy z tabeli, w której umieszczono węgle od najmłodszych do najstarszych [1]).

	C	H	O
drewno	50	6	44
torf	60	6	34
lignit	67	6	27
węgiel brunatny	75	5	20
„ czarny	83	5	12
antracyt	94	3	3
grafit	100		

Wysoka temperatura, lub znaczne ciśnienie mogą przyśpieszyć proces zwęglenia, dlatego też znamy węgle brunatne przemienione w antracyt przez zetknięcie się z gorącą magmą, np. z bazaltową żyłą; z tej też przyczyny są pensylwańskie, silnie sfałdowane pokłady węgla kamiennego, często przemienione w antracyt, podczas gdy apalachijskie, leżące poziomo, tej przemianie nie uległy.

Najmłodszy z węgli torf tworzy się na mokradłach, bagnach, lub płytkich jeziorach z roślin wodnych, jak trawy, turzyce i mchy, które rozrastają się, tworząc na wodzie gęstą pokrywę roślinną, a jakkolwiek rosną ustawicznie ku górze, przecież obumierają dolne ich części i zwęglają się, dając początek brunatnej masie, zwanej torfem.

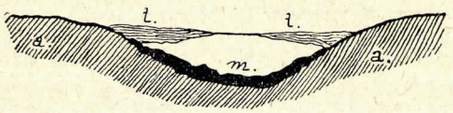
---

[1]) Liczby podane są przeciętne, opuszczono zanieczyszczenia, znajdujące się w popiele.

Torfowiska są charakterystyczne dla krajów o chłodnym klimacie, chociaż nie brak ich także w cieplejszych; rozległe, zwane „swamps", znane są z Florydy, Karoliny i Wirginji.

Rozróżniamy torfowiska nizinne i wyżynne. Pierwsze tworzą się w zaklęsłościach wypełnionych wodą, a porastają je turzyce, trzciny, wełnianki i mchy (Mnium, Hypnum). Wymagają one wody bogatej w sole wapienne i w części pożywne, lecz są silnie zanieczyszczone iłem. Torfowiska wyżynne rosną natomiast na podłożu wypukło wznoszącem się w górę, wskutek czego ich część środkowa jest o kilka metrów ponad brzegi wzniesioną. Wystarcza im woda uboższa w wapień, potrzebują jednakowoż obfitych opadów atmosferycznych, dlatego też są częste w okolicach górskich i nad brzegami mórz; roślinność ich składa się przeważnie z wrzosów (Erica, Calluna), a także z wełnianki i mchów (Sphagnum).

U nas są rozpowszechnione torfowiska obu typów. Znajdują się w kotlinie nowotarskiej, w okolicy Lwowa, nad górnym Dniestrem i na całym niżu (Mazowsze, Wielkopolska, Pomorze). Przeważnie nie są jeszcze wykorzystane, chociaż zasługują na baczniejszą uwagę.



Ryc. 129. Bagno zarosłe torfem. t — torf, m — muł bagienny. (Wedle Kaysera).

Torfowiska zarastają często bagna prawie zupełnie, pozostawiając gdzie niegdzie soczewki wody (ryc. 129). Zdarza się wskutek tego, że pod silnym naciskiem, np. nasypów kolejowych, załamują się torfowiska, albo, że podczas wierceń natrafia się na pozostałe soczewki wody, która zostaje wyrzuconą z wielką siłą.

Powstanie węgli brunatnych i czarnych tłumaczono w rozmaity sposób. Dawniej sądzono, że powstały one w jeziorach, lub w zatokach morskich [1]) z pni drzewnych, przyniesionych rzekami. Międzywarstwy piaskowców i łupków znajdowane wśród pokładów węgla i resztki zwierząt morskich wskazywały na to tłumaczenie, które zyskało wielu zwolenników zwłaszcza od czasu, kiedy poznano olbrzymie ilości drzew spławiane do zatok morskich przez Missisipi i rzeki syberyjskie. Te zapatrywania broniły allochtonicznego [2]), czyli wtórnego pochodzenia węgla.

Z biegiem czasu zwrócono jednakowoż uwagę, że liczne spostrzeżenia nie zgadzają się z takiem tłumaczeniem. Pokłady węgla rozciągają się nieraz na przestrzeni kilkuset kilometrów kwadratowych, np. pol-

[1]) W pierwszym wypadku mówimy o limnicznych, w drugim — o paralicznych pokładach.

[2]) Nazwa z języka greckiego: allos—inny, chton—ziemia.

skie zagłębie węglowe, coby się nie zgadzało z przyjęciem powstania ich w zatokach, lub przy brzegach mórz. Okazało się nadto, że resztki zwierząt morskich znajdują się tylko w niektórych warstwach pomiędzy pokładami węgla, podczas gdy zwyczajnie są tylko resztki lądowych, lub słodkowodnych roślin i zwierząt. Międzywarstwy z fauną morską nietrudno wytłumaczyć częściowemi zalewami morskiemi. Za autochtonicznem [1]) powstaniem węgla, a więc za tem, że węgle wytworzyły się na miejscu, świadczą bardzo wyraźnie pionowo stojące pnie drzew, znajdowane wśród ich pokładów; widocznie rosły te drzewa w tem samem miejscu, w którem później zatopione lasy na węgiel przemienione zostały. Co więcej, znaleziono u spodu pni drzewnych ich rozgałęzione korzenie (stygmarje), tkwiące w spodniej warstwie piaskowca, na korzeniach zachowały się nawet delikatne organa (appendices), służące do wciągania wody. Gdyby pnie nie były na pierwotnem złożu, nie możnaby wytłumaczyć ani ich pionowego położenia, ani obecności stygmaryj w położeniu odpowiadającem korzeniom, ani też zachowania się ich delikatnych organów.

Wobec tego musimy przyjąć dla pokładów węgla autochtoniczne powstanie w olbrzymich zatopionych torfowiskach, chociaż znane są wypadki, że węgiel wytworzył się w zatokach morskich z naniesionych pni drzewnych, przykładem węgle brunatne u podnóża Karpat (Grudna Dolna, Niskowa), zawierające w iłach im towarzyszących ślimaki morskie, a w tych wypadkach ich allochtoniczne powstanie jest prawdopodobne.

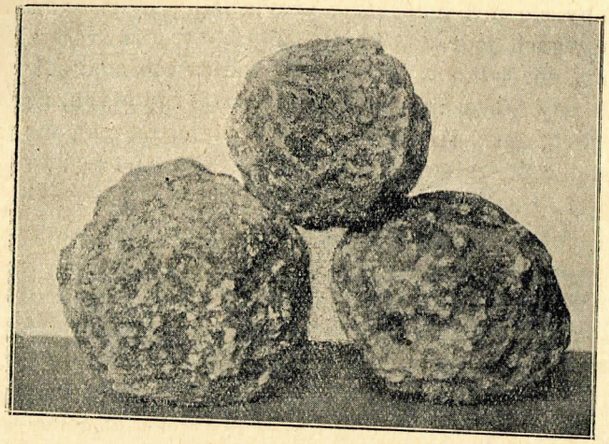
Przy tej sposobności możemy wspomnieć o zaroślach mangrowowych, zarastających bujnie w krajach podzwrotnikowych brzegi mórz płytkich. Drzewa tworzące je wypuszczają liczne korzenie powietrzne, które opadają w namuł, zakorzeniają się i tworzą gęste sploty pni. Podczas przypływu przynoszą tu fale piasek, namuł i resztki roślinne, które grzęzną między korzeniami, wobec czego ląd u brzegów przyrasta.

POWSTANIE WAPIENI.

Jakkolwiek woda morska zawiera węglan wapniowy przyniesiony rzekami, to przecież z niej nie osadzają się wapienie, lecz tworzą się jedynie pod wpływem roślin i zwierząt.

Z roślin do najważniejszych pod tym względem należą wodorosty z rodzaju Lithothamnium; porastają one i dzisiaj dno morza w głębokości nieznacznej (do 100 m.). Ponieważ zabierają z wody morskiej bezwodnik węglowy, przeto musi się z niej wydzielić część rozpuszczonego przedtem wapienia, którym się one oskorupiają. Litotamnia, two-

[1]) Nazwa z języka greckiego: z tej samej ziemi — autos, ten sam.



Ryc. 130. Buły wapienia litotamniowego.
Podwysokie k. Brzeżan, 2 razy zmn.

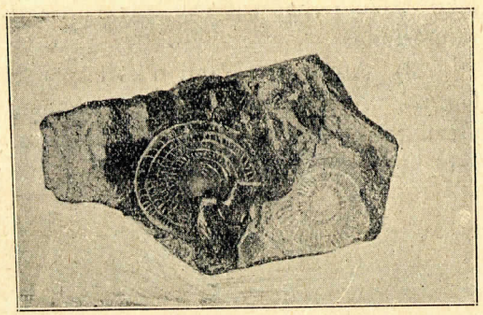
rząc kuliste kolonje (ryc. 130), zostają złączone przyniesionym materjałem w jedną całość, wobec czego wytwarza się z biegiem czasu skała, zwana wapieniem litotamniowym, albo nulliporowym, gdyż litotamnia nazywano także nulliporami. W młodszych formacjach (mioceńskiej) tworzyły się w Polsce wapienie litotamniowe, np. w Kieleckiem, Sandomierskiem, koło Rzeszowa i na Podolu. Wodorosty oskorupiające znane są już w erze paleozoicznej; w triasie alpejskim ważne są rodzaje Gyroporella i Diplopora.

Także inne wodorosty są czynne przy osadzaniu niektórych wapieni. Przy tworzeniu się trawertynu (str. 47) współdziałają pewne wodorosty (Leptotrix), a wydzielanie wapieni oolitowych, złożonych z drobnych kuleczek spojonych w jedną całość, ma następować częściowo pod wpływem bakteryj.

Na tem miejscu możemy także wspomnieć, że również glonom zawdzięcza powstanie martwica krzemionkowa, wydzielająca się z gorących źródeł gejzerów i że w morzu powstaje ze skorup okrzemek nagromadzenie ziemi okrzemkowej, tworzącej łupek szlifierski, czyli tryplę.

Większa część wapieni zawdzięcza jednakowoż powstanie zwierzętom. Te z nich, które mają szkielet twardy, złożony z węglanu wapniowego, np. otwornice, mięczaki, jeżowce, korale, liljowce, zabierają wapień z wody, by wytworzyć swe skorupy, czy szkielety. Nie wiemy dokładnie, jak przebiega proces chemiczny, zanim utworzy się węglan wapniowy skorupy. Prawdopodobnie nie zostaje on zabrany z wody, lecz zwierzęta rozkładają siarczan wapniowy (gips) zawarty w wodzie morskiej i przerabiają go na węglan wapniowy, a w tym procesie współdziałają także swoiste bakterje (Bacterium calcis).

Mówiliśmy już poprzednio o iłach głębinowych i przybrzeżnych, złożonych przeważnie ze skorup otwornic; kreda pisząca powstała tą drogą. Wielkie otwornice soczewkowatego kształtu z rodzaju Nummulites (ryc. 131) wytworzyły wapienie nummulitowemi zwane, znane u nas z eocenu tatrzańskiego. W przekroju podłużnym wyglądają skorupki nummulitów, jak pieniążki (stąd nazwa [1]), w przekroju zaś, jak ziarna zboża, dlatego też górale tatrzańscy nazywają je jarcem skamieniałym. Ze skorup mięczaków powstały wapienie muszlowe, nierzadkie wszędzie wśród skał osadowych, a z nagromadzeń wapiennych łodyżek liljowców (Crinoidea) wapienie krynoidowe, znajdujące się u nas w Tatrach i Pieninach.



Ryc. 131. Wapień nummulitowy.

Najpotężniej objawia się twórcze działanie świata zwierzęcego w budowie raf koralowych, o czem pomówimy nieco obszerniej.

Korale, żyjące gromadnie w kolonjach, tworzą rozgałęzione krzaki, zwane koralowiną. Przy brzegach mórz krajów podzwrotnikowych rozrastające się krzaczaste korale, zwłaszcza madrepory, wytworzyły z biegiem czasu, razem z innemi zwierzętami i roślinami rafotwórczemi, rozległe zarośla, zwane rafami koralowemi. Odłamy obumarłych korali, skorupy ślimaków i piasek naniesiony falami, zostają zatrzymane przez gałęzie korali, wskutek czego zamienia się z biegiem czasu rafa w jednolitą skałę, zwaną wapieniem koralowym.

Korale mogą żyć w morzach ciepłych, których temperatura nie spada nigdy poniżej 20°C, nadto w głębokości nie większej, jak 40 metrów. Rozwijają się dobrze od strony morza, gdzie falowanie jest silne, wskutek czego dopływają tu świeże ilości pokarmu, natomiast marnieją od strony lądu, gdyż tu dopływa rzekami mętna woda słodka; z tej też przyczyny opada stromo rafa od strony morza, natomiast ku lądowi nachyla się słabo. Rafy koralowe rosną naturalnie pod powierzchnią morza, a widoczne są dopiero podczas odpływu. Często jednakowoż przyniesiony przez fale luźny materjał podnosi rafę tak dalece, że wznosi się ponad poziom morza nakształt niskiej wyspy, mówimy wtedy o wyspach koralowych.

Rafy koralowe towarzyszą brzegom krajów podzwrotnikowych, np. Australji, Polinezji, Ceylonu. Wyróżnić możemy wśród nich:

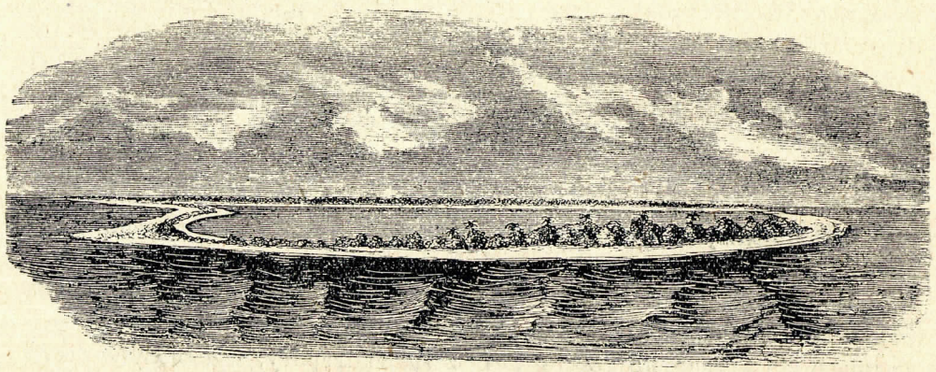
1) Rafy przybrzeżne, leżące tuż przy brzegach, oddzielone od nich tylko płytkim kanałem, zwanym laguną.

2) Rafy barjerowe, biegnące w znacznem oddaleniu od brzegów (kilkanaście, lub kilkadziesiąt metrów), wobec czego zatoka pomiędzy niemi a lądem jest szersza. Ciągną się one na znacznej długości, np. wzdłuż brzegów północno-wschodniej Australji na długości 2.000 km.

[1]) Nazwa z języka łacińskiego: nummulus — pieniążek.

jako pasmo podwodne, gdzie niegdzie tylko ponad poziom morza wzniesione.

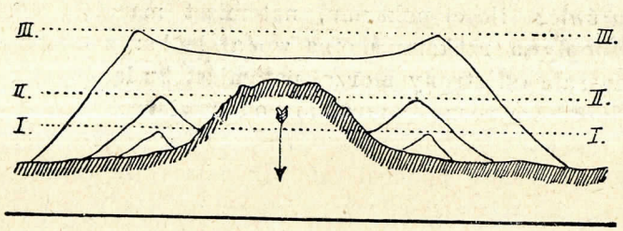
3) Atole są rafami o kolistym kształcie, w środku zamykają płytką lagunę. Nazewnątrz opadają stromo, ku środkowi słabo, średnica ich nieznaczna, szerokość wału zaledwie 1—$1^1/_2$ km. Wyjątkowo wystaje cały atol nad powierzchnię wody, zwyczajnie sterczy tylko szereg pier-



Ryc. 132. **Atol.** (Wedle Dany, z Neumayra).

ścieniowo ułożonych wysepek (ryc. 132). Z morza wznoszą się atole z głębokości znacznej, atol Funafuti w Polinezji nawet z głębokości 5.400 m.; na nim stwierdzono wierceniami grubość wapieni przenoszącą 400 m., na co zwrócimy uwagę, mówiąc o powstawaniu wysp koralowych.

Ponieważ wapienie raf koralowych dochodzą grubości kilkuset metrów, chociaż korale żyć mogą jedynie w głębokości niewiększej, jak



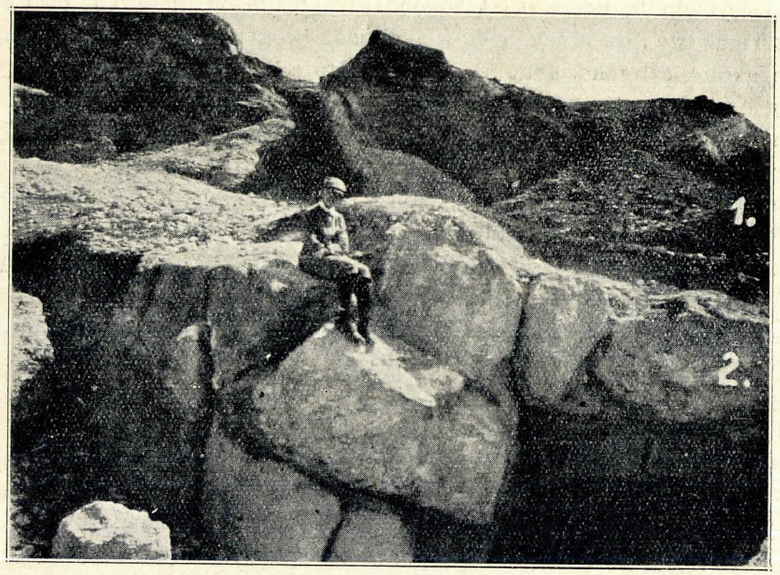
Ryc. 133. **Schemat przemiany rafy przybrzeżnej** w barjerową, a tej w atol.

40 m., przeto przypuszczał Darwin, że rafy koralowe powstają tylko w morzach, których dno się zapada. Pierwotnie rosły, wedle jego wywodów, korale przy brzegach mórz, tworząc rafy przybrzeżne naokoło wysp (rycina 133, I). Przy powolnem zapadaniu się dna morskiego dostawały się w głębokości większe i zamierały u spodu, ale zawsze rosły ku górze, dosięgając powierzchni morza. Przy dalszem zapadaniu się wyspy (rycina 133, II) powstawała rafa barjerowa, a gdy zanurzyła się wyspa pod wodę, powstawały atole (ryc. 133, III).

Z teorji tej, popartej przez geologów Lyella i Danę, wynika, że rafy przybrzeżne, barjerowe i atole, są różnemi stadjami rozwoju tych

samych raf koralowych, a nadto, że obszary, gdzie się one znajdują, zapadają się zwolna.

W ostatnich dziesiątkach lat poczęto występować przeciw prawdziwości tej teorji. Badania na oceanie Atlantyckim (Floryda, Bermudas) wykazały, że obok siebie można tam znaleźć rafy koralowe wszystkich typów, bez oznak zapadania się dna morskiego. Przekonano się nadto, że korale porastają ławice piasków, nawet namuliste dno, że nie są więc wcale przywiązane do wysp, jakby to wynikało z zapatrywań Darwina, nie znaleziono też tam raf koralowych znaczniejszej miąższości, jak 40 metrów. Mimo tego, dla południowych obszarów oceanu Spokojnego, do którego odnosiły się badania Darwina, musimy utrzymać teorję jego,



Ryc. 134. **Utwory rafowe sarmackie** (1) leżące płaszczowo na warstwowanych. (2). Zbaraż Stary. (Wedle fotografji autora).

gdyż tak znaczną grubość, jaką obserwowano u wapieni koralowych atolu Funafuti, tylko przez przyjęcie powolnego zapadania się dna morskiego wytłumaczyć możemy, zwłaszcza, że w całej masie wapieni koralowych znajdujemy tylko resztki zwierząt płytkiego morza.

Rafy tworzą nie tylko korale, ale także mszywioły, drobne zwierzęta, również w kolonjach gromadnie żyjące.

Jak dzisiaj tworzą korale rafy, tak też tworzyły je w dawniejszych geologicznych perjodach. Można je poznać po obecności wapieni koralowych, które nie okazują warstwowania, lecz tworzą pnie, względem warstw otaczających niezgodnie ułożone. W Polsce częściej tworzą rafy

do korali zbliżone stromatopory (Amphipora, Stromatopora). Miodobory Podola utworzone są z wapieni przykrytych z wierzchu wapieniem mszywiołowym, który pokrywał podmorskie skały jak gdyby płaszczem (ryc. 134, ułożenie płaszczowe).

POWSTANIE NAFTY I INNYCH WĘGLOWODORÓW.

Organizmom zawdzięczają swe powstanie także rozmaite węglowodory, jak nafta, wosk ziemny i asfalt. Wprawdzie niektórzy chemicy (Mendelejew, Berthelot, Moisson) przypuszczali, że minerały te powstały wewnątrz ziemi przez działanie wody na karbidy metali (np. żelazo zawierające węgiel), ponieważ tą drogą otrzymano w rzeczywistości w laboratorjach węglowodory naftowe, jednakowoż teorja ta nie uwzględnia wcale geologicznych warunków, wśród których nafta się znajduje, nafty niema bowiem ani w miejscach, gdzie są rudy metali, ani wśród skał wybuchowych. Przeważna część chemików i geologów przyjmuje przeto organiczne powstanie nafty, jedni roślinne, drudzy zwierzęce. Zapatrywania, że nafta powstała przez suchą destylację węgla kamiennego, nie mają uzasadnienia, gdyż nafta i pokłady węgla wykluczają się prawie, jak uczy spostrzeżenie, nie licząc tego, że produkty suchej destylacji węgla kamiennego i nafta nie są identycznemi ciałami. Engler przypuszczał, że wytworzyła się z tłuszczy zwierzęcych poddanych destylacji przy zwiększonem ciśnieniu, doświadczalnie otrzymał on też przy tych warunkach z tłuszczu rybiego ciała z naftą prawie identyczne. Teorja jego została swego czasu prawie ogólnie przyjętą i dzisiaj liczy licznych zwolenników, chociaż wiele faktów przemawia przeciw niej. Otóż nafta znajduje się w skałach o szczególnym sposobie wykształcenia, zwanym fliszowym. Piaskowce, zlepieńce, łupki, margle z licznemi pręgami falistemi, śladami pełzania zwierząt, z obfitemi resztkami roślinnemi, ale ubogie w dobrze zachowane skamieliny charakteryzują flisz, jedynie w t. zw. łupkach menilitowych są częstsze szkielety ryb. Brak przeto w skałach fliszowych obfitych resztek zwierzęcych, których tłuszcz mógłby po przedestylowaniu dostarczyć nafty, zwłaszcza, że zapatrywanie, jakoby cała nafta powstała z ryb zawartych w łupkach menilitowych, nie ma uzasadnienia także z tej przyczyny, ponieważ łupki menilitowe nie są wcale głównym zbiornikiem nafty.

Wobec tego jest najwięcej prawdopodobnem, że nafta powstała nie tylko ze zwierząt, ale głównie z roślin, których resztki w formie wodorostów morskich (fukoidy), albo roztartego miału roślinnego są częste w skałach karpackich. Wedle Zubera [1]) są skały fliszowe utworem przybrzeżnym płytkiego morza, złożonym w pobliżu lagun i ujść rzecznych w wilgotnym, podzwrotnikowym klimacie, gdzie rzeki przynoszą wprost ogromne ilości substancji roślinnej, która dała początek nafcie. Doświadczenie uczy, że wśród skał fliszowych nagromadziła się nafta głównie w siodłach, brak jej zaś w łękach, również w pobliżu miejsc nawiedzonych uskokami. Specjalne badania nad zależnością złóż nafty od tektonicznej budowy są obecnie w toku.

[1]) R. Zuber: Flisz i nafta. Lwów 1918. Według Potoniego byłby namuł gnijący, gromadzący się na dnie zbiorników wodnych z obumarłych części roślinnych i zwierzęcych, który on sapropelem nazywa, głównym materjałem bitumicznych substancyj.

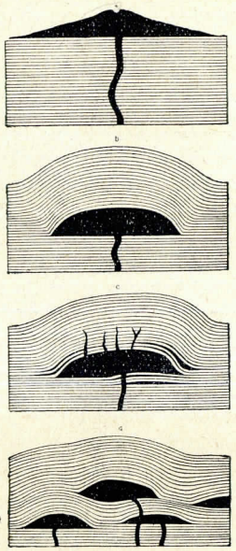
Przy tej sposobności należy wspomnieć o wulkanach błotnych, czyli salzach, lub makalubach. Są to małe, stożkowate wyniosłości terenu, nakształt kraterów, które wyrzucają CO_2 i CH_4, nadto wodę i błoto, a znajdują się np. na Sycylji, w Grecji, Rumunji; liczniejsze są na Krymie i nad morzem Kaspijskiem. Już w starożytności znaną była Macaluba koło Girgenti; znajduje się tam około stu stożków o kraterach mających 20—80 cm. w średnicy, wypełnionych błotem. Nie są wulkany błotne, jak dawniej sądzono, w związku ze zjawiskami wulkanicznemi, lecz obecność gazów naftowych wskazuje na ich łączność ze źródłami węglowodorów.

Organizmom zawdzięczają swe powstanie pokłady guana wydobywane jako nawóz sztuczny, zwłaszcza na wyspach Chincha u wybrzeży Peru. Są to nagromadzenia odchodów ptaków gnieżdżących się tam od niepamiętnych czasów. Fosforyty, znajdujące się u nas na Podolu, używane również jako nawóz sztuczny, zawdzięczają także organizmom (gąbkom) swe powstanie.

DZIAŁANIE PIROSFERY.

WULKANY.

Rodzaje wulkanów. Wulkanem w najogólniejszem znaczeniu nazywamy miejsca, w których części pirosfery w stanie gazowym, lub płynnym (lawa), bywają wyrzucane na powierzchnię.

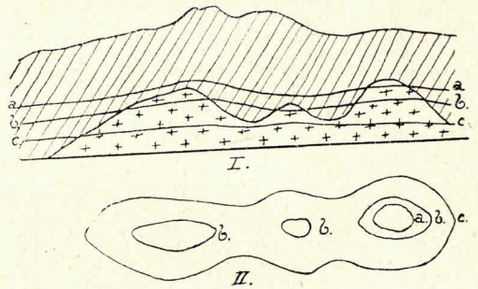


Ryc. 135. **Przekroje schematyczne przez wulkan** (a) **i różne typy lakkolitów** (b, c, d). (Podł. Gilberta, z Neumayra).

Zdarza się, że lawa nie wylała się nazewnątrz, lecz, podszedłszy szczeliną z głębi, podniosła poziome przedtem warstwy i zastygła wewnątrz wytworzonych próżni nakształt olbrzymich soczewek (ryc. 135); są to l a k k o l i t y. Jeżeli zwietrzenie usunęło wyżej leżące warstwy osadowe, odsłania się lakkolit. Po raz pierwszy poznali je i opisali geologowie amerykańscy (Gilbert) w Stanach Zjednoczonych (Utah, Colorado).

Podobnie jak lakkolity, są też batolity lawą zaskrzepłą pod powierzchnią ziemi, która wydobyła się w odległych, geologicznych perjodach. Olbrzymie pnie, zwłaszcza granitowe, rozszerzające się coraz silniej w głębi i nie leżące na skałach osadowych, należą zapewne do tej kategorji utworów. Przedtem przykryte skałami młodszemi stały się widoczne dopiero po ich zwietrzeniu (rycina 136). Wielkie granitowe masy Gór Kruszcowych, Harcu, Bretanji są batolitami. Prawdopodobnie czasem zdołała magma batolitów w czasach odległych, gdy skorupa ziemi była jeszcze nieznacznej grubości, przebić ją, względnie przetopić, a wtedy wydobyły się na powierzchnię wielkie ilości magmy (wybuchy powierzchniowe).

Magma nie wydobywa się podczas wybuchów jednym tylko otworem, jak np. u Wezuwjusza, w ogólności u wulkanów normalnych (kraterowych), lecz czasem rozległą szczeliną wylewając się po obu jej stronach. W ten sposób powstają rozległe powały skał wybuchowych. Obecnie jedynie w Islandji widzimy ten typ, gdzie, np. w r. 1783 wzdłuż 24 km. długiej szczeliny Laki wydobyta lawa, pokryła powierzchnię 900 km. kwadratowych. W dawniejszych perjodach były częstsze tego rodzaju wybuchy, np. olbrzymie trzeciorzędowe wylewy lawy bazaltowej w Ameryce Północnej (Oregon, Kolumbja), lub kredowe w Dekanie (Indje Wschodnie).



Ryc. 136. **Przekrój przez batolit** (I) a, b, c. kolejne jego powierzchnie przy denudacji, przyczem okaże się on na powierzchni zrazu w a, następnie w b, a wreszcie jak jednolita masa (c, II). (Wedle Schaffera).

Kształt wulkanów kraterowych. Wulkan normalny, np. Wezuwjusz we Włoszech (ryc. 137), jest zwyczajnie stożkowatą górą o słabo nachylonych zboczach (do 40^0), na której szczycie jest zagłębienie, zwane k r a t e r e m. Wysokość wulkanów jest nader rozmaitą; jedne są mało wzniesione, jak Monte Nuovo [1]) koło Neapolu zaledwie 130 m. wysoki, inne są wysokiemi górami, jak Wezuwjusz (1.300 m.), Etna (3.300 m.), Popocatepetl w Meksyku (5.450 m.), Cotopaxi (5.950 m.), lub Mauna Loa na wyspie Hawai (4.168 m.). Jeżeli uwzględnimy, że niektóre z nich wznoszą się z wielkich głębin morza, wówczas całkowita ich wysokość okaże się znacznie większą, u wulkanu Mauna Loa np. przenosi 8.000 m. Krater wulkanu jest zagłębieniem nakształt głębokiego kotła, czasem o stromych ścianach, którego średnica i głębokość są nader zmienne. krater np. Wezuwjusza mierzy 570 m. w średnicy, wulkanu Mauna Loa— 4.500 m. Dno krateru jest zawalone resztkami lawy, które zamykają kanał prowadzący w głąb, otwarty jedynie w czasie wybuchu.

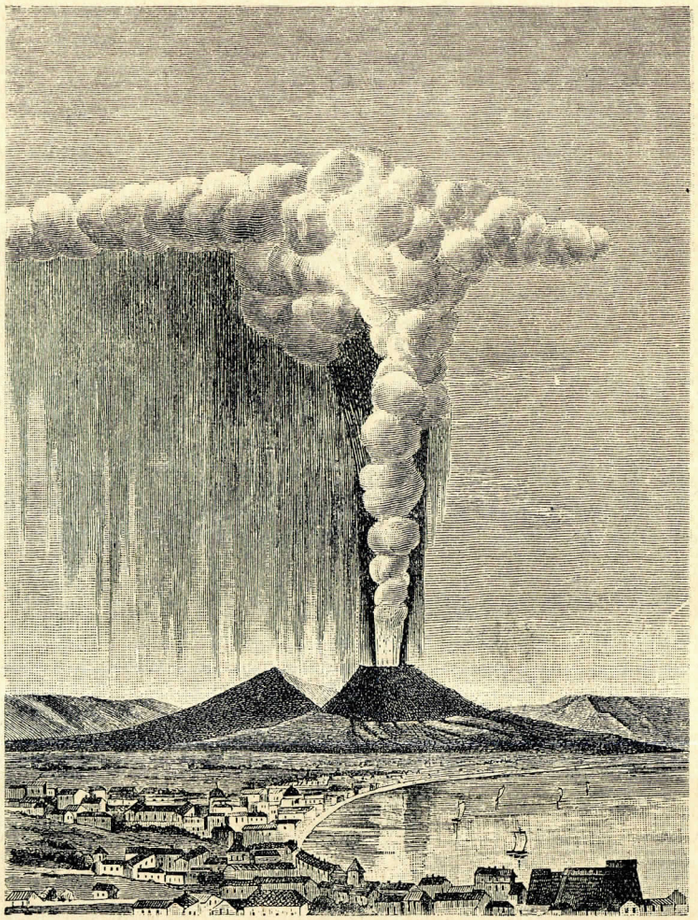
Stożek jest wytworem wulkanu, który, wyrzucając popiół i lawę, usypał wzniesienie, nic więc dziwnego, że kształt wulkanu zmienia się prawie za każdym wybuchem, gdyż popiół i lawa wyrzucone z wulkanu, podnoszą stożek wyżej, albo też niszczeje [2]) od silnych wybuchów.

Powstanie wulkanu objaśniano dawniej w ten sposób, że warstwy skalne zostały za naciskiem lawy podniesione. Tak sądzili pierwsi geologowie, którzy badali wulkany, jak: Aleksander Humboldt, Leopold Buch, Elie de Beaumont i inni (teorja wulkanów podniesionych). Późniejsze spo-

[1]) Wulkan ten jest tem szczególny, że wytworzył się w ciągu kilku dni w r. 1538; wybuch poprzedziło lekkie podniesienie się gruntu.

[2]) Podczas ostatniego silnego wybuchu w r. 1906 został obniżony stożek Wezuwjusza o 76 m.

strzeżenia dowiodły jednakowoż, że z reguły niema oznak, aby skały, znajdujące się w pobliżu wulkanu, uległy wydźwignięciu i że materjałem stożków wulkanicznych jest lawa i popiół przez wulkan wyrzucony (wulkany nasypowe). Ze względu na powstanie możemy wyróżnić wulkany masowe, zbudowane ze stężałej lawy wypchniętej otworem wul-

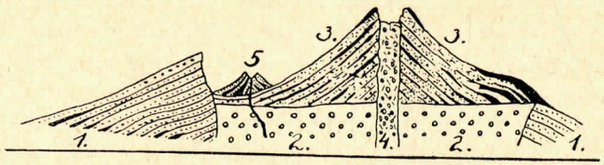


Ryc. 137. Wybuch Wezuwjusza w r. 1822. (Z Neumayra).

kanu, typ w ogólności nieczęsty i stratowulkany (wulkany mieszane), składające się z naprzemianległych warstw popiołu i law (ryc. 138).

Przebieg wybuchu. Czynny wulkan wyrzuca nawet w stanie spoczynku gazy, między któremi ma przeważać para wodna, jak powszechnie sądzono. W nowszych czasach wystąpił jednakowoż Brun w Genewie z twierdzeniem, że gazy wulkanów nie zawierają pierwotnie pary

wodnej, wyrzucana zaś podczas wybuchów ma pochodzić z wód opadowych, przesiąkających w głąb, albo z pary wodnej, zawartej w powietrzu. Jakkolwiek twierdzenie swe oparł Brun na spostrzeżeniach czynionych na Wezuwjuszu, na wulkanach Hawai i Jawy, przecież późniejsze, bardziej dokładne analizy, które wykonali w r. 1912 Day i Shepherd na wulkanie Kilauea, chwytając wprost z lawy wydobywające się gazy, dowiodły niesłuszności poglądów Bruna. Przeciwko nim przemawiają także niejedne spostrzeżenia, jak np. zawartość pary wodnej w skałach wybuchowych, lub gwałtowne deszcze towarzyszące często wybuchom wulkanów, które tłumaczono nadmiarem pary wodnej w atmosferze. Oprócz niej wydzielają wulkany kwas solny (HCl), siarkowodór (H_2S), chlor, dwutlenek siarki (SO_2), dwutlenek węgla (CO_2), metan (CH_4), wodór, chlorki sodu, potasu, magnezu i inne związki.



Ryc. 138. **Przekrój przez Wezuwjusz i Sommę.** 1—dawny stożek Sommy, 2—jego krater, 3—stożek obecny Wezuwjusza. 4—jego krater, 5—stożek pasorzytny. Czarny kolor oznacza strumienie lawy. (Wedle Löwla).

Gazy, wydobywające się z wulkanu, tworzą słup dymu już zdaleka widoczny. Silniejsze ich wydzielanie zapowiada wybuch, trzęsienia ziemi są zwiastunami zjawiska, nadto słychać nieraz podziemne dudnienia i grzmoty, czasem zauważono wysychanie źródeł, a na śniegiem pokrytych wulkanach Kamczatki i Islandji ocieplanie się ziemi, co poznać można po nagłem tajaniu śniegów. Wreszcie pęka dno krateru, przedtem zaskrzepłą lawą zamknięta szczelina zostaje oczyszczona, olbrzymi słup pary, dymu i popiołu wznosi się w powietrze, rozszerzając się u góry nakształt pinji [1]), a równocześnie wydobywają się z krateru odłamy skalne, wyrzucane z wielką siłą przez rozprężające się gazy. Wysokość słupa gazów jest bardzo znaczną, skoro oznaczono ją podczas wybuchu Wezuwjusza w r. 1906 na 5—7 km., a podczas wybuchu wulkanu Krakatau w r. 1883, na 27 km.

Czarny słup dymu, rozprzestrzeniając się, zaciemnia horyzont; przez tarcie ogromnych mas gazów powstają burze z grzmotami i błyskawicami, z których spadają ulewne deszcze. Woda ich, zmieszana z popiołem, tworzy błotnisty namuł, który pokrywa wszystko, a nieraz sprawiają całe potoki błota wielkie spustoszenia, np. podczas znanego wybuchu Wezuwjusza w r. 79, kiedy miasto Herculanum zostało pokryte błotnistym całunem.

---

[1]) Plinius był pierwszym, który porównywał kształt wznoszącego się słupa dymu z pokrojem pinji.

Ustawiczne trzęsienia ziemi zmniejszają się wreszcie, popiół spada mniej obficie, a z krateru wulkanu, lub ze szczelin w jego ścianach, jeżeli pęknie krater, wydobywa się lawa i spływa w dół. Wkońcu ustają wybuchy lawy, wulkan wydziela tylko gazy, a wreszcie uspokaja się zupełnie.

W sposób opisany przebiega wybuch u większej części wulkanów, np. Wezuwjusza, lub Etny. Ponieważ Wezuwjusz jest przedstawicielem tego typu, przeto przypatrzymy mu się nieco dokładniej.

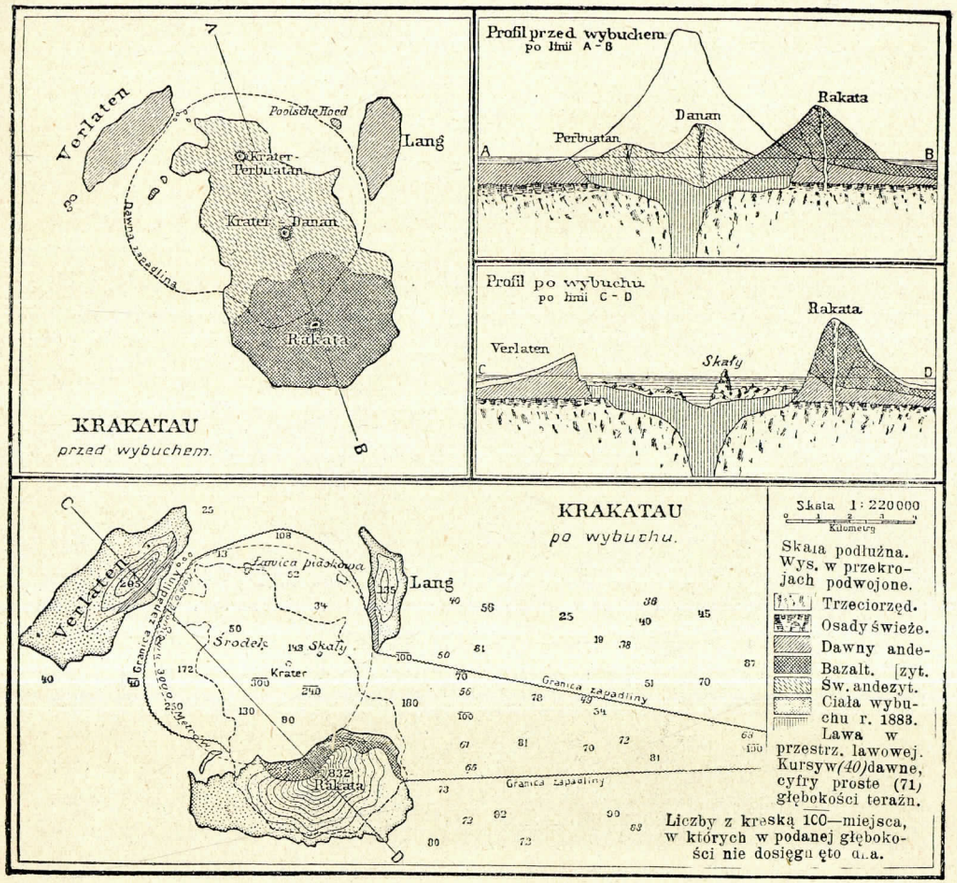
W e z u w j u s z (ryc. 137 i 138) leży nad brzegiem zatoki neapolitańskiej, właściwy stożek otacza dokoła wał, zwany Monte Somma, który jest resztką dawnego krateru, między nim a właściwym stożkiem jest przeszło 400 m. głęboka zaklęsłość, zwana Atrio del Cavallo. W czasach starożytnych nie wiedziano wcale, że Wezuwjusz jest wulkanem, chociaż Strabo zdawał sobie sprawę z jego właściwego pochodzenia; zbocza, nawet krater, były zarosłe winnicami i lasem. Nagle nastąpił w roku 79 po Chr. gwałtowny wybuch, który zniszczył Pompei, Herculanum i Stabie i sprowadził śmierć około 25.000 mieszkańców. Podczas tej katastrofy zginął rzymski przyrodnik Plinius Starszy, uduszony gazami. Lawy wówczas prawdopodobnie Wezuwjusz nie wyrzucił, tylko olbrzymią ilość popiołów; równocześnie spadły gwałtowne deszcze, a ich woda zmieszana z popiołem utworzyła błotnisty namuł, który prawdopodobnie, jak mówiliśmy, pokrył Herculanum, podczas gdy popiołem zostało zasypane Pompei i Stabie. Od tego czasu do r. 1139 wybuchał Wezuwjusz kilkakrotnie, poczem nastąpił okres spokoju aż do r. 1631; zbocza i krater znowu zarosły lasem. Dopiero w r. 1631 nastąpił gwałtowny wybuch, podczas którego stożek wulkanu obniżył się znacznie, gdyż przedtem był wyższy od Sommy o 40 metrów, a teraz stał się niższy od niej o 130 m. Od tego czasu są częste wybuchy, zgubniejsze w skutkach były w r. 1794, 1822, 1872, a z ostatnich—w r. 1906.

Inny typ tworzą wulkany, których wybuch możnaby porównać do olbrzymiej eksplozji; przykładem jest wybuch na wyspie Krakatau w r. 1883 i wulkanu M. Pelé na Martynice w r. 1902.

Wyspa K r a k a t a u leży w cieśninie Sundajskiej, na niej były trzy wulkany, z których najwyższy Rakata zaczął być czynnym po długiej przerwie w r. 1883. Od maja trwały wybuchy, wulkan wyrzucał gazy i popiół, wreszcie 27 sierpnia nastąpił główny wybuch, podobny do olbrzymiej eksplozji, podczas którego zniknęły zupełnie dwie trzecie wyspy razem z połową wulkanu. Gdzie dawniej był ląd, powstały głębie dochodzące 360 m.; wyrzucony materjał zwiększył znacznie dwie wyspy obok Krakatau leżące, w innych miejscach podniósł dno morza, wskutek czego mapa tych okolic uległa znacznym zmianom (ryc. 139). Objętość wyrzuconego materjału oceniano na 18 km.^{3}, najdrobniejszy dostał się na wysokość 70 km., rozszedł się wiatrami dokoła całej ziemi, powodując

wszędzie, a więc i u nas, czerwone zorze wieczorne. Wybuchem poruszone powietrze obiegło falami kilkakrotnie całą ziemię, powodując nagłe wahania barometryczne.

Wzburzone morze poczyniło wówczas największe spustoszenia. Fala do 30 m. wysoka rozbiegła się dokoła, a za nią następowały inne; wpadła na pobliskie lądy i zniszczyła wszystko. Na Jawie zniknęły zupełnie miasta Anjer, Bantam i Merak, na wyspach Sebesie i Seramy wszy-

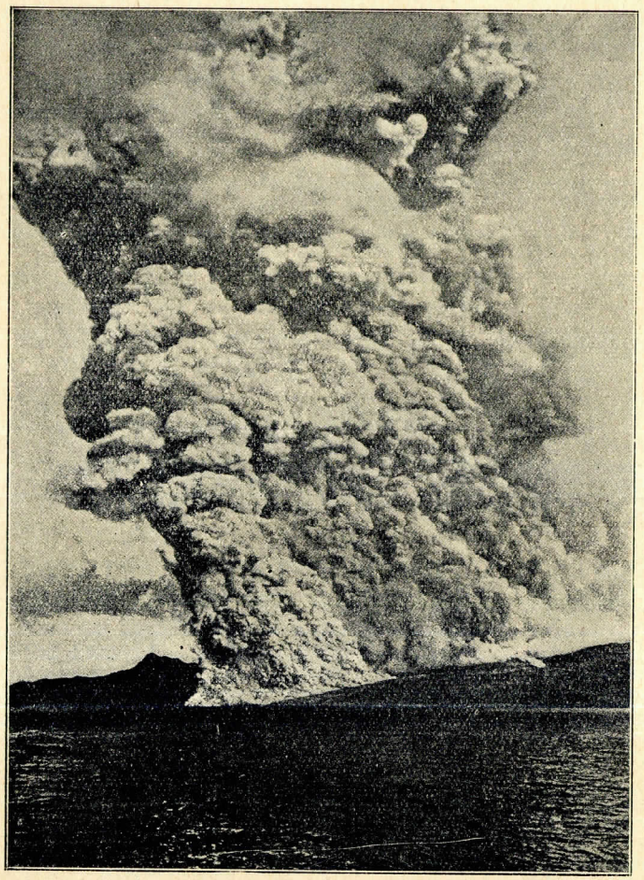


Ryc. 139. **Wyspa Krakatau przed i po wybuchu w r. 1883.**
(Wedle Verbecka, z Neumayra).

scy mieszkańcy znaleźli śmierć pod falami; liczba ofiar na Jawie dochodziła 40.000. Fale te rozeszły się prawie po całej ziemi, były wyraźne na oceanie Indyjskim i Spokojnym, a wreszcie przeszły na ocean Atlantycki, zauważono je np. u wybrzeży Francji.

Podobny przebieg miał także wybuch wulkanu B a n d a j S a n w Japonji, który nie był czynny już od dłuższego czasu. Nagle, bez

żadnych ostrzegawczych oznak, wydobyły się 15 lipca 1888 r. z wnętrza góry ciemne masy gazów i kamieni, wielka ilość skał spadła jakby lawina w dolinę, zasypała 70 km.^{2} powierzchni, zagrzebała cztery wsie i ich mieszkańców, a w miejscu, gdzie był wulkan, powstał krater, przeszło 600 m. głęboki. Przy tym wybuchu brakowało również lawy, także popiołu, nacisk gazów rozpylił tylko materjał skalny i go rozrzucił.

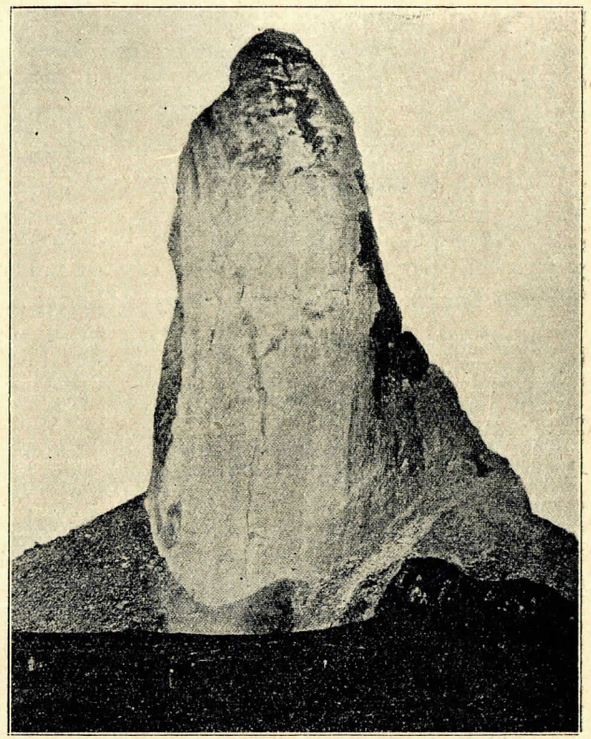


Ryc. 140. **Wybuch wulkanu M. Pelé.** (Wedle Lacroix'a).

Straszniejszym w skutkach był wybuch wulkanu M. Pelé na Martynice 8 maja r. 1902; za pamięci ludzkiej wybuchał ten wulkan tylko dwa razy (w r. 1792 i 1851). Na dwa tygodnie przed główną katastrofą były objawy, że wulkan budzi się po długotrwałej przerwie, lecz mieszkańcy nie zwracali na nie uwagi. Wyrzucał on popiół i gazy siarkowe, które w St. Pierre czyniły pobyt niemożliwym, 22 kwietnia został nagle przerwany kabel pomiędzy Martyniką a Guadeloupe, 3 maja, prowadzący na Dominikę. Dnia 5 maja wylał się nagle z jeziorka, leżącego pod szczytem, olbrzymi strumień gorącej wody i błota, który zniszczył pod miastem leżącą cukrownię, przyczem 23 ludzi straciło życie. Wśród gwałtownych błyskawic wyrzucał wulkan wielkie bryły skalne i popiół. Dnia 8 maja wydobyła się nagle z wulkanu gorąca chmura gazów obładowana popiołem, która, jako ciężka, nie wzniosła się do góry, lecz stoczyła się szybko w dół ku morzu i dosięgła nieszczęsne miasto St. Pierre, paląc i zabijając wszystko (ryc. 140); przeszło 30.000 ludzi, prawie

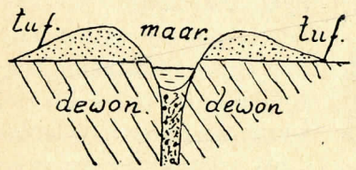
wszyscy mieszkańcy miasta St. Pierre z bardzo nielicznemi tylko wyjątkami, znalazło śmierć w ciągu kilku minut. Olbrzymia ilość gorących gazów i brak lawy charakteryzuje tę katastrofę.

Po wybuchu zaczął się od października 1902 roku wysuwać z krateru andezytowy stożek (ryc. 141), którego wysokość ulegała zmianom (największa 700 metrów), wkońcu znikł on prawie zupełnie. Prawdopodobnie była to zastygła lawa za naciskiem gazów wypchnięta przez szczelinę krateru.



Ryc. 141. **Stożek andezytowy w kraterze wulk. M. Pelé** (15 marca 1903 r.). (Wedle Lacroix'a).

Z dawniejszych epok geologicznych znane są również wybuchy, podobne do olbrzymich eksplozyj, które wytworzyły w terenie lejkowate zagłębienie. Tutaj zaliczamy tak zwane maary, znane w Niemczech z gór Eifel, wypełnione zwykle wodą, tworzącą głębokie jeziorka (ryc. 142). Uważamy je za otwory powstałe w litosferze za działaniem gorących gazów, wydzielonych z magmy. Z doświadczeń Daubréego wynika, że gazy gorące, będące pod silnem ciśnieniem, mogą przebić przez skałę nazewnątrz kanały (diatremy), których rozszerzeniem szczytu są właśnie maary. Utwory tego rodzaju nie są bardzo rzadkie (np. jezioro Albano we Włoszech); podobne zagłębienia, wypełnione brekcją peridotową (niebieska ziemia, kimberlit) znane są z południowej Afryki, w niej znajdują się najczęściej diamenty.



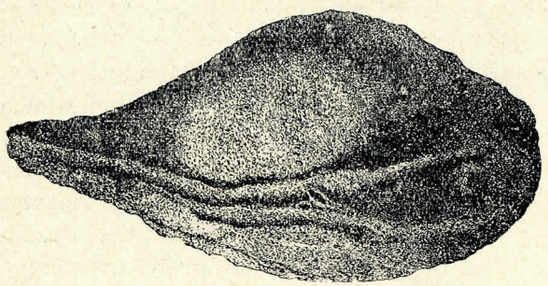
Ryc. 142. **Schemat maaru w górach Eifel.**

Wręcz przeciwny typ przedstawiają wulkany na Hawai; są one, np. Mauna Loa i Kilauea tem szczególne, że nie mają kształtu stożków, lecz płaskich kopic o zboczach nachylonych zaledwie pod kątem 3^0 do 10^0. Ogromne ich kratery opadają terasami w głąb i wypełnione są nader rzadką lawą o bardzo małej zawartości gazów. Podczas wybuchu wznosi się lawa w wulkanie Mauna Loa aż pod szczyt krateru, rozlana spływa bardzo szybko (do 30 km. na godzinę). Cały wybuch odbywa się spokojnie, bez trzęsień ziemi i bez eksplozyj. W kraterze Kilauea ograniczona jest czynność wulkaniczna na płaski stożek Halemaumau, wypełniony lawą.

Nieco podobnie przebiegają wybuchy wulkanu Stromboli na jednej z wysp Liparyjskich, znajdującego się od najdawniejszych czasów w ustawicznej czynności. Ciągle wydobywa się dym z krateru wypełnionego lawą, która podnosi się w krótkich odstępach czasu (9—45 minut) aż pod szczyt, wydyma się, wydzielając obficie pęcherze gazów, a następnie opada. Nocą oświeca widnokrąg ognista lawa krateru, jest więc ten wulkan naturalną latarnią morską od niepamiętnych czasów.

Poznane wulkany przedstawiają nam trojakie typy wybuchów. Normalne, których przedstawicielem jest Wezuwjusz, lub Etna, wyrzucają lawę i popiół, zawartość gazów w lawie jest tu znaczną. Wulkany Hawai, a także Stromboli [1]), mają lawy o małej zawartości gazów, dlatego też wybuch odbywa się u nich spokojnie. Wręcz przeciwnym typem jest Mont Pelé, który charakteryzuje się olbrzymią ilością gazów o tak znacznej prężności, że lawa nie wydobywa się wcale, lecz zostaje całkowicie rozpyloną, a wybuch można porównać do olbrzymiej eksplozji. Jak widzimy, zawartość gazów reguluje przebieg wulkanicznego wybuchu.

Produkta wybuchu wulkanów. Gazy wydobywające się z wulkanów poznaliśmy poprzednio, do stałych wulkanicznych produktów zaliczamy bomby, lapilli, piasek i popiół wulkaniczny, do płynnych zaś—lawę.



Ryc. 140. **Skręcona bomba Wezuwjusza.** (Z Neumayra).

Bomby wulkaniczne są kawałkami lawy wielkości głowy ludzkiej, wyrzuconemi w powietrze, które zastygły podczas ruchu obrotowego, przybierając kształt podłużny i nieco skręcony (ryc. 140). Czasem wyrzucają wulkany

[1]) Stadjum stromboliczne, charakterystyczne nieco większą ilością gazów, bywa także wydzielane jako oddzielne.

głazy skalne z dna kraterów, wyjątkowo olbrzymich nawet wymiarów, gdyż największe u Wezuwjusza dochodziły wagi 600 cetnarów. Lapilli (albo rapilli), są zastygłemi kawałkami lawy wielkości orzecha, drobne zaś ziarna zastygłej lawy nazywamy piaskiem, a najdrobniejsze — popiołem wulkanicznym.

Popiół jest rozpyloną lawą, która zastygła w powietrzu. Nie brak go przy żadnym normalnym wybuchu, z reguły jest ilość jego znacznie większą od ilości wyrzuconej lawy. Są wśród niego tak drobne cząstki, że wpadają do domów, nawet przez najmniejsze szpary, one to np. zasypały w r. 79 po Chr. Pompei, otuliwszy wszystko, nawet zwłoki ludzkie, tak dokładnie, że wnętrza domów zachowały się tak świeżo, jak gdyby mieszkańcy niedawno opuścili swe domostwa. Ilość popiołu jest nieraz wprost olbrzymią, skoro podczas wybuchu na wyspie Krakatau wynosiła 18 km. sześciennych; niesiony wiatrem, dostaje się na bardzo znaczne odległości. Wulkan Tomboro na wyspie Sumbawie (na wschód od Jawy), wybuchł w r. 1815 z taką siłą, że większa część archipelagu Sundajskiego została przykryta popiołem; na wyspę Lombock, oddaloną o 22 mil od wulkanu, spadł warstwą 60 cm. grubą; z tej przyczyny, względnie z głodu, który wówczas nastał, zginęło na tej wyspie 44.000 mieszkańców. Gdy silne wiatry wybuchowi towarzyszą, dostaje się popiół na znaczne odległości; podczas wybuchu w r. 1631 spadł popiół Wezuwjusza w Tarencie, Cattaro i w Tessalji, w r. 1906 nawet w Holandji i w Norwegji. Popiół, który spada z potokami deszczu, tworzy tufy wulkaniczne, mniej, lub więcej wyraźnie warstwowane.

Charakterystycznym produktem wybuchów jest lawa. Ze względu na skład mineralogiczny, zbliżoną jest do niektórych skał wybuchowych, jak bazalty i trachity; w pierwszym wypadku ma mniej krzemionki, a więc zasadowy charakter (str. 18) i jest więcej płynną, natomiast bogatsze w krzemionkę trachitowe lawy są gęstsze i płyną przeto powoli. Należy zauważyć, że nawet u tego samego wulkanu ulega zmianom skład chemiczny, a pobliskie wulkany wyrzucają lawy o różnym składzie, co najlepiej zauważono u wulkanów włoskich. Fakty te przemawiałyby przeciw wspólnemu ognisku niektórych wulkanów sąsiednich.

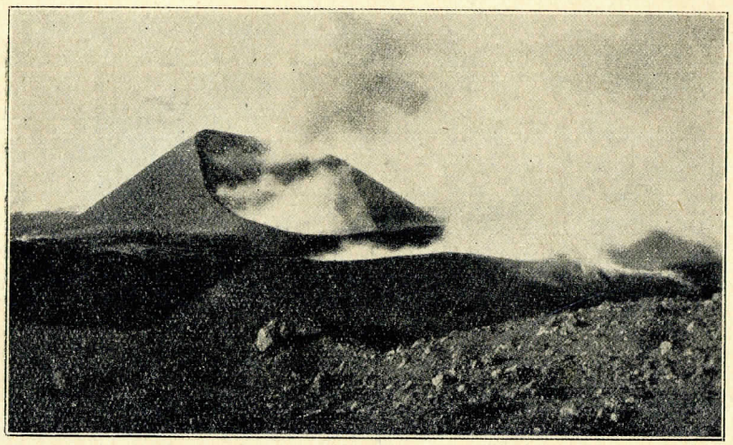
Z wulkanu wydobywa się lawa jako gęsta masa, podobna stężeniem do gęstego cementu zarobionego wodą. Szybkość jej ruchu jest rozmaitą, zwyczajnie nie większą, jak jeden kilometr w 2 do 3 godzinach, jednakowoż wkrótce maleje w miarę zastygania, wynosząc wreszcie kilka tylko centymetrów na dobę. Nader rzadkie lawy wulkanów Hawai płyną z bardzo wielką prędkością, dochodzącą nawet 30 kilometrów na godzinę.

Wypływająca z krateru lawa ma bardzo wysoką temperaturę, a żarzy się, jak do białości roztopione żelazo. Wedle obliczeń, miałaby jej temperatura wynosić nieco ponad 1.000^0C. Jakkolwiek na lawie tworzy

się bardzo szybko twarda skorupa [1]), przecież zachowuje się wewnątrz wysoka temperatura przez długi czas. Na lawie Wezuwjusza mierzono w 6 godzin po wybuchu temperaturę 1.000°C, a Spalazzani zauważył, że po 11 miesiącach była jeszcze tak gorącą, że drewno wprowadzone do niej zapalało się łatwo.

Nie zawsze wypływa lawa kraterem. Zwykle nie wytrzymują ściany nacisku, a wtedy pęka z hukiem stożek wulkanu i lawa wydobywa się powstałą szczeliną. Często tworzą się na niej kratery drugorzędne, wydzielające gazy, popiół i lawę, są to kratery pasorzytne, częste zwłaszcza na Etnie (ryc. 144).

Wprawdzie na płynącej lawie tworzy się bardzo prędko skorupa, lecz powstają także szczeliny, któremi wydobywają się gazy, są to fumarole, o których wkrótce będzie mowa.



Ryc. 144. **Kratery pasorzytne Etny.** Wybuch w r. 1892. (Z. Schaffera).

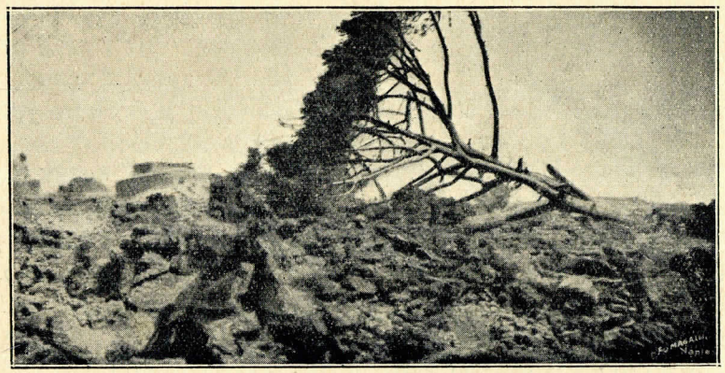
Strumienie lawy nie zastygają jednostajnie przybierając gładką powierzchnię, lecz w różny sposób tworząc wskutek tego odmienne krajobrazowe formy. Czasem spiętrza się lawa nieregularnie, a liczne jej zwały zalegają okolicę, jest to spiętrzona lawa (ryc. 145), albo też zastyga, przybierając nierówną powierzchnię, jaką widzimy na schnącem cieście, lub cemencie (lawa trzewiowa).

Rozmieszczenie geograficzne wulkanów. Liczba znanych czynnych wulkanów, czyli takich, które wybuchały w czasach historycznych, jest wcale znaczną (350—400). Przeważna ich część leży na wyspach (wulkany Europy), albo w nieznacznem oddaleniu od brzegów, a liczba

[1]) Tem tłumaczy się fakt, obserwowany na wulkanach Kamczatki, że lawa płynie po śniegu nie topiąc go prawie wcale, albo że drzewa nią otoczone, czasem nie giną.

wulkanów położonych zdala od mórz jest stosunkowo nieznaczną, np. wulkany Meksyku, południowej Ameryki [1]), środkowej Afryki i Mandżurji. Najwięcej wulkanów leży u brzegów oceanu Spokojnego, a w krajach podzwrotnikowych jest ich więcej, niż na północy.

Nie leżą też wulkany bezładnie, lecz zwyczajnie wzdłuż linij, nieraz krzyżujących się, które odpowiadają linjom tektonicznym, czyli linjom spękań w skorupie ziemi. Przykładem wulkany wysp Liparyjskich, które leżą, wedle Suessa, na trzech krzyżujących się linjach, odpowiadających tamtejszym linjom tektonicznym, a tenże sam związek zauważono u wulkanów Islandji, Japonji, wysp Sundajskich i innych. Gdzie równowaga skorupy ziemskiej uległa zaburzeniu, tam pojawiają się wulkaniczne objawy, w Karpatach np. nastąpiły po południowej stronie tego pasma górskiego (młode wulkaniczne skały północnych Węgier), gdyż nizina węgierska jest zapadniętym obszarem (por. str. 37). Położenie wul-



Ryc. 145. **Spiętrzona lawa Wezuwjusza;** wybuch w r. 1906. (Wedle fotografji).

kanów u brzegów morza pozostaje z tem w związku, że brzegi mórz odpowiadają często linjom załomowym, a więc są słabszemi miejscami w skorupie ziemskiej, a w takich, przy zaburzeniach równowagi mas skalnych, najłatwiej może się wydostać na powierzchnię magma pirosfery.

W nowszych czasach nie brak zapatrywań, że wulkany nie pozostają w żadnym związku ze szczelinami (Branco), ponieważ dla niektórych okolic nie zdołano go odszukać. Jakkolwiek, być może, w niejednym wypadku upatrywany związek między wulkanami, a linjami tektonicznemi nie jest istotnym, to przecież zaprzeczyć go w zupełności nie można.

Przyjmujemy powszechnie, że lawa i gazy wulkanów pochodzą z pirosfery, a więc z części ziemi, leżącej pod twardą skorupą. W najnow-

[1]) Oddalone od brzegów o 150—250 km.

szych czasach wystąpił Stübel ze zdaniem przeciwnem. Wedle niego, jest skorupa tak grubą, że prężność gazów jej żadną miarą rozsadzić nie może, lawa wulkanów nie pochodzi przeto z pirosfery, lecz z luźnych zbiorników magmy, znajdujących się w pirosferze (centra peryferyczne). Podczas dawnych wybuchów wulkanicznych, odbywających się jeszcze w czasach, gdy skorupa ziemi była słabszą, miały pozostać w litosferze nagromadzenia płynnej lawy leżące niezbyt głęboko, które zasilają wulkany. Jak każda teorja, ma też i ona swe dodatnie strony. Wyczerpanie się magmy w zbiorniku tłumaczy zamieranie czynności wulkanicznej niektórych okolic, jak Owernji; brak zależności między obokległemi wulkanami, z których czasem jedne okazują żywą czynność wulkaniczną, podczas gdy inne są w spoczynku, co czasem zauważono, dałoby się tą teorją łatwiej wytłumaczyć, gdyż takie wulkany miałyby oddzielne zbiorniki magmy.

Wulkany czynne i wygasłe. Wygasłemi nazywano zwykle takie wulkany, które nie wybuchały za pamięci ludzkiej, ale często niesłusznie, gdyż wulkan pozornie wygasły budzi się czasem do nowej czynności. Klasycznym przykładem jest Wezuwjusz, o którym, jak już wiemy, nie wiedziano wcale w czasach starożytnych, że jest wulkanem, aż do strasznego wybuchu w r. 79 po Chr. Wulkan Gunung-Gelungung na Jawie nie był czynny w czasach historycznych, krater jego wypełniony wodą, tworzył obszerne jezioro. W r. 1822 nastąpił straszny wybuch, podczas którego gorąca woda krateru, zmieszana z popiołem, zniszczyła zupełnie wszelką roślinność w promieniu 20 kilometrów; kilka tysięcy mieszkańców znalazło śmierć w strumieniach gorącego błota.

Za wulkany wygasłe możemy przeto uważać tylko takie, które ostatni raz były czynne w dawniejszych geologicznych okresach. Obecnie poznajemy jedynie po kształtach gór, w których wyróżnić można resztki kraterów, i po obecności law i popiołów dawniej wyrzucanych, że były tam wulkany. Typowym przykładem są wulkany Owernji we Francji, w których zachowały się bardzo dobrze kształty kraterów, lub wygasłe wulkany pól Flegrejskich koło Neapolu, które powstały przed Wezuwjuszem. W Polsce mamy tylko ślady bardzo starych wulkanów, czego dowodzą skały wybuchowe, jak andezyty koło Szczawnicy. Wulkany ulegają naogół łatwo zniszczeniu. Wody deszczowe żłobią w nich głębokie parowy z góry na dół idące, zwane barranco, stożek ulega zagładzie, a po nim pozostaje rozległa resztka krateru, jak gdyby wał półkolisty, zwany kalderą; oba objawy typowo wykształcone na wyspie Palma (ryc. 146). Czasem wypełnione wodą kratery tworzą jeziora, a jeżeli morze wdarło się głęboko w głąb dawnego krateru i zniszczyło go, powstają tego rodzaju resztki, jak dawnego wulkanu Santorin na morzu Egejskiem (ryc. 147). Wyspy Thera, Aspronisi i Therasia są resztkami dawnego wulkanu, który został zniszczony w czasach przedhistorycznych,

ale już za bytności człowieka; wysepki Palaea Kaymeni i Nea Kaymeni wytworzyły się w czasach historycznych podczas wybuchów podwodnych.

Czasem, gdy denudacja postąpi dalej, zostaje z wulkanu zupełnie usunięta powłoka popiołów i tufów, a zachowa się jedynie lawa wypełniająca wnętrze wulkanu, powstają więc strome góry, jak np. w St. Michel koło Puy w środkowej Francji.

Wulkany podmorskie. Jeżeli wybuchy nie odbywają się na lądzie stałym, ale na dnie mórz, mówimy o wulkanach podmorskich. Zapewne nie są ich wybuchy tak rzadkiem zjawiskiem, jak się powszechnie przypuszcza, lecz z reguły przemijają niespostrzeżenie. Czasem powstają wówczas nowe wyspy, jeżeli wyrzucony popiół i lawa usypią górę wystającą nad powierzchnię morza. O ile wytworzą ją zbite skały (lawa), opiera się wyspa niszczącemu działaniu morza i trwa czas dłuższy, o ile zaś utworzy ją luźny popiół, pochłania wyspę morze z łatwością. Etna powstała pierwotnie jako wulkan podmorski, który dopiero z biegiem czasu przez wyrzucony materjał skalny połączył się z Sycylją.

Ryc. 146. Kaldera i barranco na wyspie Palma.
(Wedle Hartunga, z Schaffera).

Na południe od niej zauważył dnia 28 czerwca 1831 r. angielski statek wstrząśnienie, jak gdyby był osiadł na mieliźnie, 8 lipca widziano tu słup wody wyrzucany w górę na wysokość 18 m., 12 lutego zauważono u wybrzeży Sycylji wielką ilość pływającego materjału wulkanicznego i ryb nieżywych, następnego już słup dymu; 18 lipca spostrzeżono wystającą na 4 m. ponad powierzchnię morza małą wysepkę z kraterem w środku, który wyrzucał gazy i popiół. Dnia 2 sierpnia zajęli Anglicy tę wyspę, której nadano aż 7 nazw (Pantellaria, Julja, Graham, Ferdinandea i t. p.). Przez wybuchy wulkaniczne powiększała się ona

ciągle, a wreszcie wynosił jej obwód nieco ponad 600 m., wysoką zaś była na 33 m. Nie trwała jednakowoż długo, ponieważ luźne kawałki skały nie mogły się oprzeć naciskowi fal. Już z końcem października zapadała się częściami, a z końcem roku tego nie było jej wcale. W ro-

Ryc. 147. **Grupa wysp Santorin** na morzu Egejskiem. (Z Neumayra).

ku 1863 nastąpił w tem miejscu nowy wybuch, okazała się znowu wyspa, ale, równie jak pierwsza, uległa szybko zniszczeniu.

Liczne podmorskie wybuchy następowały wśród wysp Azorskich, tworzyły się i tutaj wysepki, które wkrótce ginęły; w r. 1811 powstała mała wyspa Sabrina. Pomiędzy wyspami Aleuckiemi jest również wiele

wysp wulkanicznego pochodzenia, np. Joanna Bogusławska, która zaczęła się tworzyć w r. 1796 przez wybuch podmorskiego wulkanu.

INNE ZJAWISKA WULKANICZNE.

Zjawiska, które teraz poznamy, stanowią niejako najsłabszy objaw czynności wulkanicznej, dlatego też są w okolicach, w których wygasają wulkany, względnie chwilowo znajdują się w stanie spoczynku.

F u m a r o l a m i nazywamy miejsca wydzielające parę wodną, chlorowodór, w ogólności te gazy, które z wulkanu uchodzą. Płynące lawy wydzielają szczelinami gazy obficie, powstają więc i na nich fumarole. W okolicach zamierającej czynności wulkanicznej są liczne fumarole, np. na Nowej Zelandji, lub w Parku Narodowym Stanów Zjednoczonych.

S o l f a t a r y wydają, oprócz innych gazów, pary siarki i jej połączeń. Znaną jest solfatara koło Puzzuoli pod Neapolem, gdzie znajduje się krater dawnego wulkanu, który był ostatni raz czynny w r. 1198. Na dnie jego znajduje się kałuża, z której gazy siarkowe wydobywają się z szumem. Oziębione tworzą na ścianach krateru wykwity siarki i jej połączeń, dlatego też oddawna wydobywają tam siarkę. O wulkanach nieczynnych, które tylko gazy wydzielają, mówimy, że znajdują się w stadjum solfatary.

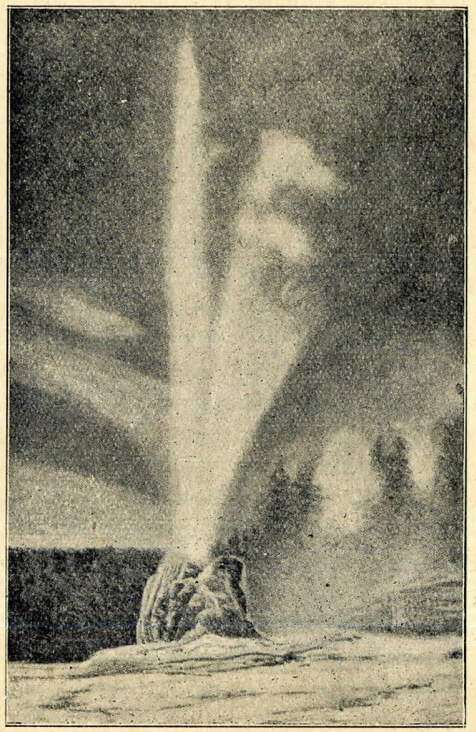
M o f e t y wydzielają bezwodnik węglowy; najwięcej znaną jest zwana „Psią Grotą" na polach Flegrejskich koło Neapolu. Ze szczeliny znajdującej się w pieczarze, wydziela się tam ten gaz, który, jako cięższy od powietrza, wypełnia najniższą jej część, dlatego też duszą się w niej zwierzęta trzymające pysk przy ziemi, np. psy. Na Jawie, w kraterze dawnego wulkanu, leży „Dolina Śmierci" wypełniona bezwodnikiem węglowym; trupy zwierząt leżą tam wśród bujnej roślinności, której dogadza obfitość tego gazu. Mofety można uważać za najpóźniejsze ślady czynności wulkanicznej, dlatego też są częste w pobliżu starych, od dawnych czasów nieczynnych już wulkanów, np. w Owernji we Francji, lub w górach Eifel w Niemczech.

Bezwodnik węglowy wydobywa się nieraz z wodą źródlaną dając szczawy, których obecność charakteryzuje często stare, wulkaniczne obszary.

G e j z e r y są źródłami gorącej wody, które ją wyrzucają w regularnych odstępach czasu. Woda ich zawiera wiele rozpuszczonej krzemionki, która osadza się naokoło otworu, wskutek czego powstaje zwykle mały stożek z zagłębieniem wewnątrz, nakształt krateru. Z odpływającej wody wydzielona krzemionka tworzy często baseny, jak gdyby z białego, lub różowego marmuru wykute, w których błyszczy woda zielonawym, lub modrawym kolorem, gejzery należą przeto do najpiękniejszych tworów przyrody.

Gorąca woda krateru znajduje się z reguły w spoczynku, lecz bańki pary wydobywają się coraz częściej, zaczyna się wreszcie kłębić i nagle zostaje wyrzuconą w górę nakształt wodotrysku wysokiego na kilkanaście, lub kilkadziesiąt metrów, który naprzemian wznosi się i opada. Całe zjawisko trwa krótko, po kilku minutach uspokaja się gejzer, krater nie ma teraz wody, lecz powoli się nią wypełnia.

Gejzery znajdują się w większej ilości na Islandji, Nowej Zelandji i w Ameryce Północnej. Na Islandji poznano je najpierw i stąd też pochodzi nazwa dla nich użyta. Największy z nich, Wielki Gejzer, wybucha raz na dobę, wyrzucając wodę na wysokość 30 metrów.

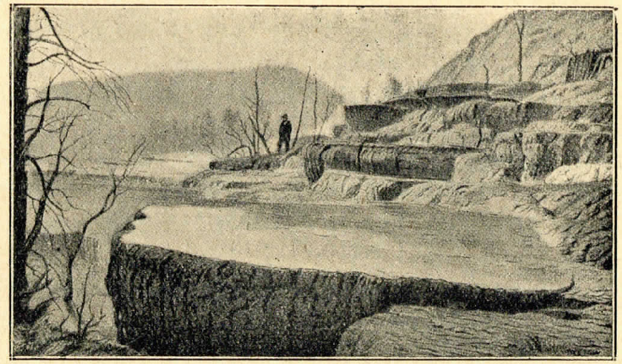


Ryc. 148. **Wybuch gejzeru w Parku Narod. Ameryki Półn.** (Z «Zarysu geologji» autora).

Północna część Nowej Zelandji miała gejzery nad jeziorem Rotomahana (największy Tetarata), które wytworzyły piękne nacieki. Gwałtowne trzęsienie ziemi w roku 1886 zniszczyło je zupełnie, natomiast w r. 1900 wytworzył się nowy gejzer Waimangu, który ma wyrzucać wodę do wysokości 400 metrów.

Największe i najlepiej poznane są w Ameryce Północnej w t. zw. Parku Narodowym (ryc. 148). W tej typowo wulkanicznej okolicy, chociaż czynnych wulkanów tu brak, znajduje się więcej jak sto gejzerów, nadto liczne źródła gorące. Przeważnie mają gejzery kratery krzemionkowe śnieżnobiałej, lub różowej barwy, które powiększają czarujący widok całego zjawiska, chociaż w niektórych (Monarch) wydobywa się woda szczeliną wprost ze skały. Gejzer, zwany olbrzymem (Giant) wybucha co 6 dni, a czas trwania wybuchu wynosi 90 minut, słup zaś wody zostaje wyrzucony na wysokość 80 metrów. Gejzer Old Faithful wybucha co 65 minut, inne mniejsze w jeszcze krótszych odstępach czasu, przyczem naturalnie małe gejzery wyrzucają mniejsze strugi wody. W każdym razie jest godną uwagi perjodyczność ich wybuchów, chociaż zdarzają się także opóźnienia, lub przyśpieszenia.

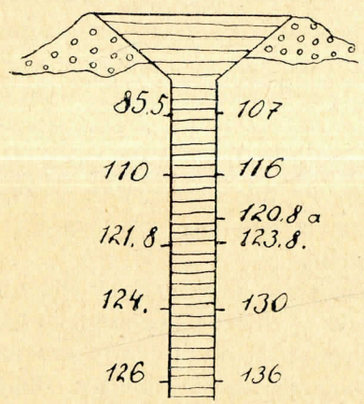
Nacieki gejzerów są zwykle krzemionkowe, ale bywają także wapienne, np. Mamutowych źródeł gorących (Mammoth Hot Springs), znajdujących się również w Parku Narodowym, które tworzą szereg teras, wznoszących się coraz wyżej, a wypełnionych wodą gorącą (ryc. 149).



Ryc. 149. **Terasy wapienne Mamutowych źródeł Ameryki Północnej.** (Z podr. geologji Touli).

Dawniej porównywano gejzery z banią Herona, w której zgęszczone powietrze wyrzuca wodę. Przypuszczano, że każdy gejzer jest w związku z obszerną pieczarą, w której nad gorącą wodą gromadzi się para, a skoro ta osiągnie znaczną prężność, wywiera nacisk na wodę w zbiorniku i ją wyrzuca. Później, na podstawie badań nad gejzerami Islandji, przedstawili Bunzen i Descloizeaux inną teorję, opierającą się na następujących faktach.

Od krateru gejzeru prowadzi w głąb przewód zwyczajnie zakrzywiony, często rozszerzający się ku dołowi, a ku górze zwężony. Ciepłota wody w gejzerze zwiększa się z głębokością, ale zawsze jest nieco niższą od temperatury wrzenia, ponieważ ta, ze względu na znaczne ciśnienie wierzchnich warstw wody, musi być wyższą, niż normalna. Zauważono nadto, że temperatura wody w gejzerze podnosi się przed wybuchem, dochodząc np. do 127°C, a po wybuchu opada.



Ryc. 150. **Schematyczny przekrój gejzeru.** Liczby po stronie lewej oznaczają mierzone temperatury, po stronie prawej—temperatury wrzenia, odpowiadające ciśnieniu. (Wedle Bunsena).

Przez napływ gorącej wody osiąga z biegiem czasu woda w dolnej części rury (w a na ryc. 150) temperaturę wrzenia i tworzy bańki pary, które, podnosząc słup wody, uchodzą w górę. W tej chwili zmniejsza się nacisk na wodę w rurze, wskutek czego ona, jako przegrzana, zaczyna wrzeć gwałtownie i przez to powoduje wybuch, który opróżnia krater i przewód do niego prowadzący. Ponieważ u tego samego gejzeru kształt jego i wymiary rury są te same, a nadto ponieważ tę samą temperaturę musi osiągnąć w niej woda, aby wrzenie nastąpić mogło, przeto wybuchy gejzeru odbywają się tak prawidłowo. W ogólności są one zjawiskiem

przejściowem; po upływie pewnego czasu przestają wyrzucać wodę i przechodzą w źródła gorące.

Zarówno gejzery, jak też źródła gorące (por. str. 45) są częste w okolicach wulkanicznych; razem z solfatarami i fumarolami są śladami wygasającej wulkanicznej czynności. Źródła gorące i mofety zajmują wśród tych objawów ostatnie miejsce, gdyż są jeszcze wtedy, gdy czynność solfatar i fumarol już dawno zamarła.

PRZYCZYNY WYBUCHU WULKANÓW.

Już od czasów Humboldta uważała większa część geologów pirosferę za źródło wulkanizmu, chociaż nie brakło zapatrywań odmiennych. Werner i jego zwolennicy (neptuniści) upatrywali przyczynę w lokalnych pożarach, np. wśród pokładów węgla. Mallet sądził, że podczas kurczenia się ziemi ulegają naciskające na siebie masy skalne zmiażdżeniu, przyczem ogrzewają się tak dalece, że zamieniają się w płynną lawę.

Jakkolwiek obecnie przyjmują wszyscy geologowie, że lawa pochodzi z pirosfery, chociaż zapewne nie z głębszych jej części, lecz z centrów obwodowych, to przecież różnią się w uznaniu przyczyny, która magmę wyrzuca nazewnątrz. Niektórzy (Stübel) przypuszczają, że magma stygnąc rozszerza się gwałtownie, a nacisk, jaki przytem wywiera, wyrzuca lawę otworami wulkanów. Zapatrywanie to nie ma jednakowoż uzasadnienia, ponieważ doświadczenia wykazały, że skały lawę tworzące zmniejszają swą objętość stygnąc, a nie zwiększają.

Spostrzeżenie, że wulkany znajdują się przeważnie nad brzegami mórz, było przyczyną przypuszczenia, że woda morska dostaje się szczelinami do magmy i tutaj zamieniona w parę jest głównym bodźcem wulkanicznego wybuchu. W ten sposób upatrywany związek między wulkanami a wodą morską nie jest jednakowoż istotny, gdyż gazy wydzielane przez nie nie zawierają niektórych istotnych składników wody morskiej, jak jodu i bromu, nie mówiąc już o tem, że w myśl zapatrywań Bruna (str. 135) byłaby para wodna wydzielana przez wulkany wtórnego pochodzenia, a nie pierwotnie w magmie zawarta.

Wedle Suessa i jego szkoły prawdopodobną przyczyną wybuchu wulkanów jest nacisk zapadających mas skalnych na pirosferę. Przez oziębianie kurczy się ona, litosfera dostosowując się do niej wywiera na nacisk na pirosferę i wtłacza w szczeliny w skorupie ziemi istniejące. Gazy w magmie zawarte rozszerzają szczelinę, a gdy zdołają wydobyć się na powierzchnię, zmniejszają nacisk na stężałą magmę, która przechodzi w płyn i w tym stanie z łatwością jako lawa nazewnątrz wydobyć się może. Większa, lub mniejsza zawartość gazów reguluje przytem przebieg wulkanicznego wybuchu, jak to już poprzednio poznaliśmy.

Zdaje się jednakowoż, że nie doceniano działania samej magmy. Wiemy, że gazy w niej zawarte mogą przestrzelić wyżej leżące części

pirosfery, a wtedy za niemi wydobędzie się lawa (maary str. 139). Jeżeliby wedle Stübla magma wulkanów nie pochodziła z pirosfery, lecz z centrów obwodowych, wtedy łatwiej z głębi wydobyćby się mogła. W każdym razie przyczyną wybuchu wulkanów są zaburzenia w równowadze mas skalnych, a obszary wulkaniczne są równocześnie obszarami, na których zakłócona równowaga dąży do wyrównania.

Na zakończenie dodamy jeszcze, że objawy wulkaniczne nie są jedynie ziemi naszej właściwe, lecz odbywają się w całym wszechświecie. Protuberancje słońca są wybuchami olbrzymiej ilości gazów, powierzchnia księżyca ma cały szereg kraterowych zaklęsłości, które powstały po utworzeniu się skorupy na tej planecie. Meteoryty i małe planety, planetoidami zwane, są resztkami ciał niebieskich, które pękły podczas eksplozywnych wybuchów. Na ziemi zmieniał się kolejno przebieg wulkanicznych objawów; gdy skorupa była nieznacznej grubości, odbywały się wybuchy spokojnie w podobny sposób, jak u wulkanów na wyspach Sandwichskich, gdy grubość skorupy wzmagała się, stawały się rzadsze, przybierając jednakowoż bardziej wybuchowy charakter, który też zapewne w przyszłości przeważać będzie.

TRZĘSIENIA ZIEMI.

Trzęsieniem ziemi nazywamy drgania jej skorupy, których przyczyna leży w nieco głębszych warstwach litosfery. Z tej też przyczyny nie należą tu drgania spowodowane ruchem ulicznym (koleje, wozy ciężarowe), rozsadzaniem ruin podziemnych, zapadaniem się pieczar, chociaż ostatnie pod nazwą trzęsień zapadowych bywają opisywane.

Trzęsienia ziemi należą do najstraszniejszych w skutkach zjawisk przyrody, gdyż powodują w kilku nieraz sekundach zagładę wspaniałych miast i śmierć wielu tysięcy mieszkańców. Człowiek, jak mówi Humboldt, przyzwyczaił się od dzieciństwa uważać skorupę ziemi za coś stałego i niewzruszonego; jeżeli ziemia drży i faluje, a domy walą się w gruzy, wówczas przejmuje człowieka strach nagły, ponieważ przekonywa się, jak mylne były jego rachuby i jak niebacznie zaufał gruntowi, po którym stąpał.

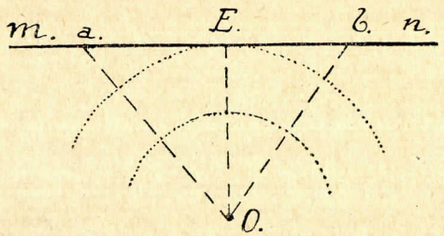
Nie są w ogólności trzęsienia ziemi tak rzadkiem zjawiskiem jak powszechnie przypuszczają, rzadszemi są tylko te z nich, które zmysłami zauważyć można. Najwięcej jest jednakowoż takich, których w ogólności odczuć nie możemy, a które zdołają rozpoznać dopiero nader czułe przyrządy, zwane sejsmometrami [1]). Pierwsze trzęsienia nazywamy makrosejsmicznemi [2]), drugie zaś mikrosejsmicznemi [3]).

---

[1]) Nazwa z języka greckiego: seismos—drganie i metron—miara.
[2]) „ „ „ „ „ i makros—wielki.
[3]) „ „ „ „ „ i mikros—mały.

Rzadko kiedy tworzy to zjawisko tylko kilka wstrząśnień, zwyczajnie następuje ich cały szereg po sobie. Rozpoczynają słabe, po nich są główne, powodujące katastrofę, a wreszcie następuje cały szereg słabych, końcowych drgań. Miasto Caracas w Wenezueli zostało razem z okolicą zniszczone 6 marca 1812 r. przez trzy uderzenia, z których najdłuższe trwało tylko 3—4 sekund, natomiast podczas trzęsienia na wyspie Hawai w r. 1868 naliczono w jednym miesiącu przeszło 2.000 uderzeń, przyczem nie uwzględniono wcale słabszych, a w Focydzie w Grecji naliczył Schmidt podczas trzęsienia, które rozpoczęło się 31 lipca 1870 r., a trwało $3^1/_2$ lat, aż 300 silnych, około 50.000 słabszych uderzeń, drgań zaś ziemi do 700.000. Wedle obliczeń nawiedza ziemię przeciętnie co roku około 3830 wstrząśnień, a więc mniej więcej jedno co 3 godziny; możemy przeto śmiało powiedzieć, że skorupa ziemi drga ustawicznie.

Przebieg trzęsień ziemi. Drganie spowodowane trzęsieniem rozpoczyna się w miejscu, które nazywamy ogniskiem (hypocentrum), a stąd rozchodzi się falisto dokoła jako dwojakie drgania; podłużne i poprzeczne. Rozszerzając się po litosferze dochodzą te drgania do powierzchni ziemi najpierw w miejscu najbliższem, zwanem epicentrum (ryc. 151), skąd biorą początek nowe fale poprzeczne (fale powierzchniowe), rozchodzące się po powierzchni ziemi. Ruchy faliste spowodowane trzęsieniem ziemi są więc wcale zawiłe, a zbadanie ich nie jest wcale ukończonem [1]).



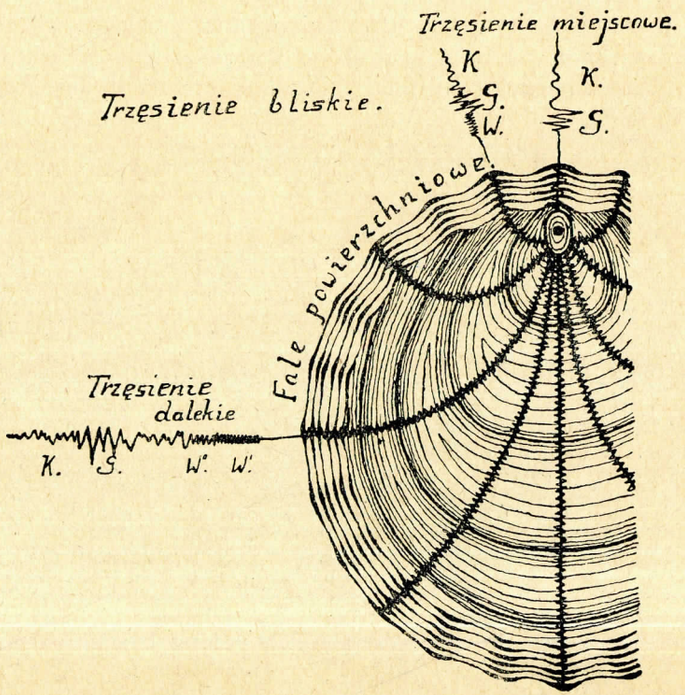
Ryc. 151. **Schemat rozchodzenia się trzęsień ziemi.** O — ognisko, E — epicentrum, m n — powierzchnia ziemi, a b — punkty równocześnie uderzone.

Od epicentrum rozchodzi się drganie dokoła, obejmując coraz większy obszar. W tym samym czasie zaczynają drgać coraz dalsze punkta powierzchni, które leżą na linjach kołowych, jeżeli nie ulega zmianie materjał skalny obszaru drgającego, w przeciwnym zaś wypadku mają owe linje przebieg nieregularny. Nazywamy homosejstami [2]) linje, łączące punkta, które ulegają drganiom w tym samym czasie i zaznaczamy je na mapach przedstawiających przebieg trzęsień. W nowszych czasach zwrócono uwagę, że środowisko nie może być jednorodnem ze względu na różne ciśnienie w różnych oddaleniach od ogniska i że z tej przyczyny mają wewnątrz ziemi homosejsty kształt linij krzywych silniej wypukłych ku środkowi ziemi, również nie są promienie sejsmiczne linjami prostemi, lecz krzywemi (ryc. 152).

[1]) Por. w tej mierze: Rudzki: Fizyka ziemi. Kraków 1909, str. 133—174.

[2]) Nazwa z języka greckiego: homos—równy i seismos—drganie.

W epicentrum następują uderzenia w kierunku pionowym od dołu, im dalej od niego, tem więcej skośnie. Dawniej nazywano pierwsze drgania podrzutowemi (sukkussorycznemi), dalsze zaś falistemi, chociaż są to uderzenia te same, lecz objawiające się w różny sposób, zależnie od kąta uderzenia. Podrzutowe drgania sprowadzają największe katastrofy. Podczas trzęsienia ziemi w Kalabrji w r. 1783 zostały niektóre domy podrzucone w górę, a spadając rozpadły się w gruzy, w Riobamba w Ekwadorze w r. 1797 zostały trupy wyrzucone na wzgórek przeszło sto metrów wysoki, a w r. 1837 w Chile został wyrzucony do góry maszt wbity silnie w ziemię i przymocowany żelaznemi linami. Drgania faliste są nieraz tak silne, że ziemia faluje w ścisłem tego słowa znaczeniu. Podczas trzęsienia w Assamie (2 czerwca 1897 r.) widziano fale, które miały wysokość jednego metra, a długość kilkanaście razy większą. Podczas trzęsienia ziemi w Missouri (1811 r.) chwiały się lasy, jak łany żyta przeginane wiatrem, a w Battang w Chinach falowała w r. 1878 ziemia zrazu jak morze spokojne, a następnie jak faluje wzburzony ocean.



Ryc. 152. **Schemat rozchodzenia się fal sejsmicznych.** W—drgania wstępne, G—główne, K—końcowe. (Wedle Sieberga).

Skutki trzęsień. Silne trzęsienia sprawiają nieraz straszne spustoszenia, zwłaszcza jeżeli dotkną ludne miasta, gdzie walące się budynki powodują śmierć wielu tysięcy mieszkańców, a większe jeszcze rozmiary przybierze katastrofa, jeżeli nastąpi w nocy, kiedy we śnie pogrążona ludność nie może się ratować ucieczką. Podczas trzęsienia ziemi w Kalabrji w r. 1783 miało zginąć 30.000 ludzi, w Lizbonie w r. 1755 przeszło 60.000, w Japonji zostało w r. 1703 zupełnie zniszczone miasto

Tokio, około 150.000 mieszkańców znalazło śmierć pod gruzami; ilość ofiar podczas trzęsienia ziemi w Messynie 28 grudnia 1908 r. przenosiła 200.000. Te cyfry są najlepszym dowodem, jak zgubnemi stają się czasem dla człowieka siły przyrody, których on zmienić nie może, lecz tylko pełen zgrozy podziwiać.

Rozpatrzymy skutki trzęsień ziemi nieco dokładniej. Uderzenia pionowe podrzucają budynki w górę, które spadając walą się w gruzy, niezbyt gwałtowne unoszą tylko dach w górę, który opada z powrotem, co można stwierdzić na rysach i pęknięciach biegnących pod dachem. Działanie uderzeń ukośnych zależy od ich kierunku, równoległe z osią budynku sprawiają małe zniszczenia, niezgodnie zaś z nią biegnące — większe. Czasem zauważono skręcenie słupów i budowli; przypisywano je osobnemu rodzajowi trzęsień, które nazywano obrotowemi (rotacyjne-

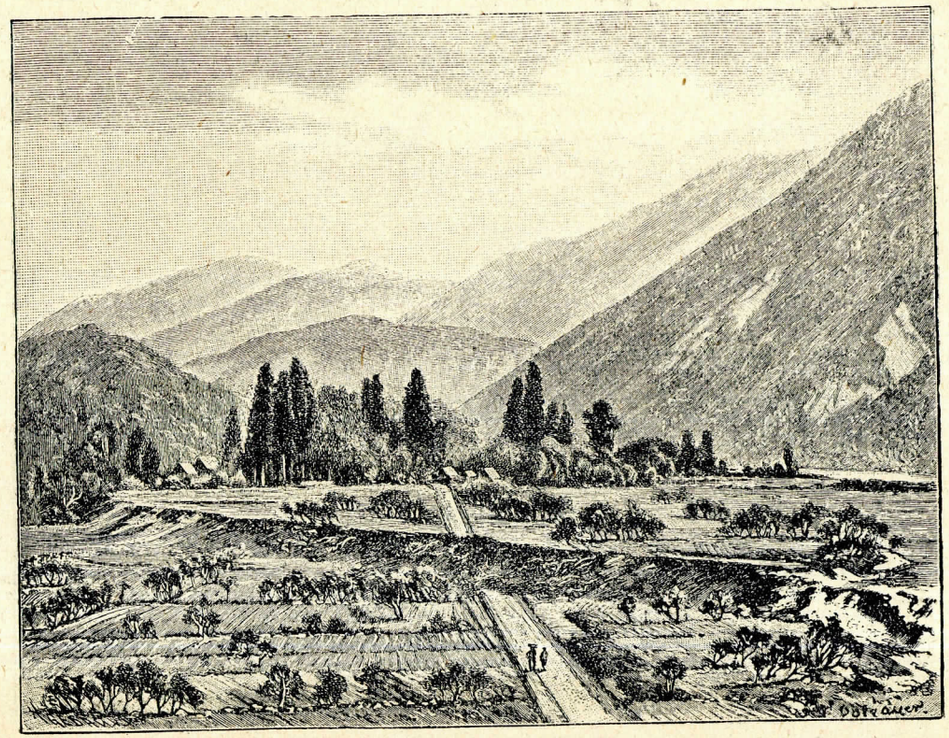
Ryc. 153. **Szczelina powstała podczas trzęsienia w Kalabrji** w r. 1783. (Z Neumayra).

mi), lecz przekonano się, że takie działanie jest prawdopodobnie wynikiem skośnego uderzenia, jeżeli ciała nie są dokładnie podparte w środku ciężkości.

Innem częstem zjawiskiem jest tworzenie się szczelin (ryc. 153). W Riobamba powstawały w r. 1797 szczeliny, które naprzemian otwierały się i zamykały. Zwyczajnie biegną równolegle do siebie, czasem rozchodzą się promienisto od jednego punktu, w którym powstają nieraz zagłębienia, jak gdyby małe kratery, wyrzucające wodę, błoto, lub piasek. Wzdłuż szczelin następują też pionowe przesunięcia, wskutek czego część po jednej stronie leżąca zostaje wydźwigniętą, względnie też druga opada. Podczas trzęsienia ziemi w Lokrydzie w r. 1894 powstała szczelina długości 35 km., biegnąca równolegle z brzegiem morza, a pio-

nowe przesunięcia wzdłuż niej dochodziły dwu metrów. Podczas katastrofy w r. 1755 miała się zapaść w Lizbonie nadbrzeżna tama, na którą schronili się mieszkańcy, w tem miejscu powstała głębia dochodząca 150 metrów. Czasem podwyższa się teren; w styczniu r. 1855 został port Nipon w Japonji tak dalece podniesiony, że nie był już przydatny do użytku, a podczas trzęsienia w Chile w 24 maja r. 1870 stał się port Conception lądem stałym.

Oprócz pionowych, znane są także przesunięcia poziome. Podczas trzęsienia ziemi w San Francisco w r. 1906 powstała 300 km. długa szcze-

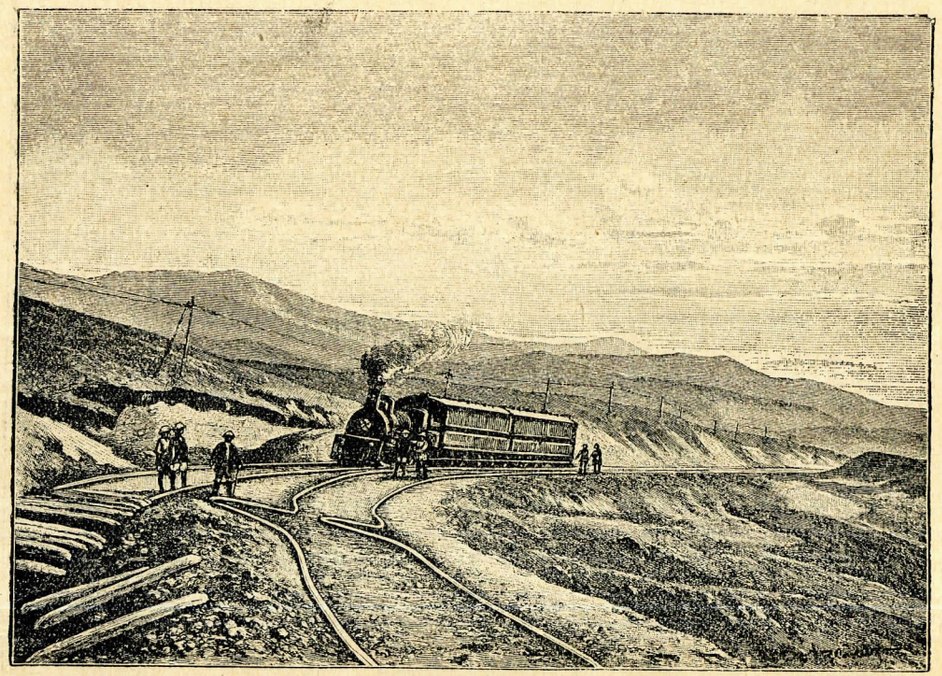


Ryc. 154. **Przesunięcie pionowe i poziome wzdłuż szczeliny w Midori w Japonji.** (Z Neumayra).

lina, odpowiadająca tamtejszym linjom spękań; cała połać leżąca ku SW od szczeliny przesunęła się względem leżącej ku NE w kierunku ku NW, wielkość przesunięcia wynosiła 3 m., wyjątkowo do 6 m., oprócz tego można było zauważyć nieznaczne pionowe przesunięcie. Wskutek tych ruchów zostało przy szczelinie wszystko przerywane, a więc rzeki, drogi, rowy, mosty i groble, a rozerwane części względem siebie przesunięte. Podczas trzęsienia ziemi w Japonji w r. 1891 powstała szczelina długości 112 km., wzdłuż której opadł obszar leżący ku północnemu wscho-

dowi o 2·5 do 6 m., czemu towarzyszyło także poziome przesunięcie ku NW, widoczne dobrze zwłaszcza koło Midori, gdzie szczelina przecięła gościniec (ryc. 154). Podczas trzęsienia w Beludżystanie 20 grudnia 1892 r. zostały wygięte szyny linji kolejowej, poziome przesunięcie jest więc tutaj łatwo widoczne (ryc. 155).

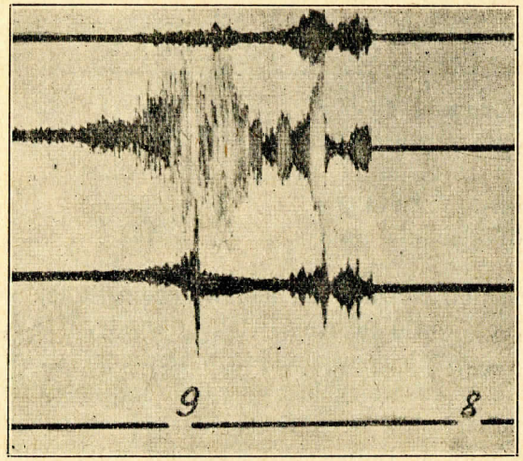
Sejsmometry, głębokość ogniska. Do badań trzęsień ziemi używamy przyrządów, zwanych sejsmometrami, które mierzą kierunek drgań, ich siłę i czas trwania. Obecnie używane są wahadłami pionowemi, albo częściej poziomemi, których drgający koniec, opatrzony rylcem, kreśli



Ryc. 155. **Szyny kolejowe wygięte podczas trzęsienia ziemi w Beludżystanie** w r. 1892. (Z Neumayra).

znaki na przesuwającym się papierze. Jeżeli niema trzęsień, jest znak ten linją prostą, w razie drgania — linją zygzakowatą o odchyleniach mniejszych, lub większych, zależnie od siły trzęsienia (ryc. 156 i 157). Sejsmometr jest w połączeniu z zegarem, który albo zostaje w ruch wprawiony w chwili rozpoczęcia się drgań, albo też zastanowiony w ruchu, dlatego też możemy podać początek trzęsienia.

Krzywe, które kreślą sejsmometry, nazywamy sejsmogramami. Blisko epicentrum przedstawia sejsmogram silne wychylenia głównej fali,

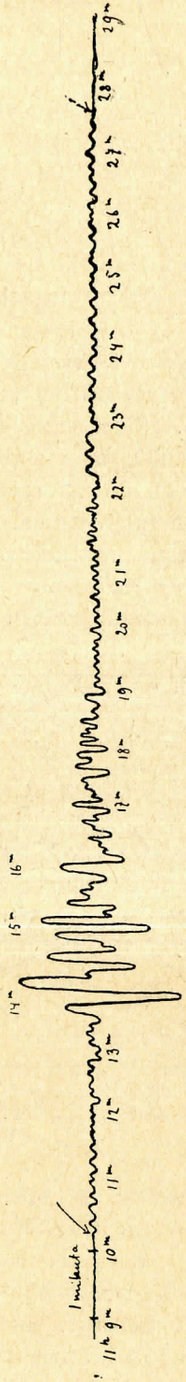


Ryc. 157. **Seismogram lwowski dalekiego trzęsienia z 9 sierpnia 1901 r.** Najniższa linja podaje czas, przerwa oznacza godzinę. (Wedle Łozińskiego).

poczem następują małe, wygasające fale. Na dalekich stacjach jest nieco inaczej. Wiemy już, że z ogniska rozchodzą się dwojakie fale: podłużne i poprzeczne, a od epicentrum nadto poprzecznie drgające fale powierzchniowe. Prędkość pierwszych jest dwa razy większą od ostatnich, dlatego też dadzą się najpierw odczuć na dalekich stacjach słabe drgania wychodzące z ogniska (drgania wstępne [1]), a potem dopiero następuje główna faza, odpowiadająca fali powierzchniowej, a po niej słabe drgania zanikającego trzęsienia (ryc. 152).

Sejsmogram pozwala nam więc wnioskować na odległość danej stacji od ogniska, a przy pomocy pewnych wzorów zdołano, chociaż w przybliżeniu, oznaczyć jego głębokość, a więc odległość od epicentrum. Metody do tego celu służące były rozmaite, a ze wszystkich obliczeń wynika, że ognisko trzęsienia nie leży w bardzo wielkiej głębokości, w każdym razie w samej litosferze. Dla przykładu podajemy kilka obliczeń:

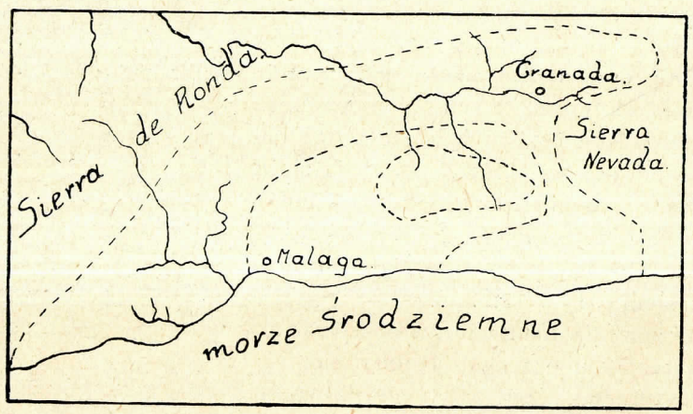
[1]) Wyróżniamy dwojakie drgania wstępne, odpowiadające drganiom podłużnym i poprzecznym, z nich pierwsze mają prędkość większą.



Ryc. 156. **Sejsmogram krakowski trzęsienia w pobliżu góry Athos.** (Wedle Rudzkiego).

trzęsienie ziemi	głębokość ogniska w km.
w Messynie 28 grudnia 1908 r.	4·5 – 11
„ Japonji 28 października 1891 r.	7—15·6
„ San Francisco 18 kwietnia 1906 r.	16·5 – 32·4
„ Lublanie 14 kwietnia 1895 r.	60
„ Charleston 31 sierpnia 1886 r.	102

Obszar trzęsień ziemi, ich zależność od budowy geologicznej. Obszar, objęty trzęsieniem ziemi, jest wcale znaczny, większy wtedy, gdy ognisko leży w większej głębokości i gdy siła trzęsienia jest większa; wyjątkowo mierzy tylko kilka kilometrów kwadratowych, zwyczajnie jest znacznie większy. Silne trzęsienie w Charleston w r. 1886 odczuto na powierzchni 800.000, a wielkie trzęsienie w Indjach Wschodnich w r. 1897 nawet trzech do czterech miljonów kilometrów kwadratowych. Największy obszar zajęło trzęsienie w Lizbonie w r. 1755; zniszczyło ono nie tylko to miasto, ale także część miasta Oporto i inne miasta Portugalji, obaliło mury Kadyksu, a nawet zamieniło w gruzy kilka miast w Maroku. Dało się odczuć w Anglji, Norwegji i w Czechach, a poruszone fale oceanu zauważono nawet w Ameryce; wielkość obszaru niem objętego oceniano na $^1/_{13}$ powierzchni ziemi.

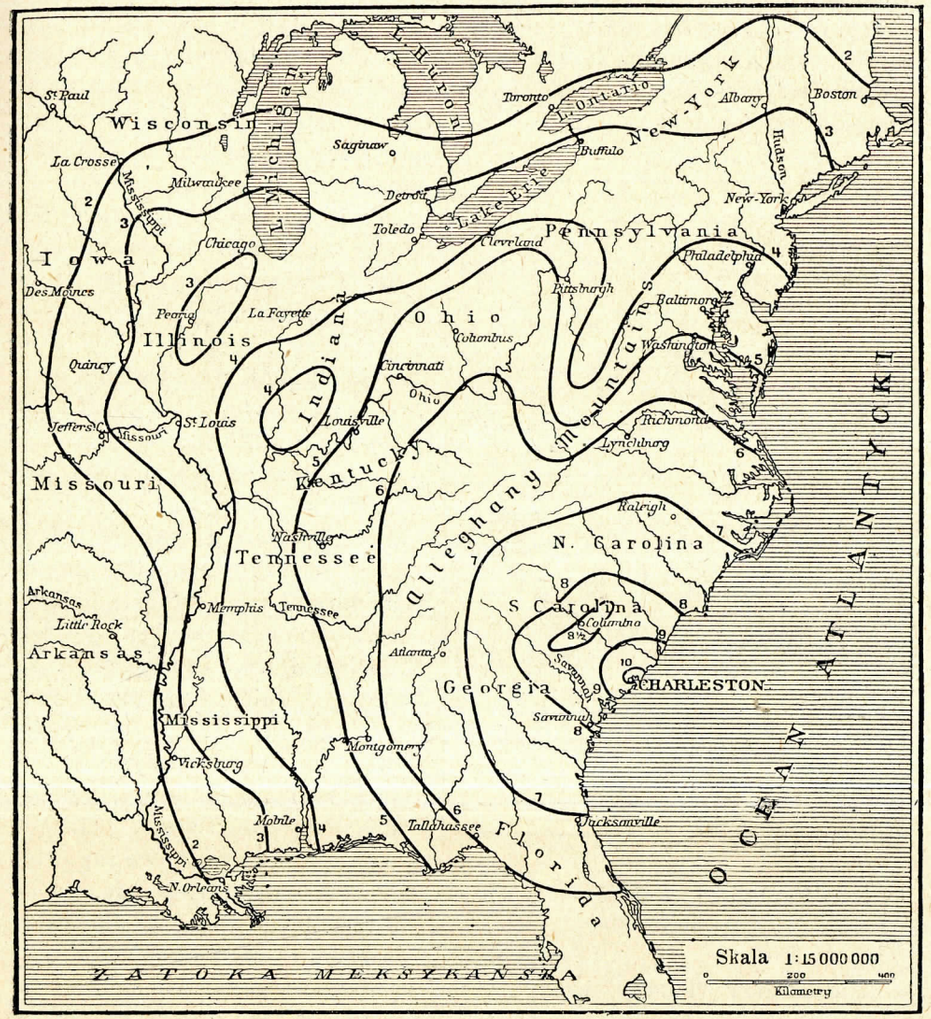


Ryc. 158. **Mapka trzęsienia andaluzyjskiego** z r. 1884. (Wedle Fouqué'a, z Kaysera).

Kształt powierzchni objętej trzęsieniem zależy od ogniska i od geologicznej budowy. W rzadkich wypadkach jest ognisko zbliżonem do punktu, a wtedy są homosejsty koliste, przeważnie mają kształt owalny, albo wogóle nieregularny.

Na mapach trzęsień występuje wyraźnie ich zależność od budowy geologicznej okolicy. Mapy te kreślimy zaznaczając przebieg homosejst, albo izosejst, czyli krzywych łączących punkta równosilnie uderzone. Na ryc. 158, która przedstawia nam przebieg andaluzyjskiego trzęsienia, widać wyraźnie, że masywy starych gór Sierra Nevada i Sierra de Ronda

powstrzymały bieg fal sejsmicznych, w podobny też sposób osłabiło pasmo Apalachów (ryc. 159) sejsmiczne fale, z których tylko słabsze dostały się na obszar przez nie zajęty. Jeżeli uwzględnimy, że pasma górskie okolone są często linjami pęknięć (linje dyslokacyjne), zrozumiemy,

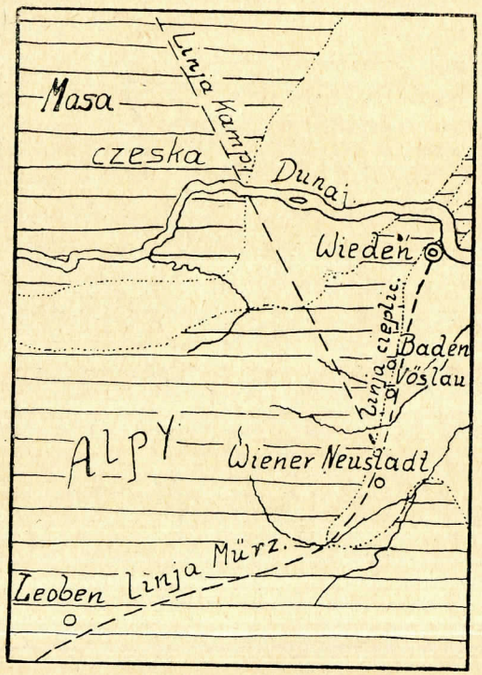


Ryc. 159. **Izosejsty trzęsienia ziemi w Charleston z r. 1886.** Liczby przy izosejstach oznaczają siłę uderzeń wedle skali Rossi'ego i Forela. (Z Neumayra).

dlaczego trzęsienia nie mogą dojść do nich, względnie, dlaczego dochodzą silnie osłabione.

Z doświadczeń wykonanych wynika, że drgania rozchodzą się szybciej w skałach zwięzłych, zwolna natomiast w małospójnych, dlatego też

wygasają łatwo na obszarach zajętych przez żwirowiska, gliny, lub piaski miąższości znacznej. Naodwrót zauważono wielokrotnie, że trzęsienia nie były tak gwałtowne w miejscach, gdzie domy stały na litej skale, jak tam, gdzie zbudowano je na piaskach, lub glinach miąższości nieznacznej, leżących na twardej skale. Podczas trzęsienia ziemi w Lizbonie w r. 1755 ocalały domy budowane na wapieniach i bazaltach, natomiast zostały zniszczone leżące na trzeciorzędowych luźnych warstwach. Zrozumiemy ten objaw, ponieważ przy przejściu drgań ze skały zwięzłej do wierzchniego, luźnego materjału zostają jego części silnie w górę podrzucone w podobny sposób, jak ziarnka piasku na płycie metalowej, którą wprawiliśmy w drganie. Zauważono także, że trzęsienia są silniejsze na powierzchni ziemi, niż w pewnej głębokości; nieraz nie odczuto w kopalniach drgań wcale, chociaż na powierzchni ziemi były bardzo gwałtowne.



Ryc. 160. **Mapka trzęsień ziemi okolicy Wiednia.** (Wedle Suessa).

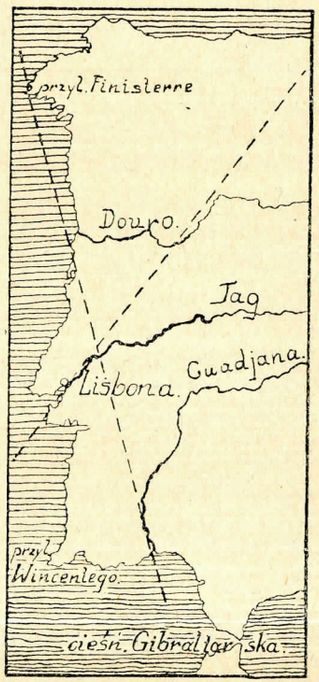
Oddawna starano się poznać po pewnych zjawiskach zbliżające się trzęsienie. Szukano związku pomiędzy niemi a porami roku, stanem księżyca i barometru, ale bez większego rezultatu. Sprawdzono, że często mętnieją wody przed trzęsieniem, lub źródła bić przestają, że niektóre zwierzęta żyjące w ziemi, jak krety, wychodzą na powierzchnię, jednakowoż nie są to właściwe zapowiedzi, lecz skutki trzęsienia, niedostrzegalnego jeszcze dla człowieka.

Niektórzy (Perrey) przypuszczali zależność trzęsień od stanowiska ziemi względem księżyca i słońca, wychodząc z tego założenia, że te ciała działają w podobny sposób przyciągająco na pirosferę, jak na wody oceanów, powodując ich przypływ i odpływ. Już przedtem upatrywał Falb przyczynę wybuchu wulkanów w przyciąganiu pirosfery przez księżyc, jednakowoż obserwacje i dane statystyczne nie przemawiają tem więcej za prawdziwością tego przypuszczenia, że źródło trzęsień nie leży w pirosferze, lecz w wyższych partjach litosfery. Zauważono także zależność od ciśnienia barometrycznego, podczas niższego stanu są bowiem

częstsze trzęsienia, chociaż przyczyny tej zależności narazie wytłumaczyć nie możemy.

Zdołano natomiast rozpoznać związek między trzęsieniami a obecnością młodych ruchów górotwórczych. Jest to zasługą E. Suessa, że zwrócił uwagę na to, iż trzęsienia ziemi zdarzają się na obszarach nawiedzonych linjami spękań. Dla okolicy Wiednia wyznaczył on trzy linje: linję cieplic, Mürz i Kampu, wzdłuż których nierzadko występują trzęsienia ziemi (ryc. 160); na pierwszej z nich leżą cieplice Badenu i Vöslau, miejsce przecięcia się tych trzech linij koło Wiener-Neustadt odpowiada obszernej zapadłości alpejskiej i tutaj są też trzęsienia najczęstsze. Dla Portugalji stwierdzono obecność dwu linij seismicznych, na jednej z nich leży Lizbona, często nawiedzana trzęsieniami (ryc. 161). Poprzednio mówiliśmy, że trzęsieniu w San Francisco z r. 1906 towarzyszyło powstanie długiej szczeliny, która odpowiada tamtejszym linjom tektonicznym.

Jeżelibyśmy oznaczyli na mapie obszary zajęte przez najmłodsze góry pasmowe, także te, które trzęsienia ziemi nawiedzają najczęściej, zauważylibyśmy, że te obszary prawie zupełnie się nakrywają, musi więc istnieć związek pomiędzy trzęsieniami a tworzeniem się gór, o czem będzie jeszcze mowa. Obszary zajęte przez stare górotwory, niewyruszone ze swego położenia, jak tarcza bałtycka, wschodnia Syberja (kraj Angary), tarcza labradorska, lub brazylijska, a także obszary zajęte przez potężne nagromadzenia luźnych żwirów i piasków, jak niż polski, należą do obszarów wolnych od trzęsień, czyli asejsmicznych.

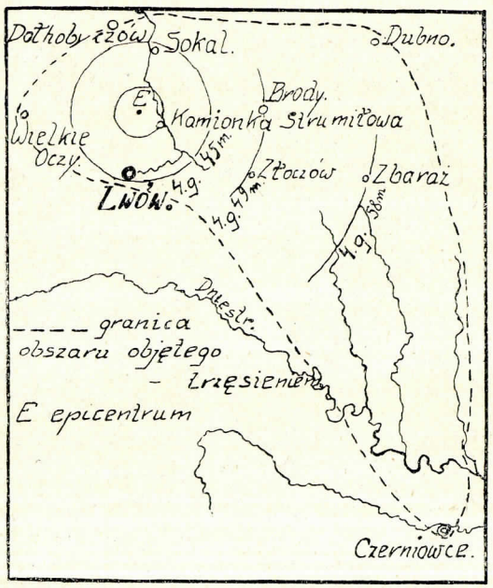


Ryc. 161. **Linje tektoniczne Portugalji.** (Wedle Hobbsa, z Kaysera).

Trzęsienia ziemi w Polsce. Ziemie polskie należą do obszarów wyjątkowo tylko nawiedzanych przez trzęsienia ziemi, które też nigdy nie przybierały rozmiarów katastrof. Zapiski pod tym względem są bardzo szczupłe i niedokładne, za cały czas od r. 1000—1900 zdołał naliczyć Láska tylko 69 trzęsień odczutych na ziemiach polskich, przeważnie w południowych jej połaciach. Więcej znanem jest trzęsienie z 17 sierpnia 1875 r., które nawiedziło wschodnią Małopolskę (ryc. 162 [1]). Epicentrum jego było koło Kamionki Strumiło-

[1]) F. Kreutz: Rzecz o trzęsieniu ziemi, oraz opis trzęsienia ziemi w Galicji wsch. z r. 1875. Kosmos. Lwów 1876.

wej, a granica obszaru, na którym je w ogólności odczuto, biegła przez Wielkie Oczy, Dołhobyczów, Dubno, Podwołoczyska, Czerniowce, Podhajce, Brzeżany i Lwów. Większych szkód to trzęsienie nie sprawiło, w niektórych miejscowościach popękały mury kościołów i domów, pozawalały się kominy, chwiały się sprzęty po domach, a w Dołhobyczowie rozpadły się dwie chaty włościańskie. Z najnowszych, bardzo słabych, wymienimy trzęsienie w Pieninach z 21 października 1901 r., z 20 stycznia 1903 r. odczute w Zaleszczykach, z 6 października 1908 r. na Podolu (także we Lwowie) i Ukrainie [1]) i w Krynicy z 6 maja 1909 r. Trzęsienia w Karpatach Zachodnich mają swe źródło w północnych Węgrzech (młode skały wybuchowe), albo w głębi Karpat (trachity okolicy Szczawnicy), pojawiające się zaś na Podolu pochodzą z Wołynia (skały anamezytowe okolicy Równa), o ile nie są to trzęsienia spowodowane zapadaniem tak częstych na Podolu pieczar gipsowych.



Ryc. 162. **Mapka trzęsienia ziemi w poł.-wsch. Polsce z r. 1875.** (Wedle Kreutza).

Trzęsienia morskie. Nieraz dno morza ulega drganiom, mówimy wtedy o morskich trzęsieniach. Jakkolwiek nie są one rzadkiem zjawiskiem, mało przecież przeważnie mamy o nich wiadomości, a większa część ich mija niespostrzeżenie. Słabsze wstrząśnienia sprawiają na jadących wrażenie jak gdyby okręt osiadł na mieliźnie, podczas silniejszych kołysze się gwałtownie, a maszty się chwieją. Zwyczajnie nie dają się one odczuć okrętom płynącym na otwartem morzu, silniej jednakowoż blisko brzegów. Z reguły cofa się tu zrazu morze odsłaniając dno na znacznej przestrzeni, a zatoki i przystanie są bez wody, następnie jednakowoż wraca jako fala nawet na kilkanaście metrów wysoka. W XVIII wieku zniszczyły fale port Calloo, wyrzuciły okręty 4 km. w głąb brzegu i osadziły na wysokości 16 m. ponad poziomem morza.

[1]) M. Limanowski odnosi je do zjawiska zluźniania napięć w pofałdowanej płycie granitowej, a więc za pokrewne t. zw. tąpaniu w kopalniach, gdzie skały oswobodzone od nacisku przez roboty górnicze (chodniki) z hukiem pękają (Bergschläge górników niemieckich) por. Neumayer: Dzieje ziemi wydał Morozewicz, tom I wyd. 2. Warszawa 1912 str. 406.

Szybkość, z jaką rozchodzą się fale morskich trzęsień [1]), a także obszar, jaki zajmują, są nader wielkie. Podczas trzęsienia ziemi w Arica w Peru w r. 1868 rozeszły się po całym oceanie fale z szybkością około 200 m. na sekundę, do Nowej Zelandji doszły jeszcze 3 m. wysokie. W r. 1877 zostało falą zalane miasto Iquique w Peru, po 18 godzinach doszły już fale tego trzęsienia do Nowej Zelandji, a po 22 godzinach do Japonji.

Straszne są skutki morskich trzęsień; w Lizbonie w r. 1755 zginęło 30.000 ludzi od fali, na wybrzeżach japońskiej wyspy Nipon w r. 1896 w ciągu kilku minut 27.000. Straszniejsze są one jednak, jeżeli towarzyszą im gwałtowne orkany, wpędzające z wielką siłą fale na wybrzeża. Takie katastrofy znane są zwłaszcza z zatoki Bengalskiej i Arabskiej, a większe są jeszcze ich rozmiary, jeżeli przypadają na przypływ morza. W nocy z 11 na 12 października 1737 r. wpadł orkan w deltę Gangesu i dotarł głęboko w głąb rzeki, równocześnie dało się odczuć trzęsienie ziemi i w samej Kalkucie zostało zburzonych 200 domów. Woda Gangesu miała się podnieść o 12 m., liczono do 30.000 ofiar w ludziach, a chociaż ta liczba jest nieco przesadzona, przecież katastrofa była ogromną. Od 2 do 5 października r. 1864 szalał cyklon koło Andamanów, fale uniosły około 48.000 ludzi i 100.000 sztuk bydła, dwa większe okręty zostały zaniesione daleko od brzegów i osadzone wśród pól.

W r. 1876 zalał orkan przy ujściu Bramaputry obszar 141 mil geograficznych na wysokość 13 m. Wedle dat urzędowych zginęło wówczas 150.000 mieszkańców, wedle późniejszych obliczeń—100.000. W straszny sposób przedstawiają raporty urzędowe stan kraju po katastrofie: „domy zniszczone, drzewa bez gałęzi i liści, cały kraj pokrywały kałuże cuchnącej wody, wszędzie leżały kupy trupów zarówno ludzkich, jak i zwierzęcych", słowem, istny obraz biblijnego potopu.

Przyczyny trzęsień ziemi. W myśl zapatrywań Suessa, przyjętych prawie przez wszystkich geologów, istnieje ścisły związek pomiędzy ruchami górotwórczemi a trzęsieniami. Ponieważ ziemia kurczy się ustawicznie, przeto powstają łatwo pęknięcia i szczeliny, wzdłuż których przesuwają się całe masy skalne, przyczem muszą powstawać drgania, które jako trzęsienia ziemi właściwe, czyli tektoniczne, odczuwamy. Suess i jego szkoła uważa kurczenie się ziemi za przyczynę zarówno tych ruchów, jak i powstawania gór pasmowych. Ponieważ, jak to wkrótce poznamy, znaczna część geologów sprowadza te zjawiska do objawów izostatycznych, przeto możemy też uważać trzęsienia ziemi za objaw towarzyszący dążeniu do wyrównania zaburzonej równowagi. Będą więc trzęsienia ziemi tam częste, gdzie stwierdzono ruchy litosfery czy to w formie podnoszenia się lądów (Kalabrja, Sycylja), czyli zapadania się

[1]) Fale te otrzymały nazwę tsunami, wprowadzoną przez badaczy japońskich.

części skorupy ziemi, czy też powstawania gór pasmowych. Dwa są obszary na kuli ziemskiej, gdzie te ruchy były częstsze, a mianowicie pas śródziemnomorski, zajmujący nie tylko morze Śródziemne, lecz także sięgający przez Indje po wyspy Sundajskie i pas pacyficzny; Montessus de Balore podaje, że na pierwszy z nich wypada 53·34% wszystkich trzęsień, a na drugi 41·08%.

Oprócz właściwych trzęsień ziemi, które tektonicznemi nazywać będziemy, wyróżniamy jeszcze trzęsienia zapadowe i wulkaniczne. Pierwsze powstają tam, gdzie przez wyługiwanie wodą, albo przez roboty górnicze powstały pieczary, względnie próżnie, które mogą się z łatwością zapadać; niejedno z nieznacznych trzęsień na Podolu powstało przez zapadanie się pieczar wypłókanych w gipsie (powstanie lejków gipsowych i wertebów, por. str. 53). Ognisko tych drgań leży w nieznacznej głębokości.

Trzęsienia wulkaniczne towarzyszą, jak wiemy już, wybuchom wulkanów. Wydobywanie się lawy i rozprężanie się gazów powoduje słabe zwyczajnie wstrząśnienia, które rozchodzą się kolisto dokoła.

Jakkolwiek wulkaniczne i tektoniczne trzęsienia mają częściowo odmienny charakter i przebieg, przecież pewnego związku między niemi odrzucić nie można. Jeżeli rzucimy okiem na mapkę przedstawiającą nam rozmieszczenie wulkanów, zauważymy łatwo, że te same obszary, na których częstsze są trzęsienia ziemi, mają równocześnie liczne wulkany, a są to także obszary młodych ruchów górotwórczych.

Niektórzy geologowie (Branca) są zdania, że znaczną część trzęsień tektonicznych należy odnieść do przyczyn wulkanicznych. W każdym razie należałyby tutaj trzęsienia kryptowulkaniczne, powstające podczas wtłaczania magmy w skorupę ziemi, co następuje przy powstawaniu lakkolitów (str. 132). Za tem przemawiają zaburzenia magnetyczne poprzedzające trzęsienia, które są wskazówką przemieszczeń magmy w głębi ziemi.

RUCHY SKORUPY ZIEMSKIEJ.

Oddawna znamy wśród skał osadowych resztki zwierząt morskich, jak skorupy ślimaków, lub małży; dowodzą one, że miejsca te były kiedyś morzem, którego wydźwignięte dno stało się lądem stałym. Mamy jednakowoż także inne dowody, że granica między lądem i morzem nie jest stałą nawet w obecnych czasach, lecz że ulega wahaniom spowodowanym przez podnoszenie się, względnie zapadanie lądu.

Podnoszenia lądu dowodzą dawne nadmorskie terasy leżące dzisiaj wysoko ponad brzegiem morza, a znamy je ze Skandynawji, Szkocji, Grenlandji i z innych krajów; często leży nawet kilka teras nad sobą. Znacznie ponad brzegi wzniesione nagromadzenia żwirów i skorup mięczaków morskich dowodzą również podniesienia się lądu. W Skandy-

nawji leżą terasy nawet na wysokości 300 m., a z pomiarów wynika, że wielkość podniesienia nie jest tam wszędzie jednakową, lecz największą w środku lądów, a najmniejszą u południowych wybrzeży. Gdzie niegdzie zdołano zmierzyć rozmiary tych ruchów i otrzymano dla Sztokholmu za czas od r. 1825 do 1875—19 cm., a dla miejscowości Lökö w Finlandji za czas od r. 1853 do 1887 nawet 27 cm.

Przekonano się, że w podobny sposób podnosi się Ameryka od koła biegunowego po 45° szerokości geograficznej, a także zachodnie brzegi Ameryki Południowej. Oprócz powolnych ruchów, które dopiero po upływie kilku wieków stają się widoczne, obserwowano także czasem i nagłe podnoszenia się, będące w związku z wybuchem wulkanów i trzęsieniami ziemi. Wedle Darwina miały się podnieść z początkiem XIX wieku tak dalece brzegi Chile, że ostrygi i inne mięczaki, ktore żyją przyczepione do skał, dostały się na ląd suchy, a w r. 1855 podniósł się ląd w Nowej Zelandji koło cieśniny Cooka prawie o 3 m.

Zapadanie się lądów w pobliżu morza można poznać po zatopionych budowlach nadmorskich, lasach pogrążonych w wodzie i po przedłużających się na dnie morza korytach rzek. Północna Francja, Holandja, wybrzeża Niemiec tracą ciągle części lądu na rzecz morza. Holendrzy walczą od dziesiątek lat z morzem, starając się przy pomocy sztucznych tam nie dopuścić do dalszego zalewania kraju. Obecna zatoka Zuiderska była jeziorem jeszcze w XII wieku, a następnie zatoką zwiększającą się ciągle. Budowlę pochodzącą z czasów Kaliguli pochłonęło już morze w r. 860, a ruiny jej znaleziono zeszłego wieku w odległości 4.710 m. od brzegu (koło miasta Katwijk na północ od Hagi).

Limany morza Czarnego dowodzą również zapadania się lądów, gdyż są to zatopione koryta rzek, wypełnione obecnie wodą morską. W limanie Bohu znaleziono pod obecnemi osadami z morskiemi mięczakami warstwy zawierające ślimaki rzeczne, a więc pochodzące jeszcze z czasów, gdy limanu tu jeszcze nie było. Fiordy Norwegji są również zatopionemi dolinami rzek, rozszerzonemi przez lodowce. Jak to poprzednio (str. 128) poznaliśmy, przemawia powstanie wysp koralowych na oceanie Spokojnym za tem, że dno morza zapada się powoli, na tem oparł też Darwin swą teorję ich powstania. Czasem zapada się ląd nagle, np. podczas trzęsienia ziemi w r. 1811 i 1812 obniżyła się część dolnego dorzecza Missisipi, wskutek czego powstało tu jezioro, z którego sterczały resztki drzew obumarłych.

Znane są jednakowoż wypadki, że ten sam obszar z biegiem czasu podnosił się, a następnie zapadał. Klasycznym przykładem są resztki świątyni Serapisa koło Puzzuoli (ryc. 163), zbudowanej koło 100 r. przed Chr. Nad brzegiem morza wznoszą się tam trzy słupy, które są u dołu całkiem gładkie, wyżej mają powierzchnię zniszczoną przez małże skałotoczne, a u szczytu są również gładkie. Zwyczajnie tłumaczymy rzecz w następujący sposób. Słupy zostały jeszcze w czasach starożytnych

zasypane popiołem, później dostały się przez zapadanie się lądu częściowo pod powierzchnię morza, a wtedy mogły żyć małże skałotoczne w miejscach zanurzonych w wodzie, a nie przykrytych popiołem i je

Ryc. 163. **Ruiny świątyni Serapisa w Puzzuoli.** Na słupach poniżej środka ciemniejsze pasy powstałe przez działanie małży skałotocznych. (Z Neumayra).

toczyć. Gdy później ląd się podniósł, cofnęło się morze i słupy są z powrotem na lądzie stałym, chociaż w ostatnich dziesiątkach lat znowu ląd się tutaj zapadać rozpoczął.

Na omówione ruchy skorupy ziemi zwrócił baczniejszą uwagę Suess, chociaż przeczył on temu, jakoby lądy podnosić się miały, a przyjmował jedynie ich zapadanie. Sądził on, że wody oceanów ulegają ruchom, wskutek których gromadzą się na jednych częściach kuli ziemskiej, względnie odpływają z innych, a ruchy te, zwane przez Suessa eustatycznemi, miałyby sprowadzać zalewanie lądów, względnie cofanie się morza u brzegów. Na tej też podstawie wyróżniał on ruchy pozytywne i negatywne linji brzegowej, podczas pierwszych wkracza morze na lądy, cofa się zaś podczas drugich.

Zapatrywania Suessa, jakkolwiek zrazu zostały prawie ogólnie przyjęte, nie utrzymały się z biegiem czasu, gdyż przybywało coraz więcej dowodów, że lądy nie są niewzruszone, lecz ruchom ulegają. Nie brak przykładów, że podnoszą się nawet nierównomiernie, np. u zachodnich brzegów Krety mierzono podniesienie się lądu o 5 m., na południowych o 8 m., podczas gdy brzegi wschodnie opadły o 1 metr.

Kolejnego zapadania się i podnoszenia lądów dowodzą zresztą bardzo dobrze transgresje morza. Jeżeli na słodkowodnych wapieniach mioceńskich okolicy Krakowa, lub Podola, widzimy warstwy z morskiemi skamielinami, musimy przypuścić, że obszary te obniżyły się tak dalece, że morze na nie wkroczyć mogło.

Powstanie gór. Już z zaraniem geologji rozpoczynają się różnice zapatrywań na powstawanie gór. Podczas gdy neptuniści przypisywali erozyjnemu działaniu wody wytworzenie zagłębień, gdyż rozdzieliło równą przedtem powierzchnię ziemi na szereg gór, twierdzili wulkaniści, że góry te zostały wypiętrzone podczas wybuchów wulkanicznych, powołując się na przekroje gór pasmowych, jak Alpy, Pireneje, w których środkowem pasmie znajdują się najstarsze skały wybuchowe (granity i t. p.).

Obecnie w inny sposób tłumaczymy powstanie gór, rozróżniając wśród nich zależnie od powstania: erozyjne, wulkaniczne i tektoniczne. Pierwsze są resztkami wzniesień zniszczonych przez działanie wody, lodu, lub powietrza, np. lwowsko-tomaszowskie roztocze, oddzielone doliną Bugu od reszty Podola, z którem ma tę samą geologiczną budowę. Drugie powstały przez nagromadzenie materjału wyrzuconego przez wulkany, do trzeciej zaś kategorji należy większość gór i te są wynikiem ruchów litosfery. Wiemy już (str. 36), że przy zapadaniu obszarów objętych uskokami, mogą pozostać części, sterczące ponad powstałe zapadnięcie, a będą to góry załomowe (horsty), jednakowoż przeważna część gór tektonicznych, utworzona ze sfałdowanych warstw, przedstawia się jako podłużne wzgórza, ciągnące się na przestrzeni nawet kilkuset i więcej kilometrów, np. Alpy, Karpaty i te nazywamy górami pasmowemi, albo łańcuchowemi.

Przypatrując się przekrojowi przez jakiekolwiek pasmo górskie, np. przez Karpaty (ryc. 27 i 37), widzimy wszędzie pogięte warstwy skalne

ułożone w siodła i łęki. Skały te, jako osadowe, ułożyły się na dnie mórz, a wiemy, że osady układają się poziomo. Musimy więc wnioskować, że jakaś siła wyprowadziła warstwy z pierwotnego położenia i wygięła w fałdy. Tą siłą jest siła ciężkości, a jej górotwórcze działanie musi nastąpić ze względu na kurczenie się ziemi.

Wiemy, że wnętrze ziemi oziębia się ciągle, a wskutek tego kurczy. Skorupa ziemi dąży na mocy swego ciężaru, by się dostosować do zmniejszonej pirosfery, lecz zapaść się nie może, ponieważ tworzy wypukłe sklepienie, którego części nawzajem się wspierają. Jak na mostach łukowych, lub na sklepieniach rozchodzi się nacisk w kierunkach stycznych do sklepionych powierzchni, tak też i nacisk usiłującej się zapaść skorupy, wywierany w kierunku pionowym, rozpada się na siły działające stycznie do powierzchni ziemi. Ponieważ siła jego jest olbrzymią, przeto części skorupy stają się plastyczne (str. 32) i wyginają się w fałdy, które wytwarzają się tak długo, aż skorupa ziemi nie zmniejszy się do tego stopnia, że może dostosować się do skurczonego wnętrza. Naturalną jest rzeczą, że przy fałdowaniu nieraz pęka skorupa, powstają więc linje załomowe, wzdłuż których tworzą się czasem obszerne zapadnięcia.

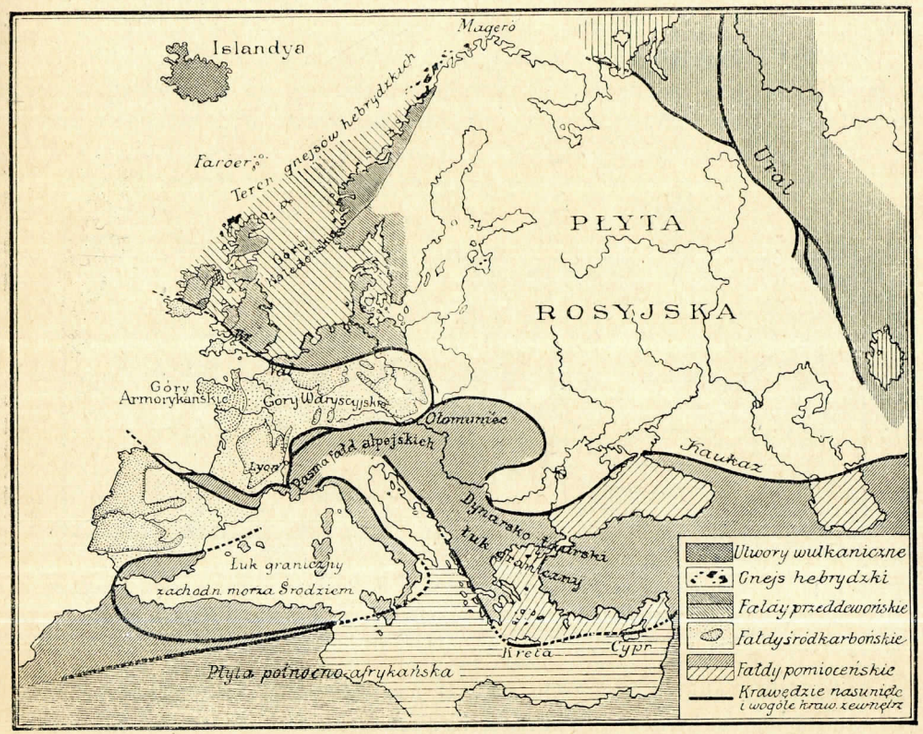
Doświadczalnie można łatwo naśladować tworzenie się gór pasmowych. Gruby postaw sukna obciążmy z góry, następnie naciskajmy go z boków, a ujrzymy wkrótce szereg fałdów podobnych do tych, które nam przedstawiają przekroje przez góry. Lepiej wypadnie to doświadczenie, jeżeli użyjemy warstw rozmaicie zabarwionego kitu, gipsu, lub plastyliny, przyczem wystąpią także pęknięcia i uskoki.

Ostyganie i kurczenie się ziemi jest więc przyczyną wytworzenia się gór pasmowych. Proces ten porównywano już dawno do powstawania zmarszczek na zsychającem się jabłku, którego miąższ kurczy się przez utratę wody. Nierówności powstające na jabłku są jednakowoż stosunkowo znacznie większe od nierówności, które wytworzyły się na ziemi naszej, a przytem nie widzimy na nich tego regularnego ułożenia w pasma podłużne, jak na powierzchni ziemi.

Przez powstawanie fałdów zmniejsza się naturalnie powierzchnia i promień ziemi. Starano się obliczyć wielkość zmiany, chociaż cyfry otrzymane mają tylko względną wartość. Heim obliczył, że przez powstanie Alp zmniejszył się południk ziemi o 600—1.200 km., a gdybyśmy uwzględnili inne pasma górskie, leżące na tym samym południku, otrzymalibyśmy 2.700 km., czemu odpowiada zmniejszenie się promienia ziemi o 573 km.

Kurczenie się skorupy ziemi i powstanie fałdów rozpoczęło się już w bardzo odległych czasach, gdyż nawet skały archaiczne są wyruszone ze swego położenia i pofałdowane. Podczas gdy inne obszary częściej ulegały sfałdowaniu i częściej na nich tworzyły się góry pasmowe, są inne oporniejsze, omijane przez ruchy górotwórcze. Do nich należy

w Europie płyta rosyjska, w innych częściach świata — płyta Angary (wsch. Syberja), płyta labradorska, brazylijska i inne. W ogólności wydaje się, że na pewnych obszarach zwanych geosynklinami, częściej tworzyły się pasma górskie, np. w pasie ciągnącym się od północo-zachodniej Afryki przez morze Śródziemne, południową Azję, aż po wyspy Sundajskie, który długi czas zajmowały wody oceanu, nazwanego przez Neumayra — Tetydą. Geosynkliny są słabszemi miejscami skorupy ziemi, ich zapadnięte obszary były miejscami wzmożonego tworzenia się osadów, które po sfałdowaniu utworzyły potężne łańcuchy górskie (Alpy, Himalaje).



Ryc. 164. **Pasma górskie Europy.** (Wedle E. Suessa, z Neumayra).

W Europie niejednokrotnie tworzyły się góry pasmowe. Suessowi [1]) zawdzięczamy stwierdzenie następujących systemów górskich (ryc. 164):

1) pasmo Lofotów i Hebrydów (huroński e), wypiętrzone już przed erą algonkjańską, które od Lofotów ciągnie się aż do Szkocji.

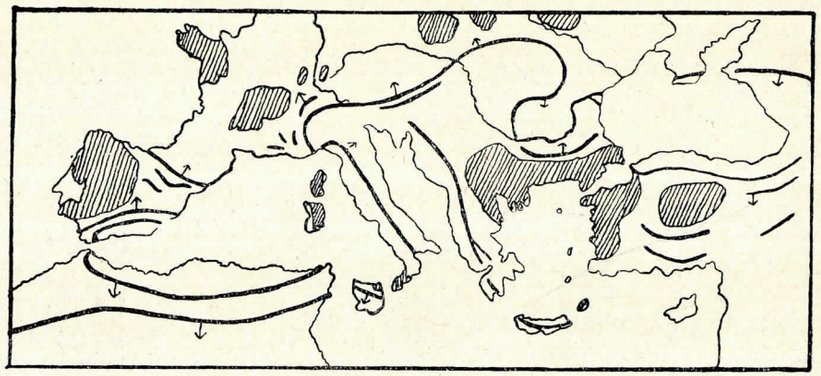
2) pasmo kaledońskie, utworzone przed perjodem dewońskim, obejmujące Szkocję, część Irlandji, Norwegji i Anglji (Wales), a także część północno-wschodniej Francji.

[1]) E. Suess: Antlitz der Erde t. 1.

3) pasmo hercyńskie, powstałe w perjodzie górnokarbońskim, składające się z dwu łuków: wschodniego waryscyjskiego i zachodniego armorykańskiego. Oba łuki łączą się w płaskowyżu środkowej Francji, skąd odchodzi ku zachodowi przez Bretanję, połudn.-zachodnią Anglję i południową Irlandję łuk armorykański, przez Niemcy, Czechy i Polskę—łuk waryscyjski, który wygasa w górach Świętokrzyskich.

4) Najmłodszy, gdyż w młodszym trzeciorzędzie wypiętrzony, alpejski szereg pasm górskich, które, biegnąc od Atlasu przez Hiszpanję, Pireneje, Alpy, Karpaty i Bałkan, przechodzą przez Kaukaz do Azji i łączą się z całym szeregiem tamtejszych olbrzymich łańcuchów górskich, również w tym czasie wypiętrzonym.

Suess stwierdził, że pasma systemu alpejskiego zostały sfałdowane siłą działającą od południa, ponieważ jednakowoż od północy stawiały prawie wszędzie opór stare masywy górskie, przeto u północnego brze-



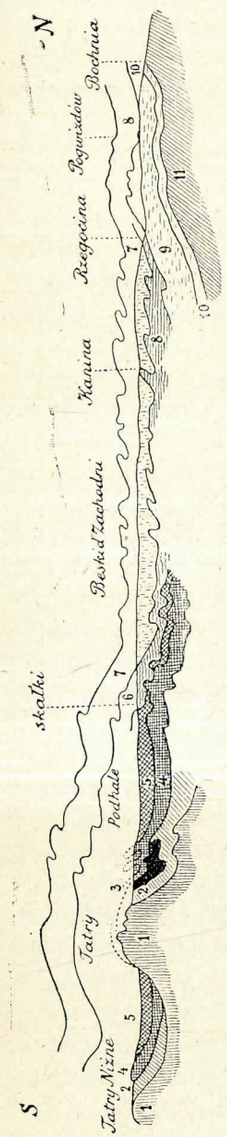
Ryc. 165. **Kierunek pasm systemu alpejskiego w Europie.** Obszar zakreskowany oznacza przedmurze, czarny—kierunek pasm. (Wedle Kaysera).

gu są o fałdy obalone ku północy. U nas stanowiły na zachodzie mezozoiczne sudeckie utwory okolicy Krakowa, na wschodzie zaś płyta podolska ową zaporę, czyli przedmurze fałdów karpackich (ryc. 165).

Teorja kontrakcji, a więc tłumacząca nam powstanie gór ruchami fałdującemi, spowodowanemi kurczeniem ziemi, którą przedstawiliśmy obecnie, ma nad innemi tę przewagę, że kurczenie się ziemi jest faktem, którego zaprzeczyć nie można, a niem tłumaczą się nadto trzęsienia ziemi, a także wybuchy wulkanów, te trzy więc zjawiska z jednej i tej samej przyczyny biorą początek.

W najnowszych czasach zmieniły się zapatrywania na budowę gór pasmowych. Podczas gdy dawniej sądzono, że Alpy powstały z materjału osadzonego na miejscu, który uległ jedynie sfałdowaniu, wiemy

dzisiaj, że składają się z szeregu fałdów, leżących w ten sposób jedne na drugich, że najmłodsze leżą najwyżej i najdalej ku północy. Fałdy owe zostały przywleczone ze znacznych odległości (do stu kilometrów), materjał ich nie powstał więc na miejscu, a często są oderwane od skał macierzystych, nie mają więc korzeni. Wiemy już (str. 32), że owe zdala nasunięte, leżące fałdy nazywamy płaszczowinami.

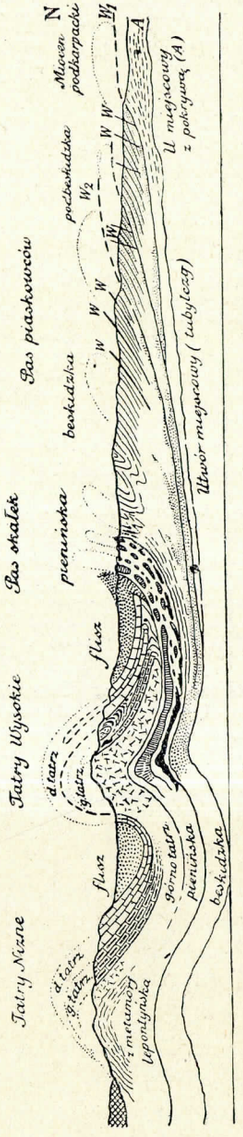


Ryc. 166. **Przekrój przez Tatry i Karpaty wedle Limanowskiego z r. 1905.** 1—granit, 2—utwory górnotatrzańskie, 3—dygitacja Czerwonych Wierchów, 4—utwory dolnotatrzańskie, 5—flisz Podhala i Liptowa, 6—skałki, 7—górnooligoceński flisz magórski, 8—kreda śląska, 9—flisz odwrócony, 10—miocen, 11—przedmurze.

Teorję płaszczowin wprowadzili do badań nad Alpami Bertrand, Argand, Schardt, Lugeon, za nimi poszli Steinmann, Heim i inni, do Tatr i Karpat Lugeon, a za nim Limanowski, Uhlig, Nowak, Zuber i inni. W Alpach wyróżnione zostały, nie licząc lokalnych wydzieleń [1]):

1) Masywy środkowe powstałe na miejscu (autochtoniczne), np. Mont Blanc, masyw Aaru, św. Gottharda. Po nich przeszły płaszczowiny grupy 2, 4 i 5, podczas gdy płaszczowiny grupy 3 zatrzymały się przed niemi.

2) Płaszczowina helwecka, albo glarneńska, która bierze początek



Ryc. 167. **Przekrój przez Tatry i Karpaty wedle Uhliga z r. 1907.**

[1]) Wedle podręcznika Kaysera. Por. w tej mierze ustępy Limanowskiego w tłum. polskiem Dziejów ziemi Neumayra i pracę J. Nowaka: Budowa Alp w świetle najnowszych badań. Lwów 1908, czasop. Kosmos t. 33.

w południowej części masywu Aaru i której korzenie tam rozpoznać można. Obejmuje głównie Alpy szwajcarskie i część Alp Sabaudzkich.

3) Płaszczowina peninska, tworząca południowe masywy i zajmująca dlatego obszary, leżące na południe od Rodanu.

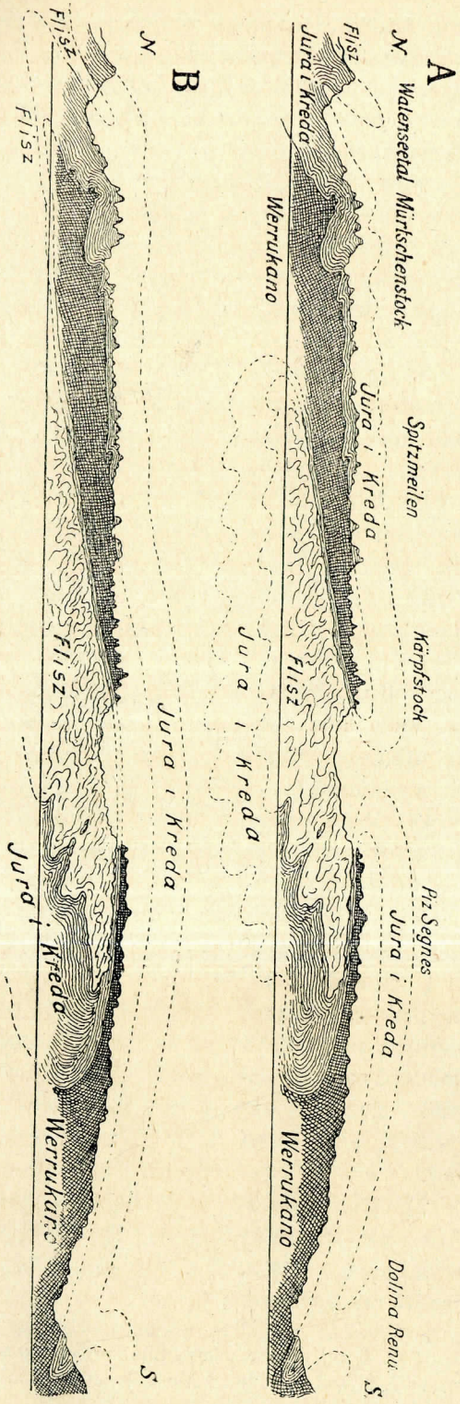
4) Płaszczowina lepontyńska, albo skałkowa, której korzenie leżą na południe od płaszczowiny poprzedniej, należą tutaj np. skałki nad jeziorem Czterech Kantonów i t. zw. Préalpes.

5) Płaszczowina wschodnioalpejska, obejmująca Alpy leżące na wschód od Renu, gdzie poprzednie płaszczowiny występują bardzo słabo, gdyż są głównie u północnego ich brzegu, lub tylko w oknach tektonicznych. W znamienny sposób wykształcił się tu trias w facji alpejskiej.

6) Dynarydy, czyli południowe Alpy Wschodnie.

Zastosowano teorję płaszczowinową do Tatr i Karpat, chociaż niema jeszcze zgodności w zapatrywaniach, jak to widoczne z dwu przekrojów (ryc. 166 i 167), podanych wedle Limanowskiego i wedle Uhliga. Nad rozwiązaniem tego problemu są obecnie prace w toku.

Tłumaczenie budowy gór pasmowych jako szereg siodeł i fałdów poprzerzynanych uskokami i t. p., doprowadza



Ryc. 168. **Przekroje przez podwójny fałd glarneński.** A przekrój Heima (fałd podwójny), B – przekrój Lugeona (płaszczowina). (Wedle Steinmanna, z Neumayra).

do tak zawiłych i nienaturalnych profilów, jakie widzimy w całym szeregu prac poprzednich. Przykładem jest podwójny fałd glarneński odkryty przez Eschera von der Linth, w którym permskie zlepieńce (werrucano) leżą na trzeciorzędowym fliszu. Heim musiał pierwotnie przyjąć tutaj obecność dwu fałdów obalonych w strony przeciwne, jednego ku północy, drugiego ku południowi, podczas gdy przy przyjęciu płaszczowiny profil cały przedstawia się w przejrzysty i łatwy sposób (rycina 168).

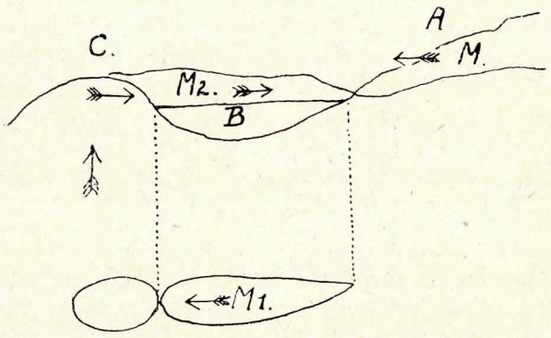
Nie brak jednakowoż innych górotwórczych teoryj, z pośród których teorja równowagi (izostazy), wprowadzona przez geologa Duttona, należy do najpoważniejszych i jest przyjęta przez wielu geologów. Wiemy już (str. 6), że na obszarach nisko położonych zauważono nadmiar masy, gdyż siła ciężkości jest tam większą, niż teoretycznie być powinna, że natomiast w górach zauważono jej ubytek. Dutton sądzi, że litosfera, pływając niejako na pirosferze, znajduje się w pewnego rodzaju równowadze, która sprawia, że jej części, któreby stały się cięższemi, zapadają, te zaś, któreby stały się lżejszemi, podnoszą się do góry pod wpływem siły odśrodkowej wirującej ziemi.

Istniejąca równowaga bywa jednakowoż ustawicznie naruszaną na ziemi. Denudacja sprawia, że masy skalne zabrane z gór dostają się w nisko położone miejsca (geosynklinale), gdzie się gromadzą pod formą różnych osadów morskich. Góry niszczone przez denudację stają się lżejsze, podnoszą się więc zwolna, geosynklinale natomiast obciążone osadami stają się cięższe i wskutek tego obniżają się. W ten sposób ruchy podnoszące i obniżające skorupę ziemi znajdują bardzo proste wytłumaczenie.

Teorja równowagi tłumaczy nam niezrozumiałą w inny sposób nadzwyczajną grubość niektórych pokładów złożonych u brzegu mórz, np. karpackiego fliszu, która przenosi nieraz tysiąc metrów. W zapadającem się morzu mogą się ustawicznie tworzyć u brzegu osady zwiększające swą miąższość, chociaż zachowują zawsze ten sam brzegowy charakter. Zapadanie się w głąb obciążonych lądów wciska pirosferę w szczeliny powodując wulkaniczne objawy, ruchów izostatycznych wynikiem są więc także wstrząśnienia, które odczuwamy, jako trzęsienia ziemi.

Wiemy, że zarówno Ameryka Północna, jak też Skandynawja, podnoszą się zwolna od czasu ustąpienia z nich lodowców (por. str. 165). Obciążenie tych krajów grubą czaszą lodową podczas plejstoceńskiego okresu musiało w myśl teorji izostazy sprowadzić ich zapadanie, ustąpienie zaś lodów — podniesienie się uwolnionych od nacisku obszarów. Drygalski i inni tłumaczyli ten objaw inaczej; pokryte lodem masy skalne miały, jako oziębione, zmniejszyć swą objętość, a więc się obniżyć, natomiast ocieplone po ustąpieniu lodowców rozszerzyć się, a więc podnieść się w górę.

Teorję izostazy zastosowano do wytłumaczenia płaszczowin w inny sposób, niż przez zwyczajne ruchy fałdujące. Według Bertranda, powstają one następująco.



Ryc. 169. **Schemat powstawania płaszczowiny wedle Bertranda.** A—okolica rozmywana, M—masy rozmywane, B - geosynklinala, C—tworzący się wał, M_1—masy przepychane w głębi, M_2—płaszczowina. (Z Rudzkiego).

Obszary, w których gromadzą się osady morza, czyli geosynklinale, zapadają się ustawicznie, gdyż ciężar ich rośnie, wreszcie jest geosynklinala wypełniona osadami po brzegi. Naturalną jest rzeczą, że, zapadając się, musi wypierać znajdujące się pod nią masy skalne, a ponieważ zwyczajnie mają geosynklinale kształt asymetryczny, nachylając się ku południowi, przeto ku południowi przesuwają się wyparte masy (ryc. 169). W rezultacie wypiętrzają się u południowego brzegu synklinali wypchnięte spodem skały tworząc garb przewalający się z biegiem czasu ku północy jako fałd leżący, który jest właśnie płaszczowiną. Ponieważ wyparte dołem masy sprowadziły niedobór w geosynklinali, przeto, jako lżejszy, zostaje jej obszar wydźwignięty, powstają więc w tem miejscu góry.

Zwolennicy tych teoryj przypisują kurczeniu się ziemi podrzędne znaczenie w procesie górotwórczym, a główne—opisanym ruchom w geosynklinalach. Ugruntowanie i ustalenie teorji płaszczowinowej odbywa się obecnie. Jeszcze nie wypowiedzieli się w zupełności fizycy o możebności tych ruchów, chociaż niektórzy je przyjmują; w każdym razie sposób powstania płaszczowin podany przez Bertranda, nie może być bez zastrzeżeń przyjęty [1]), a niejedni zwolennicy płaszczowinowych ruchów odnoszą je do kurczenia się ziemi. Są także różnice w zapatrywaniach na głębokość, w której odbywały się ruchy płaszczowinowe, czy należy je uważać za powierzchniowe, czy też za przebiegające w pewnej głębokości. Zdaje się jednakowoż, że w ogólności ruchy górotwórcze (fałdowanie) odbywają się tylko w wierzchnich warstwach litosfery, chociaż głębokości tych ruchów podać nie możemy.

[1]) M. Rudzki: Fizyka ziemi, str. 214—217.

GEOLOGJA HISTORYCZNA.

WIADOMOŚCI WSTĘPNE.

W poprzednich rozdziałach poznaliśmy siły działające na ziemi, które zmieniają rzeźbę jej powierzchni. Ponieważ one działają od czasów nader odległych i działać będą nadal, przeto dzisiejszy rozkład lądów i mórz i obecna rzeźba lądów jest tylko przemijającym stanem.

Geologja stara się poznać dawniejsze dzieje skorupy ziemskiej i zbadać jej kolejne zmiany, a zajmuje się tem jej część, zwana geologją historyczną. Ponieważ dąży do tego celu odkrywając niejako warstwę po warstwie, aby wpatrzeć się w wygląd ziemi w czasach dawniejszych, przeto nazywamy ją także g e o l o g j ą s t r a t y g r a f i c z n ą [1]). Jak odwracając kartę za kartą historycznego dzieła, dochodzimy do coraz dawniejszych czasów ludzkości, tak też, odsłaniając warstwy skorupy ziemi, znajdujemy pokłady utworzone w coraz bardziej zamierzchłych czasach.

Badając warstwy skalne, znajdujemy w nich zwyczajnie resztki dawnych istot, zarówno zwierząt, jak i roślin, czyli t. zw. skamieliny (skamieniałości), a ważną jest rzeczą, że w warstwach nad sobą leżących nie są skamieliny te same, lecz różne.

Znano już skamieliny w czasach starożytnych. Wspominają o nich Herodot, Xanthos i Strabo; rozeznali oni w nich resztki zwierząt morskich i dlatego też słusznie sądzili, że miejsca, w których się skamieliny znajdują, zalewało kiedyś morze. Czasy średniowiecza, tak niekorzystne dla nauk przyrodniczych, nie tylko nie posunęły naprzód znajomości skamielin, ale przeciwnie, nie uznawano w nich wcale resztek zwierzęcych, lecz uważano je za twory przypadkowe *(lusus naturae)*, lub za płody poronione przy akcie stwarzania organizmów. Sądzono, że powstały one z namułu morskiego pod wpływem swoistej siły *(vis plastica)*, której obecność przypuszczał uczony Arab Ibn Sinna (980—1037), znany pod nazwą Avicenny. Dopiero nowsze czasy, uwolnione z krępujących więzów filozofji scholastycznej, posunęły nieco naprzód nasze wiadomo-

[1]) Nazwa od słowa łac.: stratum — warstwa i greckiego: grapho — piszę.

ści na tem polu. Wprawdzie już genjalny Leonardo da Vinci (1452—1519) rozpoznał podczas robót inżynierskich w północnych Włoszech w wykopywanych skorupach resztki małży i ślimaków morskich, wprawdzie to samo, jeszcze więcej stanowczo, głosił Fracastoro (1483—1517), odrzucając vis plastica, a później (1580) rzeźbiarz Palissy w Paryżu, ale dopiero znacznie później, bo w XVIII wieku upadły wierzenia dawniejsze i uznano w skamielinach resztki dawniej żyjących zwierząt.

Już w XVII wieku rozpoczynają się pierwsze opisy skamielin, chociaż nieraz także ciała nieorganiczne, jak dendryty, nacieki, przypadkowe konkrecje opisywano, jako organiczne resztki. Oprócz dobrych prac, które zostawili nam np. Mercati, Aldrovandi, Knorr i Walch, zwłaszcza dwaj ostatni, mamy bezwartościowe dzieła, w których oprócz opisów prawdziwych skamielin, znajdują się ryciny licznych t. zw. „lapides figurati", zarówno kryształów, jak też kawałków skalnych o przypadkowym, dziwnym kształcie. Tragikomicznym przedstawicielem tego okresu jest Beringer, który w swej „Lithographia Würzburgensis" (1726) opisał oprócz skamielin swej najbliższej ojczyzny, także rysunki na płytach kamieni, przedstawiające księżyc, słońce, jaszczurki, żaby, znaki hebrajskie i t. p., które mu podsuwali złośliwi uczniowie, jakoby przez nich wykopane.

Chociaż uznane zostały już skamieliny za resztki zwierząt, przecież uważano je dłuższy czas za dowód istnienia biblijnego potopu, wszystkie skamieliny miałyby być więc równoczasowe. Z całego szeregu zwolenników takiego ich tłumaczenia wymienimy Scheuchzera, profesora w Zurychu (1672 -1733), który opisał nawet rzekomego człowieka z łupków w Öningen w Badenie, pod nazwą *Homo diluvii testis*. Dopiero później wykazał Cuvier, że był to szkielet olbrzymiego jaszczura, a nazwa nadana mu przez tego uczonego *(Andrias Scheuchzeri)*, jest pamiątką niefortunnych zapatrywań zurychskiego badacza. W nieco późniejszych czasach przekonano się, że skamieliny zawarte w warstwach niższych i wyższych, nie są jednakowe; angielski inżynier William Smith (1769—1839), a po nim Al. Brogniart w Paryżu (1770—1847) byli pierwszymi, którzy wyróżnili skały starsze i młodsze na podstawie skamielin.

Badając resztki zwierząt przekonano się rychło, że dawniejszy świat, tak zwierzęcy jak i roślinny, różnił się bardzo od dzisiejszego i że różnice są tem większe, im głębsze są warstwy, z których te resztki pochodzą. Często są to resztki, np. gadów, lub płazów przerastających znacznie ogromem dzisiejsze zwierzęta, a prawie zawsze trudno je odnieść do dzisiaj rozpowszechnionych grup zwierzęcych, gdyż należą do dawno wymarłych już rodów, względnie do będących już na wymarciu.

Jakkolwiek już z końcem XVIII i z początkiem XIX wieku budziły się zaczątki teorji ewolucji, gdyż Goethe, Lamarck i inni twierdzili już, że świat zwierzęcy doskonalił się zwolna, rozwijając się od form niższych do coraz wyższych, przecież zapatrywania wręcz przeciwne, ogłoszone wówczas przez znakomitego zoologa Cuviera, przygłuszały je chwi-

lowo zupełnie. Cuvier znał dobrze znane wówczas skamieliny, sam odtworzył biegle z nielicznych kości znalezionych w skałach trzeciorzędowych okolicy Paryża szkielety zwierząt, autorytet jego jako zoologa i paleontologa był więc wówczas zbyt znaczny, aby inne teorje utrzymać się mogły. Fakt znajdowania się odmiennych faun zwierzęcych w różnowiekowych warstwach skalnych tłumaczył Cuvier w ten sposób, że na ziemi powstawały kilkakrotnie olbrzymie katastrofy (wybuchy wulkanów, trzęsienia ziemi, zalewy mórz), podczas których w danych okolicach zostały istniejące fauny zupełnie zniszczone i zastąpione nowemi, przybyłemi z innych okolic. Inni (Alcide d'Orbigny), akcentując silnie stałość gatunków, twierdzili, że katastrofy te były tak ogólne, że po każdej z nich został świat zwierzęcy na nowo stworzony.

Nie utrzymała się długo Cuvierowska teorja kataklizmów, zbyt sprzeczną była ze znanemi już wówczas geologicznemi faktami. Zapomniane przedtem zapatrywania Lamarka wznowił Darwin (1859), chociaż w innej formie i ugruntowana przez niego teorja ewolucji głosząca, że świat organiczny doskonalił się zwolna od form prostszych do coraz wyższych, została w naukach przyrodniczych ogólnie przyjęta.

Wiemy już (str. 15), że usiłowania, aby oznaczyć bezwzględny wiek skał, nie dały żadnego wyniku i że w geologji musimy się zadowolić oznaczeniem tylko względnego wieku. Jakkolwiek w odkrywce nietrudno zwyczajnie wyróżnić niżej leżące skały jako starsze od wyżej leżących młodszych, przecież utrudnione jest porównywanie warstw w miejscowościach oddalonych od siebie. Starano się wydzielić warstwy na podstawie petrograficznego wyglądu, ale metoda ta, po której zachowały się jeszcze niektóre używane nazwy (system węglowy, kredowy i t. p.), wyjątkowo tylko nie doprowadzała do błędnych wyników. Te same skały wytwarzały się w różnych czasach, węgiel kamienny np. nie znajduje się wyłącznie tylko w systemie węglowym, ale także w innych, zarówno młodszych, jak i w starszych. W tym samym czasie osadzały się zależnie od facji rozmaite skały, gdyż np. w systemie kredowym oprócz kredy piszącej, będącej utworem nieco głębszego morza, są także przybrzeżne piaskowce i zlepieńce.

Jedynie skamieliny dają geologowi niezawodny środek do oznaczania wieku warstw. Bada skamieliny nauka zwana paleontologją [1]), która stała się też dla geologa bardzo ważną nauką pomocniczą.

Nie wszystkie skamieliny mają dla geologa jednakową wartość. Gatunki długotrwałe, które nie ulegały zmianom przez kilka perjodów geologicznych, nie nadają się do oznaczenia wieku; mniejsze znaczenie mogą mieć także gatunki rzadkie. Są jednakowoż gatunki krótkotrwałe, mające szerokie rozmieszczenie geograficzne, np. amonity, niektóre mał-

[1]) Nazwa z greckiego: nauka o dawnych istotach.

że, nummulity, graptolity, które jako t. zw. skamieliny przewodnie, mają dla geologa pierwszorzędne znaczenie.

Geologja historyczna, badając skamieliny w warstwach kolejno na sobie leżących, śledzi równocześnie rozwój życia organicznego na ziemi, oddaje więc niemałe usługi zoologji i botanice. Opisując systemy geologiczne, opiszemy także równocześnie ich faunę i florę i przekonamy się, jak odmienny charakter miał dawny świat organiczny, zarówno zwierzęcy, jak i roślinny.

Pierwsze próby geologicznego podziału wyszły z górniczych okolic środkowych Niemiec, gdzie już dawno zauważono, że warstwy zawierające kruszce miedzi są rozpostarte na znacznych przestrzeniach, wyróżniono więc utwory pod niemi i ponad niemi leżące. Twórca geologji w Niemczech, Abraham Bogumił Werner (1749—1817), który w drugiej połowie XVIII wieku jako pierwszy uczył geologji [1]) w akademji górniczej we Freibergu w Saksonji, podzielił warstwy w najbliższej okolicy na:

5) skały wulkaniczne
4) „ napływowe (aufgeschwemmtes Gebirge)
3) „ kruszconośne (Flötzgebirge)
2) „ przechodowe (Übergangsgebirge)
1) „ pierwotne (Urgebirge).

Wychodził on przytem z błędnego założenia, że każdy z tych utworów na całej kuli ziemskiej wyśledzić się daje. Jako neptunista przypuszczał, że pokłady te osadziły się kolejno z wody morskiej.

Francuscy geologowie nadali inne nazwy utworom wydzielonym przez Wernera, nazywając jego grupę pierwszą terrain primitif, drugą—t. primaire, trzecią—t. secundaire, dodając dla utworów młodszych, silnie rozwiniętych we Francji, nazwę t. tertiaire. W Anglji wyróżniono jeszcze w obrębie grupy trzeciej oolit i kredę, pierwszy zaś podzielono na lias i oolit właściwy, a nazwy te obejmują dzisiejszy system jurajski.

Z Anglji wyszły także próby podziału grupy przechodowej Wernera, w której już przedtem wydzielono jako najwyższy system węgla kamiennego i cechsztyn. Ponieważ właśnie w Anglji są te starsze skały dobrze wykształcone i zawierają liczne skamieliny, przeto wyróżniono w nich z biegiem czasu jako najstarszy system kambryjski, wyższy sylur i najwyższy dewon. Gdy wreszcie w ostatnich latach wydzielono pomiędzy najstarszemi skałami a systemem kambryjskim grupę eozoiczną (algonkjan) jako oddzielną grupę, ustaliły się mniej więcej zasady obecnie przyjętego podziału.

Podstawą jego są systemy, które obejmują warstwy zawierające faunę mniej więcej jednego typu. Systemy łączymy w grupy, dzielimy je natomiast na serje, piętra i podpiętra. Utwory tworzące grupę wy-

[1]) Nazywano ją wówczas geognozją.

Era	Perjod	Epoka
kenozoiczna	czwartorzędowy	aluwjalna (obecna) plejstoceńska (dyluwjalna)
	trzeciorzędowy	neogen: pliocen, miocen paleogen: oligocen, eocen, paleocen
mezozoiczna	kredowy	górna kreda dolna „
	jurajski	górna jura (malm) średnia „ (dogger) dolna „ (lias)
	triasowy	górny trias (kejper) średni „ (wapień muszlowy) dolny „ (piaskowiec pstry)
paleozoiczna	permski (diasowy)	górna (cechsztyn) dolna (czerwony spągowiec)
	węglowy (karboński)	górny karbon dolny „ (kulm)
	dewoński	górny dewon średni „ dolny „
	sylurski	górny sylur dolny „
	kambryjski	górna średnia dolna
eozoiczna		
archaiczna		

tworzyły się w pewnym czasie, który nazywamy erą, w podobny sposób odpowiada czasowo systemowi perjod, serji epoka, a piętru wiek. Najniższą jednostką stratygraficzną jest poziom, czyli szereg warstw mających identyczną faunę, oznaczany zwyczajnie od cechującej go skamieliny, np. poziom z *Pteroceas Oceani*. Nie ustalono nazwy dla oznaczenia czasu, w którym tworzyły się warstwy jednego poziomu, proponowano nazwę hemera, możnaby go nazwać dobą.

Podajemy na str. 179 używany podział na ery, perjody i epoki. W szczegółach nie wszędzie osiągnięto jednolitość zapatrywań, gdyż np. niektórzy jednoczą perjod węglowy i permski w jeden, nazywając go antrakolitowym, a w podobny sposób także kambryjski i sylurski, podczas gdy inni geologowie wydzielają dolną jurę, czyli lias jako perjod odrębny, używając nazwy jury tylko dla pozostałej reszty. Dla piąter (wiek) używano całego szeregu nazw lokalnych, zwyczajnie w przymiotnikowem brzmieniu, np. frasnien, sequanien, tortonien, a ponieważ szereg autorów postępował dowolnie, wytworzył się pod tym względem zamęt utrudniający orjentację.

Wiemy już, że wiek warstw oznaczamy na podstawie skamielin [1]), wychodząc z tego założenia, że te same skamieliny charakteryzują równowiekowe pokłady, odmienne zaś — różnowiekowe. Zdanie to, naogół prawdziwe, wymaga jednakowoż pewnego zastrzeżenia. Nie wszystkie gatunki ulegają stosunkowo szybkim zmianom, gdyż są także okazujące długotrwałość nawet tak dalece idącą, że przez kilka perjodów nie zmieniają się wcale. Otwornice, niektóre korale, ramienionogi należą do istot, u których zmienność czasowa jest naogół mała, natomiast mięczaki, zwierzęta kręgowe, zwłaszcza pierwsze, znajdujące się w warstwach skalnych w bardzo wielkiej ilości gatunków i osobników, okazują znaczną krótkotrwałość.

Zmienność form zwierzęcych i roślinnych jest w znacznej mierze spowodowana przez zmianę warunków, wśród których zwierzę żyje. Jeżeli te warunki pozostają te same, nie zmieniają się również formy zwierzęce, przeciwnie prawie bez zmiany żyją przez długie okresy czasu. W wielkich głębinach mórz są warunki fizyczne (światło, temperatura, ciśnienie) zawsze jednakowe, mało zmienia się więc ich fauna, jak to wykazały połowy wypraw naukowych, które znalazły w znacznych głębokościach formy przypominające nam bardzo stare typy. Zrozumieć przeto można łatwo, że formy głębinowe mają małą wartość jako skamieliny przewodnie, że natomiast formy przybrzeżne, dla których zarówno temperatura, jak ciśnienie, a często także zawartość soli ulegają wahaniom, zmieniają się szybciej, wobec czego lepiej mogą służyć do oznaczania wieku warstw.

[1]) Skamieliny te muszą być w warstwach, w których pierwotnie złożone zostały, czyli na złożu pierwszorzędnem, a nie wymyte z warstw starszych (złoże drugorzędne), takie poznać po zniszczonych kształtach i startej powierzchni.

W równoczasowych warstwach nie są zawsze skamieliny jednakowe, gdyż różni je facja utworów. W tym samym czasie bywają złożone zarówno utwory litoralne, jak też przybrzeżne i głębinowe, a fauna każdych z nich jest w znacznej mierze różna. Rozmaite fauny warstw sylurskich Podola, opisywanych jako warstwy z Iwania, Czortkowskie, Borszczowskie i Skalskie, byłyby wedle Siemiradzkiego częściowo równowiekowe, lecz różne facjalnie.

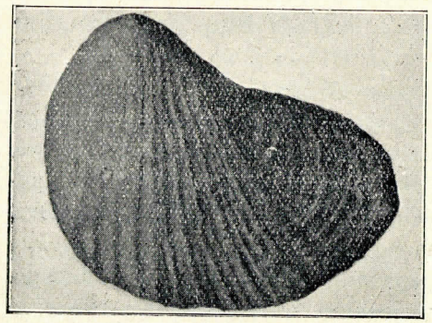
Rozmaity charakter mają także równoczasowe utwory ze względu na rozmaite rozmieszczenie geograficzne zwierząt. Jeżeli znajdujemy na obszarach dzisiaj od siebie oddalonych tę samą florę, lub faunę lądową, przypuszczamy, że obszary te tworzyły jednolite kontynenty. W południowej Afryce, w Indjach Wschodnich, w części Australji, także w Brazylji, poznano w warstwach systemu węglowego i permskiego swoistą florę, nazwaną od charakterystycznej paproci glossopterysową. Widocznie w ówczesnych czasach nie były te lądy jeszcze rozdzielone, lecz tworzyły jednolity kontynent. Północna Ameryka i Europa mają wspólne liczne zwierzęta ssące, np. konie, których kopalne szkielety znaleziono w obu częściach świata. Także inne grupy zwierząt przemawiają za tem, że Amerykę Północną i Europę łączył kiedyś ląd, który z biegiem czasu zapadł się pod powierzchnię morza. Ten dawny kontynent nazwano Atlantydą.

Na podstawie skamielin lądowego pochodzenia możemy zestawić rozmiary i kształty dawniejszych lądów, naodwrót na podstawie skamielin morskich kreślimy zarysy mórz dawnych. W ten sposób jest także jednem z zadań geologji historycznej przedstawienie wzajemnego stosunku kontynentów i mórz w rozmaitych okresach geologicznych.

W morzu Czerwonem, które tylko wąski przesmyk Sueski oddziela od morza Śródziemnego, żyje zupełnie inna fauna, niż w ostatniem. Po przekopaniu kanału rozpoczęła się wędrówka zwierząt morskich, ale tylko w skromnych rozmiarach, gdyż naturalnie tylko zwierząt żyjących w nieznacznej głębokości. Jeżeli znajdujemy w pokładach równowiekowych, o równej facji, fauny o różnym charakterze, jest zwyczajnie ten objaw tem spowodowany, że osady te powstały w morzach nie pozostających ze sobą w związku. Jura i kreda Tatr, również Alp, ma inny charakter niż krakowsko-wieluńskiego pasma i przyległych obszarów, a tych ostatnich zgadza się z równoczasowemi utworami Niemiec, Anglji i Francji. Wyróżniamy przeto w obu systemach obszar południowo-europejski, obejmujący także Alpy i Karpaty i obszar środkowo-europejski, który zalewało morze, sięgające od Anglji przez Belgję i Niemcy aż do Polski.

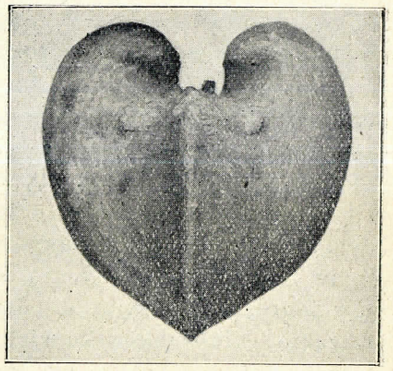
Geologja historyczna bada wobec tych wywodów równocześnie rozwój i rozmieszczenie istot organicznych od czasów najdawniejszych, aż do obecnej doby. Otrzymany obraz jest w każdym razie niezupełny,

ponieważ tylko część zwierząt pozostawiła w warstwach skalnych ślady po sobie. Rośliny i zwierzęta żyjące na lądzie ulegają po śmierci rozkładowi tak zupełnie, że nawet z twardych ich części, jak kości i skorupy, nic się nie zachowuje. Jeżeli jednakowoż ich ciała dostały się do wody i zostały namułem przykryte, wówczas dla braku dostępu powietrza zachowują się zwyczajnie twarde ich szkielety. Natomiast są całe działy zwierząt nie mających twardych szkieletów, a z tych po śmierci nic się zachować nie może, zaliczymy tutaj np. większą część pierwotniaków, meduzy, prawie wszystkie robaki, część mięczaków i osłonice. Ponieważ ciała zwierząt lądowych wyjątkowo tylko dostają się do wody, przeto rzadko kiedy zachowały się ich resztki, skamielin dostarczyły więc przedewszystkiem zwierzęta wodne, zarówno słodkowodne, jak morskie; ostatnie z nich, jako najczęstsze, mają dla geologa pierwszorzędne znaczenie.



Ryc. 170. **Odcisk małży** z rzeźbą zewnętrzną. *Pholadomya alpina*—miocen. Tarnoruda.

Skamielinami są z reguły szkielety, skorupy i pancerze wapienne, lub krzemionkowe zwierząt, także ich kości. Często wytworzyły się w namule otaczającym odciski ciał roślinnych, czy zwierzęcych, np. odciski liści, lub skorup mięczaków, które okazują zewnętrzną rzeźbę skorupy (ryc. 170). Często dostawał się ił także do wnętrza skorup i twardnąc tworzył ośródkę (odlew wewnętrzny, ryc. 171) okazującą wewnętrzną rzeźbę skorupy. Nie wszystkie skorupy zachowują się jednakowo łatwo, złożone z aragonitu łatwiej zostają rozpuszczone, niż mające kalcytową skorupę. Nierzadkim jest wypadkiem, że substancja mineralna (wapień, krzemionka, piryt) zastąpiła tak dokładnie gnijącą substancję zwierzęcą, czy roślinną, że zachowały się bardzo dokładnie nie tylko zewnętrzne kształty, ale także jej budowa wewnętrzna dająca się śledzić nawet pod mikroskopem, np. u skrzemieniałych pni drzewnych.



Ryc. 171. **Ośródka małży**. *Isocardia* cor. miocen. Karaczynów k. Lwowa.

W pokładach skalnych leżą więc pogrzebane resztki dawnej flory i fauny, lecz poznać możemy małą część ich tylko. Odsłaniają się

warstwy skalne w naturalnych odkrywkach (parowy, zbocza gór, koryta rzek), albo w sztucznych (kopalnie, łomy, rowy kopane) i tam też tylko skamieliny odszukać możemy. W porównaniu do olbrzymich obszarów zajętych przez dawne osady, stanowią odkrywki warstw tylko niepozorny ich ułamek, a jest on jeszcze mniejszym, jeżeli pamiętamy o tem, że znaczna część dawnych osadów leży przykryta wodami oceanów.

Ryc. 172. **Szereg form** od *Paludina Neumayri* (1—5) do *P. Hoernesi* (17) z warstw paludynowych Slawonji. (Z Neumayra).

Mimo tych trudności, poznana ilość wygasłych gatunków przewyższa znacznie ilość gatunków obecnie żyjących. Jest to rzeczą naturalną, ponieważ dzisiejszy świat zwierzęcy i roślinny należy do ostatniej, naj-

krótszej doby geologicznej, a paleontologja bada fauny wszystkich geologicznych perjodów. Dążeniem paleontologji jest nie tylko rozpoznanie i opisanie wygasłych gatunków, ale także ułożenie dla nich szeregów rozwojowych. W niejednym wypadku zdołano je zestawić (ryc. 172), chociaż nie brakło przesady w tym względzie. Czasem stwierdzono w warstwach nad sobą leżących formy pośrednie między dwoma gatunkami: starszym i młodszym, a w myśl terminologji Waagena [1]), nazywamy je mutacjami *(mutatio)* w odróżnieniu od form przejściowych pomiędzy dwoma równoczasowemi gatunkami, które noszą nazwę odmiany *(varietas)*.

Nie należy przypuszczać, jakoby warstwy pewnego wieku były rozpostarte na całej powierzchni ziemi. Ponieważ osady są przeważnie pochodzenia morskiego, przeto tam tylko znajdziemy np. sylurskie warstwy, gdzie wówczas było morze. Bardzo nieliczne są wypadki, aby morze zalewało przez czas dłuższy ten sam obszar, abyśmy więc na nim po cofnięciu się morza znaleźć mogli warstwy w kilku po sobie następujących perjodach powstałe. Z wieku warstw nadległych wnioskujemy o losach geologicznych okolicy. Jeżeli np. nad Dniestrem koło Zaleszczyk znajdujemy na skałach górnosylurskich dewońskie, na nich górnokredowe, a wreszcie mioceńskie, wnioskujemy, że Podole było zalane w sylurze i dewonie przez morze, które potem cofnęło się tak dalece, że przez wszystkie dalsze perjody geologiczne było lądem zanurzonym znowu podczas górnej kredy w fale oceanu. Niedługo trwał ów zalew; już z początkiem trzeciorzędu było Podole lądem stałym, chociaż jeszcze na czas krótki, bo podczas mioceńskiej doby, dostało się morze z powrotem w te miejsca.

Zwyczajnie bywała okolica kolejno lądem i morzem, dlatego też warstwy skalne różnych perjodów leżą niezgodnie na sobie. Nie zawsze jest niezgodność wyraźną; przy poziomem ułożeniu całego szeregu warstw trudno ją nieraz zauważyć, o ile warstwa transgredująca nie rozpoczyna się żwirami. W niejednym wypadku dowodzą nam dopiero skamieliny, odmienne w warstwach na sobie leżących, że mamy przed sobą niezgodność ułożenia.

Zbadawszy teren pod względem budowy, kreślimy jego mapę geologiczną. Na niej zaznaczamy różnemi kolorami różnowiekowe warstwy, a równowiekowe temi samemi; skały wybuchowe wydzielamy osobno. Jeżeli mapa nie jest odkrytą, widzimy starsze warstwy skalne tylko przeważnie w dolinach rzecznych, lub na zboczach gór, przyczem na obszarach o warstwach poziomo ułożonych widzimy, im niżej, tem starsze

[1]) W innem znaczeniu wprowadził później ten termin de Vries, w każdym razie znaczenie terminu Waagena ma pierwszeństwo.

w dolinach rzek warstwy (ryc. 12), natomiast w górach pasmowych najstarsze na szczytach siodeł, a najmłodsze w łękach (ryc. 27). Odkrytą jest mapa, jeżeli na niej opuszczamy warstwy najmłodsze, przeważnie czwartorzędowe, a przedstawiamy taki obraz kraju, jakibyśmy zobaczyli, gdyby najmłodsze utwory zostały usunięte. Zwyczajnie kreślimy mapy półodkryte, czyli opuszczamy tam najmłodsze, plejstoceńskie i aluwjalne, utwory, gdzie one są nieznacznej miąższości, albo gdzie głębszy, na powierzchni nie występujący poziom zaznaczyć chcemy.

ERA ARCHAICZNA.

Spąg skał osadowych, zawierających resztki organiczne, tworzy potężny pokład skał zwięzłych (gnejsy, łupki łyszczykowe), które wedle niektórych autorów częściowo może odpowiadałyby pierwotnej skorupie ziemi. Dla braku skamielin nazwał je Murchison (w r. 1845) grupą azoiczną; jako najstarsze utwory otrzymały też nazwę grupy archaicznej [1]).

Grupa ta odpowiada okresowi, w którym zaczęła się tworzyć twarda skorupa ziemi, a kończy się z pojawieniem wyraźnych resztek istot organicznych. Z początku nie było jeszcze wody na ziemi, gdyż cała jej ilość była zawartą w atmosferze, a dopiero później z obniżeniem się temperatury ziemi powstały zbiorniki wodne i wtedy dopiero mogły się tworzyć skały osadowe. W erze archaicznej moglibyśmy więc wyróżnić perjod bezwodny i młodszy, w którym istniała już woda, chociaż jej temperatura była zbyt wysoką, aby życie organiczne pojawić się mogło.

Ponieważ temperatura powietrza była wówczas bardzo wysoką, a grubość jego słupa znaczną i ponieważ nadto zawartość gazów w atmosferze (para wodna, bezwodnik węglowy) była znacznie większą niż obecnie, przeto ciśnienie, które wywierało powietrze, było bardzo znaczne, wyrzucane wówczas skały wybuchowe zastygały więc zwolna, przybierając jawnokrystaliczną budowę. Także pierwsze osady tworzyły się w innych, jak późniejsze, warunkach, stawały się przeto zwięzłe i do pewnego stopnia krystaliczne, co widzimy na łupkach krystalicznych. Były także wówczas typowe skały osadowe (zlepieńce w Finlandji), chociaż ich lepiszcze uległo krystalizacji.

Jako najstarsze leżą utwory archaiczne najgłębiej, nic więc dziwnego, że uległy naciskowi skał wyższych i że z tej przyczyny jeszcze więcej zmienione zostały (dynamometamorfizm). Jeżeli dodamy, że już w bardzo dawnych czasach podległy ruchom górotwórczym i że w późniejszych ruchach tego rodzaju udział brać musiały, zrozumiemy łatwo, jak znaczne były przeobrażenia, którym kolejno ulegały.

[1]) Nazwy tej użył po raz pierwszy geolog amerykański Dana w r. 1876.

Miąższość skał archaicznych jest bardzo znaczna, dlatego też prawdopodobnie okres czasu, odpowiadający ich powstaniu, jest większy od tego, w którym wytworzyły się wszystkie inne, młodsze utwory.

Skały archaiczne tworzą obszerne masy skalne, jak masyw skandynawsko-finlandzki (tarcza bałtycka), czeski, ukraińsko-wołyński, kanadyjski, brazylijski, lub środkowo-afrykański, z nich są utworzone także środkowe partje gór pasmowych (Alpy, Tatry), chociaż znaczna część utworów uważanych za archaiczne jest znacznie młodszego wieku.

Ze skał jest najczęstszą gnejs, nadto łupek łyszczykowy z różnemi odmianami, jak łupek talkowy, chlorytowy, grafitowy, są tu też najstarsze skały wybuchowe, zwłaszcza granit, dioryt, gabro.

Zupełny brak skamielin jest znamienną cechą grupy archaicznej. Wprawdzie znaleziono w r. 1862 w Kanadzie wśród marmurów, wtrąconych w gnejsy, zagadkowe konkrecje serpentynowe, które uważano za wypełnienie komór olbrzymiej otwornicy, nazwanej *Eozoon canadense*, jednakowoż później (Moebius) przekonano się, że owe konkrecje nie są wcale organicznego pochodzenia. Wśród skał archaicznych zawarty grafit i wapień nie dowodzą koniecznie obecności roślin w tej erze, jak dawniej sądzono, gdyż grafit mógł także powstać bez współdziałania roślin (grafity żyłowe na Cejlonie), a wapienie mogą powstawać także drogą chemiczną, chociaż powstanie ich bez współdziałania roślin jest nader rzadkie. Teoretycznie przypuścić możemy, że po pojawieniu się zbiorników wodnych było już życie organiczne w tej erze, na co wskazuje nieliczny, ale i wyższe typy obejmujący świat zwierząt ery następnej.

Nie każdy łupek krystaliczny, również nie wszystkie gnejsy i granity są archaicznego wieku, przeciwnie, znane są łupki łyszczykowe, zawierające skamieliny sylurskie, a nawet szczątki roślin węglowych, granity zaś bywają rozmaite, gdyż znane są nawet trzeciorzędowe, wobec czego określenie skały jako archaicznej jest często bardzo trudne. Wyjątkowe są wypadki, np. w Kanadzie, gdzie na archaicznych, pogiętych skałach leżą niezgodnie algonkjańskie, zaczynające się zlepieńcami, z reguły brak nam danych, któreby dozwoliły rozeznać skałę jako archaiczną.

Podział grupy archaicznej na części polega na nader niepewnych podstawach, ponieważ brak skamielin. Wyróżniono jedynie wedle petrograficznego materjału starszy poziom gnejsowy i młodszy, złożony przeważnie z łupków krystalicznych.

Rozmieszczenie grupy archaicznej. Studja nad skałami tej grupy rozpoczęły się w Ameryce Północnej, zwłaszcza w Kanadzie, gdzie między rzekami św. Wawrzyńca i Mackensie, otoczone po brzegach utworami paleozoicznemi, wychodzą skały archaiczne na powierzchnię, tworząc „tarczę kanadyjską", wedle terminologji Suessa. Już około r. 1850 wydzielił wśród nich Logan oddział starszy, złożony przeważnie z gnej-

sów, zwany laurentyjskim i młodszy z łupków łyszczykowych i fyllitów, zwany hurońskim, oba niezgodnie na sobie leżące. Późniejsze badania wykazały, że oddziału hurońskiego nie należy już zaliczać do grupy archaicznej, lecz do wyższej algonkjańskiej. W obrębie laurentyńskich utworów wyróżniono część starszą, składającą się przeważnie z gnejsów i młodszą, która obok nich zawiera łupek łyszczykowy i amfibolowy.

Gnejsy archaicznego wieku zajmują północną Szkocję i Hebrydy, a oddzielony dyslokacją Glenu, leży na południe drugi pas takich samych, silnie pofałdowanych utworów, między któremi jest więcej łupków krystalicznych. Przedłużenie obu tych pasów znajduje się w północnej Norwegji i na Lofotach.

W Finlandji i na półwyspie Skandynawskim rozpostarły się szeroko skały archaiczne, a w nich wyróżniono, licząc od góry ku dołowi:

3) grupę bottnijską (bottnien)
2) „ Ładogi (ladogien)
1) „ katarchaiczną.

Każdy z tych oddziałów leży na drugim niezgodnie, a bottnijski dzieli od wyżej leżącego algonkjanu bardzo wyraźna transgresja.

Inne występowania skał archaicznych w Europie są wątpliwe, chociaż na mapach zaznaczane bywają np. w masywie Centralnym Francji, Armorykańskim, Wogezach, a również w Alpach i Karpatach; znajdują się jednakowoż w każdym razie w Czechach i w Turyngji.

Poza wschodniemi granicami Polski leży obszerna płyta granitowa ukraińsko-wołyńska. Najsilniej na północnym zachodzie wzniesiona, obniża się zwolna ku południowi, a jakkolwiek granity wychodzą, zwłaszcza na północy, na powierzchnię, przecież przykryte zwyczajnie najmłodszemi utworami odsłaniają się dobrze jedynie w jarach rzek tamtejszych (Słucz, Teterów, Dniestr, Boh, Dniepr i ich dopływy), których bieg nieraz zwężają i czynią nieprzydatny do żeglugi (porohy Dnieprowe). Naogół uległa płyta podolska nieznacznym zaburzeniom, zauważyć się jednakowoż na niej dają słabe wypiętrzenia biegnące w dwu kierunkach, t. j. z NW ku SE i z NE ku SW, pierwsze sfałdowanie jest zapewne przedkambryjskie, drugie zaś sylurskie. Później nastąpiły dyslokacje w kierunku NW ku SE, które nie wytworzyły fałdów, lecz uskoki i zapadnięcia; Karpiński odnosi je do tych samych ruchów górotwórczych, które wypiętrzyły góry Świętokrzyskie.

Najpospolitszą skałą są tu czerwone i szare granity, należące do kategorji granitytów [1]), oprócz tego granity amfibolowe i muskowitowe, nadto gnejsy. Wszystkie te skały są poprzerzynane żyłami skał wybu-

[1]) Tą nazwą obejmujemy granity, zawierające z łyszczyków tylko biotyt.

chowych, które są częste na Wołyniu w powiecie owruckim. Wśród nich możemy wyróżnić noryty [1]), z których noryt oliwinowy, także labradorytem zwany, dla pięknego tęczowania bywa często używany na pomniki, są także porfiry, porfiryty i dioryty. Skały te wydobyły się na powierzchnię w czasach jeszcze przedpaleozoicznych.

Do zachodnich granic Polski zbliżają się wschodnie części Sudetów, zbudowane z gnejsów, granitytów, łupków łyszczykowych i t. p. Część tych silnie zmienionych i pofałdowanych utworów należy jednakowoż już do grupy algonkjańskiej.

W Polsce znajdują się skały może archaiczne w Tatrach, tworząc, jak już wiemy, ich środkowe partje (por. ryc. 6, 41, 166 i 167). Przewagę mają tu granity i one tworzą śmiałe szczyty tych gór. Gnejsy i łupki krystaliczne zajmują przeważnie południowo-zachodnią część Tatr, a w północnej podrzędną tylko odgrywają rolę.

Nie wiemy, czy granity tatrzańskie są azoicznego wieku, pewnem jest tylko, że wiek ich jest starszy od permskiego, gdyż permskie kwarcyty spoczywają niezgodnie na granitach.

[1]) Odmiana gabra.

ERA ALGONKJAŃSKA.

Wydzielenie tej grupy jako samoistnej nastąpiło dopiero przed niespełna 30 laty, nazwa jej pochodzi od nazwy szczepu Indjan. Wiemy już, że geologowie amerykańscy uważali ją pod nazwą huronu tylko za oddział ery archaicznej.

Pierwsze ślady życia organicznego znajdują się tutaj i dlatego też nazwano tę erę także eozoiczną [1]). Resztki organiczne są rzadkie, a należą do kilku typów zwierzęcych. W Bretanji znaleziono otwornice, gąbki i radjolarje, w Północnej Ameryce także resztki robaków, ramienionogi, wątpliwe ślimaki, nawet resztki raków z wygasłego rzędu trylobitów. Naogół są skąpe te ślady organiczne, co zrozumiemy łatwo, jeżeli uwzględnimy, że skały algonkjańskie, jako bardzo stare, uległy silnemu metamorfizmowi, wskutek czego zostały resztki organiczne zmienione, albo nawet zupełnie zniszczone. Obecność pomiędzy niemi kilku typów zwierzęcych dowodzi, iż era algonkjańska odpowiada długiemu okresowi czasu, podczas którego rozwój świata od istot najprostszych doszedł już do form nieco wyższych. Pokłady antracytu dowodzą obecności roślin, chociaż nie znamy ich resztek.

Pod względem litologicznym charakteryzuje grupę algonkjańską obecność typowych skał osadowych, jak zlepieńce, piaskowce, kwarcyty. Na piaskowcach znać nieraz pręgi faliste, ślady pełzania zwierząt, bezładne warstwowanie i t. p.

W erze algonkjańskiej miała już skorupa ziemi znaczniejszą grubość, a ciepło wnętrza ziemi nie oddziaływało prawdopodobnie na klimat ziemi. Wybuchy wulkaniczne były obfite, oprócz rozległych wylewów szczelinowych tworzyły się też żyły i pnie skał wybuchowych.

Ponieważ resztki organiczne należą w skałach algonkjańskich do wielkich rzadkości, przeto nie zawsze można je oddzielić od wyżej leżących paleozoicznych i spągowych archaicznych. Tylko tam, gdzie wyraźna niezgodność oddziela je u spodu i u góry od otaczających utworów, nie jest wyróżnienie trudne. Owe niezgodności ułatwiają też podział warstw algonkjańskich na poziomy, które w braku skamielin mają tylko względne znaczenie.

---

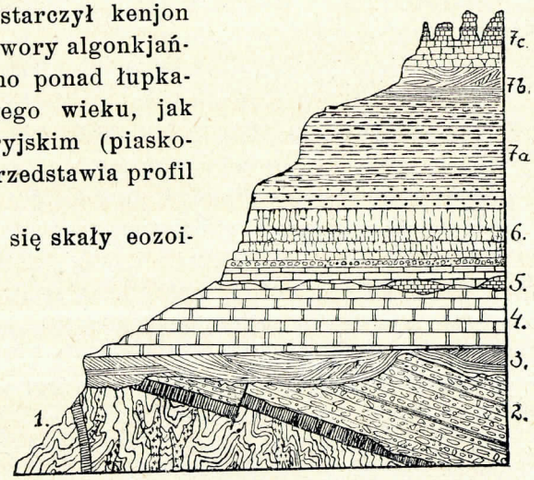
[1]) Nazwa z języka greckiego: eos — jutrzenka i zoon — zwierzę.

Rozmieszczenie grupy algonkjańskiej. Najlepiej poznano tę grupę w Ameryce Północnej, w okolicy wielkich jezior, gdzie osiąga ona olbrzymią miąższość 20 km. Geologowie amerykańscy wydzielają tutaj od góry [1]):

I Keweenawan miąższości 15 km., utwór złożony naprzemian ze skał osadowych (piaskowców) i wybuchowych; tutaj znajdują się obfite złoża miedzi nad jeziorem Górnem.

II Huron, utworzony z kwarcytów, łupków i wapieni, a przerzynany żyłami skał wybuchowych. Ze względu na przerwy w ułożeniu, dzielą go na trzy poziomy (górny, środkowy i dolny), niezgodnie leżące na sobie. Miąższość huronu przenosi 5.000 m.

Typowych odsłonięć dostarczył kenjon rzeki Colorado, w którym utwory algonkjańskie leżą niezgodnie zarówno ponad łupkami krystalicznemi archaicznego wieku, jak też pod piaskowcem kambryjskim (piaskowiec Tonto). Rycina 173 przedstawia profil ściany kenjonu.



Ryc. 173. **Przekrój geologiczny Wielkiego Kenjonu rz. Kolorado.** 1—gnejs archaiczny, 2—algonkjańskie piaski i zlepieńce z żyłą diabazu u podstawy, 3 i 4—kambr (górny i dolny piaskowiec Tonto), 5—wapienie dewońskie, 6—karbon dolny, 7—karbon górny. (Wedle Frecha).

W Europie znajdują się skały eozoiczne prawie tam wszędzie, gdzie są archaiczne utwory. Znamy je w Skandynawji i Finlandji, w półn. Szkocji, w Anglji (Walja), Francji (Bretanja), w Niemczech (Góry Smereczane) i w Czechach. W Norwegji leży miejscami grupa eozoiczna nawet na sylurze z powodu silnego nasunięcia ku południowi. Wyróżniono w niej jako oddział młodszy formację Seve i starszy, zwany piaskowcem z Dalekarji (dalapiaskowiec). Ostatni tworzą różowe, zbite piaskowce, okazujące często pręgi faliste, Walther uważa je za utwór eoliczny, powstały w pustynnym klimacie. Dalapiaskowce, znajdujące się także w Szwecji, są wcale częste na niżu polskim między głazami narzutowemi.

Znaczne rozpostarcie i miąższość kilku kilometrów ma grupa algonkjańska w Finlandji i w przyległych obszarach Rosji i Szwecji, gdzie wyróżniono następujące oddziały oddzielone od siebie wyraźną niezgodnością:

---

[1]) We wszystkich tabelach podajemy najniżej warstwy najstarsze, a wyżej coraz młodsze.

3) jotnijski (jotnien)
2) jatulski (jatulien)
1) kalewjeński (kalévien).

W północnej Szkocji należą do tej grupy piaskowce z Torridon, które oddziela wyraźna niezgodność ułożenia od silnie pogiętych gnejsów archaicznych, a także od młodszych, kambryjskich utworów.

Era algonkjańska była dobą ruchów górotwórczych, które nie były tak silne, jak archaiczne, ale w każdym razie energiczne. Wówczas zostało wypiętrzone pasmo huronskie, ciągnące się w kierunku z SW ku NE od Kanady przez Hebrydy, północną Szkocję i Lofoty; wytworzone wypiętrzenia zostały jednakowoż w znacznej mierze zniszczone, wobec czego odcyfrować je trudno. Mówiliśmy już poprzednio, że płyta granitowa ukraińsko-wołyńska uległa w czasach przedpaleozoicznych wypiętrzeniom o kierunku NW—SE, a ten sam znajdujemy daleko na północy, na płycie Finlandji, której zapewne tylko przedłużeniem jest płyta południowo-rosyjska.

Przed 10 laty zauważono w dolnym huronie Kanady zlepieńce przypominające wyglądem materjał moreny dennej; na bryłach wśród nich znać wyraźne wygładzenia i rysy właściwe morenom. W różnych okolicach Stanów Zjednoczonych znaleziono podobne ślady lodowcowe i dlatego też geologowie amerykańscy przyjmują obecność najstarszej epoki lodowcowej już w tych zamierzchłych czasach. Naturalny stąd wniosek, że klimat ery algonkjańskiej był w tych okolicach niższy, niż obecny.

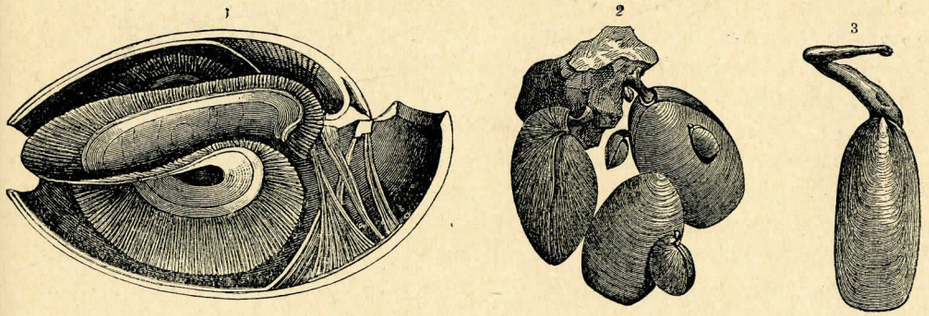
ERA PALEOZOICZNA.

PERJOD KAMBRYJSKI.

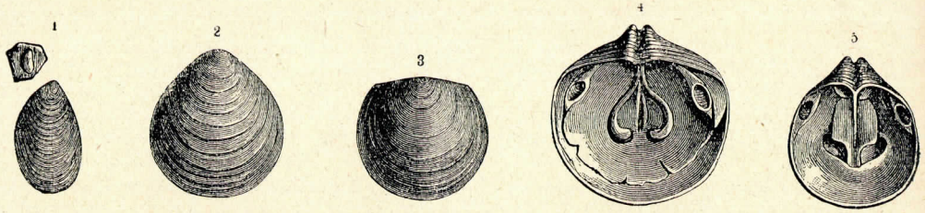
Nazwa perjodu przechodzi od dawnej nazwy Cambria, odpowiadającej dzisiejszemu hrabstwu Walji w Anglji. Użył jej w r. 1833 geolog angielski Sedgwick, który wspólnie z geologiem Murchisonem badał tamtejsze najstarsze paleozoiczne utwory, dla oznaczenia warstw starszych od syluru.

Fauna. Jest to pierwszy system, w którym znajdujemy oznaczalne skamieliny, dozwalające nam na podział oparty na podstawie paleontologicznej. Fauna jest naogół uboga, zwłaszcza w porównaniu z następnym, sylurskim systemem, a stanowią ją niektóre grupy zwierząt morskich, jak meduzy, gąbki, ślimaki, małże, ramienonogi, raki i robaki. Najliczniejsze i dla stratygrafji pokładów najważniejsze są ramienonogi i trylobity, tym więc zwierzętom przypatrzymy się nieco bliżej.

Ramienionogi (Brachiopoda) są gromadą zwierząt, które, podobnie jak mięczaki, mają ciało, tkwiące w dwu skorupach, lecz nie w prawej i lewej, jak u małży, ale w górnej i dolnej. Ostatnia, zwana



Ryc. 174. 1) **Ramienionóg** *(Waldheimia)* w przekroju, u dołu—wypukła skorupa brzuszna, u góry—grzbietowa, wewnątrz—widoczne spiralne ramiona i mięśnie otwierające i zamykające skorupy, 2) *Terebratula* obecnie żyjąca, przytwierdzona trzonkiem do skały, 3) *Lingula*, obecnie żyjąca z trzonkiem. (Z Neumayra).

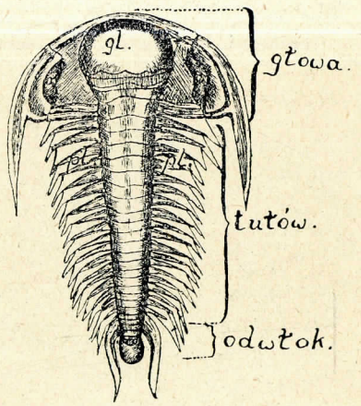


Ryc. 175. **Ramienionogi kambryjskie.** 1) *Lingulella ferruginea*, wielk. natur. i powiększona. 2–5) *Obolus Apollinis* pow. (Z Neumayra).

Ryc. 176. *Lingula Vistulae* Gür. Okolica Sandomierza, per. kambryjski. U góry—okaz 3 razy powięk., u dołu — część skorupy 30 r. pow. (Z Güricha).

także brzuszną, jest silnie wypukła i przedłuża się w dziób opatrzony otworem, przez który zwierzę wysuwa mięsisty trzonek, służący mu do przyczepiania się (ryc. 174). Do oddechania służą im płatki przytwierdzone do wapiennych ramion rozmaitego kształtu. Obecnie nie są ramienionogi częstemi zwierzętami, lecz znacznie rzadszemi jak małże, w najdawniejszych perjodach geologicznych przeważały natomiast nad niemi wyraźnie. Ryc. 175 i 176 przedstawiają nam niektóre ramienionogi kambryjskie.

Trylobity są wygasłym, jedynie na paleozoiczną erę ograniczonym rzędem skorupiaków; między żyjącemi przypomina nam go nieco skrzypłocz, czyli rak molucki *(Limulus)*, żyjący w oceanie Indyjskim, chociaż wedle nowszych spostrzeżeń (budowa odnóży) więcej są one zbliżone do raków liścionogich *(Phyllopoda)*, których przedstawicielką jest np. żyjąca w wodach naszych przekopnica *(Apus)*. Ciało trylobitów dzieliło się na głowę, tułów i odwłok (pygidium), tułów składał się z licznych pierścieni, odwłok zaś, czyli tarcza ogonowa, tylko z jednego (ryc. 177). Dwie podłużne bróżdy dzielą ciało trylobitów na trzy części (stąd ich nazwa), na tarczy głowowej wyróżniamy wskutek tego część środkową (glabella) i boczne lica, na których umieszczone są oczy; często tarcza głowowa wydłuża się po bokach w dwa duże kolce. Podłużne bróżdy sprawiają, że pierścienie tułowia dzielą się na pole środkowe i dwa pola boczne, czyli pleury, a tak samo i odwłok. Ciało trylobitów pokrywał z wierzchu pancerz, który, jako twardy, zachował się je-

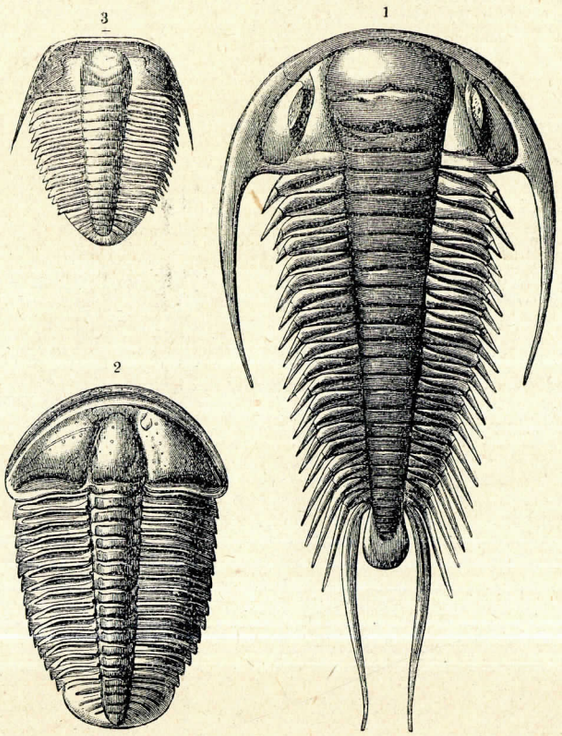


Ryc. 177. **Trylobit** *(Paradoxides bohemicus)*, gl—glabella, pl—pleurae.

dynie po zgniciu części miękkich. Przeważnie miały te zwierzęta silnie rozwinięte oczy złożone z licznych drobnych oczek. Wyjątkowo dobrze zachowane okazy nauczyły nas, że na spodniej stronie pierścieni tułowia miały trylobity rozwidlone odnóża.

Ponieważ pierścienie tułowia były zestawione ruchomo, przeto mogły się te zwierzęta zwijać w podobny sposób, jak np. wije. Był to środek obronny, gdyż wskutek tego chowały zwierzęta miękki spód ciała. U kambryjskich trylobitów nie znajdujemy jeszcze gatunków mających zdolność zwijania, lecz występuje ona dopiero u sylurskich.

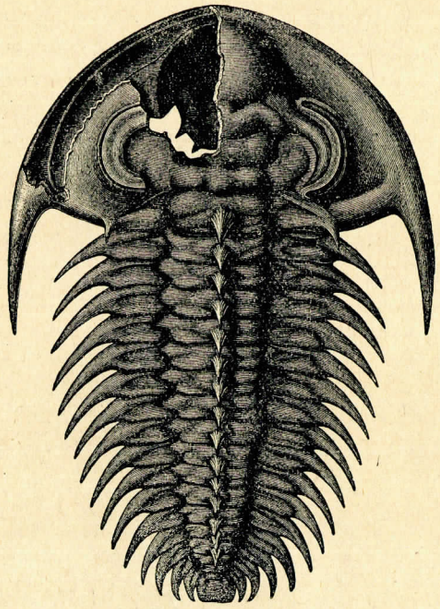
U wielu kambryjskich trylobitów zauważono brak oczu, wobec czego przypuszczano, że były to zwierzęta głębinowe, u których, jak wiemy, zanikają oczy jako narząd niepotrzebny. Jednakowoż jakość osadów skalnych, wśród których się te skamieliny znajdują, nie zgadza się z tem przypuszczeniem. Prawdopodobnie żyły te zwierzęta w wodach mulistych, zatraciły więc wzrok ze względu na brak światła w mętnem środowisku.



Ryc. 178. **Trylobity kambryjskie.** 1—*Paradoxides bohemicus.* 2—*Conocoryphe* z Czech. 3—*Olenus truncatus* ze Szwecji. (Z Neumayra).

Z początkiem perjodu kambryjskiego są już trylobity dobrze rozwinięte. Niektóre rodzaje znajdują się na znacznych przestrzeniach tylko w pewnych piętrach kambryjskiego systemu, mają więc doniosłe znaczenie stratygraficzne; rodzaj *Olenellus* (ryc. 179) znajduje się tylko w dolnym kambrze, *Paradoxides* (ryc. 178) przeważnie w środkowym, a *Olenus* (ryc. 178) w górnym.

Z innych działów zwierzęcych nie spotykamy wiele resztek. Pojawiły się gąbki, wygasły rząd jamochłonnych zwany graptolitami, który później opiszemy, żyły meduzy, po których zachowały się odlewy jamy



Ryc. 179. **Olenellus Kjerulfi.** Po stronie lewej usunięto część tarczy głowowej, aby uwidocznić wargę górną po stronie dolnej. (Z Neumayra).

chłonnej, opisywane jako *Medusina costata*, były nieliczne ślimaki i małże, znamy też ślady pełzania robaków i podobne nieoznaczalne resztki.

Nie znamy wyraźnych skamielin roślinnych z pokładów kambryjskich, niektóre odciski tłumaczono jako wodorosty. W każdym razie obecność nieco już urozmaiconej fauny wskazuje na to, że musiały istnieć rośliny, które były pokarmem tych zwierząt.

ROZMIESZCZENIE GEOGRAFICZNE.

W Anglji, gdzie po raz pierwszy wydzielono system kambryjski, rozpada się on, jak w innych krajach, na trzy piętra scharakteryzowane różnemi rodzajami trylobitów (piętro z *Olenus*, *Paradoxides* i *Olenellus)*. Jak wszędzie, wydzielono i tutaj szereg lokalnych poziomów, wskutek czego schemat podziału przedstawia się w następujący sposób:

kamber górny	{	łupek z *Dictyograptus* [1])
	{	łupki z *Lingula*
„ środkowy	{	menevian
	{	łupki z Llanberis
	{	grupa Solva
„ dolny	{	grupa Caerfai
	{	Serpulite grit

Łupki z *Lingula* odznaczają się olbrzymią ilością osobników ramienionoga *Lingulella Davisii*, łupki zaś *Dictyograptus* graptolita tej nazwy *(Dictyograptus flabelliformis* Eichw.). Ponieważ skamielina ta ma bardzo znaczne rozprzestrzenienie, przeto są te łupki, znajdujące się na granicy systemu sylurskiego i kambryjskiego, ważnym poziomem stratygraficznym.

[1]) Poziom ten bywa zwyczajnie zaliczany do dolnego syluru.

W Szwecji i Norwegji [1]) są utwory kambryjskie niewyruszone z pierwotnego położenia jak w Anglji, lecz ułożone poziomo. Najniższy poziom tworzą tu piaskowce, z których dolne nazwano piaskowcami z *Eophyton*, wyższe zaś piaskowcami fukoidowemi. Są one utworem przybrzeżnym, gdyż zawierają liczne ślady pełzania istot morskich i t. p. W nich znaleziono najstarszego trylobita *Mickwitzia monilifera*, a wyżej jeszcze również znamiennego trylobita *Olenellus Kjerulfi*. Wyższy poziom tworzą wapienne łupki iłowe, zwane łupkami ałunowemi, które dzielą się na najniższy poziom z *Paradoxides*, wyższy z *Olenus* i najwyższy z *Dictyograptus*.

W prowincjach bałtyckich leży system kambryjski na brzegach tarczy bałtyckiej, podczas gdy jej środek (Finlandja) jest od nich wolny. Naogół jest on rozwinięty w podobny sposób, lecz poziom najniższy tworzy tu plastyczny ił niebieski. Charakterystycznem zjawiskiem są nader stare, nie stężałe osady, lecz tak miękkie, że zawarte w nich skamieliny z łatwością wydobywać można. Wyżej leżą iły i piaskowce zawierające trylobita *Olenellus Mickwitzi* charakterystycznego dla dolnokambryjskiego piętra, a nad niemi piaskowce zawierające obficie ramienionoga *Obolus Apollinis*. Ponieważ odciski mięśniowe na skorupie mają u niego kształt podkowy, przeto warstwy te nazwano ungulitowemi [2]). Najwyżej leży warstwa z *Dictyograptus flabelliformis*, którą znamy już jako graniczną. Warstwy z *Olenellus Mickwitzi* i warstwy ungulitowe nie leżą zgodnie na sobie, gdyż ostatnie należą już do górnego kambru, brak tu więc całego środkowego oddziału tego perjodu.

W Europie środkowej znajdują się utwory kambryjskie w masywie Centralnym Francji, Armorykańskim, w Hiszpanji, Wogezach, w Niemczech (Turyngja, góry Smereczane) i w Czechach.

Czechy są krajem, w którym warstwy paleozoiczne już dawno dobrze poznane zostały dzięki badaniom Joachima Barrande'a w połowie zeszłego wieku. Zajął on się opisaniem warstw staropaleozoicznych Czech, które uważał za sylurskie, dlatego też klasyczne jego dzieło ma tytuł „Système silurienne du centre de la Bohême". Najstarsze warstwy Czech tworzą łęk o osi biegnącej w kierunku północnowschodnim, postępując więc od brzegów synklinali ku środkowi napotykamy na coraz młodsze warstwy. Barrande podzielił cały utwór staropaleozoiczny Czech na piętra, które oznaczył wielkiemi literami alfabetu, a poddziały cyframi.

Najstarsze, eozoiczne skały, zwane łupkami z Przybramu, tworzą piętro A Barrande'a, wyżej leżąca szarowaka [3]) z Przybramu piętro B, w niej zdołano dopiero później odkryć nieliczną faunę złożoną z trylo-

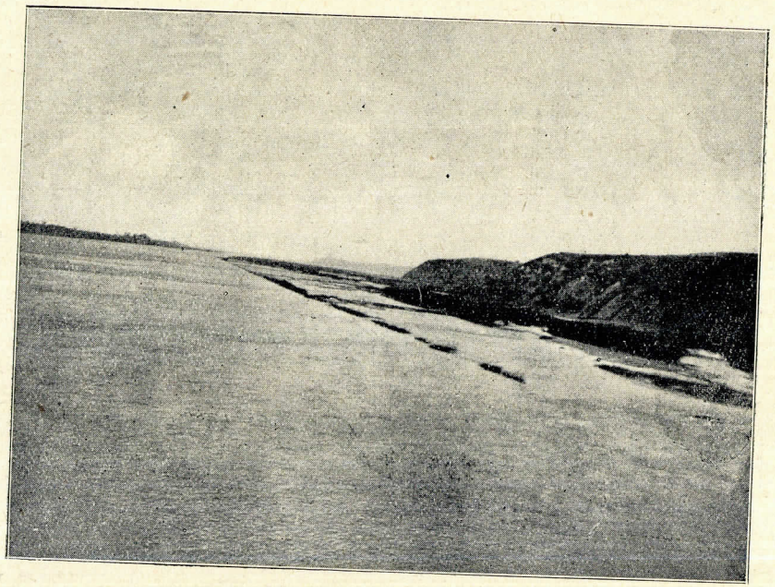
[1]) W północno-zachodniej Norwegji i w półn. Szwecji jest kamber wykształcony jak w Szkocji.

[2]) Nazwa z języka łacińskiego: *ungula*—podkowa.

[3]) Nazwą tą (Grauwacke) oznaczali górnicy niemieccy szare piaskowce i t. p. skały warstw starszych, czyli przechodowych Wernera

bitów i ramienionogów. Uważano ją zrazu za dolnokambryjską, później przekonano się jednak, że ją do średniego kambru zaliczyć należy. Ku górze przechodzi szarowaka w piętro C, które zawiera liczną i charakterystyczną faunę nazwaną przez Barrande'a mylnie primordjalną, czyli najstarszą, a są to łupki zawierające trylobity *(Paradoxides, Agnostes)*, kilka ramienionogów *(Orthis, Obolus* i t. p.) i t. p.

Na tych warstwach leżą niezgodnie utwory sylurskie (piętro D [1]), brak więc w Czechach utworów górnokambryjskich (warstwy z *Olenus)*, a ponieważ nie było także warstw z *Olenellus*, przeto morze zalewało Czechy tylko podczas piętra z *Paradoxides*. Zauważyć należy nadto, że charakter fauny czeskiej jest zbliżony do południowo-europejskiej,



Ryc. 180. **Góry Pieprzowe** nad Wisłą koło Sandomierza. (Wedle fotografji autora).

nie zaś do północnej, wyróżniają się więc wówczas także geograficzne różnice.

W Polsce znajdują się utwory kambryjskie w górach Świętokrzyskich, tworząc jądro tamtejszych siodłowatych wypiętrzeń. Znano je dotychczas tylko z najbliższej okolicy Sandomierza (góry Pieprzowe, ryc. 180) i z Gorzyc na prawym brzegu Wisły, pierwsza miejscowość dostarczyła nielicznych skamielin, jak *Lingulella Vistulae* Gürich, *Obolus* cf. *Apollinis* Eichw. i trylobita *Paradoxides Tessini* Brongn. Dopiero

[1]) Piętro D/$^{1}\alpha$ należy jeszcze do kambru.

najnowsze badania Czarnockiego i Samsonowicza [1]) wykazały, że znaczna część utworów uważanych za sylurskie należy do kambru, nawet uważane powszechnie za dewońskie kwarcyty głównego pasma (Łysogór). Nadto tworzą utwory kambryjskie (kwarcyty, łupki i piaskowce) także pomniejsze pasma gór Świętokrzyskich, a w rozdzielonych partjach (Międzygórze, Bęczków) dają się śledzić aż do Sandomierza. Wykształcone są tutaj wszystkie trzy poziomy kambru.

Poza wschodniemi granicami Rzeczypospolitej znajdują się skały górnokambryjskie w Rawaniczach w Mińszczyznie, skąd są znane zielone glaukonitowe piaskowce ze skamielinami.

W Ameryce Północnej zajmują utwory kambryjskie znaczne przestrzenie od oceanu Atlantyckiego aż po Spokojny; przeważnie poziomo ułożone leżą niezgodnie na starszych. Geologowie amerykańscy wydzielili w nich trzy piętra odpowiadające trzem poziomom wyróżnianym w Europie. Są to:

potsdamien [2]), czyli warstwy z *Dicellocephalus*
acadien [3]), „ „ z *Paradoxides*
georgien [4]), „ „ z *Olenellus*

Kambryjskie utwory północno-wschodniej Ameryki okazują znaczne zbliżenie do europejskich, podczas gdy zachodnich obszarów różnią się wyraźnie, np. zamiast trylobita *Olenus* jest inny rodzaj *Dicellocephalus*, wobec czego wyróżnić tu można dwa rejony: atlantycki i pacyficzny, chociaż Północna Europa i Półn. Ameryka tworzyła wówczas ląd jeden.

Ruchy górotwórcze nie są znane z perjodu kambryjskiego, również w zaniku była czynność wulkaniczna. Natomiast w kilku okolicach (półn. Norwegja, Chiny, południowa Australja) znaleziono w dolnym kambrze gliny morenowe z porysowanemi głazami, leżące na piaskowcach mających rysy również tego pochodzenia. Wytłumaczenie przyczyn tak zimnego klimatu już w początkach dziejów świata organicznego (por. str. 192) należy do nader trudnych zagadnień.

[1]) Jan Czarnocki: Stratygrafja i tektonika gór Świętokrzyskich. Prace Tow. Nauk. Warszawskiego. Warszawa 1919.

Jan Samsonowicz: Kambr i kambrosylur gór Świętokrzyskich. Ibidem. Warszawa 1916.

— O stratygrafji kambru i ordowiku we wschodn. części gór Świętokrzyskich. Warszawa 1920. Sprawozd. Pol. Instytutu Geologicznego, t. I.

[2]) Potsdam—miasto w stanie Nowy York.

[3]) Acadia—dawna nazwa Nowego Brunszwiku.

[4]) Georgia—miasto w stanie Vermont.

PERJOD SYLURSKI.

Wiemy już, że w r. 1835 użył Murchison po raz pierwszy tej nazwy dla oznaczenia najstarszych skał paleozoicznych poniżej dewonu leżących. Prawie w tym samym czasie wydzielił Sedgwick najstarszą część grupy paleozoicznej jako system kambryjski. Pomiędzy oboma uczonymi przyszło do kontrowersji, ponieważ Sedgwick zaliczał do kambru starszą część syluru, podczas gdy Murchison uważał znaczną część utworów kambryjskich za sylurskie. Dzisiejszy podział idzie drogą pośrednią; niektórzy autorowie za przykładem Lapwortha wydzielają tylko górny sylur pod tą nazwą, dolny zaś pod nazwą ordowiku (ordovicien). Nazwa systemu sylurskiego pochodzi od nazwy keltyckiego szczepu Sylurów, który za czasów Cezara zamieszkiwał dzisiejszą Walję, gdzie skały tego perjodu wykształciły się w typowy sposób.

Fauna i flora. Oprócz w morzu żyjących wodorostów wydzielających wapień z wody morskiej, znane są niewyraźne resztki roślin lądowych należących do paprotników i widłaków. Ponieważ te rośliny wykształciły się typowo dopiero w perjodzie węglowym, dlatego też dopiero wówczas będzie stosowne miejsce na omówienie charakteru paleozoicznej flory.

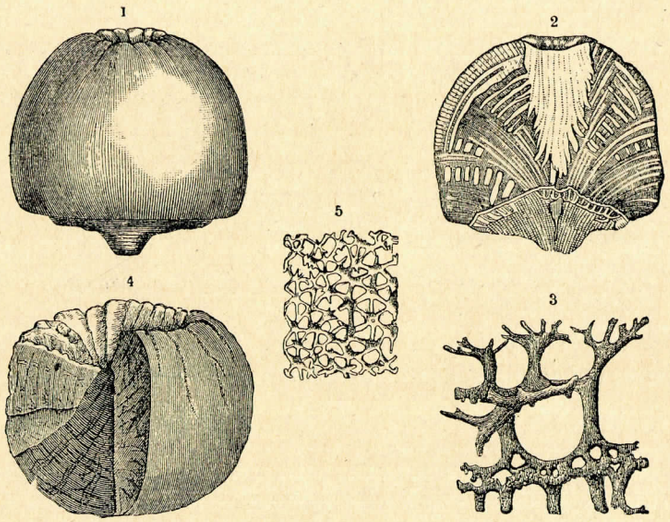
Fauna sylurska w odróżnieniu od kambryjskiej jest już bogatą w gatunki, które należą do wszystkich znanych typów zwierzęcych.

Z pierwotniaków znane są *otwornice (Foraminifera)* znajdowane np. w zielonych piaskach bałtyckich. Jednokomorowe ich ciało, nie mające zróżnicowanych narzędzi, mieści się w wapiennej, lub krzemionkowej skorupce, z której przez liczne otworki wysuwa się protoplazma nakształt nibynóżek. *Radjolarje*, albo promieniowce, są także jednokomorowe, lecz wydziela się tu środkowa torebka, w której zwyczajnie mieści się krzemionkowa skorupka opatrzona promienisto rozłożonemi kolcami. Pierwsze radjolarje znane są już z warstw kambryjskich, a nawet algonkjańskich, w sylurskich zaś nie są zbyt rzadkie.

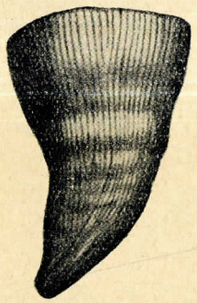
Z typu jamochłonnych, zwierząt wielokomorowych, w których wyróżniona jest już jama chłonna, czynna jako narząd pokarmowy, żyły w sylurze gąbki, korale i meduzy.

W ciele gąbek tkwią zwyczajnie igiełki rogowe, wapienne, lub krzemionkowe, które, łącząc się razem tworzą ich szkielet. Gąbki rogowe nie pozostawiły resztek po sobie, gdyż nietrwała ich substancja z łatwością uległa zniszczeniu, zachowały się tylko gąbki o krzemionkowym i o wapiennym szkielecie. Z gąbek krzemionkowych, których igły bywają nierozdzielone *(Monactinellidae)*, albo cztero lub sześciopromienne *(Tetractinellidae* i *Hexactinellidae)*, względnie nawet wogóle nieregularnego kształtu *(Lithistidae)* pojawiają się jedynie ostatnie dwa działy (ryc. 181), gąbek zaś wapiennych nie było wcale.

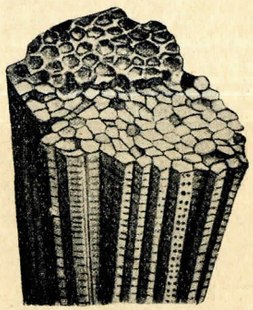
Korale, jak gąbki często w kolonjach żyjące, wytwarzają szkielet wapienny, od którego sięgają przegrody (septa) w głąb jamy ciała, łącząc się często w t. zw. słupku (columella). Wedle ilości i rodzajów przegród dzielimy je na klasy: *Tetracorallia*, *Hexacorallia*, *Octocorallia* i *Tabulata*. U pierwszych, często dwubocznie symetrycznych, są 4 rodzaje przegród, u drugich 6, w trzeciej klasie jest 8 przegród, a u tabulatów brak ich w ogólności zupełnie. *Tetracorallia* i *Tabulata* żyją tylko w erze paleozoicznej, wygasają zaś z jej końcem prawie zupełnie. Oba rzędy żyją w sylurze, *Tetracorallia* są nawet w górnym sylurze u szczytu swego rozwoju. Między koralami są liczne formy tworzące rafy koralowe, także gromadnie żyjące stromatopory (ryc. 184), zwierzęta stułbiopławom pokrewne, tworzyły wówczas rafy. Rycina 182 i 183 przedstawia kilka sylurskich korali.



Ryc. 181. **Gąbki sylurskie.** 1 – *Aulocopium aurantium*, 2 — ta sama w przekroju, 3 — szkielet powiększony, 4 — *Astylospongia praemorsa*, część gąbki wycięta, 5 — część szkieletu pow. Obie gąbki należące do lithistidów są częste w żwirach lodowcowych północnego pochodzenia. (Z Zittla).

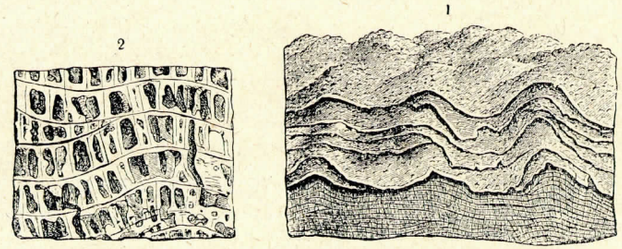


Ryc. 182. *Streptelasma europaeum. Tetracorallia*, dolny sylur. Częsty w żwirach lodowcowych. (Wedle Roemera).

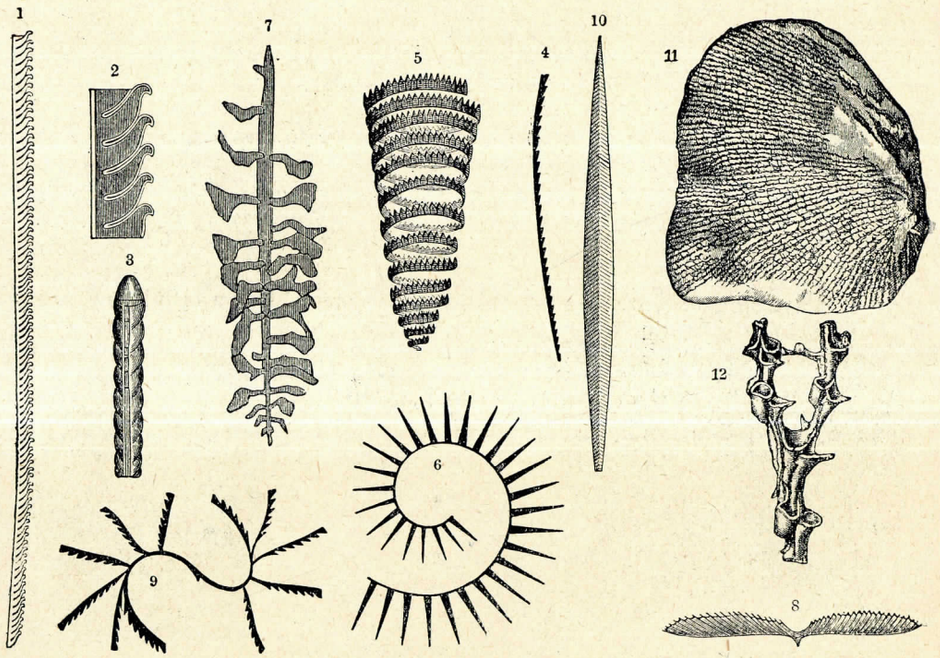


Ryc. 183. *Favosites gotlandicus. Tabulata.* Górny sylur, Gotlandja. Znajduje się także w żwirach plejstoceńskich półn. pochodzenia. (Wedle Roemera).

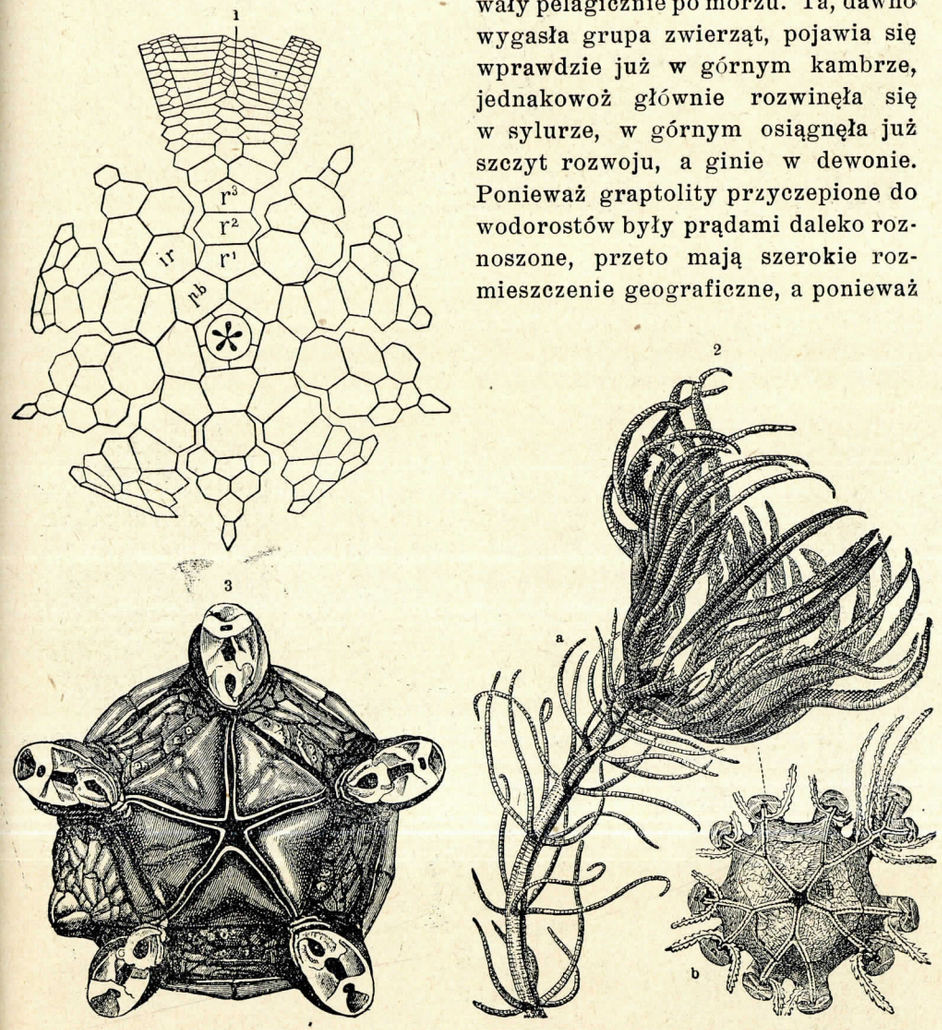
Graptolity (ryc. 185) są wygasłym działem zwierząt, który może do stułbiopławów *(Hydrozoa)* zaliczyć należy. Na powierzchni sylurskich łupków znajdujemy nieraz obficie ich chitynowe resztki, które mają kształt rureczek, lub pręcików z licznemi zgrubieniami; rureczka jest środkowym kanałem całej kolonji, zgrubienia zaś odpowiadają komórkom osobników. Na osi są rozstawione komórki albo jednostronnie *(Monograptus)*, albo dwustronnie *(Diplograptus)*. Stanowisko systematyczne graptolitów i ich sposób życia jest jeszcze niepewne; zwierzęta te żyły przyczepione do wodorostów morskich; później znalezione w Północnej Ameryce razem złączone kolonje, opatrzone pęcherzykiem pławnym i jajonośnemi osobnikami w podobny sposób, jak to dzisiaj u stułbiopławów widzimy, przemawiają za tem, że niektóre graptolity pływały pelagicznie po morzu. Ta, dawno wygasła grupa zwierząt, pojawia się wprawdzie już w górnym kambrze, jednakowoż głównie rozwinęła się w sylurze, w górnym osiągnęła już szczyt rozwoju, a ginie w dewonie. Ponieważ graptolity przyczepione do wodorostów były prądami daleko roznoszone, przeto mają szerokie rozmieszczenie geograficzne, a ponieważ



Ryc. 184. *Stromatopora.* (2 przekrój poprzeczny). (Z Neumayra).



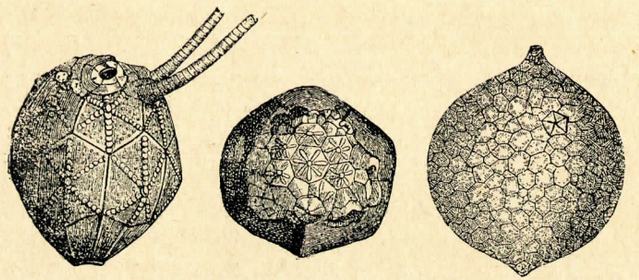
Ryc. 185. **Graptolity sylurskie.** 1—*Monograptus priodon*, 2–3—tenże w przekroju i z tyłu, 4—*Monograptus* Nilsoni, 5—*Monograptus turriculatus*, 6 - *Rastrites Linnei*, 7—*Diplograptus* w przekroju, 8 — *Didymograptus pennatulus*, 9 — *Coenograptus gracilis*, 10 — *Retiolites Geinitzianus*, 11–12 — *Dictyonema.* (Z Neumayra).



Ryc. 186. **Liljowce** 1 — Zarys budowy kielicha *(Rhodocrinus)* pb płytki podstawowe, r promienne, ir międzypromienne. 2—*Pentacrinus*, b kielich zgóry widziany, ramiona obcięte. 3—*Hyocrinus*, kielich zgóry, ramiona obcięte. 1—liljowiec węglowy, 2 i 3—żyjące obecnie. (Z Neumayra).

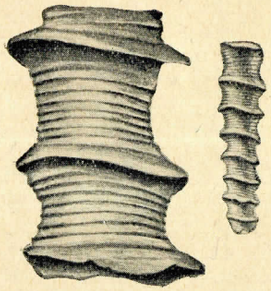
nadto okazują znaczną czasową zmienność, przeto są w sylurze, zwłaszcza w górnym, bardzo dobremi skamielinami przewodniemi.

Z typu szkarłupni rozwinął się w sylurze rzadki w obecnych morzach dział liljowców *(Crinoidea)*. Ciało ich (ryc. 186) ma kształt



Ryc. 187. *Cystoidea.* 1–2 — *Caryocrinus ornatus,* 3 — *Echinosphaerites aurantium.* (Z Neumayra).

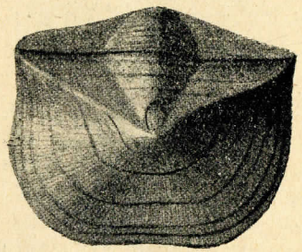
kielicha umieszczonego na trzonku, który jest wyłożony wapiennemi płytkami o misternym kształcie, trzonek zaś składa się z krążków również wapiennych, które rozluźniają się po śmierci zwierzęcia, dając początek wapieniom krynoidowym. W górnej części kielicha znajduje się otwór ustowy i odbytowy, a po bokach rozchodzą się liczne, zwykle rozgałęzione ramiona, na których znajdują się kanały systemu naczyń wodnych, tak charakterystycznego dla szkarłupni. W sylurze są liljowce wcale obficie zastąpione, ale obok nich żyła wygasła już z końcem paleozoicznej doby klasa *Cystoidea*, różniąca się od liljowców słabo wykształconym trzonkiem i zmarniałemi ramionami; zwierzęta tu należące mają kształt woreczka, lub kuli (ryc. 187).



Ryc. 188. *Tentaculites polonicus* Gür. Dąbrowa, dewon. Jeden okaz 8 razy, drugi 30 razy powiększ. (Z Güricha).

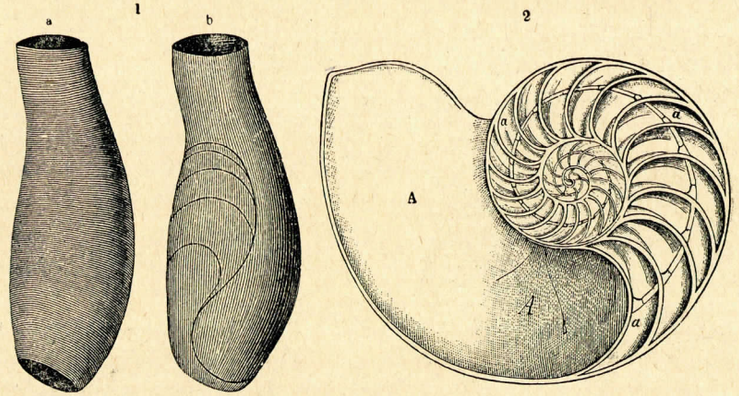
Ryc. 189. *Orthis calligramma.* (Z Güricha).

Z robaków znane są ślady pełzania tych zwierząt po mokrym namule, a także szczęki niektórych pierścienic, które opisywano pod nazwą konodontów. Do robaków zaliczano dawniej zagadkowe zwierzęta zwane tentakulitami *(Tentaculites)* (ryc. 188), których wieżyczkowato wydłużone skorupki znajdujemy gromadnie na płytach skał sylurskich, np. Podola. Przekonano się jednakowoż, że tentakulity raczej do ślimaków zaliczyć należy. Zagadkowe te zwierzęta żyją w sylurze i wygasają już w dewonie.

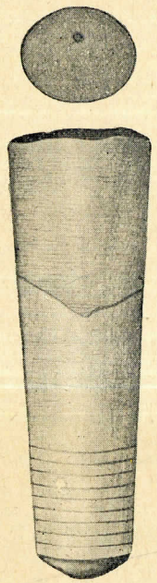


Ryc. 190. *Orthisina anomala.* (Z Güricha).

Z typu mięczakowatych żyją w sylurze zarówno mszywioły *(Bryozoa)*, jak też ramienionogi. Pierwsze są drobnemi zwierzętami żyjącemi w kolonjach w podobny sposób jak korale, ponieważ są mało zmienne, nie mają dla geologa wielkiego znaczenia, przeciwnie jak ramienionogi, które osiągają w sylurze najwyższy stopień rozwoju. Jakkolwiek w następnych perjodach, np. w dewońskim i węglowym są jeszcze wcale liczne, przecież maleje u nich zwolna ilość gatunków. Z pośród rodzajów sylurskich wymienimy np. *Orthis* (ryc. 189), *Orthisina* (ryc. 190), częstsze w dolnym i *Atrypa*, *Spirifer* częstsze w górnym; u dwu ostatnich są listewki podtrzymujące płatki skrzelowe spiralnie skręcone.

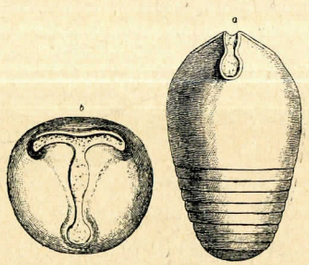


Ryc. 191. 1—Ascoceras z czeskiego syluru, 2—skorupa łodzika w przekroju. (Z Neumayra).



Ryc. 192. Orthoceras podolicum Alth. z syluru podolskiego. Czortków. U góry przekrój poprzeczny z przebiegiem cewki. (Wedle Siemiradzkiego).

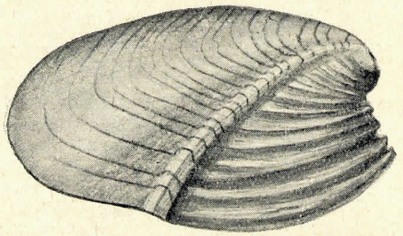
Mięczaki dzielimy, jak wiadomo, na trzy gromady, z których dzisiaj przeważają małże i ślimaki, głowonogi zaś są prawie na wymarciu. W erze paleozoicznej jest stosunek odwrotny, wprawdzie znamy ślimaki i małże, ale głowonogi stanowczo przeważają. Z dzisiaj żyjących, nielicznych głowonogów tylko czteroskrzelne, których jedynym przedstawicielem jest łodzik *(Nautilus*, ryc. 191), przypominają nam dawniejsze. Zwierzęta te mają skorupę podzieloną przegrodami na komory, ostatnia (A na ryc. 191. 2) jest komorą mieszkalną. Podczas wzrostu narasta skorupa, przegrodą odcina zwierzę nową komorę mieszkalną, przybywa więc nowa komora pusta, czyli powietrzna, którą się teraz staje dawna komora mieszkalna. Linja, wzdłuż której przyczepiają się przegrody do ścian skorupy, nazywa się linją zatokową (lobową), a u łodzikowatych jest ona zwyczajnie równą. Przegrody ku tyłowi wypukłe są



Ryc. 193. Gomphoceras bohemicum Barr. z górnego syluru czeskiego, b—ujście. (Z Zittla).

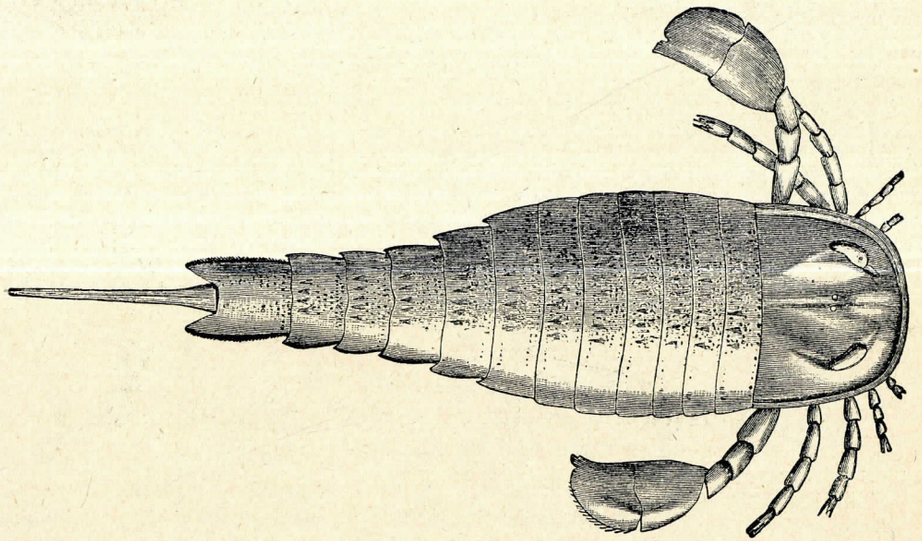
w środku przebite dla przejścia cewki (sipho), którą ciało zwierzęcia się kończy.

Pierwsze łodzikowate *(Nautiloidea)* pojawiają się w górnym kambrze, a era paleozoiczna jest głównym czasem ich rozwoju, poczem wymierają one zwolna, ustępując miejsca zbliżonym zwierzętom zwanym amonitami. Żyjące w sylurze mają albo skorupę prostą, np. *Orthoceras* (ryc. 192), lub *Gomphoceras*, albo zgiętą jak *Cyrtoceras*, drugi rodzaj ma ujście zwężone nakształt litery T (ryc. 193).



Ryc. 194. *Grammysia cingulata* z syluru podolskiego. Czortków. (Wedle Siemiradzkiego).

Ślimaki i małże żyją również w sylurze, z pierwszych zasługuje na uwagę np. rodzaj *Pleurotomaria*, lub *Bellerophon*. Z małży żyją głównie takie, u których linja płaszczowa jest równa, nie zatokowato wcięta. Pierwsze *(Integripaliata)* są więc pierwsze czasowo, drugie zaś *(Sinupaliata)* późniejsze. Z sylurskich wymienimy np. rodzaje *Orthonota*, lub *Grammysia* (ryc. 194), u których zęby nie są jeszcze wykształcone *(Desmodonta)*.



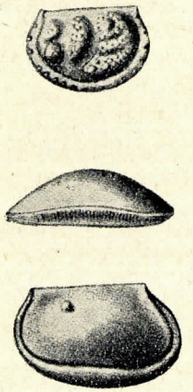
Ryc. 195. *Eurypterus Fischeri* Eichw. z syluru bałtyckiego, zmniejszony. (Z Neumayra).

Ze skorupiaków są trylobity bardzo częste, ale nie nadają już całej faunie wybitnego piętna, jak w perjodzie kambryjskim, gdyż inne działy zwierząt mają już przewagę. Od kambryjskich trylobitów różnią się sylurskie silnie rozwiniętemi oczyma i zdolnością zwijania się. Pojawiają się tu całkiem nowe rodzaje jak *Asaphus*, *Calymene*.

Także inne działy skorupiaków żyły w sylurze.

Pojawia się wymarły dział raków olbrzymich *(Gigantostraca)*, z których największe dochodziły długości 2 m. Tułogłowie ich osłaniał pancerz, odwłok składał się z 12 odcinków, z których ostatni zakończony był kolcem, albo pletwą ogonową, na tułowiu było 6 par odnóż, ostatnia jest najsilniejsza. Pojawiają się olbrzymie raki w dolnym sylurze, najwięcej jednakowoż jest ich w górnym i w dewonie. Częstemi rodzajami były np. *Eurypterus* (ryc. 195) i *Pterygotus*, ostatni miał odnóża opatrzone silnemi kleszczami.

Na uwagę zasługują nadto małżoraczki *(Ostracoda)*, drobne raczki osłonięte dwuklapową, wapienną, lub rogową skorupą, spojoną po brzegach. Niektóre z nich, np. *Leperditia*, lub *Beyrichia* (ryc. 196) pojawiają się w sylurze tak gromadnie, że mówimy np. o warstwach beyrichjowych.



Ryc. 196. **Małżoraczki sylurskie.** U góry *Beyrichia tuberculata* Boll. W środku i u spodu *Leperditia baltica* Schmidt. Z syluru Gotlandji. (Z Güricha).

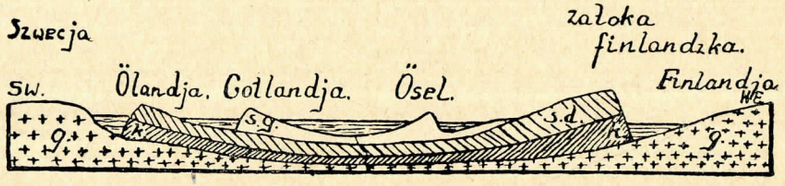
Także pierwsze kręgowce pojawiają się w sylurze, a mianowicie ryby należące do wygasłego rzędu ryb opancerzonych *(Placodermi)*, których ciało pokryte było pancerzem i łuskami innego typu, niż je u ryb znajdujemy. O budowie ciała tych zwierząt, z kształtu tylko do ryb podobnych, niewiele wiemy. Brak pletw parzystych, szczęk i zębów jest przyczyną, że ich stanowisko systematyczne jest wogóle niepewne. Pojawiają się już w górnym sylurze np. *Pteraspis* lecz częstsze są dopiero w perjodzie następnym.

Rozmieszczenie geograficzne. Zwyczajnie leżą utwory dolnego syluru zgodnie na kambryjskich, a wtedy jest rzeczą trudną zakreślić granicę pomiędzy temi dwoma systemami. Poznaliśmy poprzednio, jako najwyższe ogniwo systemu kambryjskiego, warstwę z graptolitem *Dictyograptus flabelliformis*, bardzo często (np. w Skandynawji, Anglji, Francji i Bawarji) rozpoczyna się sylur warstwą zawierającą charakterystyczne dla dolnego syluru trylobity: *Niobe*, *Ceratopyge*, *Euloma*. Niektórzy autorowie uważają oba piętra syluru: dolne (ordovicien) i górne (gotlandien) za odrębne systemy, używają więc wtedy nazw ordowiku i syluru w ściślejszem tego słowa znaczeniu.

Szczegółowy podział na poziomy nie jest jeszcze ustalony, zwyczajnie używamy nazw poziomów wydzielonych w Anglji (Walja), gdzie system ten został gruntownie zbadany. Otóż wyróżniają tam od góry do dołu.

sylur górny.	passage beds Ludlow Wenlock Llandovery, albo May Hill.
sylur dolny.	Bala, albo Caradoc Llandeilo Arenig Tremadoc.

Starano się oprzeć podział na podstawie paleontologicznej i w tym celu użyto skutecznie trylobita *Trinucleus*, a także graptolitów, których gatunki okazują szerokie rozmieszczenie geograficzne (por. str. 143). Zwłaszcza w Szwecji zdołano wydzielić aż 30 piąter, z których każde jest scharakteryzowane innym gatunkiem graptolita, a poziomy te dały się odszukać nie tylko w innych krajach Europy (Francja, Szkocja), ale także w Północnej Ameryce i Australji. W Anglji wyróżnił Lapworth w ten sposób 20 poziomów.



Ryc. 197. **Przekrój od Szwecji do Finlandji.** g—granit, k—kamber, s. d.—sylur dolny, s. g. — sylur górny. (Wedle Schmidta, z Hauga).

W Anglji znajdują się utwory sylurskie nie tylko w Walji, ale także w środkowej części kraju i w Szkocji. W Norwegji, Szwecji i Finlandji zajął sylur znaczne przestrzenie, a w tem samem wykształceniu znajduje się na wyspach: Gotlandja i Bornholm; rozwinęła się tu dobrze w górnym sylurze graptolitowa facja, co wskazuje na osad głębszego morza. Na Gotlandji (ryc. 197) znajduje się w ogólności tylko sylur górny, zawierający bogatą faunę, która zezwoliła na szczegółowy podział. W krajach bałtyckich od Petrogradu przez Estonję i Inflanty rozpościera się obszerny płat sylurskich osadów, który leży na kambryjskich utworach bałtyckiej tarczy. W nieco podobny sposób wykształcił się sylur w Belgji i w Ardenach, a tak samo w Polsce. Jest to facja północno-europejska w odróżnieniu od południowo-europejskiej, którą najlepiej poznano w Czechach.

W Czechach należą do syluru piętra Barrandea D[1]) i E, pierwsze do dolnego, drugie do górnego. Ponieważ brak tam górnego kambru, przeto leży sylur niezgodnie na kambrze środkowym. Charakter fauny

[1]) Wiemy, że piętro D, należy jeszcze do kambru.

jest w Czechach inny, gdyż gatunki tu się znajdujące są przeważnie odmienne, chociaż podobne, a w faunie uderza słaby rozwój głowonogów. Naogół są te warstwy nieco zaburzone, wskutek czego są czasem między warstwami dolnego syluru skały górnosylurskie (kolonje Barrandea [1]). Autor ten nazwał faunę piętra D drugą, zaś piętra E trzecią fauną sylurską, piętro F, G i H należą już do dewonu. Cały sylur, zwłaszcza górny, dostarczył znakomicie zachowanej fauny.

Niektóre występowania syluru w Niemczech, np. w górach Harcu, Smereczanych, nad Renem, w Alpach mają fację czeskich utworów sylurskich. Ten sam charakter ma sylur Francji (masyw Armorykański, płaskowyż środkowej Francji), Pirenejów i Sardynji. We Francji udało się przeprowadzić podział na poziomy na podstawie graptolitów nie różniący się wiele od wydzielonych w Anglji.

Polska. Jak już wiemy (str. 24) leżą utwory paleozoiczne Podola prawie poziomo, chociaż są właściwie nachylone słabo ku WWS, dlatego też, w miarę jak posuwamy się ku NEE, odsłaniają się nam coraz starsze warstwy. Najstarszemi, lecz znajdującemi się już poza granicami Polski, są szarofioletowe piaskowce leżące wprost na granicie, a zawierające liczne odłamy ziarn granitu, względnie minerałów tworzących granit, zlepione w jedną całość (arkozy). Owe piaskowce odsłaniają się nad Dniestrem między Jampolem a Studziennicą. Wyżej leżą łupki z kulami fosforytowemi różnej wielkości (przeważnie pięści) wydobywane gdzieniegdzie do fabrykacji sztucznego nawozu. Oba te utwory nie mają skamielin, ich wieku przeto nie możemy dokładnie oznaczyć; przypuszczalnie są dolnosylurskie.

Wyżej leżą począwszy od Studziennicy aż po Uścieczko odsłonięte nie tylko nad Dniestrem, ale także nad jego prawobocznemi dopływami (Smotrycz, Zbrucz, Niczława, Seret) warstwy, które zawierają skamieliny określające ich wiek jako górnosylurski. Dłuższy czas dzielono je za Szajnochą [2]) na:

4	warstwy z	Iwania
3	„	czortkowskie
2	„	borszczowskie
1	„	ze Skały [3])

przypisując każdemu z tych horyzontów wiekową samodzielność. Z późniejszych prac Wenjukowa i Siemiradzkiego [4]) wynika jednakowoż, że

[1]) Barrande tłumaczył ten fakt w ten sposób, że górnosylurska fauna miała już zawiązki w dolnym sylurze, które jednakowoż dopiero w górnym należycie się rozwinęły.

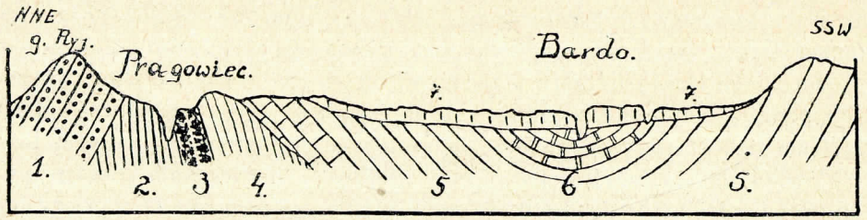
[2]) W. Szajnocha: O stratygrafji pokładów sylurskich galic. Podola. Spraw. Kom. Fiz. Ak. Um. t. 23. Kraków 1889.

[3]) Nazwy od miejscowości: Skała, Borszczów, Czortków i Iwanie.

[4]) J. Siemiradzki: Monografja warstw paleozoicznych Podola. Kraków 1906. Sprawozd. Komisji Fizjogr. Ak. Um., t. 39, rok 1904 (liczne tablice).

horyzonty te mają częściowo tylko facjalne znaczenie, gdyż poziom czortkowski (tentakulitowy) jest osadem nieco głębszego morza, również poziom borszczowski charakterystyczny ramienionogami, natomiast poziom skalski, jako przybrzeżny, cechuje facja koralowa; warstwy z Iwania, zawierające resztki ryb, stanowią z jednej strony przejście od syluru do dewonu, równocześnie także utwór przybrzeżny, do pewnego stopnia półsłony. Wiekowo odpowiadają te poziomy angielskim od dolnego wenloku aż po najwyższy poziom passage beds, faunistycznie zaś analogicznym utworom północnej Europy, a nie mają form wspólnych z sylurem czeskim. Ku zachodowi gubią się utwory sylurskie pod dewońskiemi, a zachodnią granicę ich zasięgu oznacza nam linja łącząca Trembowlę i Uścieczko. Nie ulega wątpliwości, że sylur Podola jest przedłużeniem syluru gór Świętokrzyskich.

Góry te składają się z szeregu fałdów, które, biegnąc przeważnie w kierunku NWW—SEE, obalone są ku południowi, a zapadają ku północy. Warstwy najstarsze, a więc kambryjskie i sylurskie odsłaniają się



Ryc. 198. **Przekrój geologiczny z okolicy Barda.** Kamber 1 — szarowaki i piaskowce fukoidowe. Sylur 2—łupki graptolitowe, 3—diabazy, 4—szarowaka niewachlowska. Dewon 5 — piaskowce plakodermowe, 6 — dolomity i wapienie. Pleistocen, 7 — glina nawiana. (Wedle Czarnockiego).

na szczytach siodeł (ryc. 198). Najdalej ku północnemu wschodowi wysunięte siodło biegnie przez Bodzentyn, najdalej zaś ku południowemu zachodowi leżące przez Zbrzę. Sylur ma tu naogół mniejsze rozprzestrzenienie niż sądzono dawniej, gdy systemowi kambryjskiemu przypisywano podrzędne znaczenie. Dolnosylurskie utwory (kwarcyty, piaskowce) znajdują się np. w Bokówce, Mojczy, Zalesiu, a cechują je skamieliny jak: *Orthis moneta* Eichw., *Orthisina plana* Pand., *Orthis calligramma* Eichw., *Obolus siluricus* Eichw. W górnym sylurze, oddzielonym od dolnego czasową przerwą, pogłębiło się morze, przewagę mają tu łupki graptolitowe, bogatsze w skamieliny są miejscowości jak np. Brzezinki, Niewachlów, Kleczanów, Mojcza, Zbelutka. Do najczęstszych należą: *Monograptus colonus* Eichw., *M. priodon* Barr., *Cardiola interrupta* Sow., *Orthoceras angulatum* Wahl., *O. gregarium* Sow., *Atrypa reticularis* L., gdzie niegdzie np. w Niewachlowie częste są małżoraczki *(Beyrichia, Leperditia)*. Sylur górny gór Świętokrzyskich odpowiada sylurowi podolskiemu, np. szarowaka Niewachlowska warstwom czortkowskim, a wyżej

od niej leżące utwory warstwom przejściowym z Iwania. Na uwagę zasługują żyły pokładów diabazów odkryte niedawno przez Czarnockiego w Bardzie (ryc. 198) i w Widełkach.

W Ameryce Północnej zajmują utwory sylurskie znaczne przestrzenie zarówno w górach Aleghańskich i w Kanadzie, jako też i na zachodzie. Prace geologów amerykańskich, przeprowadzone bardzo szczegółowo, zwłaszcza w stanie Nowego Yorku, zezwoliły na dokładny podział, którego schemat jest następujący:

sylur górny albo ontaric	cayugan
	niagaran
	oswegan
sylur dolny albo champlainic	cincinnatian
	mohawkian
	canadian.

Charakter sylurskich osadów Ameryki Północnej wskazuje, zwłaszcza w górnym sylurze, na znaczne zbliżenie do osadów Europy północnej, a taki sam charakter mają utwory sylurskie Azji i południowej Ameryki. W ogólności północno-europejski typ możemy uważać za normalny, czeski zaś, również podobne osady Alp, Francji i Włoch za typ odrębny, który jako śródziemnomorski wyróżnić możemy.

Ogólne wyniki. O geograficznem rozmieszczeniu ówczesnych lądów i mórz niewiele powiedzieć możemy. Prawdopodobnie istniał wówczas wielki ocean Północny, który łączył się na południu z obszernem morzem Śródziemnem. Między północną Europą, a Ameryką rozpościerał się ląd, który łączył te dwie części świata, na południu zaś wielki ląd równikowy, obejmujący środkową Afrykę, Indje i obszary dzisiejszego oceanu Indyjskiego.

W perjodzie sylurskim zajmuje morze znaczniejsze obszary niż w poprzednim, a zasięg jego zwiększa się jeszcze w sylurze górnym. Ruchy górotwórcze były jeszcze nieznaczne, dopiero z końcem syluru rozpoczyna się wypiętrzenie pasma kaledońskiego (por. str. 170) zajmującego północno-zachodnią część Skandynawji, Szkocję i Irlandję, ale te ruchy dokonały się w dewonie. Wynikiem tych wypiętrzeń jest z jednej strony wysłodzenie morza w pasie temi ruchami objętym, które objawia się w Szkocji, a także w Polsce, a z drugiej strony, zachowanie tego samego charakteru osadu w pasie śródziemnomorskim, na którym tych ruchów nie było, gdzie utwory sylurskie nieznacznie w dewońskie przechodzą.

O ówczesnym klimacie niewiele możemy powiedzieć. Jednakowa fauna na znacznych, nawet oddalonych obszarach, wskazywałaby na kli-

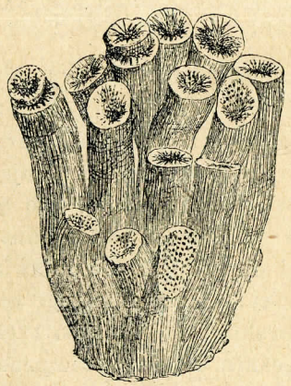
mat jednostajny, wapienie koralowe zaś nie na temperaturę niską, gdyż zapewne jak dzisiaj, tak też i w dawnych czasach wymagały te zwierzęta wód ciepłych. W niektórych okolicach, np. w Ameryce Północnej znane są z tego systemu pokłady soli i gipsu, coby wskazywało na suchy klimat.

Wybuchy wulkaniczne były w sylurze nieznaczne, chociaż większe jak w kambrze. Znane są ze Szkocji, Walji, Irlandji, z Bretanji, a także z gór Świętokrzyskich, o czem niedawno mówiliśmy, chociaż tamtejsze występowania diabazów jeszcze opisane nie zostały.

PERJOD DEWOŃSKI.

W r. 1839 podczas badań nad utworami paleozoicznemi Anglji wydzielili Sedgwick i Murchison pod nazwą dewonu system warstw, leżący pomiędzy sylurem a karbonem, którą to nazwę zapożyczono od prowincji Dewonshire w południ.-zach. Anglji. Utwory dewońskie Europy wykształcone są w dwojaki sposób. W środkowej i północnéj Anglji są to czerwone piaskowce pozbawione morskich skamielin, zawierające natomiast resztki ryb, raków i prawdopodobnie słodkowodnych małży znane pod nazwą starego czerwonego piaskowca (old red sandstone). Jest to utwór wód słodkich, albo przynajmniej wysłodzonych zatok morskich, powstały w suchym, pustynnym klimacie, a w tem samem wykształceniu widzimy go np. na Podolu i w krajach bałtyckich. W innych okolicach znajduje się natomiast dewon pod postacią wapieni, zlepieńców, piaskowców i t. p. z obfitą fauną morską, gdzie jest więc typowym morskim osadem.

FAUNA I FLORA.

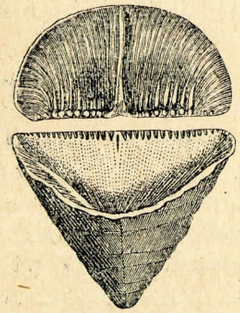


Ryc. 199. *Cyathophyllum caespitosum* Goldf. dewon. Gerolstein. (Z Zittla).

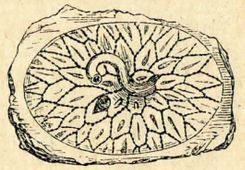
Dewońska flora znana jest bardzo niedokładnie. Między roślinami morskiemi znane są np. glony, a między lądowemi pierwsze paprotniki, widłaki i skrzypy zbliżone do tych, które poznamy z systemu węglowego. W ogólności przygotowywała się zwolna w dewonie ta flora, która rozwinęła się bujnie w perjodzie węglowym i dała materjał do wytworzenia się pokładów węgli kamiennych.

Naogół, w porównaniu z perjodem poprzednim, nie przedstawia fauna wielkich różnic. Wygasają niektóre działy zwierząt lub stają się mniej częste, pojawiają się nowe rodzaje, ale ogólny charakter jest ten sam, możemy nawet powiedzieć, że fauna dewońska jest zmar-

niałą fauną sylurską. Korale żyją bujnie, tworząc rozległe rafy; jak w sylurze należą one do rzędu *Tetracorallia* i *Tabulata*. Z pierwszych wymienimy np. *Cyahophyllum* (ryc. 199) i *Calceola* (ryc. 200), ostatni jest tem szczególny, że kielich był opatrzony nakrywką. Z Tabulatów częstemi są rodzaje *Favosites* i *Pleurodictyum* np. *P. problematicum* (ryc. 201), koral spotykany tylko w odciskach, w którego kielichu znajdujemy zawsze odcisk robaka. Prawdopodobnie robak i koral żyły ze sobą w symbiozie.



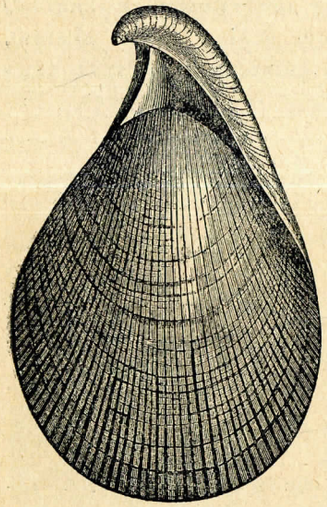
Ryc. 200. *Calceola sandalina* Lam. dewon. Eifel. (Z Zittla).



Ryc. 201. *Pleurodictyum problematicum* Goldf. dewon. (Z Zittla).

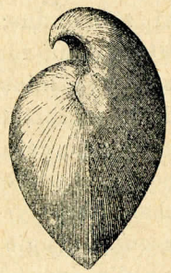
Z hydrozoów żyjących gromadnie tworzą rafy *Stromatopora* i *Amphipora*, w środkowym dewonie jest częstą *Amph. ramosa*. Graptolity wymierają już w sylurze prawie zupełnie, w dewonie widzimy tylko kilku przedstawicieli tego wygasającego już rodu.

Ze szkarłupni są częste liljowce, *Cystoidea* wymierają, pojawia się natomiast znana nam już z syluru, ograniczona na paleozoiczną erę gromada *Blastoidea*, zbliżona więcej nieco do liljowców; zwierzęta te miały kielich pięciopromienny, czasem opatrzone były krótkim trzonkiem. *Blastoidea* rozwinęły się najobficiej w perjodzie węglowym.

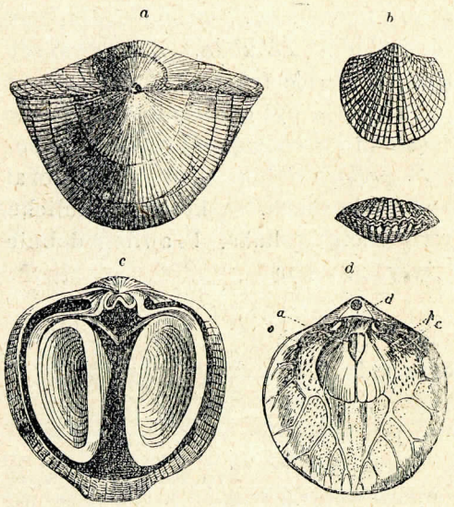


Ryc. 202. *Uncites gryphus* Schloth. dewon. (Z Neumayra).

Z ramienionogów, naogół mniej licznych w dewonie niż w sylurze, wymierają w zupełności niektóre rodzaje, inne zaś są częstsze. Nowym i dla dewonu charakterystycznym jest rodzaj *Uncites*, którego brzuszna skorupa wydłuża się w długi dziób (ryc. 202), dochodzący znaczniejszych wymiarów *Stringocephalus*, np. charakterystyczny dla środkowego dewonu *S. Burtini* (ryc. 203), lub poprzecznie wydłużony *Spirifer*. Częstym jest także rodzaj *Atrypa* np. żyjąca w sylurze i dewonie *A. reticularis* (ryc. 204).



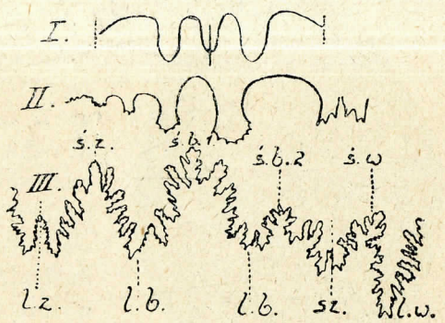
Ryc. 203. *Stringocephalus Burtini* Defr. (Z Zittla).



Ryc. 204. *Atrypa reticularis* L. a—okaz większy z góry widziany, b—okazy mniejsze, c—skorupa grzbietowa od wnętrza ze stożkowatym narządem branchjalnym, d — skorupa brzuszna od wnętrza. (Z Zittla).

Dewońskie ślimaki i małże np. *Posidonia venusta* nie różnią się wiele od sylurskich, natomiast głowonogi okazują znaczne różnice. Łodzikowate są mniej liczne niż w sylurze, chociaż żyją jeszcze prawie te same rodzaje np. *Orthoceras*, nowym natomiast objawem jest pojawienie się pierwszych amonitów.

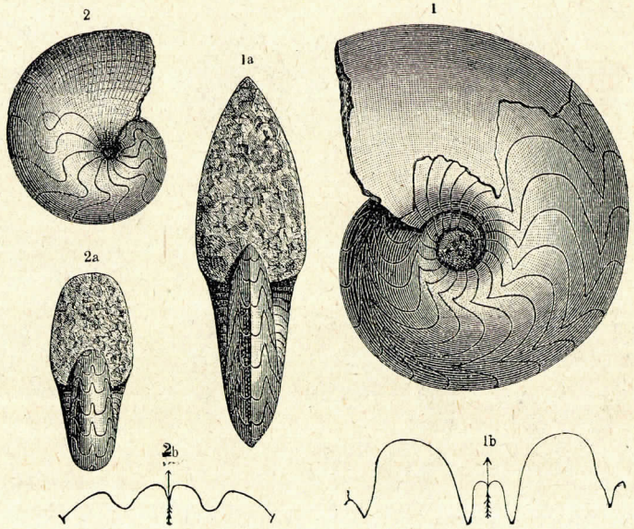
Od łodzików różnią się amonity ku przodowi wypukłemi przegrodami, ułożeniem cewki (sipho), która nie biegnie środkiem przegród, lecz po ich zewnętrznej stronie, przegrody nie zrastają się ze skorupą w równej linji, lecz w powyginanej zatokowo, wskutek czego ta linja, zwana zatokową, albo lobową, przebiega falisto, tworząc części ku przodowi skierowane zwane siodłami i wstecz wygięte zatoki, czyli loby. Najlepiej można je obserwować u okazów, u których wnętrze komór wypełniła substancja skalna (jądra skalne), a skorupka rozpuszczona przez wodę uległa zniszczeniu. Przekonano się, że linja lobowa ma różny kształt u gatunków różnoczasowych. Początkowo składa się ze zwyczajnych, nie zazębionych siodeł i łęków, później są łęki zazębione, a wreszcie zarówno siodła, jak i łęki ząbkowane; linja lobowa jest wtedy silnie rozczłonkowana. Dawniej wyróżniano te trzy różne rodzaje wykształcenia się jako goniatytowe, ceratytowe i amonitowe, ponieważ sądzono, że pierwsze są charakterystyczne dla rodzaju *Goniatites*, drugie dla *Ceratites*, a trzecie dla *Ammonites*, ale przekonano się niebawem, że wśród amonitów należy wyróżnić nie trzy, ale bardzo liczne rodzaje.



Ryc. 205. **Linje lobowe amonitów.** *I—Goniatites sulcatus, II — Ceratites nodosus, III — Arietites bisulcatus, l. z.* — zatoka zewnętrzna, *ś. z.* — siodło zewnętrzne, *l. b.* — zatoka boczna, *ś. b.* — siodło boczne, *ś. w.* — siodło wewnętrzne, *l. w.* — zatoka wewnętrzna, *sz.* — szew. (Z Zittla).

Amonity dewońskie mają linję lobową goniatytowego typu,

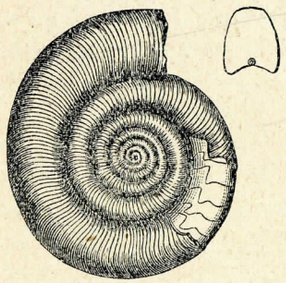
np. *Anarcestes*, lub *Manticoceras* (ryc. 206). Odrębne stanowisko ma między amonitami dla dewonu znamienna rodzina *Clymeniidae* z rodzajem *Clymenia* (ryc. 207). Cewka nie biegnie u nich po stronie zewnętrznej, lecz po wewnętrznej, a linja lobowa ma typ goniatytowy. Pojawiają się *Clymeniidae* w Ameryce już w dolnym dewonie, w Europie dopiero w górnym, a poza ten system nie przechodzą.



Ryc. 206. **Goniatyty dewońskie.** 1 — *Manticoceras intumescens*, 2—*Tornoceras simplex*. (Z Neumayra).

Trylobity straciły w dewonie swe pierwotne znaczenie, chociaż nie rzadkie są jeszcze rodzaje jak *Phacops*, *Bronteus*, z innych skorupiaków żyją znane nam już z syluru eurypterusy, częste zwłaszcza w pustynnej facji czerwonego piaskowca.

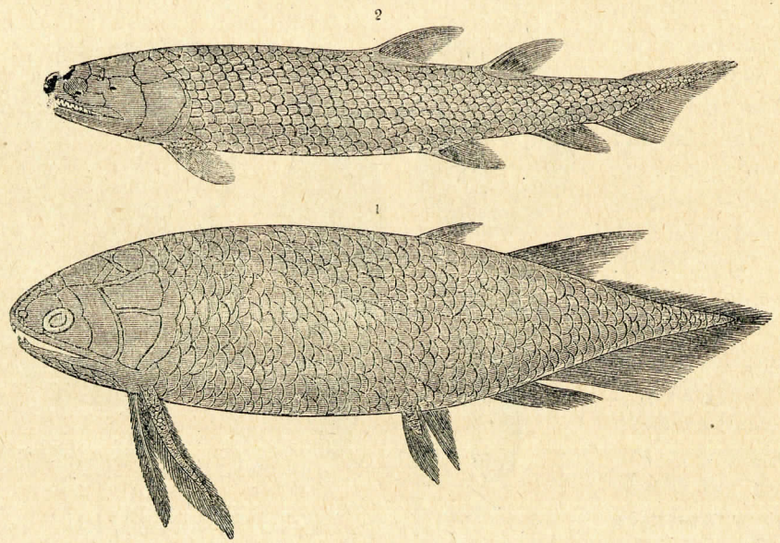
Ryby rozwinęły się lepiej w dewonie, niż w sylurze. Wśród ryb dzisiaj żyjących należy większość do rzędu kostnoszkieletowych, mniej licznemi są natomiast inne rzędy. W dewonie jest stosunek odwrotny, ryb kostnoszkieletowych niema jeszcze wcale, natomiast żyją ryby spodouste, kostnołuskie, dwudyszne i poprzednio już poznany wygasły rząd ryb pancernych *(Placodermi)*. Ponieważ chrząstkowy szkielet nie zachowuje się po śmierci zwierzęcia, przeto pozostają po nich tylko zęby, łuski, lub odciski ciała.



Ryc. 207. *Clymenia undulata* Mstr. z dewonu. (Z Zittla).

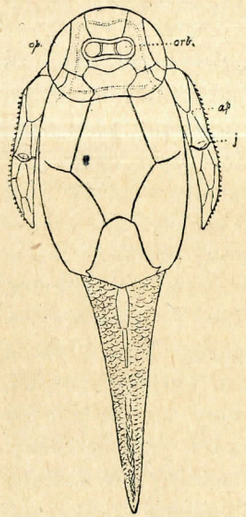
Ryby dwudyszne *(Dipnoi)* są częste w czerwonych piaskowcach i zapewne niekorzystne warunki pustynnego klimatu były przyczyną, że zwierzęta te przystosowały się do pobytu poza wodą, skoro ich pęcherz pławny zaczął być czynny, jako organ oddechowy. W krajach pustynnych wysychają rzeki podczas gorącej pory roku, jedynie przystosowanie się do oddychania powietrzem mogło je uchronić od zagłady.

Spodouste *(Selachii)* są nierzadkie w dewonie, chociaż z braku łusek niewiele ze zwie-



Ryc. 208. 1—*Holoptychius*, 2—*Osteolepis* z angielskiego old redu. (Z Neumayra).

rzęcia zachować się mogło. Pletwa ogonowa tych ryb jest tem szczególna, że składa się z dwu nierównych płatów, do górnego, większego dochodzi koniec kręgosłupa, podczas gdy u ryb kostnoszkieletowych jest



Ryc. 209. *Pterichtys Milleri* Agaz. Szkocja, old red. (Z Zittla).

Ryc. 210. *Pteraspis* z dewonu Podola. (Wedle Altha).

pletwa ogonowa równopłatową. Z ryb kostnołuskich *(Ganoidei)*, wogóle nierzadkich w dewonie, częstszym był rząd *Crossopterygii* tem znamienny, że całe ciało było pokryte kostnemi łuskami, a parzyste pletwy piersiowe i brzuszne umieszczone były na wystających, łuskami pokrytych trzonkach (np. *Osteolepis*, *Holoptychius*, ryc. 208).

Ryby pancerne, bez pletw parzystych, które poznaliśmy poprzednio (str. 207) były czasem żarłocznymi rabusiami, np. *Coccosteus* o silnych zębach, lub prawdopodobnie ociężałemi zwierzętami, jak zupełnie pancerzem pokryty *Pterichtys* (ryc. 209), lub *Pteraspis* (ryc. 210).

ROZMIESZCZENIE GEOGRAFICZNE.

Podział utworów dewońskich przeprowadzono w Ardennach i w okolicach nad dolnym Renem, gdzie zawierają obficie skamieliny morskie. Schemat podziału, przyjęty przez geologów francuskich jest następujący:

dewon górny		famennien [1])
		frasnien
„	środkowy	givetien
		eifelien
„	dolny	koblenzien
		gedinnien.

Jako skamieliny przewodnie nie mają znaczenia ani trylobity, ani graptolity, jak to było w poprzednich perjodach, lecz miejsce ich zajmują amonity czułe na zmiany czasowe, które jako zwierzęta pelagiczne mają obszerne rozmieszczenie geograficzne, zwłaszcza, że także po śmierci ich skorupy unoszone przez fale dostawały się na znaczne odległości.

Oddzielenie dewońskich od starszych utworów jest tam łatwe, gdzie jak w Ardennach, nad Renem lub w Szkocji, leżą pierwsze niezgodnie, trudnem jest zaś wtedy, jeżeli, jak w Czechach, w Alpach lub w Harcu, warstwy sylurskie przechodzą zwolna w dewońskie.

Obszar między Mozą i Wezerą (Ardenny i wyżyna dolnoreńska) zalega dewon bardzo dobrze poznany. Pofałdowany leży niezgodnie na utworach kambryjskich lub sylurskich i osiąga bardzo znaczną miąższość, gdyż dochodzącą 5.000 metrów.

Dolny dewon jest tu przeważnie piaszczysty i zawiera źle zachowane skamieliny, z których częstsze są ramienionogi w poziomie koblenckim *(Spirifer primaevus, S. Hercyniae)*, średni dewon jest natomiast przeważnie wapienny. Dolny poziom średniego dewonu zawiera liczne, bardzo pięknie zachowane skamieniałości zwłaszcza w górach Eifel, między któremi są ważniejsze: *Calceola sandalina*, *Atrypa reticularis*, *Pentamerus galeatus*, *Spirifer cultrijugatus*. Górny, również wapienny poziom, zawiera obficie wapienie krynoidowe, a wyżej warstwy ze znamienną skamieniałością *Stringocephalus Burtini* (warstwy stringocefalowe). W dewonie górnym wyróżniają jako dolny poziom odpowiadający piętru frasnijskiemu warstwy zawierające *Goniatites (Manticoceras) intumescens*, a jako wyższy, należący do piętra fameńskiego wapienie z licznemi osobnikami rodzaju *Clymenia*.

W ten sam sposób, jak nad Renem, wykształcił się także dewon w południ.-zachodniej Anglji (Devonshire), w górach Harcu, w Tu-

[1]) Nazwy od miejscowości, względnie gór: Famenne (Belgja), Frasne (Belgja), Givet (Ardenny), Eifel (Niemcy), Koblencja (Niemcy) i Gedinne (Belgja).

ryngji, w Górach Smereczanych, w Saksonji, na Śląsku i w Polsce. W Harcu zawierają łupki dolnodewońskie soczewki wapieni z nader bogatą, a charakterystyczną fauną, którą nazwano hercyńską (trylobity, ślimaki, *Spirifer Hercyniae, S. Decheni).*

W Anglji na północ od Devonshire i w Irlandji tworzą dewon czerwone i szare piaskowce będące utworem pustynnym, które poznaliśmy już pod nazwą starego czerwonego piaskowca (old red sandstone). Brak w nich morskich skamielin, są natomiast resztki roślin, olbrzymie raki i ryby. W ten sam sposób wykształcił się dewon w Skandynawji, w półn.-zachodniej Rosji (od morza Białego po Kurlandję i Inflanty). W krajach bałtyckich leżą na dolnodewońskich piaskowcach oldredowego typu skały morskiego pochodzenia (wapienie i margle), których wiek średnio i górnodewoński stwierdzają liczne skamieliny, ich charakter faunistyczny jest jednakowoż inny, raczej zgodny z równowiekowemi utworami Uralu.

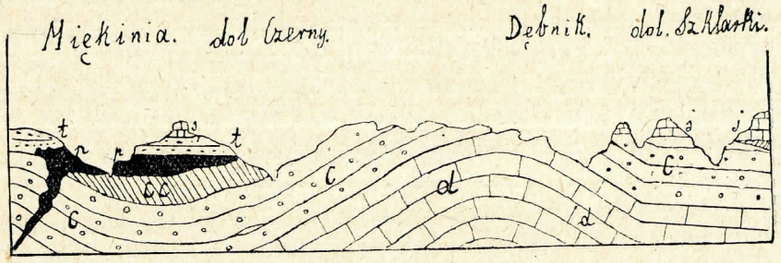
Inny pas tworzą utwory dewońskie zachodniej Francji (masyw armorykański), Wogezów i Czech, tem znamienny, że dewon leży zgodnie na sylurze. W Czechach należą do dewonu piętra F. G. i H. Barrande'a, w dolnym dewonie jest wapień z Konieprus utworem koralowym, zawierającym wcale liczne skamieliny typu hercyńskiego. Górnego dewonu brak w Czechach, gdyż piętro H odpowiada dewonowi środkowemu (givetien).

W Hiszpanji, w Alpach i w półn.-wschodniej Rosji (Ural) jest system dewoński sfałdowany i leży zgodnie na sylurskim, względnie pod węglowym, przeważnie są to jednakowoż utwory głębszego morza. W Alpach jest on znany z okolicy Gracu, a także z Alp karnickich, gdzie kilkaset metrów gruba serja pokładów, wytworzona przeważnie w facji koralowej, odpowiada wszystkim piętrom dewonu. W Rosji nad Peczorą (góry Timan) rozpoczyna się dewon średniem ogniwem, dolnego tu brak, na Uralu jednakowoż znajduje się także dewon dolny.

W Polsce znajduje się dewon w okolicy Krakowa, w górach Świętokrzyskich i na Podolu. W górach Świętokrzyskich leży dolny dewon tylko w ich północnej części zgodnie na sylurze, zresztą oddziela go od niego transgresja. Najniższym poziomem są czerwone piaskowce oldredowego typu zgodne z podolskiemi, wyżej leżą zwięzłe piaskowce z resztkami ryb, zwłaszcza z rzędu *Placodermi* (piaskowce plakodermowe), wyżej piaskowce z fauną morską przeważnie brachiopodową *(Chonetes sarcinulata, Spirifer, Orthis)*, które otrzymały nazwę piaskowców spiriferowych, a najwyżej łupki, zawierające jako częstą skamieniałość fukoida *Haliserites Dechenianus* Goepp., zwane dlatego warstwami halizerytowemi. W dewonie środkowym przeważają wapienie i margle. Najniższy poziom tworzą tu warstwy z *Calceola sandalina*, wśród wyżej leżących są częste korale i rafotwórcze hydrozoa (poziom z *Amphipora ramosa)* np. znane marmury z Chęcin. Górnodewońskie warstwy mają zrazu jeszcze cha-

rakter mieliznowy, gdyż korale nie są rzadkie, najniższy ich poziom zawiera ramienionoga *Rhynchonella cuboides*, zaś warstwy wyżej leżące mają charakter osadów głębszego morza, a są niemi przeważnie margle łupkowe zawierające głowonogi jak *Goniatites retrorsus, Clymenia Humboldti,* i małżę *Posidonia venusta.* Dewon morski jest naogół zgodny z dewonem nadreńskim.

Dewon gór Świętokrzyskich zawiera rudy ołowiu, miedzi i żelaza. Galenę wydobywano koło Chęcin, w Jaworznie pod Kielcami, Karczówce, Niewachlowie, a ponieważ kopalnie nie były doprowadzone do większych głębokości, przeto nie można twierdzić, aby w przyszłości rozwinąć się nie mogły. Kopalnie miedzi były w Miedzianej Górze i w Miedziance, gdzie wydobywano głównie malachit i azuryt; założone za czasów królowej Bony upadły w XVII wieku, a wznowione za Stanisława Augusta, później za czasów Królestwa Kongresowego, nie mogły się rozwinąć, chociaż wcale jeszcze nie są wyczerpane. Rudy żelaza, między któremi są



Ryc. 211. **Przekrój geologiczny z okolicy Dębnika.** d—dewon, c—wapień węglowy, cc — łupki i piaskowce węglowe, p — porfir, t — trias, j — jura. (Wedle Zaręcznego).

najważniejsze limonity, a syderyt podrzędną odgrywa rolę, znajdują się np. w Łagowie, Piórkowie, Miedzianej Górze; obfitsze niż rudy ołowiu i miedzi, bywają obecnie także wydobywane. Nagromadzenia rud przywiązane są do szczelin w skałach dewońskich, których wypełnienia są późniejszego wieku.

W Krakowskiem znajdują się wychodnie dewonu na wschód od Krzeszowic we wsi Dębniku. Ponieważ ku północnemu zachodowi stąd znane są odkrywki dewonu koło Siewierza (wieś Dziewki) i w Zawierciu, przeto grzbiet staropaleozoiczny objęty odkrywkami dewonu, możnaby nazwać grzbietem dębnicko-siewierskim. W Dębniku są dolomity i wapienie, czasem zbite, które bywały już w dawnych czasach używane w kamieniarstwie ozdobnem i w rzeźbiarstwie. Wedle badań Zaręcznego znajduje się tu dewon środkowy, a także górny, który okazuje przejścia do wapienia węglowego (ryc. 211). Grzbiet dębnicko-siewierski został wypiętrzony już z końcem perjodu dewońskiego, a fauna naogół

zgodna z fauną gór Świętokrzyskich odpowiada w zupełności dewonowi okolic nadreńskich.

Na Podolu leżą na sylurskich warstwach przejściowych (warstwy z Iwania) dolnodewońskie piaskowce facji czerwonego piaskowca w ten sposób, że zwolna przechodzą jedne utwory w drugie. Piaskowce zwyczajnie czerwone, ale także zielone i szare, są nader zwięzłe, gdyż lepiszcze ich jest krzemionkowe, oddzielają się łatwo na płyty i z tej przyczyny pod nazwą piaskowca trembowelskiego bywają używane na płyty do chodników, schody i t. p. Ze skamielin znajdują się resztki ryb z rodzajów *Pteraspis* i *Coccosteus*. Nad Dniestrem odsłania się dewon na przestrzeni między Niżniowem a Zaleszczykami (Dobrowlany), a nadto nad lewobrzeżnemi dopływami Dniestru (Koropiec, Złoty Potok, Strypa, Dżuryn, Seret). Jakkolwiek pozornie leżą poziomo, przecież wypiętrzone są utwory dewońskie w garb o przebiegu NW—SE, którego szczyt biegnie przez Czernelicę i Zaleszczyki, względnie przez Przemyślany i Czernelicę (grzbiet przemyślańsko-czernelicki Teisseyrego). Chociaż ku północnemu zachodowi gubi on się zwolna, przecież jest dalszym ciągiem wypiętrzenia dewońskiego gór Świętokrzyskich.

W Zawadówce nad Złotą Lipą leżą na czerwonych piaskowcach morskie wapienie i dolomity środkowo-dewońskiego wieku zawierające ze skamielin tylko korale *(Cyathopyllum)*, facjalnie zgodne ze środkowym dewonem gór Świętokrzyskich i okolicy Krakowa.

Morze dewońskie w Polsce sięgało najdalej ku wschodowi po Zawadówkę i po okolicę Dubna na Wołyniu, gdzie na zachód od tej miejscowości są wapienie zawierające środkowo-dewońskie skamieliny. Dodamy nadto, że na wschodnich kresach, już poza granicami Polski, są w powiecie owruckim zbite, nader drobnoziarniste piaskowce zwane owruckiemi, które są prawdopodobnie dewońskiego wieku, chociaż niektórzy uważają je za eozoiczne.

Dewon pozaeuropejski. W Ameryce Północnej są warstwy dewońskie zarówno w Kanadzie, jak też w Stanach Zjednoczonych, a więc w górach Sierra Nevada, gdzie zawierają złoto, w górach Skalistych i na zachód od nich. Najlepiej rozwinęły się jednakowoż i najlepiej zostały zbadane w regjonie Apalachów, gdzie geologowie amerykańscy podzielili je w następujący sposób:

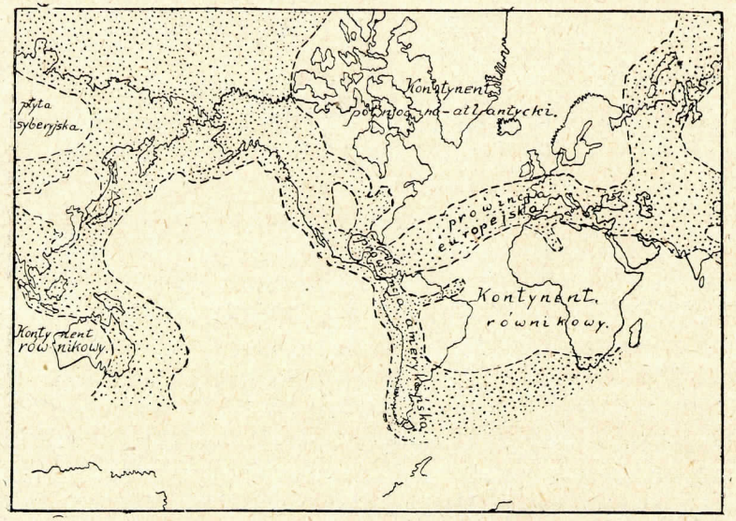
neodevonic	chautauguan	warstwy z Chemung i piaskow. z Catskill
	senecan	„ portage
		łupki z Genesee
		wapień z Tully.

mesodevonic	erian	warstwy z Hamilton
		iły z Marcellus.
	ulsterian	wapień z Onondaga
		piaskowiec z Schoharie
		„ z Esopus.
paleodevonic	oriskanian	warstwy z Oriskany
	helderbergian	warstwy z Kingston
		wapień z Becraft
		warstwy z Nowej Szkocji
		wapień z Coeymans.

Naogół są utwory dewońskie północnej Ameryki różne od europejskich, chociaż czasem widać pewne zbliżenie np. w piętrze helderbergian zawierającem faunę zbliżoną do hercyńskiej. Widocznie te oba obszary oddzielone były lądem stałym sięgającym od Apalachów do Europy północnej. Facja oldredowa znana jest w Ameryce z najgórniejszego dewonu pod nazwą Catskill i zawiera również ryby pancerne. W górnym dewonie są piaskowce i zlepieńce piąter portage i chemung głównym poziomem naftowym Pensylwanji.

Z innych części świata są znane również skały dewońskie. W Azji są zbliżone do europejskich, w południowej Ameryce i Afryce mają bardzo podobną faunę, coby wskazywało na to, że te części świata zalewało jedno morze, które naturalnie złożyło identyczne osady u południowych brzegów wielkiego podzwrotnikowego kontynentu.

Uwagi ogólne. Na podstawie obecnych danych o rozmieszczeniu dewońskich osadów niełatwo byłoby wykreślić kartę lądów i mórz tego perjodu, ryc. 212 podaje nam mapkę tego rodzaju. Widzimy z niej, że północną Europę i północno-wschodnią część północnej Ameryki zajmował wielki ląd północno-atlantycki, na którym wytworzyły się lądowe utwory oldredu. Południowe brzegi tego lądu oblewało morze, które obejmowało nie tylko środkową i południową Europę, lecz także północną Afrykę i rozciągało się ku wschodowi przez Syrję, Persję, Indje Wschodnie aż po Indje Zagangesowe. To wielkie morze (Tetyda Neumayra, Mésogée Douvillego), którego resztką jest dzisiejsze morze Śródziemne, było od bardzo dawnych czasów geosynklinalą, w której gromadziły się osady. Ku północy wysyłało to morze odnogę ku Uralowi, a na zachodzie łączyło się z morzem zalewającem znaczne obszary północnej i południowej Ameryki. Na południe od Tetydy rozciągał się wielki ląd podzwrotnikowy, który obejmował prawie całą Afrykę, Madagaskar, część Indyj Wschodnich i Australję, a także część Brazylji. Później



Ryc. 212. **Przypuszczalny rozkład lądów i mórz na ziemi w dewonie.** Linja kreskowana oznacza przypuszczalne granice geosynklinali, barwa szara morza. (Wedle Hauga po uproszczeniu).

zrozumiemy łatwiej niejedne analogje faunistyczne między temi, dzisiaj rozdzielonemi częściami świata, gdy będziemy pamiętali na ich łączność w dawnych okresach czasu. Zasięg morza dewońskiego ulegał zmianom, największym był w środkowym i górnym dewonie, dlatego też możemy mówić o środkowo-dewońskiej transgresji.

Perjod dewoński był nie tylko okresem dosyć silnych wybuchów wulkanicznych (Szkocja, Devonshire, Środkowe Niemcy), ale także czasem potężnych ruchów górotwórczych. Z początkiem dewonu zostało wypiętrzone pasmo Kaledońskie, które powstało przez sfałdowanie utworów archaicznych, algonkjańskich, kambryjskich i sylurskich nagromadzonych w wielkiej geosynklinali gór Grampian w Szkocji. Ruchy kaledońskie objęły północną część Irlandji, Hebrydy, północną Szkocję, a także północno-zachodnią część Skandynawji, powodując tutaj nieraz dalekie płaszczowinowe przesunięcia. Nie ograniczyły się jednakowoż one na wymienione obszary, gdyż objęły także południowo-zachodnią Anglję (Devonshire), Ardenny, Turyngję, góry Harcu, Morawy i przeszły do Polski, nie dały się jednakowoż odczuć ani w Czechach, ani w środkowej Francji. W Polsce, w górach Świętokrzyskich są utwory kambrosylurskie silniej pofałdowane niż dewońskie, zapewne więc przed powstaniem ostatnich tym ruchom już uległy.

PERJOD WĘGLOWY albo KARBONSKI.

Nazwa pochodzi od olbrzymich pokładów węgla, które znajdują się w skałach tego systemu. Jakkolwiek użyto jej w czasach, kiedy sądzono, że każdy system cechują pewne jemu tylko właściwe minerały i skały i chociaż węgiel kamienny powstawał także w innych perjodach, przecież znaczne nagromadzenie tego minerału cechuje tylko system węglowy.

Zarówno flora jak też i fauna tego perjodu okazuje wielkie zbliżenie do permskiej, dlatego też niektórzy geologowie łączą te oba perjody w jeden, nazwany antrakolitowym. Powrócimy do tej sprawy przy omawianiu perjodu permskiego.

Już w pierwszej połowie XIX wieku wiedziano, że w Anglji, Belgji i w Niemczech znajdują się pod pokładami węgla skały wapienne morskiego pochodzenia, które nazwano wapieniem węglowym. Przekonano się wkrótce, że nie wszędzie tworzą wapienie węglowe dolny oddział, gdyż bywa on także zastąpiony przez morski utwór iłowo piaszczysty zwany kulmem. Wyróżniano więc w perjodzie węglowym dwa piętra: dolne wykształcone jako wapień węglowy lub jako kulm i górne lądowe z pokładami węgla, zwane karbonem produktywnym.

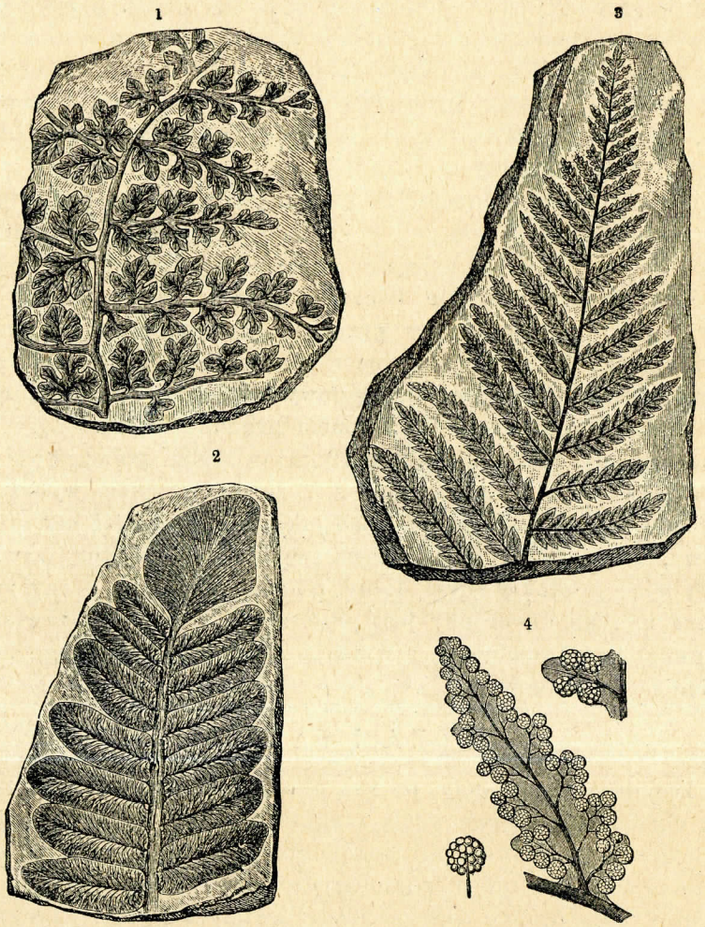
Później, gdy poznano skały karbońskie Rosji, południowej Europy i innych części świata, przekonano się, że nie wszędzie wykształcił się ten system w sposób opisany, a więc jako dolny oddział morski, a górny lądowy, gdyż bywa także wręcz przeciwnie. W Rosji zawiera węgiel, jest więc produktywnym dolny oddział karbonu, górny zaś z bogatą fauną morską utworzony jest przeważnie z wapienia zawierającego w olbrzymiej ilości otwornicę z rodzaju *Fusulina*, nazwanego też dlatego wapieniem fuzulinowym.

FLORA I FAUNA.

W karbonie znajdujemy po raz pierwszy obficie resztki **roślin** lądowych, chociaż nie są one wcale rzadkie, jak wiemy, w dewonie.

Paleontologja roślin (phytopaleontologja) ma jeszcze większe trudności do zwalczenia, niż paleontologja zwierząt. Nie znajdujemy razem całej rośliny, lecz osobno łodygi, liście, kwiaty i owoce. Trudność polega więc na tem, aby rozpoznać, do którego gatunku należą znalezione części, nic przeto dziwnego, że zrazu opisywano pod osobnemi nazwami liście, osobno łodygi, względnie kwiaty, a dopiero przypadkowo znalezione większe kawałki rośliny, np. liście z kwiatami, zdołały usunąć poprzednie omyłki. Z drzew pokrewnych dzisiejszym widłakom, które rosły obficie w karbonie opisywano osobno pnie pod nazwą *Lepidodendron*, osobno korzenie pod nazwą stygmaryj, a osobno odlewy pni, lub gałęzi pod nazwą *Knorria*. W podobny sposób z drzewiastych skrzypów, wówczas również rosnących, opisywano osobno pnie pod nazwą *Calamites*, osobno ulistnione łodygi pod nazwą *Annularia*.

Karbońska flora miała zupełnie inny charakter, jak obecna. Podczas gdy teraz przeważają rośliny okrytozalążkowe (jedno i dwuliścienne), rodniowce zaś i nagozalążkowe podrzędne tylko mają znaczenie, nie było w owych czasach wcale roślin okrytozalążkowych. Dzisiejsze skrzypy i widłaki są nikłemi roślinami zielnemi, paprocie zaś są jedynie w kra-



Ryc. 213. **Paprocie węglowe.** 1—*Sphaenopteris obtusiloba*, 2—*Neuropteris flexuosa*, 3—*Pecopteris dentata*, 4—*Oligocarpia Kliveri*. (Z. Neumayra).

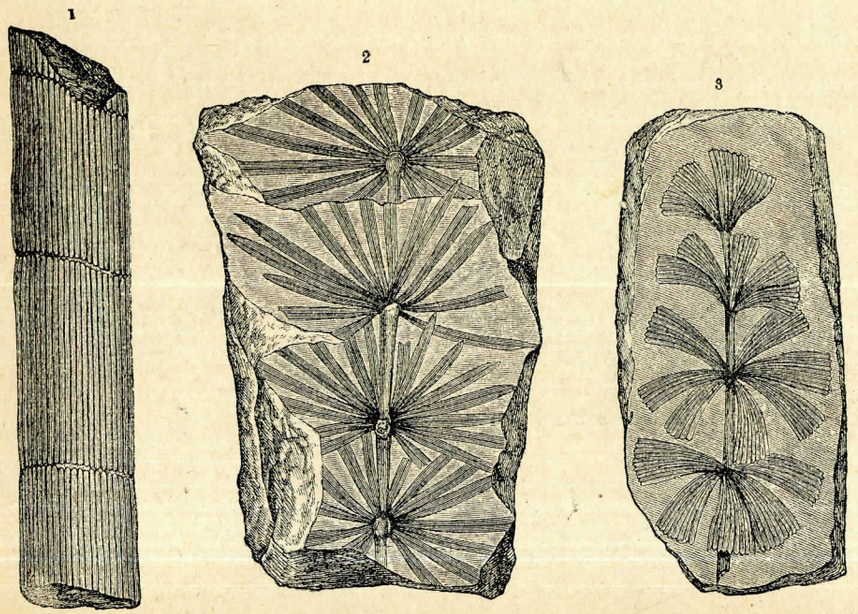
jach podzwrotnikowych drzewiaste, węglowe natomiast rodniowce dochodziły znacznych wymiarów i były potężnemi drzewami, które porastały nadbrzeżne bagniska i moczary.

P a p r o c i e węglowe właściwie do tego działu nie należą [1]), znamy je

[1]) Tworzą dział odrębny *(Pteridospermeae)* pośredni pomiędzy paprotnikami i nagozalążkowemi; od pierwszych różniły się np. wytwarzaniem nasion.

zwyczajnie w formie odcisków liściowych. Wyróżnianie rodzajów jest dlatego bardzo utrudnione, ponieważ zwyczajnie nie widzimy na liściach zarodni (sporangia), na których kształcie i ułożeniu oparta jest systematyka tych roślin. Przeważnie wydzielano rodzaje na podstawie kształtu liści i ich nerwacji *(Sphaenopteris, Neuropteris, Pecopteris* i t. p. por. ryc. 213). Zagadkowe stanowisko w systematyce ma rodzaj *Sphaenophyllum* (ryc. 214).

Do skrzypów zbliżone k a l a m i t y są również okazałemi drzewami, a od dzisiejszych skrzypów różnią się np. tem, że liście ułożone w okółkach nie są zrośnięte w pochewkę, lecz rozdzielone. Na szczycie tworzą się kłosy z zarodniami, jak u dzisiejszych skrzypów, lecz często nie-

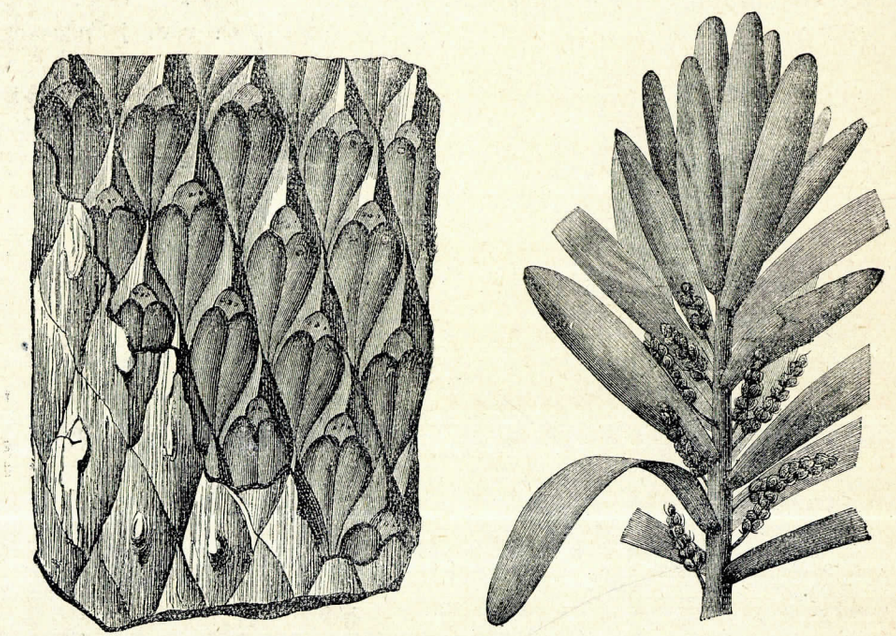


Ryc. 214. 1—Kawałek pnia *Archaeocalamites radiatus*, 2 — *Annularia*, 3 — *Sphaenophyllum* (Z Neumayra).

równe, gdyż rozdzielone na mikrosporangja i makrosporangja. Przeważnie znajdujemy ich pnie wewnątrz puste opisywane jako *Calamites* (ryc. 214. 1), a także ich ulistnione łodygi opisywane jako *Annularia* (ryc. 214. 2). Pierwsze kalamity *(Asterocalamites)* znajdują się w górnym dewonie, a w kulmie są nader częste.

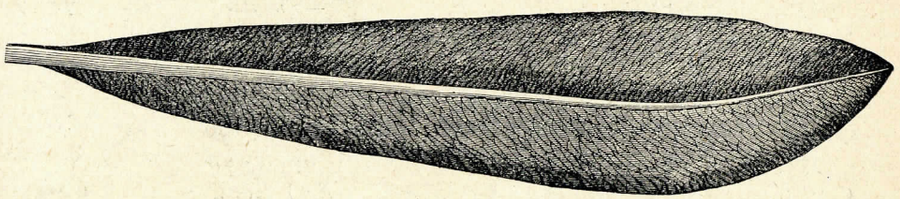
Do widłaków należy zaliczyć *lepidodendrony* (ryc. 215), wysokie drzewa, których pnie rozgałęziały się widlasto. Gałęzie były pokryte liśćmi w podobny sposób, jak łodyga widłaku, po ich opadnięciu pozostawały na łodydze znaki rombowego kształtu. Korzenie lepidodendronów rozdzielały się widlasto, nazwano je stygmarjami.

Sigillarje, albo drzewa pieczątkowe, podobne do lepidodendronów, lecz albo słabo, albo wcale nierozwidlone, mają większe i sześcioboczne znaki po opadłych liściach, podobne nieco do odcisków pieczęci i stąd też otrzymały nazwę.



Ryc. 215. 1—*Lepidodendron Sternbergi* z zachowaną korą, 2— *Cordaites*. (Z Neumayra).

W tem samem wykształceniu znajduje się flora zarówno karbońska, jak też niewiele od niej różna flora permska, na znacznych przestrzeniach ziemi, gdyż oprócz Europy, także w Chinach, w Afryce aż po rzekę Zambesi. W tym samym czasie żyły natomiast w południowej Afryce



Ryc. 216. *Glossopteris indica*. (Z Neumayra).

(kraj Przylądkowy), w Indjach Wschodnich, Australji i południowej Ameryce zupełnie odmienne paprotniki o niepodzielonym liściu jak *Glossopteris*, *Gangamopteris* (ryc. 216), które świadczą o tem, że na południu leżał ląd inny, który Suess nazwał lądem Gondwany.

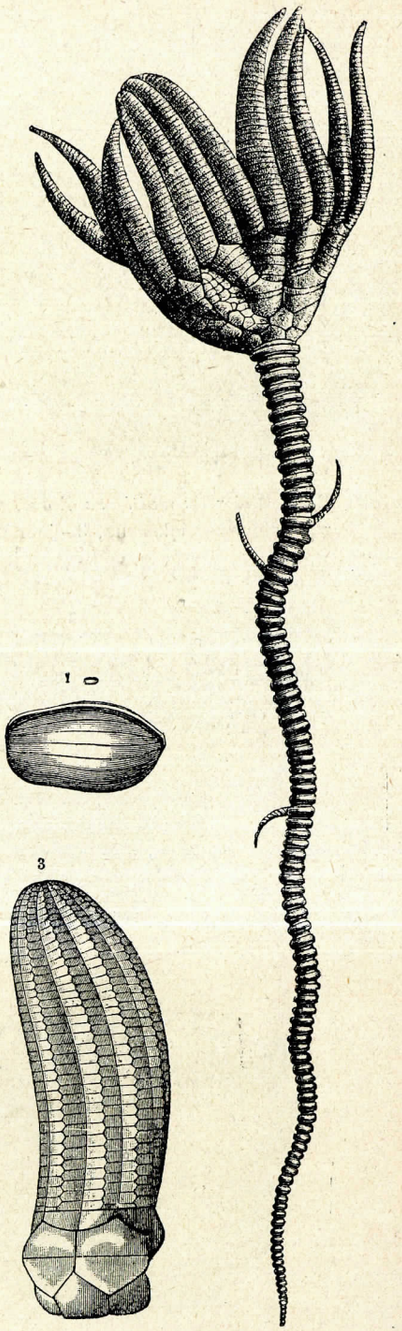
Oprócz rodniowców znane były w perjodzie węglowym także rośliny nagozalążkowe zbliżone nieco do sagowców, są to t. zw. *Cordaity* (ryc. 215).

Fauna. Naogół nie okazuje fauna wydatnych różnic w porównaniu z dewońską, cechuje ją wszakże pojawienie się pierwszych płazów i gadów.

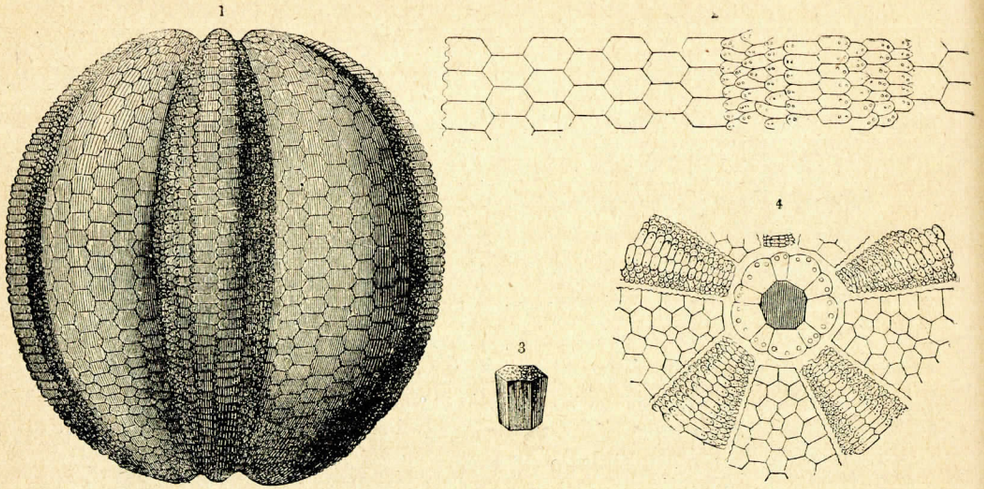
Z otwornic zasługuje na uwagę rodzaj *Fusulina* (ryc. 217. 1), który, jak też pokrewny mu *Schwagerina*, występuje w miljardach osobników, tworząc wapienie fuzulinowe. Skorupka tej wyjątkowo wielkiej otwornicy, dochodzącej bowiem nawet długości 5 cm., ma kształt wrzecionowaty, lub kulisty; liczne zwoje składają się z bardzo wielkiej ilości komórek.

Z korali żyją przeważnie *Tetracorallia* i *Tabulata*. Ze szkarłupni osiągają liljowce (np. *Woodocrinus* ryc. 217. 2), szczyt swego rozwoju, również *Blastoidea*, które wymierają z końcem tego perjodu. Jeżowce, naogół rzadsze niż w poprzednich perjodach, należą do wygasłego rzędu tych zwierząt *(Palechinoidea)*, który różni się tem od późniejszych, że ich skorupka ma więcej niż 20 pionowych szeregów tarczek, podczas gdy późniejsze, jak też i dzisiaj żyjące jeżowce, mają ich tylko 20. Przykładem może być rodzaj *Melonites* (rycina 218).

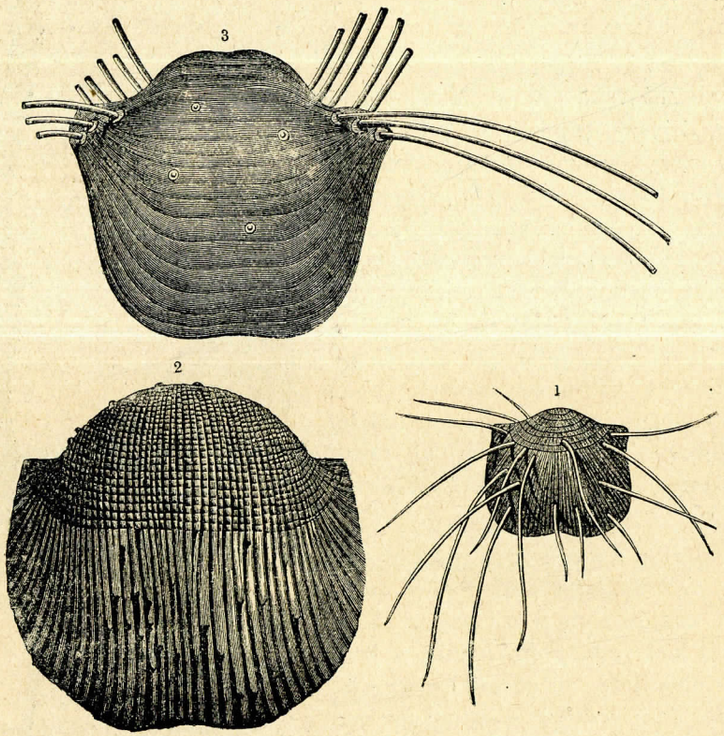
Ramienionogi, jakkolwiek rzadsze, niż w poprzednich perjodach, przecież znajdują się wcale często. Znamiennym jest rodzaj *Productus*, z którego bardzo licznych gatunków wymienimy np. *P. giganteus* dochodzący nawet długości 35 cm. i *P. longispinus*, którego skorupa była opatrzona licznemi kolcami (ryc. 219). Z innych ro-



Ryc. 217. 1—*Fusulina cylindrica*, 2—*Woodocrinus* z wap. węglowego Anglji, 3—*Stemmatocrinus*. (Z Neumayra).



Ryc. 218. *Melonites multipora* Norw. wapień węglowy, 1 — okaz zupełny, 2 — część powierzchni powiększona, 3—jedna tabliczka, 4—szczyt skorupy. (Z Neumayra).

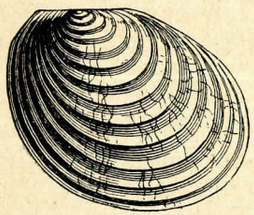


Ryc. 219. 1—*Productus longispinus* z wap. węglowego, 2—*Productus semireticulatus* Martin. z wap. węglowego, 3—*Productus horridus* Sow. z cechsztynu. (Z Neumayra).

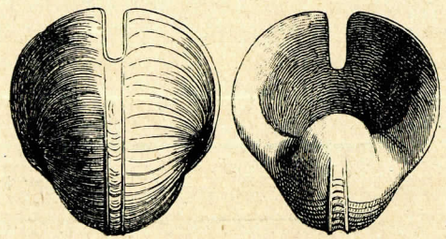
dzajów są częstszemi naprzykład *Spirifer*, *Rynchonella*, *Chonetes*, *Terebratula*.

Z głowonogich żyją łodzikowate; amonity mają typ goniatytowy, chociaż u niektórych bywa już linja lobowa w zatokach rozczłonkowana. Z małży wymienimy charakterystyczną dla kulmu *Posidonia Becheri* (ryc. 220), a ze ślimaków starożytne rodzaje *Bellerophon* i *Euomphalus* (ryc. 221).

Trylobity są już w karbonie na wymarciu, z nielicznych częstszym jest rodzaj *Phillipsia*. Niewątpliwe owady pojawiają się po raz pierwszy w tym perjodzie, a chociaż znamy wcale pokaźną ilość gatunków, to przecież nie możemy ich pomieścić w rzędach dzisiaj żyjących. Naogół podobne do szarańczaków i ważek, były nieraz olbrzymami wśród owadów np. na palec długie karakony, lub ważki o skrzydłach mierzących do 3 dm. w średnicy [1]). Nie było wówczas tych rzędów, których przedstawiciele żywią się słodyczą, lub pyłkiem kwiatów, ówczesne owady były drapieżnemi rabusiami, przeobrażenie miały niezupełne, a bra-



Ryc. 220. *Posidonia Becheri* Bronn. (Z Zittla).



Ryc. 221. *Bellerophon bicarenus* Lev. wap. węglowy, Tournay, Belgja. (Z Zittla).

kowało jeszcze tych wszystkich objawów, które świadczą o trosce o potomstwo, lub o życiu w społeczeństwach. Oprócz owadów znane są teraz także pająki i wije.

Z kręgowców żyją wcale liczne ryby, częste są zwłaszcza kostnołuskie i spodouste. Z ostatnich do rekinów zbliżone formy były wielkiemi drapieżcami, a niektórzy przypuszczają, chociaż niesłusznie, że one spowodowały powolne wymieranie niektórych działów zwierzęcych, np. trylobitów.

Pierwsze pojawienie się płazów i gadów jest dla karbonu znamiennem zjawiskiem. Ówczesne płazy nie należą do żadnego z rzędów dzisiaj żyjących, lecz do wygasłego rzędu płazów opancerzonych *(Stegocephali)*. Były to zwierzęta różnej wielkości (największe 2 m. długie) kształtem do jaszczura zbliżone, o przypłaszczonej czaszce. Dzisiejsze płazy mają skórę gładką, stegocefale zaś miały zwyczajnie łuski na brzusznej stronie ciała. W wielkich oczodołach tkwiły oczy opatrzone rogowym pier-

[1]) *Meganeura Monyi* miała rozpiętość skrzydeł 70 cm.

ścieniem, na kości czołowej znajdował się otwór odpowiadający prawdopopobnie nieparzystemu oku, który dzisiaj widzimy u nowozelandzkiej hatterji. Nieliczne w perjodzie węglowym, rozwinęły się stegocefale głównie w permie, a giną w triasie.

Dawniej sądzono, że pierwsze gady pojawiły się dopiero w perjodzie permskim, tymczasem znaleziono je już w karbonie, wobec czego różnica między fauną obu tych perjodów jest nieznaczną.

PODZIAŁ I ROZMIESZCZENIE UTWORÓW WĘGLOWYCH.

Zaznaczyliśmy już poprzednio, że system węglowy dzielimy na dolne piętro zwane kulmem (mountain limestone dawnych geologów angielskich) i górne piętro produktywne (coal measures Anglików). Geologowie francuscy (Lapparent) wprowadzili podział na trzy piętra, z których pierwsze dinantien [1]) odpowiada kulmowi, dalsze zaś dwa: westfalien i stephanien [2]) produktywnemu piętru. Ponieważ gdzie niegdzie (np. w Rosji) jest górny karbon, jak już wiemy, rozwinięty w facji morskiej, przeto dla zaznaczenia takich utworów używamy nazw piętra moskiewskiego i uralskiego. Wobec tego schemat podziału przedstawi się nam w następujący sposób:

	utwory lądowe	utwory morskie
górny karbon	stephanien	uralien
	westfalien	moscovien
dolny karbon	dinantien	wapień węglowy względnie kulm.

Anglja. Zarówno w Anglji, jak w Szkocji i w Irlandji leżą zgodnie na dewonie dolnokarbońskie utwory wykształcone przeważnie jako wapień węglowy z bogatą fauną morską; w Szkocji są wśród wapieni warstwy węgla. W południowo-zachodniej Anglji (Devonshire) wykształcony jest dolny karbon jako kulm; tworzą go iły i piaskowce zawierające jako charakterystyczną skamielinę *Posidonia Becheri*.

Górny karbon rozpoczyna się gruboziarnistemi piaskowcami, ubogiemi w skamieliny, zwanemi „millstone grit", na nich leżą właściwe

[1]) Nazwa od miasta belgijskiego Dinant.

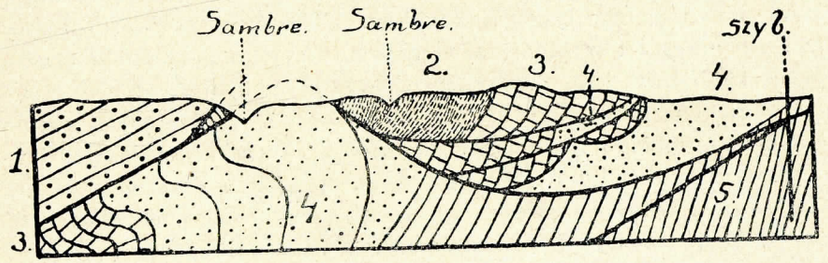
[2]) „ „ „ St. Etienne.

produktywne utwory, w niższych partjach przedzielane morskiemi „coal measures". Pierwotnie jednociągłe, rozdzieliły się jednakowoż na szereg zagłębień, których rozkład przedstawia ryc. 222. Znaną jest rzeczą, że angielskie złoża węglowe są bardzo bogate; wyróżniono wśród nich kilka poziomów, które odpowiadają co do wieku piętru westfalskiemu, a częściowo także piętru stefańskiemu.

Ryc. 222. **Złoża węglowe Anglji.** Kolor czarny oznacza złoża węglowe, gęste kropki — starsze utwory, oddalone — młodsze. (Z Kaysera)

Belgja, półn. Francja, okolice nad Renem. Warstwy węglonośne południowo-zachodniej Anglji (zagłębie Bristolu) zapadają ku wschodowi (dowiercono się ich w Dover), a okazują się dopiero po drugiej stronie Kanału, wychodząc na powierzchnię w Boulonais, zajmują całą Belgję, przechodzą Ren i rozwijają się dobrze nad rzeką Rhur. Dolny karbon (dinantien) wykształcił się tutaj przeważnie jako wapień węglowy obfitujący w skamieliny zwłaszcza w miejscowościach: Tournai i Visé w Belgji. Na podstawie fauny podzielono go na dwa ogniwa: starsze piętro z Tournai zawierające jako charakterystyczną skamielinę *Spirifer tornacensis* i górne piętro z Visé z *Productus giganteus* i z *P. corrugatus*. Po drugiej stronie Renu zmieniają się stosunki, gdyż wapień znika zwolna, a na jego miejsce pojawiają się łupki ilaste zawierające *Posidonia Becheri*, a więc kulm będący utworem głębszego morza, czyli geosynklinala pogłębia się ku wschodowi.

Wyżej leży produktywny oddział formacji węglowej; o daleko idących zaburzeniach i nasunięciach świadczy profil z Charleroi (ryc. 223). W międzywarstwach znajdowana fauna jest zrazu morską, wyżej pojawia się jednakowoż słodkowodna, która wreszcie dominuje. Po prawej stro-



Ryc. 223. **Profil z Charleroi.** 1—dewon dolny, 2—dewon górny, 3—wapień węglowy, 4 i 5—karbon produktywny, 5—z obfitszemi pokładami węgla. Linje czarne oznaczają uskoki i nasunięcia. (Wedle Briarta, z Kaysera).

nie Renu nad rzeką Rhur leżą na kulmie piaskowce bez węgla odpowiadające angielskiemu millstone grit, a dopiero wyżej warstwy węglonośne nader bogate w węgiel (Essen, Bochum) o całkowitej miąższości pokładów tego minerału przenoszącej 100 m. Wiekowo odpowiadają one piętru westfalskiemu, najwyższe może także piętru stefańskiemu.

Na lewym brzegu Renu leży, oddzielone od poprzednio poznanych wystąpień produktywnej formacji węglowej, małe co do obszaru, lecz bardzo bogate zagłębie nad rzeką Saar. Właściwe warstwy węglonośne, zwane także warstwami z Saarbrücken, odpowiadające piętru westfalskiemu, a wyżej leżące warstwy z Ottweiler piętru stefańskiemu; ostatnie są ubogie w węgiel.

Niemcy mają bogate pokłady węgla także na dolnym Śląsku. Na południowy zachód od Wrocławia leży tutaj koło Waldenburga zagłębie przebiegające w kierunku półn.-zachodnim. Na dolnym karbonie, wykształconym przeważnie jako wapień węglowy, leżą niezgodnie warstwy produktywne zwane warstwami z Waldenburga, bogate w resztki roślinne, wskazujące na dolny oddział piętra westfalskiego. Przedzielone jałowym pokładem leżą wyżej warstwy ze Schatzlar i Schwadowitz odpowiadające górnemu piętru westfalskiemu, a najwyżej warstwy z Radowentz należące do piętra stefańskiego.

W środkowej Francji rozwinął się system węglowy z bogatemi pokładami węgla po wschodniej stronie płaskowyżu Centralnego. Najobfitszem jest tu zagłębie z St. Etienne, gdzie górnokarbońskie węglonośne utwory należą do poziomu wyższego niż westfalski, który też od tej miejscowości, jak wiemy, nazwę otrzymał. Flora węglowa jest tu wcale obfitą, jest też wiele pionowo wznoszących się pni drzewnych, będących dowodem autochtonicznego powstania węgla.

Karbon Europy południowej (Hiszpanji, Alp Wschodnich i Bałkanu) rozwinął się tak, jak w Rosji, gdzie górny poziom jest morskiego pochodzenia i zawiera liczne fuzuliny. W Rosji znajduje się karbon w okolicy Moskwy, na zachód od Uralu i nad Donem. W pierwszych dwu okolicach są warstwy węglowe prawie poziome, tworząc słabo zaznaczony łęk, nad Donem zaś silnie wydźwignięte. Zagłębie węglowe Moskwy daje zupełny przekrój karbonu. Najniższy poziom (dinantien) tworzą iły, piaski i wapienie zawierające dla tego poziomu charakterystyczne skamieliny (np. *Productus giganteus)*, u spodu wtrącone są pokłady węgla charakterystyczne brunatną barwą. Wyżej leżą wapienie piętra moskiewskiego ze *Spirifer mosquensis*, *Fusulina cylindrica* i t. p., a najwyżej dolomity piętra uralskiego ze *Spirifer supramosquensis*, *Productus cora*. Najwyższy poziom tego piętra znajdujemy nad Wołgą (koło Samary), gdzie zawiera liczne otwornice z rodzaju *Schwagerina*.

W zagłębiu węglowem nad Donem (między Donem i Dońcem) wykształcone są także te trzy poziomy zawierające skamieliny morskie, lecz wtrącone są warstwy lądowe z licznemi pokładami węgla i resztkami

roślin. Piętro z *Productus giganteus* ma nieznaczną ilość węgla, piętro ze *Spirifer mosquensis* jest bogatsze w węgiel, a flora w niem obficie zawarta, wskazuje na piętro westfalskie, natomiast w piętrze uralskiem jest ilość węgla mniej znaczną, z flory wynika wiek piętra stefańskiego.

W Alpach Wschodnich jest wykształcenie karbonu podobne, górny zawiera także fuzuliny. W Azji (Syberja, Japonja) jest rozwinięty podobnie jak w Rosji, w górnych poziomach są także częste otwornice. W Chinach znajdują się w dolnym karbonie rozległe pokłady węgla, najniższe zawierają wyborny antracyt.

Polska. Perjod węglowy jest w Polsce czasem przewagi utworów lądowych nad morskiemi, jedynie w dolnym karbonie przechodziło tędy wąskie morze od Saksonji przez Śląsk dochodząc pod Kraków, a następnie rozciągając się prawdopodobnie pod Karpatami ku Węgrom. Na Górnym Śląsku zostały złożone zrazu utwory kulmowe z małą zawartością węgla, na wschodzie zaś, a więc w pasie przybrzeżnym, przeważają wapienie. Kulm znajduje się przeto w południ.-zachodniej części zagłębia towarzysząc zboczom gór Altvater i wypełniając kotlinę, która to pasmo oddziela od Karpat, jest więc np. koło Ostrawy Morawskiej. Inna partja kulmu znajduje się koło miejscowości Toszek i Żyrawa w północnej części zagłębia, *Posidonia Becheri* jest i tutaj przewodnią skamieliną. Wapień węglowy znajduje się na północ od Krzeszowic leżąc na dewońskiem siodle Dębnika i zawiera wcale liczną faunę, np. *Spirifer tornacensis* de Kon., *Productus giganteus* Mart., a w całości należy do piętra dinanckiego, odpowiadając zachodnio-europejskiemu sposobowi wykształcenia.

Warstwy kulmu przechodzą ku górze w słodkowodne utwory produktywnej formacji węglowej, która jest autochtonicznego pochodzenia. Przejście od kulmu do utworów lądowych tworzą warstwy znalezione w Gołonogu, Tenczynku, a także w Zabrzu, Królewskiej Hucie i koło Bytomia, zawierające morskie skamieliny zwane warstwami z Gołonoga [1]).

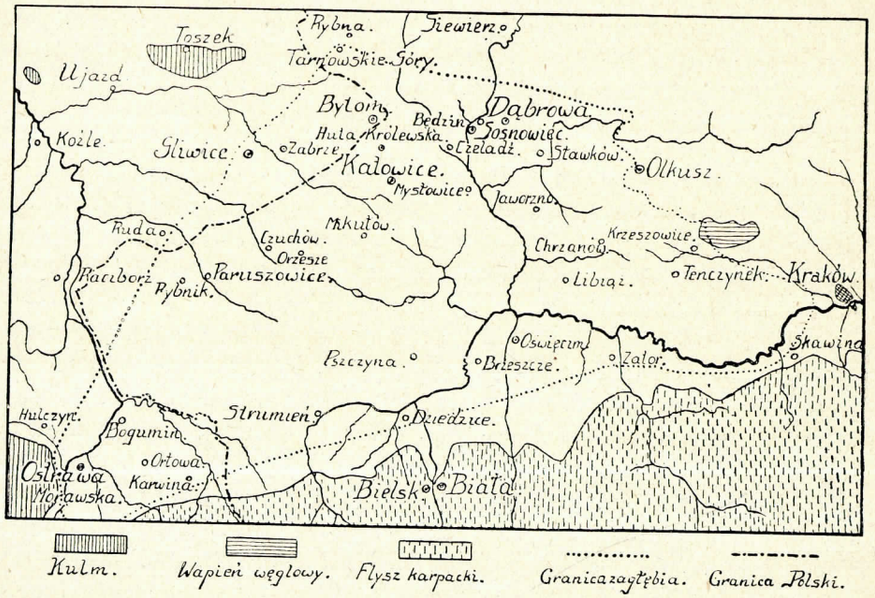
Wyżej leżące produktywne utwory, złożone z jasnych łupków iłowych, piaskowców i warstw węgla zajmują obszerną, nieckowatą zaklęsłość zwaną zagłębiem węglowem polskiem, którego zasiąg przedstawia nam mapka (ryc. 224).

Kopalnie węgla mieszczą się przeważnie na brzegach zagłębia; są one w Dąbrowie Górniczej, Czeladzi, Sielcach, Modrzejowie, Jaworznie, Tenczynku, Libiążu i Brzeszczach w Krakowskiem, na Śląsku zaś w Karwinie, Orłowej, Bytomiu, Mysłowicach, Mikułowie, Rybniku, Orzeszu i t. d. Wiekowo należą warstwy produktywne do piętra westfalskiego, niektóre być może już do piętra z St. Etienne.

Podział karbonu produktywnego w Polsce oparto na środkowej grupie warstw bogatej w węgiel zwanej redenem, dzieląc go na warstwy

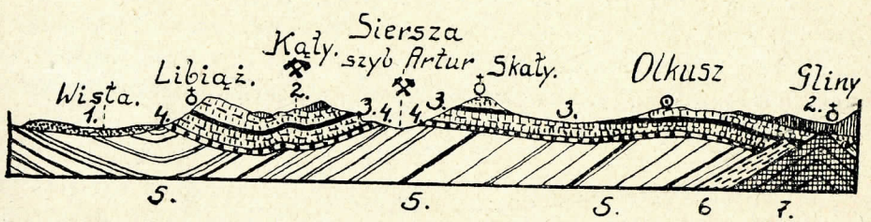
[1]) Wedle Petraschka odpowiadają one warstwom podsiodłowym.

nadredenowe, redenowe i podredenowe. Na brzegach zagłębia, a więc np. w okręgu dąbrowskim odsłaniają się przeważnie warstwy podredenowe i redenowe, podczas gdy w miarę posuwania się ku środkowi mają przewagę warstwy nadredenowe. Na Śląsku nazwano warstwy redenowe sio-



Ryc. 224. **Mapka polskiego zagłębia węglowego.** (Wedle Grzybowskiego, Wójcika i in.).

dłowemi (Sattelflötzgruppe), dzielą więc karbon na warstwy: nadsiodłowe (także warstwy z Orzesza, lub z Karwiny), siodłowe i podsiodłowe (także warstwy z Ostrawy, lub z Rybnika).



Ryc. 225. **Przekrój przez część zagłębia węglowego.** 7—dewon, 6—wapień węglowy, 5—karbon produktywny z pokładami węgla, 4—perm, 3—trias (linja czarna—poziom kruszconośny), 2—jura, 1—kreda i trzeciorzęd. (Wedle Wójcika).

W szczegółach nie jest budowa zagłębia zupełnie prosta. Są tu siodłowate wypiętrzenia o przebiegu NW—SE, a nadto podłużne pęknięcia i uskoki (np. uskok wzdłuż linji Orłowa-Gliwice), które utrudniają zrozumienie całości.

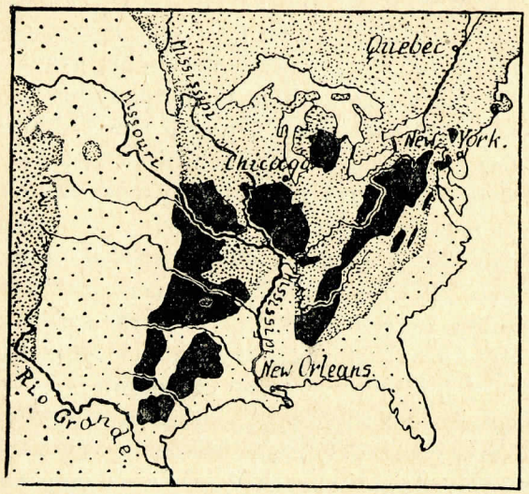
Nie wiemy, jak daleko ku wschodowi biegnie granica zagłębia. Przeważnie sądzono, że grzbiet dewoński Dębnika i tamtejsze występowania wapienia węglowego znaczą nam równocześnie wschodnią granicę zagłębia, ale prawdopodobną jest rzeczą, że granicę tę możnaby przesunąć dalej ku wschodowi. Ułamki skał karbońskich, często nawet z brykami węgla, znajdowane jako głazy egzotyczne w skałach fliszowych Karpat dowodzą, że ku południowemu wschodowi ciągnęły się dalej utwory węglowe, które przez denudację morską zniszczone zostały.

Sądzono dawniej, że ku południowi stanowią odkrywki skał fliszowych granicę systemu węglowego. Późniejsze badania tłumaczące fałdy Karpat jako płaszczowiny nasunięte ku północy na przedmurze sudeckie zwróciły na to uwagę, że skały karbońskie przykryte przez fałdy fliszowe sięgają dalej ku południowi niż przypuszczano pierwotnie, a w takim razie po przebiciu wierzchnich skał fliszowych muszą natrafić wiercenia na utwory węglowe. W rzeczywistości liczne wiercenia wykonane np. w okolicy Kęt, na północ od Wadowic natrafiały też na pokłady węgla po przebiciu nadległych skał karpackich.

W górach Świętokrzyskich nieznano do niedawna utworów węglowych. J. Czarnocki zdołał jednakowoż odszukać tam w r. 1916 zarówno wapień węglowy, jak też i kulm. We wsi Gałęzice na zachód od Kielc leżą na górnodewońskich wapieniach koralowych z licznemi osobnikami rodzaju *Clymenia* krzemionkowe łupki z niewyraźnemi resztkami ryb pancernych, zapewne także górnodewońskie, a na nich czerwonawe, lub szare wapienie zawierające obfitą faunę złożoną zwłaszcza z brachjopodów, korali i liljowców (między innemi *Productus giganteus, mesolabus*) określającą ich wiek jako dolnokarboński (piętro z Visé). Na tych wapieniach są szare piaskowce z niewyraźnemi resztkami roślinnemi, któreby prawdopodobnie do kulmu zaliczyć należało. Na warstwach karbońskich leżą permskie.

W karbonie wypiętrzyły się pod wpływem ruchów hercyńskich, które wkrótce poznamy, góry Świętokrzyskie, a wtedy również powstało dewońskie wypiętrzenie siewiersko-dębnickie; czas tych ruchów możemy określić jako graniczny między górnym a dolnym karbonem. W okolicy Krakowa przyszło do wylewu magmy, wydobyły się więc skały wybuchowe, mianowicie porfiry i diabazy, dawniej za melafiry uważane. Porfir kwarcowy wydobywany jest w Miękini koło Krzeszowic (ryc. 11), skąd rozchodzi się daleko po Polsce jako bardzo dobry materjał do brukowania, porfir sienitowy zaś w miejscowościach Frywald, Zalas i Sanka, diabaz w Rudnie koło Krzeszowic.

Nie będziemy wymieniali wszystkich krajów, w których wykształcił się system węglowy. Ważniejsze gospodarczo są olbrzymie pokłady węgla Stanów Zjednoczonych. Jakkolwiek nie brak ich na zachodzie, przecież jest ich najwięcej w środkowej części i na wschodzie.



Ryc. 226 **Mapka złóż węglowych Stanów Zjednoczonych.** Kolor czarny oznacza złoża węgla, gęste kropki—skały starsze, oddalone—młodsze. (Z Kaysera).

Warstwy węglowe z bogatą florą piętra westfalskiego i stefańskiego (oba te piętra obejmują geologowie amerykańscy mianem pennsylwanian, podczas gdy karbon dolny nazywają missisipian) są przekładane międzywarstwami morskiego pochodzenia z obfitemi skamielinami. Ryc. 226 wskazuje nam pola węglowe Stanów Zjednoczonych. Najbogatsze z nich apalachijskie ma na wschodzie węgiel antracytowy, co pozostaje w związku z ruchami górotwórczemi we wschodniej części gór.

Południowa półkula. W Indjach Wschodnich na obszarze gór Salt Range znaleziono utwory zaliczane przez Noettlinga do permu, które tenże autor dzieli w sposób następujący:

nadkład: trias

wapień produktusowy	górny	albo grupa	chidru
	środkowy	„ „	virgal
	dolny	„ „	amb
piętro pendjabskie [1])	grupa varcha		
	„ Dandote		
	boulder clay, gliny morenowe.		

Wapień produktusowy jest bardzo bogaty w skamieliny; najwięcej jest ramienionogów *(Productus, Strophalosia, Richthofenia)*, nadto są łodziki i amonity. Najniższy horyzont piętra pendjabskiego (boulder clay) zawiera liczne bezładnie stłoczone, porysowane głazy skalne, które mają charakter moreny dennej i są dowodem obecności doby lodowej w tych czasach.

Wiek wapieni produktusowych, a także glin morenowych, leżących niezgodnie na dolnym kambrze, jest do pewnego stopnia sporny. Wbrew wywodom Noettlinga uważają liczni autorowie wapienie produktusowe za górnowęglowe, a w takim razie będą dolne gliny morenowe karbońskie,

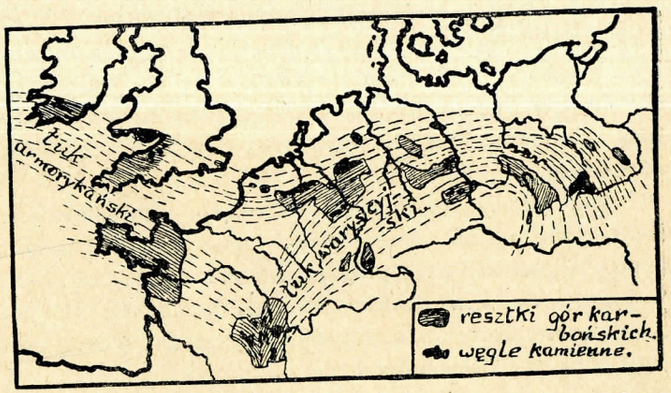
[1]) Ta nazwa Noettlinga nie zgadza się z nazwą piętra pendjabskiego (pendjabien), użytą przez Lapparenta, który w ten sposób nazwał perm środkowy czyli piętro saksońskie.

a więc i doba lodowa byłaby karbońską, nie permską. Gliny morenowe znajdują się także w Kaszmirze, a olbrzymią miąższość osiągają w północnej części Indyj Wschodnich. Tworzą one tam spąg utworu przeważnie lądowego, zwanego Gondwana, którego większa część sięga do mezozoicznej doby. Ponad morenowemi utworami leżący system talchir, przeważnie piaszczysty, zawiera w wyższej swej części swoiste paprotniki *(Glossopteris, Gangamopteris)* charakterystyczne dla południowej półkuli.

Jednakowoż także w Afryce i w Australji, a zapewne także w Brazylji, są równowiekowe lodowcowe utwory. W Afryce południowej (Kraj Przylądkowy, Transwal) tworzy spąg formacji zwanej Karroo, odpowiadającej formacji Gondwana, zlepieniec Dwyka będący stwardniałą gliną morenową. Jak w Indjach Wschodnich, tak też i tutaj zawierają warstwy nadległe morenowym (warstwy Ekka) resztki roślinne, a w nich swoiste paprocie glossopterysowej facji. Także w Australji (Wiktorja, Nowa Walja) i Nowej Zelandji jest wykształcona ta sama flora w stropie morenowych utworów, a jest ona także w Brazylji i w Argentynie.

Przyczyny tej karbońskiej epoki lodowej nie są nam znane. Charakterystyczną jest rzeczą, że nawiedziła ona przeważnie południową półkulę, chociaż była także w Indjach, a więc na półkuli północnej. Wszędzie towarzyszy lodowcowym utworom ta sama flora, która przeszła także na Syberję i do północnej Rosji, jak o tem świadczą spostrzeżenia Amalickiego nad Dźwiną północną.

Ogólne uwagi. Perjod węglowy był czasem powstania w Europie dwu potężnych łańcuchów górskich nazwanych przez Suessa armorykańskim i waryscyjskim, albo także hercyńskim wedle terminologji geologów francuskich.



Ryc. 227. **Pasma górskie Europy wypiętrzone w karbonie.** (Wedle Kaysera).

Na dzisiejszym płaskowyżu Centralnej Francji stykają się oba te pasma górskie pod kątem ostrym (rycina 227), a na północy w Ardennach łączą się tworząc łuk słabo ku północy otwarty. Od południowej Irlandji przez Kornwalję i Bretanję ciągnie się pas armorykański, którego kierunek znaczą dobrze riasowe wybrzeża tych krajów. U jego końca z płaskowyżu Centralnej Francji odchodzi ku wschodowi pasmo waryscyjskie obejmujące Ardenny,

dewońskie góry nadreńskie, Wogezy, Las Czarny, Harc i Sudety wygasając w fałdach gór Krakowskich i Świętokrzyskich. Hercyńskie fałdy zakryte przez późniejsze fałdy Karpackie ciągną się dalej ku południ.-wschodowi do Bałkanu i gór Dobrudży, znane są one z Alp, Pirenejów, Uralu i całego szeregu pasm środkowej Azji zwanych przez Suessa Altaidami. Ruchy te, które częściowo, jak np. w zagłębiu węglowem francusko-belgijskiem, doprowadziły do wytworzenia płaszczowinowych nasunięć, nie są ograniczone tylko do perjodu węglowego, lecz są także w permskim, a więc czas ich trwania odnieść należy do całego perjodu antrakolitowego wedle terminologji Hauga.

Jest rzeczą zupełnie naturalną, że w związku z temi ruchami górotwórczemi pozostawiały wybuchy wulkanów, wówczas więc wydobyły się starsze skały wybuchowe Szkocji, Harcu, gór Lahn i t. p. Czynność wulkaniczna spotęgowała się jednakowoż w perjodzie permskim.

Klimat perjodu węglowego odznacza się znaczną jednostajnością na całej kuli ziemskiej, na co wskazuje jednostajna flora różnych części świata. Nie jest koniecznem przypuszczenie, jakoby temperatura była wówczas bardzo wysoką, gdyż przeciwnie autochtoniczne złoża węglowe wskazują na warunki podobne do tych, jakie towarzyszą tworzeniu się torfu, a więc na niższą temperaturę i na klimat wilgotny. Obecność epoki lodowej na południowym kontynencie przemawia właśnie na korzyść twierdzenia, że temperatura wówczas nie była wysoką.

PERJOD PERMSKI.

Utwory tego wieku były znane oddawna w Niemczech środkowych, gdyż górnictwo miedzi w Turyngji rozwinęło się właśnie w obrębie skał tego systemu. Oddawna wydzielano tu dwa oddziały: dolny zwany czerwonym spągowcem (Rothliegendes) i górny zwany cechsztynem (Zechstein). Aby zaznaczyć dwudzielność tego systemu użył w r. 1859 Marcou nazwy diasu.

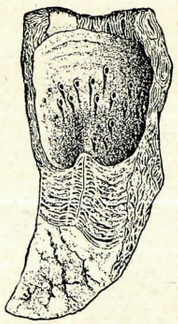
Okazało się jednakowoż wkrótce, że utwory Niemiec nie mogą być wcale uważane za typowe wykształcenie tego systemu, ponieważ są utworami lądowemi, lub półsłonemi. Morskie osady rozwinięte są lepiej w półn.-wschodniej Rosji (gubernia permska), dlatego też już w r. 1841 proponował Murchison dla całego systemu nazwę permskiego, która weszła w powszechne użycie.

Znaczna część geologów łączy ten system z węglowym w jeden nazywany antrakolitowym, zwłaszcza czynią to geologowie francuscy (np. Haug). W rzeczywistości coraz więcej faktów przemawia za tem, że granica pomiędzy karbonem i permem jest sztuczna, zwłaszcza od czasu, gdy wiemy, że pierwsze gady pojawiły się już w karbonie i że epoka lodowa południowej półkuli była w tym perjodzie, nie w permie.

Ponieważ karbońskie ruchy górotwórcze, a także czynność wulkaniczna, trwają w permie w dalszym ciągu, przeto raczej usprawiedliwione jest postępowanie tych, którzy mówią tylko o jednym antrakolitowym perjodzie.

FLORA I FAUNA.

Flora perjodu permskiego nie różni się naogół od węglowej, zwłaszcza od górnokarbońskiej. Rosną nieliczne rzekome paprocie *(Callipteris)*, kalamity i drzewa szpilkowe, podczas gdy sygillarje i lepidodendrony zwolna ustępują. Z roślin szpilkowych jest dla dolnego permu charakterystyczny rodzaj *Walchia*, dla górnego *Ullmannia* i *Voltzia*; miejscami np. około Krakowa są częste skrzemieniałe pnie drzew z rodzaju *Araucarioxylon*. Naogół stanowi flora czerwonego spągowca znaczną różnicę w porównaniu do cechsztynu. Wogóle należy zauważyć, że podział dziejów ziemi na epoki odpowiada fazom rozwojowym świata zwierzęcego, nie zaś roślinnego, które postępują nieco szybciej niż pierwsze, jak to zauważył Gothan. To następstwo jest rzeczą zrozumiałą, jeżeli pamiętamy o tem, że zmiany w świecie roślinnym sprowadzają zmiany w świecie zwierzęcym.



Ryc. 228. *Richthofenia Lawrenziana* Waagen. Skorupa brzuszna w przekroju. (Z Zittla).

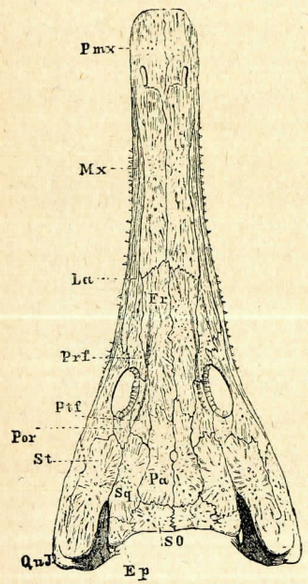
Fauna zbliżona do węglowej, przedstawia przecież pewne różnice, zwłaszcza w rozwoju amonitów. Z otwornic są *Fusulina* i *Schwagerina* i nadal charakterystycznemi rodzajami, mszywioły rozwijają się bujnie, nieraz skałotwórczo, dając początek rafom mszywiołowym, z ramienionogów zasługuje na uwagę kolcami opatrzony *Productus horridus* (ryc. 219), i również niemi nastroszona *Strophalosia*. Dziwny kształt ma w Azji i w południowej Europie znajdujący się rodzaj *Richthofenia* (ryc. 228) o skorupie brzusznej silnie zgrubiałej, wydłużonej i przyrośniętej do podłoża. Z małży należą do bardziej rozpowszechnionych rodzaje: *Gervilleia*, *Pseudomonotis*, *Anthracosia*, ostatnie dwie o cienkiej skorupie, ze ślimaków zaś rodzaj *Bellerophon*.

W facji otwartego morza, a więc azjatyckiej i południowo-europejskiej, mają wielkie znaczenie amonity, które rozwinęły się w szereg rodzajów mających szwy zarówno goniatytowe, jak ceratytowe i amonitowe; wymienimy z nich np. *Medlicottia*, *Otoceras*, *Papanoceras*. Oprócz amonitów żyją jeszcze łodzikowate *(Orthoceras, Gyroceras)*.

Z członkonogich są niektóre raki wcale częste, np. liścionóg *Estheria* żyjący zapewne w morzach półsłonych, trylobity natomiast ostatecznie wymierają. Z owadów są najstarsze *Blattoidea*, przeważnie należą jednakowoż do rzędów wygasłych, jak *Protoorthoptera*, *Protohemiptera* i t. p.

Z r y b należy do częstszych skamielin w cechsztynie Niemiec rodzaj *Palaeoniscus* i *Platysomus* z ganoideów, z p ł a z ó w zaś żyją w dalszym ciągu stegocefale np. *Archaegosaurus Decheni* (ryc. 229), *Branchiosaurus* (ryc. 230).

G a d y permskie należą do wygasłych rzędów, względnie do wymierających. *Rhynchocephalia* do jaszczurek zbliżone, mają wśród dzisiejszych gadów ostatniego przedstawiciela w nowozelandzkiej hatterji, *Theromorpha* zaś tworzą rząd dziwny przypominający najstarsze płazy (stegocefale), a także zbliżony do zwierząt ssących niektóremi cechami szkieletu i zębami często wyróżnionemi na siekacze, kły i trzonowe. Częste w północnej Ameryce i w formacji karroo Afryki południowej były czasem wielkiemi, niezgrabnemi zwierzętami, np. 2 m. długi *Pareiosaurus* (ryc. 231).



Ryc. 229. *Archaegosaurus Decheni* Meyer. czaszka. (Z Zittla).

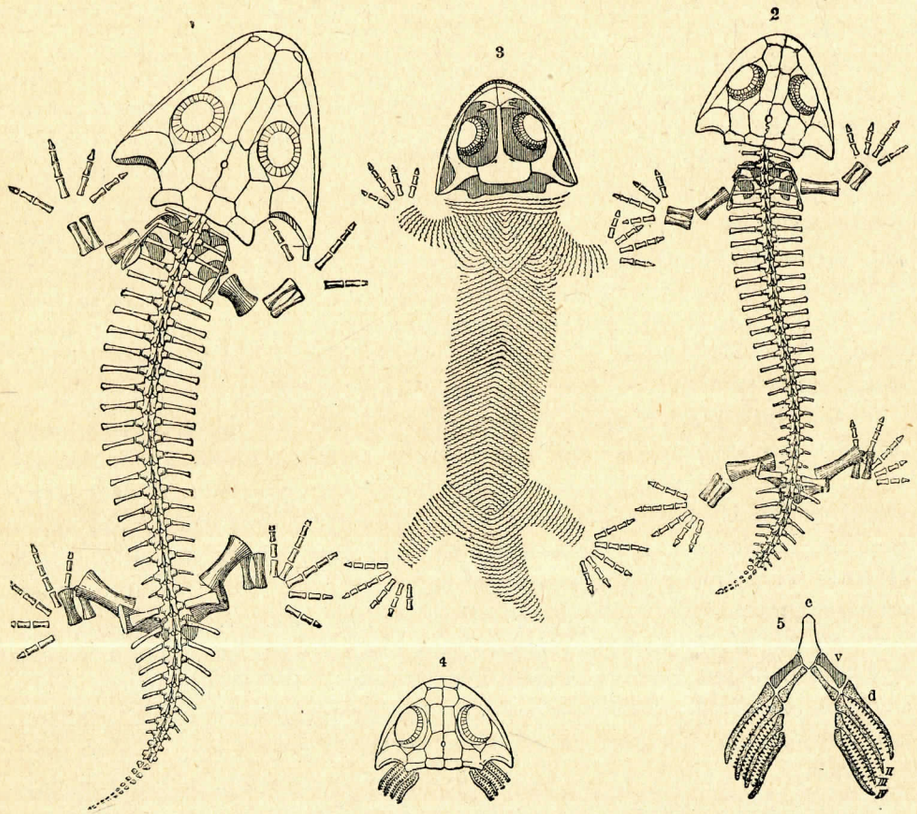
PODZIAŁ I ROZMIESZCZENIE.

W przeciwstawieniu do podziału permu na dwa piętra: czerwony spągowiec i cechsztyn, przyjęli geologowie francuscy podział na 3 piętra, a mianowicie:

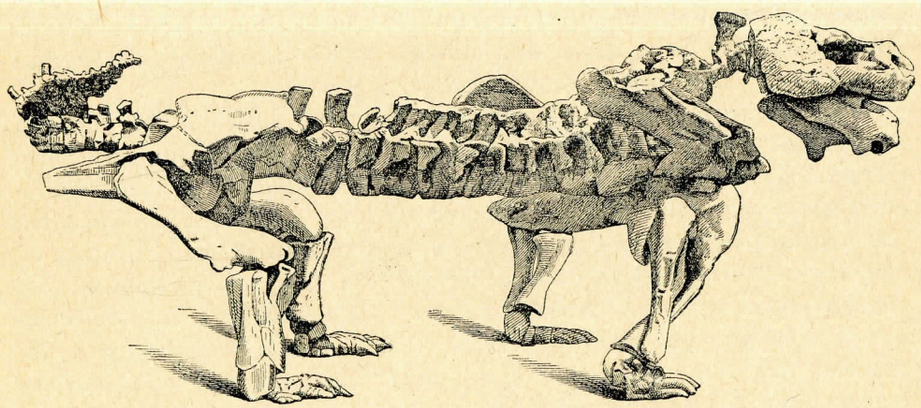
3 piętro turyngskie (thuringien)
2 „ saksońskie (saxonien)
1 „ artyńskie, albo autuńskie (artinskien).

Pierwsze, zawierające jeszcze pokłady węgla kamiennego, odpowiada permokarbonowi geologów rosyjskich.

N i e m c y. Przegląd zaczniemy od Niemiec, ponieważ tamtejsza półsłona, lub lądowa facja jest znana oddawna i ponieważ zgodne są z nią występowania permu w Polsce, z wyjątkiem Tatr. Dolny oddział (czerwony spągowiec) odpowiada obu niższym piętrom: artyńskiemu i saksońskiemu, przeważają tu piaskowce i zlepieńce, także łupki iłowe przeważnie tlenkiem żelaza zabarwione na kolor czerwony, które też temu oddziałowi barwę nadały. Dolny poziom, zawierający nad Saarą słabe pokłady węgla kamiennego, bywał wydzielany pod nazwą warstw lebachskich (Lebacher Schichten) i kuzelskich (Cuseler-Schichten); ostatnie, starsze leżą na górnokarbońskich. Z roślin są tu częste *Walchia piniformis*, *Callipteris conferta*, z płazów *Archaegosaurus*, z ryb *Amblypterus* i t. p. W tem wykształceniu znajduje się perm w zagłębiu Saary, w Lesie Turyngskim, w Harcu, Saksonji, na Dolnym Śląsku (zagłębie Waldenburgskie) i w Czechach. Niektóre z tych obszarów, jak okolica Drezna badana przez Crednera i okolica Pilzna



Ryc. 230. 1, 3 - 5—*Branchiosaurus amblystomus* Credn., 2 — *Pelosaurus laticeps*, 3 z dołu — 4—czaszka osobnika młodego z łuskami skrzelowemi, 5—łuski skrzelowe. (Z Neumayra).



Ryc. 231. *Pareiasaurus Baini* Seely, formacja karroo w południowej Afryce. (Z Neumayra).

w Czechach badana przez Friča, znane są z bogatych resztek płazów i gadów.

Wyżej leżące utwory cechsztynu, czyli piętra turyngskiego, mają charakter osadów morskich, względnie półsłonych i są oznaką morza wkraczającego od zachodu. Najniższym utworem, nie licząc dolnych zlepieńców, jest tu łupek miedziowy, nieznacznej wprawdzie miąższości (0·5 m.), który jednakowoż ma szerokie rozpostarcie. Jest to górniczo nader ważna warstwa, ponieważ zawiera obficie drobne ziarna kruszców miedzi, a chociaż zawartość ich w skale wynosi zaledwie 5%, przecież spowodowała ona znaczne i starożytne górnictwo, kwitnące zwłaszcza koło Mansfeldu. Łupek ów zawiera często resztki ryb *(Palaeoniscus, Platysomus)*, także brachiopody. Nad nim leżący wapień cechsztynu zawiera charakterystyczną faunę jak: *Productus horridus, Strophalosia Goldfussi.*

Górniczo jest bardzo ważny najwyższy oddział piętra turyngskiego (cechsztynu) zawierający znaczne pokłady soli kamiennej i soli potasowych. Zalega on w Niemczech olbrzymi obszar od Renu na zachodzie, sięgający po Altonę ku północy, a na wschodzie do Polski. Nie tylko znacznej miąższości sól (Stassfurt 300 m., Sperenberg 1.200 m.), ale głównie wyżej leżące sole potasowe są dzisiaj na tym obszarze nader ważnym przedmiotem odbudowy górniczej (por. str. 94, ryc. 103).

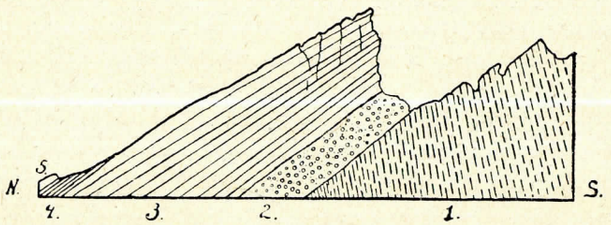
Anglja, Francja. Naogół podobne, a więc przeważnie lądowe wykształcenie ma perm w Anglji i we Francji. W Anglji należy zaliczyć do piętra artyńskiego czerwone piaskowce (lower new red sandstone), w górnych poziomach znajduje się także gips i sól. We Francji przeważają na płaskowyżu Centralnym dolne poziomy, z których najniższy artyński, zwany także autuńskim od miejscowości Autun, zawiera pokłady węgla np. w miejscowościach Autun, Brive, Commentry. Ostatnia miejscowość sławna jest z olbrzymiego pokładu węgla (grande couche) miąższości 25 m., który powstał przez zjednoczenie się sześciu innych. Fauna i flora odpowiada występującym w Niemczech w równowiekowych pokładach, takie samę znane są z masywu Armorykańskiego. Najwyższe (turyngskie) piętro jest we Francji słabo wykształcone.

Rosja przedstawia nam zupełnie inny typ rozwoju. W gubernji permskiej i przyległych, także nad Donem i na Uralu, znajdujemy perm morski. Na innych obszarach mniej bogate w skamieliny, mają dolnopermskie utwory Uralu bogatą faunę złożoną głównie z głowonogich *(Medlicottia Orbignyana, Papanoceras)* w piętrze artyńskiem, nazwanem od miejscowości Artyńsk na Uralu. Wyżej leżą czerwone piaskowce i iły przykryte piaskowcami przesiąkniętemi solami miedzi i zawierającemi resztki roślinne *(Ullmannia, Baiera)*. Nad tem leżą w gubernjach Kazańskiej, Wiackiej i Kostromskiej wapienie z fauną morską, odpowiadającą cechsztynowi Niemiec, chociaż są tutaj także swoiste gatunki. Najwyższy horyzont tworzy piętro tatarskie, zawierające w części sól i gips, resztki roślin, gadów i t. p. Tutaj zaliczano utwory nad północną Dźwiną,

które dostarczyły Amalickiemu obfitej fauny gadów *(Pareiasaurus)*, a także roślin znamiennych dla południowej półkuli *(Glossopteris, Gangamopteris).*

W Alpach wykształcił się perm w dwojaki sposób. Czerwone piaskowce i zlepieńce, pierwsze znane pod nazwą piaskowca z Gröden [1]), drugie pod nazwą werrukana [2]), są zapewne utworem lądowym, natomiast we wschodnich Alpach wykształcił się perm morski. Na górnym karbonie leżące wapienie fuzulinowe zawierają miejscami bogatą faunę, złożoną z licznych ramienionogów, a także amonitów piętra artyńskiego, na których leżą piaskowce z Gröden i werrukano. Równoważnikiem piętra turyngskiego jest w Alpach Wschodnich (Tyrol, Karyntja, Kraina) rozwinięty wapień i dolomit bellerofonowy z liczną fauną składającą się ze ślimaka *Bellerophon* i z głowonogich *(Orthoceras, Nautilus)*, a zawierającą także elementy indyjskie (ramienionóg *Richthofenia)* oprócz innych, wspólnych z permem rosyjskim.

Na Sycylji, w dolinie rzeki Sosio, poznano także bogatą faunę o charakterze rosyjskiego permu; chociaż zgodność nie jest zupełną, możemy jednak mówić o prowincji rosyjskiej, obejmującej oprócz Rosji także Alpy, Włochy i Hiszpanję.



Ryc. 232. **Tatry, przełęcz Koperszadów.** Utwory permskie (2 — zlepieńce, 3 — piaskowce) leżące na granicie (1), 4—czerwone łupki, 5—wapień liasowy. (Z Uhliga).

Polska. W Tatrach leży na granitach od północy zlepieniec, a wyżej czerwony piaskowiec, który uchodzi za permski, rozpoczyna się on zlepieńcem podstawowym (ryc. 232). Zupełny brak skamielin nie zezwala na dokładniejsze oznaczenie wieku.

W Krakowskiem wykształciły się w Karniowicach (na wschód od Trzebini) wapienie słodkowodne (martwica karniowicka) z obfitą florą złożoną głównie z paproci *(Annularia, Taeniopteris, Pecopteris, Sphenophyllum, Sigillaria, Cordaites)* opisaną przez Raciborskiego [3]), natomiast wyższym poziomem, odpowiadającym zapewne piętru saksońskiemu, są piaskowce i zlepieńce zawierające pnie drzew szpilkowych, nawet do 1·5 m. długie, należące do gatunku *Araucarites Schrollianus*, częste zwłaszcza w Kwaczale koło Alwernji, stąd też zwane piaskowcem kwaczalskim.

---

[1]) Nazwa od wsi w środkowym Tyrolu.

[2]) Nazwa od miejscowości Verruca koło Pizy.

[3]) M. Raciborski: Permokarbońska flora karniowickiego wapienia. Rozprawy Akad. Krakowskiej, 1921.

Naogół ciągnie się więc perm w Krakowskiem dwoma pasami: północnym i południowym, oddzielonemi doliną Rudawy.

W górach Świętokrzyskich znano do niedawna utwory permskie (wapienie cechsztynu) tylko w Kajetanowie na wschód od Kielc. Z nowszych prac Czarnockiego i Samsonowicza wynika jednakowoż, że są one także na zachód od tego miasta (Bolechowice, Wola Murowana), gdzie wapienie i łupki marglowe zawierają np. *Productus horridus*, *Strophalosia Morrisiana*, a z roślin *Voltzia* i *Ullmannia*.

Górnopermska śródlądowa formacja solna północnych Niemiec ciągnie się, jak mówiliśmy już, do Polski, gdzie na Kujawach solne horsty (ekzemy, por. str. 37) wychodzą na wierzch w Wapnie koło Kcyni, Inowrocławiu i w Ciechocinku, dostarczając bądź to soli kamiennej (Wapno), bądź też warzonki (Inowrocław [1]), Ciechocinek); przekrój geologiczny przez kopalnię w Inowrocławiu podaliśmy już poprzednio (ryc. 45); oprócz soli kamiennej są też w nieznacznej ilości sole potasowe i gipsy. W innych miejscach, nie wyniesione ku górze, leżą poziomo permskie pokłady w znacznych głębokościach, czego dowodem wiercenia za solą wykonane przez rząd pruski w Szaradowie i w Szubinie, z których ostatnie jest po Czuchowie w ogólności najgłębszem wierceniem na ziemi. Tam po przebiciu utworów liasowych i triasowych wiercono w soli od 1.636 m. do 2.063 m. a poniżej do 2.149 m. w solach potasowych.

Ku północnemu wschodowi ciągną się utwory permskie poza granice Polski, odsłonięte są np. na Żmudzi, lecz już w facji morskiej.

Ruchy górotwórcze, które rozpoczęły się w karbonie, trwają także w permskim perjodzie, również wzmożona czynność wulkaniczna. Na ten czas wypadają wybuchy porfirów w środkowym Tyrolu koło miasta Bozen.

[1]) Pierwotna kopalnia soli została zalana wodą.

ERA MEZOZOICZNA.

Różnica między erą mezozoiczną, a poprzednią jest rozmaitej natury. Paleontologiczna polega na wymarciu lepidodendronów, kalamitów i sygilaryj i na rozwoju roślin nagozalążkowych *(Cycadeae, Coniferae)*, chociaż pojawiają się także rośliny dwuliścienne. W faunie znikają trylobity, ramienionogi mają tylko podrzędne znaczenie, z głowonogich wymierają ortocerasy, rozwijają się natomiast właściwe amonity, które w tej erze osiągają zarówno szczyt rozwoju, jak też, z jej schyłkiem, kres swego istnienia. Z kręgowców giną ryby pancerne *(Ganoidei)*, panują natomiast gady, a pojawiają się także pierwsze ptaki i ssaki.

Dzielimy tę erę na trzy perjody: triasowy, jurajski i kredowy, których rozgraniczenie przedstawia poniekąd jeszcze pewne trudności.

PERJOD TRIASOWY.

Nazwa (Alberti w r. 1834) powstała stąd, że w Niemczech używano już dawno podziału na trzy części, a więc licząc od góry na:

kajper
wapień muszlowy (Muschelkalk)
piaskowiec pstry (Buntsandstein).

Jakkolwiek w takiem wykształceniu zajmuje trias znaczne przestrzenie, bo od Anglji przez Niemcy do gór Świętokrzyskich w Polsce, to przecież nie jest on morskim osadem, lecz przeważnie lądowym, lub przybrzeżnym. Dopiero później przekonano się, że trias alpejski jest normalnym morskim utworem, podczas gdy niemiecki za typowy uchodzić nie może. Z tej też przyczyny możemy zamiast lokalnych nazw niemieckich, używać podziału na trzy piętra, nazywając je triasem górnym, środkowym i dolnym. Jeżeli geologowie polscy używają przeważnie nazw pięter wedle terminologji niemieckiej, czynią to głównie z tej przyczyny, ponieważ trias w Polsce, wyjąwszy Tatry, jest wykształcony w facji niemieckiej.

FLORA I FAUNA.

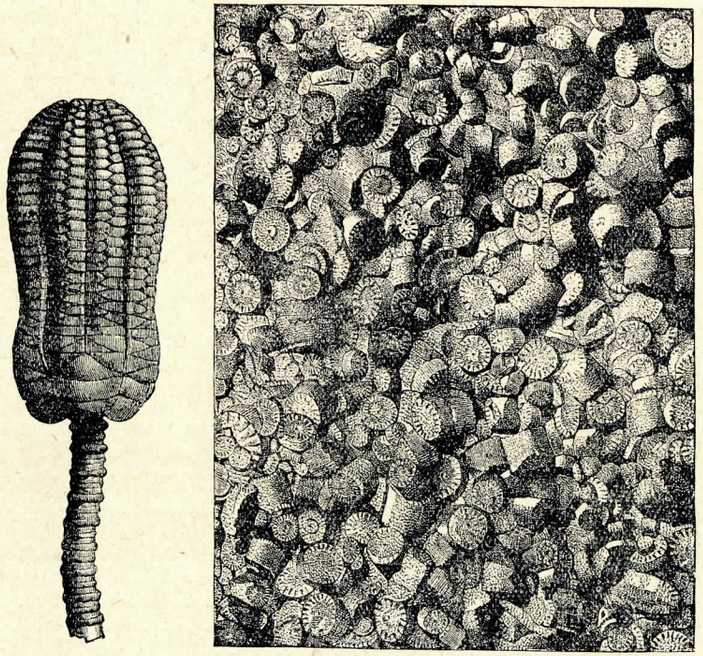
Flora jest naogół bardzo zbliżona do permskiej. Z rzekomych paproci zasługują na uwagę rodzaje: *Caulopteris* i *Neuropteris*, częstsze są skrzypy: *Equisetum*, *Schizoneura*, w piaskowcu pstrym żyje jeszcze ostatnia sygilarja: *Pleuromeia*. Przewagę mają przecież cykasy np. *Pterophyllum*, *Nilssonia*, *Zamites*, ze szpilkowych jest nader ważny rodzaj *Voltzia* np. *V. heterophylla* (ryc. 233). Pomiędzy roślinami niższemi ważne są niektóre wodorosty, częste zwłaszcza w rafowej facji alpejskiego triasu, mianowicie rodzaje: *Diplopora* w dolnym, a *Gyroporella* (ryc. 234) w górnym triasie.

Ryc. 233. *Voltzia heterophylla*, piaskowiec pstry. (Z Neumayra).

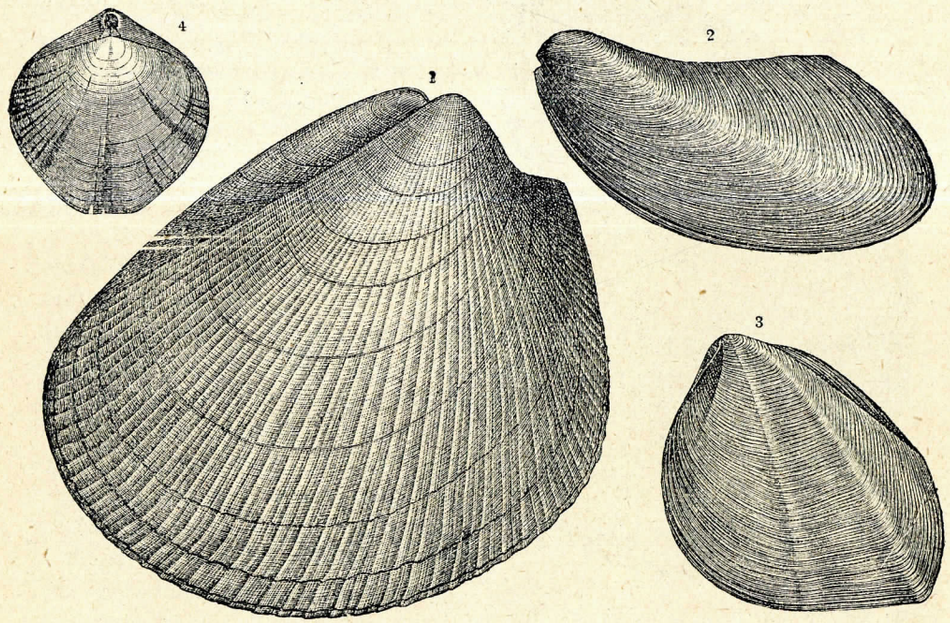
Ryc. 234. *Gyroporella*. (Z Neumayra).

Korale triasowe, jak wogóle mezozoiczne, należą do grupy zwanej *Hexacorallia*. W przeciwstawieniu do paleozoicznych *Tetracorallia* i do *Tabulata* są to przeważnie formy żyjące w kolonjach i rafotwórcze. Silny ich rozwój sprowadził powstanie raf koralowych, częstych w alpejskim triasie. Gdy dawniej sądzono, że nagła przepaść rozdziela korale paleozoiczne i mezozoiczne, to obecnie wiemy, że są pewne formy tworzące przejście od grup jednych do drugich.

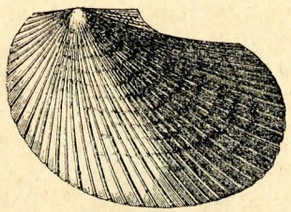
Między szkarłupniami mają liljowce największe znaczenie; z nich jest w środkowym triasie częsty *Encrinus liliiformis* (ryc. 235) o trzonku metrowej długości, który występuje czasem tak gromadnie, że krążki trzonków tworzą wapienie krynoidowe. Jeżowce, niezbyt częste w tym perjodzie, należą do nowszego typu *Euechinoidea*, który, w przeciwstawieniu po paleozoicznych, ma 10 szeregów płytek ambulakralnych i 10 międzyambulakralnych. Triasowe są przeważnie jeżowcami regularnemi *(Regulares)*, których otwór gębowy leży u spodu w pośrodku, a odustowy w szczytowej części skorupy.



Ryc. 235. 1—*Encrinus liliiformis* Mill. 2—wapień krynoidowy, utworzony z członów tego liljowca. (Z Neumayra).

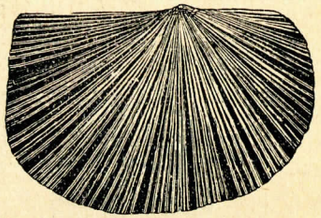


Ryc. 236. **Ramienionogi i małże triasowe (wapień muszlowy).** 1 — *Lima lineata*. 2 — *Gervillia socialis*. 3—*Myophoria vulgaris*. 4—*Terebratula vulgaris*. (Z Neumayra).

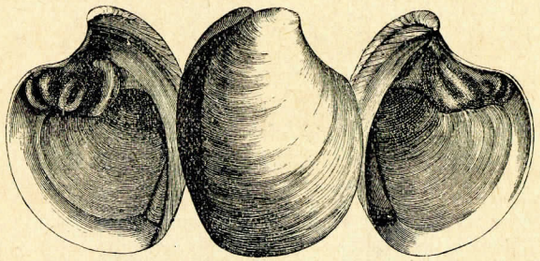


Ryc. 237. *Monotis salinaria Schloth.* (Z Zittla).

Ramienionogi w porównaniu do mięczaków tracą na znaczeniu. Rodzaje paleozoiczne są rzadkie, natomiast ważniejsze są nowsze np. dzisiaj żyjący rodz. *Terebratula* (ryc. 236).

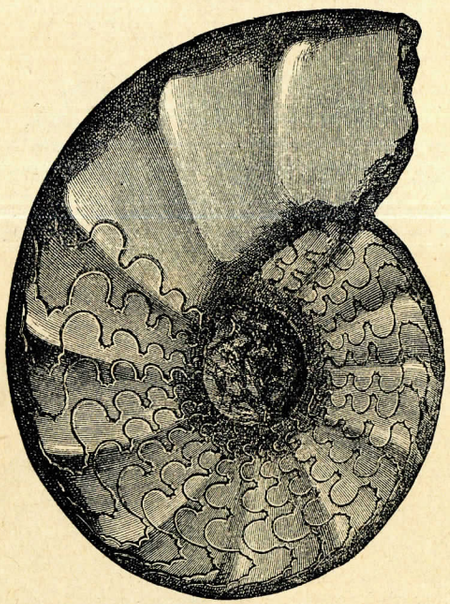


Ryc. 238. *Daonella Lomelli.* Kajper alpejski. (Z Zittla).



Ryc. 239. **Megalodon Gümbeli.** Tyrol, piętro retyckie. (Z Zittla).

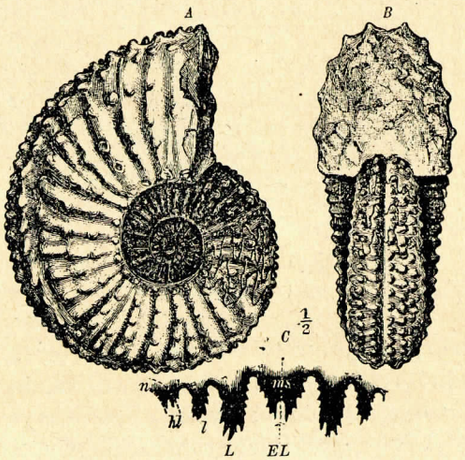
Małży (rycina 236) jest więcej; z jednowciskowych oprócz rodzajów *Lima*, *Pecten*, *Ostrea*, ważne są jako skamieliny przewodnie *Monotis salinaria* (ryc. 237) i *Daonella Lomelli* (ryc. 238) o cienkich, promienisto żeberkowanych skorupach, także rodzaj *Gervillia*, zaś z dwuwciskowych *Myophoria* i dla górnego alpejskiego triasu charakterystyczny *Megalodon* (ryc. 239) o wypukłej skorupie, silnie ku przodowi przegiętych szczytach i dwu silnych zębach zawiasowych. Wszystkie te formy mają linję płaszczową bez zatok, rodzaje nią opatrzone *(Sinupalliata)* są jeszcze bardzo rzadkie.



Ryc. 240. *Ceratites nodosus.* Trias, wapień muszlowy. (Z Neumayra).

Ślimaki są naogół mniej ważne. Są jeszcze formy stare, jak *Bellerophon*, *Murchisonia*, ale także inne *(Cerithium, Turritella)* będące zwiastunami nowszych czasów.

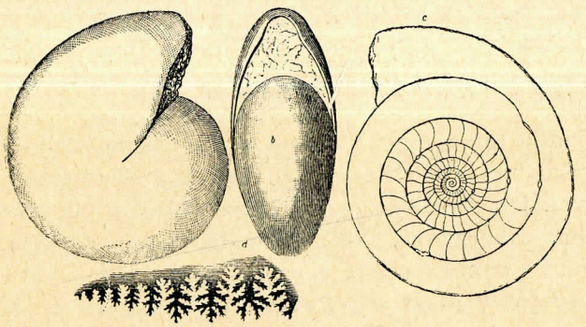
O wiele większe znaczenie mają jednakowoż głowonogi. Żyją teraz jeszcze ostatnie ortoceras, długotrwały rodzaj *Nautilus* znany jest w kilku gatunkach, a zaczyna się pojawiać dla młodszych, mezozoicznych perjodów charakterystyczna grupa belemnitów. Amonity w każdym razie przeważają pomiędzy głowonogami, większa ich część należy do grupy o ceratytowej linji lobowej, np. ważny rodzaj *Ceratites* (*nodosus* ryc. 240, *binodosus)*, albo tylko w alpejskiej facji żyjący *Arpadites*. Skąpo rozczłonkowaną linję lobową ma silnie urzeźbiony *Trachyceras* (ryc. 241), lub szerokogrzbietowy *Tropites*, oba rowkiem na obwodzie opatrzone, natomiast rodzaj *Arcestes* (ryc. 242) o zwojach, z wyjątkiem ostatniego, nie widocznych i o gładkiej powierzchni, lub również alpejski rodzaj *Pinacoceras*, mają linję lobową nader obficie rozczłonkowaną.



Ryc. 241. *Trachyceras Archelaus.* Trias, piętro noryckie. (Z Zittla).

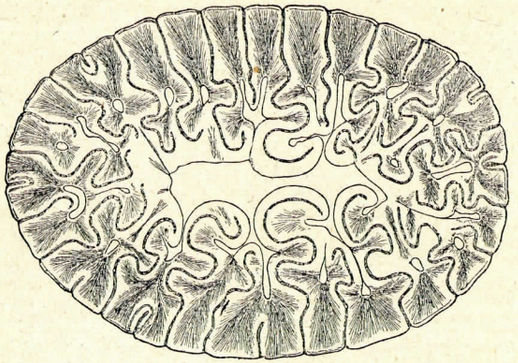
Z członkonogich ważnym jest liścionogi raczek *Estheria minuta*, znamienny dla germańskiej facji kajpru. W świecie owadów, naogół nielicznym, zasługuje na uwagę pierwsze pojawienie się chrząszczy.

Fauna kręgowców jest obfita. Z ryb znane są zarówno żarłacze *(Selachii)*, jak też ryby kostnołuskie *(Ganoidei)*. W pustyniowej facji triasu germańskiego są nierzadkie resztki dwudysznej barramundy *(Ceratodus)*, żyjącej dzisiaj w pustynnym klimacie Australji. Nie jest rzeczą pewną, czy pierwsze ryby kostnoszkieletowe nie pojawiły się już w triasie.



Ryc. 242. *Arcestes intusilabiatus.* Trias górny. a—z boku, b—z przodu, c—w przekroju, d—linja lobowa. (Z Zittla).

Płazy triasowe są pod niejednym względem dalszym ciągiem permskich. Są to również stegocefale, głównie z działu labiryntodontów, mające stożkowate zęby o dziwnej budowie (ryc. 243), gdyż dentyna ich jest falisto powyginana. Niektóre z nich są większe np. *Mastodonsaurus giganteus*. Do stegocefalów należy też zapewne odnieść ślady nóg zagadkowego zwierzęcia zwanego *Chirotherium* (ryc. 24), częste w pstrym piaskowcu. Wyjątkowo nawet 40 cm. długie, wskazują na zwierzę, które miało 5 palców, z nich kciuk nader silny, nieco na bok zwrócony.



Ryc. 243. **Ząb labiryntodonta** w przekroju. (Z Neumayra).

Gady, które w erze mezozoicznej osiągnęły szczyt rozwoju, są już w triasie wcale częste. Znane nam już z permu *Rhynchocephalia* żyją także teraz, jak również ociężałe *Theromorpha*, zwierzęta lądowe i słodkowodne, znane zwłaszcza z Afryki południowej i z Indyj Wschodnich, których permskiego przedstawiciela *(Pareiasaurus)* poznaliśmy już poprzednio. Z rzędu *Sauropterygia*, do którego należą żyjące w jurze plezjozaury, żyje w triasie do 3 metrów długi *Nothosaurus*, który miał może odnóża zdatne nie tylko do chodu, lecz także do pływania. *Ichthyosauria* o wydłużonym pysku, opatrzonym licznemi, ostremi zębami i o odnóżach przekształconych na pletwy, a przypominające kształtem delfiny, pojawiają się wprawdzie w środkowym triasie, ale ich główny rozkwit przypada na jurę, dlatego też później je rozpatrzymy. Z tak zw. krokodyli niewłaściwych *(Parasuchia)* żył w kajprze *Belodon* wielkości gawiala i mały (0·3 m.) *Aetosaurus*, częsty w kajprze okolicy Stuttgartu. Z lądowych gadów, nader rozmaitych co do kształtu, a zaliczonych do rzędu *Dinosauria*, dochodzącego szczytu rozwoju w jurze i w kredzie, żył do 3 m. długi *Zanclodon*.

W triasie są także pierwsze resztki zwierząt ssących należące do małych torbaczy *(Multituberculata)*.

ROZMIESZCZENIE TRIASU.

W Niemczech zajmuje ten system znaczne przestrzenie, zwłaszcza w południowych i środkowych (Frankonja, Szwabja, Turyngja). Piaskowiec pstry, w którym, jak wynika z nazwy, przeważają piaskowce tlenkiem żelaza na czerwono zabarwione, jest głównie lądowym utworem, z wyjątkiem górnego utworu zwanego przez Niemców roethem [1]). Skamielin nie zawiera właściwy pstry piaskowiec, częste są natomiast pręgi faliste, spękania powstałe na schnącym namule, ślady kropel deszczowych, a w środkowym oddziale ślady przypuszczalnego płaza *Chirotherium*, który kroczył po piaszczystych przestrzeniach ówczesnej triasowej pustyni. W górnym poziomie (roeth) zaznacza się transgresja morska, czego dowodem skamieliny morskie, jak z małży *Myophoria costata, Gervilia socialis, Pecten discites* i amonit *Beneckeia tenuis*. Gdzie niegdzie (nad Renem) zawierają piaskowce tego poziomu bogatą florę *(Voltzia heterophylla)*. Morze roethu było zapewne morzem zamkniętem, z którego przy wysychaniu powstały złoża soli, nierzadkie w półn.-zachodnich Niemczech.

[1]) Nazwa niewygodna ze względu na podobną (piętro retyckie), oznaczającą najwyższy poziom triasu.

Wkroczyło to morze do Niemiec od Śląska, a po chwilowym zastoju wzmogło się w czasie wapienia muszlowego; miejscami liczne skorupy mięczaków, tworząc wapienne skały, nadały nazwę temu poziomowi. Pewien zastój i powrót do pustyniowych warunków daje się zauważyć w oddziale środkowym, zwanym także grupą anhidrytową, natomiast w dolnym i w górnym wapieniu muszlowym jest więcej skamielin.

Dolny wapień muszlowy, zwany także wapieniem falistym (Wellenkalk), składa się przeważnie z wapieni o nierównej powierzchni, stąd też jego nazwa pochodzi. Ze skamielin należą do częstszych: *Terebratula vulgaris, Myophoria socialis, Nucula Goldfussi, Monotis Alberti, Lima striata, Pecten discites, Beneckeia Buchii*. W górnym, czyli w głównym wapieniu muszlowym, jest ważną skamieliną *Encrinus liliiformis, Ceratites nodosus* i pokrewne mu gatunki jak *C. compressus, C. Münsteri*.

W górnym triasie (kajprze) cofa się morze, dlatego też czerwone iły kajprowe zawierające wkłady gipsu i soli, są śródlądowym utworem. Resztek organicznych jest niewiele, przeważnie są tylko gady i rośliny; jedynie w spągowej części kajpru jest nieco skamielin zwierząt morskich, a więcej w najwyższej, czyli w piętrze retyckiem.

Dzielą kajper na część najniższą, czyli węglową (Kohlenkeuper, albo Lettenkohlengruppe), środkową, czyli kajper gipsowy i na najwyższą, czyli na piętro retyckie. W kajprze węglowym, zawierającym miejscami liche węgle brunatne, jest częstym liścionóg *Estheria minuta*, z mięczaków *Myophoria Goldfussi*, a częste są także zęby znanej nam już ryby dwudysznej *Ceratodus*. W kajprze środkowym brak resztek morskich, są natomiast wspominane już przedtem gady triasowe *(Belodon, Aetosaurus, Zanclodon)*. W kajprze górnym, czyli w piętrze retyckiem, jest więcej resztek zwierząt morskich, widocznie rozpoczęła się nieznaczna transgresja morska; *Avicula contorta, Gervilia praecursor, Modiola praecursor* tworzą faunę tem znamienną, że jest nie tylko w triasie facji germańskiej, ale także alpejskiej, wskutek czego porównywanie z alpejskiemi utworami ułatwione zostało.

W górnym kajprze Niemiec, także Anglji, leży pokład kostnego zlepieńca nieznacznej grubości, zawierający zęby, ułamki kości, koprolity [1]) i t. p. zwany „bonebed". Z niego pochodzą pierwsze resztki ssaków.

Francja, Anglja. W Alzacji i Lotaryngji znajduje się trias w wykształceniu tem samem, jak w Niemczech. Pstremu piaskowcowi

[1]) Nazywamy tak skamieniałe odchody zwierząt, zezwalające nam często wnioskować o jakości pokarmu.

odpowiadają w Wogezach czerwone piaskowce, zawierające u spodu i u stropu potężnie rozwinięte zlepieńce. Wapień muszlowy jest słabiej wykształcony, natomiast kajprowe margle znajdują się nie tylko w Wogezach, lecz także na północnych zboczach płaskowyża Centralnego, w Prowansalji, nadto w Hiszpanji.

W Anglji, gdzie trias zajmuje środkową część kraju od Newcastle po Walję i Dewonshire, jest piaskowiec pstry w ten sam sposób wykształcony jak w Niemczech, facja jego jest nawet wybitniej lądowa; te same piaskowce czerwone ze śladami *Chirotherium*, znane pod nazwą nowego czerwonego piaskowca (new red sandstone) znajdujemy i tutaj. Obecność wapienia muszlowego nie została tu stwierdzona; w piętrze retyckiem są wcale liczne skamieliny.

Alpy. Jakkolwiek już oddawna znano w Alpach niektóre występowania triasu bogate w skamieliny, jak w St. Cassian, Hallstadt, Recaoro, to przecież dopiero po długoletnich badaniach zdołano przeprowadzić podział tych utworów, który ma zapewne tylko prowizoryczne znaczenie. Podczas gdy trias Alp zachodnich (na zachód od Renu) wykształcił się w facji zbliżonej do germańskiej, to w Alpach wschodnich jest odmiennie, gdyż jest on tam utworem głębszego morza i jako taki bogaty w amonity. Ponieważ płaszczowiny różnego pochodzenia i o różnej facji leżą tam obecnie na sobie, przeto tem większą była trudność w określeniu wieku. Wedle Arthabera przedstawia się podział tych utworów w sposób następujący:

trias górny	piętro retyckie „ noryckie „ karnickie
trias środkowy	piętro ladyńskie „ anizyjskie (virglorien)
trias dolny	piętro scytyjskie albo werfeńskie.

Do piętra scytyjskiego, czyli do t. zw. łupków werfeńskich [1]), zaliczamy łupki czerwone, zielone, lub szare, które w najwyższych poziomach zawierają dla roethu charakterystyczną skamielinę *Myophoria costata; Tirolites cassianus, Avicula Clarai* są przewodniemi skamielinami łupków werfeńskich. W Solnogrodzie wytworzyły się w najwyższych poziomach potężne złoża soli (Hallein, Hallstadt, Ischl); iły i margle im towarzyszące otrzymały nazwę Haselgebirge.

[1]) Nazwa od miejscowości Werfen w Solnogrodzie.

W piętrze anizyjskiem, odpowiadającem wiekowo dolnemu wapieniowi muszlowemu, jest wiele lokalnych wyróżnień, np. wapień z Virgloria (nazwa od przełęczy w Retykonie), wapień z Recaoro [1]) z obfitą fauną ramienionogów zawierający z form wspólnych z facją germańską *Gervillia socialis, Encrinus liliiformis, Pecten discites.* Najwyższy poziom tworzą wapienie z *Ceratites trinodosus.*

W piętrze ladyńskiem, wykształconem typowo w południowym Tyrolu, zasługują na uwagę potężne wybuchy porfirów augitowych. Na nich leżą warstwy wengeńskie (od wsi Wengen) zawierające *Daonella Lomelli* jako charakterystyczną skamielinę, a najwyżej warstwy z St. Cassian [2]) (szare margle) z bogatą i kilkakrotnie opisywaną fauną złożoną ze ślimaków, małży, amonitów *(Trachyceras aon),* ramienionogów i t. p. Oprócz utworów wyraźnie warstwowanych, są także niewarstwowane do rafowych zbliżone, zwłaszcza znany dolomit Szlernu koło miasta Bozen, jakkolwiek w nowszych czasach zostało zachwiane rafowe powstanie tamtejszych dolomitów i wapieni.

W piętrze karnickiem, a więc z początkiem triasu górnego, zaznacza się cofanie morza, wskutek czego tworzą się warstwy o charakterze przybrzeżnym. Są to warstwy z Rajbl (nazwa od miejscowości w Karyntji, w której środkowy trias zawiera złoża rud ołowianych i cynkowych), za przewodnią skamielinę w nich uchodzi amonit *Trachyceras aonoides,* z innych *Cardita Gümbeli, Myophoria Kefersteini.* Resztki roślinne i słabe pokłady węgla nie są rzadkie w tych utworach, a ponieważ warstwy z Rajbl mają w Alpach znaczne rozprzestrzenienie, przeto dla stratygrafji są tem ważniejsze. W Lunz w Austrji Dolnej znane są piaskowce z bardzo bogatą i dobrze zachowaną florą (warstwy z Lunz).

Z nastaniem piętra noryckiego pogłębia się morze, tworzą się potężne masy dolomitów i wapieni wyróżniane jako dolomit główny (Hauptdolomit) i wapień z góry Dachstein (Dachsteinkalk). Skamielin w nich niewiele, z wyjątkiem ośrodków gruboskorupnej małży *Megalodon.* Lokalną facją jest wapień halstacki zawierający liczne skamieliny, np. z amonitów *Pinacoceras Metternichi, Cladiscites ornatus,* a z małży znaną z germańskiego triasu *Monotis salinaria.*

Najwyższem piętrem jest retyckie, w którem mają znaczne rozprzestrzenienie warstwy koesseńskie (wapienie i margle) z małżą *Avicula contorta* jako skamieliną przewodnią.

W wykształceniu alpejskiem, czyli śródziemnomorskiem, znany jest trias gór Bakońskich na Węgrzech, gdzie są wykształcone wszystkie poziomy z fauną złożoną przeważnie z amonitów, z Karpat np. z Bukowiny, z Włoch, gdzie w Alpach Apuańskich koło Carary znane są marmury wieku dolno i średniotriasowego, a także z półwyspu Bałkańskiego,

[1]) Miejscowość w półn. Włoszech w Alpach Wicentyńskich.
[2]) „ w południowym Tyrolu.

Grecji i Dobrudży, a nawet z Krymu i Kaukazu, gdzie jednakowoż występują formy właściwe północnej, borealnej facji triasu, na co wskazuje charakterystyczna skamielina *Pseudomonotis ochotica*.

Polska. Jak w permie, tak też i w triasowym perjodzie, jest znaczna różnica między Tatrami, których trias jest alpejskiego wykształcenia, a resztą Polski, gdzie panuje facja germańska.

W okolicy Krakowa i na Górnym Śląsku jest bardzo niewyraźną granica między permem, a triasem, ponieważ są to utwory lądowe. Najniższym jest zlepieniec myślachowicki [1]) złożony z kawałków skał paleozoicznych (dewońskich i węglowych), wyżej leżą martwice i tufy porfirowe, których rozmieszczenie na znacznej przestrzeni (od Siewierza po Alwernię) świadczy o tem, że skały wybuchowe miały dawniej znacznie większy zasiąg, niż to wskazuje ich obecne znajdowanie. Gdzie brak zlepieńców i tufów, tam są czerwone iły i piaskowce najniższym utworem.

W górach Świętokrzyskich jest dolny trias bardziej zbliżony do niemieckiego czerwonego piaskowca, gdyż piaskowce przeważają, a iły mają tylko podrzędne znaczenie. Zalegają czerwone piaskowce głównie północne stoki gór Świętokrzyskich, chociaż nie brak ich także na wschodnich i południowych.

Z końcem dolnego triasu, w dobie roethu, wkracza morze od zachodu. Brudnoczerwone iły i dolomityczne wapienie z właściwą fauną: *Myophoria costata*, *Gervilleia costata*, *Monotis Alberti* cechują ten utwór, którego odkrywki znajdują się zarówno na wyżynie Krakowskiej, jak i w górach Świętokrzyskich, gdzie są tem szczególne, że zawierają miejscami złoża rud żelaza (np. Dalejów, Suchedniów, Bzin, Starachowice).

Wapień muszlowy zajmuje podłużny grzbiet, który od Dębnika koło Krzeszowic ciągnie się w kierunku zachodnim przez Tarnowice aż do Kropiwnicy nad Odrą, obniżając się równocześnie znacznie w tym kierunku. Nie biegnie ten grzbiet równo, lecz przez erozję zostały od niego oderwane części, a nadto wyżarte dwie zatoki: od południ. zachodu zatoka śląska, a od północnego wschodu zatoka Dąbrowy Górniczej. Dolny poziom tworzy tu wapień falisty, wyższy dolomit kruszconośny (por. ryc. 225), ważny ze względu na złoża rud cynkowych, ołowiowych i żelaznych, wydobywanych głównie na Śląsku koło Tarnowic i Bytomia, na wschodzie koło Bolesławia i Olkusza, nadto w okolicy Chrzanowa. Ze skamielin są częstsze w wapieniu falistym np. *Retzia trigonella*, *Encrinus liliiformis*, *Terebratula vulgaris*, *Pecten discites*, *Lima striata*, *Gervillia socialis*, *Ceratodus serratus*.

Ponad dolomitem kruszconośnym leżą dolomity nulliporowe zbudowane z wodorostu morskiego *Gyroporella annulata*, a najwyższy poziom, rozwinięty lepiej na Śląsku jak w Krakowskiem, tworzy wapień rybniański, zawierający oprócz szczątków ryb i gadów także *Ceratites nodosus*.

[1]) Od wsi Myślachowice na północny wschód od Chrzanowa.

Wapień muszlowy Krakowskiej wyżyny zapada ku północnemu wschodowi, a wynurza się dopiero po południowo-zachodniej stronie gór Świętokrzyskich na przestrzeni od Chmielnika po Chęciny, także na północnej i północno-wschodniej stronie tego pasma, które dokoła otacza. Skamieliny, naogół nieliczne, są te same jak w Krakowskiem; gdzie niegdzie są w tych wapieniach rudy żelaza (hematyt, limonit).

W górnym triasie utworzyły się półsłone, względnie lądowe pstre iły (czerwone, zielone), zarówno na Górnym Śląsku, jak też koło Krakowa, sięgając daleko ku północy. Przeważnie przykryte młodszemi utworami, wypełniają zaklęsłości i nie zaznaczają się wyraźnie w terenie. Gdzie niegdzie znajdują się w nich pokłady węgla czarnej barwy, najwięcej na przestrzeni między Siewierzem a Kromołowem (Poręba Mrzygłodzka, Blanowice, Kromołów). Tamtejsze węgle, zwane blanowickiemi, są przedmiotem ważnej eksploatacji górniczej, a chociaż mają czarną barwę, przecież ze względu na skład chemiczny do węgli brunatnych zaliczone być muszą. Piętro retyckie jest słabo wykształcone w Krakowskiem, lepiej na Górnym Śląsku, gdzie tworzą je iły jaśniejsze od kajprowych, zawierające nierzadko sferosyderyty, ze skamielin *Estheria minuta* i rośliny.

W górach Świętokrzyskich rozwinęły się kajprowe iły czerwone i piaskowce leżące na wapieniu muszlowym. Skamielin tu brak, gdzie niegdzie tylko znaleziono ślady skójek (Unio), które są także w kajprze Śląska. Należące do piętra retyckiego pstre iły i piaskowce zawierają rudy żelaza (syderyt). Miejscami są glinki ogniotrwałe np. w Chmielowie, które dostarczyły Raciborskiemu [1]) charakterystycznej flory retyckiej (*Equisetum Münsteri*, *Schizoneura hoerensis*, *Marattia Münsteri* i t. p.). Najwyższy poziom tworzą drobnoziarniste, szarawe piaskowce, nadające się na ciosy, znane pod nazwą piaskowca szydłowieckiego, albo kunowskiego [2]), które niektórzy zaliczają do dolnej jury.

Ku północy zapadają głęboko utwory triasowe, są jednakowoż, chociaż przykryte utworami młodszemi, w Wielkopolsce, na Kujawach, a zapewne i dalej ku wschodowi. Znane nam już wiercenie w Szubinie przebiło zarówno silnie rozwinięty piaskowiec pstry (przeszło 1.000 m.), jak też wapień muszlowy i kajper. Inne wiercenia zarówno w okolicy Szubina, jak też w południowej części Wielkopolski (w Mielęcinie koło Kępna) dały te same wyniki.

Trias tatrzański należy do alpejskiego regjonu. Wyróżniamy w nim, jak wogóle w całej mezozoicznej serji, dwa odrębne typy utworów. Na południe, bliżej granitowego trzonu, wykształciły się utwory inaczej, niż w obszarach niżej położonych, a więc północnych, mówimy przeto o serji

[1]) M. Raciborski: Flora retycka gór Świętokrzyskich. Rozprawy Akad. Um. Kraków, 1891.

[2]) Nazwy od miejscowości Kunów i Szydłów, dostarczających znakomitych ciosów tego kamienia.

górnotatrzańskiej i dolnotatrzańskiej, czyli reglowej; druga odpowiada płaszczowinie przesuniętej ku północy ponad trzonem karpackim i serją górnotatrzańską. W ostatniej rozwinął się trias słabo, przeważnie pod postacią czerwonych piaskowców i łupków, nieznaczne warstwy wapieni zaznaczają krótki zalew morza w piętrze wapienia muszlowego. W facji reglowej leżą na czerwonych łupkach, odpowiadających łupkom werfeńskim, dolomityczne wapienie znane z Tatr, np. z doliny Strążyskiej zawierające ze skamielin np. *Terebratula vulgaris*, *Encrinus*. Do kredy przedtem zaliczane dolomity choczańskie (nazwa od góry Chocz) są wedle Goettla średnio triasowego wieku.

W kajprze zmienia się charakter osadów, ponieważ zbliżają się do facji germańskiej, tworzą się więc czerwone iły i piaskowce lądowego pochodzenia. Z końcem kajpru, w poziomie retyckim, daje się zauważyć świeży zalew morski, powstają ciemne łupki i niebieskawe wapienie zawierające nierzadko skamieliny *(Terebratula gregaria, Anomia alpina, Ostrea, Pentacrinus)*, miejscami tworzą się wapienie koralowe (t. zw. wapienie litodendronowe [1]) odpowiadające alpejskim kösseńskim warstwom.

Także w pasie Pienin, o którym będzie później mowa, znajdują się górnotriasowe wapienie tego typu.

Trias pozaeuropejski. W tem samem morzu Śródziemnem, a więc w znanej nam już Tetydzie, w której powstał trias alpejski, zostały złożone triasowe utwory Gór Solnych (Salt Range) i Himalajów, zwłaszcza w ostatnich bogate w skamieliny, zawierające przeważnie te same rodzaje amonitów. Zgodne z niemi utwory w Birmie, Tonkinie, na wyspie Timor i na Molukach znaczą nam przebieg dawnej Tetydy.

Na południe od niej leżał wielki ląd Gondwany. Tamtejsze utwory lądowe triasowego wieku należą zapewne do górnej części grupy Damuda i do grupy Panchet. W pierwszej żyje jeszcze flora glosopterysowa, w ostatniej jednakowoż częściowo zanika. Lądowym triasowym utworem jest także górna część systemu karroo w południowej Afryce, o czem mówiliśmy poprzednio.

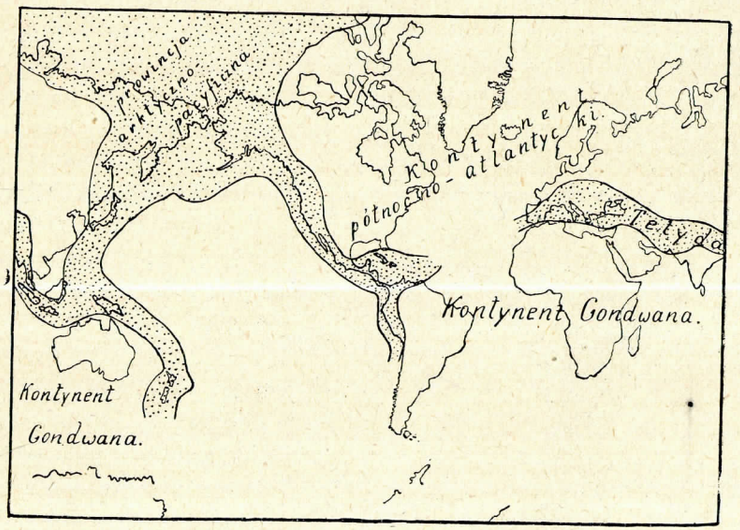
Na północy opłukiwały wody Tetydy wielki ląd Angary, zajmujący mniej więcej dzisiejsze dorzecze Obu, Jeniseju i Leny. Na wschód od niego rozpościerał się palearktyczny ocean, którego osady znamy na wschód od Leny z okolicy Władywostoku, Japonji i Spitzbergu. W górnym triasie jest *Pseudomonotis ochotica* Kays. przewodnią skamieliną.

W Ameryce Północnej rozwinął się trias w dwojaki sposób. Na wschodzie są lądowego pochodzenia czerwone piaskowce, zupełnie tego samego typu jak angielski new red sandstone, zawierające ślady nóg licznych dinozaurów i stegocefalów, częste zwłaszcza koło miasta Connecticut, jest to t. zw. system Newark. Na uwagę zasługują wylewy

[1]) Nazwa od korala *Lithodendron*.

skał wybuchowych (dioryt), które tworzą na prawym brzegu Hudsonu prostopadłe ściany (palisady Hudsonu). Oprócz utworów odpowiadających górnemu triasowi, a leżących na wschód od gór Skalistych, z resztkami gadów *(Belodon)* znajduje się trias odpowiadający facji śródziemnomorskiej na całej przestrzeni od Alaski do Kalifornji, często z temi samemi rodzajami głowonogów.

Uwagi ogólne. Rozmieszczenie lądów i mórz wskazuje nam załączona mapka (rycina 244). Na uwagę zasługuje obecność Tetydy, która opasywała prawie całą ziemię i potężnych kontynentów, zarówno na północnej, jako też na południowej półkuli. Perjod triasowy, jak wogóle



Ryc. 244. **Przypuszczalny rozkład lądów i mórz triasowych.** Silniejsze linje oznaczają przypuszczalne granice geosynklinali. (Wedle Hauga po uproszczeniu).

cała doba mezozoiczna, był okresem spoczynku, w którym ruchy górotwórcze prawie nie istniały, a w geosynklinalach tworzyły się wielkie ilości osadów. Równocześnie małą była także czynność wulkaniczna, niektóre tylko obszary wyjąwszy, jak Hiszpanję, część Alp wschodnich lub półn. Ameryki.

PERJOD JURAJSKI.

Nazwa tego perjodu, wprowadzona w r. 1795 przez Aleksandra Humboldta i Brongniarta w r. 1829, pochodzi od gór Jura, w których utwory tego wieku są nader typowo wykształcone. W Anglji rozpoczął pierwszy

Ryc. 245. *Pentacrinus briaroides*, lias. (Z Neumayra).

Wiljam Smith już z początkiem XIX w. badania w zakresie utworów jurajskich; we Francji zajmował się niemi nieco później d'Orbigny, a w Niemczech jako pierwsi Quenstedt i Oppel. Ponieważ liczne, bardzo dobrze zachowane skamieniałości już dawno zwracały na siebie uwagę, przeto należy też ten system do najlepiej zbadanych.

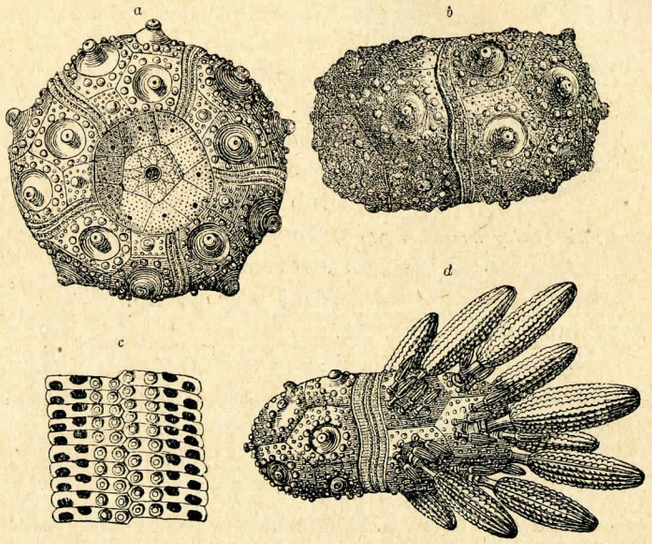
Petrograficznie przeważają wapienie, często oolityczne, stąd też pochodzi angielska nazwa oolitu dla jury środkowej i górnej, gdy tymczasem dolną nazywają liasem. W Niemczech używają nazw jury czarnej, brunatnej i białej od barwy skał, która przeważa.

Podział jury na dolną czyli lias, środkową czyli dogger i na górną czyli malm nie jest w szczegółach ustalony. Należy zauważyć, że geologowie francuscy zaliczają piętro retyckie do liasu, jako jego poziom najniższy, a niektórzy wyróżniają lias, jako osobny perjod w odróżnieniu od reszty, dla której tylko używają nazwy jury.

FLORA I FAUNA.

We florze brak typów paleozoicznych, przewagę mają *Cycadeae* (rodzaje *Zamites* i *Podozamites)* i iglaste, np. *Araucaria*, *Gingko*, *Baiera*; roślin jednoliściennych prawdopodobnie jeszcze nie było. Pomiędzy paprociami są rodzaje także dzisiejsze np. *Marattia*, *Gleichenia*.

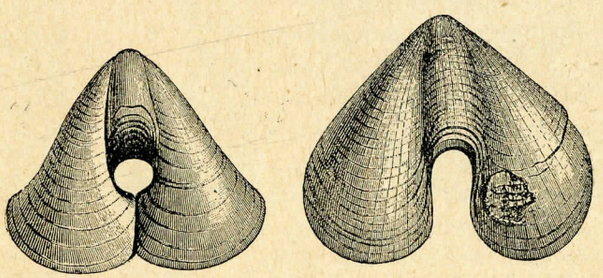
Gąbek jest wiele, zwłaszcza Lithistidów, częste są również korale, szczególnie rafotwórcze *Hexacorallia*.



Ryc. 246. *Cidaris coronata* Goldf. malm. a—z góry widziany, b—z boku, c — kilka płytek, d — częściowo odtworzony z kolcami. (Z Zittla).

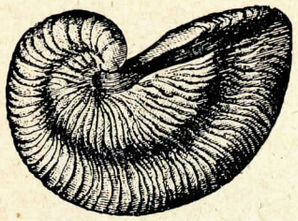
Ze szkarłupni są ważne liljowce; między niemi zasługuje na uwagę rodzaj *Pentacrinus* (ryc. 245), który rozpoznać łatwo po pięciopromiennych krążkach trzonu i po bardzo silnie rozwidlonych ramionach. Są także rozgwiazdy i wężowidła *(Geocoma)*. Jeżowce są wcale liczne, być może, ponieważ wśród licznych raf koralowych znajdowały dogodne warunki bytu. Oprócz znanych nam już regularnych, pomiędzy któremi jest ważny rodzaj *Cidaris* (ryc. 246) o grubych, pałkowatych kolcach, są także jeżowce dwubocznie symetryczne *(Irregulares)*, jajowatego lub sercowatego kształtu, u których otwór odustowy jest umieszczony zwyczajnie u brzegu dolnej powierzchni.

Z robaków są częste serpule budujące wapienną rurkę, w której mieszkają. W wapieniu litograficznym w Solnhofen w Bawarji, znanym z wybornie zachowanych resztek zwierzęcych, jest częstą *Lumbricaria Colon*; poplątane bezładnie skręty, opisywane pod tą nazwą, są zapewne odchodami pierściennic.



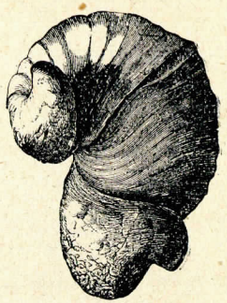
Ryc. 247. *Terebratula (Pygope) janitor*, górna jura alpejska. (Z Zittla).

Między ramienionogami, które są naogół mniej liczne, przeważają nowe typy, jak: *Terebratula*, *Megerlea*, *Rhynchonella;* paleozoiczne



Ryc. 248. *Gryphaea arcuata* lias.

są nieliczne. Niektóre są ważne jako skamieliny przewodnie np. *Terebratula numismalis* dla liasu, *T. impressa* dla malmu, lub dla górnej jury alpejskiej, dziwny, otworem opatrzony rodzaj *Pygope* np. *diphya* lub *janitor* (ryc. 247).

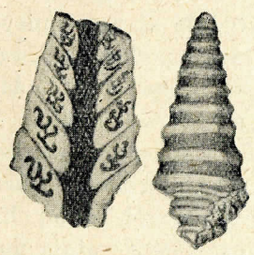


Ryc. 249. *Diceras arietinum* górna jura. (Z Zittla).

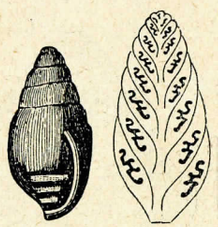
Z małży jest więcej jednowciskowych, niż dwuwciskowych. Z pierwszych zasługuje na uwagę rodzaj *Ostrea* i zbliżone do niego *Gryphaea* i *Exogyra*. Pomiędzy niemi ważną skamieliną przewodnią dla liasu jest *Gr. arcuata* Lam. (ryc. 248), dla górnej jury *Exogyra virgula*. Z innych wymienimy rodzaje: *Lima*, *Posidonia* (np. *Posidonia Bronni* z górnego liasu), *Aucella* (ryc. 271) charakterystyczna dla jury rosyjskiej. Z małży dwuwciskowych ważnym jest wielki, pięknie urzeźbiony rodzaj *Trigonia* (*T. navis* i *costata* w jurze środkowej), a dla jury alpejskiej rodzaj *Diceras* (ryc. 249) o silnie ku przodowi przegiętych szczytach. Małże o wyciętej linji płaszczowej *(Sinupalliata)* są jeszcze nieliczne, np. *Pholadomya*.

W gromadzie ślimaków są częstsze rodzaje mające ujście przedłużone w kanał *(Siphonostomata)*. Dla górnej jury (tyton) ważny jest wymarły rodzaj *Nerinea* (ryc. 250 i 251), tem szczególny, że ma na wrzecionie ostry fałd, który razem z nader grubą ścianą skorupy zwęża silnie wnętrze. Z innych wymienimy rodzaj *Pteroceras* o obszernej wardze prawej, opatrzonej palczastemi wyrostkami (np. *P. Oceani* znamienny dla górnej jury) i znany nam już rodzaj *Pleurotomaria*, opatrzony wycięciem na wardze zewnętrznej.

W porównaniu ze ślimakami i małżami mają głowonogi o wiele większe znaczenie, jakkolwiek najważniejsze z nich amonity, już w triasie osiągnęły szczyt rozwoju. Ponieważ są najczęstszemi skamielinami jury, przeto dostarczają geologowi przewodnich skamielin. Dla liasu znamienne są rodzaje, jak *Arietites* o licznych, silnie żeberkowanych zwojach, zewnątrz przypłaszczony i opatrzony wydatną krawędzią, *Psiloceras* o licznych, gładkich zwojach (rycina 252, 1—2), *Schlotheimia* (ryc. 252, 3—4) również z licznych zwojów złożona, silnie żeberkowana,

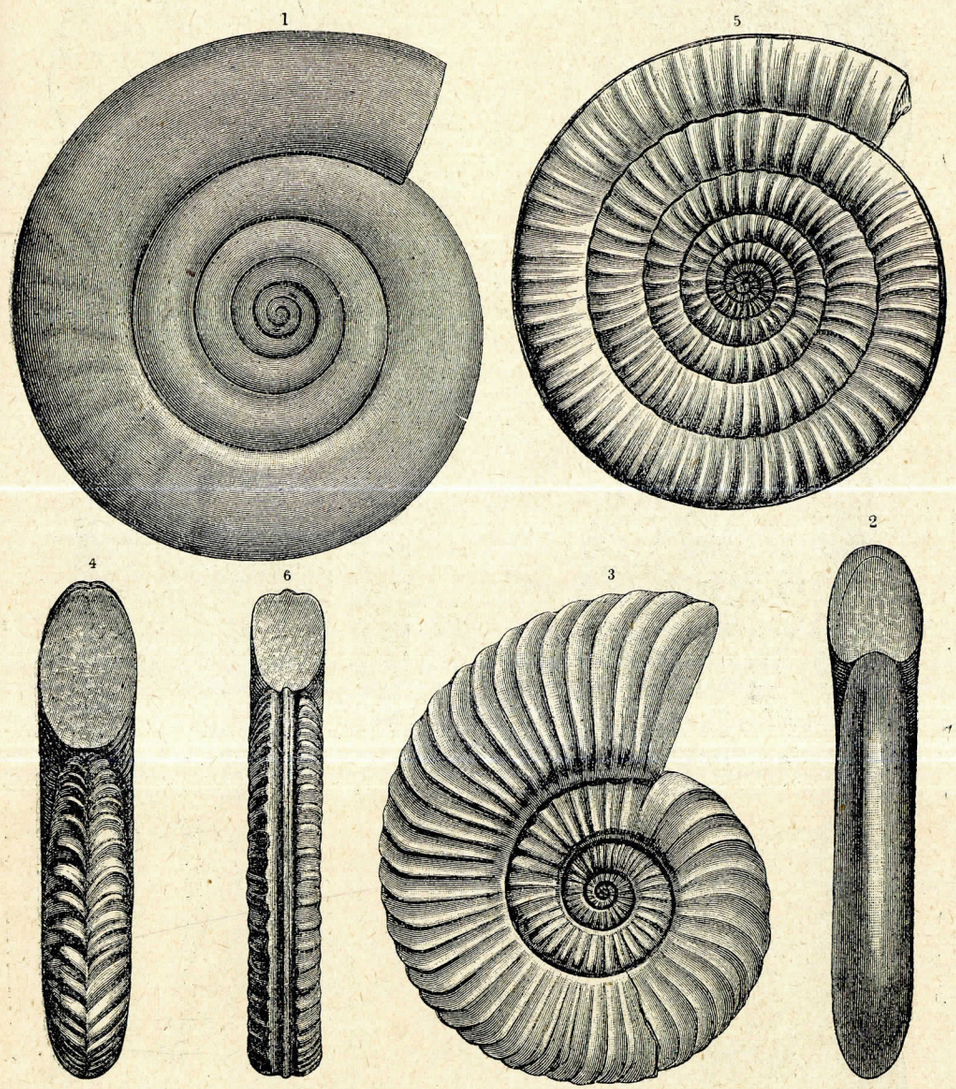


Ryc. 250. *Nerinea carpathica* Zejsz. Inwałd, tyton.



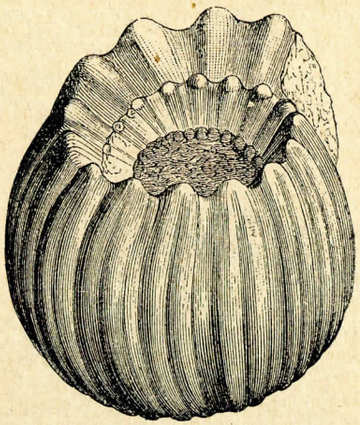
Ryc. 251. *Itieria Staszyci* Zejsz. Inwałd, tyton.

zewnątrz zaokrąglona i opatrzona rowkiem. W jurze środkowej jest częsta tarczowata *Parkinsonia* o żebrach rozwidlonych, zewnątrz zaokrąglona i opatrzona rowkiem (ryc. 255). Dla górnej jury jest ważny bogaty w gatunki rodzaj *Perisphinctes* mający żebra rozwidlone (ryc. 256),

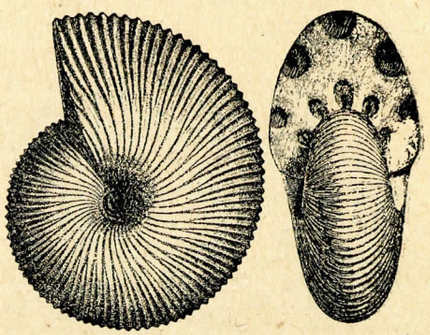


Ryc. 252. **Amonity liasowe.** 1—2 *Psiloceras planorbis*, 3 - 4 *Schlotheimia angulata*, 5—6 *Arietites spiralissimus*. (Z Neumayra).

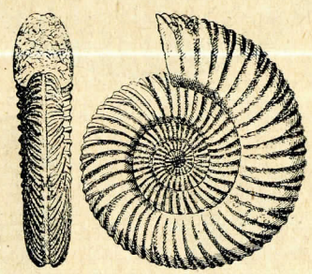
a ujście zwykle zwężone. Z innych wymienimy rodzaj *Oppelia*, wąskim pępkiem opatrzony, o sierpowatych żeberkach (ryc. 257), nadto pękaty *Stephanoceras* o obszernym pępku, zewnątrz guzkami opatrzony np. *St.*



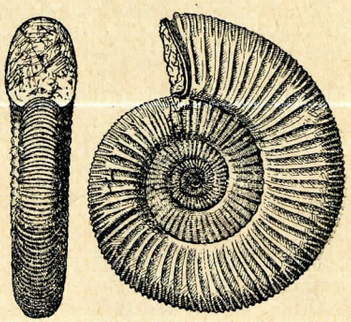
Ryc. 253. *Stephanoceras coronatum* Kelowej. (Z Zittla).



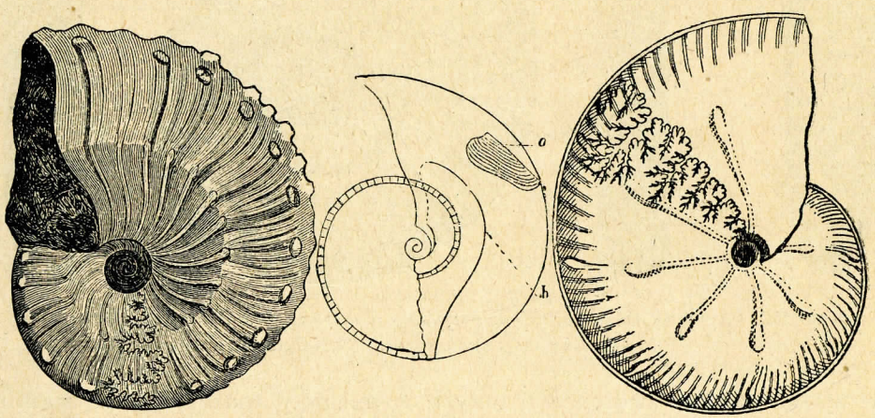
Ryc. 254. *Macrocephalites macrocephalus* Kelowej. (Z Zittla).



Ryc. 255. *Parkinsonia Parkinsoni.* (Z Zittla).



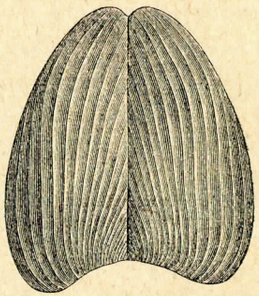
Ryc. 256. *Perisphinctes Tiziani*, górna jura. (Z Zittla).



Ryc. 257. *Oppelia flexuosa* (po lewej stronie), *O. sterapsis* z aptychem a (w środku), *O. tenuilobata* (po prawej stronie). (Z Zittla).

coronatum (ryc. 253), silnie wypukły *Macrocephalites* o rozwidlonych żeberkach (ryc. 254).

Wspomnieć należy o aptychach, t. j. wapiennych lub rogowych płytkach, które znajdują się czasem w wielkiej ilości, tworząc t. zw. wapienie aptychowe. Kształtu trójkątnego, prostym brzegiem do siebie przylegające, służyły zapewne do zamykania skorup amonitów w podobny sposób, jak wieczko ślimaków (ryc. 257 i 258). Czasem zamyka skorupkę tylko jedna płytka, czyli t. zw. anaptychus.



Ryc. 258. *Aptychus lamellosus*, górna jura. (Z Neumayra).

Oprócz amonitów i nielicznych łodzików, które należą do czteroskrzelnych głowonogów, ważne są dla jurajskiego perjodu belemnity, należące razem z dzisiaj żyjącym żeglarkiem *(Argonauta)* i trąbką *(Spirula)* do dwuskrzelnych głowonogów. Pierwsze belemnity żyły w triasie i prawdopodobnie z ortocerasów wzięły początek. Skorupa ich składa się z pełnej części wapiennej, walcowatego kształtu, u dołu zaostrzonej, zwanej rostrum [1]), a opatrzonej u szczytu zagłębieniem, w którem tkwi właściwa skorupa, zawierająca komory, zwana phragmokonem (ryc. 259). Na stronie grzbietowej przedłuża się phragmokon w podłużną płytkę zwaną proostracum, nader rzadko zachowaną, która odpowiada mniej więcej znanej os sepiae u obecnie żyjącej mątewki. Zwyczajnie zachowały się tylko rostra belemnitów, często zwane przez lud mylnie strzałkami piorunowemi. Jako przykłady jurajskich belemnitów wymienimy *B. paxillosus*, który jest u dołu zgrubiały i opatrzony rowkiem, na przeszło metr długiego *B. giganteus*, oba żyjące w środkowej jurze i *B. hastatus* o rostrum wysmukłem, opatrzonem rowkiem sięgającym pod szczyt, jest on znamienny dla jury górnej.

Ryc. 259. **Belemnit odtworzony.** R—rostrum, Ph—phragmocon, Po—proostracum. (Z Zittla).

Owady jurajskie są wcale liczne; dla liasu ważną jest miejscowość Schambelen w Szwajcarji, opisana przez Heera, i Dobbertin w Meklemburgji, zbadana przez Geinitza,

Ryc. 260. *Belemnites calloviensis* Kelowej. (Z Neumayra).

[1]) Rostrum ma budowę pręcikową, gdyż składa się z wydłużonych kryształów wapienia, stojących prostopadle do osi skorupki.

dla jury górnej litograficzne wapienie Bawarji (Solnhofen), a także purbek angielski. W jurze żyły już prawie wszystkie obecne rzędy owadów, znane są więc np. liczne chrząszcze, nawet motyle, chociaż, zdaje się, nie miały jeszcze pyszczka ssącego, lecz żywiły się inaczej, podobnie jak dzisiejsze australijskie Limacodidae.

Między kręgowcami zajmują gady bezsprzecznie pierwsze miejsce, chociaż znamiennym faktem jest także pojawienie się pierwszego ptaka. Ryby jurajskie nie okazują jeszcze wcale postępu w porównaniu z triasowemi; oprócz żarłaczy żyją liczne ryby kostnołuskie o płetwie ogonowej pozornie równopłatowej, nadto znane nam już z triasu pierwsze ryby kostnoszkieletowe. Z płazów wymarły stegocefale, żyjące jeszcze w triasie.

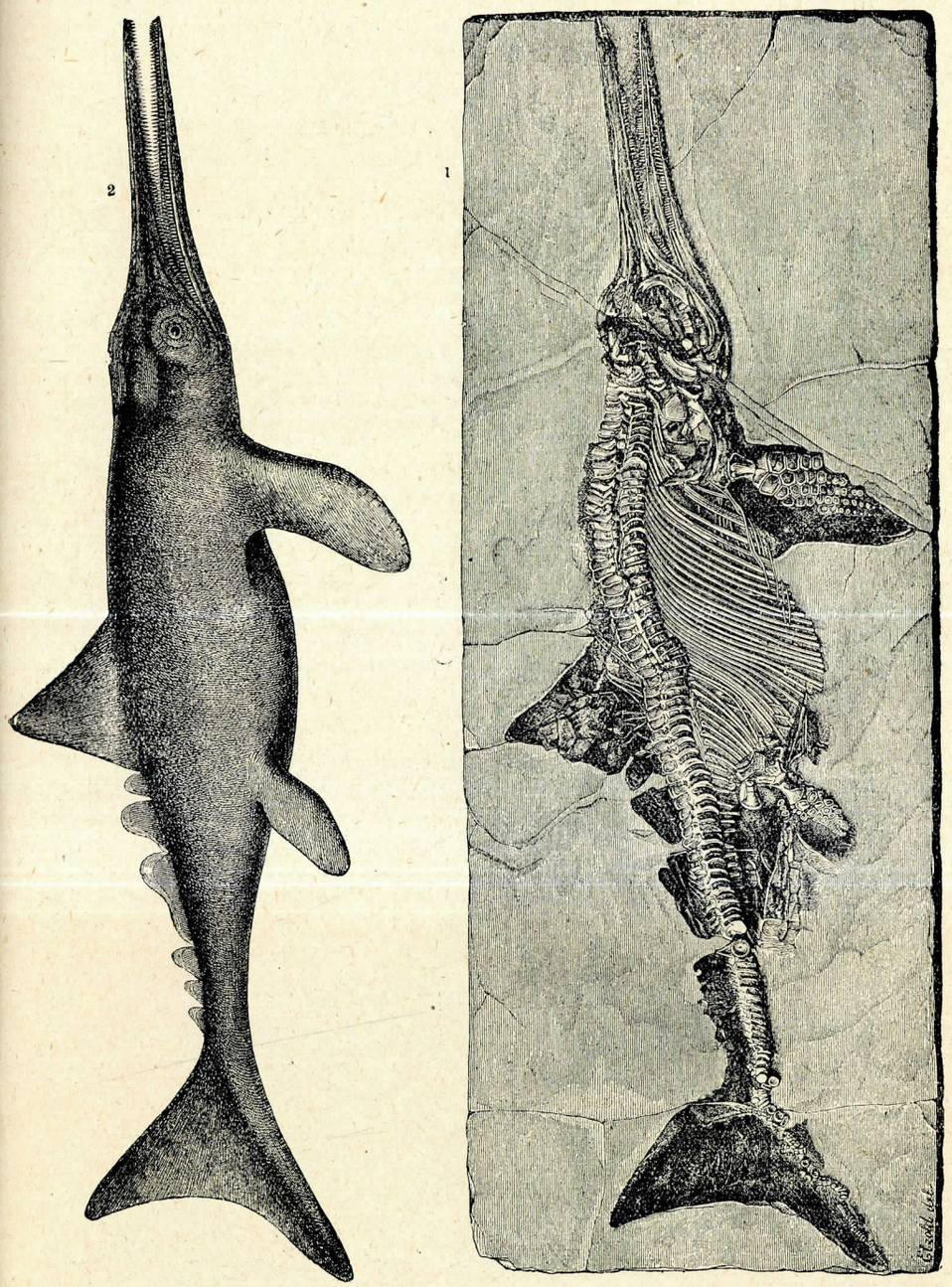
Nieco dłużej należy nam się zatrzymać nad gadami jurajskiemi, gdyż na ten okres wypada czas ich największego rozwoju. Żyły one wówczas nietylko na lądzie, lecz także w wodzie i w powietrzu.

Oprócz krokodyli żyły w wodzie *Ichthyosauria* i *Sauropterygia*. Pierwsze, znane od triasu do kredy, były zwierzętami zupełnie przystosowanemi do pobytu w wodzie. Głowa, wydłużona w długi dziób, osadzona jest, jak u ryb, wprost na tułowiu, który ma odnoża zamienione na płetwy, a więc niezdatne do chodu. Nierównopłatowa płetwa ogonowa ma dolny płat większy i do niego dochodził kręgosłup, na górnej stronie tułowia była mała płetewka grzbietowa. W wydłużonych szczękach tkwiły w rynience liczne, ostre zęby, oczy mieściły się w oczodołach opatrzonych kostnym pierścieniem.

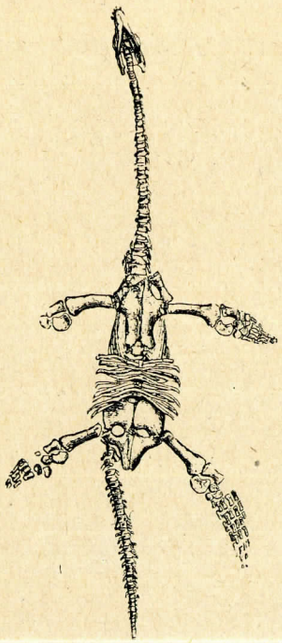
Jak wynika z budowy ciała, były *Ichthyosauria* morskiemi drapieżnikami, które łatwo pruły fale morza. Zdobyczą ich były głównie amonity, także ryby i mniejsze wodne gady. Rodziły żywe młode, gdyż znaleziono okazy samic, w których znajdowano szkielety młodych w położeniu odpowiadającem płodowi. Największe okazy są 10 m. długie, na dobrze zachowanych (ryc. 261, 1) zaznaczone są kształty ciała zwierzęcia, przypominającego wyglądem delfina.

Zupełnie inną postać miały również morskie gady należące do rzędu *Sauropterygia;* jurajskim ich przedstawicielem jest dziwny *Plesiosaurus* (ryc. 262) dochodzący w niektórych gatunkach 10 metrowej długości. Głowa, naogół mała i słabo wydłużona, miała liczne, ostre zęby osadzone w zębodołach, szyja zwierzęcia jest nader długa, gdyż nawet długości połowy całego ciała. Odnóża były zamienione na płetwy, tylne z nich dłuższe, a ponieważ kości barkowe i miednicy są silnie wykształcone, przeto można wnioskować, że te zwierzęta pływały wybornie w wodzie, drapieżąc nie mniej niż ichtjozaury.

Przeciwieństwem morskich są gady latające *(Pterosauria)*, których najwybitniejszemi przedstawicielami w jurze są: *Pterodactylus* i *Rhamphorhynchus*. Gady te, zwyczajnie wielkości średniego ptaka, miały wydłużoną głowę i szczęki uzębione; jak u ptaków był mostek opatrzony grze-



Ryc. 261. 1 — *Ichthyosaurus quadriscissus* ze skórą, 2 — *Ichtyosaurus* odtworzony. (Z Neumayra).

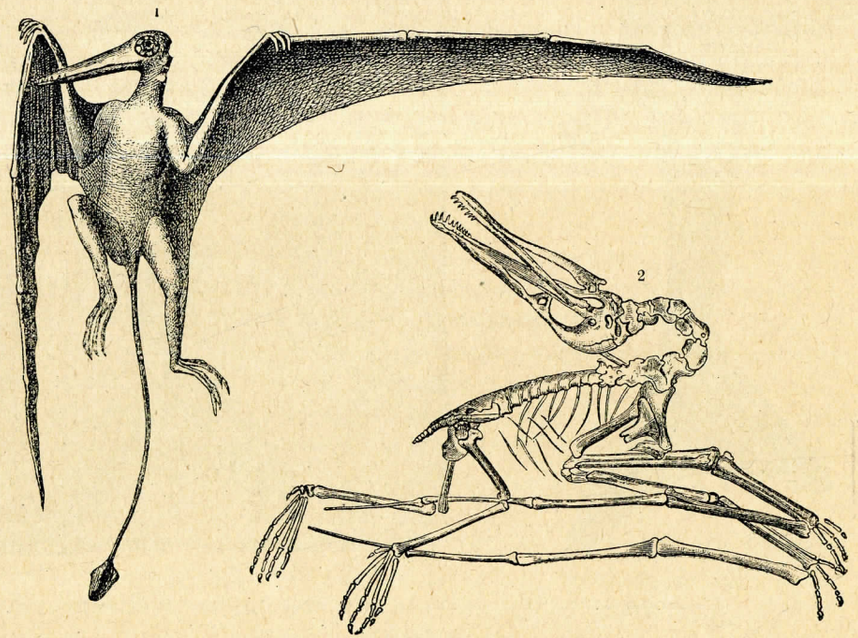


Ryc. 262. *Plesiosaurus dolichodeirus* z liasu Anglji. (Z Zittla).

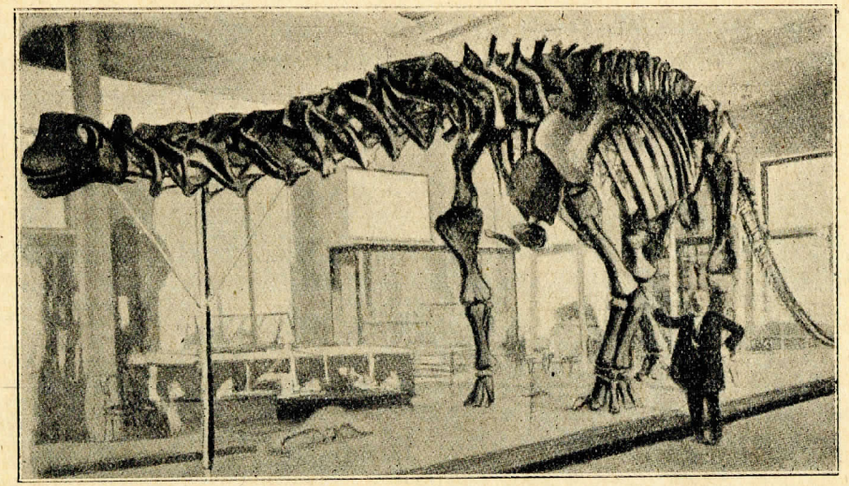
bieniem. Ponieważ kości odnoży i kręgi były pneumatyczne, przeto ciężar ciała był znacznie zmniejszony. Odnóża przednie, czteropalcowe, miały trzy palce opatrzone pazurami, a do czwartego, nader wydłużonego, przyczepiała się błona lotna dochodząca tułowia; odnoża tylne były czteropalcowe.

Cała budowa znamionuje wprawdzie te zwierzęta jako latające, lecz zdolność do lotu była zapewne niewielka w podobny sposób, jak dzisiejszych nietoperzy. *Pterodactylus* (rycina 263, 2), częsty np. w wapieniu litograficznym w Solnhofen, miał krótki ogon, natomiast *Rhamphorhynchus* (ryc. 263, 1) ogon przedłużony. Największe gady latające żyły w kredzie Ameryki Północnej np. bezzębny *Pteranodon*, którego siąg skrzydeł dochodził 7 metrów.

Na lądzie nie brakło również potwornych gadów. Przeważnie należą one do rzędu *Dinosauria*, łączącego cały szereg gadów różnych wyglądem i sposobem życia, których wspólną cechą jest mała czaszka, a więc mózg słabo



Ryc. 263. 1—*Rhamphorhynchus* odtworzony, 2—*Pterodactylus*. (Z Neumayra).

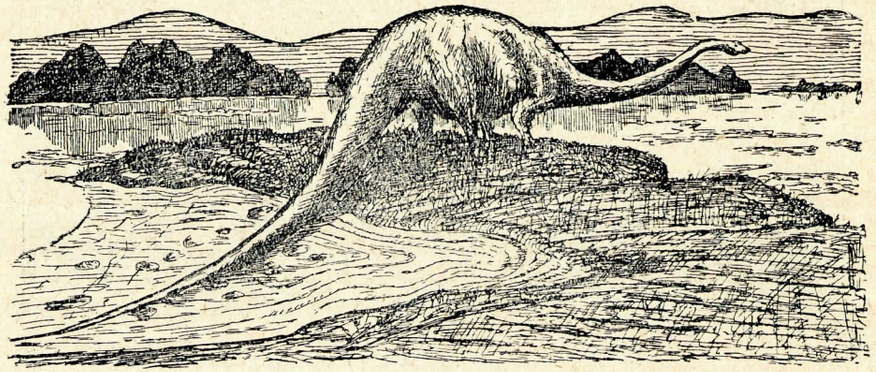


Ryc. 264. *Brontosaurus*. (Z «Zarysu geologji» autora).

rozwinięty i silnie wykształcone odnoża tylne, które dźwigały olbrzymie cielska tych kolosów. Potężna miednica świadczy o dobrze rozwiniętych mięśniach odnoży, które mogły utrzymać znaczny ciężar ciała tylko z tej przyczyny, ponieważ kości były wewnątrz puste lub gąbczaste. Największe dziwojaszczury należą do rzędu *Sauropoda*, obejmującego zwierzęta roślinożerne, przeważnie kroczące na obu parach odnoży. Najlepiej są poznane z górnojurajskich, a może z dolnokredowych warstw Ameryki Północnej (Atlantosaurus beds). Przedstawicielem ich może być np. 30 m. długi *Atlantosaurus*, 20 m. długi *Brontosaurus* (ryc. 264 i 265), lub *Diplodoccus* (ryc. 266) 24 m. długi, a 5 m. wysoki, który miał przednie odnoża krótsze, a więc zapewne poruszał się skacząc, gdy tymczasem dwa pierwsze zwierzęta ociężale kroczyły.

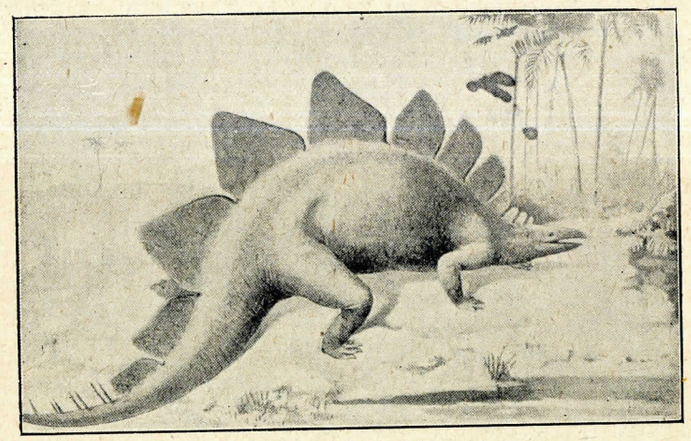
Ryc. 265. *Brontosaurus* odtworzony. (Według obrazu Kuhnerta, z «Zarysu geologji» autora).

Mięsożerne *Dinosauria* zaliczamy do podrzędu *Theropoda*. Ostre zęby, silne odnoża tylne, a krótsze przednie, wskazują, że były to drapieżniki, które w skoku polowały na zdobycz, rozszarpując ją następnie ostremi pazurami. Należy tu np. 7 m. wysoki *Laelaps*, niewiele mniejszy *Allosaurus* i *Ceratosaurus nasicornis*, który miał narośl do rogu podobną na nosie.



Ryc. 266. *Diplodoccus Carnegiei*. (Wedle rekonstrukcji Abla).

Do trzeciego podrzędu, zwanego *Orthopoda* od przeważnie prostej postawy i ponieważ te zwierzęta najczęściej chodziły na tylnych odnożach, należały gady roślinożerne. Ponieważ są one w jurze nieliczne, częstsze na granicy jury i kredy, a w kredzie najczęstsze, przeto dopiero później będzie o nich mowa. Wymienimy jednakowoż potwornego stegozaura (ryc. 267), który miał na grzbiecie wielkie tarcze kostne, a kolce na ogonie i scelidozaura (ryc. 268), uzbrojonego w płytki i kolce rozmieszczone na grzbiecie i ogonie.



Ryc. 267. *Stegosaurus ungulatus*, odtworzony, z górnej jury Ameryki północnej.

Dodamy, że oprócz tych wygasłych rzędów nie brakło w jurze także

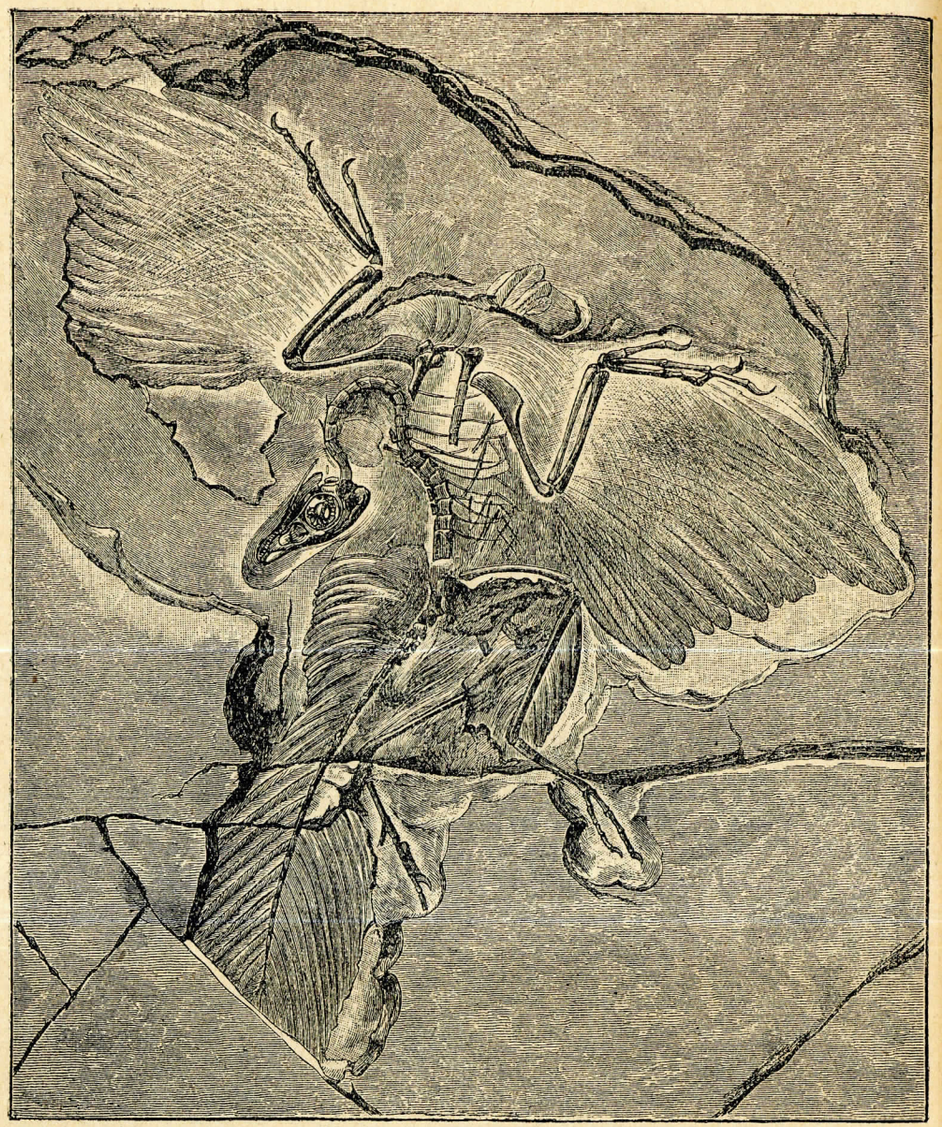
dzisiaj żyjących. Były więc właściwe krokodyle np. do gawiala podobny *Teleosaurus*, także jaszczurki, chociaż węże jeszcze się nie pojawiły.

W jurze żył jednakowoż także pierwszy ptak, który otrzymał nazwę praptaka *(Archaeopteryx)*; znamy go tylko z dwóch okazów znalezionych w wapieniu litograficznym Bawarji. Pierwszy znaleziony w Solnhofen w r. 1861 *(A. lithographica* Mayer), wielkości kury, znajduje się w Muzeum Brytyjskiem w Londynie, drugi (ryc. 269), lepiej zachowany, *(A. Siemensi* Dames) znaleziony w miejscowości Eichstädt koło Solnhofen, wielkości gołębia, znajduje się w zbiorach uniwersytetu berlińskiego. Praptak łączy pod niejednym względem cechy ptaków i gadów. Czaszka jego jest ptasia, chociaż ma zęby w zębodołach, kości są pneumatyczne; na odnożach przednich są trzy palce niezmarniałe, opatrzone pazurami podobnie jak czteropalcowe odnoża tylnie. Żebra nie są typu ptasiego, gdyż bez wyrostków bocznych, kręgi ogonowe są liczne. Na obu okazach zachowały się pióra, miał więc praptak zarówno lotki, jak sterówki; jak z ryciny widać, były sterówki na ogonie obustronnie rozmieszczone. Ze śladów pozostałych na wapieniu wynika, że chodził wlokąc ogon po ziemi; zapewne przy pomocy pazurów u skrzydeł czepiał się drzew, a żywił się owadami.

Ryc. 268. *Scelidosaurus Harrisoni*, odtworzony, z górnej jury Ameryki.

Praptak jest jedynym ptakiem znalezionym w jurze. Ponieważ jednoczy do pewnego stopnia cechy ptaków i gadów, przeto zaliczamy go do odrębnego rzędu ptaków, który otrzymał nazwę *Saururae*.

Jurajskie zwierzęta ssące nie różnią się wiele od triasowych; należą do tego samego rzędu, a więc do torbaczy, w szczególności zaś do wymarłego podrzędu *Allotheria (Multituberculata)*. Są to małe zwierzęta roślinożerne np. *Plagiaulax*, *Ctenacodon*, znajdowane w purbeku Anglji, lub w górnej jurze Ameryki Północnej (Wyoming). Fakt, że zwierzęta te znajdują się zarówno w Europie, jako też i w Ameryce, świadczy o tem, że były to kraje będące ze sobą w związku, za czem przemawia także zbliżenie fauny gadów lądowych. Niektóre z tych zwierząt np. *Amblotherium* zaliczano do rzędu zwierząt owadożernych, później jednakowoż stwierdzono, że są to torbacze.



Ryc. 269. *Archaeopteryx Siemensi.* (Z Neumayra).

ROZMIESZCZENIE GEOGRAFICZNE.

Przekonano się w ciągu badań nad tym systemem, że wyróżnić można obszary, mające swoiste fauny. Neumayr, śledząc za ich rozmieszczeniem, wydzielił trzy prowincje, które miały się rozpościerać w kierunku z zachodu ku wschodowi i odpowiadać klimatycznym różnicom.

Byłyby to: 1) prowincja śródziemnomorska, obejmująca Portugalję, część Hiszpanji, południową Francję, Alpy, Karpaty i Bałkan; charakterystycznym dla niej jest ramienionóg *Terebratula diphya*, z amonitów rodzaje: *Phylloceras*, *Lytoceras* i *Haploceras*; 2) prowincja środkowo-europejska, do której należy przeważna część Francji, Anglja, Niemcy (obszar pozaalpejski), Polska (bez Karpat) i kraje bałtyckie. Przeważają tu z amonitów: *Harpoceras*, *Peltoceras*, *Aspidoceras*; rafy koralowe są częstsze niż w prowincji poprzedniej; 3) prowincja borealna, albo rosyjska, zajmująca środkową i północną Rosję, także Grenlandję, mająca jako znamienne amonity *Cardioceras* i *Virgatites*, a z małży rodzaj *Aucella*.

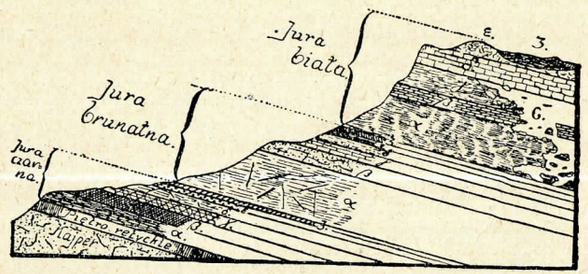
Późniejsze badania nie ze wszystkiem potwierdziły zapatrywania Neumayra. Wydaje się, że śródziemnomorska i środkowo-europejska jako odrębne prowincje mają wprawdzie uzasadnienia, gdyż obie zostały złożone w różnych morzach, lecz komunikujących się ze sobą, ale gdy utwory typu śródziemnomorskiego odpowiadają przeważnie morzu głębokiemu, zostały utwory środkowo-europejskie osadzone naogół w morzu mniej głębokiem, za czem przemawia między innemi obfitsze znajdowanie się raf koralowych. Prowincję borealną znamionuje w rzeczy samej klimat zimniejszy, jednakowoż morze tamtejsze było w związku z Tetydą i z tej też przyczyny znajdowano formy przewodnie jury rosyjskiej także w jurze Polski, Francji i Anglji.

Neumayr zwrócił także pierwszy uwagę na fakt, że morze jurajskie wzrastało zwolna, wskutek czego utwory środkowo- i górno-jurajskie mają znacznie większe rozprzestrzenienie, niż liasowe. Gdy we Francji, Anglji i w zachodnich Niemczech, także w Alpach i Tatrach, rozpoczyna się jura liasem, braknie go na wschodzie, np. w Polsce i w Rosji, gdzie jurę rozpoczyna środkowy lub nawet tylko górny jej oddział, możemy przeto mówić o olbrzymiej transgresji środkowo, lub górno-jurajskiej na tych obszarach.

Jura środkowo-europejska. Jak wiemy już, mają na tym obszarze osady jurajskie charakter mórz płytkich. W Anglji zajmuje jura pas ciągnący się od morza Północnego (na południe od New Castle) ku południowemu zachodowi aż po Portland nad cieśniną Kaletańską. Tutaj wygina się on ku wschodowi i pojawia się na południowym jej brzegu w Boulogne we Francji. Po krótkiej przerwie, rozszerza się nad Mozą w Lotaryngji i przez Burgundję dochodzi do płaskowyżu Centralnego, otaczając go dookoła. Od niego odchodzi ku północnemu zachodowi pasmo jurajskie, które wzdłuż wschodnich brzegów Bretanji koło Caen dochodzi znowu do kanału; w ten sposób okalają jurajskie utwory t. zw. zagłębie paryskie, wypełnione kredą i trzeciorzędem. Zarówno w Anglji, jak we Francji wykształciły się wszystkie poziomy jury, od liasu począwszy.

W Niemczech ma jura największe rozprzestrzenienie w południowej części kraju, ciągnąc się pasem około Ratysbony kolanowato wygiętym aż do Szwajcarji. Północną część tego pasa tworzy jura frankońska, południową—jura szwabska. Leżą tu warstwy jurajskie w ten sposób na triasie, że na nim leży lias, a wyżej i ku wschodowi młodsze części tego systemu (ryc. 270). Jakkolwiek przedłużeniem jury szwabskiej jest jura szwajcarska, to przecież ostatnia jest sfałdowana, gdy tymczasem niemiecka nie uległa ruchom górotwórczym. Mniejszy obszar zajmują utwory jurajskie na półn. wschód od Lasu Teutoburskiego, nad Wezerą i na Pomorzu. Zapoznamy się obecnie ze szczegółowym schematem podziału na poziomy każdego z oddziałów jury.

Lias. Podział liasu przedstawia się wedle Quenstedta, który nazwał oddzielne poziomy literami alfabetu greckiego, wedle Oppla i po uwzględnieniu poziomów wydzielanych przez geologów francuskich, w sposób podany na tabeli (patrz str. 273).



Ryc. 270. **Przekrój u północno-zachodniego brzegu jury szwabskiej.** Litery od α—ξ oznaczają poziomy Quenstedta, G — facja raf gąbkowych. (Wedle Engla, z Hauga).

Skamielin dobrze zachowanych jest w liasie wiele, zwłaszcza amonitów. Zadziwiająca jest prawidłowość nad sobą leżących poziomów na znacznych przestrzeniach, chociaż grubość ich jest nieznaczna. W każdym wyższym pojawiają się nowe amonity, a wymierają poprzednie. W poziomie ε Quenstedta zasługują na uwagę liczne szkielety gadów *(Ichtyosaurus, Plesiosaurus)*, znajdowane w Holzmaden w Wirtembergji, w Lyme Regis (nad Kanałem) i we Whitby w Anglji. W dolnym liasie (poziom α) jest miejscami, zwłaszcza we Francji, bardzo cechującą skamieliną *Gryphea arcuata.*

Dogger. Górną granicę jury środkowej kładą inaczej geologowie niemieccy, niż francuscy i angielscy [1]). Wprawdzie i ją podzielił Quenstedt na 6 poziomów, oznaczywszy je literami od α do ζ, jednakowoż ponieważ kelowej bywa zaliczany przez Anglików i Francuzów do jury górnej, przeto do niej należy poziom ζ Quenstedta i część piętra ε, t. j. poziom z *Macrocephalites macrocephalus.* Podział jury środkowej, zachowując jej granicę wedle geologów francuskich, jest następujący (patrz str. 273).

[1]) Także dolna granica doggeru jest inna u geologów francuskich, np. w podręczniku Hauga, który całą jurę dzieli na dwa podsystemy: liasowy i oolitowy, a każdy z nich na 3 części.

Podział dolnej jury.

	Quenstedt	Oppel	Francja
górny lias	ζ ε	*Lytoceras jurense* *Posidonia Bronni*	toarcien
lias środkowy	δ γ	*Amaltheus spinatus* „ *margaritatus* *Aegoceras Davouei* *Amaltheus ibex* *Aegoceras Jamesoni*	charmoutien
lias dolny	 β α	*Arietites raricostatus* *Oxynoticeras oxynotum* *Arietites obtusus* *Pentacrinus tuberculatus* *Arietites Bucklandi* *Schlotheimia angulata* *Psiloceras planorbis*	sinemurien hettangien

Podział środkowej jury.

Quenstedt	poziomy w Niemczech	Francja	Anglja
ε	*Oppelia aspidoides* *Parkinsonia ferruginea* „ *Parkinsoni*	bathonien	oolit
δ	*Parkinsonia bifurcata* *Stephanoceras Humphresianum* „ *Sauzei*	bajocien	dolny
γ	*Sonninia Sowerbyi*		
β	*Ludwigia Murchisonae*		
α	*Lioceras opalinum.*		

Oprócz skamielin, podanych jako przewodnie dla poziomów wymienionych, zasługuje na uwagę z małży rodzaj *Trigonia (T. navis* i *costata).* Belemnity rozwijają się teraz lepiej, np. olbrzymi *B. giganteus.* Poziomy od *St. Sauzei* do *P. bifurcata* otrzymały także nazwę warstw koronatowych, a poniżej leżące od *L. Murchisonae* do *S. Sowerbyi* także nazwę

warstw z *Inoceramus polyplocus*. Petrograficznie są ważne, zwłaszcza dla doggeru Francji i Anglji, wapienie oolityczne, złożone z drobnych kuleczek o budowie skorupkowej.

Ponieważ podczas doggeru obniżała się synklinala morza jurajskiego zwolna ku wschodowi, przeto zwolna ku wschodowi przesuwało się morze. Z tej też przyczyny brak we wschodnich Niemczech (np. na Pomorzu [1]), w Polsce i dalej ku wschodowi leżących obszarach nietylko liasu, ale także zwyczajnie dolnego doggeru, a dalej ku wschodowi niema wcale nawet górnego.

Malm, w którym petrograficznie przeważają jasne wapienie, jest przeważnie osadem płytszego morza, dlatego też facies jego jest nader zmienna. Oprócz raf koralowych są także typowe, brzeżne utwory z gruboskorupowemi mięczakami i t. p. Z końcem malmu daje się odczuć zwłaszcza w Anglji, w półn. Niemczech regresja morza, wskutek czego przeważają utwory półsłone, względnie lądowe.

Podział górnej jury przedstawia tabela. Wprawdzie i w niej usiłował Quenstedt przeprowadzić podział na 6 poziomów, jednakowoż z najmniej dobrym rezultatem. W tabeli zaliczony jest kelowej do górnej jury za przykładem geologów francuskich i angielskich, w Niemczech zaliczają go zwyczajnie do jury środkowej, wskutek czego malm zaczynałby się dopiero poziomem *Aspidoceras perarmatum*.

Podział górnej jury.

poziomy w Niemczech	Francja	Anglja	
Perisphinctes transitorius *Oppelia lithographica*	portlandien	purbeck portland	oolit górny
Hoplites eudoxus *Oppelia tenuilobata* *Peltoceras bimammatum*	kimmeridgien sequanien	kimmeridge coral rag.	oolit górny
Peltoceras transversarius *Aspidoceras perarmatum*	oxfordien	oxford	oolit dolny
Quenstedticeras Lamberti *Peltoceras athleta* *Cosmoceras Jason* *Macrocephalites macrocephalus*	callovien	kellaway	oolit dolny

[1]) W Kamieniu na Pomorzu jest u spodu lias z węglem, dogger zaczyna się poziomem *Parkinsonia Parkinsoni*.

W malmie południowych Niemiec są ważnym poziomem wapienie litograficzne w Solnhofen i w Papenheim w Bawarji. Prawdopodobnie są one osadem płytkich zatok, do których wody rzek przynosiły z pobliskich lądów namuł wapienny. Przykryte nim ciała zwierząt zachowały się tak dokładnie, że tamtejsze łomy wapienia dostarczają od długich lat resztek przeróżnych zwierząt, pomiędzy któremi, nie licząc licznych liljowców, owadów, ryb, znane są zwłaszcza szkielety gadów i pierwszego ptaka [1]). Wiekowo odpowiadają wapienie solnhofeńskie najwyższym poziomom malmu.

W najwyższem, portlandzkiem piętrze znamy w północnych Niemczech margle zawierające słodkowodną faunę mięczaków *(Planorbis, Cypridina, Nerita)*. Podobne znane są z południowej Anglji (okolica Portlandu) poczęści z solą i gipsem, gdzie otrzymały nazwę purbeku. W północno-wschodniej Francji (Boulogne) wykształciły się również analogiczne utwory, gdzie pod niemi leżące wapienie, zapewne portlandzkiego wieku, zawierają między innemi także skamieniałości jury rosyjskiej.

Z końcem jury daje się więc zauważyć regresja morza; ten sam fakt zauważymy także w dolnej kredzie środkowo-europejskiej prowincji, jest przeto zrozumiałem, że granica między jurą i kredą jest do pewnego stopnia dowolna i że nieraz bywały najniższe utwory dolnokredowe (weald) zaliczane do jury.

Jura alpejska. Jak wiemy, zajmuje jura w tem wykształceniu obszar bardzo znaczny, bo sięgający od Hiszpanji przez południową Francję, Alpy i Karpaty aż w głąb Azji. Paleontologicznie charakteryzują ją swoiste amonity z rodzaju *Phylloceras*, *Lytoceras*, *Haploceras*, które są nader rzadkie na obszarze pozaalpejskim, ze ślimaków jest znamienny rodzaj *Nerinea*, z małży *Diceras*, a z ramienionogów *Pygope*.

Naogół jest jura alpejska utworem głębszego morza, niż jura środkowo-europejska, na co wskazuje np. facja wapieni z Adnet [2]), bogata w amonity i facja wapieni z Hierlatz [3]), znamienna obfitością amonitów i liljowców, wreszcie facje: aptychowa i rogowcowa.

Wśród liasu należy wymienić, oprócz znanych nam już wapieni (marmurów) z Adnet, margle plamiste z licznemi amonitami i piaszczyste margle zwane warstwami gresteńskiemi, które gdzie niegdzie (np. na Węgrzech) zawierają węgiel. W jurze środkowej, naogół słabo rozwiniętej, wspominamy warstwy z Klaus (Klauschichten). W górnej jurze są najniższym poziomem warstwy z *Aspidoceras acanthicus*, które odpowiadają kiemerydzkiemu piętru. Wyżej leżą wapienie z *Pygope diphya*, *Ne-*

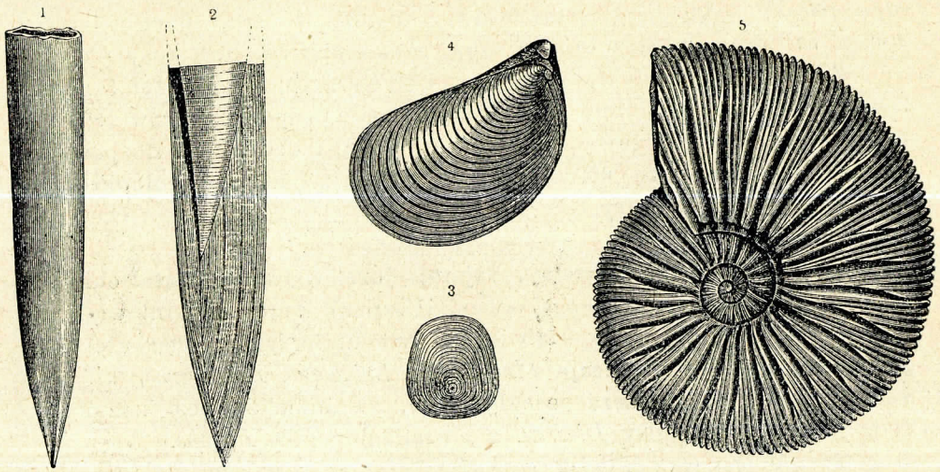
[1]) Resztki te są naogół tam rzadkie, lecz zbierane bywają starannie przez robotników pracujących w łomach i dlatego też skamieniałości tamtejsze są tak częste w zbiorach.

[2]) Miejscowość Adnet w Solnogrodzie.

[3]) Góra w Solnogrodzie.

rinea, które tworzą tyton Oppla równoczasowy z portlandem i purbekiem. Wyższy poziom tytonu zawierający *Pygope janitor* i *Perisphinctes transitorius* zwany jest wapieniem stramberskim od miejscowości Stramberg na Morawach.

Jura rosyjska (borealna). W środkowej Rosji rozpoczyna się jura dopiero poziomem z *Macrocephalites macrocephalus*, który aż do piętra z *Exogyra virgula* (kimeryd) ma skamieniałości odpowiadające innym krajom europejskim. Dopiero wyżej leżące warstwy, tworzące piętro nadwołżańskie Nikitina, mają odmienną faunę; amonit o rozwidlonych żebrach *Virgatites virgatus* i małża *Aucella mosquensis* (ryc. 271) są przewodniemi dla niego skamielinami. Najwyższy poziom rjesański [1]) zamyka tę serję utworów, o ile ją w obrębie jury pomieścić można.



Ryc. 271. **Skamieliny jury rosyjskiej.** 1—3—*Belemnites Paulerianus*, 4 — *Aucella mosquensis*, 5 — *Perisphinctes virgatus*. (Z Neumayra).

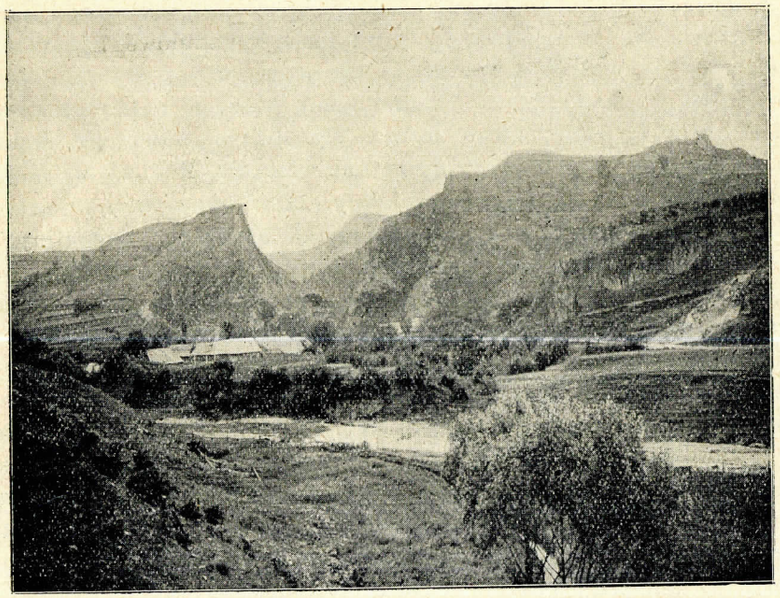
Rozmieszczenie jury borealnej jest znaczne nawet poza granicami właściwej Rosji, gdyż jest nietylko na dalekiej północy (Spitzberg, kraj Fr. Józefa), ale także na Syberji i w Himalajach, a elementy jej fauny znajdują się nietylko w Polsce, w północnej Francji i w Anglji, ale nawet w Ameryce Północnej.

Jura Polski. Na południowej granicy Polski znajdujemy jurę w Tatrach i w Karpatach w wykształceniu alpejskiem, zresztą należy ona do środkowo-europejskiej prowincji.

W pasie górnotatrzańskim leży na łupkach retyckich dolny lias

[1]) Nazwa od gubernji rjesańskiej.

w facji warstw gresteńskich. Wśród nich znajduje się, jako utwór charakterystyczny, gruboławicowy piaskowiec zwany piaskowcem Pisanej, ponieważ znana skała Pisana w dolinie Kościeliskiej z niego się składa; nieliczne skamieliny wskazują na wiek liasowy. W dolinie Cichej i na przełęczy Tomanowej znajdują się w spągu tego piaskowca czarne łupki, w których znalazł Raciborski rośliny, częścią liasowe, częścią retyckie. Wyżej leżą wapienie i dolomity, tworzące dzikie i poszarpane turnie np. Czerwonych Wierchów, przypominające krajobrazowo triasowe okolice alpejskie; są one częściowo górnoliasowe, lecz obejmują także jurę środkową i górną aż po tyton włącznie.



Ryc. 272. **Skałki w Jaworkach koło Szczawnicy.** (Wedle fotografji autora).

W facji reglowej rozpoczyna się lias także warstwami gresteńskiemi, wyżej leżą wapienie i plamiste margle, których skamieliny w dolnej części wskazują na wiek dolnego liasu *(Arietites obtusus* i *raricostatus)*, a w części wyższej *(Harpoceras opalinus* i *Ludwigia Murchisonae)* na wiek dolnego doggeru. Także reszta jury brunatnej i jura górna wykształciły się w facji plamistych margli, które, nie okazując zresztą żadnych petrograficznych różnic, sięgają aż do kredy.

Na północ od krystalicznych trzonów karpackich biegnie pas skałek; szereg skał wapiennych lub rogowcowych, zaznaczających się wyraźnie nawet krajobrazowo (ryc. 272) tworzy ten utwór. W granice Polski wchodzą skałki doliną Orawy, rozpoczynając się w okolicy Czarnego Dunajca (Rogóźnik), osiągają największe rozprzestrzenienie w pasmie Pie-

nin, a poza Schlachtową i Jaworkami opuszczają nasze granice, przechodząc na Spisz i Słowaczyznę. Ilość luźnych, małych i większych skalic jest znaczna, skoro na obszarze Polski naliczono ich kilkaset.

Nietylko krajobrazowo różnią się skałki od Karpat piaskowcowych, ale także petrograficznie i wiekowo, gdyż są starsze od piaskowca karpackiego, a mianowicie jurajskie i dolnokredowe. Ciekawą jest rzeczą, że obok siebie, w pasie nieznacznej tylko szerokości, leżą tu dwa facjalnie różne utwory, t. j., wapienie rogowcowe i wapienie bogate w skamieliny. Obie te facje wykształciły się w różnych warunkach, gdyż rogowcowa jest utworem nieco głębszego morza.

Facja bogata w skamieliny rozpoczyna się doggerem, do którego należą margle i plamiste czarne łupki z *Harpoceras opalinum* i *Ludwigia Murchisonae*. Nad niemi leżą białe wapienie krynoidowe bez skamielin, zbudowane przeważnie z trzonków liljowców, wyżej czerwony wapień krynoidowy z niewyraźnemi skamielinami batu, a najwyżej czerwone wapienie czorsztyńskie, które dostarczyły obfitych skamielin, wskazujących na poziomy od kelowaju do tytonu włącznie. Rogowcową fację tworzą łupki i margle ubogie w skamieliny *(Posidonia alpina)*, przechodzące u góry w wapień rogowcowy z aptychami. Nieliczne skamieliny wskazują na wiek górnojurajski i dolnokredowy. Cały pas skałek nie znajduje się na miejscu powstania, lecz jest płaszczowiną przesuniętą nad Tatrami w podobny sposób, jak dolnotatrzańska.

Drugi pas skałek, zwany zewnętrznym albo podkarpackim, jest nader słabo zaznaczony, ponieważ został zniszczony przez fale karpackiego morza. Odkrywki są w Rokicinach około Białej, w Inwałdzie około Andrychowa [1]), następnie w Kruhelu pod Przemyślem. Wapienie Inwałdu, opisane przez Zejsznera w r. 1850, są dolnotytońskie; rodzaj *Nerinea* i pokrewne (ryc. 250 i 251) są dla nich znamienne. W Kruhelu, opracowanym niedawno dokładniej przez Wójcika [2]), zastąpione są różne piętra jury od batu do górnego tytonu; do ostatniego należy wapień rafowy, tworzący główną skałę Kruhela, zawierający jako charakterystyczną skamielinę małżę *Diceras Luci*, a częstym jest także ślimak z rodzaju *Nerinea*. Gdy w bacie i w oxfordzie należał Kruhel do jury polskiej, a więc środkowo-europejskiej, nie ma tego związku w tytonie, lecz łączy się Kruhel z jurą karpacką. Luźne odłamy wapieni typu skałek Kruhela i Inwałdu są wcale częste w skałach karpackich, a wspominane bywają często w opisach geologicznych pod nazwą wapieni stramberskich, od miejscowości Stramberg na Morawach (por. str. 276).

Utwory jurajskie Polski poza Karpatami, znane głównie z pasma Krakowsko-wieluńskiego i ze zboczy gór Świętokrzyskich, należą do prowincji środkowo europejskiej. W czasie jury środkowej wkracza morze jurajskie od zachodu na nasze obszary. Najniższym poziomem jest słodkowodny utwór glinek ogniotrwałych Grójca i Mirowa (na zachód od Krakowa), których florę zbadał Raciborski [1]); przeważały tu paprocie o ogromnych liściach, sagowce o grubych pniach i skrzypy. Ogólny charakter tej flory jest dziwny, ponieważ 40% gatunków jest retyckiego wieku, reszta liasowego lub środkowo-jurajskiego. Wiek ich niepewny, gdyż być może odpowiadają analogicznym utworom kajprowym, chociaż je zwykle do środkowej jury zaliczają. Wyżej, a równocześnie dalej ku wschodowi, tutaj przekraczająco na iłach kajprowych, leżą siwe i czarne iły, zawierające buły i pokłady sferosyderytów, odpowiadające wiekowo górnemu piętru bajockiemu i batowi [2]). Na całym tym obszarze od Kromołowa po Częstochowę są liczne kopalnie rudy żelaznej.

W piętrze batu trwa dalej obniżenie lądu, morze wkracza więc ku wschodowi i oblewa góry Świętokrzyskie. W piętrze z *Oppelia aspidoides* następuje przez Morawy połączenie z morzem południowych Niemiec.

Z początkiem jury górnej, a więc podczas keloweju, sięgał zalew morza daleko; ku północy aż po Żmudź (Popielany) i Inowrocław, a ku wschodowi aż po Łuków na Podlasiu. Teraz istnieje już związek pomiędzy morzem Polski i borealnem, a zaznacza się połączenie z morzem prowincji alpejskiej (obecność amonitów z rodzaju *Phylloceras* i *Lytoceras)*, które to połączenie jest w oksfordzie wyraźniejsze.

W keloweju tworzą się wapienie oolityczne z bogatą fauną, za których typowego przedstawiciela uchodził przez czas dłuższy oolit w Balinie około Trzebini, na zachód od Krakowa; skamieniałości pochodzące stamtąd były przed przeszło 50 laty przedmiotem obszernych monografij. Niedawno okazało się (Wójcik), że tamtejsze skamieliny są na drugorzędnem złożu.

Do oksfordu należą białe margle i wapienie płytowe; są to t. zw. margle kordatowe, odpowiadające piętru z *Cardioceras cordatum*. Na marglach leżą wapienie gąbkowe, a na nich płytowo wydzielone wapienie z *Peltoceras transversarius* tworzące podstawę wzgórz, zaznaczających się krajobrazowo na Krakowskiej wyżynie, a zbudowanych z młodszych skał jurajskich, zwanych wapieniem skalistym. Niższa ich część odpowiada dolnemu sekwanowi, a tworzą ją grubopłytowe wapienie, nie zawierające krzemieni (ze skamielin głównie *Perisphinctes Tiziani* i *Rhynchonella cracoviensis)*, natomiast górny wapień skalisty zawiera obficie krzemienie i gąbki, jest popękany, porowaty i obficie jaskiniami podziurawiony; jaskinie Mnikowa, Ojcowa, Olsztyna są właśnie w tym poziomie. Wiekowo odpowiada górny wapień skalisty górnemu sekwanowi, ze skamielin

[1]) Na południ.-zachód od Krakowa.

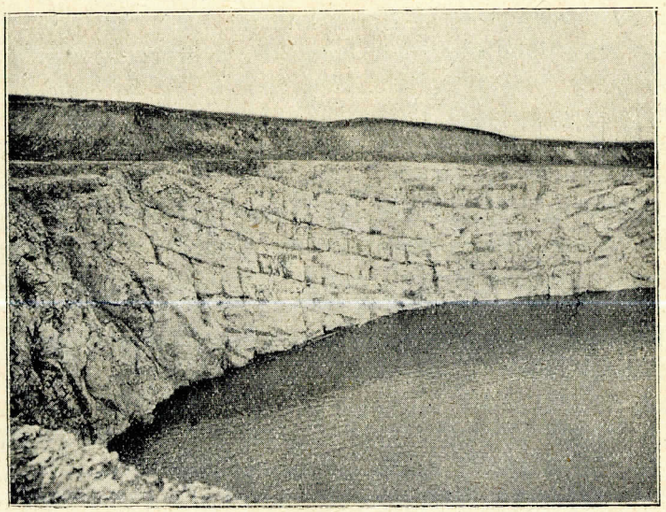
[2]) K. Wójcik: Jura Kruhela Wielkiego pod Przemyślem. Kraków. 1913—1914. Rozpr. Akad. Umiej.

[1]) M. Raciborski: Flora kopalna glinek mirowskich. Pamiętnik Ak. Umiej. Kraków, 1890.

[2]) K. Wójcik: Bat, kelowej i oxford okręgu krakowskiego. Rozpr. Ak. Umiej. Kraków, 1910.

należą do częstszych *Rhynchonella moravica, Cidaris florigemma.* Najwyższym poziomem wapieni skalistych są wapienie również z krzemieniami, tworzące najwyższe wzniesienia w okolicy Krakowa (Wawel, Grzegórzki, Krzemionki), Mnikowa, Zabierzowa i t. p., zawierające jako przewodnią skamielinę *Rhynchonella inconstans i Oppelia tenuilobata;* należą one do dolnego kimmerydu. Piętro wyższe z *Exogyra virgula* wykształcone jest jedynie na północy w okolicy Radomska.

W górach Świętokrzyskich wykształciła się jura [1]) na zachodnich zboczach mniej więcej w sposób podobny, na wschodnich nieco odmiennie ze względu na płytsze morze. Tworzą się tutaj zrazu piaski glaukonitowe, wyżej margle łupkowe, w sekwanie są skaliste wapienie gąbkowe krakowskiego typu, oolity, rafowe korale i gruboskorupne mięczaki *(Diceras* i *Nerinea*), co zgadza się z brzegowym charakterem osadów. Ponieważ w kimerydzie zaznacza się cofanie morza od północy, przeto i teraz zachowuje się brzegowa facja osadów. Jedynie w pasmie Sulejowskiem wykształciło się jeszcze piętro portlandzkie z charakterystyczną dla jury rosyjskiej skamieliną *Virgatites virgatus*, znalezioną w okolicy Tomaszowa nad Pilicą; prawdopodobnie kończy to piętro także serję jurajskich osadów na wschodniem zboczu gór Świętokrzyskich.



Ryc. 273. Zawodniony łom wapienia jurajskiego w Piechcinie koło Pakości. (Wedle fotografji autora).

Przedłużeniem jury gór Świętokrzyskich ku północnemu zachodowi jest jura na Kujawach, znana z Ciechocinka, Inowrocławia i Barcina. W Ciechocinku znaleziono wapień jurajski podczas wierceń już w głębokości 20 m.; należy on do jury górnej, a jak wynika z niektórych innych

[1]) Jury gór Świętokrzyskich dotyczą prace Lewińskiego, jak np. «Utwory jurajskie t. zw. pasma Sulejowskiego». Rozpr. Ak. Um. Kraków, 1907. «Pasmo Przedborskie». Rozpr. Ak. Um. Kraków, 1908. «Utwory jurajskie na zachodniem zboczu gór Świętokrzyskich». Spraw. z pos. Tow. Naukowego. Warszawa, 1912.

wierceń w pobliżu (Wieniec, Janiszewo), znajdują się tam i najwyższe piętra jury górnej (portland i purbek). W Inowrocławiu przebito zarówno wierceniami, jako też i w szybach, górną jurę (od keloweju po kimeryd włącznie). Najbardziej ku zachodowi leży pasemko ciągnące się od Piechcina około Pakości do Wapienna około Barcina, które rozległemi łomami odkryte zostało (ryc. 273); skamieliny wskazują na zgodność z wapieniami gąbkowemi okolicy Krakowa (sekwan).

Najdalej ku wschodowi leży odkrywka jury w Łukowie na Podlasiu, gdzie ma odrębny facjalnie charakter, gdyż tworzą ją czarne iły ze sferosyderytami, zawierające wcale liczne skamieliny wieku kelowejskiego. Na Podolu w okolicy Niżniowa znaleźli przed 40 laty Alth [1]) i Bieniasz wapienie jurajskiego wieku. Powyżej Niżniowa (Bukówna) w dół Dniestru aż do Niezwisk, także nad Złotą Lipą i Koropcem, odsłaniają się zlepieńce, wyżej margle i wapienie, których fauna *(Pteroceras Oceani, Exogyra virgula,* liczne gatunki rodzaju *Nerinea)* wskazuje na piętro kimmerydzkie i tytońskie. Jura tamtejsza jest zapewne dalszym ciągiem tej, która od wschodu otacza góry Świętokrzyskie.

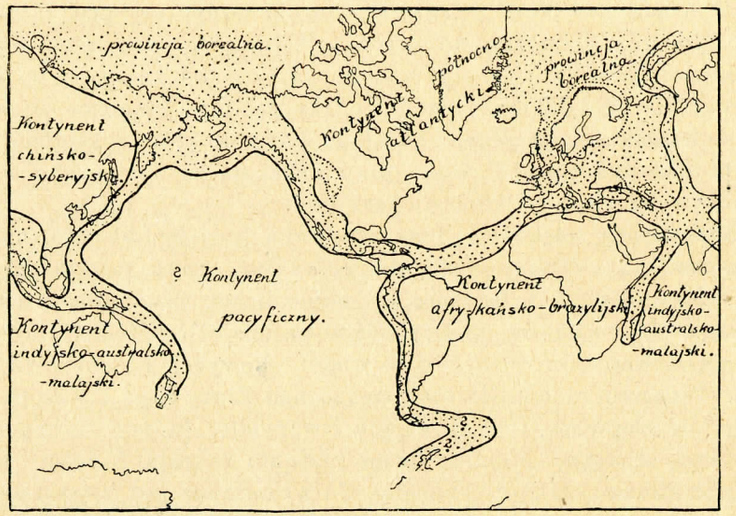
WYNIKI OGÓLNE.

Przypuszczalne rozmieszczenie lądów i mórz wskazuje nam załączona mapka (ryc. 274), która jest tem bardziej przybliżona tylko, że w różnych piętrach jury morze zmieniało swój zasięg. Widzimy z niej, że kontynent północno-atlantycki istnieje niezmieniony nadal, a krótkotrwałe zalewy nie zmieniają jego ogólnych zarysów. Z nim połączony był przez długi czas kontynent chińsko-syberyjski, a cieśnina uralska rozdziela te oba kontynenty dopiero w jurze górnej. Dawny, jednolity ląd Gondwany został teraz rozdzielony mozambicką geosynklinalą na dwa: afrykańsko-brazylijski i australijsko-malajski. Jest rzeczą wątpliwą, czy istniał kontynent pacyficzny, a obecność jego przyjmują tylko na tej podstawie, iż na wyspach leżących na Oceanie Spokojnym brak jurajskich osadów. Na południe od kontynentu północno-atlantyckiego leżała znana nam już Tetyda, szersza niż podczas triasowego perjodu.

Z tego, co powiedziano poprzednio (str. 271) o prowincjach jury, wynika, że w tym perjodzie zaznaczyły się wyraźnie różnice klimatyczne, które spowodowały różną temperaturę mórz jurajskich; dowodzi jej chociażby brak korali rafowych w jurze borealnej. Ważnem jest także w tej mierze stwierdzenie Gothana, że jurajskie araukarje okolic północnych mają pierścienie roczne, których brak u drzew podzwrotnikowych.

Ruchy górotwórcze nie są znane z perjodu jurajskiego; może istniały tylko słabe ruchy wygasające (postumne wedle terminologji Suessa)

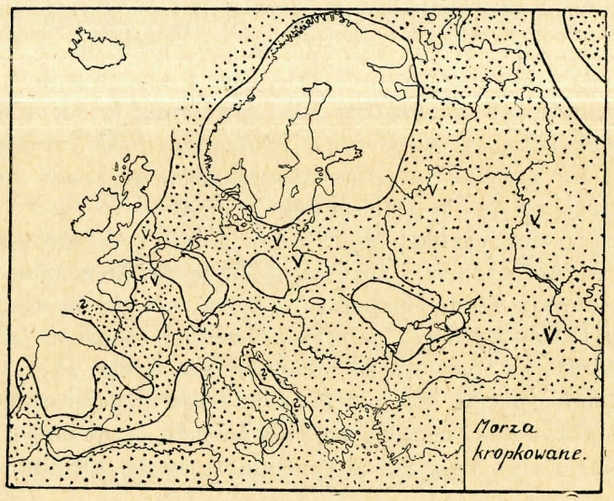
[1]) Alth: Wapień niżniowski i jego skamieliny. Pam. Akad. Um. Kraków, 1881.



Ryc. 274. **Przypuszczalny rozkład lądów i mórz jurajskich.** Wedle Hauga, po uproszczeniu. Linja silna oznacza granice geosynklinali, barwa szara morza.

z dawnych okresów czasu, albo też ruchy zapowiadające przyszłe zaburzenia w geosynklinalach.

Czynność wulkaniczna była w tym okresie również słaba, chociaż znane są wybuchy bazaltowe z Alp Zachodnich, diabazowe z Banatu, a nader potężne porfirytów i audezytów z Ameryki południowej (Andy) i ze Sierra Newada w półn.-Ameryce.



Ryc. 275. **Przypuszczalny rozkład lądów i mórz Europy w piętrze portlandzkiem.** Wedle Hauga po uproszczeniu. Lądy białym kolorem oznaczone, V warstwy z Virgatites.

PERJOD KREDOWY.

Nazwa pochodzi z Anglji, gdzie w podobny sposób jak w północnowschodniej Francji, Belgji, Danji i w północnych Niemczech (Rugja) jest kreda pisząca ważną skałą w wyższych poziomach tego systemu. Ponieważ, zwłaszcza w dolnej kredzie, częste są piaski, piaskowce i iły, przeto nazwa perjodu jest tem mniej usprawiedliwiona.

W Anglji wyróżnił już w pierwszej połowie 19 wieku Smith ponad najniższym słodkowodnym utworem, który otrzymał nazwę wealdu, zielone piaski (greensand), przedzielone utworem iłowym (gault) na dolne i górne, a jako najwyższą część margle (dolne, środkowe i górne).

We Francji zawdzięczamy pierwszy podział d'Orbigny'emu. Wyróżnił on w dolnej jego części, licząc od dołu, piętra: neokomskie, aptieńskie i albieńskie [1]), a w górnej kredzie cenomańskie, turońskie i senońskie [2]), później dodano jeszcze jako najwyższe piętro duńskie (danien).

W środkowych i północnych Niemczech nie wykształciły się typowo skały kredowego systemu. W każdym razie wyróżniono wśród górnej kredy, jako utwór odrębny, piaskowiec ciosowy (Quadersandstein), który w północnych Czechach i w Saksonji wytworzył, dla pionowego spękania i łatwego wietrzenia, swoiste krajobrazowe formy (Saska Szwajcarja) i plener (Plauenerstein), utwór wapienny, będący niższym utworem. W dolnej kredzie wyróżniono, jak w Angli, gault i hils (przeważnie iłowy).

Z biegiem czasu doprowadziły badania do bardziej szczegółowego podziału, przyczem dla kredy dolnej były ważne przedewszystkiem badania geologów francuskich, dla górnej zaś niemieckich. Obecny podział jest następujący:

górna kreda	Piętro duńskie	
	„ senońskie górne	maestrichien
	„ „ dolne	campanien
	„ „ „	santonien
	„ emszer albo coniacien	
	„ turońskie	
	„ cenomańskie [2])	
dolna kreda	Piętro albieńskie albo gault	
	„ aptyjskie	
	„ barremskie (barrémien)	neokom
	„ hautrivien	neokom
	„ valangien [3])	neokom

[1]) Nazwy te (néocomien, aptien i albien) pochodzą od miejscowości: Neocomum (Neuchâtel) w Szwajcarji, Apt we Francji i od rzeki Aube, dopływu Sekwany.

[2]) Nazwa cénomanien od Cenomanum (le Mans) miasto we Francji, turonien od nazwy gallickiego szczepu Turonów, senonien od szczepu Senonów.

[3]) W niem wyróżniono berriassien, albo infravalangien jako część najniższą, słodkowodną jego facją jest weald.

Niektórzy autorowie (Haug) wprowadzają podział na 3 części (kreda dolna, środkowa i górna), zaliczając do środkowej piętro albieńskie, cenomańskie i turońskie, chociaż to nie zostało jeszcze powszechnie przyjęte. Fakt, że z początkiem cenomanu rozpoczyna się wielki zalew morza, nazwany cenomańską transgresją, znacznie większy niż w innych geologicznych perjodach, wskazuje na to, że podział na kredę górną i dolną jest uzasadniony, chociaż przyznać należy, że zmiana flory rozpoczyna się w gaulcie i że w senonie nastąpiła nowa, wielka transgresja.

Zwyczajnie wyraźna granica między jurą i kredą zatraca się wtedy, jeżeli najniższa kreda w słodkowodnej facji wealdu leży na półsłonych utworach purbeku, albo jeżeli, jak w Alpach i w Tatrach, zarówno górna jura, jak też i dolna kreda jest utworem morskim.

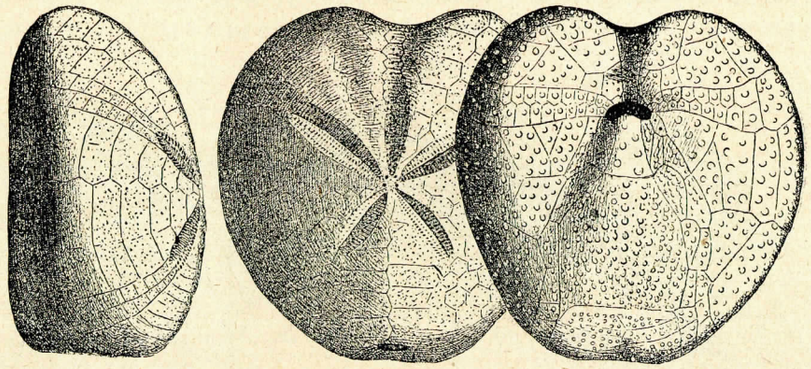
FLORA I FAUNA.

Podczas gdy **flora** dolnokredowa nie różni się wcale od jurajskiej, gdyż paprocie i rośliny nagozalążkowe *(Cycadeae* i *Coniferae)* składają ją prawie wyłącznie, mamy w górnej kredzie nagłą różnicę. Z początkiem jej, a właściwie z końcem dolnej kredy (gault), zaczynają się pojawiać rośliny dwuliścienne (jednoliściennych jest niewiele) zarówno w Europie, jak też i półn. Ameryce, chociaż zdaje się, że pojawienie się roślin dwuliściennych jest w Ameryce nieco wcześniejsze, coby mogło na to wskazywać, że do Europy dostały się rośliny dwuliścienne z Ameryki. Dziwną jest rzeczą, że odrazu znajdujemy nawet dzisiaj żyjące rodzaje, a nadto razem żyjące obecnie w różnych klimatach. Przykładem może być senońska kreda Potylicza [1]) koło Rawy Ruskiej, gdzie znajdują się obok siebie oprócz paproci i roślin szpilkowych także rodzaje: *Fagus*, *Quercus*, *Populus*, *Myrica*, *Platanus*, *Magnolia*, *Eucalyptus*.

Fauna. O t w o r n i c e, najniższe zwierzęta, znane są lepiej z systemu kredowego, niż ze starszych. Wiele ich zawiera kreda pisząca (rodzaje: *Textularia*, *Rotalia*, *Globigerina)*, a ze względu na znaczną ilość okazów ostatniego rodzaju uważano często kredę piszącą za utwór głębokiego morza, odpowiadający t. zw. iłom globigerynowym, chociaż niesłusznie. Margle senońskie Polski mają wcale bogatą faunę otwornicową, opisaną np. ze Lwowa; a licznych otwornic dostarczyły także karpackie warstwy inoceramowe. Ważnym dla geologa jest rodzaj *Orbitolina*, gdyż *O. lenticularis* jest znamienną dla piętra albieńskiego i aptyjskiego, a *O. concava* dla cenomanu.

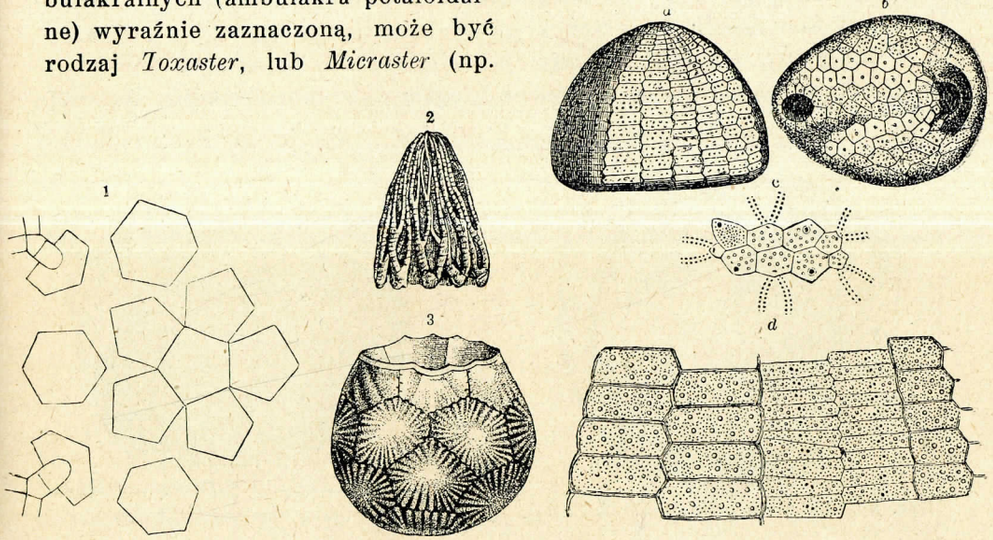
K o r a l e i g ą b k i nie mają większego znaczenia, ważne są natomiast s z k a r ł u p n i e, a z nich głównie jeżowce. Z pośród jeżowców regularnych, naogół mniej częstych, żyje np. znany nam już rodzaj *Cidaris* o kolcach maczugowato zgrubiałych. Z nieregularnych zasługują na

[1]) J. Nowak: Kopalna flora senońska z Potylicza. Kraków, 1907. Rozpr. Ak. Um. Krak.



Ryc. 276. *Micraster cor testudinarium* w. nat. (Z Zittla).

uwagę rodzaje *Discoidea* i *Echinoconus (Galerites)*, nie licząc dwóch bardzo ważnych rodzin *Spatangidae* i *Ananchytinae*, pojawiających się dopiero w kredzie, u których nietylko odbyt, ale także i gęba położona jest ekscentrycznie. Przykładem pierwszych, zwyczajnie sercowatego kształtu i mających od szczytu rozchodzącą się pięciopromienną gwiazdę płytek ambulakralnych (ambulakra petaloidalne) wyraźnie zaznaczoną, może być rodzaj *Toxaster*, lub *Micraster* (np.



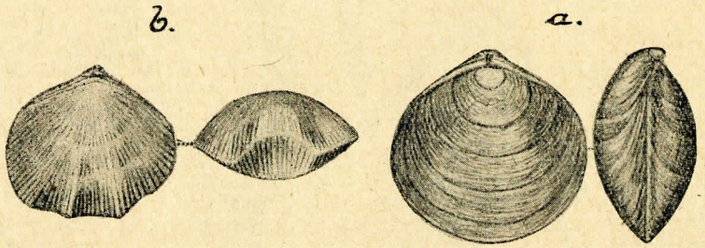
Rys. 277. *Marsupites ornatus* 1—schemat budowy kielicha, 2—ramiona, 3—kielich. (Z Zittla).

Ryc. 278. *Ananchytes ovata* $^1/_3$ wielk. nat. *a*, *b*—z boku i z dołu, *c*—szczyt w powiększeniu, *d*—kilka płytek powięk. (Z Zittla).

M. cor testudinarium ryc. 276) z emszeru. Z rodziny *Ananchytinae* wymienimy *Ananchytes ovata* Leske (ryc. 278) charakterystycznego dla senonu.

Z nielicznych liljowców wspomniemy o rodzaju *Marsupites* (ryc. 277) bez trzonka i o zmarniałych ramionach, znamiennym dla dolnego senonu.

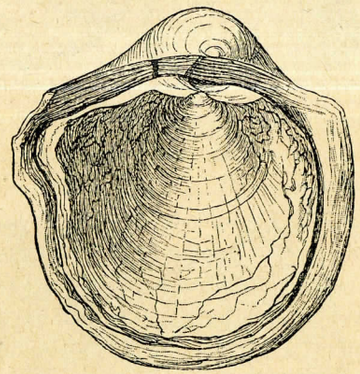
Nie mówiliśmy wiele o grupie zwierząt dotychczas łączonej razem z ramienionogami w typ mięczakowatych czyli o mszywiołach *(Bryozoa)*,



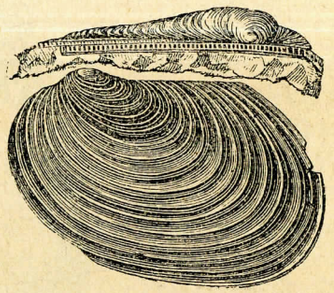
Ryc. 279. *Terebratula carnea (a)* i *Rhynchonella plicatilis (b)*. Kreda, senon. Lwów.

drobnych, wodnych zwierzętach, żyjących w kolonjach w podobny sposób, jak korale. Osobniki mieszczą się w komórkach wapiennych, a ponieważ młode powstałe przez pączkowanie pozostają w łączności, przeto powstają kolonje tych zwierzątek. Znane już w dolnym sylurze, żyją w większej ilości w kredzie i w trzeciorzędzie. W starszych perjodach, a tak samo w dolnej kredzie, przeważają rodzaje, u których otwory komórek nie są zwężone *(Cyclostomata)*, natomiast w kredzie górnej i w utworach młodszych biorą górę formy o szczelinowato zwężonych otworach *(Cheilostomata)*. W senońskich marglach kredowych są mszywioły wcale częste.

Ramienionogi utraciły już w jurze znaczenie, które miały w dawniejszych okresach, w kredzie ulegają dalszemu zanikowi. Ważniej-



Ryc. 280. *Gryphaea vesicularis*. (Z Zittla).

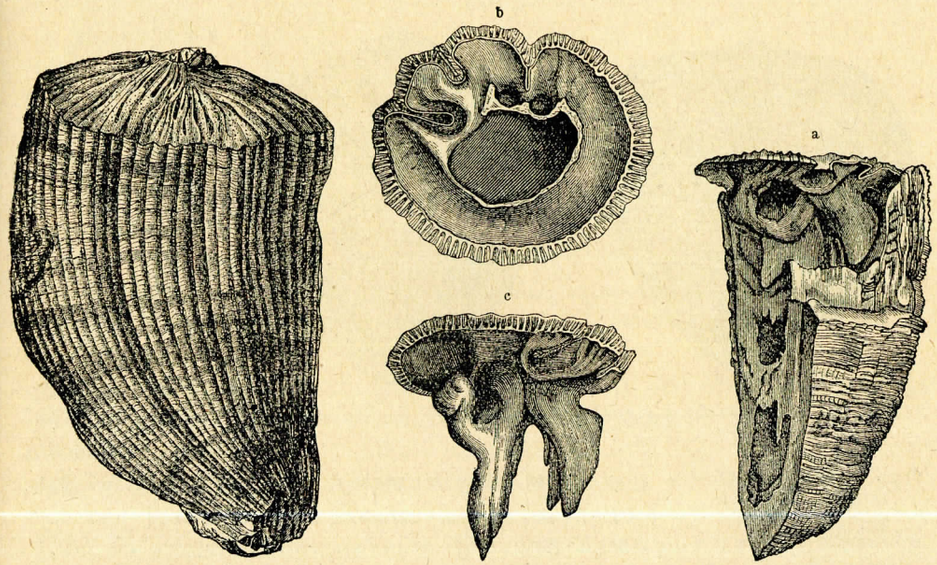


Ryc 281. *Inoceramus Cripsi* górna kreda, u góry brzeg zamkowy. (Z Zittla).

szemi są rodziny *Terebratulidae* i *Rhynchonellidae*, z nich np. w senonie częstemi są gatunki: *Terebratula carnea* i *Rhynchonella plicatilis* (ryc. 279).

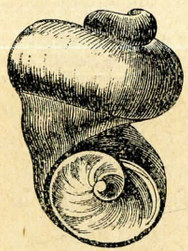
Z małży jest szereg rodzajów, których gatunki jako przewodnie skamieliny służyć mogą. Z ostryg wymienimy *Gryphaea vesicularis*, charakterystyczną dla senonu (ryc. 280) i rodzaj *Exogyra* o przegiętych

szczytach, z którego *E. Couloni* jest znamienna dla dolnego neokomu, a *E. columba* i *E. conica* dla cenomanu. Wielki, przypłaszczony *Inoceranus* (ryc. 281) o powierzchni opatrzonej współśrodkowo biegnącemi żebrami jest tem szczególny, że silnie wykształcona wapienna warstwa sko-



Ryc. 282. 1) *Hippurites cornu vaccinum*. 2) *Hippurites radiosus*, *a*—obie skorupy razem w przekroju, *b*—skorupa dolna z góry widziana, *c*—skorupa górna. (Z Neumayra)

rupy [1]) złożona jest ze słupkowatych kryształów złożonych prostopadle do płaszczyzny skorupki, natomiast wewnętrzna perłowa jest słabo zaznaczona. Ponieważ ta budowa jest wyraźna nawet w małych ułamkach, często rozsianych w skałach karpackich, przeto dozwala rozpoznać warstwy jako kredowe nawet w tych wypadkach, gdy brak wyraźnych skamielin, o ile te ułamki nie są na złożu drugorzędnem.

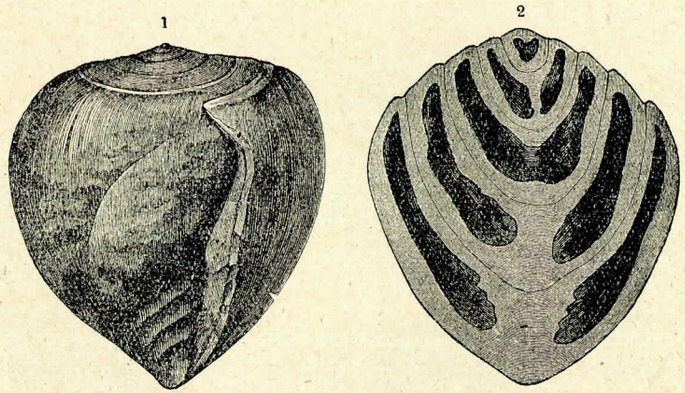


Ryc. 283. *Requiennia ammonia*, z urgonu południowej Francji, lewa skorupa śrubowato skręcona, prawa ma kształt płaskiego wieczka. (Z Zittla).

Szczególną, dla alpejskiej kredy znamienną grupę małży tworzą rudysty. Prawa (dolna) ich skorupa, niepomiernie rozwinięta, jest wrzecionowata, zwyczajnie podłużnie żeberkowana, a mała górna (lewa) ma tylko kształt nakrywki. W dolnej skorupie, chociaż bywa do 1 m. wysoka, nie było wiele miejsca dla zwierzęcia ze względu na podłużne fałdy i zgrubienia i ponieważ do niej wschodziły silne zęby zawiasowe górnej skorupki. Z rodzajów wymieniony *Hippurites* (ryc. 282) ży-

[1]) Skorupa małży składa się z zewnętrznej warstwy rogowej, u skamielin z reguły niezachowanej, z następnej wapiennej o pręcikowej budowie i z wewnętrznej warstwy perłowej, której blaszki są równoległe do ściany skorupki.

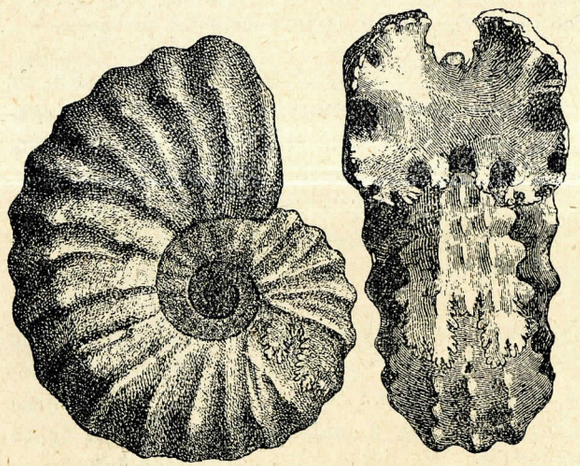
jący w górnej kredzie, *Radiolites* i *Sphaerulites*, właściwe środkowej kredzie. Dla tej samej alpejskiej prowincji są jeszcze charakterystyczne do rodziny *Chamidae* należące rodzaje *Requiennia* (ryc. 283) o wielkiej śrubowato skręconej lewej skorupie i *Monopleura*.



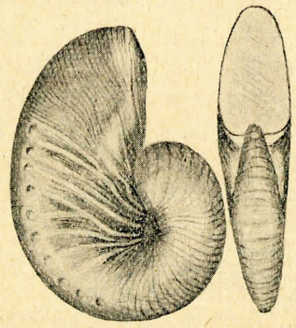
Ryc. 284. *Actaeonella* z górnej kredy alpejskiej. (Z Neumayra).

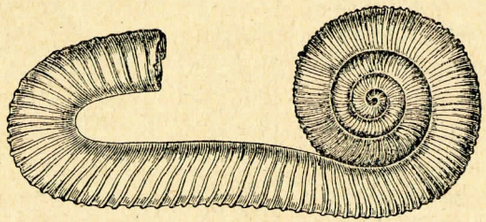
U ślimaków należy zanotować silniejszy rozwój form opatrzonych kanałem *(Siphonostomata)*, które, jak już wiemy, są tych zwierząt najwyżej rozwiniętym działem. W prowincji alpejskiej jest częstym pękaty rodzaj *Actaeonella* (ryc. 284), w którym trzy silne fałdy wrzeciona sięgają daleko w głąb.

Najbardziej dla perjodu kredowego znamiennym objawem jest wymieranie głowonogów. Z amonitów żyją wprawdzie jeszcze do jurajskich zbliżone rodzaje o normalnie skręconych zwojach, np. przypłaszczony *Hoplites* o żeberkowanych zwojach, pękaty *Douvilleiceras* o żebrach z szeregu guzków złożonych, *Acanthoceras* (ryc. 285) o silnych guzkach, *Tissotia* o małym pępku, a więc o zwoju ostatnim zakrywającym prawie wszystkie inne, przypłaszczona *Schloenbachia* o zwojach wewnętrznych widocznych, mająca listewkę po stronie zewnętrznej i znane już z jury, a dla prowincji alpejskiej znamienne rodzaje *Phylloceras* i *Lytoceras*, nie licząc całego szeregu innych, ale istotną cechą jest pojawienie się amonitów rozkręconych. Należy tu rodzaj *Scaphites* o zwojach wprawdzie zwiniętych, lecz o rozkręconym ostatnim, chociaż jego część szczytowa zagina się ku dołowi (*Sc. constrictus*, senon,

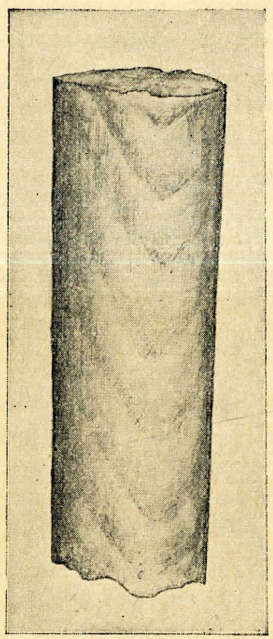

Ryc. 285. *Acantloceras Rhotomagense*. Z cenomanu. (Wedle Quenstedta).

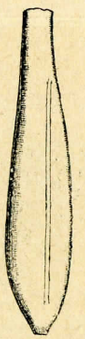
ryc. 286), *Macroscaphites* z wyglądu podobny do poprzedniego, lecz o innej linji lobowej, część rozkręcona jest dłuższa i hakowato zgięta (*M. Ivanii* neokom, ryc. 287), *Hamites* o zupełnie rozkręconej skorupie, która się dwa razy hakowato zgina, wyprostowany *Baculites*, zwyczajnie przypłaszczony (np. *B. anceps* ryc. 288,

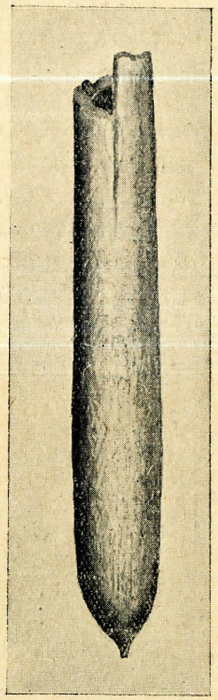

Ryc. 286. *Scaphites constrictus* z senonu lwowskiego. (Wedle Altha).


Ryc. 287. *Macroscaphites Ivanii* z neokomu karpackiego.

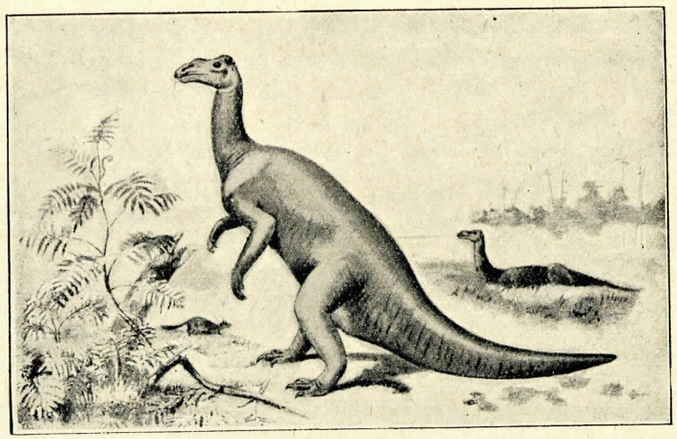
częsty w naszych górnosenońskich marglach), lub *Turrilites*, którego skorupa jest śrubowato skręcona. Z końcem perjodu kredowego wymierają zupełnie zarówno amonity, jak też i belemnity, o których wkrótce będzie mowa. Wytłumaczenie przyczyny tego zjawiska należy do najtrudniejszych problematów paleontologji. W każdym razie musimy upatrywać w rozkręcaniu się skorup objaw degeneracyjny, a więc starości tego szczepu, której wynikiem jest osłabienie siły rozwojowej, a przez to powolne wymieranie.


Ryc. 288. *Baculites anceps* z senonu lwowskiego. (Wedle Nowaka).


Ryc. 289. *Belemnites (Duvalia) dilatatus* z neokomu. (Z Zittla).


Ryc. 290. *Belemnites (Belemnitella) mucronatus*. Z senonu lwowskiego. (Wedle Nowaka).

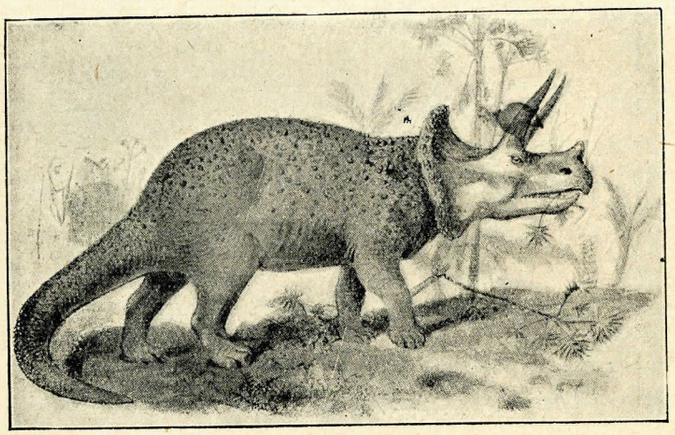
Z belemnitów wymienimy przypłaszczony podrodzaj *Duvalia* (np. *B. dilatatus* z neokomu, ryc. 291), lub *Pseudobelus* mający głęboki rowek po stronie brzusznej (np. *B. bipartitus* z dolnej kredy). Ważniejsze są belemnity dla górnej kredy, jak np. walcowaty, u spodu nagle zaostrzony, o bardzo małym rowku po stronie brzusznej *Actinocamax* (np. *A. quadratus* znamienny dla dolnego senonu) i podrodzaj *Belemnitella* stożkowatego kształtu, opatrzony niedługim rowkiem po stronie brzusznej, którego typowym reprezentantem jest *B. mucronata* (ryc. 290) z górnego senonu.



Ryc. 291. *Iguanodon Mantelli* odtworzony.

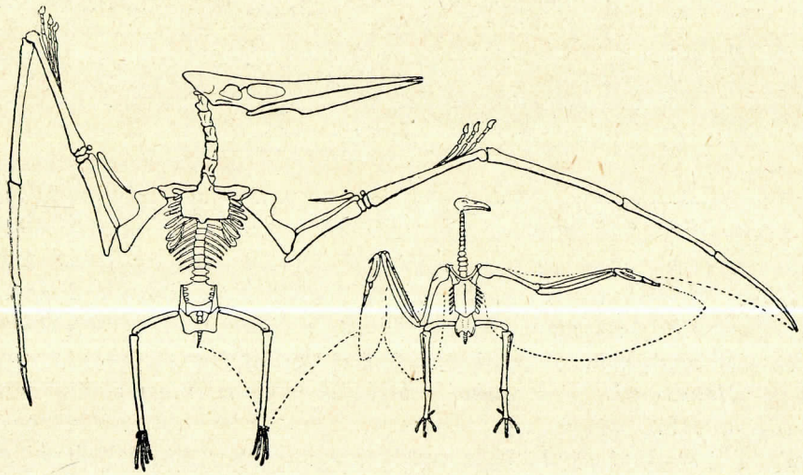
Świat owadów jest mało znany, zapewne z powodu nieznacznego rozwoju utworów słodkowodnych w tym perjodzie. Wielka zmiana, która powinna była nastąpić u tych zwierząt z powodu pojawienia się roślin kwiatowych, daje się zauważyć wyraźnie dopiero w perjodzie trzeciorzędowym. Pomiędzy skorupiakami należy zanotować pojawienie się raków właściwych: krótko i długo odwłokowych.

O rybach kredowych niewiele powiemy; przeważają kostnoszkieletowe, zbliżone do dzisiejszych, ale nie brakowało wcale ryb spodoustych np. wielkich żarłaczy, których zęby są wcale częste.



Ryc. 292. *Triceratops prorsus* odtworzony.

Gady dominują wśród ówczesnych kręgowców, ale perjod kredowy jest też czasem ich ostatniej świetności, gdyż z jego końcem ginie przeważna ich część, a pozostają tylko obecnie istniejące rzędy. *Dinosauria* są w kredzie; z podrzędu *Sauropoda* żyją jeszcze w dolnej kredzie olbrzymy, które poznaliśmy poprzednio (str. 267), jak *Brontosaurus*, *Atlantosaurus*, *Diplodocus*, także drapieżne *Theropoda*, ale do największego rozkwitu dochodzi podrzęd *Orthopoda* (ryc. 291). Zaliczamy tu do 10 m. wysokie igwanodonty o małych przednich, a dłuższych tylnych odnożach i o długim ogonie, które poruszały się skacząc. W r. 1873 znaleziono w wealdzie w miejscowości Bernissart w Belgji 23 szkieletów tego olbrzyma, które znajdują się obecnie w muzeum w Brukseli. Inne *Orthopoda* miały równe odnóża, a niektóre z nich były potwornych kształtów, np. 12 m. długi *Triceratops* (ryc. 292), a którego na olbrzymiej, gdyż 2 m. długiej, czaszce

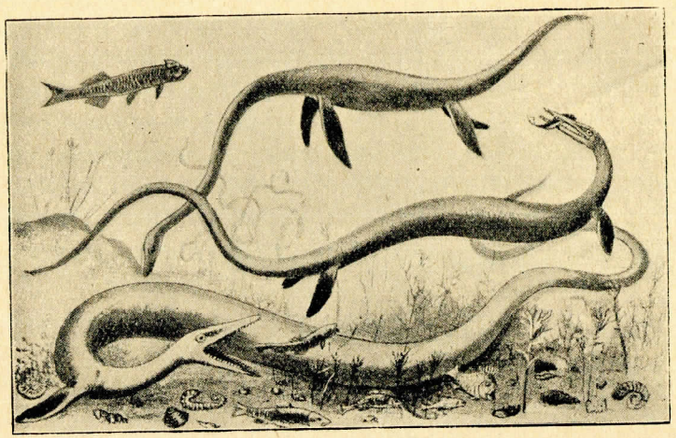


Ryc. 293. *Pteranodon* po stronie lewej, po prawej kondor w tem samem zmniejszeniu. (Z Waltera).

znajdowały się dwa wielkie rogi ku górze i ku przodowi skierowane, a w środku jeden mniejszy.

Gady latające miały także w kredzie swych przedstawicieli; należy tu olbrzymi *Pteranodon* (siąg skrzydeł 7 m., ryc. 293), o którym mówiliśmy już poprzednio (str. 266). Plezjozaury (ryc. 294) i ichtjozaury żyją także w kredzie dolnej. Wężów właściwych niema jeszcze, natomiast wśród jaszczurek zasługuje na uwagę dziwna, wymarła rodzina *Mosasauridae*. Należały tu jaszczurki morskie, w największych rodzajach do 20 m. długie, które w podobny sposób, jak ichtjozaury były zupełnie przystosowane do życia w morzu. Odnóża miały zamienione na pletwy, a silny ogon służył do sterowania w wodzie, którą pruły łatwo ze względu na ściśnione z boków ciało. Ostre zęby wskazują na nie, jako na zwierzęta drapieżne, co potwierdza także czasem zachowana zawartość żołądka. Za najpiękniejszy uchodził długi czas okaz z górnej kredy w Maastricht wydobyty jeszcze w 18 wieku. Znacznie później znaleziono

liczne szkielety w Ameryce Północnej, gdzie pomiędzy Górami Skalistemi, a Apalachami wykształciły się na znacznej przestrzeni słodkowodne utwory piętra Laramie, nader bogate w szkielety ówczesnych gadów. Z rodzajów wymienimy: *Mosasaurus* (ryc. 294), *Tylosaurus* i *Clidastes* (ryc. 294).



Ryc. 294. *Elasmosaurus* (u góry, dług. 15 m.) z rodziny plezjozaurów, *Clidastes* (w środku), *Mosasaurus* (u dołu).

Ptaki kredowe są już typowemi reprezentantami tej klasy, nie przejściowemi formami jak *Archaeopteryx*, chociaż mają, jak on, zęby w szczękach i kręgi z obu stron wklęsłe. Kręgi ogonowe są u nich już zmarniałe i zrośnięte w jedną kość, na której są sterówki wachlarzowato ułożone. Przedstawicielem ptaków kredowych jest np. *Hesperornis*, ptak wodny wielkości bociana, nie mający grzebienia na mostku, zęby jego mieściły się w rynience na szczękach, lub *Ichthyornis*, wielkości gołębia, z grzebieniem na mostku i z zębami w zębodołach. Oba te gatunki znaleziono w pokładach górnokredowych Ameryki Północnej. W każdym razie pomiędzy temi ptakami, a jurajskiem praptakiem, jest zbyt wielka różnica, którą zapewne zmniejszą nieznane nam formy dolnej kredy.

O zw. ssących wiemy niewiele. Nieliczne znalezione resztki należą: do znanych nam już z triasu i jury torbaczy (podrzęd: *Allotheria* albo *Multituberculata*). Możebną jest rzeczą, że wówczas żyły także pierwsze zwierzęta mięsożerne, t. zw. kreodonty.

ROZMIESZCZENIE GEOGRAFICZNE.

Kreda pozaalpejska. W Anglji leży na słodkowodnych utworach purbeku wprost kreda, przypierając od wschodu do poznanego poprzednio (str. 271) jurajskiego pasma, z którem przechodzi do Francji i Belgji. Ponieważ na południe od Tamizy wypiętrza się nieco jura poniżej leżąca, przeto tutaj, na wschód od głównego przebiegu starszej kredy, widoczne są także najgłębsze utwory kredowe, wykształcone w facji słodkowodnej, względnie półsłonej, zwanej wealdem. Są to niżej piaskowce

(piaskowce z Hastings), wyżej iły. Obok resztek roślinnych, małży z rodzaju *Cyrena*, *Unio*, zawiera ów utwór kości dinozaurów *(Iguanodon)*.

Tenże sam utwór przechodzi do Belgji, gdzie w miejscowości Bernissart znalazły się oprócz innych słodkowodnych skamieniałości wspaniałe szkielety igwanodontów, o czem już była mowa poprzednio (str. 291). W półn. Niemczech jest również weald wykształcony, np. koło Hanoweru (piaskowiec z Deister), zawierający gdzie niegdzie pokłady węgla. Dalszy ciąg tych samych utworów, przykrytych z wierzchu młodszemi, zobaczymy w Polsce.

Ponad wealdem, a w północnej części kraju wprost na jurze, leżą w Anglji utwory morskie (dolne zielone piaski i iły gaultu) z bogatą amonitową fauną, której jest wiele gatunków właściwych Rosji, dolna kreda ma więc tutaj północny charakter.

Górną kredę tworzą cenomańskie „górne zielone piaski" z *Pecten asper* i z *Exogyra columba*, margle z *Schloenbachia varians* i *Acanthoceras rhotomagense*. Wyżej leży kreda pisząca turońskiego i senońskiego wieku, w ostatniej, rozwiniętej dobrze zwłaszcza w zagłębiu londyńskiem, są częste krzemienie.

W północnej Francji zajmuje kreda obszar leżący pomiędzy Ardenami, masywem Centralnym i Bretanją, przyczem środek jego (zagłębie paryskie) wypełniają trzeciorzędowe, młodsze utwory. Dolna kreda zajmuje naturalnie, leżąc na jurze, wschodnie obszary i razem z jurą zapada ku środkowi zagłębia. Jakkolwiek dolna kreda znajduje się także w południowej Francji (Prowansalja, Delfinat), to przecież góry Jura były głównym obszarem studjów i tutaj też poznano i wydzielono wszystkie piętra dawnego neokomu, a także apt. W piętrze barremskiem daje się zauważyć charakter alpejski *(Requiennia)*, a w albienie początek transgresji, która w cenomanie dosięgła szczytu. W zagłębiu paryskiem są zielone piaski leżące na nieprzepuszczalnych iłach gaultu cenną warstwą wodonośną (por. ryc. 52).

Zasięg morza cenomańskiego był, jak w całej Europie, tak też we Francji znaczny. Istniejące przedtem połączenie pomiędzy masywem Armorykańskim a Centralnym zostało przerwane. Zrazu osadzają się piaski, także margle glaukonitowe, wśród których można wyróżnić jako najniższy poziom z *P. asper* [1]), środkowy z *Schloenbachia varians* i najwyższy z *Acanthoceras rhotomagense*. Wyżej leżący turon dzielą francuscy geologowie na dolny (ligérien) i górny (angoumien), dla pierwszego jest charakterystyczną skamieliną *Inoceramus labiatus*, dla drugiego *I. Brongniarti*. Emszer (coniacien) i senon, wreszcie słabo wykształcone piętro duńskie tworzą górne poziomy tego systemu. W senonie bywają wydzielane piętra:

[1]) W półn.-wschodniej Francji otrzymał on nazwę tourtia, zlepieńce, będące dowodem transgresji, są dla niego charakterystyczne.

3 maestrichien
2 campanien
1 santonien.

Miejscowość Meudon pod Paryżem jest znana z bogatych skamielin w tym poziomie, a także Maastricht w południowej Holandji, od której też najwyższe piętro otrzymało nazwę.

Przedłużeniem ku wschodowi jest kreda północnych Niemiec. Dolne jej poziomy są znane w Brunświku i Hanowerze, dalej ku wschodowi są przeważnie tylko dowiercone. Te jej piętra, które obejmują neokom, nazywano dawniej hilsem, wyróżniając jako poziom niższy zlepieniec, jako wyższy ił hilsowy. Poszukiwania Koenena stwierdziły, iż da się tu przeprowadzić nie tylko podział na piętra przyjęte we Francji, ale że także dadzą się wyróżnić, w obrębie każdego piętra, stałe poziomy.

Górna kreda zajmuje znaczne przestrzenie. Cenoman i turon otrzymały już dawno nazwę pleneru, a tworzą go jasne, marglowe wapienie; dolny plener jest cenomańskiego, górny turońskiego wieku. W pierwszym wydzielają te same trzy poziomy, jak w Anglji, w turonie zaś użyto inoceramów, jako przewodnich skamielin. Schlüter wyróżnił tutaj:

4 poziom z *Inoceramus Cuvieri*
3 „ z *Heteroceras Reussianum* i z *Spondylus spinosus*
2 „ z *I. Brongniarti*
1 „ z *I. labiatus.*

W Saksonji i w półn. wschodnich Czechach, gdzie górna kreda zajmuje znaczne obszary, wykształcił się turon pod postacią ciosowego piaskowca (Quadersandstein).

Poza turonem rozpoczynają się utwory senonu w dawnem tego słowa znaczeniu, w których jednakowoż przed prawie 50 laty wyróżniono część najniższą pod nazwą emszeru [1]). Są to przeważnie margle mające swoistą faunę, z której wymienimy belemnity *Actinocamax westfalicus* i *verus*, nie licząc amonitów. Nader obszerne rozprzestrzenienie tych utworów nie tylko w całej Europie, ale także w Azji i Ameryce jest przyczyną, że został on uznany za samoistne piętro. We Francji wydzielane piętro coniacien odpowiada mniej więcej emszerowi.

Właściwe piętro senońskie dzieli się w podobny sposób, jak we Francji, a więc na poziomy:

3 poziom mukronatowy z *Belemnitella mucronata*
2 „ kwadratowy z *Actinocamax quadratus*
1 „ granulatowy z „ *granulatus*,

chociaż inni autorowie przestają na podziale na senon górny i dolny, a w takim razie należy do górnego poziom mukronatowy, a dwa pozostałe do dolnego. Niektóre okolice, jak Westfalja, półn.-wschodnie Czechy dostarczyły bogatych faun senońskich.

[1]) Od nazwy rzeki, dopływu Renu powyżej Rhury.

Obszary położone nad morzem Bałtyckiem i Północnem, a więc Belgja, północna Francja, Meklemburg, wyspa Rugja i Danja odznaczają się obecnością kredy piszącej, która obok licznych skamielin zawiera buły krzemienia pochodzenia organicznego (radiolarje i gąbki). Wiekowo należy kreda pisząca do piętra senońskiego, chociaż jest także wieku turońskiego i emszeru.

W Danji i w południowej Szwecji, tudzież na wyspach pobliskich wykształciło się ponad senonem odrębne piętro zwane duńskiem, w którem niema już amonitów; za przewodnią skamielinę uchodzi *Nautilus danicus*. Obecność tego najwyższego piętra kredy skonstatowano także w Belgji i w półn.-wschodniej Francji.

Rosja. Górna jura rozwinięta nad górną Wołgą (okolica Moskwy, Kostromy) przechodzi zwolna w utwory dolnokredowe (por. str. 276), które dają się w podobny sposób podzielić na piętra, jak to uczyniono na zachodzie. Pewne swoiste formy zwierzęce charakteryzują ją jako prowincję borealną, np. amonit *Simbirscites*, belemnit *Cylindroteuthis* i małża *Aucella*, a obecność ich także w dolnej kredzie Anglji, Francji i półn. Niemiec wskazuje na połączenie dolnokredowego morza rosyjskiego z morzem zalewającem kraje zachodnie.

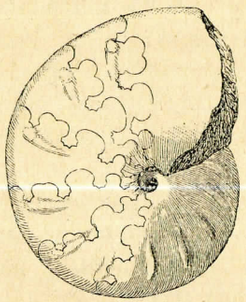
Zasięg górnej kredy jest bardzo znaczny, głównie zajmuje ona obszary położone na południu, a zasięg cenomanu aż po dolną Wołgę jest miarą olbrzymiej cenomańskiej transgresji. Nie tylko cenoman, ale także turon i senon, zwłaszcza ostatni, wykształciły się tutaj.

Kreda alpejska. Osady tej prowincji zostały złożone przez cieplejsze morze dawnej Tetydy, która od Hiszpanji przez Francję, Alpy, Karpaty i Bałkan sięgała w głąb Azji. Gruboskorupne małże z rodzaju *Requiennia*, *Monopleura*, *Radiolites* i t. p. są znamienne dla dolnej kredy facji przybrzeżnej, gdy w głębokich partjach morza żyły amonity rozkręcone jak: *Crioceras*, *Macroscaphites*, *Hamites*. Na obszarach alpejskich nie jest wyraźne przejście między jurą i kredą, tyton przechodzi odrazu w najniższe utwory kredowe (infravalangien), przeważnie z wapieni złożone. W piętrze barremskiem zasługuje na uwagę specjalna facja wapienna z wielkiemi małżami (*Requiennia*) i ślimakami (*Nerinaea*), zawierająca obficie otwornicę *Orbitolina conoidea;* jest to t. zw. urgon d'Orbignyego, obejmujący także apt, który dawniej uważano niesłusznie za utwór rafowy. Tutaj należą także wapienie kaprotynowe (Schrattenkalke geologów szwajcarskich) często pionowo spękane, a więc zaznaczające się krajobrazowo, które są nie tylko w Alpach, ale także w całej południowej Europie. W południowych Alpach należą do różnych poziomów kredy dolnej wapienie tworzące t. zw. biancone.

Północną część Alp, zarówno w Szwajcarji, jak w Bawarji i w Austrji, zajmuje utwór zwany fliszem. W przeciwstawieniu do poznanej już

kredy alpejskiej, przeważnie wapiennej, jest flisz utworem piaskowcowym (piaskowce i zlepieńce), nader ubogim w skamieliny, hieroglify i fukoidy wyjąwszy (por. str. 29). Właściwych skamielin jest niewiele, gdzie niegdzie spotykane aptychy należą często do gatunku *Aptychus Didayi*, znajdującego się także we właściwej alpejskiej kredzie dolnej (hauterivien). Ponieważ flisz znajduje się także w Karpatach, dlatego później będzie o nim mowa. Część alpejskiego fliszu jest górnokredowego wieku.

W górnej kredzie alpejskiej są także gruboskorupne małże, zwłaszcza hipuryty. Ze ślimaków są częste rodzaje *Actaeonella* i *Nerinaea*, z głowonogów *Tissotia*, *Bouchiceras* i t. p., tem szczególne, że w linji lobowej jest siodło prawie całobrzegie, zatoka zaś ząbkowana, wskutek czego przypominają linję lobową ceratytów (ryc. 295). Z licznych nazw lokalnych dla alpejskich utworów górnokredowych wspomnimy warstwy gozawskie w Alpach Wschodnich, należące przeważnie do senonu, których fauna jest częściowo wspólną z kredą pozaalpejską. W północnych Włoszech zajmują znaczne przestrzenie wapienie i margle senońskie, tworzące t. zw. scaglię. Dalej ku wschodowi na Węgrzech, w Istrji i Krainie, również w Dalmacji leży na hippurytowych wapieniach utwór słodkowodny (*Cyrena*, *Melania*, *Unio*), który otrzymał nazwę piętra liburnijskiego.



Ryc. 295. *Tissotia Fourneli* z cenomanu Algieru. (Wedle Baylego).

Polska. Z początkiem perjodu kredowego była Polska, z wyjątkiem Tatr i Karpat, lądem stałym, jedynie na Kujawach w Nieszawie i okolicy (Wieniec, Brzezie, Waganiec) znaleziono podczas wierceń utwory słodkowodne wealdu; są to iły i piaskowce z morską, prawdopodobnie neokomską fauną (*Exogyra*, *Trigonia*, *Pecten*), a poniżej utwór słodkowodny, zawierający mięczaki z rodzajów *Cyrena*, *Melania*, *Astarte*. Że te utwory sięgają także dalej ku zachodowi, tego dowodzi wiercenie w Sielcu około Żnina (Wielkopolska), gdzie dowiercono się pod górną kredą w głębokości 657—833 m. warstw zapewne słodkowodnych, bez skamielin, które są może wealdem. Jakkolwiek utwory morskiego neokomu zostały stwierdzone przez wiercenia na niewielkiej przestrzeni, przecież nie ulega wątpliwości, że są one w znacznej głębokości na całych Kujawach jako połączenie pomiędzy takiemiż utworami północnych Niemiec i północnej Rosji.

Jednociągłe przejście od jury do kredy widzimy w Polsce jedynie w Tatrach, gdzie margle plamiste jury (str. 277) tworzą się w dalszym ciągu także w kredzie. W facji górnotatrzańskiej zastępują one górną i dolną kredę; górna leży niezgodnie na dolnej; w reglowej wskazują nieliczne skamieliny na najniższe poziomy neokomu. Wśród dolnokredowych margli są nierzadkie aptychy, których obecność, razem z marglowym charakterem osadów, przemawia za głębszem morzem. Ten sam charakter mają plamiste margle rogowcowej facji w Pieninach, a na ich wiek dolnokredowy wskazują skamieliny, chociaż nieliczne, jak *Belemnites pistilliformis*, *dilatatus*, *bipartitus* i *Aptychus Didayi*.

Skały Karpat właściwych, czyli fliszowych są częściowo kredowego wieku. Powstały one w tem samem morzu, którego osady poznaliśmy w Tatrach, jednakowoż karpackie utwory kredowe są innym facjalnie utworem, mianowicie przybrzeżnym. Zaznaczymy już tutaj, że wiek fliszu karpackiego jest częścią kredowy, częścią zaś trzeciorzędowy i że ze względu na ubóstwo skamielin, gdyż tylko hieroglify i fukoidy są częstszemi śladami życia organicznego, kwestja wieku skał karpackich była przedmiotem dłuższych, nieraz zbyt gorących, naukowych dyskusyj[1]).

Nieco lepiej, niż w innych częściach Karpat, rozeznano na Śląsku wiek tamtejszego fliszu kredowego, głównie dzięki usiłowaniom Hoheneggera, który już w r. 1861 zdołał na podstawie względnie obfitego materjał paleontologicznego przeprowadzić podział fliszowych Karpat śląskich. O ile one należą do kredy, wyróżnił w nich:

8	piaskowiec z Baszki	senon
7	„ z Frydka	turon
6	„ istebneński	cenoman
5	„ godulski	albien
4	warstwy lgockie	aptien
3	„ wernsdorfskie	barremien
2	piaskowiec grodziski	hauterivien
1	warstwy cieszyńskie [2])	valangien

Kreda dolna jest niewątpliwie w Karpatach wykształcona, chociaż nie w tym stopniu jak na Śląsku. Skamielinami stwierdzono neokom w Mietniowie pod Wieliczką, Rzegocinie około Bochni, Domaradzu, na Liwoczu około Jasła i w okolicy Dobromila. Główną część kredowych utworów karpackich tworzą warstwy inoceramowe, zwane w dawnej literaturze ropianieckiemi, a są to przeważnie grubopłytowe piaskowce z hieroglifami i żyłami kalcytu, a także margle fukoidowe (ryc. 296). Są one górnokredowego, zapewne senońskiego wieku [3]), a tak samo margle bakulitowe (np. z Prałkowiec i Węgierki około Przemyśla, lub z Leszczyn około Dobromila), które odpowiadają warstwom bakulitowym Śląska; prawdopodobnie obejmują warstwy inoceramowe całą górną kredę. Se-

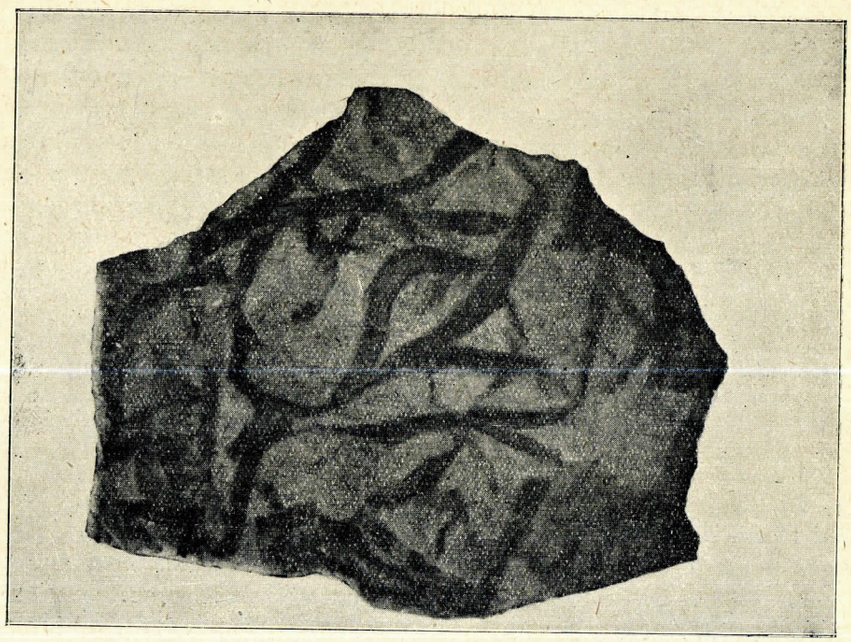
[1]) Najwięcej prac z zakresu geologji Karpat (Dunikowski, Grzybowski, Szajnocha, Teisseyre, Wiśniowski, Zuber) znajduje się w czasop. Kosmos (Lwów od r. 1876).

[2]) Wyróżnia się dolne i górne łupki cieszyńskie, a między niemi wapienie cieszyńskie.

[3]) Z licznej literatury w tym przedmiocie wymienimy: T. Wiśniowski «O wieku karpackich warstw inoceramowych». Kraków, 1905. Rozpr. Ak. Um.

nońskiego wieku jest też piaskowiec jamneński, zwany także bryłowym, który występuje we wschodnich Karpatach na znacznych przestrzeniach, zaznaczając się krajobrazowo ze względu na potężne ławice i na skłonność do pionowego spękania (por. str. 74), a także wtrącone w jego pokłady łupki ze Spasa nad Dniestrem, w których znalazł Wiśniowski *Actinocamax verus* [1]).

Utwory kredowe Karpat należą do prowincji alpejskiej, stąd np. znaczna ilość form wspólnych z kredą warstw gozawskich (*Phylloceras*, *Lytoceras*). Górna kreda występuje transgresywnie w Karpatach, jak wo-



Ryc. 296. **Kredowy margiel karpacki z fukoidami**. Kropiwnik Nowy około Schodnicy. (Wedle Zubera).

góle, w całej Europie, chociaż maximum transgresji wypada na senon. Że podczas niej niszczały przyległe lądy, tego dowodzą liczne bryły egzotyczne, częste wśród skał karpackich, które należy odnieść albo do skał paleozoicznych okolicy Krakowa, także mezozoicznych (dewońskie, karbońskie, triasowe i jurajskie), wśród których są częste odłamy, nawet większe bryły węgla kamiennego, albo do skał wybuchowych starszych, niewiadomego pochodzenia. Głazy egzotyczne znajdują się nietylko w skałach kredowych, ale także w trzeciorzędzie. Skały górnokredowe Karpat zawierają naftę, chociaż jest jej więcej w trzeciorzędowych.

[1]) T. Wiśniowski: «O faunie łupków spaskich». Kraków, 1906. Rozpr. Ak. Um.

Dopiero z początkiem wielkiej cenomańskiej transgresji zostaje cała Polska zalana przez morze, z którego sterczały tylko nieliczne wzniesienia, jak Krakowska wyżyna i góry Świętokrzyskie. Ponieważ cenomańskie osady zostały z biegiem czasu przykryte przez młodsze, lub też przez erozję i denudację zniszczone, przeto znajdują się tylko w niewielu miejscach, jak na Śląsku, nad Nidą, na Wołyniu i Podolu. Dowodem przekraczającego ułożenia najniższych górnokredowych warstw są zlepieńce, które często rozpoczynają cenomańską serję osadów (por. ryc. 96).

Na Śląsku znajduje się cenoman, po części z roślinami, w okolicy Opola. Piaski i piaskowce tamtejsze zawierające, np. *Acanthoceras rothomagense* reprezentują prawdopodobnie wszystkie piętra cenomanu. W okolicy Krakowa leżą niezgodnie na jurajskich wapieniach zlepieńce cenomańskie, a na nizinie nadnidziańskiej jest turon najstarszym poziomem kredy, obecność zaś cenomanu jest wątpliwą. Ostatnie piątro znajdujemy dopiero w południowej części Podola; tutaj należą zlepieńce i piaski dolne, rozwinięte nad Dniestrem (Niżniów), do dolnego cenomanu (turtia), zawierają bowiem ze skamielin, np. *Belemnites ultimus* d'Orb, *B. turtiae*. Wyżej leżące wapienie marglowe, zawierające bryłki i ułamki fosforytów [1]), także piaskowce, odsłonięte są nie tylko nad Dniestrem, ale także nad jego lewobrzeżnemi dopływami, jak Złota Lipa, Strypa, Seret i Zbrucz. Zawierają one gdzie niegdzie (np. Przewłoka około Buczacza) obfitą faunę, jak *Exogyra conica*, *Acanthoceras rhotomagense*, *Schloenbachia varians* wskazującą na wiek środkowo- i górno-cenomański. Daleko ku północy sięgają odkrywki cenomanu; najdalsze są około Ostroga na Wołyniu.

Utwory turońskie znane są z Górnego Śląska, z Krakowskiego (dolny turon) i z niziny nadnidziańskiej, gdzie są głównie w zachodniej jej części (okolica Miechowa). Główną skałą jest tu biały margiel z krzemieniami, a jeżowce i inoceramy wskazują na jego wiek turoński. Analogiczny znajduje się w okolicy Zawichostu i Józefowa nad Wisłą i na Wołyniu, np. około Krzemieńca. Na Podolu jest najczęstszą skałą także biały zwięzły margiel z krzemieniami lub biała kreda pisząca, a wyjątkowo wapień litograficzny (Siekierczyn). Turon nie sięga na Podolu na zachód od linji Złotej Lipy, skamieliny nie są w nim częste, najwięcej stosunkowo inoceramów (*I. labiatus*, *hercynicus*, *Brongniarti* i *Cuvieri*), które wskazują na wszystkie poziomy tego piętra.

Po turonie, a więc z początkiem senonu w szerszem pojęciu, rozpoczyna się nowa transgresja morska. Ku północy sięga morze kredowe dalej niż przedtem (Wołyń, Litwa), ale ku wschodowi jest zasięg jego mały, gdyż dochodzi tylko do linji Złotej Lipy. Rozpoczynającą się trans-

[1]) Często fosforyty są zmetamorfizowanemi gąbkami, które wśród tych warstw są nader częstą skamieliną.

gresję znaczą nam utwory emszeru, znane na Śląsku, około Krakowa (Bonarka), a na Podolu około Halicza, nad Złotą Lipą, Narajówką i u źródłowisk Seretu i Strypy. *Actinocamax westfalicus*, *verus* i *granulatus*, z inoceramów np. *I. involutus* są przewodniemi skamielinami.

Senon, którego zasiąg jest na ziemiach polskich bardzo znaczny i którego osady są miejscami bardzo grube, skoro np. we Lwowie wiercenie wykonane w r. 1894 na miejscu ówczesnej wystawy nie przebiło go po 469 m., wypełnia zwłaszcza zaklęsłości, np. między Krakowską wyżyną i górami Świętokrzyskiemi. Tworzy go przeważnie szary margiel, opoką zwany, obfitujący w bardzo dobrze zachowane skamieliny, opisywane kilkakrotnie zwłaszcza ze Lwowa i okolicy (Nagórzany, Porszna). Szczegółowy podział na trzy piętra (por. str. 294) przeprowadzony jest dopiero dla Podola dzięki pracom Nowaka i Rogali [1]), z których wynika, że w miarę posuwania się ku zachodowi znajdujemy coraz młodsze poziomy senonu. Najmłodsze, mukronatowe zawiera liczne skamieliny, z których znany jest senon okolicy Lwowa.

Kreda nadnidziańska, lubelska, piotrkowska, Wołynia i Litwy jest w przeważnej części senońskiego wieku. Na przestrzeni między Pilicą i Niemnem znajduje się w znacznej głębokości, a wynurza się dopiero ną północy na Litwie i Żmudzi, gdzie starsze utwory bałtyckiej tarczy wychodzą na powierzchnię. Na północ od Pilicy ku morzu Bałtyckiemu, gdzie kreda nie wychodzi na powierzchnię, dowiercono się jej w głębokościach różnych np. w Łodzi [2]) w głębokości 101 m. (+94), w Warszawie 229 m. (—144), w Toruniu 58 m. (—13), w Grudziądzu 103 m. (—79), w Tczewie 102 m. (—87), w Gdańsku 100 m. (—95), na Helu 99 m. (—96). Na całym tym obszarze znajdowano nieraz na powierzchni odsłoniętą górną kredę, nieraz nawet wydobywaną w łomach, która znajduje się jednakowoż zawsze tylko pod postacią kry pływającej wśród morenowych, dyluwialnych utworów, czyli pod postacią brył luźnych, oderwanych przez lodowiec, a następnie osadzonych na innych miejscach. Za takie kry należy uważać, np. kredę okolicy Środy, Dębna około Mogilna i t. p.

Warstwy kredowe stwierdzone wierceniami znaczą nam związek pomiędzy morzem kredowem północnych Niemiec i Polski. Wspomniane już wiercenie w Sielcu na Kujawach (str. 296) przebiło warstwy, odpowiadające wszystkim poziomom górnej kredy w głębokościach od 164 do 657 m.

Kreda innych części świata. Alpejska kreda sięga poza Europę, gdyż jest w półn. zachodniej Afryce (Algier, Tunis, Marokko), a także

[1]) Jan Nowak: Spostrzeżenia w sprawie wieku kredy zach. Podola. Lwów, 1908. W. Rogala: Die Oberkretazischen Bildungen im galiz. Podolien cz. II Emscher u. Senon. Bulletin Akad. Um Kraków, 1916.

[2]) W głębokości 537 m. natrafiono na cenoman; w nawiasach podano wysokość górnego poziomu kredy nad poziom morza.

na Kaukazie i w dalej ku wschodowi położonych obszarach, ponieważ w Syrji, Beludżystanie, w Tybecie, w północnych i środkowych Indjach Wschodnich znajdują się wapienie hippurytowe. Prawdopodobnie łączyło się to morze z Oceanem Spokojnym; natomiast kreda południowych Indyj ma charakter zgodny z kredą Madagaskaru, istniały więc jeszcze szczątki dawnej Lemurji.

W Ameryce północnej zajmuje kreda znaczny obszar od Atlantyku po góry Skaliste; co do niej należy podkreślić dwa fakty. Dolnokredowe morze zajmowało małą przestrzeń, gdyż prawie cała północna Ameryka jest lądem stałym, natomiast z końcem dolnej kredy rozpoczyna się transgresja, która posunęła się wreszcie tak daleko, że morze między górami Skalistemi, a Missisipi wkroczyło w biegunowe obszary. Z tej przyczyny jest mniejsze rozmieszczenie morskich osadów dolnej kredy, wydzielanych przez geologów amerykańskich pod nazwą piętra Comanchic, niż górnokredowych. Drugim znamiennym faktem jest taka sama różnica między kredą północnych obszarów i południowych, jak w Europie. Rudysty, śródziemnomorskie amonity znajdują się i tam na południu, gdy tymczasem fauna północnych obszarów zgadza się ze środkowo-europejską.

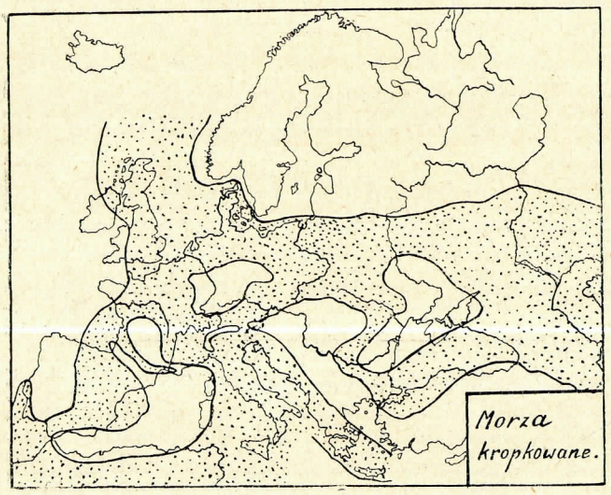
W szczególności należy zauważyć, że podziały geologów amerykańskich, jakkolwiek używające nazw innych, przecież mniej więcej zgadzają się ze schematem europejskim. Dla przykładu podajemy podział przyjmowany przez wielu geologów dla południowych Stanów:

górna kreda	grupa	Laramie
	„	Montana
	„	Colorado
	„	Dakota
dolna kreda	„	Washita
	„	Fredericksburg
	„	Potomac, albo Trinity.

Na zachodzie i w środkowej części Stanów tworzy spąg kredy lądowa formacja Morrison, zawierająca liczne szkielety wielkich dinozaurów, jak *Diplodoccus*, *Atlantosaurus*, *Brontosaurus*. Dawniej zaliczano ją (atlantosaurus beds) do górnej jury, obecnie uważają ją za równoważnik wealdu. O roślinach, zawartych w górnych warstwach piętra Potomac, była już mowa poprzednio (str. 284). W grupie Montana (senon) zaczyna się wysłodzenie morza, które posunęło się bardzo w piętrze Laramie, odpowiadającem wiekowo piętru duńskiemu i wtedy na rozległym lądzie między górami Skalistemi a Kanadą tworzyły się po bagnach węgle brunatne i żyły liczne dinozaury, zachowane zwłaszcza w Stanach Montana i Wyoming (ceratops beds). Ów ląd był może obszarem, na który schroniły się resztki fauny gadów, ocalałej podczas zalewu górno-kredowego.

WYNIKI OGÓLNE.

Znany nam już ocean Tetydy istniał w kredowym perjodzie nadal, sięgając od środkowej Afryki po wyspy Sundajskie, o czem świadczy zbliżona fauna obszarów zajmowanych przez ówczesne morze. Z końcem dolnej kredy daje się jednakowoż zauważyć częściowy zalew tego morza na obszarze kontynentu brazylijsko-afrykańskiego, wskutek czego zaznacza się przyszły ocean Atlantycki. Także zaznacza się wzrost tego morza ku północy, gdyż sięga między Grenlandję i tarczę kanadyjską, ale połączenie pomiędzy Europą i Ameryką północną (kontynent północno-atlantycki) istnieje jeszcze w zupełności. Nakreślenie mapy ziemi jest nader trudne, ponieważ ze względu na transgresję w różnych piętrach kredy, zmieniał się wygląd ziemi znacznie i należałoby zestawiać te mapy dla każdego piętra zosobna. Jako przykład podajemy mapkę Europy z piętra cenomańskiego (r. 297).



Ryc. 297. **Rozkład lądów i mórz w Europie podczas cenomanu.** (Wedle Hauga, po uproszczeniu).

Ruchy górotwórcze w geosynklinalach zaznaczały się w perjodzie kredowym, chociaż nie wytworzyły się łańcuchy górskie. Ich wynikiem były także ruchy epeirogenetyczne, zaznaczające się w zmiennym rozkładzie lądów i mórz; znane nam już transgresje, jak cenomańska i senońska, są najlepszym dowodem istnienia tych ruchów.

Wybuchy wulkaniczne były naogół rzadkie. Największe nastąpiły w Indjach Wschodnich, gdzie skały bazaltowe (trapp) zalegają w Dekanie powierzchnię około 300.000 km.^{2}, osiągając grubość 2000 metrów. W Europie, nie licząc Hiszpanji i Portugalji, należy wymienić cieszynity Śląska (w Polsce od Cieszyna do Wadowic) i anamezyty Wołynia, których wydobycie się przypada na dolną kredę.

ERA KENOZOICZNA albo NEOZOICZNA.

Ostatnia, a więc najmłodsza era, do której należą także czasy obecne, różni się wybitnie fauną i florą od poprzednich. Dominują rośliny jedno i dwuliścienne, wymierają amonity, ramienionogi są na wymarciu, z oziębieniem klimatu wymierają kręgowce zimnokrwiste, a więc gady, pozostawiając w klimatach ciepłych, nieliczne tylko formy, a na ich miejsce rozwijają się bujnie ssaki i ptaki, a wreszcie pojawia się człowiek.

Te zmiany pozostają naturalnie w związku ze zmianami klimatycznemi. W porównaniu do ery mezozoicznej oziębił się klimat, do czego musiała się dostosować flora i fauna. Z początkiem pleistocenu, czyli dyluwjalnej doby, nastąpiło tak znaczne oziębienie, że na wielkich obszarach ziemi zapanowała doba lodowa, po upływie której ustaliły się mniej więcej dzisiejsze warunki klimatyczne ziemi naszej.

Czynność górotwórcza zaznacza się wyraźnie, zwłaszcza w trzeciorzędzie, a w związku z tem pozostają wzmożone wybuchy wulkaniczne, które w poprzedniej erze były prawie w uśpieniu.

Dzielimy tę erę na dwa perjody: trzeciorzędowy i czwartorzędowy. Nazwy te pochodzą od włoskiego badacza Jana Arduino z Wenecji, który z końcem 18 wieku podzielił utwory Włoch północnych na cztery oddziały, a mianowicie na:

4 montes quartarii
3 „ tertiarii
2 „ secundarii
1 „ primarii.

Pierwsze dwie nazwy utrzymały się, ostatnie dwie zostały zastąpione nowemi, gdyż montes secundarii odpowiadają erze paleozoicznej i mezozoicznej, montes primarii zaś archaicznej.

PERJOD TRZECIORZĘDOWY.

Z nastaniem perjodu trzeciorzędowego cofają się morza z obszarów zajmowanych podczas górnokredowej transgresji. Nastaje do dzisiejszego zbliżony rozkład lądów i mórz, który wprawdzie ulega wahaniom,

ale niezbyt znacznym, z tej przyczyny jest przewaga utworów przybrzeżnych; ze względu na oscylację mórz jest częsta zmiana facji osadów. Mimo tego były jeszcze znaczne różnice w wyglądzie ziemi naszej w porównaniu do dzisiejszego stanu. Dawne morze Śródziemne (Tetyda) sięgało jeszcze w głąb Azji aż po Tybet i Himalaje, na północy istnieje kontynent północno atlantycki, łączący Europę z Ameryką i kontynent chińsko-syberyjski łączący Amerykę z Azją, a także są jeszcze szczątki Lemurji (Gondwana). Z początkiem trzeciorzędu istnieje zapewne jeszcze ląd łączący Afrykę z Ameryką południową, niknie on dopiero później, a ocean Atlantycki zyskuje na południu obszary dzisiaj zajmowane.

Nie są też skały trzeciorzędowe, jako młodsze, tak zwięzłe, jak innych systemów, gdyż wiele jest tu luźnych piasków, iłów i żwirów. Długo uważano te osady za nader młode i za równoważne z dzisiaj tworzącemi się napływami i z tej przyczyny nie zajmowano się niemi tak dokładnie, jak starszemi. Dopiero z początkiem 19 wieku nastała zmiana. Cuvier i Brongniart zaczęli badać trzeciorzędowe utwory Paryża, które dostarczyły pierwszemu z nich znacznej ilości szkieletów nieznanych jeszcze ssaków. Lamarck, a po nim Deshayes, badali mięczaki starszej serji tych utworów (eocen i oligocen), Basterot zaś i Brocci młodszej ich części: pierwszy w okolicy Bordeaux, drugi w północnych Włoszech. Zauważono też wkrótce, że pomiędzy badanemi mięczakami jest pewien procent wspólnych z obecnie żyjącemi, a procent ten jest większy im młodsze są warstwy. Na tej podstawie wydzielili w r. 1830 Lyell i Deshayes następujące piętra trzeciorzędu, przyczem zaznaczony jest procent form wspólnych z dzisiejszemi.

pliocen	35—50%
miocen	17%
eocen	3.5%.

Te liczby nie mają dzisiaj znaczenia, gdyż przy dążności ściślejszego ujęcia gatunków, ilość form wspólnych okazała się znacznie mniejsza. Później wprowadzono (Beyrich) nowe piętro między miocenem, a eocenem, t. j. oligocen, a wreszcie (Koenen i Schimper) paleocen, jako spąg trzeciorzędu.

Okazało się wkrótce, że w trzeciorzędzie ze względu na rozwój fauny należy wyróżnić dwa oddziały: starszy i młodszy. W pierwszym charakter fauny zwierząt ssących jest znacznie odmienny i nieco pierwotny w porównaniu do młodszego. Za przykładem M. Hoernesa nazywamy starszy oddział paleogenem [1]), a młodszy neogenem, a w takim razie przedstawi się schemat podziału w następujący sposób, chociaż u różnych autorów różnice w nazwach są znaczne.

[1]) Haug w swym podręczniku nazywa go nummulitowym.

neogen	pliocen	piętro sycylijskie (sicilien), albo piętro z Arno
		„ z Asti (astien)
		„ z Messyny (messinien), albo pontyjskie, także plaisancien
	miocen	piętro sarmackie
		„ wiedeńskie, albo II p. śródziemnomorskie (vindobonien [1])
		„ z Bordeaux (burdigalien), albo I p. śródziemnomorskie.
paleogen	oligocen	piętro akwitańskie (aquitanien)
		„ tongryjskie (tongrien), stampien [2]), albo rupelien
		„ liguryjskie (ligurien), latdorfien
	eocen	piętro bartońskie (bartonien)
		„ paryskie (lutetien)
		„ londyńskie (londonien, ypressien)
	paleocen	piętro sparnackie (sparnacien)
		„ taneckie (thanétien)
		„ monckie (montien).

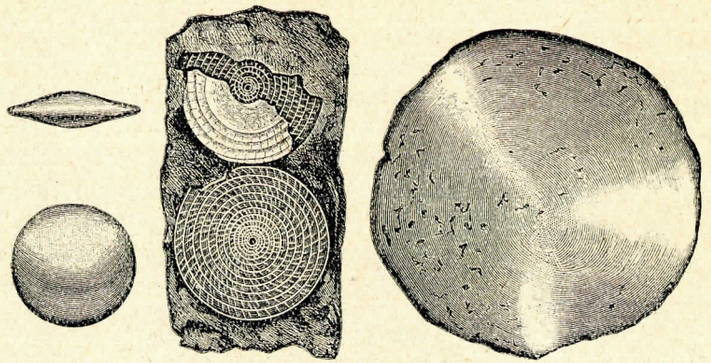
FLORA I FAUNA.

Ogólny charakter **flory**, zwłaszcza środkowo-europejskiej, ulega w ciągu trzeciorzędu zmianom w ten sposób, że jest on zrazu podzwrotnikowy, a następnie wskazuje na coraz zimniejszy klimat. Jeżeli więc np. pomiędzy roślinami przeważają zrazu palmy, to w górnym miocenie naszej szerokości niema ich już prawie wcale, a tem mniej w pliocenie. W związku z tem pozostaje fakt, że w najmłodszych piętrach trzeciorzędu znajduje się coraz więcej form wspólnych z dzisiejszemi (*Acer*, *Fagus*, *Populus*, *Alnus* i t. p.).

Fauna. Między pierwotniakami są w trzeciorzędzie bardzo rozpowszechnione otwornice; każdy np. mioceński ił, lub piasek dostarcza wielu tysięcy osobników, pomiędzy któremi przeważają formy wód płytkich, jak *Alveolina*, *Nodosaria*, *Textularia*, *Cristellaria*, *Truncatulina*. Dla paleogenu są charakterystyczne wymarłe już nummulity, mające skorupę soczewkowato spłaszczoną, liczne zwoje podzielone przegrodami na ko-

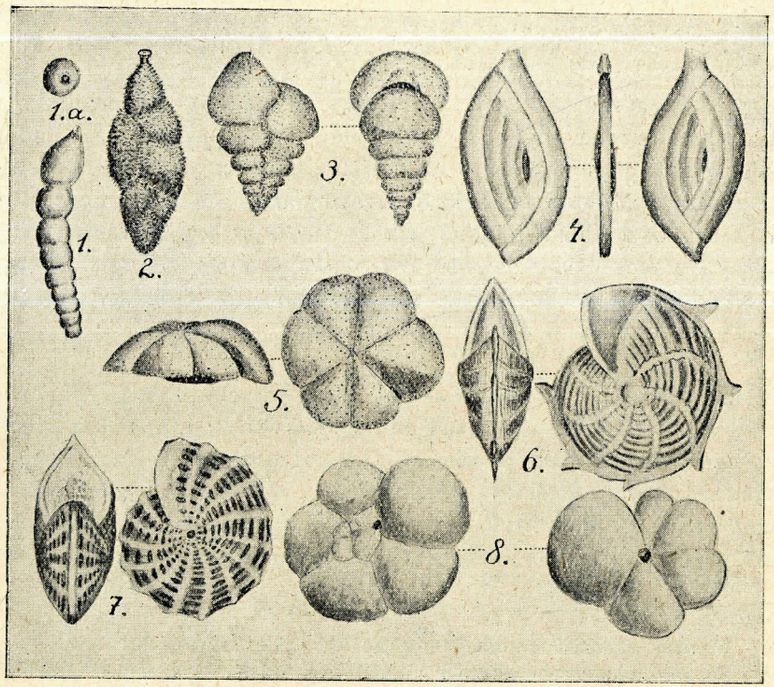
[1]) W niem wyróżnia się młodsze piętro tortońskie i starsze helweckie.

[2]) Nazwa stampien pochodzi od miejscowości Étampes, rupelien od Rupel, dopływu rzeki Escaut w Belgji, latdorfien od miejscowości Latdorf w Anhalt, bartonien od miejscowości Barton w Anglji, sparnatien od miasta Epernay (Sparnacum) we Francji, thanétien od wyspy Thanet w Anglji, montien od miasta Mons w Belgji.



Ryc. 298. Numulity, na prawo i lewo całkowite, w środku w przekroju. (Z Neumayra).

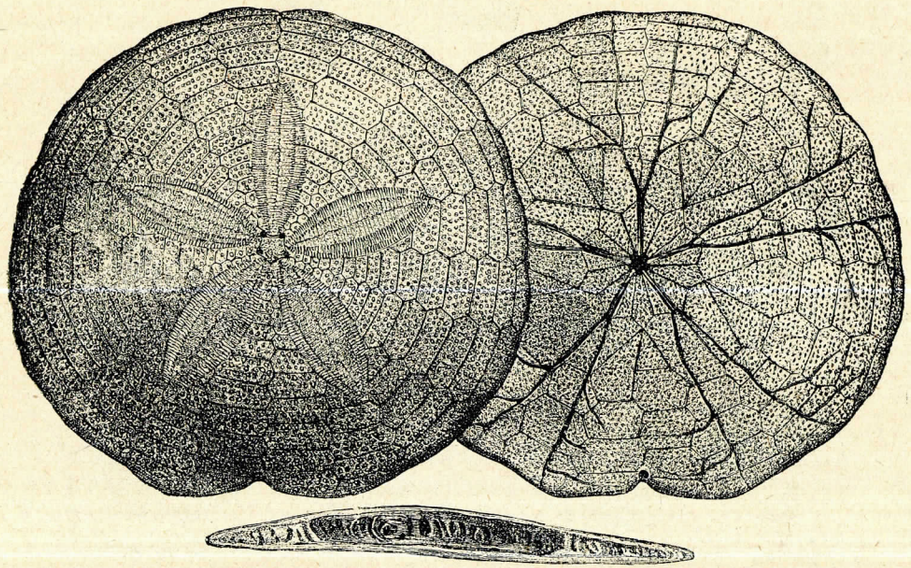
mory (ryc. 298). Wielkości nader zmiennej, od 10 cm. do 2 mm. średnicy, rozpadają się na szereg gatunków, które częściowo mają różny zasięg pionowy i dlatego też są dobremi przewodniemi gatunkami wśród eoceńskich i oligoceńskich osadów. Również ważnym jest zbliżony, lecz guzkowatą nabrzmiałością opatrzony rodzaj *Orbitoides*, który jako *Orbitoides* s. str. znany jest z kredy górnej, jako *Orthophragmina* z eocenu *(O.*



Ryc. 299. **Niektóre otwornice miocenu Polski.** 1—*Nodosaria*, 2—*Uvigerina*, 3—*Textularia*, 4—*Miliola*, 5—*Truncatulina*, 6—*Cristellaria*, 7—*Polystomella*, 8—*Globigerina*. Wszystkie znacznie powiększone.

papyracea), jako *Lepidocyclina* z oligocenu, a jako *Miogipsina* z miocenu i pliocenu. Nummulity są najczęstsze w krajach śródziemnomorskich. Zwierzęta jamochłonne, jak gąbki i korale, nie mają wielkiego znaczenia, większe natomiast jeżowce, z których są częste zwłaszcza asymetryczne, np. rodzaje *Clypeaster*, *Scutella* (ryc. 300), *Echinolampas*.

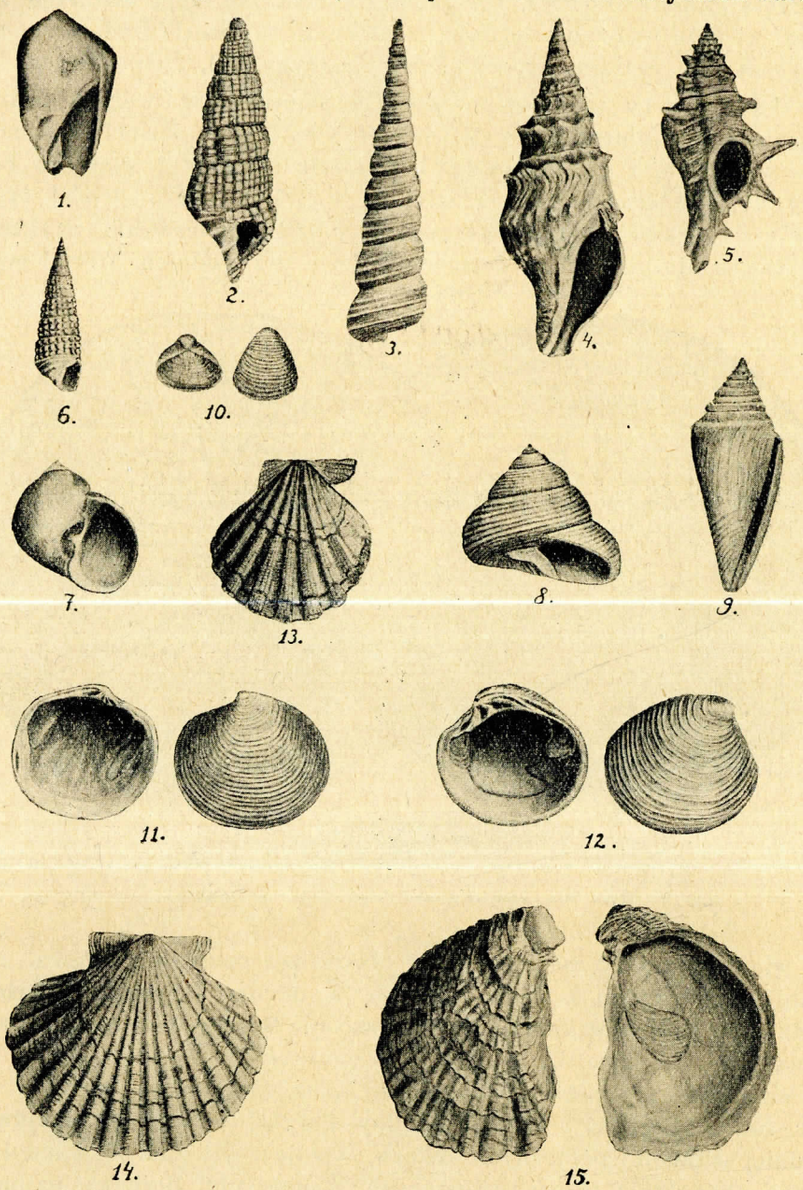
Mszywioły są częste, czasem występują skałotwórczo tworząc wapienie mszywiołowe, np. w Miodoborach na Podolu. Ramienionogi są na wymarciu, z głowonogich wymarły amonity i właściwe belemnity, żyją jeszcze nieliczne łodziki, a z belemnitów i dzisiaj żyjąca *Spirula*. Ślimaki i małże przeważają wśród trzeciorzędowych skamielin i one, a nie głowonogi, dostarczają form przewodnich. Wśród małży



Ryc. 300. *Scutella subrotundata*. (Z Neumayra).

jest więcej rodzajów mających linję płaszczową opatrzoną zatoką, gdyż te stoją na wyższym szczeblu rozwoju, a między ślimakami mających ujście przedłużone w kanał *(Siphonostomata)*. Między pierwszemi należą do częstszych rodzaje. *Ostrea*, *Pecten*, *Pectunculus*, *Cardium*, *Lucina*, między ślimakami zaś: *Conus*, *Pleurotoma*, *Nassa*, *Cerithium*, *Turritella*, *Trochus*, *Natica*. Eoceńskie utwory okolicy Paryża, mioceńskie południ.-zachodniej Francji, północnych Włoch, okolicy Wiednia i południowej Polski, plioceńskie Włoch północnych dostarczyły licznych gatunków opisanych już dawniej w pracach Deshayesa, Basterota, Grateloupa, Brocciego, M. Hoernesa, Duboisa i Eichwalda. Niektóre z tych ślimaków i małży przedstawione są na ryc. 301. Oprócz morskich nie brak także słodkowodnych i lądowych form.

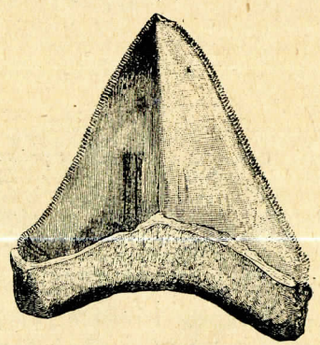
W świecie zwierząt członkonogich częste są raki, zwłaszcza krótkoodwłokowe, owadów jest wiele, ponieważ są już rośliny kwiatowe. Najwięcej resztek tych zwierząt znamy z eoceńskich bałtyckich bursztynów, które zawierają dokładnie zachowane ich ciała i z miocenu w Oeningen w Badenie. Owady trzeciorzędowe należą już do rodzin obecnie żyjących, a ilość ich jest znaczna (około 5300 gatunków).



Ryc. 301. **Niektóre mięczaki miocenu Polski.** 1—*Ancilla glandiformis* Lam, 2—*Cerithium bidentatum* Defr. 3—*Turritella Pythagoraica* Hilb. 4—*Clavatula asperulata* Lam. 5—*Murex Delbosianus* Grat. 6—*Cerithium deforme* Eichw. 7—*Natica millepunctata* Lam. 8—*Trochus orientalis* Cossm. 9—*Conus Dujardini* Desh. 10—*Corbula gibba* Olivi. 11—*Lucina borealis* 12 — *Venus cincta* Eichw. 13 — *Pecten elegans* Andrz. 14 — *Pecten Besseri* Andrz. 15—*Ostrea digitalina* Dub.

Z kręgowców mają jedynie ssawce większe znaczenie. Ryby ówczesne są przeważnie kostnoszkieletowe. Liczne szkielety znane są z karpackich łupków menilitowych oligoceńskiego wieku, a przepysznie zachowane z wapieni w Monte Bolca około Werony. Oprócz ryb kostnoszkieletowych nie brakło wielkich żarłaczy, np. *Lamna*, *Oxyrhina*, lub *Carcharodon* (ryc. 302), zęby ostatniego bywają do 15 cm. wysokie.

Gady trzeciorzędowe po wymarciu rzędów mezozoicznych należą do typów dzisiaj żyjących; przybywają węże, których przedtem nie było. O ptakach, których resztki nie należą do częstych, nie wiele powiedzieć możemy. W każdym razie nie mają zębów w szczęce, a np. w miocenie żyły już nie tylko dzisiejsze rzędy, ale także obecne rodzaje.



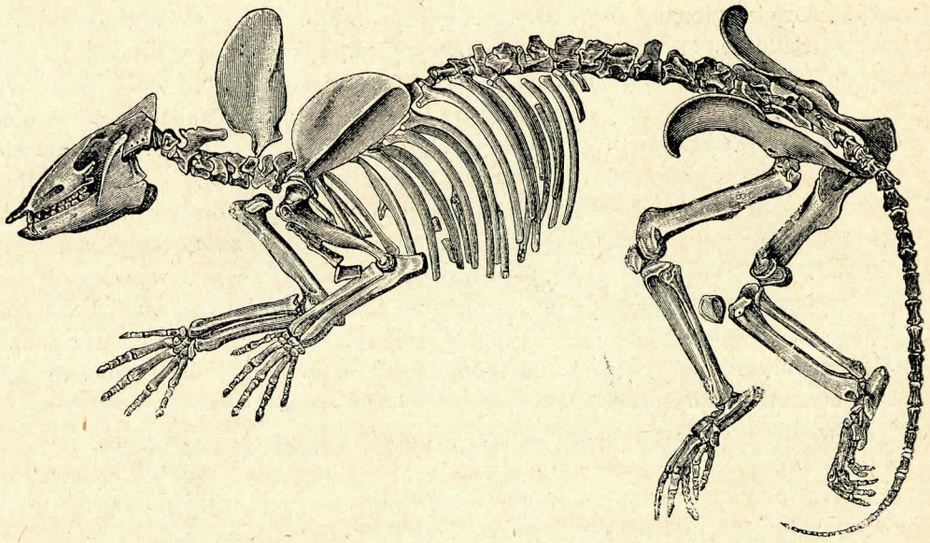
Ryc. 302. *Carcharodon megalodon* (Z pliocenu, z Zittla).

Zwierzęta ssące paleogenu rozwijają się z kredowych. Dziwną jest rzeczą, że przez cały czas ery mezozoicznej, od triasu począwszy, postępował rozwój zwierząt ssących nader powoli, gdyż mało wyróżnione torbacze *(Multituberculata)* stanowią całą faunę ssaków tej doby, podczas gdy z początkiem trzeciorzędu następuje gwałtowny, jak gdyby eksplozywny rozwój. W starszym trzeciorzędzie są już wszystkie dzisiaj żyjące rzędy ssaków, z końcem paleogenu wymierają jemu tylko właściwe, niejako przejściowe, a w neogenie ma już świat ssaków dzisiejszy wygląd.

Ze ssaków bezłożyskowych żyją w paleocenie torbacze. Przeważnie są to znane nam już *Allotheria*, czyli *Multituberculata*, jednakowoż są także inne ich podrzędy. Z oligoceńskiego gipsu pod Paryżem znane są dydelfy, a więc dawniej zamieszkiwały torbacze nietylko Australję i południową Amerykę, jak obecnie.

Nie może być naszem zadaniem rozpatrzenie wszystkich rzędów ssaków trzeciorzędowych, ograniczymy się tylko na niektóre.

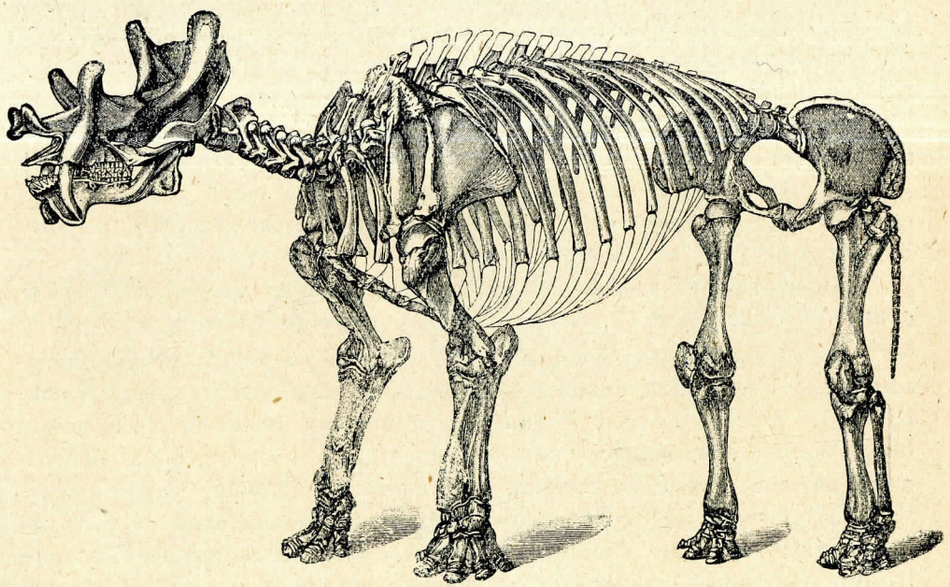
Zwierzęta kopytne mają za swego pierwszego przedstawiciela zwierzę zwane *Phenacodus*, znane z paleocenu (ze zlepieńca w Cernay około Reims i z warstw Puerco w Ameryce północnej); wielkości tapira miało długi ogon i pięciopalcowe odnóża, lecz stąpało tylko trzema środkowemi palcami, zwłaszcza trzecim, najsilniejszym. Uzębienie zupełne, o zębach trzonowych tępogęczkowanych, przypominało poniekąd także uzębienie pierwszych zw. drapieżnych. Zaliczany do ograniczonego na paleocen podrzędu *Condylarthra* jest *Phenacodus* niejako pośrednią formą,



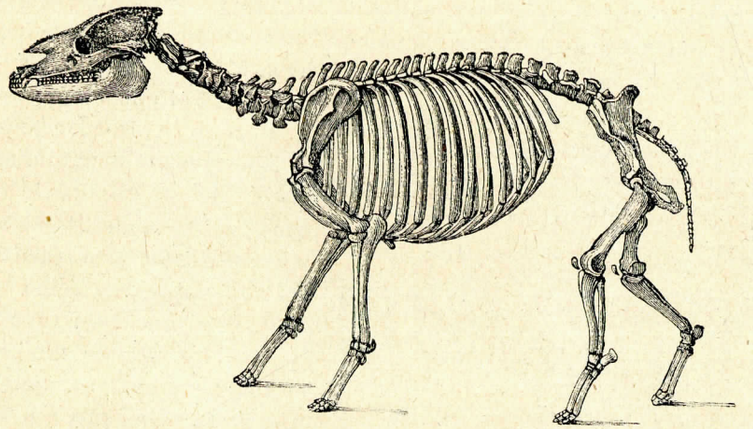
Ryc. 303. *Phenacodus primaevus* z warstw Puerco. (Według Copea, z Neumayra).

z której wzięły początek zarówno zw. parzystokopytne, jak też nieparzystokopytne.

Dziwny dział, zaliczany do zw. kopytnych tworzą *Amblypoda*, będące typem również przejściowym i ograniczonym tylko na paleocen. Niezgrabny *Coryphodon*, wielkości wołu, miał potężne kły, a potworne

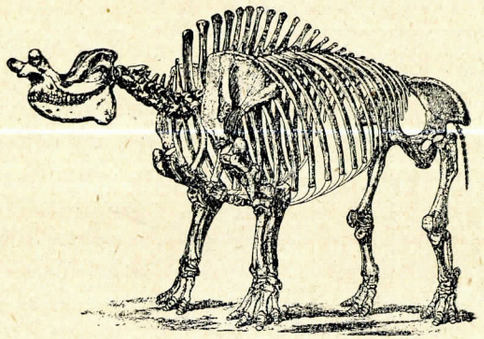


Ryc. 304. *Dinoceras ingens*, z eocenu w Wyoming. (Według Marsha, z Neumayra).

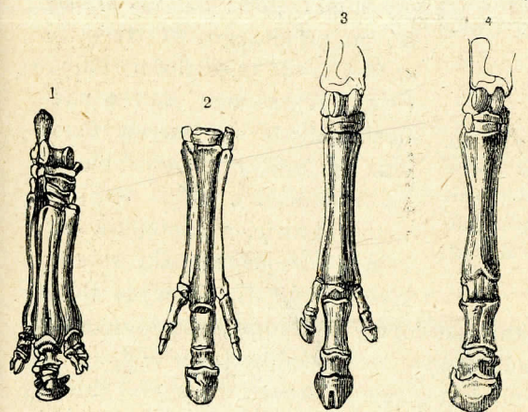


Ryc. 305. *Palaeotherium magnum* z oligocenu Paryża.

wyglądem dinocerasy (*Dinoceratidae*) długości słonia, ale tylko 2 m. wysokie, znane z eocenu Stanów Zjednoczonych (Wyoming), miały pięciopalcowe odnóża i potężne, wystające kły w szczęce górnej. Najdziwaczniejsza jest czaszka (ryc. 304), na której znajduje się 6 nabrzmiałości przypominających nasady rogów; dwie z przodu, dwie w środku, a dwie największe z tyłu czaszki. Jeżeli dodamy, że te potworne, niezgrabne i ociężałe zwierzęta miały w czaszce mózg



Ryc. 306. *Titanotherium robustum* Dakota. Ameryka półn. (Wedle Marsha, z Zittla).

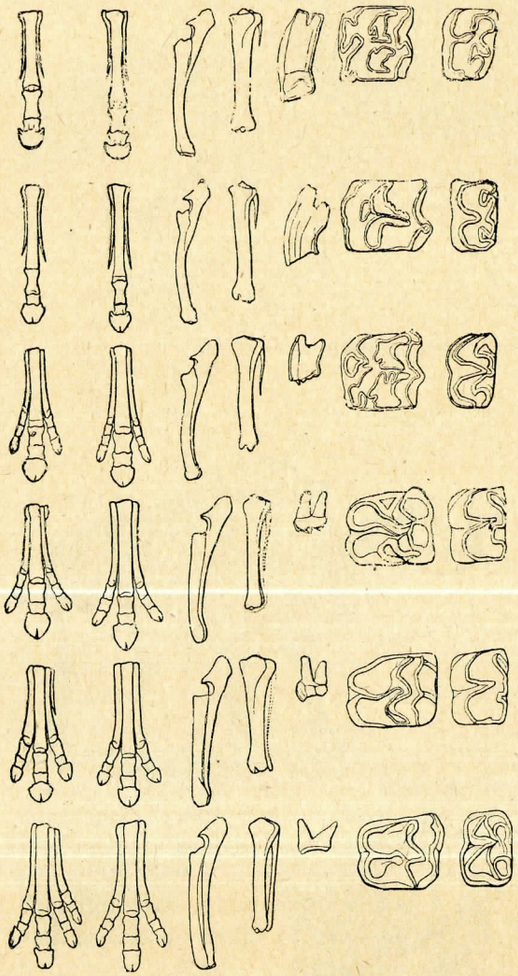


Ryc. 307. **Nogi tylne koni:** 1—*Palaeotherium*, 2—*Anchitherium*, 3—*Hipparion*, 4—*Equus*. (Z Neumayra).

słabo rozwinięty, zrozumiemy, że były to także zwierzęta nieporadne.

Zwierzęta nieparzystokopytne pojawiają się w eocenie, najwięcej z nich znanem jest opisane przez Cuviera z oligoceńskich gipsów Paryża *Palaeotherium* (ryc. 305) wielkości nosorożca w gatunkach największych, opatrzone jak tapir trąbą, o odnóżach trójpalcowych, dwa boczne palce były nieco słabsze od środkowego. Rodzinę koni

i nosorożców rozpatrzymy nieco dokładniej. Co do ostatnich należy zauważyć, że pierwsze nosorożce mają na odnóżach przednich 4 palce (z nich jeden mały), na tylnych 3, że są nadto bezrogie, jak np. *Aceratherium*, żyjące w oligocenie, miocenie i pliocenie. Nosorożce nie żyły w Ameryce, tam natomiast pojawia się w oligocenie dziwaczne i niezgrabne *Titanotherium*, wielkości słonia, mające na kości nosowej wyrostki, na których były osadzone rogi (ryc. 306).



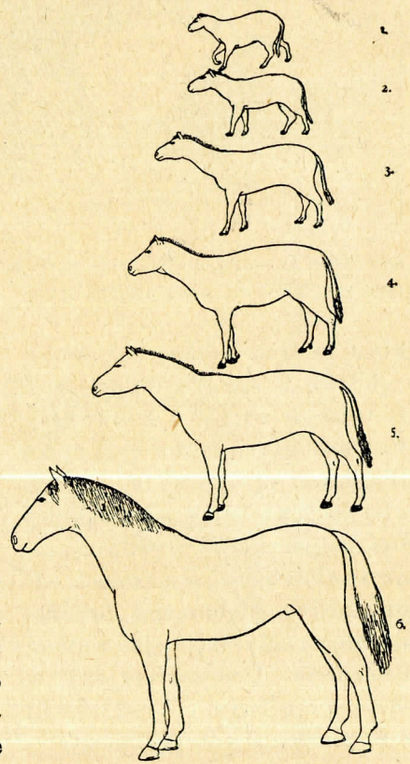
Ryc. 308. **Amerykański szereg rodowy konia.** pierwszy szereg *Equus*, drugi *Pliohippus* (górny pliocen), trzeci *Protohippus* (dolny pliocen), czwarty *Anchitherium* (miocen), piąty *Mesohippus* (oligocen), szósty *Orohippus* (eocen). (Wedle Marsha, z Neumayra).

Palaeotherium nie jest najstarszym przedstawicielem konia w Europie, gdyż w eocenie żył rodzaj *Hyracotherium* mający 4 palce na przednich, 3 na tylnych odnóżach. W górnym miocenie żył *Anchitherium* mający trójpalcowe odnóża (np. *A. auraliense*), w pliocenie nieco większy od poprzednich rodzaj *Hipparion* mający wprawdzie także 3 palce, lecz dwa boczne zmarniałe, rodzaj *Equus* pojawia się w górnym pliocenie Europy i Azji, w ostatniej wcześniej.

Te cztery poznane zwierzęta przedstawiają nam równocześnie jak gdyby szereg rozwojowy konia, gdyż od najstarszego do najmłodszego widzimy powolną redukcję ilości palców (ryc. 307), z czem idzie w parze doskonalenie się innych narządzi, np. zębów trzonowych zrazu niskich i o słabo sfałdowanem szkliwie, a następnie wyższych i mających szkliwo silnie sfałdowane. W Ameryce Północnej znaleziono jednakowoż liczniejsze formy pośrednie, które zezwoliły Marshowi na zestawienie dokładniejszych rodowodów (ryc. 308). Pokazało się też, że Ameryka Północna jest ojczyzną koni i że z niej dostały się poszczególne ogniwa drzewa rodowego do Europy, gdzie też zaaklimatyzowały się wytwarzając zczasem odrębne, nieznane w Ameryce gatunki,

jak np. hippariona. Znaną jest rzeczą, że mimo to koń w Ameryce wyginął i później do niej, po jej odkryciu, sprowadzony został. Należy przytem zauważyć, że pierwsze konie były małego wzrostu, gdyż górnoeoceński *Eohippus* był 30 cm. wysoki, młodszy od niego *Orohippus* 40 cm.; kolejny wzrost w miarę doskonalenia się przedstawia nam dobrze ryc. 309. Wogólności należy zaznaczyć, że w szeregu rodowym następują po sobie formy coraz większe, że więc znaczne wymiary są cechą już udoskonalonych, a więc młodszych stadjów grup zwierzęcych.

Zwierzęta parzystokopytne pojawiają się w ten sposób, że gruboskórne żyją w paleogenie, przeżuwające zaś później; ponieważ pierwsze z nich mają zęby trzonowe sęczkowane (bunodont), a ostatnie szkliwo półksiężycowato sfałdowane (selenodont), przeto pierwszy typ budowy zębów jest pierwszym w czasie. Do gruboskórnych należy *Anthracotherium* (np. *A. magnum)* wielkości hippopotama, zwierzę częste w oligoceńskich warstwach węglonośnych, *Anoplotherium* z górnego eocenu wielkości jelenia (eocen górny) i świnia *(Sus erymanthius)* żyjąca w pliocenie.

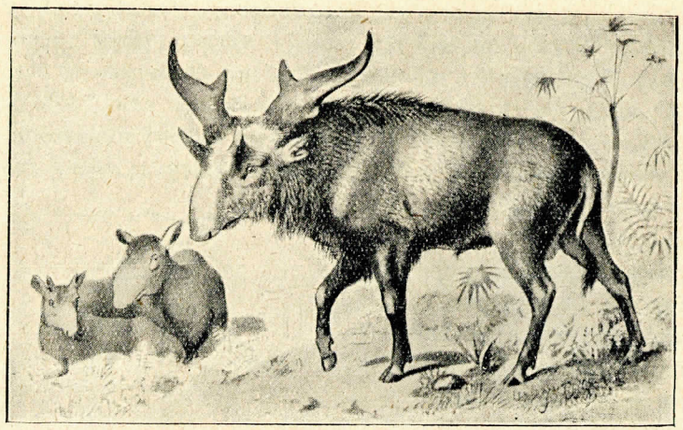


Ryc. 309. **Rozwój konia w Ameryce.** 1—*Protohippus* (dolny eocen), 2—*Orohippus* (górny eocen), 3—*Mesohippus*— (oligocen), 4 — *Meryhippus* — (miocen), 5 — *Pliohippus* (pliocen), 6 — *Equus*. (Z Walthera).

Wielbłądy i lamy biorą początek w oligocenie Ameryki Północnej od form mniejszych, stąd też wywędrowały do południowej Ameryki (lama) i do Afryki i Azji (wielbłąd), gdzie pozostały, podczas gdy wygasły w Ameryce północnej. Żyrafy żyją licznie, a również w tym czasie dziwne, im nieco pokrewne, wielkie zwierzęta opatrzone rogami *Sivatherium* i *Bramatherium* (ryc. 310) właściwe trzeciorzędowym obszarom Indyj Wschodnich (warstwy ze Sivalik).

Zwierzęta pełnorogie, a więc np. jelenie, pojawiają się przed pustorogiemi. Pierwsze, znane z dolnego i środkowego miocenu, nie mają jeszcze rogów, późniejsze róg rozgałęziony, a w górnym miocenie żyjące rogi rozwidlone *(Diceras)*. Jakkolwiek pierwsze pustorogie żyją w pliocenie, to przecież właściwy ich rozkwit rozpoczyna się w pleistocenie.

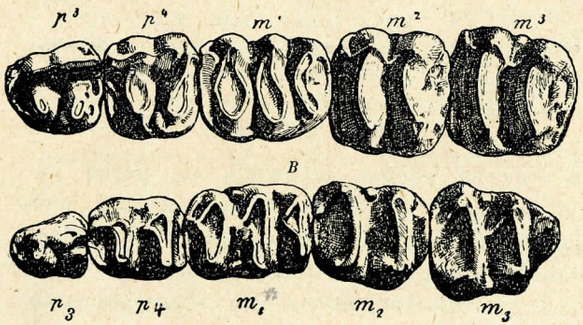
Rząd trąbowców rozwija się w neogenie, chociaż kilka form pierwszych *(Palaeomastodon)* znaleziono w oligocenie Egiptu, a także w młodszym eocenie



Ryc. 310. *Sivatherium giganteum* i *Helladotherium* (na lewo) zwierzę żyrafom pokrewne, lecz z krótszą szyją.

kłem, o dwu siekaczach w dół zgiętych w szczęce dolnej, która też była silnie ku dołowi zgięta. Oprócz tych zębów były tylko trzonowe w liczbie 5, z nich pierwszy, właściwy ząb trzonowy był trójjarzmowy (ryc. 312), inne dwujarzmowe, o jarzmach oddzielonych głębokiemi brózdami, nie wypełnionemi, jak u słoni, cementem. *Dinotherium* żyje w miocenie górnym (*D. bavaricum*) i w pliocenie (*D. giganteum*).

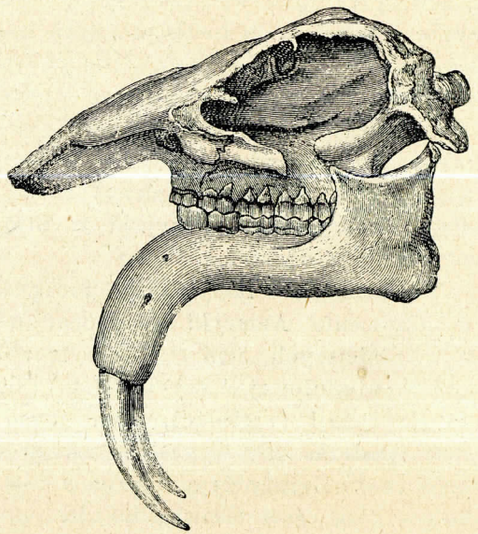
Mastodon (ryc. 313) również wielkości słonia, względnie



Ryc. 312. *Dinotherium bavaricum* *A*—zęby trzonowe szczęki górnej. *B*—dolnej, *p*—zęby przedtrzonowe, *m*—trzonowe. (Z. Zittla).

(*Maerotherium*). Głównie znane są trzy rodzaje: *Dinotherium*, *Mastodon* i *Elephas*, ostatni jest przeważnie ograniczony na pleistocen.

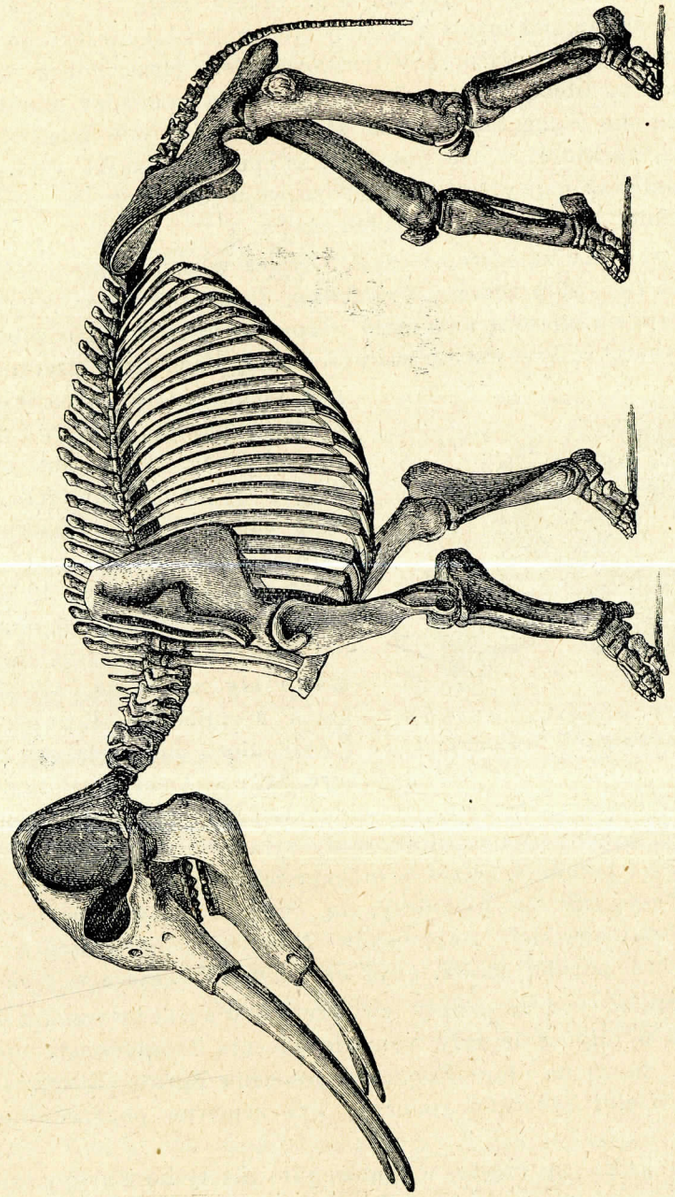
Dinotherium (ryc. 311) było zwierzęciem nieco większem od słonia, o czole mniej wypu-



Ryc. 311. *Dinotherium giganteum*, czaszka z dolnego pliocenu w Eppelsheim. (Z Neumayra).

nawet od niego większy, miał w górnej i w dolnej szczęce po dwa siekacze słabo ku przodowi zgięte, chociaż najmłodsze (ze środkowego i z górnego pliocenu, także z pleistocenu), które otrzymały nazwę *Stegodon*, mają jak słoń, siekacze tylko w górnej szczę-

ce. Zęby trzonowe są sześciojarzmowe, a na jarzmach oddzielonych brózdami jest kilka sęczków. Mastodon żył w Europie w miocenie środkowym i górnym (*Mastodon angustidens*), w dolnym pliocenie Europy (*M.*

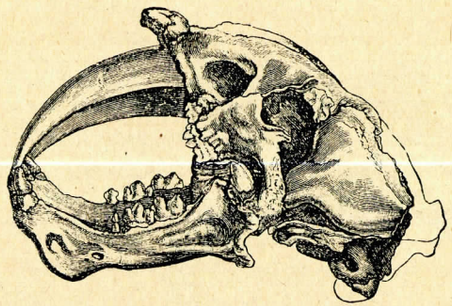


Ryc. 313. *Mastodon angustidens* miocen, Simorre. Francja. (Wedle Gaudryego, z Neumayra).

longirostris) i w górnym pliocenie (*M. arvenensis*). W Ameryce północnej przetrwał do pleistocenu i tam znaleziono liczne jego szkielety razem z resztkami człowieka (*M. americanus*).

Słonie właściwe (*Elephas*) najpóźniej występują na widownię. W Indjach pojawia się w starszym pliocenie *E. planifrons*, w Europie z końcem pliocenu *E. antiquus* i *E. meridionalis*, największy ze słoni, spokrewniony z dzisiejszym afrykańskim. Słonie mają w górnej szczęce dwa, słabo zgięte siekacze i z każdej strony każdej szczęki po trzy kolejno po sobie następujące zęby trzonowe. Ilość jarzm poprzecznych jest u nich znaczna (dochodzi do 27), a zagłębienia pomiędzy niemi są obficie wypełnione cementem. Przez starcie zębów powstaje równa powierzchnia, na której widać kolejno następujące blaszki szkliwa i cementu. Ponieważ najwyższy stopień rozwoju osiągnęły w pleistocenie, przeto później jeszcze będzie o nich mowa.

Drapieżne są również częste. Żyjące w paleogenie należą do znanej nam już (str. 292) rodziny *Creodontia*, do której należały jeszcze niezupełnie typowe mięsożerne o mało rozwiniętym mózgu i o zębach mało zróżniczkowanych. Przeważnie wielkości łasicy dochodziły czasem wymiarów niedźwiedzia. Właściwe mięsożerne pojawiają się w neogenie, a w pliocenie mamy już wszystkie dzisiaj żyjące rodziny tych zwierząt. Koty znane są już z miocenu, z nich największymi drapieżcami była rodzina machajrodontów. *Machaerodus*, znacznie większy od lwa, miał w górnej szczęce olbrzymie, szablowato zgięte kły zazębione, żył w miocenie i w pliocenie Europy, Afryki i Azji, nieco może większy *Smilodon* (ryc. 314) w Ameryce Północnej. Ponieważ w pliocenie połączyły się obie Ameryki, przedtem rozłączone, w jeden ląd, przeto wtedy zawędrowały z innemi zwierzętami także owe drapieżniki na południe, gdzie w olbrzymich ssakach znalazły dogodną zdobycz. Przypuszczają niektórzy, że one spowodowały wymarcie np. wielkich pleistoceńskich szczerbaków Ameryki południowej, o których będzie jeszcze później mowa, gdyż *Smilodon* żył jeszcze w pleistocenie.



Ryc. 314. *Smilodon* czaszka, pleistocen południ. Ameryki. (Z Neumayra.

Wspomnieć jeszcze należy zwierzęta dwupletwowe, z których w eocenie i w oligocenie żyły wymarłe obecnie Zeuglodonty, opatrzone zębami, np. do 20 m. długi *Zeuglodon* z eocenu Egiptu, Europy i Ameryki półn. Wielki *Squalodon* (miocen) był zapewne poprzednikiem potwali.

Małpiatki są częste w paleogonie nie tylko Europy, ale także innych części świata. Małpy właściwe żyją dopiero w neogenie, chociaż w ostatnich czasach znaleziono także w oligocenie Egiptu małpę człekokształtną (*Propliopithecus*). W Europie znajdowane małpy należą do wąskonosych; liczne szkielety znane są zwłaszcza z miejscowości Pikermi około Aten, gdzie są staroplioceńskie, czerwone iły bardzo bogate w resztki zw. ssących.

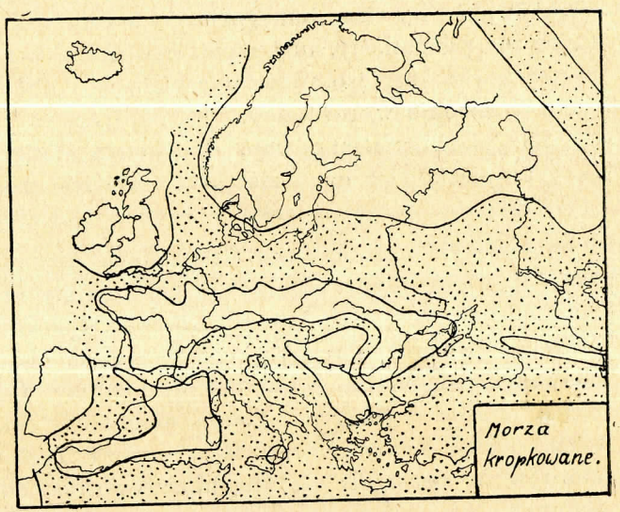
ROZMIESZCZENIE GEOGRAFICZNE PALEOGENU.

Najniższy poziom trzeciorzędu tworzą mało naogół znane utwory paleoceńskie o zmiennej facji, gdyż oprócz morskich są tu także lądowe osady. Półn. Francja, Belgja, południowa Anglja i Danja są obszarem, na którym peleoceńskie utwory najlepiej poznane zostały.

Dzielą paleocen (por. str. 305) na:

1) górny, piętro sparnackie [1])
2) średni, „ taneckie
3) dolny, „ monckie.

We Francji rozwinęły się te wszystkie poziomy; w środkowym (piaski z Bracheux) daje się odczuć zalew morza pochodzącego z północy, zaś w górnym cofanie się jego. Znany nam już zlepieniec z Cernay około Reims, zawierający resztki najstarszej trzeciorzędowej fauny zw. ssących (*Phenacodus* i t. p.), należy do piętra taneckiego. W Belgji leży dolny paleocen bezpośrednio na najwyższych poziomach kredy, w Anglji brak tego piętra, są tylko dwa wyższe. W Danji należą tu „iły z Kopenhagi" leżące bezpośrednio na najwyższych poziomach piętra duńskiego, a paleoceńskie warstwy znaleziono także w północnych Niemczech (Meklemburgja, Pomorze).



Ryc. 315. **Europa z końcem eocenu** Kolor biały oznacza ląd, szary—morza. (Wedle Hauga).

W eocenie, którego podział na piętra jest nam już znany, przyczem nadmienimy, że nazwa piętra londyńskiego bywa zwyczajnie zastąpiona przez nazwę piętra z Ypres (yprésien), jest już rozkład lądów i mórz

[1]) Haug nazywa górny poziom londyńskim (londinien), a cały paleocen suessonien, eocen także parisien, a oligocen tongrien.

nieco trwalszy. Naogół można powiedzieć, że Europę zajmowały trzy morza (ryc. 315). Jedno, które moglibyśmy nazwać anglo gallickiem, zajmuje południowo-wschodnią Anglję, półn.-zachodnią Francję, Belgję, Holandję, Danję i półn. Niemcy łącząc się później na wschodzie z morzem Europy środkowej. Południową Europę zajmuje jeszcze dawna Tetyda, która łączyła się z oceanem Atlantyckim w półn.-zachodniej Afryce i w dolinie Garonny. Zajmowała ona znacznie większy obszar niż dzisiejsze morze Śródziemne, gdyż zalewała także Alpy i Karpaty, półn. Afrykę, a sięgała przez Persję i Indje do oceanu Spokojnego. Tetyda łączyła się zapewne czasowo z morzem środkowo-rosyjskiem, które było w związku z oceanem Spokojnym.

W oligocenie zajmuje morze na północy znacznie większy obszar, sięga bowiem przez północne Niemcy do Polski i Litwy, łącząc się z morzem rosyjskiem, natomiast Anglji prawie nie zalewa. Morze Śródziemne istnieje dalej, częściowo łączy się przez dolinę Rodanu i Renu z morzem na północy, na wschodzie także z rosyjskiem.

Klasycznem miejscem studjów nad utworami eoceńskiemi, skąd wzięły początek prace Brongniarta, Lamarka, Cuviera i Deshayesa, jest kotlina paryska. Nad górnokredowemi leżą tu utwory paleoceńskie, które już poznaliśmy, nad niemi eoceńskie, a najwyżej oligoceńskie, które też kończą serję osadów morskich.

W eocenie wyróżniamy:

3) piaski z Beauchamp, albo piaski środkowe (sables moyens)
2) piaskowiec gruboziarnisty (calcaire grossier)
1) dolne piaski morskie [1]) (sables de Cuise).

W najniższym poziomie oprócz licznych skamielin znajdują się nummulity (*N. planulatus*), z mięczaków wymienimy np. *Turritella edita*, *Fusus Noae*, *Cardita Prevosti*, *Ostrea multicosta*. Piaskowiec gruboziarnisty organicznego pochodzenia jest głównem złożem nader obfitych i dobrze zachowanych skamielin, z których wymienimy: *Cerithium giganteum*, *C. serratum*, *Fusus bulbiformis*, *Voluta spinosa*, *V. cythara*, *Turritella imbricatoria*, *Lucina gigantea*, *Crassatella plumbea*, *Pectunculus pulvinatus*, z nummulitów *N. laevigatus*. Główną miejscowością bogatą w skamieliny jest Grignon.

Nad najwyższym eocenem, który u szczytu staje się półsłony, leży gruby pokład gipsowy z wtrąconemi marglami; są to gipsy z Montmartre pod Paryżem, które dostarczyły Cuvierowi bogatej fauny ssaków. Dolna część gipsów jest może górnoeoceńską, główna zaś dolnooligoceńską, W środkowym oligocenie zaznacza się transgresja morska, dlatego też tworzą się zrazu utwory półsłone, potem do 40 m. grube piaski z Fontainebleau, zawierające, np. *Cerithium conjunctum*, *trochleare*, *Lamarcki*, *plicatum*, *Natica crassatina*, *Pectunculus angusticostatus*, *obovatus*. W gór-

[1]) Haug zalicza je do najwyższego paleocenu.

nym oligocenie wysładza się morze. Równoczesnym lądowym utworem są fosforyty z Quercy w południowej Francji znane z bogatej fauny ssaków (*Palaeotherium*, *Anoplotherium*).

W południowej Anglji należy w kotlinie Londynu do dolnego eocenu ił londyński [1]) zawierający bogatą faunę ślimaków złożoną w nieco głębszem morzu; wyżej leżą piaski i iły odpowiadające także faunistycznie gruboziarnistemu piaskowcowi Paryża; do górnego eocenu przynależą iły bartońskie również z mięczakami i nummulitami, które się zwolna wysładzają. Na nieznacznej przestrzeni rozwinięte oligoceńskie utwory (wyspa Wight) są słodkowodne, a odpowiadają tylko dolnemu i środkowemu piętru.

W półn. Niemczech zalewało morze w eocenie tylko wąski pas przybrzeżny, natomiast w oligocenie zwiększył się obszar morza, które, jak wiemy, łączyło się przez zagłębie mogunckie i dolinę Renu z morzem Śródziemnem, dlatego też znajdujemy oligoceńskie osady w całych północnych i środkowych Niemczech. Dolny oligocen znany jest np. z Latdorfu nad Saalą, skąd Koenen opisał bardzo bogatą faunę (*Ostrea ventilabrum*, *Spondylus Buchii*, *Fusus elongatus*), do środkowego należą iły septarjowe (Rupelton) bogate w skamieliny (*Leda Deshayesiana*, *Pectunculus obovatus*); piaski szczecińskie są jego litoralną facją. Górny oligocen, słabo wykształcony, zawiera bogatą faunę jedynie w Kassel i w Doberg w Westfalji, w ostatniej miejscowości zawiera obficie np. *Pectunculus obovatus*, *Terebratula grandis*, a z jeżowców *Echinolampas Kleini*.

Ponieważ, jak wiemy, w oligocenie morze Śródziemne łączyło się z morzem Północnem, dlatego znajdujemy też utwory oligoceńskie także na obszarze owej cieśniny, najwięcej znaną jej częścią jest zagłębie mogunckie. Zalew morza rozpoczął się na niej w środkowym oligocenie, a należą tu piaski z morskiemi skamielinami (Waldböcklein), iły septarjowe i najwyżej leżące margle z *Cyrena* będące już utworem półsłonym, zarówno jak górny oligocen (piaski ceritiowe z *C. plicatum*, *submargaritaceum*), a także wyższe poziomy (wapień hydrobiowy i z *Corbicula*), które już do miocenu zaliczyć należy. W górę doliny Renu spotykamy także morskie dolnooligoceńskie utwory, będące dowodem, że morze wtargnęło tu od południa, tego wieku są np. naftonośne margle z Pechelbronn w Alzacji.

Do dolnego oligocenu należy także sambijska formacja bursztynowa Prus Wschodnich. Pod lignitowemi, morskiemi piaskami leży tam w stromym brzegu między oligoceńskiemi zielonemi piaskami pokład niebieskiego iłu (blaue Erde) grubości 1—9 m. z otoczonemi bursztynami; piaski zawierają faunę morską (*Ostrea ventilabrum*, *Pectunculus pulvinatus* i t. p.). Ponieważ fale morza niszczą tę warstwę, przeto dostaje się bursztyn do morza, a dzięki swej lekkości unoszony daleko, bywa następnie

[1]) E. Haug zalicza go do najwyższego paleocenu, który nazywa piętrem londyńskiem.

wyrzucany na wybrzeże. Przez lodowce zostały bursztyny rozniesione daleko na południe, znajdują je więc w Wielkopolsce, na Mazowszu, a nawet na Śląsku.

Bursztyny są, jak wiemy, żywicą drzew szpilkowych. Dla paleontologa są nader ważne, ponieważ zawierają bogate resztki zwierzęce i roślinne, które, zatopione w żywicy ściekającej z drzewa, zachowały się wybornie. O bogactwie tej flory i fauny świadczy fakt, że składa się na nią przeszło 2.000 gatunków owadów, nie licząc pajęczaków, wijów i przeszło 100 gatunków roślin dwuliściennych, wskazujących na klimat cieplejszy, gdyż oprócz różnych drzew iglastych (przeważnie sosen) są palmy, drzewa cynamonowe, laurowe i t. p. Nie jest jednakowoż ta flora i fauna oligoceńskiego wieku, lecz eoceńską, gdyż bursztyny są w ziemi niebieskiej na drugorzędnem złożu, na co dobrze wskazują otoczone ich kawałki.

W Rosji środkowej, np. nad Wołgą koło Saratowa, znane są najstarsze, a więc paleoceńskie utwory trzeciorzędowe, odpowiadające środkowemu i górnemu paleocenowi, wyróżniane jako piętro sysrańskie i saratowskie. Do eocenu należą szeroko rozpostarte, zwłaszcza na Ukrainie, piaski buczackie i trechtymirowskie [1]) *(Rostellaria rimosa, Voluta Siemensi, Pecten corneus)* wieku bartońskiego, które zawierają piaski z gruzłami fosforytów. Wyżej leżą niebieskie iły kijowskie, zwane także spondylusowemi *(Spondylus Buchii)*, nader zwięzłe i nieprzepuszczalne, w których wydrążone zostały znane pieczary Ławry Peczerskiej w Kijowie. Ił ten, jak również margle z Kalinówki pod Elizabetgradem, zawierające liczne skamieliny opisane przez Fuchsa, należy do najwyższego eocenu. Dolnemu oligocenowi odpowiadają zielone piaski charkowskie, które zwłaszcza w Ekaterynosławiu (przedmieście Mandrykówka) zawierają bardzo bogatą faunę opisaną przez Sokołowa, zgodną z dolnym oligocenem północnych Niemiec. Wyżej znajduje się piasek z odciskami roślin, wskazujący na klimat podzwrotnikowy, a zawierający także bursztyny, który jest zapewne równoważnikiem sambijskiej formacji bursztynowej. Tak zwane piętro połtawskie z pokładami węgla brunatnego bywa zaliczane do środkowego oligocenu.

Paleogen alpejski charakteryzuje się gromadnem występowaniem nummulitów, tudzież rafotwórczych korali. Naogół jest on ubogi w skamieliny, a nieliczne miejscowości w nie nieco bogatsze znane są w literaturze, jak np. Biarritz w południowej Francji, Kressenberg w Bawarji, lub niektóre miejscowości w półn. Włoszech. W przeciwieństwie do poprzednio poznanych, zwykle luźnych, lub mało spójnych skał pozaalpejskiego paleogenu, są skały tego regjonu zwyczajnie twarde i przez ciśnienie zdeformowane.

[1]) Nazwy od miejscowości Buczak i Trechtymirów.

Do eocenu należą bogate w skamieliny miejscowości poprzednio wymienione, na uwagę zasługuje zwłaszcza okolica Vicenzy i Werony w półn. Włoszech, gdzie sławną z przepysznie zachowanych ryb i liści drzew jest miejscowość Monte Bolca. W tamtejszym eocenie wyróżniają:
4. warstwy nummulitowe z San Giovanni Ilarione bogate w skamieliny
3. „ z Ronci
2. wapienie z Monte Bolca
1. tufy ze Spilecco.

Do eocenu należą także warstwy alweolinowe Dalmacji, leżące ponad górnokredowemi warstwami z Cosiny, bogate w skamieliny utwory Siedmiogrodu i inne. Ponieważ eoceńskie morze Śródziemne zalewało także północną Afrykę, przeto są tam także nummulitowe wapienie, znane zwłaszcza z Egiptu i pustyni Libijskiej.

Oprócz tej wapiennej, względnie marglowej nummulitowej facji, znajduje się paleogen w znanej nam już fliszowej, prawie pozbawionej skamielin, jeżeli, obok nielicznych nummulitów, wyłączymy znane nam hieroglify i fukoidy.

W oligocenie są stosunki podobne. Są wapienie nummulitowe, lecz złożone z innych gatunków tego rodzaju *(Nummulites Fichteli, Tournoueri* i t. p.). Koło Vicenzy zasługują w dolnym oligocenie, względnie w najwyższym eocenie, na uwagę warstwy z Priabony, które niektórzy uważali za odrębne piętro, w oligocenie środkowym warstwy z Castel Gomberto, będące rafową facją bogatą w skamieliny, a w oligocenie górnym warstwy z Schio [1]). W facji fliszowej są charakterystyczne łupki z resztkami ryb, np. łupki z Glarus w Szwajcarji; analogiczne łupki rybne poznamy w Karpatach.

W górnym oligocenie, a więc w piętrze akwitańskiem [2]), daje się zauważyć regresja morza, powstają więc słodkowodne utwory z węglem brunatnym, jak warstwy ze Soczki w południowej Styrji, z Radoboju w Kroacji. Półsłone znane są z południowej Francji z okolicy Bordeaux. Charakterystyczną jest półsłona facja ceritiowa *(Cer. plicatum, margaritaceum, Buccinum baccatum)*, znana zwłaszcza z miejscowości Saucats; aquitaniano Włoch północnych jest zapewne nieco młodszym poziomem (dolnomioceńskim), zgodnym tylko co do facji z piętrem akwitańskiem.

Polska. Jak w kredzie, tak też i w paleogenie wyróżniamy obszary Polski zajęte przez osady morza Śródziemnego (Tatry i Karpaty) i inne leżące na północy, będące częścią środkowoeuropejskiego morza paleogeńskiego.

[1]) Haug zalicza je do najniższego miocenu.

[2]) Wedle Hauga należy piętro akwitańskie do dolnego miocenu, górny oligocen nazywa za Fuchsem hattien (nazwa od starożytnego szczepu Chattów w Hesji).

Najstarsze eoceńskie utwory znajdujemy w Tatrach. Niezgodnie na mezozoicznych leżą u północnego brzegu Karpackiego wapienie nummulitowe, także zlepieńce zawierające liczne nummulity *(N. lucassana, perforatus, Tschihatscheffi)*, z innych otwornic orbitoidy *(Orthophragmina aspera, applanata, papyracea)*, także resztki roślinne [1]) *(Quercus, Ficus, Populus, Laurus, Eucalyptus, Pyrus* i t. p.). Ponieważ wyraźną jest rzeczą, że te utwory leżą transgresywnie na starszych, należących do płaszczowiny reglowej, przeto ruchy płaszczowinowe Tatr dokonałyby się przed środkowym eocenem.

Zlepieńce przechodzą w skały facji fliszowej, która jest w całych Karpatach dominującą. Z nich przypadają na eocen tłuste czerwone iły, które są nader charakterystycznym elementem, gdyż czerwoną barwą zaznaczają się wyraźnie. Należą tu również piaskowce z hieroglifami, fukoidami, nummulitami, a za najstarsze wyróżnione paleontologicznie uważać musimy czarne iły z Babicy koło Rzeszowa, które może odpowiadają paleocenowi [2]).

W oligocenie jest także znaczna różnica petrograficzna i facjalna. Łupki menilitowe rozdzielające się liściasto, z wkładami rogowców zawierają wcale często łuski, a nawet całe szkielety ryb śledziowatych *(Meletta crenata, sardinites* i t. p.), nadto np. *Syngnathus, Hemirhynchus, Gobius, Nemopteryx*, są poziomem, który łatwo rozpoznać. W pasie przybrzeżnym należą tu piaskowce ciężkowickie [3]), grubopłytowe, spękane, które wietrzejąc tworzą łatwo do ruin podobne formy, warstwy krośnieńskie, zlepieńce słobudzkie [4]), warstwy dobrotowskie [5], a w pasie szczytowym piaskowce magórskie [6]), które tworzą przeważną część najwyższych wzniesień karpackich (Babia Góra, Czarnohora i t. p.). Różnice petrograficzne i facjalne pozostają w związku z różnicami genetycznemi, gdyż skały te należą do kilku płaszczowin, z ktorych składają się Karpaty.

Utwory paleogeńskie znajdujące się poza Tatrami i Karpatami należą do środkowo-europejskiej prowincji. Warstw paleoceńskich i eoceńskich tu brak, chociaż paleocen, będący przedłużeniem pomorskiego, może w Wielkopolsce się znajduje. Natomiast dobrze są nam znane utwory oligoceńskie, odpowiadające glaukonitowym piaskom Ukrainy, zawierające często fosforyty. Od wschodu zalegają one cały niż polski, znacząc nam równocześnie drogę, na której łączyło się morze środkowej Europy z morzem rosyjskiem. Na wschodzie nieco iłowe, stają się one

[1]) W. Kuźniar: Eocen Tatr i Podhala. Kraków 1909. Spraw. Kom. Fizj. A. Um.

[2]) Fauna ich częściowo tylko opracowana przez przedwcześnie dla nauki zmarłego B. Kropaczka zawiera elementy wspólne z paleocenem paryskim i z górną kredą. Spraw. Kom. Fizj. Ak. Um. 1916.

[3]) Nazwa od miasteczka Ciężkowic nad Dunajcem.

[4]) „ „ Słobody Rungurskiej na południe od Kołomyi.

[5]) „ „ Dobrotowa nad Prutem.

[6]) „ „ Magóry na Spiżu.

ku zachodowi silnie piaszczyste, a możliwą jest rzeczą, że część ich w iłowem wykształceniu odpowiada górnoeoceńskim iłom Kijowskim. Na powierzchni odkryte są te warstwy gdzie niegdzie tylko np. na Wołyniu, Polesiu, nad Bugiem koło Włodawy, koło Puław, Żółkwi [1]), a także na Litwie, lecz przeważnie zostały tylko wierceniami stwierdzone. W Warszawie natrafiono na nie w głębokości 91 m. pod powierzchnią morza (miąższość 65 m.), w Wielkopolsce i na Pomorzu są płyciej, chociaż wyjątkowo są także na powierzchni np. w Wapnie koło Barcina, gdzie wypełniają szczeliny wśród skał jurajskich. W zaklęsłości, która odpowiada zapadnięciu biegnącemu na północ od pasma jurajskiego, znanego nam już z Inowrocławia, a w której kreda leży dosyć nisko, wykształciły się pod oligoceńskiemi piaskami t. zw. iły toruńskie bez skamielin, nieznanego wieku, o których wiemy tylko, że są starsze od dolnooligoceńskich piasków glaukonitowych, a młodsze od kredy. Dowiercono się ich także koło Bydgoszczy i Szubina.

Obszary pozaeuropejskie. Paleogen wykształcony w innych częściach świata wspominamy krótko. Śródziemnomorski typ z nummulitami znany, jak już wiemy, z półn. Afryki, z południowej Azji i ze środkowej Ameryki (Panama, Floryda, Antyle), jest dowodem dalekiego zasięgu Tetydy.

W Stanach Zjednoczonych zasługuje na uwagę paleoceńska fauna pierwotnych zw. ssących w Puerco w Nowym Meksyku, o czem była już mowa poprzednio. Ponieważ ma ona (właściwie górny jej poziom) ten sam charakter, jak fauna w Cernay koło Reims we Francji, przeto upatrujemy w tem dowód bezpośredniej komunikacji między Ameryką północną i Europą. Utwory eoceńskie i oligoceńskie Ameryki północnej są u brzegów obu oceanów, w głębi lądu natomiast lądowe, względnie słodkowodne. Ważną jest staroeoceńska fauna gór Wasatsch znacznie wyżej stojąca od fauny z Puerco.

W Ameryce południowej (Patagonja) wykształciły się częściowo lądowe, częściowo morskie utwory zaliczane do paleocenu. Wyżej leżą słodkowodne, zawierające liczne kości zwierząt ssących, zwane warstwami pyroterjowemi od obecności olbrzymich amblypodów z rodzaju *Pyrotherium*, które prawdopodobnie do oligocenu należą. Utwory te tworzą część dolną t. zw. formacji pampasowej.

W krajach podbiegunowych północnych należą zapewne do eocenu, a może do paleocenu pokłady lignitu zawierające bogatą florę opisaną przez Heera, składającą się nie tylko z dębów, buków, wiązów i topoli, ale także z drzew jak *Platanus, Magnolia, Ginkho*, które dzisiaj wymagają średniej rocznej temperatury 10°C. Ponieważ te kraje (Grenlandja, kraj Grinella, Spitzberg) leżące na szerokościach geograficznych 70—80°

[1]) W Magierowie znalazł w piaskowcach Rogala między innemi *Pecten corneus, Isocardia subtransversa.*

mają obecnie nader niską temperaturę, przeto oziębienie klimatu od eocenu było znaczne. Florę opisaną przez siebie zaliczał Heer do miocenu, a dopiero później uznano ją za eoceńską.

ROZMIESZCZENIE GEOGRAFICZNE NEOGENU.

Miocen był okresem czasu, w którym wypiętrzyły się najmłodsze pasma górskie na ziemi, a więc w Europie — Karpaty, Alpy, Pireneje, w Azji — Himalaje, w Ameryce — Andy. Częściowo nastąpiły gdzie niegdzie te ruchy w paleogenie np. w Alpach zachodnich, i w Pirenejach i może w Tatrach (str. 322). W związku musiała pozostać wzmożona czynność wulkaniczna np. wybuchy skał andezytowych w półn. Karpatach (Szczawnica, Szlachtowa, Rzegocina), obfitsze w południowych Karpatach, a potężniejsze gdzie indziej np. w Owernji we Francji, gdzie wybuchy trwały jeszcze po neogenie.

Podział neogenu podaliśmy już poprzednio (str. 305). Haug wprowadza podział inny, który podajemy poniżej:

neogen górny	{	astien plaisancien [1]).
,, środkowy	{	sahelien [2] (=pontien) vindobonien.
,, dolny	{	burdigalien aquitanien.

Zaznaczymy jeszcze, że wedle Depéreta oddzielne piętra różnią się odrębnemi faunami zwierząt ssących. Są to:

3). Fauna dolnopliocеńska z *Hipparion gracile*, *Mastodon longirostris* i *Rhinoceros Schleiermacheri*.

2). Fauna z Sansan [3]) i z Eibiswald [4]) zawierająca *Mastodon angustidens*, *Anchitherium auraliense*, *Machaerodus* należąca do piętra helweckiego; bardzo do niej zbliżoną jest fauna z Grive Saint Alban (Francja, dep. Isère) tortońskiego wieku.

1). Fauna z Eggenburga w Austrji Dolnej i z piasków okolicy Orleanu we Francji. Z trąbowców żyje *Dinotherium* i *Mastodon*, ze starszych form *Anthracotherium* i ostatnie szczerbaki, z przeżuwaczy pierwsze jelenie *(Procervulus)*. Fauna ta odpowiada pierwszemu piętru.

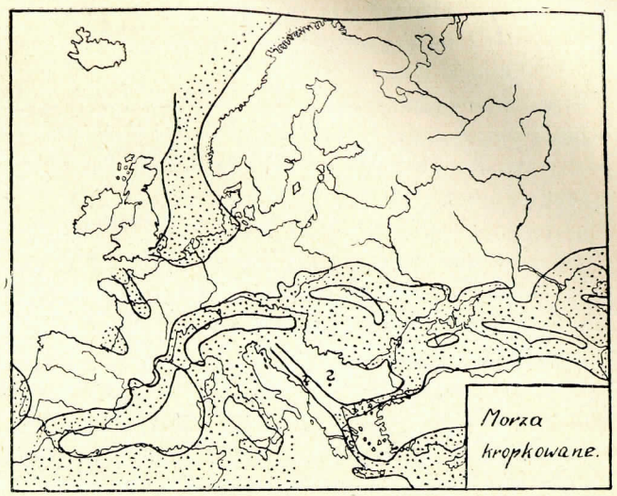
Zasięg morza środkowo-europejskiego (ryc. 316) zmniejszył się znacznie, gdyż zalewa ono tylko nieznaczną część wybrzeży niemieckich

[1]) Nazwa od Plaisance miasta we Włoszech w prowincji Emilja.

[2]) ,, ,, Sahel w Algierze, gdzie utwory są morskie w przeciwstawieniu do słodkowodnych pontyjskich.

[3]) Miejscowość we Francji, dep. Gers.

[4]) ,, w Styrji.



Ryc. 316. **Morza Europy w miocenie.** Barwa jasna oznacza lądy, szara—morza. (Wedle Hauga po uproszczeniu).

(Szlezwik, Meklemburgja), Holandję i część Belgji. Ocean Atlantycki miał na wschodzie zasięg nieco większy, gdyż sięgał zatoką w dolinę Tagu w Portugalji, Garonny i Loiry we Francji. Zalewał on także przybrzeżny pas południowo-wschodnich Stanów Zjednoczonych (Floryda, Texas) i Meksykańskiej zatoki. Ku północy jednakowoż, mniej więcej od 40° szerokości geograficznej, brak odkrywek morskiego miocenu nie tylko w Ameryce, lecz także w Europie; widocznie pomiędzy Ameryką i Europą był jeszcze ląd stały, który łączył te oba kontynenty.

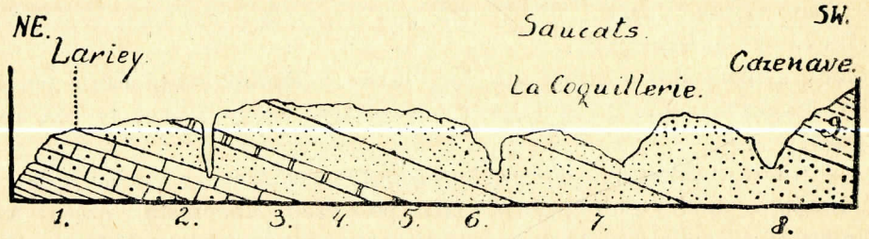
Morze Śródziemne rozlewało się natomiast szeroko po Europie południowej. Zakrywało prawie cały półwysep Apeniński, część Azji Mniejszej i Syrji, ale nie sięgało tak daleko ku wschodowi, jak w paleogenie, gdyż było już morzem zamkniętem. Z oceanem Atlantyckim łączyło się nie cieśniną Gibraltarską, której jeszcze nie było, lecz doliną Gwadalkwiwiru. Od morza tego odchodziła zatoka doliną Rodanu ciągnąca się przez północną Szwajcarję, południową Bawarję do Austrji Dolnej (kotlina Wiedeńska), stąd ku wschodowi przez Morawy w południowe obszary Polski, a następnie przez południową Rosję aż poza morze Azowskie i Kaspijskie, które jeszcze nie istniały. Od kotliny Wiedeńskiej odchodziło drugie ramię do Węgier i Rumunji.

Nie było też morze Śródziemne jednakowo rozlane podczas całej mioceńskiej doby, przeciwnie, obszar jego zasięgu wahał się; największym był w piętrze helweckiem. Oscylację tego morza, począwszy od miocenu, badał Suess i na nich oparł podział na piętra śródziemnomorskie. Na czas trwania epoki mioceńskiej wypadają dwa starsze: pierwsze (burdigalien) i drugie (piętro helweckie i tortońskie), trzecie i czwarte należą do pliocenu, a piąte odpowiada czasom obecnym.

Do schematu podziału podanego poprzednio musimy dodać, że przy podziale miocenu na dwie części (dolny i górny) należy piętro sarmackie zaliczyć jako część najwyższą do drugiego piętra. Przy wydzielaniu sarmatu jako miocenu górnego należy, jak to zaznaczono w tabeli

(str. 305), złączyć piętro helweckie i tortońskie w jedno, które za przykładem Depéreta nazywamy piętrem wiedeńskiem. W rzeczy samej jest wyróżnienie piętra helweckiego i tortońskiego o tyle trudne, iż pierwszego nie znamionują jakieś swoiste gatunki zwierzęce, gdyż fauna jego ma tylko jeszcze pozostałości dolnego miocenu.

W Gaskonji między Garonną i Adourem wkroczył ocean Atlantycki głęboką zatoką w głąb Francji. Tuż koło Bordeaux po prawym brzegu Garonny są odkrywki skał starszych (eocenu i oligocenu), mioceńskich zaś na południe od tej rzeki. Wykształciło się tu typowo pierwsze śródziemnomorskie piętro w postaci żółtych piasków (falun), z których znane są zwłaszcza miejscowości: Leognan, Saucats i Cestas. Ze skamielin wymienimy np. *Terebra fuscata*, *Cancellaria acutangula*, *Fusus burdigalensis*, *Dorsanum Veneris*, *Turritella cathedralis*, *T. terebralis*, *Natica burdigalensis*, *Cytherea erycinoides*, *Pectunculus cor*, *Pecten burdigalensis* i t. p. Leżą te piaski na górnooligoceńskich, które są tutaj wykształcone w półsłonej facji ceritjowej (por. str. 321), a ponad niemi są piaski helweckiego wieku, chociaż dalej na południu nie brak także iłów tor-



Ryc. 317. Przekrój miocenu w Saucats, południ. zach. Francja. 1—5 w. akwitańskie, 6—8 burdigalien, 9 helwet. (Wedle Fallota).

tońskich (Saubrigues). Jako przykład podajemy przekrój z miejscowości Saucats (ryc. 317).

W zatoce nad Loirą wykształciły się również piaski znane pod nazwą falunów z Touraine, lecz wieku helweckiego. Wcale obfita ich fauna (Pontlevoy) ma już młodszy charakter.

Właściwe śródziemnomorskie utwory znajdujemy w Hiszpanji i w południowej Francji nad Rodanem. Doliną tej rzeki wkroczyło, jak wiemy, morze Śródziemne w głąb Europy środkowej i rosnąc zwolna dotarło z końcem pierwszego śródziemnomorskiego piętra przez Szwajcarję i Bawarję aż w okolice Wiednia. Największym był zasięg morza w piętrze helweckiem, w tortońskiem cofnęło się i nie sięgało dalej jak po Lyon.

W dolinie Rodanu leży miocen na górnooligoceńskich słodkowodnych osadach akwitańskiego piętra. Ważną jest fauna przegrzebków, na które Depéret nacisk kładzie *(Pecten praescabriusculus*, *P. sub Holgeri*, *P. restitutensis*, *P. Tournali)*, znajdująca się zarówno w niżej leżących

piaskach, jak też w wyżej leżących piaskowcach zwanych molassą. Do helweckiego piętra należy molassa piaszczysta i iły z licznemi przegrzebkami *(P. scabriusculus*, *improvisus)*, wapienie litotamniowe należą do tortonu. Później, w dolnym pliocenie, staje się zatoka Rodanu półsłonem estuarjum (piaski z *Nassa Michaudi)*, wkrótce jednakowoż wkracza morze nie dochodząc daleko ku północy, a w górnym pliocenie wracają znowu słodkowodne utwory, złożone ze żwirów alpejskich, zawierające między innemi resztki *Mastodon arvernensis* i *Elephas meridionalis*.

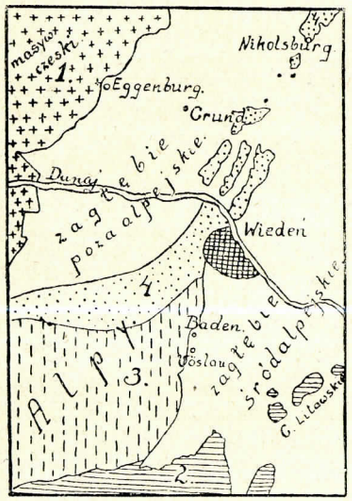
W Szwajcarji i Bawarji odpowiada dolnemu miocenowi górna [1]) morska molassa z bogatą, chociaż źle zachowaną fauną. Do piętra helweckiego należy molassa z St. Gallen i Randen, która składa się przeważnie z luźnych piasków i zlepieńców znanych pod nazwą Nagelfluh, miąższość ostatnich staje się ku południowi, a więc ku stokom alpejskim znacznie większą. Wyższym, tortońskim poziomem jest górna słodkowodna molassa, która zawiera koło Oeningen nad jeziorem Bodeńskiem nader bogatą faunę i florę. Ostatnia, badana przez Heera, składa się z roślin wskazujących na klimat północnej Afryki, ze skamielin zwierzęcych zasługuje na uwagę olbrzymi jaszczur *(Andrias Scheuchzeri)* opisany kiedyś przez Scheuchzera jako *Homo diluvii testis*. W słodkowodnych wapieniach znajduje się *Helix sylvana*, *Planorbis declivis*, a z resztek zwierząt ssących należy wymienić *Mastodon angustidens*, *Aceratherium incisivum*, *Dinotherium bavaricum* i t. p. Do tego poziomu należy także odnieść półsłone warstwy z Kirchbergu koło Ulmu.

Ku wschodowi, a więc np. w południowej Bawarji i w Austrji Górnej, leżą na utworach morskich pierwszego piętra iły zwane szlirem (Schlier), znamienne fauną z małż cienkoskorupnych złożoną *(Pecten denudatus*, *Solenomya Doderleini)*, które Suess uważał za najwyższy horyzont pierwszego śródziemnomorskiego piętra, chociaż okazało się, że należą do piętra helweckiego. Znaną jest miejscowość Ottnang w Austrji Górnej, której faunę opisał R. Hoernes. Analogiczne iły znane są z okolic nad Rodanem i z Włoch północnych.

Miocen okolicy Wiednia był przez długi czas terenem klasycznych badań M. Hoernesa, Suessa, Fuchsa i innych. Wyróżnić tu należy obszar pozaalpejski należący do pierwszego śródziemnomorskiego piętra, którego utwory były znane dawniej pod nazwą warstw z Horn. Wyróżniano tu szereg rzekomo wiekowo odrębnych utworów, które jednak mają tylko facjesowe różnice, jak warstwy z Eggenburga, z Loibersdorfu, a cały ten system warstw leży na półsłonych warstwach z Molt zawierających *Cerithium plicatum*, *C. margaritaceum* i t. p. Ze skamielin, znamiennych dla pierwszego piętra, wymienimy: *Turritella cathedralis*, *T. gradata*, *Cardium Kübecki*, *Pecten hornensis*, *P. Holgeri*, *Perna Rollei*, *Mytilus Haidingeri* i t. p.

[1]) Dolna morska molassa należy do oligocenu.

Na wschód od pozaalpejskiego leży t. zw. śródalpejskie zagłębie wiedeńskie (por. ryc. 318), w którem miocen rozpoczyna się drugiem piętrem, gdyż starszy nie wykształcił się wcale. Suess tłumaczy ten fakt tem, że śródalpejska kotlina Wiednia nie istniała jeszcze w czasie trwania pierwszego piętra. Dopiero potem zapadła się w tej okolicy część alpejskiego pasma, a w zapadnięty obszar wpadły osady mioceńskiego morza. Gdzie niegdzie pozostałe horsty (np. góry Hainburskie, Litawskie) oddzielały częściowo zagłębie wiedeńskie od kotliny węgierskiej, którą wówczas także zalewało morze. Część utworów drugiego piętra należy do helwetu (Grund, Stetten), przeważna część jest tortońskiego wieku. Ostatnie wykształciły się facjalnie nader rozmaicie, gdyż obok iłów pleurotomowych wskazujących na głębsze morze i osad spokojny (Baden, Vöslau), zostały także złożone piaski (Pötzleinsdorf) i brzegowe wapienie litotamniowe [1]) z licznemi gruboskorupnemi małżami, jak *Pecten latissimus*, *Ostrea crassicosta*.



Ryc. 318. **Mapka zagłębi mioceńskich w okolicy Wiednia.** 1—granit sudecki, 2—pas krystaliczny, 3 — utwory paleozoiczne i mezozoiczne Alp, 4 — utwory fliszowe. (Wedle Abla).

Następują z kolei utwory sarmackie (piaski i iły), które zawierają półsłoną faunę ślimaków i małży, wytworzoną nie w morzu otwartem, lecz w zamkniętem, olbrzymiem jeziorze, którego brzeg zachodni znajdował się w okolicy Wiednia, a wschodni poza jeziorem Aralskiem. Najbardziej charakterystycznemi gatunkami są: *Dorsanum duplicatum*, *Murex sublavatus*, *Cerithium mitrale*, *C. rubiginosum*, *Tapes gregaria*, *Cardium obsoletum*, *Ervilia podolica*, *Modiola marginata*.

Z początkiem pliocenu cofa się morze Śródziemne z dotychczas zajmowanych stanowisk, jest to więc czas zwiększania się lądów. Morze zamieniło się w szereg rozległych jeziorzysk, jedno z nich zajmowało okolicę Wiednia i nizinę węgierską. W nader słabo słonej wodzie żyły liczne małże z rodzaju *Congeria* (stąd też te warstwy nazwano k o n g e r j o w e m i), sercówki *(Cardium)* ze słabo rozwiniętemi zębami zawiasowemi i nieliczne ślimaki *(Melanopsis)*. Tworzą one t. zw. piętro pontyjskie [2]), do którego należą także żwiry belwederskie [3]) zawierające kości ssaków. Wyższym poziomem, odpowiadającym środkowemu i górnemu pliocenowi, są warstwy l e w a n t y ń s k i e, albo

[1]) Nazywane także nulliporowemi, albo litawskiemi.
[2]) Nazwa od Pontus Euxinus (morze Czarne).
[3]) „ „ byłego cesarskiego pałacu Belwederu w Wiedniu.

p a l u d y n o w e, będące słodkowodnym utworem, silniej wykształconym w Kroacji, Slawonji, Grecji i na wyspach okolicznych, które zawierają słodkowodne ślimaki z rodzaju *Paludina* i małże z rodzaju *Unio*, z pierwszych pochodzą mutacyjne szeregi opisywane przez Neumayra i Paula (ryc. 172).

We W ł o s z e c h, które z wyjątkiem Apeninów były prawie całe zalane przez morze mioceńskie, należy do więcej znanych okolica Turynu i Asti. Do dolnego miocenu należy zaliczyć utwory nazywane przez geologów włoskich aquitaniano i langhiano, a częściowo i te, które wydzielano pod nazwą elveziano. Do helweckiego piętra należą margle serpentynowe z licznemi żwirami, których bogata fauna, chociaż nie najlepiej zachowana, znajduje się w zbiorach pod zbiorową nazwą miejscowości: Colli torinesi. Utwory tortońskie są najlepiej zachowane na południe od Tortony i Novi, gdzie miejscowości St. Agata i Stazzano słyną z wielkiej ilości skamielin. Ponad miocenem morskim leży formacja gipsowa, którą tworzą margle z soczewkami gipsu; wedle Bośniackiego należy ją uważać za równoważnik sarmatu. Silnie wykształciła się na Sycylji, gdzie z gipsów powstały potężne złoża siarki. Niektórzy zaliczają ją pod nazwą piętra messyńskiego do dolnego pliocenu.

W dolnym i środkowym pliocenie znaczna część Włoch jest pod morzem; tworzą się zwięzłe iły, potem piaski nader bogate w skamieliny. Niektóre miejscowości jak Castelarquato koło Parmy, lub Asti koło Novi słyną z olbrzymiej ilości skamielin. Koło Rzymu należą do dolnego pliocenu niebieskie margle z Watykanu, do średniego zaś piaski z Monte Mario, oba poziomy zawierają liczne skamieliny. W pliocenie górnym są już Włochy lądem stałym, na którym zostały złożone żwiry i piaski zawierające odmienną bardzo do dzisiejszej zbliżoną faunę, gdyż brak w niej mastodontów; a pojawia się *Elephas meridionalis*, *Hippopotamus major*, *Equus Stenonis* i t. p.

Bogate w skamieliny są niektóre miejscowości S i e d m i o g r o d u. W kraju tym wykształciło się zarówno pierwsze śródziemnomorskie piętro (Korod, Hidalmas), jak też i drugie. W ostatniem leżą u spodu solonośne warstwy z Mesöseg będące utworem nie przybrzeżnym, podczas gdy u brzegów tworzyły się zarówno piaski i wapienie litotamniowe, jak też w zacisznych zatokach iły z bogatą fauną, znaną zwłaszcza z miejscowości Lapugy i Bujtur.

Nad brzegami morza Północnego znajdujemy morski miocen tylko w południowej D a n j i (Jutlandja, Szlezwik) i w przyległej części N i e m i e c; ostatni opisał Koenen. Pliocenu morskiego tu brak, wykształcił się on natomiast w południowo-wschodniej A n g l j i, gdzie otrzymał nazwę cragu, w którym procent form dzisiaj żyjących zwiększa się w miarę tego, im młodszym jest on. Wyróżniają tu jako poziom najniższy crag biały, czyli korallinowy [1]), wyższym jest walton crag, a na nim

[1]) *Corallina*—wodorost morski zbliżony do *Lithothamnium*.

leży crag czerwony z Suffolk. Nie jest crag biały najniższym plioceńskim utworem, gdyż są nim warstwy z Lenham; najwyższe poziomy cragu należą zapewne już do pleistocenu.

Również plioceńskiego wieku są morskie osady u wybrzeży Belgji i Holandji, które dzielą na poniżej podane poziomy, z których najstarszy odpowiada cragowi z Lenham, a poederlien cragowi z Walton:

4 poederlien
3 scaldisien
2 casterlien
1 diestien

Oprócz morskich, znane są także lądowe utwory neogeńskie. W Niemczech należy tu słodkowodna formacja węgla brunatnego, wykształcona nie tylko w środkowych Niemczech (Brandenburgja), ale także nad dolnym Renem (Kolonja), na dolnym Śląsku, a tego wieku są także węgle brunatne Czech. W zagłębiu mogunckiem należą zapewne do dolnego miocenu półsłone piaski z *Corbicula* i wyżej leżące hydrobjowe. Nad niemi są gdzie niegdzie (Eppelsheim) dolnoplioceńskie rzeczne piaski warstwowane, zawierające *Dinotherium giganteum*, *Mastodon longirostris*, *Rhinoceros Schleiermacheri*, *Hipparion gracile* i t. p. Tego samego wieku są znajdowania w Prowansalji (Mont Leberon), a najsławniejszą jest fauna z Pikermi w Grecji między Atenami i Maratonem. W czerwonym ile znajduje się tam do 1 m. gruba warstwa z olbrzymią ilością kości zwierząt, jak *Mastodon*, *Hipparion*, *Machaerodus*, *Antilope*, *Semnopithecus*.

Miocen Polski [1]). Morze mioceńskie, które przez Szwajcarję dostało się w okolicę Wiednia, doszło do Polski dopiero z początkiem piętra helweckiego. Rozlewa się zrazu wąskim pasem u podnóża Karpat tworząc t. zw. formację solną z gipsem, bogatemi pokładami soli kamiennej (Wieliczka [2]), ryc. 101), Bochnia i t. d.) względnie także soli potasowych (Kałusz, ryc. 102). Wiek tej formacji uchodził długi czas za sporny, przeważnie zaliczano ją do dolnego miocenu. Trudność oznaczenia powoduje brak skamielin, które znajdowano jedynie w Wieliczce zarówno wśród głębiej leżących pokładów soli warstwowanej, jak też w wyżej leżących iłach z luźnemi bryłami soli. Na podstawie tych faun, które wcale nie zawierają gatunków właściwych starszemu miocenowi, uważa ją autor za przynależną do piętra helweckiego, a potwierdzają to wyniki wierceń na Górnym Śląsku, gdzie pokłady gipsu i soli leżą nad piaskami zawierającemi faunę, nie wskazującą wcale na dolny miocen. W każdym

[1]) W. Friedberg: Utwory mioceńskie w Europie i próby podziału tych utworów w Polsce. Lwów 1911 i 1912. Kosmos.

[2]) J. Niedźwiedzki: Stosunki geologiczne formacji solonośnej Wieliczki i Bochni. Lwów 1883, 1884 i 1886. Kosmos.

razie pozostaje niewyjaśnione ubóstwo skamielin, nawet tak częstych wśród utworów morskich otwornic, których iły solne prawie nie zawierają. Możliwą jest rzeczą, że wkraczające mioceńskie morze zostało wkrótce rozdzielone na szereg luźnych basenów, które parowały szybko utracając wodę, przysypywane pyłem wiejącym od suchych pustynnych obszarów okolicznych; wytworzone w ten sposób iły były znakomitym, nieprzepuszczalnym płaszczem, który ochronił pokłady soli od zniszczenia przez wodę. Należy nauważyć, że w dolnym oddziale Wieliczki znaleziono bogatą florę opisaną przez Ungera, na którą składają się sosny *(Pinus salinarum)*, *Liquidambar europaeum*, *Carya ventricosa*, *Cassis grandis* i inne rośliny wskazujące na klimat chłodniejszy niż ten, który panował w pierwszem śródziemnomorskiem piętrze. Z początkiem piętra tortońskiego wzmaga się zalew morza, które obejmuje południową część Śląska, okolicę Krakowa, południową część nadnidziańskiej niziny, oblewa południowe stoki gór Świętokrzyskich, Wołyń i Podole, także całą połać Polski między temi krajami a Karpatami (por. ryc. 319).

Na tej przestrzeni można wyróżnić facjalnie nader rozmaite utwory. Osadom otwartego morza odpowiadają siwe iły, zwyczajnie bez skamielin, zwane iłami krakowieckiemi [1]), lub pokuckiemi, przy brzegach tworzą się obok piasków, często lignitowych, wapienie litotamniowe z gruboskorupnemi małżami *(Pecten latissimus)*, zarówno u południowych brzegów morza (Rzeszów), jako też u północnych, np. na stokach gór Świętokrzyskich. Przechodzą wapienie litotamniowe także w margle, lub piaskowce, względnie bywają wapienie bez litotamniów, jak piaszczysty wapień pińczowski. Czasem, w dogodnych, cichych zatokach tworzą się iły bogate w skorupy mięczaków, jak w Korytnicy [2]), w których przeważa ślimak z rodzaju *Pleurotoma*.

Na Podolu było morze płytsze. Brakło tu silnych prądów morskich, lecz tworzyły się albo piaski bogate w skamieliny [3]) (Olesko, Podhorce, Jasionów, Zborów, Hołubica), między któremi należą do częstszych: *Cerithium deforme*, *Turritella Pythagoraica*, *Trochus orientalis*, *Natica helicina*, *Lucina borealis*, *Ervilia pusilla*, *Corbula gibba*, *Venus cincta*, *Pecten elegans*, *P. Besseri*, *Ostrea digitalina* (ryc. 301), albo piaski i iły lignitowe (Glińsko, Rawa Ruska), albo wapienie litotamniowe powstałe z obfitych darni tego wodorostu, zarastających płytkie dno morza. Podczas chwilowych regresyj morza powstawały także i gipsy. Nie wszystkie tortońskie utwory są równowiekowe, głębszym poziomom odpowiadają iły z *Pecten denudatus* i z *P. Coheni* w zatoce nadnidziańskiej, a t. zw. warstwy baranowskie *(P. denudatus, Cardium baranovense, Terebratula grandis)* na Podolu. Spąg mioceńskich osadów tworzą tamże słodkowodne wapienie z lą-

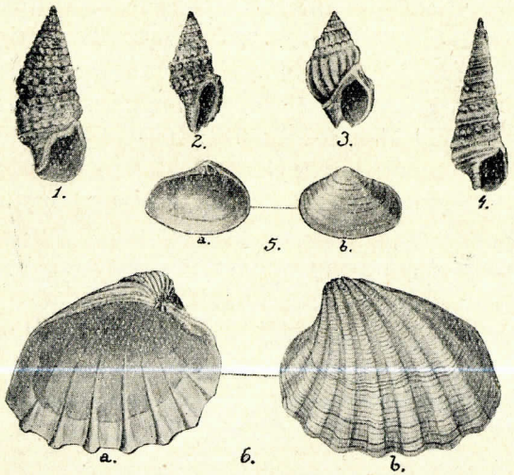
[1]) Nazwa od miasteczka Krakowca między Przemyślem a Lwowem.

[2]) Wieś na północ od Pińczowa.

[3]) Opisane o rozpoczętej monografji autora: Mięczaki mioceńskie ziem polskich. Lwów. Muzeum im. Dzieduszyckich.

dową fauną ślimaków opisaną przez M. Łomnickiego [1]). Liczne skamieliny opisywane już w pierwszej połowie ubiegłego wieku (Andrzejowski, Dubois, Eichwald) znajdują się w mioceńskich piaskach Wołynia (okolica St. Poczajowa, Wiśniowca).

W Polsce było piętro tortońskie czasem największego wzrostu morza, czego dowodem wkraczanie jego w głąb Karpat w okolicę Nowego Sącza (Niskowa, Iwkowa) i Nowego Targu. Starsze iły solne były już złożone, nim się rozpoczęły ruchy górotwórcze w Karpatach, z któremi w związku były z jednej strony objawy wulkaniczne (np. andezyty Pienin), z drugiej zaś strony spychanie morza ku półn.-wschodowi.



Ryc 319. **Niektóre ślimaki i małże sarmatu Polski.** 1—*Cerithium rubiginosum*, Eichw. 2—*Pleurotoma Doderleini*, Hoern. 3—*Dorsanum (Buccinum) duplicatum*. Sow. 4—*Cerithium (Potamides) mitrale*, Eichw. 5—*Ervilia podolica*, Eichw. 6—*Cardium plicatum*, Eichw.

Gdy z powodu tych ruchów zostało zamknięte połączenie między morzem Polski i Moraw, gdy nadto zachodnie brzegi tego morza cofnęły się znacznie, wtedy zamieniło się w wielkie, szeroko rozlane, sarmackie jezioro. Swoista, uboga w gatunki, lecz bogata w osobniki fauna znamionuje je; z ślimaków są rodzaje: *Cerithium (rubiginosum* i *mitrale)*, *Trochus*, *Mohrensternia* i *Hydrobia*, z małży zaś *Ervilia (podolica)*, *Mactra*, *Tapes*, *Cardium* (*plicatum*, *protractum*) (ryc. 319). Słusznie porównywano faunę sarmacką z fauną morza Czarnego, gdyż mała zawartość soli nadaje faunom obu mórz jednakowe piętro. W Polsce biegnie zachodnia granica sarmatu przez Chmielnik i Szydłów na zachód od Sandomierza w podobny sposób, jak to przedstawia załączona mapka (ryc. 320).

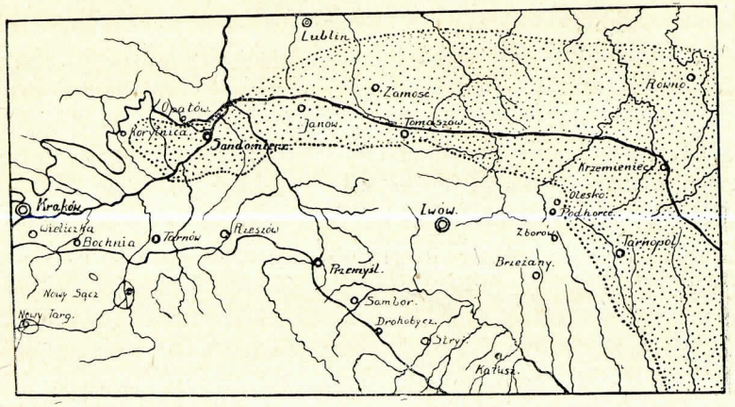
Sarmackie warstwy są przeważnie piaszczyste, czasem iłowe, tworzyły się jednakowoż także wapienie rafowe, chociaż nie z korali powstałe. Na Podolu pasmo Miodoborów, zwane także Tołtrami, które od Podkamienia ciągnie się ku południ.-wschodowi przez Załośce i Skałat, jest przykryte z wierzchu sarmacką rafą mszywiołową (ryc. 134). Morze sarmackie zmniejszając się ustawicznie cofa się ku wschodowi, najmłodsze jego osady nie są znane z Polski.

W pliocenie tworzyły się u nas tylko lądowe i słodkowodne, nieznane nam bliżej skały. Jedynie na wschodniem Podolu, znajdujemy po-

[1]) M. Łomnicki: Słodkowodny utwór trzeciorzędowy na Podolu Galicyjskiem. Kraków, 1886. Spraw. Kom. Fiz. Ak. Um.

za granicami Polski w okolicy Fulsztyna, Bałty i Żmerynki słodkowodne iły i piaski zawierające kości plioceńskich ssaków, jak: *Dinotherium giganteum*, *Mastodon longirostris*, *Aceratherium incisivum*, *Hipparion gracile* i t. p.; jest to piętro bałckie.

Podczas gdy południowe obszary Polski zakrywało morze mioceńskie, była reszta Polski lądem stałym, na którym w rozległych jeziorach powstał inny utwór zwany formacją lignitową, dawniej mylnie uważany za oligoceński. Tworzą go iły i piaski bez glaukonitu, z pokładami węgla brunatnego o bardzo wyraźnej strukturze drzewnej, a więc lignitu. Przeważnie tylko dowiercone, znajdują się na całem Mazowszu, w Wielkopolsce, na Kujawach i na Pomorzu, chociaż gdzie niegdzie wychodzą na powierzchnię, np. na prawym brzegu Wisły między Włocławkiem i Płockiem, albo nad brzegiem Bałtyku około Rozewia. Iły zawierają nieraz kryształy gipsu, konkrecje kalcytu i t. p.; pokłady lignitu,



Ryc. 320. **Mapka morza mioceńskiego w Polsce.** Barwa szara oznacza zasięg tortonu, kropki—zasięg sarmatu.

nieraz kilkakrotnie się powtarzające, były podstawą odbudowy górniczej (Sieraków, Koronowo około Bydgoszczy), chociaż nie w tej mierze, jak na to zasługują. Nieraz zawierają florę, np. w Chodzieży i w Rozewiu, w ostatniej opisanej przez Heera, są np. *Taxodium distichum*, *Glyptostrobus europaeus*, *Pinus palaeostrobus*, *Alnus Kefersteini*, *Betula prisca*, *Ficus*, *Laurus*, *Cinnamonum*. Ponieważ iły lignitowe ulegały przygniatającemu działaniu lodowców, przeto nieraz sfałdowane zostały.

Ponad temi iłami, których wiek odpowiada piętru tortońskiemu, względnie sarmackiemu, wykształciły się w Wielkopolsce, także na przyległych obszarach Kujaw, inne utwory zwane iłami poznańskiemi, albo pstremi [1]). Są to tłuste iły, często w cegielniach wydobywane, barwy siwej, jasno-czerwono, zielono lub fioletowo upstrzone, zawierające cza-

[1]) W literaturze niemieckiej mają nazwę Flammentone, albo Flaschentone.

sem wapienne konkrecje (septarje). Organiczne resztki są rzadkie, znaleziono jedynie w ich spągu (Koronowo, Poznań) rośliny jak: *Corylus Max Quarrii*, *Ficus tiliaeformis*, *Taxodium distichum miocaenicum*, *Betula prisca*, a w Łopatce na Pomorzu żyworodkę *Paludina crassa*, zbliżoną do dolnoplioceńskiej *Paludina Fuchsi*, wobec czego przyznaje się obecnie wiek plioceński tym iłom, za czem przemawiają także znalezione kości ssaków, jak *Mastodon Zaddachi* (Toruń), *Bos Pallasi* (Gdańsk).

Na Śląsku leży w okolicy Opola, Gliwic i Rybnika na tortońskich utworach utwór słodkowodny zawierający węgle brunatne, odpowiadający t. zw. subsudeckiej formacji węglonośnej. Koło Sośniczowic (Kieferstädl) i Opola zawiera on resztki zw. ssących (*Palaeomeryx furcatus*, *Pliopithecus antiquus*).

Neogen pozaeropejski. Wspominamy tutaj o warstwach siwalickich złożonych z zlepieńców, piasków i iłów rzecznych, przyniesionych przez rzeki z Himalajów płynące, a nazwanych od długiego pasma górskiego Siwalik Hills u podnóża Himalajów. Znaleziono tu olbrzymią ilość szkieletów ssaków, należących do różnych grup zwierzęcych, oprócz trąbowców (*Dinotherium*, *Mastodon*, *Stegodon Elephas*) są tu nosorożce, liczne zw. kopytne, między któremi są dziwne, żyrafom pokrewne rodzaje jak *Sivatherium*, *Bramatherium* (por. str. 313). Przekonano się, że fauna ta nie jest jednego wieku, lecz że dają się tu wyróżnić dwa poziomy; mioceński i plioceński, ostatni z nich przeważa; częściowo są tu także pleistoceńskie utwory. Analogiczne fauny znaleziono w Pendjabie.

W Ameryce północnej tworzyły się morskie osady zarówno u brzegów oceanu Atlantyckiego, jak też i Spokojnego, nietylko w miocenie, ale także w pliocenie. Wewnątrz kontynentu znane są także utwory lądowe (mioceńskie, plioceńskie) zawierające bogatą faunę zw. ssących (*Miohippus*, *Anchitherium*, *Machaerodus*), np. w t. zw. grupie lupforckiej (Loup Fork).

W południowej Ameryce znajdujemy znaną nam już formację lądową Argentyny i Patagonji. Do miocenu należą warstwy z Santa Cruz [1]) z obfitą fauną ssaków, szczerbaki osiągają w niej szczyt rozwoju. Do pliocenu należy piętro Paranny, a właściwa formacja pampasowa do pleistocenu. Utrzymać się mogła przez tak długi czas ta swoista fauna, ponieważ obie Ameryki były rozdzielone aż do górnego pliocenu, w którym to czasie złączyły się.

PERJOD CZWARTORZĘDOWY.

Najmłodszy z perjodów geologicznych obejmuje także i dzisiejsze czasy. Ponieważ rozkład lądów i mórz naogół nie ulegał w nim wielkim zmianom, przeto też utworów morskich znajdujemy niewiele, wyjąwszy

[1]) Rzeka i miasto w południowej Argentynie.

obszary nadmorskie; znaczne przestrzenie zajmują natomiast utwory lodowcowe i eoliczne, nielicząc rzecznych i jeziornych.

Nawet z początkiem perjodu czwartorzędowego istniejący świat zwierzęcy nie różnił się wiele od dzisiejszego, ważnem natomiast zdarzeniem jest pojawienie się człowieka.

Dzielimy ten perjod na dwie epoki: starszą, zwaną pleistoceńską, albo dyluwjalną i młodszą aluwjalną, albo obecną. Nazwa epoki dyluwjalnej, jakkolwiek powszechnie używana, niema uzasadnienia, ponieważ pochodzi z tych czasów, kiedy sądzono, jakoby biblijny potop był zjawiskiem powszechnem, chociaż wiemy, że odnieść go można do lokalnej katastrofy, o której wzmianki znajdują się nawet w starszych dokumentach, jak księgi Starego Testamentu (epos Izdubara). Rzecz tę ze stanowiska geologicznego oświetlił Suess [1]).

EPOKA PLEISTOCEŃSKA.

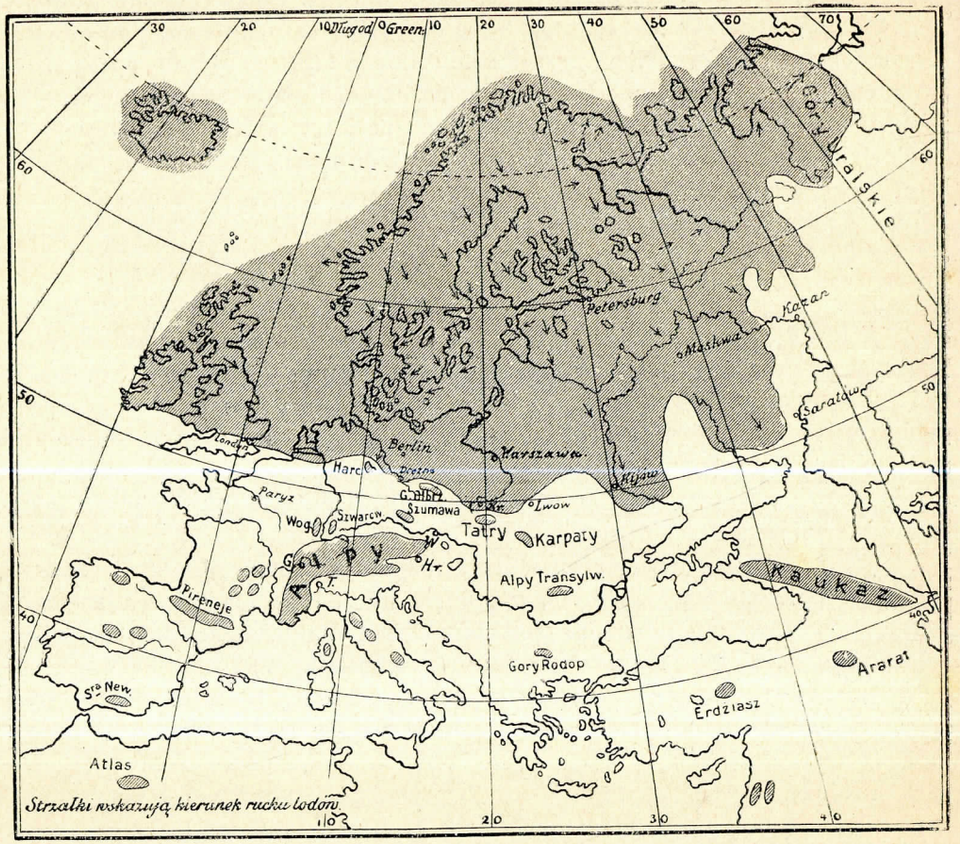
Widzieliśmy poprzednio (str. 329), że z końcem pliocenu w cragu angielskim daje się zauważyć obniżenie temperatury, na co wskazuje domieszka mięczaków północnego pochodzenia. Z początkiem epoki pleistoceńskiej w całej Europie klimat oziębił się do tego stopnia, iż olbrzymie lodowce, powstałe na północy, pokryły znaczne obszary środkowej Europy, a z gór wysokich (z Alp, Pirenejów, Tatr) zasunęły się w niżej położone miejsca.

Większe, niż obecne, rozpostarcie lodowców alpejskich łatwo rozpoznać i zrozumieć można było, natomiast długi czas nie uznawano pobytu lodowców na niżu europejskim. Wprawdzie znano już dawno olbrzymią ilość skał starszych, na nim rozsianych, jak granitów, gnejsów, porfirów, zwanych erratycznemi lub narzutowemi, jednakowoż długie lata panowała niepodzielnie Lyellowska teorja dryftu; w myśl niej zostały owe głazy przyniesione przez góry lodowe, które osadziły tając przyniesiony materjał skalny. W razie prawdziwości tej teorji musiałby niż cały, a z nim także niż polski, być przykryty osadami morza, na którego falach przybyłyby bryły lodowe, a wśród nich musiałyby się znajdować skorupy mięczaków morskich; w rzeczywistości jednakowoż nie znajdujemy ani osadów, ani skamielin morskich. Dopiero badania geologów skandynawskich i angielskich dopomogły do odrzucenia teorji dryftu, a zastąpienia jej obecną teorją lodowców śródlądowych, postawioną w r. 1875 przez szwedzkiego geologa Torella.

Rozmieszczenie wielkiego europejskiego lodowca wskazuje nam mapka (ryc. 321). Widać z niej, że lodowiec nie sięgał daleko poza Ural i że Syberja, co jest rzeczą dziwną, była prawie cała wolna od niego. W Polsce omijał lodowiec Podole idąc jego zachodnim brzegiem.

[1]) E. Suess: Antlitz der Erde, tom I, str. 25—92.

Nie trwała doba lodowa, gdyż tak nazywamy okres oziębienia klimatu, bez wahań, lecz przeciwnie ocieplał się kilkakrotnie klimat tak dalece, że lodowce cofały się ku północy, aby powrócić z ponownem oziębieniem. Obecnie wyróżniają zwyczajnie, zwłaszcza geologowie niemieccy, trzy zlodowacenia i dwa między niemi leżące międzylodownikowe okresy [1]); nie były zlodowacenia jednakowo silne, przeciwnie młodsze,



Ryc. 321. **Rozmieszczenie lodowców w Europie podczas pleistocenu.** (Z Neumayra).

słabsze od poprzednich. Wobec tego przedstawia się podział pleistocenu w sposób następujący:

doba polodowcowa (postglacjalna)
trzecia doba lodowa
druga doba międzylodowcowa
druga doba lodowa

[1]) Należy zaznaczyć, że także dzisiaj przyjmują niektórzy jedno zlodowacenie (monoglacjaliści, np. Frech, Geinitz), podczas którego lodowiec jedynie wahaniom ulegał.

pierwsza doba międzylodowcowa
pierwsza doba lodowa
doba przedlodowcowa (preglacjalna).

W Alpach wyróżnili Penck i Brückner cztery doby lodowe, angielscy geologowie (Geikie) aż sześć i pięć pomiędzy niemi leżących międzylodnikowych, z nich odpowiada druga (saxonian) pierwszemu zlodowaceniu wedle ogólnie przyjętego podziału, trzecia (polandian) drugiemu, a czwarta (mecklemburgian) trzeciemu. Za Penckiem i Brücknerem używa się też podziału na cztery doby lodowe, a czynią to także geologowie amerykańscy.

Wytłumaczenie przyczyn epoki lodowej należy do najtrudniejszych zagadnień geologji. Mówiliśmy już poprzednio (str. 11) o teorji Arrheniusa; zmiana nachylenia osi ziemskiej, położenie biegunów, ekscentryczność drogi ziemi, przechodzenie systemu słonecznego przez zimne przestrzenie, obfitsze plamy na słońcu, zmiany prądów morskich, oto niektóre z przyczyn, które miały spowodować epokę lodową. Wytłumaczenie było tem trudniejsze, iż przedtem niewiedziano, że zlodowacenia istniały równocześnie na obu półkulach. Znalezione ślady wielkich zlodowaceń pleistoceńskich, nietylko w południowej Ameryce, ale także w Nowej Zelandji przekonało nas, że doba lodowa nawiedziła równocześnie półkulę północną i południową. Ponieważ, jak już wiemy, doba lodowa przedtem co najmniej dwukrotnie [1]) pojawiała się na ziemi, przeto podanie jej przyczyn jest tem trudniejsze.

W tych czasach nietylko obniżyła się temperatura, chociaż nieznacznie, ale także zwiększyła się ilość atmosferycznych opadów. Wiemy dobrze, że obecność lodowców jest zależną od ilości opadłego śniegu, który im daje początek, dlatego też J. Walther nazywa ten czas nie dobą lodową, lecz śnieżną.

Jaką była temperatura podczas tej epoki, powiedzieć nie możemy. Z początkiem pleistocenu (doba przedlodowcowa) była wyższą od obecnej, obniżała się wprawdzie podczas okresów lodowych, ale ocieplała się podczas międzylodnikowych, a po ostatecznem cofnięciu się lodowców, ociepliła się znowu.

Zmiany klimatyczne musiały się odbić we florze i faunie. Flora okresów przed i międzylodnikowych jest naturalnie cieplejszą, a lodowych odmienną, znamienną gatunkami polarnymi, jak *Betula nana*, *Dryas octopetala* i t. p. U zwierząt ssących naszych obszarów sprowadziła doba lodowa gwałtowne zmiany. Przyzwyczajone do cieplejszego klimatu zwierzęta plioceńskie cofnęły się ku południowi, lub też uległy zagładzie, o ile niedostosowały się do nowych warunków. Równocześnie przybyła z północy fauna polarna, a więc wół piżmowy, ren, rosomak i t. p.,

[1]) W erze eozoicznej (str. 192) i w perjodzie karbońskim (str. 236—237).

które wróciły do swych dawnych siedzib, gdy klimat się ocieplił, chociaż niektóre z nich pozostały na wysokich górach, znajdując tu nadal dogodne dla siebie warunki (kozica i świstak). Wśród naszej obecnej fauny nie brak gatunków północnego pochodzenia, zwanych reliktami lodowcowemi, jak np. z motyli *Argynnis freya* i *frigga*, *Colias palaeno*, z chrząszczy *Carabus maeandroides*, ze skorupiaków *Branchinecta paludosa*, *Lepidurus arcticus*, z wirków *Planaria alpina* i szereg innych.

Na podstawie kolejnego pojawiania się różnych faun wielkich zwierząt ssących wyróżniamy w pleistocenie trzy okresy: 1) najstarszy okres *Elephas antiquus*, 2) okres mamuta (Elephas primigenius), 3) okres rena. Szczegółowo omówimy tę rzecz później.

Lodowiec północny. Wiemy już, jaki obszar zajął wielki lodowiec północno-europejski. Z półwyspu skandynawskiego, który był dawniej wyższy niż obecnie, zesunęły się lodowce we wszystkich kierunkach. Dążące ku północy i ku zachodowi dostały się wkrótce do morza, a te, które skierowały swą drogę ku południowi i ku wschodwi, dostały się po przebyciu niecki morza bałtyckiego na niż europejski.

Grubość lodowca w miejscach najniżej położonych była potężna (1000 m. i więcej), ale nawet tam, gdzie kończył się lodowiec, a więc np. u podnóża Karpat, była jeszcze znaczną (50—100 m.). Dolinami rzek karpackich wchodziły języki lodowców dosyć głęboko w Karpaty, (np. doliną Wisłoka i Wisłoki na 30 km. w głąb, Dunajca 25 km) osiągając w nich tylko nieznaczną grubość. Kierunek ruchu lodowców nie był naturalnie prostolinijny, gdyż właściwości terenu zmieniały go nieraz, a skały narzutowe, skamieliny przywleczone z daleka, nadto rysy na podłożu skalnem znaczą nam bieg jego.

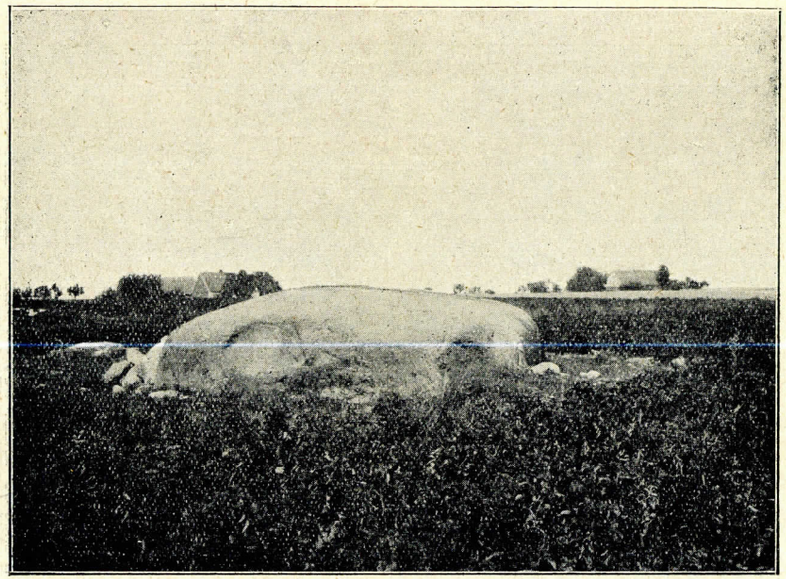
Dowodem pobytu lodowców jest materjał petrograficzny, który one przyniosły, gliny i margle moreny dennej zawierają bowiem skały krystaliczne okolic północnych, jak granity, gnejsy, porfiry, a także odłamy skał osadowych, nieznanych w danej okolicy. Dowodzą go także rysy [1]), na skałach, po których się lodowiec przesunął, garby i kotły lodowcowe, olbrzymie moreny czołowe, arktyczna fauna i flora, nadto cały szereg form powierzchni ziemi przywiązanych do zlodowaconych obszarów, jak małe okrągłe jeziorka, zwane przez geologów niemieckich „Soelle", pagórkowate nagromadzenia piasków i żwirów zwane drumlinami i ozami.

Olbrzymia masa posuwających się lodów musiała wywierać niszczące działanie na podłoże, które nieraz zostało sprasowane, nawet sfałdowane, co znać dobrze na warstwach niżej leżących. Mioceńskie warstwy lignitowe, a więc i pokłady węgla zostały nieraz z tej przyczyny zaburzone i sfałdowane.

[1]) Widoczne na gipsach w Wapnie w Wielkopolsce i na wapieniach jurajskich okolicy Barcina; z Wapna opisywano kotły lodowcowe.

Głównym materjałem przyniesionym przez lodowce są gliny morenowe, będące pozostałością moreny dennej. Są to gliny w stanie świeżym siwe, po wyschnięciu żółtawe, lub szare, zawierające wielką ilość mniej, lub więcej otoczonych kawałków skalnych północnego pochodzenia. Ze względu na zawartość roztartych skał wapiennych zawierają wiele węglanu wapniowego, są więc właściwie marglem.

Ilość głazów przyniesionych przez lodowce jest wprost olbrzymią. Wedle obliczeń przyniosły lodowce na niż europejski 700.000 km.^{3} materjału skalnego, o tę ilość musiały się obniżyć obszary, z których ten



Ryc. 322. «Kamień św. Wojciecha». Głaz narzutowy w Budziejewku. (Wedle fotografji autora).

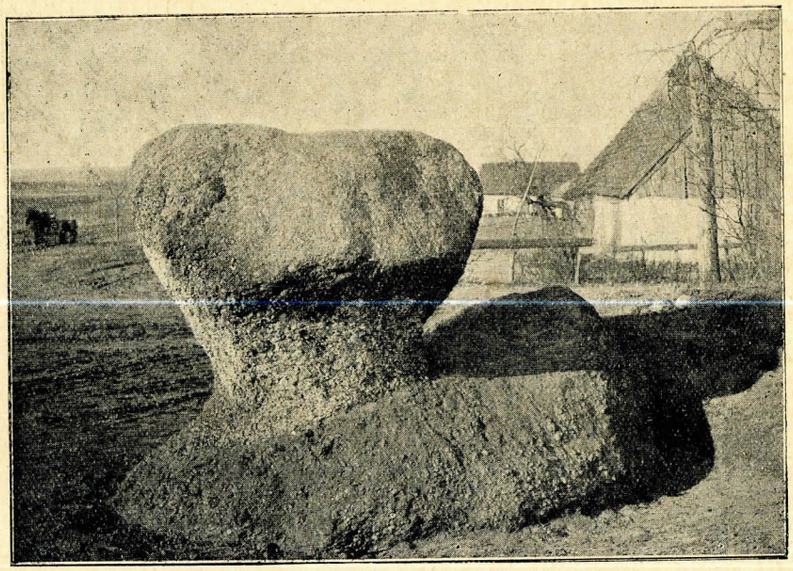
materjał pochodzi. (Skandynawja, Finlandja). Między głazami nie brak olbrzymów dochodzących objętości kilkuset metrów sześciennych, do większych należy np. kamień św. Jadwigi w Jedlcu koło Pleszewa w Wielkopolsce, na 5 m. wysoki, a mierzący 21 m. obwodu, kamień św. Wojciechą (ryc. 322) w Budziejewku w powiecie wągrowickim, który jest wzniesiony nad ziemię wprawdzie tylko na 1·5 m., ale mierzy prawie 20 m. obwodu, Zaklęta Karoca (ryc. 323) około Margonina [1]) również w Wielkopolsce, lub znany kamień Filaretów na Litwie.

Wiemy, że lodowiec skandynawski trzykrotnie posuwał się ku południowi, że więc wyróżniamy trzy lodowcowe epoki. Zwolennicy jednej

[1]) Ten głaz narzutowy (granitowy) jest przykładem wietrzenia sprowadzającego kształty skał do grzyba podobne (por. str. 108).

tylko epoki lodowej mówią o oscylacjach lodowca, który wysuwał się kilkakrotnie ku południowi. Wydaje się jednakowoż, że cofanie się lodowców podczas okresów międzylodowcowych było bardzo energiczne, gdyż wróciły one aż do gór Skandynawskich, a w takim razie samodzielność okresów lodowych jest niewątpliwa.

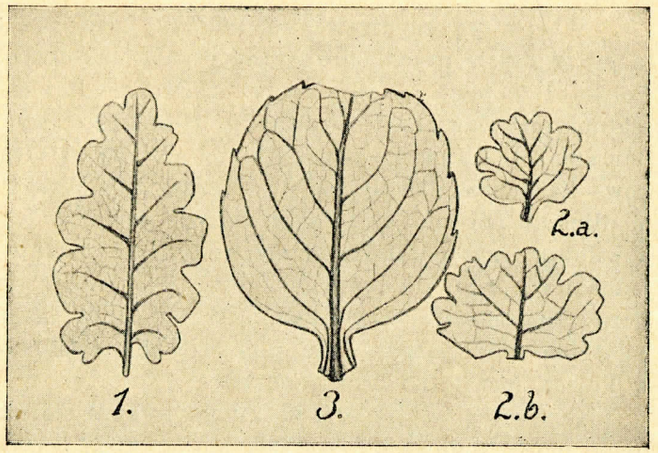
Południowa granica pierwszego zasięgu lodowców jest równocześnie granicą największego ich zasięgu (ryc. 321). Jak daleko sięgały u nas lodowce podczas drugiego zlodowacenia, dokładnie nie możemy powiedzieć, prawdopodobnie nieco więcej na południe od linji biegnącej dolnym biegiem Wieprza i Pilicy.



Ryc. 323. **«Zaklęta Karoca»**. Głaz narzutowy w Atanazynie około Margonina. (Wedle fotografji).

Cofające się lodowce miały czasy postoju, im odpowiadają wały moren czołowych nierzadkie na całym niżu; najlepiej zachowały się szeregi moren młodszego zlodowacenia, ponieważ przez erozję mniej zniszczone zostały. Oprócz lodowcowych mają ważne znaczenie utwory międzylodnikowe z odrębną fauną i florą. Należą do nich piaski i iły warstwowane, także torfy. W iłach i torfach leżących na morenie dennej należy do częstych znajdowań flora o charakterze północnym, na którą składają się: *Dryas octopetala*, *Salix polaris*, *Betula nana* (ryc. 324) tworzące t. zw. florę dryasową. Ze zwierząt zasługują na uwagę kości zw. ssących, o których chronologicznem następstwie była już mowa, a także ślimaki, z których *Paludina diluviana* przywiązana jest do pierwszego

okresu międzylodnikowego. Dla całego obszaru pomiędzy Bałtykiem, a Bydgoszczą i Inowrocławiem jest charakterystyczna warstwa mięczaków morskich (*Cardium edule*, *Nassa reticulata*, *Cerithium lima*), której położenie nie zostało dokładnie określone, chociaż przeważnie do pierwszego okresu międzylodnikowego zaliczaną bywa. Z niektórych wierceń wynika, że leżą one nad iłem poznańskim, a pod moreną dolną, byłyby więc utworem przedlodowcowym i dowodziłyby dawnego zasięgu morza. Znacznie wyżej leżąca warstwa małży morskich z *Yoldia arctica* i z innemi małżami o północnym charakterze, później omówioną będzie.



Ryc. 324. **Rośliny polarne.** 1 – *Dryas octopetala*, 2 – *Salix polaris*, 3 – *Betula nana*. Krystonopol koło Sokala. (Wedle Szafera).

W pleistocenie ulegały kierunki rzek Polski zmianom, które w znacznej części odcyfrować możemy. Dotychczas przedstawiano rzecz w ten sposób: wody Karpackich dopływów Wisły płynęły dawniej ku wschodowi wpadając razem ze Sanem do Dniestru. Wysoko płynące jego wody nie wytworzyły jeszcze wówczas tych głębokich jarów, któremi obecnie płynie, lecz rozlewając się szeroko po płaskowyżu podolskim zostawiły liczne żwirowiska [1]). Dopiero podczas cofania się lodowca ku północy wytworzony przełom Wisły pod Zawichostem skierował jej wody w tym kierunku. Ponieważ cofający się lodowiec był jeszcze na obszarze niżu, nie mogły wody Wisły płynąć swobodnie ku północy, lecz płynęły poniżej Warszawy razem z wodami Bugu i Narwi doliną Bzury i Neru ku Warcie, a z nią do Odry i Łaby (dolina warszawsko-berlińska, ryc. 74). Gdy lodowiec cofnął się dalej ku północy, porzuciły wody Wisły dawny zachodni kierunek i skierowały się również ku północy. Jeszcze raz zatrzymał lodowiec koło Torunia wody Wisły, które też kierują się ku zachodowi płynąc doliną Brdy, Noteci, następnie Warty i Odry również ku Łabie (dolina toruńsko-eberswaldzka), a dopiero ostateczne cofnięcie się lodowca spowodowało zwrócenie się Wisły wprost ku morzu w kierunku północnym.

[1]) Na powierzchni płaskowyżu podolskiego znajdujemy po obu brzegach Dniestru żwirowiska pleistoceńskie leżące około 100 m. ponad poziomem tej rzeki.

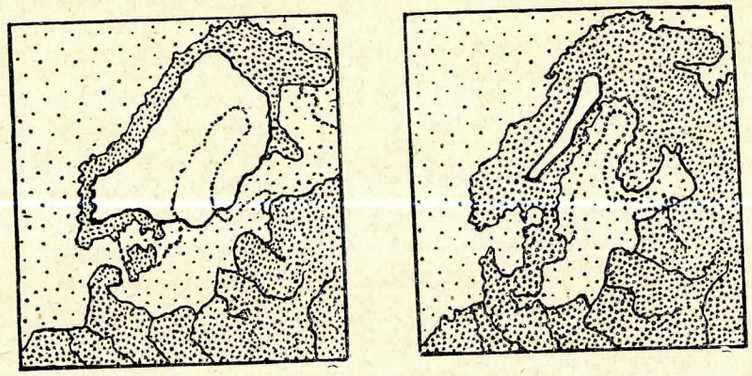
Wbrew tym zapatrywaniom twierdzi Samsonowicz [1]), że Wisła istniała już w czasie przedlodowcowym płynąc, jak obecnie, prawie przez całą Polskę i że bieg jej odpowiada przeważnie linjom tektonicznym (linje tektoniczne: Zawichost-Kurdwanów, Hernad Puławy, Berdo-Narol-Skanja, por. str. 36). Pierwszej z tych linij odpowiada jej bieg na przestrzeni Kraków—Zawichost, drugiej na przestrzeni Zawichost-Puławy, a trzeciej od Modlina do Torunia. Podczas dłuższych postojów lodowca przelewały się chwilowo przez pobliskie działy wodne, po ustaniu przeszkody wracały jednakowoż wody do dawnego koryta. Przyjmując podział na 4 doby zalicza Samsonowicz, jak Limanowski [2]), doby lodowe Polski do dwu ostatnich zlodowaceń; dwie pierwsze nie miały się wcale zaznaczyć w Polsce, lecz tylko na zachodzie.

Oczywistą jest rzeczą, że klimat zmienił się na obszarach opuszczonych przez lodowiec. Osuszały się bagniska porosłe zrazu jałową roślinnością i po okresie północnej tundry nastaje klimat stepowy; z osuszonego lodowcowego materjału zwiewa wiatr piasek w wydmy. Równocześnie tworzy się z wywianych części iłowych glina nawiana, zalegająca w Polsce zbocza Karpat, wzgórz Krakowskich, gór Świętokrzyskich, Wołyń i Podole, a znajdująca się także w innych krajach na zachodzie, a mianowicie w Niemczech i w północnej Francji. Znajdowane w niej resztki ślimaków lądowych, z których są najczęstsze: *Helix hispida*, *Pupa muscorum*, *Succinea oblonga* (ryc. 325) dowodzą jej lądowego pochodzenia, a kości zwierząt ssących właściwych okolicom stepowym, jak suseł *(Spermophilus)*, skoczek *(Alactaga)*, ślepiec *(Spalax)*, bobak *(Arctomys bobac)*, antylopa suhak [3]) *(Saiga tatarica)* dowodzą, że obszary zajęte przez glinę nawianą były stepem, który zaludniła fauna od wschodu przybyła. Dopiero później ustępują stepy miejsca lasom; zamiast stepowej żyje fauna leśna, lecz jest to już początek dzisiejszej doby.

Ryc. 325. **Ślimaki z gliny nawianej.** 1—*Pupa muscorum*, 2—*Helix hispida*, 3—*Succinea oblonga*. (Z Neumayra).

Dotknąć nam jeszcze należy historji morza Bałtyckiego. Nie możemy powiedzieć, kiedy powstało; nie jest rzeczą niepewną, czy istniało z początkiem pleistocenu, Limanowski odnosi jego powstanie do okresu poprzedzającego pierwsze zlodowacenie w Polsce. W każdym razie z końcem ostatniej doby lodowej była temperatura tego morza dosyć niską, na co wskazują charakterystyczne małże zwłaszcza *Yoldia arctica*, stąd też ten okres otrzymał nazwę yoldiowego. Ku północy łączyło się wówczas morze Bałtyckie z oceanem Północnym, a ku zachodowi szerokim kanałem z morzem Niemieckiem (ryc. 326). Po tym okresie spowodowanym przez obniżenie się dna morza nastąpił okres tak energicznego podniesienia się, że morze to zamieniło się w olbrzymie, zamknięte jezioro o faunie słodkowodnej, zwane ancylusowem od ślimaka *Ancylus fluviatilis*. Z kolei nastąpił okres obniżenia się dna, wskutek czego wytworzyło się połączenie z morzem Niemieckiem, a woda stała się półsłoną; ze ślimaków jest wtedy częsty gatunek *Littorina littorea*, skąd też nazwa okresu litorinowego. Obecnie jest morze Bałtyckie w okresie myowym, nazwanym tak od małży *Mya arenaria*. Na okres pleistoceński wypada tylko okres yoldiowy i ancylusowy.

Na wzmiankę zasługują wreszcie pieczary, które często (por. str. 52) zawierają kości zwierząt pleistoceńskich. Najczęstszym jest z nich niedźwiedź jaskiniowy, nadto hiena i lew jaskiniowy, mamut, ren, wół piżmowy, a wreszcie kości i wyroby człowieka. W Polsce należą do najlepiej zbadanych pieczary Ojcowa [1]), w których znaleziono: *Ursus spelaeus* (najczęstszy), *Ursus arctos*, *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Cervus tarandus*, *C. alces*, *C. elaphus*, *Hyena spelaea*, *Felix spelaea*, *F. lynx*, *Canis lupus* nie licząc wielu mniejszych i człowieka.



Ryc. 326. **Fazy morza Bałtyckiego.** 1 — morze yoldiowe, 2 — ancylusowe. Gęste kropki oznaczają ląd, rzadkie—morze, kolor biały—lodowce.

Lodowce w Alpach i Tatrach. Równocześnie z okresem lodowym na niżu, powstały wielkie lodowce w Alpach, w których ze względu na znaczne obniżenie temperatury linja wiecznego śniegu leżała o 1200—1300 m. niżej, jak obecnie. Nic dziwnego, że nie tylko lodowce istniejące spotężniały do olbrzymich wymiarów, ale miały je także szczyty niższe, obecnie pozbawione lodowców. Wszystkie znane nam lodowcowe objawy znajdujemy dzisiaj w Alpach w wielu miejscach nie zajętych

[1]) J. Samsonowicz: Zastoiska lodowcowe nad górną i środkową Wisłą. Sprawozd. Polskiego Instytutu Geol. t. I. Warszawa 1922.

[2]) M. Limanowski: O znaczeniu iłów wstęgowych Chełmna dla stratygrafji dyluwjum Pomorza, ibidem.

[3]) Oprócz tego nosorożec, mamut, ren, wół piżmowy etc.

[1]) G. Ossowski: Jaskinie okolic Ojcowa pod względem paleontologicznym. Pamiętnik Akad. Krakowskiej t. II. Kraków 1885.

przez lodowce, a więc olbrzymie bloki erratyczne (największy wagi 15.000 ton), garby i kotły lodowcowe, rysy na skałach, a wreszcie moreny czołowe leżące dzisiaj na nizinach u stóp Alp. Przykładem mogą być moreny zamykające jezioro Garda na nizinie lombardzkiej, lub koło miejscowości Ivrea, gdzie wał przez nie utworzony jest 600 m. wysoki.

Jak na niżu, tak też i w górach nie była jedna epoka lodowa, lecz następowało ich kilka z przerwami po sobie. Wedle Brücknera i Pencka były w Alpach cztery epoki lodowe i trzy międzylodnikowe, dla pierwszych użyli nazw: Günz (najstarsza), Mindel, Riss i Würm. Każdej epoce lodowej odpowiadają żwiry będące materjałem moreny dennej, a każdej epoce międzylodnikowej wzmożona erozja wód, a więc strome brzegi terasy.

Resztki roślinne i zwierzęce znane są z utworów międzylodnikowych i one dostarczają nam wniosków o klimacie. Znana jest np. flora brekcji z Höttingen na północ od Insbruku w Tyrolu, znajdującej się pomiędzy warstwami dwu glin morenowych. Zawiera ona obok roślin dzisiaj na tem miejscu rosnących, także: *Rhododendron ponticum*, *Buxus sempervirens* i inne rosnące dzisiaj nad morzem Czarnem. Dowodzą one ciepłego klimatu międzylodnikowej doby, ale wskazują nam także drogę, którą wdzierała się wówczas roślinność w alpejskie doliny. Tuż przy utworach morenowych spotykamy roślinność borealną, a więc znaną nam już florę dryasową.

Nie tylko w Alpach, ale także w innych górach wolnych obecnie od lodowców, leżała linja wiecznego śniegu tak nisko, że były pokryte lodowcami; Szwecja, półn. Anglja, Irlandja, Owernja, we Francji, Wogezy, Czarny Las i Góry Olbrzymie w Czechach miały własne lodowce. Nic dziwnego, że były wówczas zlodowacone najwyższe góry Polski, a dotyczy to z jednej strony Tatr, z drugiej zaś strony najwyższych wzniesień karpackich: Babiej Góry na zachodzie, a Czarnohory we wschodnich Karpatach.

Pleistoceńskie zlodowacenie Tatr czeka jeszcze na szczegółowe opracowanie. Wiemy, że wtedy linja wiecznego śniegu leżała znacznie niżej, że lodowce spływały dolinami zarówno z północnej, jak też i z południowej strony Tatr, a wynikiem ich działania są z jednej strony wysoko położone kotły w litej skale (kary) wypełnione wodą, które dały początek wysoko położonym jeziorkom i stawom tatrzańskim (ryc. 110 i 111), a nadto zamknięte morenami doliny, w których powstały jeziora jak Morskie Oko, Szczyrbskie, lub Stawy Toporowe, o tych zjawiskach była jednakowoż już poprzednio mowa (str. 102—104). Ślady zlodowacenia znajdujemy równocześnie na Babiej Górze [1]), gdzie w pleistocenie leżała linja wiecznego śniegu, jak w Tatrach, na wysokości 1500—1600 m.,

[1]) L. Sawicki: Krajobrazy lodowcowe zachodniego Beskidu. Rozprawy Ak. Krak. Wydz. mat.-przyrodn., serja A. t. 13. Kraków 1914.

a także na Czarnohorze [1]) i Świdowcu [2]), gdzie granice jej wynoszą 1450—1528 m. Ślady zlodowacenia zachowały się tam przeważnie tylko pod postacią kotłów (np. Mokry Stawek na Babiej Górze).

Niezlodowacone obszary Europy kryją w rzecznych żwirach, wapiennych tufach i w pieczarach resztki dawnej fauny; znaczne obszary poza brzegiem zlodowacenia zajmuje też glina nawiana. Jakkolwiek naogół ówczesny rozkład lądów i mórz w Europie niewiele się różnił od obecnego, to przecież zaznaczają się różnice. Anglja łączyła się jeszcze z półn.-wschodnią Francją, gdyż nie było jeszcze cieśniny Kaletańskiej, Korsyka i Sardynja łączyły się z południową Francją, Malta razem z Sycylją należała przedtem do Afryki, ale po oddzieleniu się od tej części świata tworzyły jeszcze obie te wyspy jedną całość.

Dziwnym kolejom ulegało wielkie Aralo-Kaspijskie jezioro. Pozostałość po zamkniętem morzu sarmackiem rozdzieliło się już z początkiem pleistocenu na jezioro Kaspijskie i Aralskie, które były z sobą w związku. Pierwsze sięgało na zachód po morze Czarne, z którem łączyło się cieśniną. Dopiero później, może z początkiem epoki aluwjalnej, zapadł się obszar dzisiejszego morza Egejskiego, przez Dardanele wtargnęły wody słone do Bosforu, będącego zatoką morza Czarnego i złączyły je ze Śródziemnem. Już wtedy ustało połączenie między morzem Czarnem i Aralo-Kaspijskiem, ostatnie zmniejszyło swój obszar i wreszcie rozdzieliło się na dwa jeziora, z których Aralskie leży dzisiaj o 71 m. wyżej od Kaspijskiego.

Pleistocen pozaeuropejski. Wiemy już (str. 335), że Syberja pomimo nader niskiej temperatury nie była pokryta lodami, małą jej część na północnym zachodzie wyjąwszy. Zapewne suchy klimat, a więc skąpe ilości opadów, był przyczyną tego zjawiska. W północnej Syberji i na wyspach Nowej Syberji znajdują się natomiast kilkadziesiąt metrów grube pokłady lodu martwego (str. 101—102) pochodzącego z pleistocenu, a przykryte pokładem żwirów, glin i piasków, które zawierają znaczne ilości kości mamuta i innych ówczesnych ssaków.

Ameryka północna była równocześnie z Europą zajęta przez lodowce, które tutaj sięgały dalej ku południowi. Zlodowacenie pochodziło z czterech głównych ośrodków, wyróżniają więc zlodowacenie Kordyljerów, kewatyńskie, labradorskie i grenlandzkie, nie licząc mniejszych. Wszystkie dla lodowców charakterystyczne zjawiska (moreny, głazy erratyczne, rysy lodowcowe) widzimy i tutaj. Geologowie amerykańscy wydzielają dzisiaj czterokrotne zlodowacenie, które otrzymały nazwy: Jersey

[1]) St. Pawłowski: Ze studjów nad zlodowaceniem Czarnohory. Prace Tow. Nauk. Warszawskiego. Warszawa 1915.

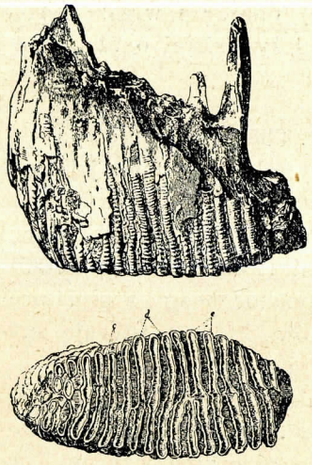
[2]) E. Romer: Epoka lodowa na Świdowcu. Rozprawy Akad. Krak. Wydział mat.-przyrodn. tom 46, serja A. Kraków 1906.

(najstarsze), Kansas, Illinois i Wisconsin. Największem było zlodowacenie drugie, wielkie moreny czołowe, a nadto liczne, olbrzymie jeziora pozostały po ostatniem. Na zachód od lodowca labradorskiego powstało olbrzymie jezioro Agazisa, którego dawne brzegi są wzniesione na 350 m. nad dzisiejszą jego powierzchnią, małą jego pozostałością są jeziora Winnipeg, Manitoba i inne. W tymże samym czasie stał się wilgotniejszym klimat w wielkiej zaklęsłości na zachód od gór Skalistych i wtedy wytworzyły się wielkie jeziora, jak np. Bonneville w stanie Utah, którego pozostałością jest Wielkie Jezioro Słone, a jezioro Lahontan w Newadzie. Wiemy także (str. 58), że podczas doby lodowej zasypały lodowce dawny odpływ jeziora Erie, wskutek czego wody jego zaczęły wytwarzać nowe koryto i wyżłobiły obecny kenion rzeki św. Wawrzyńca poniżej Niagary.

O stosunkach południowej Ameryki pomówimy wkrótce, gdy zapoznamy się z tamtejszą, pleistoceńską fauną.

FAUNA PLEISTOCEŃSKA.

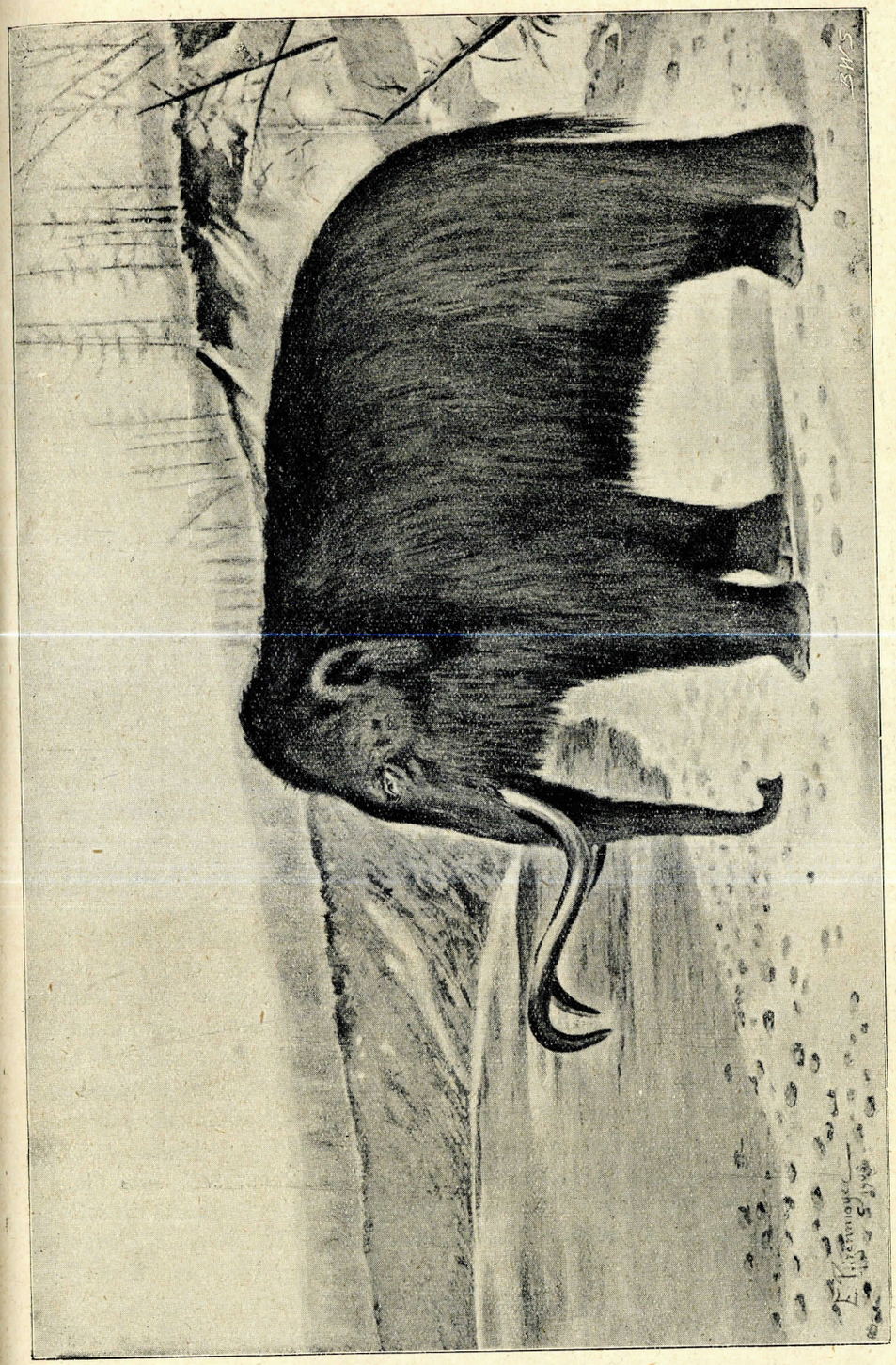
Naogół bardzo wprawdzie do dzisiejszej zbliżona, przedstawia jednakowoż fauna pleistocenu pewne różnice, najlepiej zaznaczone w świecie zwierząt ssących. Jest ona rozmaitego pochodzenia, gdyż tworzą ją z jednej strony pozostałości fauny trzeciorzędowej, które dostosowały się do zmienionych warunków bytu, częściowo zaś formy północnego pochodzenia, które przybyły z lodami, względnie też wschodnie, stepowe, które tu się dostały podczas stepowego, polodowcowego okresu.



Ryc. 327. **Ząb trzonowy mamuta** z boku i z góry widziany. e—szkliwo, d—dentyna, c—cement. (Z Zittla).

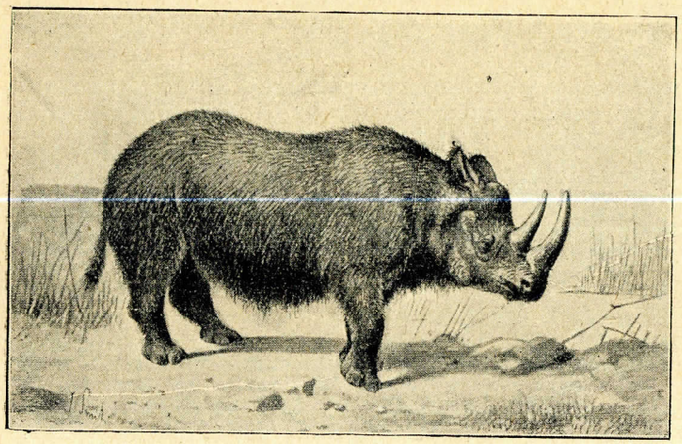
Z trąbowców żyją z początkiem pleistocenu *Elephas antiquus* i *E. meridionalis*, znane nam już z pliocenu; ostatni do 4 m. wysoki, był przecież nieco mniejszy od pierwszego. W Polsce nie są częste resztki (przeważnie zęby trzonowe) *E. antiquus*, natomiast, jak wszędzie, do najczęstszych należą kości mamuta *(E. primigenius)*, słonia lodowej doby, który pojawił się już w przedlodowcowych utworach Anglji (forest beds [1]). Długa do połowy metra) sierść pokrywała jego ciało, zęby trzono-

[1]) Tą nazwą obejmują w południ.-wschodniej Anglji (Norfolk) żwiry i piaski leżące na plioceńskim cragu, przykryte utworem morenowym, a zawierające mieszaną faunę, częściowo o cieplejszym klimacie *(Elephas Trogontherii, antiquus, meridionalis, Rhinoceros etruscus, Equus Stenonis* i t. p.).



Ryc. 328. **Mamut odtworzony.** (Wedle Pfitzenmayera).

we (ryc. 327), wysokie, a szersze niż u innych słoni, miały liczniejsze poprzeczne jarzma, olbrzymie zaś siekane szczęki górnej, mylnie kłami zwane, miały inny przebieg, jak je zwyczajnie przedstawiają na rycinach, gdyż zrazu proste, zakrzywiały się następnie ku górze, a potem pod kątem prostym ku dołowi; całkowita ich długość dochodziła 4 m. Mamut był większy od słonia azjatyckiego, do którego jest zbliżony, a mniejszy od *E. antiquus*. Ryc. 328 przedstawia nam podobiznę mamuta wedle nowych odtworzeń. Jak mówiliśmy, należą kości mamuta do najczęstszych resztek wśród utworów pleistoceńskich, zarówno lodowcowych, jak też polodowcowych np. w glinie nawianej; widocznie żył całemi gromadami w Europie [1]) i na Syberji. Mamut należy jednakowoż do tych nielicznych zwierząt pleistoceńskich, które zachowały się ze skórą i z innemi miękkiemi częściami ciała, głównie w martwym lodzie syberyjskim. Pierwsze wiadomości o zwłokach mamuta zachowanych w ten sposób pochodzą wprawdzie już z końca XVII wieku, jednakowoż pierwsze kawałki skóry znalazł w roku 1806 przyrodnik Adams, który je przywiózł do Petersburga, wtedy ustalono też, że mamut był pokryty długim włosem. Później znajdowano kilkakrotnie zwłoki mamuta, najzupełniejszym był okaz znaleziony w r. 1901 nad Berezówką (dopływ Kołymy), a o ilości resztek tego zwierzęcia znajdowanych na Syberji i na wyspach tamtejszych najlepiej świadczyć może fakt, że około $^1/_3$ kości słoniowej znajdującej się w handlu, pochodzi z mamutów syberyjskich.



Ryc. 329. *Rhinoceros antiquitatis* odtworzony.

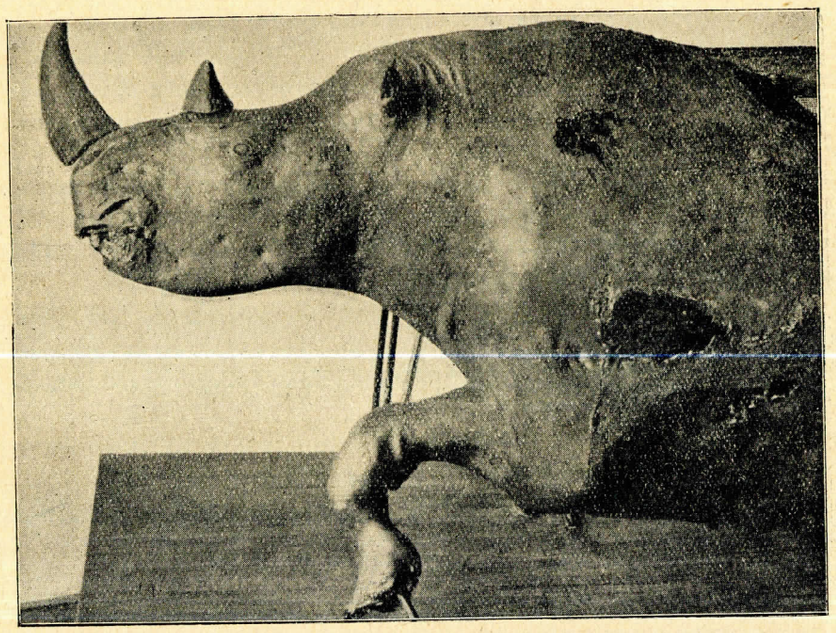
W tych wypadkach niska temperatura zachowała przed gniciem zwłoki mamuta, nafta zaś mamuta znalezionego w szybie woskowym w Staruni koło Nadwórnej. W r. 1907 znaleziono w tej miejscowości, przy pogłębianiu szybu woskowego, w głębokości 12 m., w glinie pleistoceńskiej, przepojonej naftą i solą, niezupełny szkielet mamuta częściowo jeszcze więzadłami spojony i kawałki skóry.

Oprócz poznanych gatunków słonia żyły także i inne np. *E. meli-*

[1]) Najbardziej na południe wysunięte znajdowania mamuta są w półn. Włoszech.

tensis i *E. Falconeri;* pierwszy wielkości cielęcia żył na Malcie i na Sycylji. Owe karłowate formy wytworzyły się, być może, na tej wyspie po oddzieleniu się jej od kontynentu afrykańskiego. Wiemy już, że w południowo-wschodniej Azji, również w Ameryce północnej, zachowały się do pleistocenu *Mastodon* i *Stegodon*.

Z nosorożców najstarszym jest *Rhinoceros leptorhinus* o nieskostniałej przegrodzie nosowej, również *R. etruscus*. Dla lodowego okresu jest znamienny *R. Mercki*, szczególnie zaś *R. antiquitatis (=tichorhinus)* (ryc. 329) o silnie stwardniałej przegrodzie nosowej i o dwu rogach.



Ryc. 330. *Rhinoceros antiquitatis* ze Staruni. Z Muzeum im. Dzieduszyckich we Lwowie.

Ostatni, zwyczajny towarzysz mamuta, żył nie tylko w Europie, ale także na Syberji, gdzie zwłoki jego, chociaż nie zupełne, znajdują się czasem obok mamutowych, a na nich przekonano się, że nosorożec był także włosem pokryty. W szybie woskowym Staruni znaleziono razem z mamutem i z innemi resztkami roślinnemi i zwierzęcemi także to zwierzę. Wydobyta przednia część ciała znajduje się w Muzeum Dzieduszyckich we Lwowie (ryc. 330). Odpowiada ona osobnikowi młodemu, w całości około 3·5 długiemu, a wysokiemu na 1·7 m. Wedle Niezabitowskiego [1]), który go opisał, jest nosorożec staruński, jak wogólności nosorożec wło-

[1]) W pracy zbiorowej. Wykopaliska staruńskie. Kraków, 1914, nakład muzem im. Dzieduszyckich.

chaty, zbliżony do afrykańskiego nosorożca białego (*Rh. simus*) żyjącego nie w lasach, lecz na trawiastych przestrzeniach.

Nosorożcowi było pokrewne dziwaczne zwierzę wielkości słonia o nabrzmiałości na kości nosowej, na której prawdopodobnie umieszczony był róg potężny. Jest to *Elasmotherium sibiricum*, znajdowane nietylko w pleistoceńskich utworach Syberji i Rosji, ale całej Europy. Być może, iż to zwierzę żyjące w Europie razem z człowiekiem, było przyczyną rozpowszechnionych w czasach średniowiecznych podań o jednorożcu. Najdłużej żyło zapewne na Syberji, gdyż tam są jeszcze u Tunguzów podania o olbrzymich zwierzętach opatrzonych rogiem.

Wymienić należy także konia *(Equus caballus fossilis)* częstego w Europie i zapewne już wtedy udomowionego. W pleistocenie Ameryki północnej żyje koń w kilku gatunkach, jednakowoż wymiera z początkiem obecnej doby, dlatego też, jak wiadomo, musiał być sprowadzonym z Europy po odkryciu Ameryki.

Z parzystokopytnych wspomniemy hippopotama *(Hippopotamus major)*, większego od obecnego afrykańskiego, który żył nie tylko w południowej Europie, ale także we Francji i w Anglji, jest więc południowym elementem w faunie europejskiego pleistocenu.

Z pustorogich zasługuje na uwagę wół, zwłaszcza dwa gatunki: *Bos priscus* i *Bos primigenius*. Pierwszy z nich to tur żyjący jeszcze w średniowiecznych czasach, a najpóźniej, bo dopiero przed niespełna 2 wiekami, w Polsce wytępiony, od którego pochodzą różne rasy bydła rogatego, drugim zaś żubr dyluwialny, poprzednik żubra litewskiego, którego ostatnie okazy wyginęły w puszczy Białowieskiej podczas wojny światowej. Zarówno kości tura, jak też żubra, są częste w utworach pleistoceńskich. Rzadszy od poprzednich wół piżmowy jest gościem z północy.

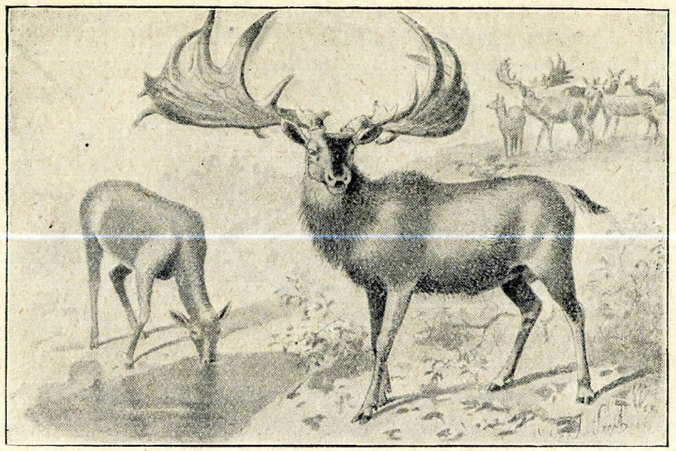
Z antylop wymienimy suhaka *(Saiga tatarica* var. *prisca)*, który dzisiaj zamieszkuje stepy południowej Rosji i środkowej Azji, a także kozicę, która w okresie lodowym żyła na nisko położonych obszarach, a dopiero po cofnięciu się lodowców zamieszkała góry.

Z pośród zwierząt pełnorogich oprócz jelenia, daniela i łosia zasługuje na uwagę ren, którego resztki częste w środkowej i północnej Europie należy odnieść do rena północno-europejskiego *(Rangifer tarandus)*. Starsze znajdowania odnoszą niektórzy do *R. grenlandicus*, co może nie jest usprawiedliwione. Największym jeleniem był jeleń olbrzymi *Cervus (Megaceros) euryceros* (ryc. 331); szkielety jego, najczęstsze w torfowiskach irlandzkich, znajdowane są zresztą w całej Europie; piękną czaszkę opisał Kiernik [1]) z pleistoceńskiego torfowiska w Ludwinowie pod Krakowem z warstwy leżącej pod gliną nawianą, a na lodowcowych żwirach.

[1]) E. Kiernik: Materjały do paleozoologji dyluw. ssaków ziem Polskich. Lwów, 1912, czas. Kosmos.

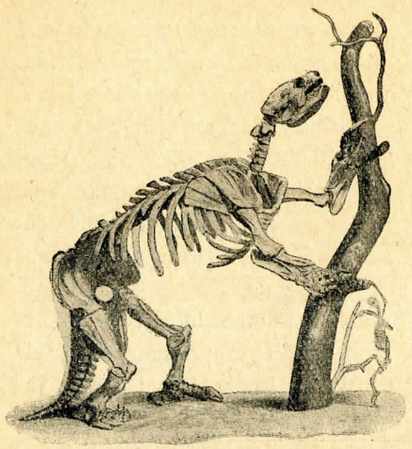
Ze zwierząt drapieżnych należą do największych lew jaskiniowy *(Felis spelaea)*, hiena jaskiniowa *(Hyena crocuta* var. *spelaea)* i niedźwiedź jaskiniowy *(Ursus spelaeus)*. Pierwszy z nich, znacznie większy od lwa dzisiejszego, nie jest częstym, chociaż rzadszym od niego jest *Machaerodus latidens* żyjący w starszym pleistocenie; hiena jaskiniowa jest odmianą dzisiaj żyjącej hieny pręgowanej. Niedźwiedź jaskiniowy, przewyższający ogromem największe niedźwiedzie dzisiaj żyjące, musiał być potężnym drapieżnikiem, a równocześnie nader pospolitym, gdyż kości jego należą do spotykanych najczęściej. Znacznych ich ilości, a także całych szkieletów, dostarczyły pieczary.

Jeżeli na tem kończymy krótki rys najczęstszych ssaków, to przecież wypadnie nam się zastanowić jeszcze nad przyczyną wymarcia pleistoceńskich olbrzymów. Jeżeli w niektórych wypadkach (lew i hiena jaskiniowa) mogły być klimatyczne wahania tego przyczyną, jest ona wykluczona u mamutów i nosorożców długim włosom pokrytych, które były wybornie przystosowane do ówczesnego, zimnego klimatu. Wytępił je zapewne człowiek, który pojawił się w tym okresie, polując na nie dla mięsa w podobny sposób, jak później, już w czasach historycznych, stał się przyczyną zagłady wielu zwierząt, jak bobra, tura, lub żubra.



Ryc. 331. *Cervus euryceros* odtworzony.

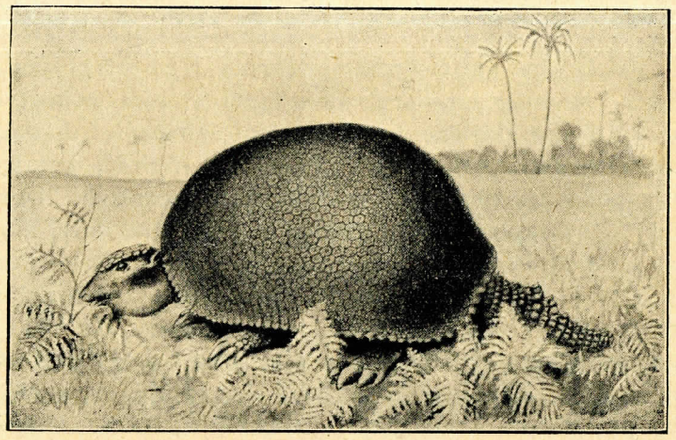
Fauna pleistoceńska północnej Ameryki jest nieco odmienna od europejskiej, gdyż te dwie części świata były wówczas już oddzielone. O niektórych zwierzętach *(Mastodon, Equus)* była już mowa (str. 349 i 350). Odrębny natomiast charakter miała fauna Ameryki południowej, gdzie znane nam już z trzeciorzędu szczerbaki doszły do olbrzymich wymiarów. Gliny pampasowe Argentyny i Patagonji, tworzące właściwą formację pampasową tych krajów, dostarczyły licznych szkieletów. Z ogromnych leniwców największym jest *Megatherium* (ryc. 332) wielkości słonia



Ryc. 332. *Megatherium* z pleistocenu Argentyny, obok dla porównania szkielet dzisiejszego leniwca. (Z Walthera).

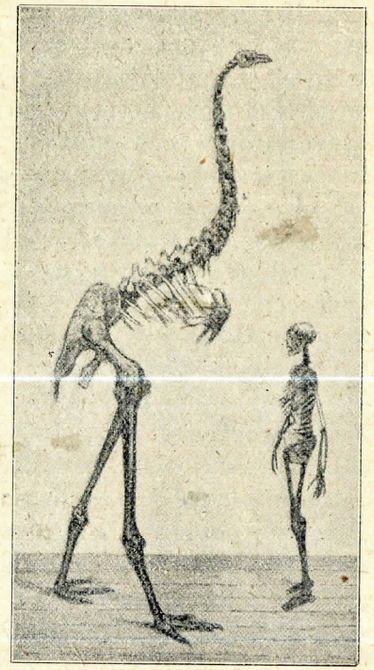
o silniejszych odnóżach tylnich, niż przednich i o silnym ogonie; może wspierał się o drzewa podnosząc się na tylnych odnóżach, aby objadać liście. Nieco mniejszym od niego, lecz równie niezgrabnym był *Mylodon* i *Grypotherium*. Oprócz nich zasługują na uwagę olbrzymie pancerniki (*Glyptodon* ryc. 333, *Panochthus*), do 3 m. długie. Te wielkie zwierzęta przetrwały pleistocen i musiały żyć jeszcze w stosunkowo niedawnych czasach, czego dowodzą kawałki skóry i kości, jeszcze ścięgnami złączone, znalezione razem z resztkami człowieka w pieczarach około Ultima Esperanza w południowej Patagonji.

Australję zamieszkiwała w tym czasie swoista fauna torbaczy, które i teraz tej części świata nadają odrębne piętno. Pleistoceńskie torbacze były nieraz większe od dzisiejszych np. drapieżny *Thylacoleo* wielkości lwa, lub roślinożerny *Diprotodon* wielkości nosorożca, a siekaczach gryzonia. Także pomiędzy ptakami nie brakło olbrzymów pokrewnych dzisiaj tam mieszkającym biegusom; największy z nich *Dinornis* (moa) ryc. 334 miał wyginąć w Nowej Zelandji dopiero przed niespełna 200 laty. Dodamy, że na Madagaskarze w utworach młodszych, bo już aluwjalnych, znajdują się resztki większego może jeszcze ptaka (*Aepyornis*), którego jaja miały 8 litrów objętości.



Ryc. 333. *Glyptodon* odtworzony.

Człowiek. Znamiennem dla pleistocenu jest pojawienie się człowieka, który był więc współczesny poznanej faunie pleistoceńskiej. Najstarsze jego resztki znaleziono w Mauer około Heidelbergu, wiek ich został określony jako staropleistoceński ze względu na resztki *Elephas antiquus*. Jest to tylko szczęka dolna, która niezgrabnym kształtem wskazuje na istotę stojącą w porównaniu do dzisiejszego człowieka na nader niskim stopniu. Nie jest *Homo Heidelbergensis*, gdyż tak nazwano rasę, do której należy odnieść ową szczękę, pierwszym człowiekiem na ziemi, gdyż pewną jest rzeczą, że początki rodu ludzkiego są starsze. Jakkolwiek rzekomy poprzednik człowieka *Pithecantropus erectus* Dub. z Jawy okazał się nie plioceńskim, jak dawniej sądzono, lecz pleistoceńskim i jakkolwiek naogół szkielety, nawet luźne kości człowieka pleistoceńskiego należą do nader rzadkich znajdowań, to przecież mamy inne dowody jego istnienia, a są niemi wyroby człowieka, więc broń, narzędzia i sprzęty. Wchodzimy tu już w zakres prehistorji, dlatego też ograniczymy się tylko na niektóre luźne wiadomości w tej mierze.



Ryc. 334. *Dinornis maximus*, obok szkielet człowieka. (Z Walthera).

W Europie pojawił się człowiek w jednym z okresów międzylodnikowych, kiedy z ociepleniem klimatu nastały warunki możliwe dla jego istnienia; pewną jest rzeczą, że niezależnie pojawił się on także w innych częściach świata. Z biegiem czasu nauczył się używać narzędzi, które sporządzał przeważnie z odłupanych kawałków kamienia (okres kamienny). Pierwsze narzędzia są niezgrabnie obrobione, niegładzone, a cały ten okres zwany paleolitycznym, lub kamienia łupanego, odnosimy do doby pleistoceńskiej, podczas gdy młodszy okres kamienia gładzonego, albo neolityczny, jak też następne okresy bronzu i żelaza, do najmłodszej, aluwialnej doby.

Wyroby pierwszego człowieka doskonalą się z biegiem czasu; oprócz krzemienia zaczyna używać także kości (igły, harpuny, ostrza), a także nawet rysować otaczające go przedmioty. Na tej podstawie oparty jest podział okresu paleolitycznego używany przez prehistoryków, chociaż niema on wielkiego geologicznego uzasadnienia, gdyż, jak wiemy, w tym samym czasie mogą mieszkać na ziemi, nawet obok siebie, ludy o róż-

nym stopniu kulturalnego rozwoju. Używany podział paleolitu jest następujący:

6 magdalenien
5 solutréen
4 aurignacien
3 moustérien
2 acheuléen
1 chelléen [1]).

Uzgodnienia tych podziałów z podziałem geologicznym pleistocenu nie udało się przeprowadzić. Wiemy tylko, że w dwu pierwszych okresach żył jeszcze *Elephas antiquus*, a były to zapewne okresy cieplejsze. W piętrze moustérien, odpowiadającem może ostatniemu zlodowaceniu, żył człowiek po jaskiniach, współczesnym był mu mamut i nosorożec włochaty, a obok kamiennych zaczynają się pojawiać narzędzia z kości. Od piętra zwanego aurignacien datuje się okres rena, narzędzi kostnych jest więcej, a są także rysunki i pierwsze próby rzeźby.

Jakkolwiek najstarsze wyroby człowieka, a także najstarszą czaszkę (z Mauer) odnieść należy do piętra szeleńskiego, a więc nie do najstarszego pleistocenu [2]), to przecież pewną jest rzeczą, że człowiek istniał już w dawniejszych czasach. Narzędzia, których on używał, zwane *eolitami*, są odłamami krzemienia, jakich wiele powstaje w przyrodzie, a nie celowo łupanemi. Kwestja eolitów znajdywanych w różnych krajach, a badanych głównie przez Rutota, nie jest jeszcze zamkniętą, w każdym razie naturalne odłamy krzemienia, które pierwotnemu człowiekowi służyły czas pewien za broń, czy narzędzie, muszą okazywać ślady zużycia, które też widzą zwolennicy eolitów na tych kawałkach skalnych. Wątpliwą jest jednak rzeczą, czy eolity znajdują się w miocenie, względnie nawet już w oligocenie, jak niektórzy sądzą.

UWAGI OGÓLNE.

Ruchy górotwórcze nie są znane z pleistocenu, natomiast epeirogenetyczne odbywały się w dalszym ciągu, czego dowodem są zmiany w rozkładzie lądów i mórz, które omawialiśmy poprzednio. Nie brak innych dowodów na istnienie tych ruchów, Haug tłumaczy niemi epokę lodową, twierdząc, że podniesienie się obszarów odpowiada okresom lodowym, a obniżenie się ich międzylodnikowym. W Polsce mówiono o ruchach epeirogenetycznych na Podolu w związku z wytworzeniem się

[1]) Nazwy pochodzą od miejscowości: Chelles k. Paryża, Saint Acheul k. Amiens, Le Moustiér w Dordogne, Aurignac w Haute Garonne, Solutré około Lyonu, Madelein w Dordogne.

[2]) *Elephas antiquus* był już na wymarciu, a pojawiał się już *E. primigenius*.

tamtejszych jarów, a także o ruchach tego rodzaju w Karpatach, chociaż tam przeważna ich część jest przedpleistoceńska.

Czynność wulkaniczna nie zamarła w pleistocenie. Na Islandji były czynne wulkany podczas całego tego okresu, wulkany Owernji wybuchały w dalszym ciągu, chociaż czynność ich była mniejszą jak w neogenie, we Włoszech powstały w tym czasie wulkany gór Albańskich, a na morzu Egejskiem grupy Santorinu (str. 144—145). W innych częściach świata (Stany Zjednoczone) była czynność wulkaniczna nie mniej wydatna.

Czasy najnowsze (aluwialne, napływowe) nie są celem badań geologa, na tem więc kończymy nasze rozpatrywania. Dodamy, że Haug dzieli czwartorzęd na trzy części: quaternaire ancienne, moyen i récent [1]) i że z nich pierwsze dwa poddziały odpowiadają pleistocenowi, ostatnie zaś napływowej dobie.

Ponieważ czynniki poznane poprzednio w ogólnej części naszych rozpatrywań działają w dalszym ciągu, przeto wygląd ziemi ulega zmianom i w obecnych czasach, zmieni się więc rozkład lądów i mórz, powstaną nowe pasma górskie, a dawne ulegną zniszczeniu, pojawi się nowa flora i fauna, gdyż w przyrodzie niema zastoju, lecz ustawiczna zmiana jest jej stałym objawem.

[1]) Nazywa je także: postpliocenem, pleistocenem i holocenem.

SKOROWIDZ

(liczby oznaczają stronice).

A

Ablacja 98
abrazja morska 87
acadien 199
Acanthoceras rhotomagense 288, 293, 299
Acer 305
Aceratherium 311
„ incisivum 327
acheuléen 354
Actaeonella 288, 296
Actinocamax granulatus 294, 300
„ quadratus 290
„ verus 294, 298, 300
„ westfalicus 294, 300
Adnet 275
Adschidarja 92
Aegoceras Davouei 273
„ Jamesoni 273
Aepyornis 352
aerolity 6
Aetosaurus 250, 251
Agazisa jezioro 346
Agnostes 198
akumulacja rzek 76–80
akwitańskie piętro 305, 321, 324
Alactaga 342
Albańskie jezioro 139
albien 283
algonkjańska era 190–192
allochtoniczne powstanie węgli 124
Allosaurus 268
Allotheria 269, 292, 309
Alnus 305
„ Kefersteini 333
alpejski system górski 170
Alpy 18,20,31,170–173,188,218 232,243,252–254,275–276, 295–296,320, 323, 343–344
Altvater 233
aluwjum 335
Alveolina 305
alweolinowe warstwy 321
Alwernja 254
Amaltheus ibex 273
Amaltheus margaritatus 273
„ spinatus 273
amb 236
Amblypoda 310
Amblypterus 240
Ameryka Północna 199, 211, 220–221, 256, 292, 301, 312, 334, 345–346
amonity 214
Amphipora 130, 213
„ ramosa 213, 218
Amu-Darja 66
anamezyt 302
Ananchytes ovata 285
anaptychus 263
Anarcestes 215
Anchitherium auraliense 312, 324, 334
Ancilla glandiformis 308
Ancylus fluviatilis 343
andezyt 17
Andrias Scheuchzeri 176, 327
Andy 282, 323
Angary płyta 169, 256
Anglja 196, 208, 217, 218, 230–231, 242, 251–252, 271, 292–293, 319, 329, 344
angoumien 293
anizyjskie piętro 252, 253
Annularia 223
anomalje grawitacyjne 6
Anomia alpina 256
Anoplotherium 313, 319
Anthracosia 239
Anthracotherium magnum 313, 324
Antilope 330
antracyt 123
antrakolitowy perjod 223, 238
antyklina 29
Apalachy 34
appendices stygmaryj 125
apt 283
Aptychus Didayi 296, 297
„ lamellosus 263
aptychy 263
Aralo-Kaspijskie jezioro 121, 345
Aralskie jezioro 80, 120, 345
Ararat 95
Araucaria 258
Araucarioxylon 239
„ Schrollianus 243
Arcachon 111
Archaegosaurus Decheni 240
Archaeocalamites radiatus 225
Archaeopteryx lithographica 269
„ Siemensi 269, 270
archaiczna era 186–189
Arctomys bobac 342
Ardenny 208–217
arenig 208
Argentyna 237, 351
Argynnis freya 338
„ frigga 338
Arietites 260
„ bisulcatus 214
„ Buklandi 273
„ obtusus 273, 277
„ raricostatus 273, 277
„ spiralissimus 261
armorykańskie pasma 170, 237–238
Armorykański masyw 188, 197
Arcestes intusilabiatus 249
Arno piętro z 305
Arpadites 249
artezyjskie studnie 44
Artyńsk 242
artyńskie piętro 240
aquitaniano 329
Asaphus 206
Ascoceras 205
Aspronisi 144
Aspidoceras 271
„ acanthicus 275
„ perarmatum 274
Astarte 296
Asterocalamites 225
Asti 329
astien 305, 324
Astylospongia praemorsa 201
asymetrja dolin 67
Atakama, rów 14
Atlantosaurus 267, 291, 301
atlantosaurus beds 267, 301
atlantycki typ lądów 15
atmosfera, skład chemiczny 11
atol 128
attio del Cavallo 136
Atrypa 205, 213
„ reticularis 210, 213, 214, 217
Aucella 260, 271, 295
„ mosquensis 276
Aulocopium aurantium 201
aurignacien 354
Australja 237, 352
autochtoniczne powstanie węgli 125
Autun 242
autuńskie piętro 240
Avicula clarai 252
„ contorta 251, 253
azoiczna era 186

B

Babia Góra 102, 103, 344–345
Babica 322
Bacterium calcis 126
Baculites anceps 289
Baden 45, 161, 328
Bads Lands 106
Baiera 242, 258
Bajkalskie jezioro 81
bajocien 273
Bakoński Las 253
bakterje siarkowe 121
„ żelaziste 121
bala, piętro 208
Balin 279
bałckie piętro 333
Bałkasz 121
Bałta 333
Bałtyckie morze 342–343
Bałtycka tarcza 187, 197, 208
Banat 282
Bandaj San 137–138
barchany 114
baranowskie warstwy 331
Barcin 280, 281, 338
Bardo 211
Barrande'a kolonje 209
barranco 145
barremien 283
bartońskie piętro 305, 319
barysfera 5
Baszka, piaskowiec z 297
bat 273
batolit 132–133
bazalt 18, 20
Beauchamp, piaski z 318
Becraft, piaskowiec z 221
Bedrykowce 25
Beera prawo 67
Beggiatoa alba 121
Belemnites bipartitus 290, 297
„ calloviensis 263
„ dilatatus 289, 290, 297
„ giganteus 263, 273
„ hastatus 263
„ mucronatus 289–290
„ Paulerianus 276
Belemnites paxillosus 263
„ pistilliformis 297
„ Tourtiae 299
„ ultimus 299
Belemnitella mucronata 289, 290, 294
Belgja 208, 231–232, 293, 317, 325, 330
Bellerophon 206, 229, 239, 248
„ bicarenus 229
Belodon 250, 251, 257
Beneckeia Buchii 251
„ tenuis 251
Berestowiec 19
Betula prisca 333, 334
„ nana 337, 340, 341
Beyrichia 207, 210
„ tuberculata 207
berriassien 283
bezodpływowe obszary 81, 120–121
Bęczków 199
Bialskie groty 51
biancone 295
Biaritz 320
bieg warstw 23
Bilcze 52
Bircza 30
Blanowice 255
Blastoidea 213
Blattoidea 239
Błożewka 62–63
Bochnia 82, 92, 94, 330
Bodzentyn 210
Boguszowice 19
Bokówka 210
Bolechowice 244
Bolesław 254
Bonarka 300
bonebed 251
Bonneville, jezioro 82, 346
Bordeaux 326
Bornholm 208
borszczowskie warstwy 209–210
Borysław 34, 35
Bos Pallasi 334
Bos primigenius 350
„ priscus 350
bottnijska grupa 188
Bouchiceras 296
boulder clay 236
Bozen 56
Bóbrka 29
Bracheux, piaski z 317
Bramatherium 313, 334
Branchinecta paludosa 338
Branchiosaurus 240
„ amblystomus 241
Brazylja 169, 237
brekcja 21
Bretanja 19, 191
Brive 242
Bronteus 215
Brontosaurus 267, 291, 301
Brzeszcze 233
Brzezie 296
Brzezinki 210
Bubniszcze 74
Buccinum baccatum 321
buczackie piaski 320
Budziejewko 339
Bujtur 329
burdigalien 305, 324
bursztyn 320
Busk 46
Buxus sempervirens 344
Bydgoszcz 323, 341
Bytom 233, 254
Bzin 254

C

Caerfai, grupa 196
Calamites 223, 225
Calceola 213
„ sandalina 213, 217, 218
Callipteris 239
„ conferta 240
Calymene 206
campanien 283, 294
canadian 211
Cancellaria acutangula 326
Canis lupus 343
Carabus maeandroides 338
Caracas 152
caradoc, grupa 208
Carara 253
Carcharodon 309
Cardita Gümbeli 253
„ Prevosti 318
Cardiola interrupta 210
Cardioceras 271
„ cordatum 279
Cardium 307, 328
„ baranovense 331
„ edule 341
„ Kübecki 327
„ obsoletum 328
„ plicatum 332
„ protractum 332
Carya ventricosa 331
Caryocrinus ornatus 204
Cassis grandis 331
Castelarquato 329
Castel Gomberto 321
casterlien 330
Catskill, piaskowiec z 220, 221
Caulopteris 246
cayugan 211
cechsztyn 238
cenoman 283, 284, 293
Centralny masyw francuski 188, 197
Ceratites 214, 249
„ binodosus 249
„ compressus 251
„ Münsteri 251
„ nodosus 214, 248, 249, 251, 254
Ceratodus 249
„ serratus 254
Ceratopyge 207

ceratops beds 301
Ceratosaurus 268
ceritjowa facja 321, 326
Cerithium 307
„ bidentatum 308
„ conjunctum 318
„ deforme 308, 331
„ giganteum 318
„ Lamarcki 318
„ lima 341
„ margaritaceum 321, 327
„ mitrale 328, 332
„ plicatum 318, 319, 321, 327
„ rubiginosum 328, 332
„ serratum 318
„ submarginatum 319
„ trochleare 318
Cernay 309, 317
Cervus alces 345
„ elaphus 343
„ euryceros 350–351
„ tarandus 345
Cestas 326
Champlainic 211
charkowskie piaski 320
Charleroi 231
Charleston 158–159
charmoutiem 273
chattien 321
chautauguan, grupa 220
chelléen 354
Chęciny 218, 219, 255
Chemung, warstwy z 220, 221
chidru, grupa 236
Chincha 131
Chiny 105, 106, 117–119, 233
Chirotherium 28, 249, 250
Chmielów 255
Chmielnik 255, 332
choczański dolomit 256
Chodzież 333
Chonetes 229
„ sarcinulata 218
Chrzanów 254
chwiejące się głazy 108
Cicha dolina 277
Cidaris coronata 259
„ florigemma 280
Ciechocinek 46, 244, 280
Ciekoty 59
cieplice 45
cieszynit 19, 302
cieszyński łupek 19
„ wapień 19
Ciężkowice 74
ciężkowicki piaskowiec 322
cincinnatian 211
Cinnamonum 333
Cladiscites tornatus 253
clivage 25
Clymenia 215, 217, 235
„ Humboldti 219
„ undulata 215
Clypeaster 307
coal measures 230, 231
Coccosteus 216, 220
Coenograptus gracilis 202
Coeymans, piaskowiec z 221
Colias palaeno 338
colorado, grupa 301
Commentry 242
Comanchic 301
Comstock 8
Condylarthra 309
Congeria 328
coniacien 283
Connecticut 256
Conus 307
„ Dujardini 308
coral rag 274
Corbicula 319, 330
Corbula gibba 308, 332
Cordaites 226, 227
Corylus Max Quarii 334
Coryphodon 310
Cosmoceras Jason 274
Cotopaxi 133
crag 329–330
Crassatella plumbea 318
Crenothrix Kühniana 121
Crioceras 295
Cristellaria 305, 306
Crossopterygii 216
Ctenacodon 269
Cyathophyllum 213, 220
„ caespitosum 212
Cylindroteuthis 295
Cypridina 275
Cyrena 293, 296
Cyrknickie jezioro 50
Cyrtoceras 206
Cystoidea 204, 213
Cytherea erycinoides 326
Czarna k. Krakowa 47
Czarnohora 102, 344–345
Czarnohorzec 75
czarnoziem 71
Czarny Las 36, 344
Czechy 188, 197–198, 208–209, 218, 283, 294, 330
Czeladź 233
Czernelica 220
Czerwone Wierchy 277
czerwony spągowiec 238
Częstochowa 279
czortkowskie warstwy 209, 210
Czuchów 7

D

Dachstein, wapień z 253
Dakota, grupa 301
dalapiaskowiec 191
Dalejów 254
Damuda, grupa 256
Dandote, grupa 236
danien 283
Danja 295, 317, 329
Daonella Lomelli 248, 253
Darwina teorja powstawania raf koralowych 128
Dąbrowa Górnicza 233, 254
deflacja wiatrów 106
Deister, piaskowiec z 293
Dekan 133
delty 78–80
dendryty 48
denudacja rzek 68–69
dewoński perjod 212–222
Dębnik 219, 233
Dębno 300
diabaz 18, 19, 211
diaklazy 25
diatremy 139
Dicellocephalus 199
Diceras 275, 280
„ Luci 278
Dicrocerus 313
Dictyograptus flabelliformis 196, 197, 207
Dictyonema 202
Didymograptus pennatulus 202
diestien 330
dinantien 230
Dinoceras ingens 310
Dinornis maximus 352, 353
Dinosauria 250, 266–268
Dinotherium 324
„ bavaricum 314, 327
„ giganteum 314, 330, 334
dioryt 18, 187
Diplodoccus 267, 268, 291
Diplograptus 202
Diplopora 126, 246
Dipnoi 215
Diprotodon 352
Discoidea 285
Doberg 319
Dobertin 263
Doboczanka 54
Dobromil 297
dobrotowskie warstwy 322
Dobrzyń 55
dogger 258, 272–273
doliny lodowców, ich kształt 101
Dolina Śmierci 147
doliny Krasu 49–50
„ , kształt 64
„ podłużne 59
„ poprzeczne 59
Domaradz 297
Dorsanum duplicatum 328, 332
„ Veneris 326
Drohobycz 82
drugorzędne złoża 180
drumliny 338
Dryas octopetala 337, 340, 341
dryasowa flora 341
dryftu teorja 335
Dubno 220
Dunajec 59–60
Duvalia dilatata 289, 290
Dwikozy 26, 118
dwyka, zlepieniec 237
dygitacje płaszczowiny 32
dyluwjalna epoka 335
dynamometamorfizm 186
Dynarydy 172
dyslokacje 33
działanie organizmów 121–131
dzikie potoki 67

E

Echinoconus 285
Echinolampas 307
„ Kleini 319
Echinosphaerites aurantium 204
Eggenburg 324, 327
egzotyczne głazy 235, 298
Eibiswald 324
Eifel 139, 147, 217
Ekaterynosław 320
ekka, warstwy 237
ekzemy 37
Elasmosaurus 292
Elasmotherium sibiricum 350
Elephas antiquus 316, 338, 346, 348
„ Falconeri 349
„ melitensis 349
„ meridionalis 316, 327, 329, 346
„ planifrons 316
„ primigenius 338, 343, 346–348
Eltońskie jezioro 82
emszer 283, 294
Encrinus liliiformis 246, 247, 251, 253, 254
eocen 304, 305, 317–318
Eohippus 313
eoliczna glina 116
eolity 354
Eophyton 197
Eozoon canadense 187
epicentrum trzęsień 152
Eppelsheim 330
erian 221
erozja morska 85–87
„ rzeczna 57–61
„ wiatrów 105–110
„ wsteczna 61–63
erratyczne głazy 335
Ervilia podolica 328, 332
„ pusilla 331
Equisetum Münsteri 255
Equus 312, 313
„ caballus fossilis 350
„ Stenonis 329
Esopus, piaskowiec z 221
Estheria 239
„ minuta 249, 251, 255
étangs 89
Etna 133, 140, 142, 145
Eucalyptus 284, 322
Euechinoidea 246
Euloma 207
Euomphalus 229
Eurypterus 207
„ Fischeri 206
eustatyczne ruchy 167
Exogyra columba 293
„ conica 287, 299
„ Couloni 287
„ virgula 260, 276, 280, 281, 287

F

facja 39, 181
fale morskie, ich działanie 83–84
falun 326
fałd podwójny glarneński 172–173
fałdy 29–32
Fagus 284, 305
famennien 217
Favosites 213
„ gotlandicus 201
Felis lynx 343
„ spelaea 343, 351
Ferdinandea 145
Ficus 322, 333
„ tiliaeformis 334
Finlandja 188, 191, 208
fjordy 165
Flegrejskie pola 144, 147
fleksura 33
flisz 130, 173, 295–296, 321, 322
fonolit 20
Fontainebleau, piaski z 318
forest beds 346
fosforyty 131, 209, 299
Francja 209, 218, 231, 232, 242, 251–252, 271, 293–294, 317, 326–327, 342
frany 55
frasnien 217
Fredericksburg, grupa z 301
Frydek, piaskowiec 297
Frywałd 235
fukoidy 130, 296
Fulsztyn 333
fumarole 147
Funafuti 128, 129
Fusulina 223, 227, 239
„ cylindrica 227, 232
Fusus bulbiformis 318
„ burdigalensis 326
„ elongatus 319
fyllit 21

G

gabbro 18, 187
Galerites 285
Gałęzice 235
Gangamopteris 226, 237, 243
Ganges, delta 80
Garda, jezioro 344
gault 283
Gdańsk 300, 334
gedinnien 217
gejzery 147–150
Genesee, łupki z 220
Geocoma 259
geody 48
geoida 5
georgien 199
geosynklinale 169, 173
geotermiczny stopień 7
Gervillia (=Gervilleia) 239, 248
„ costata 254
„ praecursor 251
„ socialis 247, 251, 253, 254
gęstość ziemi 5
Gigantostraca 207
Ginąca, rzeka 52
Gingko 258, 323
givetien 217
Glarus 321
gleba 70–71
Gleichenia 259
glina nawiana 22, 115–121, 343
Glińsko 332
Gliwice 234
Globigerina 284, 306
Glossopteris 226, 237, 243
„ indica 226
Glyptostrobus europaeus 333
głaziki trójgraniaste 107, 108
gnejs 21
Gobius 322
godulski piaskowiec 297
godzina górnicza 24
Goldau, suw w 54
gołoborze 75, 76
Gołonóg 233
Gomphoceras 206
„ bohemicum 205
Gondwana, formacja 237, 256, 304
Goniatites 214
„ retrorsus 219
„ sulcatus 214
gotlandien 207
gozawskie warstwy 296, 298
góry, ich powstanie 167–174
„ erozyjne 167
„ lodowcowe 101
„ pasmowe 167
„ tektoniczne 167
„ załomowe 36, 167
graben 36
grafit 123
Grammysia cingulata 206
granit 17, 18, 187
granityt 188
granulatowy poziom 294
graptolity 202–203, 213
greensand 283
Grenelle 44–45
Grenlandja 101, 323
gresteńskie warstwy 275, 277
Grignon 318
Grive Saint Alban 324
grodziski piaskowiec 297
Gröden, piaskowiec z 243
Grójec 278

Grudna Dolna 125
Grudziądz 300
Grund 328
Gryphaea arcuata 260, 272
„ vesicularis 286
Grypotherium 352
Grzegórzki 280
guano 131
Gunung-Gelungung 144
Günz 344
Gyroceras 239
Gyroporella 126, 246
„ annulata 254

H

Halemaumau 140
Halicz 300
Haliserites Dechenianus 218
Hallein 252
Hallstadt 252
hallsztacki wapień 253
Hamilton, warstwy z 221
Hamites 289, 295
hammada 109
Hanover 293, 294
Harpoceras 271
Haploceras 271, 275
Harc 18, 217, 218, 240
Haselgebirge 252
Hastings, piaskowiec z 293
hautrivien 283
Hawai 140
Hel 88—89, 300
Heladotherium 314
helderbergian 221
Helgoland 87
Helix sylvana 327
Helix hispida 342
helwecka płaszczowina 171—172
helweckie piętro 305, 326
Herculanum 135, 136
hercyńskie pasma 170, 237—238
Hesperornis 292
Heteroceras Reussianus 294
hettangien 273
Hidalmas 329
hidrosfera 12
Hierlatz 275
hieroglify 29, 296
hils 283, 294
Himalaje 256, 323
Hipparion 312, 330
„ gracile 324, 330
Hippopotamus major 329, 350
Hippurites 287, 296
„ cornu vaccinum 287
„ radiosus 287
Hiszpanja 218, 232, 326
Holoptychius 216
Holzmaden 272
Hołdy k. Brodów 56
Hołubica 332
Homo 353—355
„ diluvii testis 327
„ Heidelbergiensis 353
homoseisty 152
Hoplites 288
„ eudoxus 274
Horn 327
Horodenka 53
horst 36, 167
Höttingen 344
Hudsonu palisady 257
burońska grupa 188, 191
huroński pasma 169, 192
Hydrobia 332
Hyena crocuta 351
„ spelaea 343
hypocentrum 152
Hyracotherium 312

I

Ichtyornis 292
Ichthyosauria 250, 264
Ichthyosaurus 265, 272
„ quadriscissus 265
Illinois, zlodowacenie 345
ił 22
Indje Wschodnie 236—237, 301, 302
infravalangien 283, 295
inoceramowe warstwy 297
Inoceramus Brongniarti 293, 294, 299
Inoceramus Cripsi 286
„ Cuvieri 291, 299
„ hercynicus 299
„ involutus 300
Inoceramus labiatus 293, 294, 299
Inowrocław 37, 46, 51, 244, 279, 280, 281, 341
inundacyjne koryto 76
Inwałd 278
Iguanodon 291, 293
„ Mantelli 290
Ischl 252
Islandja 133, 134
Isocardia cor 182
istebneński piaskowiec 297
Itieria Staszyci 260
Ivrea 344
iwańskie warstwy 209, 210, 211
Iwkowa 332
Iwonicz 46
izoklinalne fałdy 29
izosejsty 158
izostaza 6
izostazy teorja 173—174

J

jamneński piaskowiec 74, 298
Jampol 209
Janiszewo 281
Japonja 233, 256
jary 59—60
Jasionów 332
Jaszczurówka 45
jatulien 192
Jaworki 277, 278
Jaworzno 233
Jazłowiec 47
Jedlec 339
Jersey, zlodowacenie 345
jeziora, ich powstanie 80—81
„ boraksowe 82
„ reliktowe 81
„ słone 81
„ sodowe 82
jotnien 192
Joanna Bogusławska 147
Józefów 299

K

Kajetanów 243
kajper 245, 251
Kalabrja 153, 163
kaldera 144—145
kaledońskie pasma 169—170, 211, 222
kalévien 192
Kalinówka 320
Kałusz 82, 93, 330
kambryjski perjod 193—199
Kamień na Pomorzu 274
Kamionka 23
Kanada 187—188
Kansas, zlodowacenie 346
Kanta i Laplace'a teorja 10
kaprotynowe wapienie 295
Karabugaz 92
Karaczynów 27
Karczówka 219
Karlsbad 48
karnickie piętro 252—253
karniowicka martwica 243
Karpaty 19, 21, 31, 38, 54, 172, 235, 322, 331, 344—345, 354
karroo, formacja 237, 240
karrowe pola 46
Karwina 233, 234
kary 102
Kaspijskie jezioro 80, 81, 92—93, 120, 345
kataklastyczna budowa 33
katarchaiczna grupa 188
kelowej 274
kenjony 60
Kermandek, głębia 14
keweenawan 191
kierunek warstw 24
Kijów 320
Kilauea 140
kimberlit 139
kimmeryd 274, 275
Kingston, warstwy z 221
kipiel morska 83 84
Kirchberg 327
Klaus, warstwy z 275
Kleczanów 210
klinometr 24—25
Knorria 223
koblenzien 217
koesseńskie warstwy 253
Kolorado, kenjon 60, 191
kompas górniczy 24—25
kongerjowe warstwy 328
konglomerat 22
Konieprus, wapień z 218
konodonty 204
Kopenhaga, ił z 317
kopuła 20
kordatowe margle 279
Korod 329
koronatowe warstwy 273
Koronowo 333, 334
korrazja wiatrów 107—108
koryta rzek, ich zmiana 65—66
Korytnica 25, 331
kosmiczny pył 5
Kosów 57
Kościeliska dolina 51, 71, 73, 277
Krakatau 135, 136—137, 141
krakowieckie iły 331
Krakowska wyżyna 36, 219—220, 255, 279—280, 299
Krasiczyn 29
Kras 48—49
krasowe zjawiska 48—54
krater wulkanu 133
krążenie wody 40—41
kredowy perjod 283—302
Kressenberg 320
Kromołów 255, 278
Kropiwnica 254
Krościenko nad Dunajcem 46
krośnieńskie warstwy 322
Królewska Huta 233
Kruhel 278
Krynica 46
kryptowulkaniczne trzęsienia 164
Krzemieniec 107, 299
Krzemionki 280
Krzeszowice 46
Krzywcze 52
kształt ziemi 5
Kujawy 333
kulm 223, 230
Kunów 255
Kurońska mierzeja, jej wydmy 113
kurz atmosferyczny 115
kuźelskie warstwy 240
kwaczalski piaskowiec 243
kwadratowy poziom 294
kwarcyt 22

L

labiryntodonty 249, 250
labradorska płyta 169
labradoryt 189
ladyńskie piętro 252, 253
Laelaps 268
Lahontan, jezioro 346
lakkolit 132, 164
lak pustynny 107
lalki lessowe 48, 117
Landy 112
langhiano 329
Lamna 309
lapilli 141
Lapugy 329
Laramie 301
Latdorf 319
latdorfien 305
lateryt 71
laurentyńska grupa 188
Laurus 322, 333
lawa 141—142
lawiny 95
lebachskie warstwy 240
Leda Deshayesiana 319
lejki gipsowe 52—53, 81, 164
Lemurja 301, 304
Lenham, warstwy z 330
Leognan 326
Leperditia 207, 210
„ baltica 207
Lepidocyclina 307
Lepidodendron 223, 225
„ Sternbergi 226
Lepidurus arcticus 338
lepiszcze 22
lepontyńska płaszczowina 172
Leptothrix ochracea 121
less 116
„ jeziorny 120
Leszczyny 297
lewantyńskie warstwy 328—329
lgockie warstwy 297
lias 258, 272—273
Libiąż 233
liburnijskie piętro 296
Lido 89
ligerien 293
lignit 123
lignitowa formacja 333
liguryjskie piętro 305
liljowce 203—204
Lima 260
„ lineata 247
„ striata 251, 254
limany 165
limonit, osady 48
Lingula Vistulae 194, 198
Lingulella Davissii 196
„ ferruginea 194
linja brzegowa mórz, jej ruchy pozytywne i negatywne 167
Lioceras opalinum 273, 277, 278
Liquidambar europaeum 331
Lizbona 153, 155, 158, 160, 161, 163
Lithistidae 201
litodendronowe wapienie 256
litoralna facja 39
litotamniowy wapień 38, 125—126
Littorina littorea 343
Litwa 299, 300, 323
Liwocz 297
Llanberis, łupki z 196
Llandeilo 208
Llandowery 208
lobowa linja 205, 214
lodowa doba algonkjańska 192
„ „ karbońska 236—237
„ „ plejstoceńska 335—345
lodowce 95—104
„ śródlądowe 101
lodowcowa brama 99
lodowcowe garby 100
„ kotły 59, 102
„ młyny 59
„ pola 95
„ stoły 99
Lofoty 188
Loibersdorf 327
Londyn 319
londyńskie piętro 305, 317
lód martwy 101—102, 348
Lubień 46
Lubrzanka 62
Lucina 307
„ borealis 308, 331
„ gigantea 318
ludlow 208
Ludwigia Murchisonae 273, 277, 278
Lumbricaria colon 259
Lunz, warstwy z 253
lupforcka grupa 334
lusus naturae 175
lutetien 305
Lwów 41, 52, 284, 300
Lyme Regis 272
Lyon 326
Lytoceras 271, 275, 279, 288, 298
„ jurense 273

Ł

Ładogi grupa 188
Łagów 219
łęk 29—30
Łokutki 52
Łopatka 334
Łódź 300
Łuków 279, 281
łupek iłowy 22
„ łyszczykowy 21, 187
„ menilitowy 23, 38
łupki krystaliczne 17
łuskowa budowa 35

M

Maary 139
Maastricht 294
Macaluba 131

Machairodus 316, 330, 334
„ latidens 351
Macrocephalites 263
„ macrocephalus 262, 272, 274, 276
Macroscaphites 295
„ Ivanii 289
Mactra 332
Madagaskar 352
Maerotherium 314
maestrichien 283, 294
magdalenien 354
magma 17, 20
magórski piaskowiec 322
Magnolia 284, 323
makaluby 131
Malinów 52
malm 258, 274—275
mamutowa glina 117
Mamutowe źródła gorące 148 - 149
mangrowowe zarośla 125
Mansfeld 242
Manticoceras 215
„ intumescens 215, 217
mapy geologiczne 184 - 185
Marattia 259
„ Münsteri 255
Margonin 339, 340
Marmarosza 21
Marsupites ornatus 285, 286
Martwe jezioro 81, 82
Marcellus, iły z 221
Mastodon 314, 324, 330, 334, 349
„ americanus 315
„ angustidens 315, 324, 327
„ arvenensis 315, 327
„ longirostris 324, 330
„ Zaddachi 334
Mauer 353
Mauna Loa 133, 140
May Hill 208
Mąchocice 59, 62
meandry rzeki 63
Medlicottia 239
„ Orbignyana 242
Medusina costata 196
Megalodon 253
„ Gümbeli 248
Meganeura Monyi 229
Megatherium 351—352
Megerlea 259
meklemburgian 337
melafir 18
Melania 296
Melanopsis 328
Meletta crenata 322
„ sardinites 322
Melonites 227
„ multipora 228
menevian 196
menilitowe łupki 23, 38, 309, 322
Meryhippus 313
Mésogée 221
Mesohippus 312, 313
Mesöseg 329
messinien 305, 329
Messyna 154
metamorficzne skały 16, 20—21
meteoryty 5, 6, 151
Meudon 294
mgławicowa teorja 10
Michałowszczyzna 117
Mickwitzia monilifera 197
Micraster cor testudinarium 285
Midori 155, 156
Miechów 299
Miedziana Góra 219
Miedzianka 219
Mielęcin 255
mierzeje 88
mierzeja Kurońska 88
„ Świeża 88
Mietniów 297
Międzygórze 199
Miękinia 21
Mikułów 233
Miliola 306
millstone grit 230
Mindanao 14
mindel 344
miocen 304, 305
Miodobory 73, 130, 332
Miogipsina 307
Miohippus 334
Mirów 278
Missisipi, delta 79
missisipian 236
Mników 51, 279, 280
Modiola marginata 328
„ praecursor 251
Modrzejów 233
mofety 147
mogunckie zagłębie 319, 330
mohawkian 211
Mohrensternia 332
Mojcza 210
Mokry Stawek 345
Molt 327
monckie piętro 305, 317
Monograptus colonus 210
„ Nilsoni 202
„ priodon 202, 210
„ turriculatus 202
monoklinalny fałd 33
Monopleura 288, 295
Monotis Alberti 251, 254
„ salinaria 248, 253
Montana, grupa 301
Mont Cenis, tunel 8
Monte Bolca 309, 321
„ Nuovo 133
„ Somma 136
Mont Leberon 330
Montmartre 318
M. Pelé 136, 138—139, 140
moreny lodowców 99—100, 339
Morskie Oko 81, 102, 344
morrison, formacja 301
morze, niszczące działanie 83—88
Mosasaurus 292
moscovien 230
mountain limeston 230
mousterien 354
mukronatowy poziom 294
Multituberculata 250, 269, 292, 309
muł globigerynowy 91
„ głębinowy czerwony 91—92
„ okrzemkowy 91
„ pteropodowy 91
Murchisonia 248
Murex Delbosianus 308
„ sublavatus 328
mutacje 184
Mya arenaria 343
Mylodon 352
Myophoria 248
„ costata 250, 252, 254
„ Goldfussi 251
„ Kefersteini 253
„ socialis 251
„ vulgaris 247
Myrica 284
myślachowicki zlepieniec 254
Mytilus Haidingeri 327

N

Nachylenie warstw 24
nadnidziańska dolina 299, 331
nadwołżańskie piętro 276
Nadwórna 27, 28
nafta, powstanie 130—131
nagelfluh 327
Nałęczów 46
Nagórzany 300
narzutowe głazy 335, 339
Nassa 307
„ Michaudi 327
„ reticulata 341
nasunięcia 34
Natica 307
„ burdigalensis 326
„ crassatina 318
„ helicina 331
„ millepunctata 308
Nautiloidea 206
Nautilus 205, 248
„ danicus 295
Nea Kaymeni 145
nebularna teorja 10
Nemopteryx 322
neogen 304, 305
neokom 283
neolit 353
Nerinea 260, 275, 278, 280, 295, 296
Nero, głębia 14
Neuropteris 225, 246
„ flexuosa 224
Newark, grupa 256
new red sandstone 252
Niagara, wodospad 58—59
niagaran 211
Nida Czarna 59
Niechobrz 24
Niemcy 197, 209, 231—232, 240—241, 250—251, 272—275, 293—294, 317, 319—320, 330, 342
Niemirów 46
Nieszawa 296
Niewachlów 210, 219
niezgodne ułożenie warstw 38
nife 10
Nil, delta 79—80
Nillssonia 246
Niobe 207
Niskowa 125, 332
nitryfikacyjne bakterje 70
niż nadwiślański 36
Niżniów 88, 220, 281, 299
Nodosaria 305, 306
Norwegja 188, 191, 197, 208
noryckie piętro 252, 253
noryt 189
Nothosaurus 250
Nowa Zelandja 237
Nowy Targ 332
Nowy York 211
Nucula Goldfusi 251
nulliporowy wapień 126
Nummulites Fichtelli 321
„ laevigatus 318
„ lucassana 322
„ perforatus 322
„ planulatus 318
„ Tournoueri 321
„ Tschichatscheffi 322
nummulitowy wapień 126—127
nummulity 305, 306
nunatak 101

O

Oblęgorek 46
obniżenie lądów 165—166
Obolus Apollinis 194, 197
„ siluricus 210
oddzielność skał 20
Odrzykoń 74
Oeningen 309, 327
ognisko trzęsienia 152
Ojców 51, 279, 343
«okna» 52—53, 81
okno tektoniczne 32
old red sandstone 212
Olenellus 195, 196, 197
Olenus 195
Olesko 331
Oligocarpia Kliveri 224
oligocen 304, 305, 318
Olkusz 254
Olsztyn 279
ombrometr 41
Onondaga, wapień z 221
ontaric 211
oolit 258, 273—274
Opcina 50
Opole 299, 334
Oppelia 261
„ aspidoides 273, 279
„ flexuosa 262
„ lithographica 274
„ steraspis 262
„ tenuilobata 262, 274, 280
Orbitoides 306
„ papyracea 307
Orbitolina 284
„ concava 284
„ conoidea 295
„ lenticularis 284
ordowik 200
oriskanian 221
Orlean 324
Orłowa 84, 233, 234
Orohippus 312, 313
Orthis 198, 205, 218
„ calligramma 204, 210
„ moneta 210
Orthisina 205
„ anomala 204
„ plana 210
Orthoceras 206, 214, 239
„ angulatum 210
„ gregarium 210
Orhoceras podolicum 205
Orthonota 206
Orthophragmina 306
„ aspera 322
„ applanata 322
„ papyracea 307, 322
Orthopoda 268, 291, 318
Orzesze 233, 234
osady głębinowe 90—92
„ przybrzeżne 90
„ litoralne 90
Osteolepis 216
Ostrea 307
„ crassicosta 328
„ digitalina 308, 331
„ multicosta 318
„ ventilabrum 319
Ostrawa Morawska 233, 234
Ostróg 299
oswegan 211
ośródka 182
Otoceras 239
otolity 91
Ottnang 327
Owernja 144, 147, 324, 344, 355
owruckie piaskowce 220
oxford 274
Oxynoticeras oxynotum 273
Oxyrhina 309
ozy 338

P

Pacyficzny typ lądów 15
Pad, delta 79
Palaea Kaymeni 145
Palaeomastodon 313
Palaeomeryx furcatus 334
Palaeoniscus 240, 242
Palaeotherium magnum 311, 312, 319
Palechinoidea 227
paleocen 304, 305, 317
paleogen 304, 305
paleolit 353—355
paleontologja 177
Palma, wyspa 144, 145
Paludina 329
„ diluviana 340
„ Fuchsi 334
„ Hoernesi 183
„ Neumayri 183
paludynowe warstwy 329
pampasowa formacja 323, 334, 351 - 352
Panchet, grupa 256
Panochthus 352
Pantellarja 145
Papanoceras 239, 242
Papenheim 275
paraboliczne wydmy 112
Paradoxides 195, 197
Paranny piętro 334
Pareiasaurus 240, 245
„ Baini 241
Park Narodowy Am. Półn. 147, 148, 149
Parkinsonia 261
„ bifurcata 273
„ ferruginea 273
„ Parkinsoni 262, 273
Paruszowice 7
paryska kotlina 44—45, 293, 318
paryskie piętro 305, 317
Paryż 309, 311
pasorzytne kratery 142
passage beds 208
Patagonja 323, 334, 351—352,
Pechelbronn 319
Pecopteris 225
„ dentata 224
Pecten 307
„ asper 293
„ Besseri 308, 331
„ Cobeni 331
„ corneus 320
„ denudatus 327, 332
„ elegans 308, 331
„ Holgeri 327
„ hornensis 327
„ improvisus 326
„ praescabriusculus 326
„ restitutensis 326
„ scabriusculus 327
„ Tournali 326
Pectunculus 307
„ angusticostatus 318
„ cor 326
„ obovatus 318, 319
„ pulvinatus 318, 319

pelagiczne osady 90—92
Pelosaurus laticeps 241
Peltoceras 271
„ athleta 274
„ bimammatum 274
„ transversarius 274, 279
pendjabskie piętro 236
peneplena 69
pensylwanian 236
Pentacrinus 259
„ briaroides 258
„ tuberculatus 273
Pentamerus galeatus 217
Perisphinctes 261
„ Tiziani 262, 279
„ transitorius 274, 276
permski perjod 238—244
Perna Rollei 327
Phacops 215
Phenacodus 309, 310, 317
Phillipsia 229
Pholadomya 260
„ alpina 182
Phylloceras 271, 275, 279, 288, 298
piaskowiec 22
„ ciężkowicki 22
„ erwiljowy 74
„ jamneński 22
Piechcin 280
pieczary 50—54, 343
Pieniny 32, 59, 73, 256, 277—278, 297, 332
pień 18—19
Pieprzowe Góry 198
pierwszorzędne złoża 180
Pieskowa Skała 72
Pikermi 317, 330
Pinacoceras 249
„ Metternichi 253
Pinus palaeostrobus 333
„ salinarum 331
Pińczów 331
Piórków 219
piramidy ziemne 56
Pireneje 21, 209, 323
pirosfera 9
Pisana 277
Pithecantropus 353
Placodermi 207, 215
Plagiaulax 269
plaisancien 305, 324
plakodermowe piaskowce 218
Planaria alpina 338
Planorbis 275
„ declivis 327
Platanus 284, 323
Platysomus 240, 242
plejstocen 335—355
plener 283, 294
Plesiosaurus 264, 272
„ dolichodeirus 266
Pleuromeia 246
Pleurotomaria 206, 260
Pleurotoma 307, 331
Pleurotoma asperulata 308
„ Doderleini 332
pliocen 304, 305
Pliohippus 312, 313
Pliopithecus 334
plutoniczne skały 17
płaszczowe ułoż. warstw 130
płaszczowina 30—31, 171—173, 174
Płock 333
Podhorce 332
Podkarpacie 121—122
podniesienie lądu 164—165
Podole 24, 29, 36, 39, 51, 53, 131, 209—210, 220, 299, 331, 332, 354
Pötzleinsdorf 328
Podozamites 258
Podwysokie 126
poederlien 330
Poik 48
Pokrzywianka 62
Pokucie 53
pokuckie iły 331
polandian 337
polja 49—50
Polystomella 306
Pomorze 323, 333
Pompei 136, 141
Pontlevoy 326
pontyjskie piętro 305, 324, 328—329
Popielany 279
Popocatapetl 133
Popovo polje 49, 50
Poprad, przełom 59—60, 63
Populus 284, 305
Poręba Mrzygłodzka 255
porfir 18, 20
porfiryt 18
Porszna 300
portage, warstwy 220, 221
portland 274, 275, 276
Posidonia alpina 278
„ Becheri 229, 230, 231, 233
„ Bronni 260, 273
„ venusta 214, 219
Postojna 49, 50, 51
postumne ruchy 281
potomac, grupa 301
potsdamien 199
Potylicz 284
powietrze, jego działanie 104—121
Poznań 334
poznańskie iły 333—334
Prałkowce 297
pręgi faliste 27, 85
Priabona 321
primordialna fauna 198
Procervulus 324
Productus 227, 236
„ cora 232
„ corrugatus 231
„ giganteus 227, 231, 232, 233, 235
Productus horridus 228, 239, 242, 244
„ longispinus 227, 228
„ mesolabus 235
„ semireticulatus 228
produktywny karbon 223
Propliopithecus 316
Protohemiptera 239
Protohippus 312, 313
Protorthoptera 239
protuberancje słońca 151
przedmurze 170
przełomy rzek 59—60
przemyślańsko-czernelicki grzbiet 220
Przewłoka 299
Przybram, łupek z 197
przypływ morza 83
Pseudobelus 190
Pseudomonotis 239
„ ohotica 255, 256
Psia grota 147
Psiloceras planorbis 260, 261, 273
pstry piaskowiec 245
Pteraspis 207, 216, 220
Pterichtys 216
Pteroceras Oceani 260, 281
Pterodactylus 264, 266
Pterophyllum 246
Pterosauria 264
Pteranodon 266, 291
Puerco 309, 323
Puławy 323
Pupa muscorum 342
purbek 274, 275
Pustomyty 46, 70
Puzzuoli 147
Pygope 275
„ diphya 260, 271, 275
„ janitor 259, 276
pył meteoryczny 5, 6
Pyrus 322
Pyrotherium 323
pyrotherjowe warstwy 323

R

Rabka 46
Radiolites 288, 295
Radoboj 321
Radomsk 280
radjotwórcze ciała 11
rafy koralowe 127—130
„ mszywiołowe 129
Raguza 86
Rajbl, warstwy z 253
Randen 327
Rangifer grenlandicus 350
„ tarandus 343, 350
Rawanicze 199
Rawa Ruska 332
Recaoro, wapień z 253
reden 233
regelacja 96
Requiennia ammonia 287, 288, 293, 295
Retiolites Geinitzianus 202
retyckie piętro 250, 251, 252
Retzia trigonella 254
Rhamphorhynchus 264, 266
Rhinoceros etruscus 349
„ leptorhinus 349
„ tichorchinus (antiquitatis) 343, 348, 349
Rhinoceros Schleiermacheri 324, 330
„ simus 350
Rhododendron ponticum 344
Rhur 231, 232
Rhynchocephalia 240
Rhynchonella 229
„ cracoviensis 279
„ cuboides 219
„ inconstans 279
„ moravica 280
„ plicatilis 286
riasowe brzegi 85
Richthofenia 236, 239, 248
Riobamba 153, 154
ripplemarks 27
Riss 344
rjesańskie piętro 276
Rodan, delta 79
roeth 250—251
Rogóźnik 277
Rokiciny 278
Ronca 321
Rosja 232—233, 242—243, 276, 295, 320
Rostellaria rimosa 320
rosyjska płyta 169
rotacyjne trzęsienia 154
Rotalia 284
Rothliegendes 238
Rotomahana 148
Rowy ściekowe 27—28
„ załomowe 37
Rozewie 333
Roztocze 167
ruda bagienna 121
Rudno 235
rudysty 287, 280, 301
Rugja 295
rupelien 305
Rupelthon 319
rybniański wapień 254
Rybnik 233, 234
Rymanów 46
Rzegocina 297, 324
Rzeszów 331
Rzym 329

Q

Quadersandstein 283, 294
Queenstown 58, 59
Quenstedticeras Lamberti 274
Quercus 284, 322
Quercy 319

S

Saary zagłębie 248
sables de Cuise 318
Sabrina 146
sahelien 324
Saiga tatarica 342, 350
Saksonja 240, 283, 294
saksońskie piętro 240
sal 10
Salix polaris 340, 341
Salt Range 236, 256
salzy 131
sambijska formacja bursztynowa 319—320
San Francisco 155, 161
San Gioviani Illarione 321
Sanka 235
Sansan 324
Santa Cruz 334
San, terasy 77
santonien 283, 294
Santorin 144, 146, 355
sapropel 130
saratowskie piętro 320
Sardynja 209
sarmackie piętro 305, 325, 328, 332
Saubrigues 326
Saucats 321, 326
Sauropoda 267
Sauropterygia 250, 264
saxonian 327
scaglia 296
scaldisien 330
Scaphites constrictus 288, 289
Scelidosaurus Harrisoni 269
Schambelen 263
Schatzlar 232
Schio 321
Schizoneura 246
„ hoerensis 255
Schlern 288
Schloenbachia 288
„ varians 293, 294
Schlotheimia 260
„ angulata 261, 273
Schodnica 33
Schoharie, piaskowiec z 221
Schwadowitz 232
Schwagerina 227, 232, 239
Scutella subrotundata 307
scytyjskie piętro 252
sejsmogram 156—157
sejsmometr 151, 156
Semnopithecus 330
senecan 220
senon 283, 293—294
septarje 48
septarjowe iły 319
Serapisa świątynia 165—166
serpentyny rzek 64
serpulite grits 196
sequanien 274
Sewe, formacja 191
Sfinks 106
sicilien 305
Siedmiogród 329
Siekierczyn 299
Sielec 233, 296, 300
sienit 18
Sieraków 333
Sierra Newada 282
Siewierz 219, 254, 255
sigillarje 226
sima 10
Simbirscites 295
Simeto 57
simploński tunel 8
sinemurien 273
Sine Okno 52, 53
siodło 29—31
„ powietrzne 30
Siwalik, warstwy z 313, 334
Siwatherium 334
„ giganteum 313, 314
skalskie warstwy 209, 210
Skałat 332
skałki 32
skały osadowe 22
skamieliny 175
„ przewodnie 16
Skandynawja 188, 191, 218
Skorocice 51
ślady pełzania 27
Śląsk 218, 233—234, 254, 255, 297, 299, 302, 330, 334
słobudzkie warstwy 322
Smilodon 316
Soczka 321
soczewka 23
Soelle 338
Solec 46
solfatary 147
solna formacja 330
solne złoża, powstanie 82, 92—94
Solnhofen 264, 269, 273
Solva, grupa 196
solutreen 354
Soninia Sowerbyi 273
Sośniczowice 334
Spalax 342
sparnackie piętro 305, 317
Spas 298
Sperenberg 7, 242
Spermophilus 342
Sphaenopteris 225
„ obtusiloba 224
Sphaenophyllum 225
Spherulites 288
Spilecco 321
Spirifer 205, 213, 218, 229
„ cultrijugatus 217
„ Decheni 218
„ Hercyniae 217, 218
„ mosquensis 232, 233
„ primaevus 217
„ supramosquensis 232
„ tornacensis 231, 233
Spirula 307
Spitzberg 256, 276, 323
spoiwo 22

Spondylus Buchii 319, 320
„ spinosus 294
Środa 300
śródziemnomorskie piętra 325
Squalodon 316
St. Agata 329
St. Cassian 253
St. Etienne 232
St. Gallen 327
St. Pierre 138—139
stampien 305
Stabje 136
stalagmity 51
stalaktyty 51
Stany Zjednoczone Am. Półn. 235—236, 323
Starachowice 254
starorzecza 64—65
Starunia 348, 349
Stary Poczajów 332
Stassfurt 94, 242
Stazzano 329
Stebnik 82
Stegocephali 229. 249
Stegodon 314, 334, 349
Stegosaurus ungulatus 268
Stemmatocrinus 227
stephanien 230
Stephanoceras 261
„ coronatum 262
„ Humphresianum 273
Stephanoceras Sauzei 273
Stetten 328
Stożki dejekcyjne 67
„ delt 78
„ napływowe 67
„ nasypowe 23, 55, 76
Stradcz 52
stramberski wapień 276, 278
Strążyska 73—74
Streptelasma europaeum 201
Stringocephalus 213
„ Burtini 213, 217
stringocefalowe warstwy 217
Stromatopora 130, 201—202, 213
Stromboli 140
Strophalosia 236, 239
„ Goldfussi 242
„ Morrisiana 244
Studziennica 209
stygmarje 125, 225
Succinea oblonga 342
Suchedniów 254
suessonien 317
sukkussoryczne drgania 153
Sulejowskie pasmo 280
Sus erymanthius 313
suwy 54—55
swamps 124

Św. Gotthарda, tunel przez górę 8
Św. Katarzyny góra 75
Św. Szkocjan 48, 50
Świdowice 345
Świętokrzyskie góry 36, 198—199, 210—211, 218—219, 222, 235, 244, 254, 255, 278, 279, 280, 331
Swoszowice 46
Syberja 233, 276, 345
Sycylja 243, 329, 345
sylurski perjod 200—212
Syngnathus 322
synklinala 29, 30
sysrańskie piętro 320
Szaradowo 244
szarowaka 197
Szczawnica 46, 324
Szczerzec 53
Szczyrbskie jezioro 344
Szkło 46
Szkocja 188, 191—192
Szlachtowa 278, 324
szlier 327
Szubin 7, 37, 244, 255, 323
Szwajcarja 327
Szwecja 197, 295
Szydłów 255, 332
Szymbark 55

T

Taneckie piętro 305, 317
Tapes 332
„ gregaria 328
Tarnowice 254
Tatry 19, 21, 32, 35, 62, 71—72. 102—104, 172, 189, 243, 255—256, 276—277, 296—297, 322, 344
Taxodium distichum 333, 334
Tczew 300
tektoniczna brekcja 35
tektoniczne linje 33, 36
„ lustra 35
tektoniczny rów 36, 37
Teleosaurus 269
Tenczynek 19, 233
teorja kataklismów 177
„ kontrakcji 168—170
Tentaculites polonicus 204
Tentakulity 204
terasy rzek 76—78
Terebra fuscata 326
Terebratula 229, 248, 259
„ carnea 286
„ grandis 319, 331
„ gregaria 256
„ impressa 260
„ numismalis 260
„ vulgaris 247, 251, 254, 256
Terek, delta 79
termy 45
terra rossa 71
Tetarata 148
Tetracorallia 201, 227
Tetyda 221, 281, 302, 304, 318, 323
Textularia 284, 305, 306
Thera 144
Therasia 144
Theromorpha 240, 250
Thoracopoda 268, 291
Thylacoleo 352
Tienan, góry 218
Tirolavo 49
Tirolites cassianus 252
Tissotia 288
„ Fourneli 296
Titanotherium robustum 311
Tivoli 47
toarcien 273
Tomanowa przełęcz 277
Tomaszów 52, 280
Tomboro 141
tongryjskie piętro 305, 317
Tonto, piaskowiec 191
Toporowe stawy 344
torf 123—124
torfowiska 124
Tornoceras simplex 215
Torridon, piaskowiec z 192
Tortona 329
tortońskie piętro 305, 326
Toruń 300, 334
toruńskie iły 323
toruńsko-eberswaldzka dolina 66, 341
Toszek 233
Touraine, falun z 326
Tournais 231
tourtia 293
trachit 18
trachtemirowskie piaski 320
Trachyceras aon 253
„ aonoides 253
„ archelaus 249
transgresja morska 38, 87
Transwal 237
trawertyn 47, 126
Trebinjcica 49, 50
tremadoc 208
trembowelski piaskowiec 220
Trembowla 210, 220
trias 245—257
Triceratops prorsus 290, 291
Trigonia costata 260, 273
„ navis 260, 273
Trinucleus 208
Trochus 307, 332
„ orientalis 308, 332
Tropites 249
Truncatulina 305, 306
Truskawiec 46
trylobity 194—195, 215
trzeciorzędowy perjod 303—334
trzęsienia ziemi 151—164
„ morskie 162—163
Tully, wapień z 220
turon 283, 294
Turrilites 289
Turritella 248, 307
„ cathedralis 326, 327
„ edita 318
„ gradata 327
„ imbricatoria 318
„ pythagoraica 308
Turritella terebralis 326
Turyn 329
Turyngja 188, 218, 240
turyngskie piętro 240
Tuscarory rów 14
twardość wody 4
Tymowa 5
tyton 2

U

Ukraińsko-wołyńska płyta 188, 192
Ullmannia 239, 242, 244
ulsterien 221
Ultima Esperanza 352
Uncites 213
„ gryphus 213
undulacje 31, 32
ungulitowe warstwy 197
Unio 293, 296, 329
Ural 218
uralien 230
urgon 295
Ursus arctos 343
„ spelaeus 343, 351
Urycz 74
uskok 33, 34
Uścieczko 209, 210

V

Varcha 236
valangien 283
Venus cincta 308, 332
Vicenza 321
vindobonien 305, 324, 326
virgal 236
Virgatites 271
„ virgatus 276, 280
virglorien 252, 253
vis plastica 175
Visé 231
Voltzia 239
„ heterophylla 246, 251
Voluta cythara 318
„ Siemensi 320
„ spinosa 318
Vöslau 45, 161, 328

W

Wachlarzowe fałdy 30
Waganiec 296
Walchia 239
„ piniformis 240
Waldböcklein 319
Waldenburg 232
Waldenburskie zagłębie 240
wały brzeżne 88, 89
wapień falisty 251
„ krynoidowy 127
„ muszlowy 127, 245, 251
„ nummulitowy 126—127
wapień węglowy 223
„ , powstanie 125—130
Wapno 37, 244, 323
warstwowanie ławic piasku 77
„ poprzeczne 25, 26
„ skał 22—29
Warszawa 300, 323
warszawsko-berlińska dolina 66, 341
waryscyjskie pasma 170, 237
Wasatsch 323
Washita, grupa 301
Wawel 51, 280
weald 275, 292, 293
werrukano 243
werteby 53
Wezuwjusz 132, 133, 134, 135, 136, 140, 141, 142, 144
węgiel brunatny 123, 124
„ czarny 123, 124—125
Węgierka 297
węgierska nizina 328
węgle, ich powstanie 123—125, 232
węglowy perjod 223—238
wengeńskie warstwy 253
wenlock 208
werfeńskie łupki 252
wernsdorfskie warstwy 297
westfalien 230
Whitby 272
Wight 319
Widełka 211
wiedeńskie zagłębie 327—328
wiek warstw 177
„ ziemi 15
Wieliczka 82, 92, 93, 94, 330—331
Wielkie Jezioro Słone, 82, 121, 346
Wielkopolska 323, 333
Wiener Neustadt 161
Wieniec 281, 296
wietrzenie skał 69—76
„ na pustyniach 109—110
Wisconsin, zlodowacenie 346
Wisła 47, 66, 341, 342
Wisłok 65
Wiszenka 63
Wiśniowiec 332
Włocławek 55, 333
Włodawa 323
woda gruntowa 41—42
„ wgłębna 41—42
„ morska 12
„ zaskórna 42
wodospady 58—59
wody młodociane 12, 45
„ powierzchniowe 12, 45
„ półsłone 12
Wogezy 36, 188, 218, 344
Wola Murowana 244
Wołyń 299, 302, 323, 331, 332
Woodcrinus 227
Woziłów 64
wulkaniczne bomby 140
„ skały 16, 17
wulkaniczny popiół 141
„ tuf 141
wulkany 132—151
„ błotne 131
„ podmorskie 145—146
„ wygasłe 144—145
Würm 344
wybuchowe skały 17
wydmy 110—115, 343
„ , warstwowanie 27
wykliniające się warstwy 23
Wyoming 269, 301, 311

Y

Yoldia arctica 341, 342
ypressien 305, 317

Z

Zabierzów 280
Zabrze 233
zakola rzek 64
Zalas 235
Zalesie 210
Zaleszczyki 22, 220
Załoście 332
Zamites 246, 258
Zanclodon 250, 251
Zawadówka 220
Zawichost 299, 341
Zawiercie 219
Zbaraż Stary 129
Zbelutka 210
Zborów 332
Zbrza 210
Zeuglodon 316
zgodne ułożenie warstw 38
zlepieniec 22
złomiska 74—75
Zubrza 47
Zuiderska zatoka 165

Ż

Żebra erozyjne 55, 56
Żmerynka 333
Żmudź 300
Żółkiew 323
Żyła 19
„ mineralna 47
„ pokładowa 20
Żegiestów 46
Żyrawa 233

Ź

Źródła gorące 45, 150
„ mineralne 46
„ rumowiskowe 43
„ szczelinowe 43
„ uskokowe 43
„ warstwowe 42—43

Centralna Biblioteka Pedagogiczna 178659

SPIS RZECZY.

Wstęp . . . . . 1—3

GEOLOGJA OGÓLNA.

Wiadomości wstępne . . . . . 5—16

Kształt ziemi 5, gęstość ziemi 5, temperatura wnętrza ziemi 6, atmosfera 11, hidrosfera 12, wiek ziemi 15.

Tektonika skał . . . . . 17—39

Skały wybuchowe 17, skały metamorficzne 21, skały osadowe 22, ich warstwowanie 22, fałdy 29, uskoki i zjawiska przez nie spowodowane 33, wzajemny stosunek warstw 38.

Geologja dynamiczna . . . . . 40—174

Działanie wody.

Krążenie wody 40, źródła 41, studnie artezyjskie 44, cieplice 45, źródła mineralne 46, chemiczne działanie wody 46, pieczary i inne zjawiska krasowe 48, suwy 54, działanie rzek 55, erozja rzek 57, dzikie potoki 67, denudacja rzek 68, wietrzenie skał 69, akumulacja rzek 76, delty 78, jeziora i ich działanie 80, działanie morza 83, działanie lodu, lodowce 94.

Działanie powietrza.

Erozja wiatrów 105, wydmy piaszczyste 110, glina nawiana 115.

Działanie organizmów.

Powstanie węgli 123, powstanie wapieni 125, powstanie nafty i innych węglowodorów 130.

Działanie pirosfery.

Wulkany, ich rodzaje 132, kształt 133, produkta wybuchów 140, rozmieszczenie geograficzne 142, wulkany czynne i wygasłe 144, wulkany podmorskie 145, inne zjawiska wulkaniczne 147, przyczyny wybuchu 150.

Trzęsienia ziemi, ich przebieg 152, skutki 153, sejzmometry, głębokość ogniska 156, obszar trzęsień, ich zależność od budowy geologicznej 158, trzęsienia ziemi w Polsce 161, trzęsienia morskie 162, przyczyny trzęsień 163.

Ruchy skorupy ziemi, powstanie gór 164.

GEOLOGJA HISTORYCZNA.

Wiadomości wstępne . . . . . 175—185

Era archaiczna . . . . . 186—189

Era algonkjańska. . . . . . 190—192

Era paleozoiczna . . . . . 193—244

Perjod kambryjski 193, perjod sylurski 200, perjod dewoński 212, perjod węglowy 223, perjod permski 238.

Era mezozoiczna . . . . . 245—302

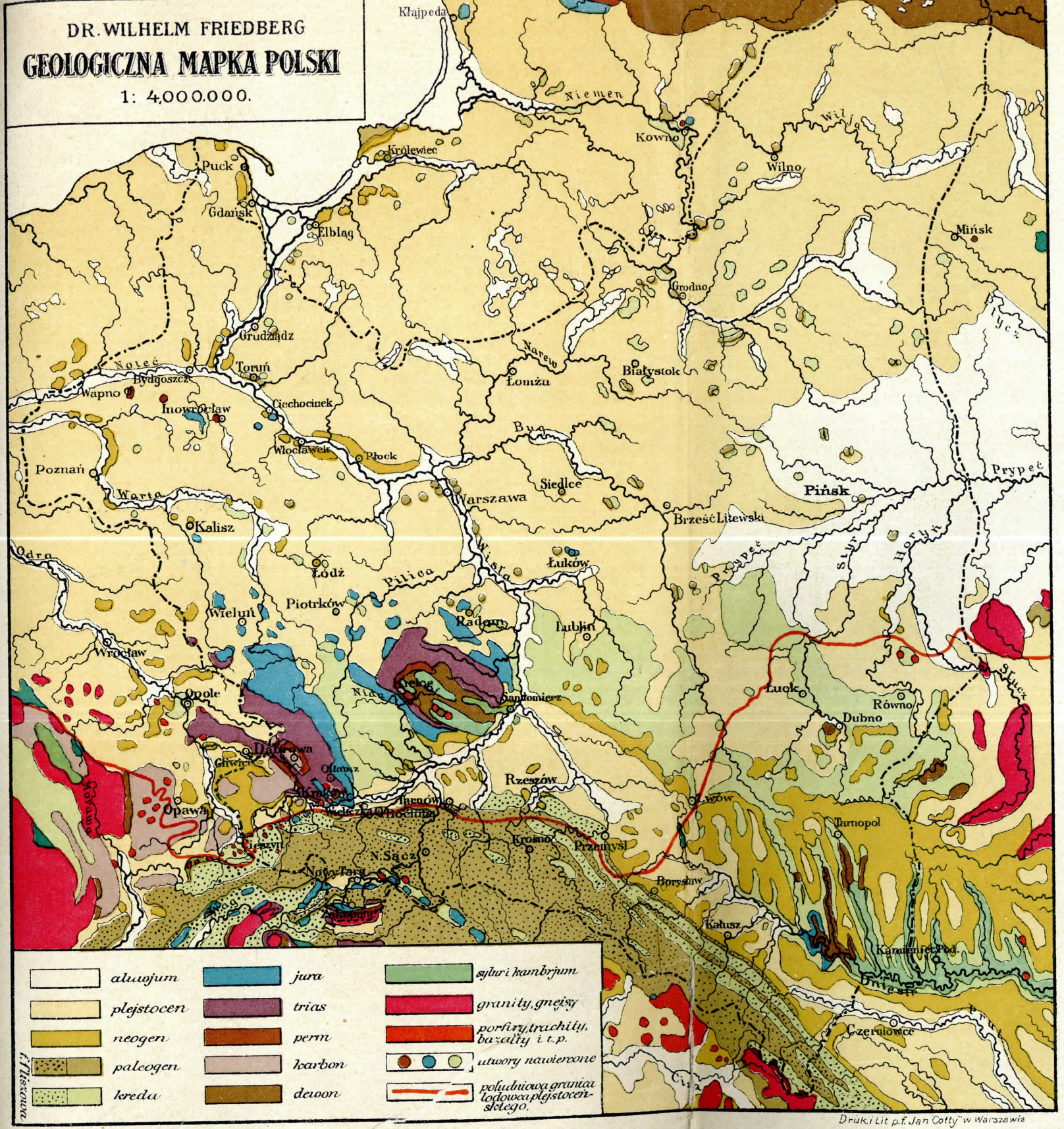
Perjod triasowy 245, perjod jurajski 257, perjod kredowy 283.

Era kenozoiczna albo neozoiczna . . . . . 303—355

Perjod trzeciorzędowy 303, perjod czwartorzędowy 334.

Skorowidz treści 356.

Miejska Rada Narodowa w Bydgoszczy Biblioteka 4421


DR. WILHELM FRIEDBERG
GEOLOGICZNA MAPKA POLSKI
1: 4,000.000.
Kłajpeda
Niemen
Kowno
Wilja
Wilno
Królewiec
Puck
Gdańsk
Elbląg
Mińsk
Grodno
Grudziądz
Toruń
Noteć
Bydgoszcz
Wapno
Inowrocław
Ciechocinek
Narew
Łomża
Białystok
Bug
Włocławek
Płock
Poznań
Warta
Siedlce
Warszawa
Pińsk
Prypeć
Brześć Litewski
Kalisz
Odra
Łódź
Pilica
Wisła
Łuków
Styr
Horyń
Piotrków
Wieluń
Radom
Lublin
Wrocław
Opole
Nida
Kielce
Sandomierz
Łuck
Równo
Dubno
Dąbrowa
Gliwice
Olkusz
Kraków
Rzeszów
Tarnów
Bochnia
Lwów
Opawa
Morawa
Cieszyn
Krosno
Przemyśl
Tarnopol
N. Sącz
Nowy Targ
Borysław
Kałusz
Kamieniec Pod.
Dniestr
Czerniowce
Prut
Cisa
aluwjum
plejstocen
neogen
paleogen
kreda
jura
trias
perm
karbon
dewon
syluri kambrjum
granity, gnejsy
porfiry, trachity, bazalty i t.p.
utwory nawiercone
południowa granica lodowca plejstoceńskiego.
f. Fliszowa
Druk. i Lit. p.f. Jan Cotty w Warszawie

CEN CENTRUM EDUKACJI NAUCZYCIELI W BIAŁYMSTOKU
BIBLIOTEKA PEDAGOGICZNA
178 659

WYDAWNICTWA M. ARCTA W WARSZAWIE
POZNAŃ — LWÓW — KRAKÓW — RÓWNE — LUBLIN — ŁÓDŹ — WILNO

Borowski Wł. M. Wykład psychologji ogólnej. Cz. I. Psychologja poznania. Cz. II. Psychologja uczuć.
Driault E. i Monod G. Dzieje polityczne i społeczne XIX w.
Dybczyński T. Wiadomości początkowe z paleontologji.
Dzieje Myśli II. Historja chemji, mineralogji i matematyki. Z rycinami.
Dzieje Myśli III. Historja nauki o ziemi. Dzieje nauk biologicznych i antropologji. Z rycinami.
Dzieje Myśli IV. Historja psychologji i językoznawstwa. Z rycinami.
Górski A. Ku czemu Polska szła. Wyd. III.
— Monsalwat. Rzecz o Adamie Mickiewiczu. Wyd. IV.
Higjena Sportu. Dzieło zbiorowe pod red. dr. T. Herynga i dr. W. Osmolskiego
Holleman A. S. dr. Podręcznik chemji organicznej. Wyd. III.
Janusz B. Człowiek przedhistoryczny. Z 45 rys.
Koneczny Fr. dr. Dzieje Rosji od najdawniejszych czasów.
Kozłowski W. M. Historja filozofji XIX w.
Loth J. Wykład geografji ekonomicznej ziem Polski w granicach przedrozbiorowych.
Łomnicey M. i J. Mineralogja i geologja dla wyższych klas szkół średnich. Z 234 ryc., i mapką geologji.
Mickiewicz A. Literatura słowiańska, z tłom. A. Wrotnowskiego. 4 tomy.
Miłobędzki T. dr. Szkoła analizy jakościowej. Wyd. III.
Minerały. Atlasik kieszonkowy.
Moore G. E. Zasady etyki.
Nałkowski W. Geografja fizyczna. Wyd. III.
Ostwald W. Szkoła chemji. Cz. II. Chemja najważniejszych pierwiastków.
Schleyer. Świat minerałów. Atlas ze 170 rys.
Sujkowski A. Geografja ziem dawnej Polski. Z wieloma ryc. i mapami.
Sumiński St. M. dr. Podręcznik biologji.
Walther J. Wstęp do geologji.